

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

(назва кафедри)

та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка

(підпис)

Гуменюк Ю.О.

(ПІБ)

« ____ » _____ 2025 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ БАКАЛАВРА

**на тему: «МЕХАНІЗАЦІЯ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ З
УДОСКОНАЛЕННЯМ ПІДКОПУВАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ
КАРТОПЛЕКОПАЧА»**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Гарант освітньої програми

К.т.н., доцент

(підпис)

Сівак І.М.

Керівник дипломного проекту

К.т.н., доц.

(підпис)

Гуменюк Ю.О.

Виконав

(підпис)

Лук'яненко Н.О.

КИЇВ – 2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет Механіко–технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри сільськогосподарських машин
та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка

к.т.н., доц.

Гуменюк Ю.О.

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(ПБ)

« 26 » листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломного проекту бакалавра студенту

Лук'яненко(Кравець) Надії Олексіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Тема дипломного проекту бакалавра «Механізація вирощування картоплі з
удосконаленням підкопувального робочого органу картоплекопача»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «26» листопада 2024р. № 2098 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра Нормативно-технічна документація,
інструкція з експлуатації базової машин - картоплекопача ; кількість рядків, які одночасно
підкопуються – 2; ширина міжрядь – 70 см; річних наробіток машини – 25 гектар; наукова
література; _____ матеріали _____ мережі
інтернет

Перелік питань, котрі потрібно розробити:

1. Характеристика картоплі, як об'єкту збирання.
2. Аналіз способів і технологій збирання бульб картоплі.
3. Аналіз технічних засобів і робочих органів для збирання та підкопування бульб картоплі.
4. Обґрунтування схеми удосконаленого робочого органу картоплекопача та обґрунтування його параме
5. Заходи з охорони праці.
6. Техніко-економічне обґрунтування.

Перелік графічних документів: 1 – Картоплекопач (загальний вигляд); 2 – Схема робочого процесу картоплекопача; 3 – Запропоноване пристосування до картоплекопача. Креслення складальне; 4 – Деталювання до пристосування; 5 – Заходи охорони праці; 6 – Техніко-економічна ефективність удосконаленої машини;

Дата видачі завдання «26» листопада 2024 р.

Керівник дипломного проекту бакалавра _____

(підпис)

Гуменюк Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Лук'яненко Н.О.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ	7
1.1 Важливість картоплі в економіці України	7
1.2 Технології і способи збирання картоплі	15
1.3 Основні характеристики картоплі, як об'єкта культивування	24
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ЗАКОРДОННИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ	33
2.1 Система машин для збирання бульб картоплі	33
2.2 Аналіз конструкцій сучасних машин для збирання бульб картоплі	38
2.3 Аналіз існуючих конструкцій робочих органів для підкопування бульб картоплі	48
РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ, КОНСТРУКЦІЙНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОГО КАРТОПЛЕКОПАЧА	59
3.1 Обґрунтування конструкційної схеми картоплекопача з удосконаленими підкопувальними робочими органами	59
3.2 Обґрунтування основних параметрів удосконаленого картоплекопача	63
3.3 Розрахунок валу ротора	66
3.4 Розрахунок на міцність прутка лопаті	67
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	70
4.1 Загальний стан охорони праці при роботі машини	70
4.2 Гігієнічні вимоги до картоплекопача	71
4.3 Вимоги охорони праці перед початком виконання робіт	72
4.4 Вимоги охорони праці в процесі виконання робіт	72
РОЗДІЛ 5. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ МАШИНИ	73
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	77
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	78
ДОДАТКИ	81

РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему: «Механізація вирощування картоплі шляхом удосконалення робочого органу картоплекопача» .

Даний дипломний проект складається , з 79 сторінок машинописного тексту формату А4, в тому числі 29 рівнянь, 5 таблиць, 37 рисунків, одного додатків і 6 ілюстрацій.

Проект присвячений темі нових конструкцій картоплекопачів і представляє конструкцію та технічні параметри робочого органу, що використовується для викопування бульб картоплі.

Перша частина містить інформацію про економічне значення картоплі, її характеристики як культурного об'єкта, існуючі технології та способи збирання.

У другій частині проаналізовано механічні системи, що використовуються для збирання бульб картоплі, конструкцію існуючих машин та типи робочих органів, що використовуються для викопування картоплі.

У третій частині представлені основні параметри машин та знарядь для копання картоплі.

У четвертій частині проаналізовано заходи з охорони праці та безпеки під час збирання бульб картоплі.

У п'ятій частині дипломного проекту наведено техніко-економічну оцінку удосконаленого картоплекопача.

Ключові слова: Картопля, бульба, технологічні процеси, збирання картоплі, викопувальна машина, раціональні параметри

ВСТУП

Оскільки картопля є другим хлібом, збільшення виробництва картоплі та покращення її якісних показників було і залишається одним з головних завдань агропромислового комплексу країни. Тому розробка і створення більш досконаліх конструкцій картоплезбиральних комбайнів залишається одним з найактуальніших завдань сільськогосподарського машинобудування.

Існуючий споживчий попит (130 кг картоплі на душу населення) вимагає вирощування близько 6,8 млн. тонн картоплі. Частка картоплі, що використовується на корм тваринам і технічні потреби, становить від 10 до 30%, тобто ще 2 мільйони тонн. Крім того, що найменше 2,2 мільйона тонн картоплі потрібно вирощувати лише для насінництва. При цьому втрати врожаю картоплі на етапах вирощування, збирання та зберігання становлять в середньому 30%, що відповідає 3,3 млн. тонн продукції. Таким чином, загальний врожай картоплі в Україні має становити щонайменше 14,3 млн. тонн на рік.

Наразі середня врожайність картоплі в Україні становить близько 12 тонн з гектара. Для забезпечення потреб національної економіки при такій врожайності загальну площу під картоплею необхідно збільшити до 1,2 млн. га. Наразі площа агрохолдингів, що займаються вирощуванням цієї культури, становить менше 100 000 га.

За останні роки площі під картоплею в колективних господарствах скоротилися з 440 000 до майже 100 000 га, в той час як в індивідуальних господарствах зросли з 990 000 до 1,5 млн га.

В ситуації, коли індивідуальні фермери вирощують 94% картоплі, очевидно, що сектор повинен зосередитися на розробці технологій та техніки для індивідуальних фермерів з невеликими площами 0,05-2 га.

Вітчизняний та міжнародний досвід виробництва картоплі на невеликих площах показав, що використання однорядних та дворядних машин є кращим, і цей факт має стати основою для зосередження уваги на

розробці та створенні техніки і технологій для малих та середніх підприємств з різною структурою власності.

«Національна програма виробництва машин і технічних засобів для сільського господарства, харчової та переробної промисловості» передбачає розробку та виробництво машин і обладнання для вирощування картоплі як у колективних, так і в приватних господарствах. Виходячи з вищезазначеного, важливо розробити нові конструкції картоплезбиральних комбайнів для малих і середніх господарств або вдосконалити існуючі конструкції.

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

1.1 Важливість картоплі в економіці України

Картопля посідає ключову роль серед продовольчих культур в Україні. До 70% площі на присадибних угіддях відведено під картоплю. Картопляні бульби, в залежності від регіону вирощування та сорту, містять від 11 до 25% крохмалю, приблизно 2% білка та близько 0,3% жирів. Картопляний білок вважається одним із найбільш повноцінних серед усіх рослинних білків. Щодо мінерального складу, картопля вирізняється високим вмістом калію (568 мг на 100 г сирі маси) та фосфору (50 мг). Також вона багата на солі кальцію, магнію, заліза, а також вітаміни групи С та групи В.

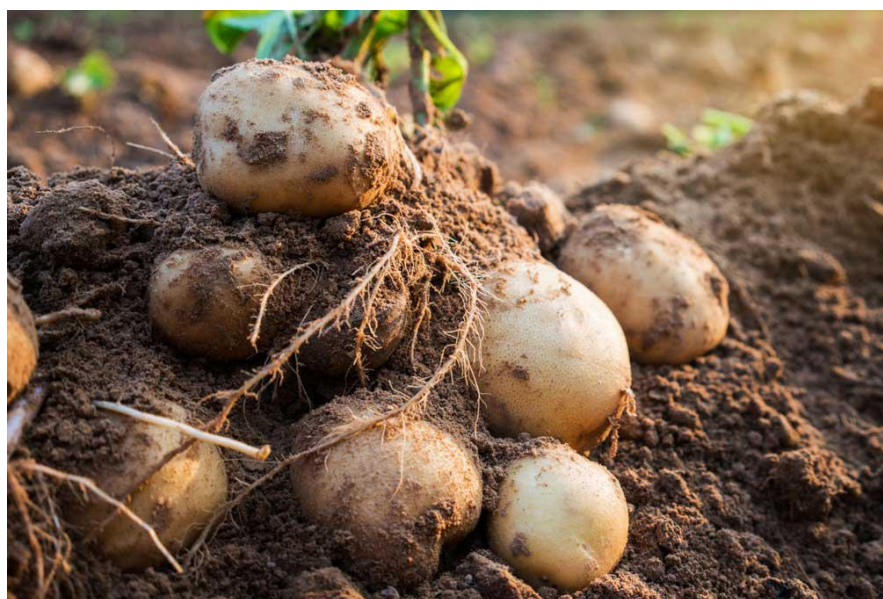


Рис 1.1 Картоплянні бульби

У бульбах також виявлено соланін, до 3 мг %. Ця сполука, яка відноситься до отруйних глікоалкалоїдів, робить вживання сирі картоплі неприйнятним з огляду на ймовірність отруєння.

Під впливом прямого сонячного проміння, концентрація соланіну в бульбах може суттєво збільшуватися, сягаючи 20-40 мг. З цієї причини, картопля, що набула зеленого відтінку, не придатна для їжі.

Світова гастрономія нараховує майже 500 різноманітними рецептами з картоплі. Цей овоч демонструє свою кулінарну універсальність у варених, підсмажених, запечених та тушкованих стравах. Для потреб харчової промисловості картоплю обробляють та заморожують. Збагачена калієм, картопля є помічником у виведенні з тіла надлишків води та хлориду натрію, що позитивно впливає на метаболізм.

Свіжовичавлений сік з картоплі застосовують як натуральний лікувальний засіб при виразкових хворобах шлунка, гастритах, проблемах з дефекацією та гіпертонії. Картопляна кашка, виготовлена з натертих бульб, також полегшує стан при екземах, опіках та інших шкірних недугах. Щоб полегшити головний біль, рекомендують прикладати до скронь тонкі скибочки сирої картоплі. Народна медицина також використовує парові інгаляції з відвареної картоплі при захворюваннях горла та носа, а запечена картопля без солі корисна при серцево-судинних та ниркових недугах.



Рис. 1.2 Розміщення бульб картоплі у ґрунті

Картопля, латиною *Solanum tuberosum* L, є багаторічною травою, що належить до родини пасльонових (*Solanaceae* L), і загалом нараховує близько 150 культурних і диких різновидів. В агрономії картоплю культивують як однорічну культуру, висаджуючи з міжрядною відстанню 70 см, та збирають урожай нових бульб протягом одного вегетаційного сезону. В селекційній роботі картоплю вирощують з насіння.

Коренева система картоплі, вирощеної з насіння, характеризується стрижневою структурою, формуючись як зародковий стрижневий корінь з великою кількістю бокових корінців.



Рис. 1.3 Цвіт картоплі

З вихідних точок головного стебла, захованих у землі, народжується додаткова коренева система, що в поєднанні з коренем, який сформувався ще в зародку, перетворюється на мичкувате коріння. У випадку розведення картоплі з бульб виникає тільки мичкувата коренева система. Близько 70 % кореневої системи картоплі знаходиться на глибині до 30 сантиметрів, хоча окремі корені здатні сягати глибини до півтора метрів.

Стебла картоплі, трав'янисті, виростають у висоту від 30 до 150 см. Вони мають ребра у поперечному розрізі, що можуть налічувати 3-4 грані, або ж бути майже округлими. Поверхня стебел вкрита волосками. Деякі сорти картоплі вирізняються наявністю крил уздовж стеблових ребер, які можуть бути вузькими або широкими, прямими або ж хвилястими.

Гілкування стебел варіюється в залежності від терміну досягання: у пізніх сортів воно відбувається переважно внизу, а у середньостиглих - у середній частині. Забарвлення стебел варіюється від зеленого до червоно-коричневого чи червоно-фіолетового.

Одна бульба здатна розвинути від чотирьох до восьми стебел, з яких формується кущ. Залежно від особливостей сорту, форма куща може бути прямою, розлогою або напіврозлогою. Крім того, кущі можуть відрізнятися кількістю стебел (малостеблові або багатостеблові), а також розташуванням стебел - вони можуть бути як рівними, так і розташовуватися ярусами.

У листових пазухах, розташованих у підземній частині стебел, розвиваються бічні пагони – столони. Їхня довжина варіюється від 5 до 20 см, хоча в окремих випадках може досягати 35-40 см. Столони горизонтально проростають у ґрунті, утворюючи в вузлах корені, що дозволяє їм самостійно укорінюватися. На верхівках столонів з незначних потовщень з часом формуються бульби.

Стебло має центральний стрижень, на якому розташовано декілька пар листків або часток, верхівкову непарну частку, між якими знаходяться частинки, менші за розміром, та ще дрібніші часточки. Частки можуть бути сидячими або розташовуватися на коротких стрижках. За формою вони бувають різноманітними: округлими, овальними, видовженими, яйцеподібними, ромбічними, загостреними або овально-загостреними, з опушенням. Частки, частинки та часточки можуть бути симетричними або несиметричними. У деяких сортів картоплі верхня пара часток і верхівкова непарна частка зростаються основами, формуючи трилопатеву верхівку.

За ступенем щільності розташування часточок листки поділяються на густо-, середньо- та рідкочасткові. У густочасткових листків спостерігається дуже тісне скупчення часточок, часто вони накладаються одна на одну, тоді як у середньочасткових часточки можуть лише торкатись краями, а у рідкочасткових між ними існують певні відстані. З нижньої сторони часточки

вкриті мережею жилок, котрі часто містять пігмент. Листки прикріплюються до стебел спіралью, а при основі мають два прилистки, серпоподібні або листоподібні за формою.

Квітка має п'ять частин: чашечка складається з п'яти чашолистків, що з'єднані біля основи і мають гострі зубчики; віночок утворений з п'яти пелюсток, що зрослися між собою. Всередині квітки знаходяться п'ять тичинок, пиляки котрих щільно зібрані у циліндричний або конусоподібний стовпчик. Маточка складається з верхньої зав'язі, стовпчика та приймочки, що проходить крізь центральну частину стовпчика та виступає за межі пиляка, або є рівною йому, а іноді й нижчою. Колір віночка може варіюватися від білого до синього, синьо-фіолетового, рожевого або червоно-фіолетового. Пиляки мають оранжеве, жовте або жовто-зелене забарвлення. Пилок з оранжевих та жовтих пиляків здатний до нормального запліднення, що призводить до формування численних плодів під час щорічного цвітіння. Сорти з квітками з жовто-зеленими пиляками, як правило, не утворюють плодів. Квітки зібрані у суцвіття або завійки на стеблах, де їх на одному квітконосі може бути від двох до чотирьох штук.

Плід – це багатонасінна двогніздова ягода, округлої або овальної форми, жовто-зеленого кольору з невеликим насінням блідо-жовтого або кремового відтінку. Маса 1000 насінин коливається від 0,5 до 0,6 г.

Картопляна бульба – це видозмінений вегетативний орган, що розвивається в ґрунті на кінці підземного пагона, який називається столоном. Цей орган поєднує в собі обидві важливі функції: слугує як частина рослини, що розмножується, та як сховище корисних речовин. Про вегетативне походження бульби говорить наявність рудиментарних листків у формі лусочок на молодих бульбах. Після їх відмирання лишаються дугоподібні рубці, у кожному з яких зосереджено по три сплячі бруньки. Ці рубці з бруньками називаються вічками. Вічка можуть бути різними: глибокими (коли бруньки заховані у заглибленнях), неглибокими (бруньки майже на рівні поверхні) або поверхневими (бруньки виступають над поверхнею).

Вічка на картоплинах розташовані по спіралі. На бульбах середніх розмірів зустрічається від 6 до 12 вічок, тоді як на великих - 15-20. Найменше вічок спостерігається біля основи бульби, найбільше – у верхній частині. Схожість бруньок у вічку також варіюється: найвищу здатність до розвитку має середня брунька. При посадці або пророщуванні картоплі, проростають не всі вічка, а лише приблизно третина-чверті, здебільшого ті, що розташовані у верхівковій частині. Пагони, що виникають з вічок бульб, бувають трьох типів: світлові, напіветіольовані та етіольовані. Світлові пагони з'являються під дією денного світла і, в залежності від сорту, можуть бути зеленими, червоно-фіолетовими, синьо-фіолетовими або синіми. Етіольовані пагони, що утворюються при проростанні бульб у темряві, мають білий або жовто-білий колір. Напіветіольовані пагони розвиваються з бруньок при недостатньому освітленні і набувають синьо-фіолетового або червоно-фіолетового відтінку.



Рис. 1.4 Форми картопляних бульб: *а* – продовгувата, *б* – еліпсоїдна, *в* – кругла.

На поверхні бульби зосереджено чимало дрібних світлих отворів (сочевички), крізь які відбувається дихання та випаровування води.

Нижня частина бульби, іменована пуповиною, основою, столоним заглибленням або солоною западиною, сполучається зі столоном, тоді як протилежна верхня частина з'єднується з верхівкою бруньки.

За формою бульби класифікуються як круглі, овальні та видовжені. У бульб круглої форми розміри майже однакові у всіх напрямках, в овальних – один з розмірів більший за інший приблизно в 1,5 рази, а у видовжених сортів розміри можуть відрізнятися в 2 та більше разів. Існують також сорти з проміжною формою бульб – плоскоовальною, яйцеподібною, бочкоподібною та іншими. Поверхня бульби вкрита гладкою сітчастою або лускуватою шкіркою, колір м'якоті коливається від білого та жовтого до червоного та синього. Забарвлення поверхні бульб також різниться та буває білим, рожевим, червоним, синьо-фіолетовим, темно-синім.

У картоплі зосереджено багато вітамінів та мікроелементів, зокрема: аскорбінова кислота, біофлавоїди, ергокальциферол, ніотинова кислота, піродоксин, ретинол, рибофлавін, тіамін. Серед мікроелементів можна виділити: йод, кобальт, марганець, мідь та нікель. Найбільшу цінність мають щойно зібрані бульби. Проте, під час зберігання протягом двох місяців, кількість вітаміну С, скажімо знижується майже вдвічі.

У картоплі присутньо від 15 % до 25 % крохмалю (відповідно до місцевості вирощування, у бульбах може бути до 25 % сухих речовин, основою з яких є крохмаль, що становить 80-85 %). Крім того, наявні білки (від 1,5-2,1 до 3 %), а також 0,3 % жирів.

Білок картоплі, що має назву туберин (містить до 2 %), є одним з найкорисніших серед усіх рослинних білків. Він містить 14 з 20 найважливіших та незамінних амінокислот, а його показник поживної цінності (у порівнюванні з білком курячого м'яса) дорівнює 0,85.

З мінеральних речовин картопля найбільше багата на калій (568 міліграм на 100 г сирової маси) та фосфор (50 міліграм). Присутні також

стерини (ситостерин, стигмастерин, кампестерин), органічні кислоти (кавова, лимонна, щавлева, яблучна, хлорогенова) та ліпіди.

Надземна частина та шкірка містять глюкоалкалоїди, головними з яких є соланін і чаконін. Вміст соланіну в м'якоті бульб складає 3–7 мг% і споживання бульб сирими може призвести до отруєння. Під впливом сонячного світла. Вміст соланіну може сягати 20–40 мг% в шкірці. В середньому, показник його наявності варіюється від 30–60 мг%, а у паростках значення значно вищі, в межах 400–800 мг%.

Відповідно до сфери використання, картоплю групують на чотири ключові категорії: столові, кормові, технічні та універсальні. Значна частина культивованих сортів належить до столових, бульби яких вирізняються вишуканим смаком та багатим складом вітамінів і мікроелементів. Бульби цих сортів зазвичай мають округлу або овальну форму, з вічками, що розташовані поверхнево.

Технічні сорти відзначаються високим вмістом крохмалю (понад 18%), а кормові - підвищеним вмістом білків та сухої речовини (до 2–3%) порівняно з іншими. Універсальні сорти картоплі займають проміжну позицію між столовими і технічними.

Серед найпоширеніших столових сортів української селекції можна виділити: Повінь, Скарбниця, Щедрик, Славута, Кіммерія, Житниця, Мирослава, Княгиня, Солоха, Слов'янка, Случ, Хортиця, Фотинія, Родинна, Медея, Марфуша, Меланія. А ще часто фермери використовують Беллароза, Пікассо, Рів'єра, Гранада. Технічно-столові сорти: Воловецька, Зарево, Поліська рожева, Ракурс, Древлянка, Ласунак, Темп. До універсальних сортів належать: Дніпрянка, Доброчин, Обрій, Серпанок, Містерія, Злагода, Околиця та інші.

1.2 Технології і способи збирання картоплі

Технології збору картопляних бульб охоплюють механізовану підготовку ділянки, хімічну обробку або зрізання зеленої маси з доставкою до переробних підприємств. Далі йдуть операції з очищення бульб та їх транспортування до сховищ, закладання на зберігання або відправка до заготівельних пунктів. Збір врожаю картоплі – процес з високим споживанням енергії, коли машина підкопує ряди картоплі на глибину до 20 см, подрібнює та відокремлює ґрунт, а також виокремлює гичку. Під час збирання послідовно виконуються такі етапи: збір гички, підкопування бульб, їх відділення від стolonів, очищення та сортування.

Скошування картопляної гички виконують косарками-подрібнювачами, наприклад, UNIA ORKAN, які працюють у парі з тракторами потужністю 80 – 100 к.с.



Рис.1.5 Косарка-подрібнювач UNIA ORKAN

Найбільш вдалий результат досягається, якщо поєднати скошування з попереднім обробленням десикантом. Для десикації використовують магнієвий хлорат, застосовуючи 25-30 кг/га. У суху погоду бадилля спочатку обробляється десикантом, а після висихання скошується за допомогою вище згаданої косарки-подрібнювача.

Спосіб збирання врожаю картоплі обирається відповідно до ґрунтово-кліматичної зони та наявної в господарстві техніки, при цьому якість врожаю і продуктивність агрегату залежить від обраних методів збирання.

На даний час найбільш розповсюджені два способи збирання картоплі: однофазний і двофазний.

Однофазний спосіб збирання картоплі застосовують за умови ефективного відокремлення ґрунту робочими органами комбайна. Враховуючи, що бадилля попередньо було скошене, за одне проходження агрегату виконують такі технологічні операції:

- Підкопування бульб картоплі (глибина підкопування має бути на 2-3 см більшою за глибину залягання бульб у ґрунті);
- Відокремлення картопляних бульб від стolonів;
- Очищення картопляних бульб від ґрунту та рослинних домішок;
- Перевантаження бульб у транспортні засоби і відправка на картоплесортувальний пункт;
- Кінцеве очищення та сортування картоплі.

Однофазний спосіб збирання картоплі виконується такими типами самохідних картоплезбиральних комбайнів типу КПК-2, КПК-3, AVR Puma, Dewu lf R3060, Holmer, T4-40, напівпричіпних дворядних комбайнів ККУ-2, Grimme SE 150 60, Imac 165 NE-100, Unia Pyra II, трирядних комбайнів E-684 та картоплесортувальних пунктів ПКСП-25-1, КСП-15Б, Tomra та ін. Напівпричіпні картоплезбиральні комбайни агрегуються з тракторами потужністю від 80 к.с.

Двофазний спосіб збирання картоплі застосовується при великій вологості родючого шару, коли однофазний спосіб не забезпечує належної якості збирання картоплі. Цей спосіб передбачає дві фази збирання.

Перша фаза втілюється шляхом застосування копачів-валкоутворювачів (комплекс, що складається з 80-сильного трактора та копача-валкоутворювача типу УКВ-2). У ході цього виконуються такі дії:

- викопування бульб та їх первинне очищення від землі та сторонніх часток;
- формування валка з викопаної картоплі.

Процес розгортається наступним чином : при викопуванні перших двох рядків копач укладає валок позаду себе на попередньо вирівняну спеціальним обладнанням поверхню, а бадилля спрямовує убік, на вже зібране поле. Під час другого проходу комплексу картопля з двох сусідніх рядків укладається зверху на вже сформований валок, а бадилля відкидається за копачем. За умов високої врожайності копач працює загінним способом і формує валок з чотирьох рядків, укладаючи бульби слідом за собою у валок, а бадилля відкидає в бік. При наступному проході картопля за допомогою поперечного конвеєра подається у раніше створений валок, а бадилля відкидається за копачем.

Коли картоплю вродила погано, її збирають копачем моделі УКВ-2 та формують валок з шести рядків.

Під час першого проїзду агрегату, який робиться, попередньо відступивши на два рядки від краю поля, викопані бульби викладаються позаду копача, а бадилля залишається з лівого боку від машини, між рядами двох незібраних сусідніх рядків. Досягнувши межі поля, тракторист виконує розворот ліворуч і, рухаючись назад, захоплює наступні два ряди з розміщеним на них бадиллям. Бульби при цьому переміщуються на вже створений валок, а бадилля залишається поза копачем. При третьому проході збираються два ряди, що розташовані праворуч від валка, бадилля в цей час відкидається за копачем, а картопля поперечним транспортером спрямовується в уже сформований (за два попередні проходи) валок.

Другий етап роздільного збору картоплі реалізується з використанням агрегату, що складається з трактора потужністю 80 к.с. та причіпного картоплезбирального комбайна моделі ККУ-2. У процесі виконуються такі операції:

- Збір валка з поверхні поля;
- Очищення бульби від землі та сміття;

- Перевантаження картоплі у автомобілі , що рухаються поряд , та транспортування зібраного врожаю до картоплесортувального пункту.
- Подальше очищення картоплі від ґрунту та домішок, одночасно з перебиранням врожаю .

При двофазному методі збору врожаю картоплі не рекомендується скошувати бадилля. Це пояснюється тим, що у валок потрапить велика кількість пожнивних зеленої маси , подальше видалення якої вимагатиме значних енерговитрат.

На легких ґрунтах застосовують комбінований метод збирання картоплі, який передбачає:

- викопування бульб з їх частковим очищенням від землі та сторонніх решток ;
- формування валка з викопаних бульб, де їх укладають у міжряддя суміжних, ще не викопаних рядків;
- за допомогою комбайна – викопування двох рядків водночас з підбиранням валка картоплі з міжрядь;
- подальше очищення бульб від ґрунту та сторонніх елементів;
- перевантаження картоплі в автомобілі , які рухаються поруч, та транспортування зібраного врожаю на картоплесортувальний пункт;
- остаточне очищення бульб від домішок з одночасною операцією сортування.

Для виконання зазначених одно- і двофазних способів збору картоплі використовуються потокова та потоково-перевалочна технологія.

Перша (потокова) технологія передбачає вивантаження картоплі з комбайна у причепи-самоскиди з подальшим перевезенням картоплі на сортувальні пункти. На картоплесортувальному пункті картоплю звільняють від ґрунту та інших домішок, відсортовують пошкоджені, гнилі та уражені хворобами бульби, а також проводять калібрування картоплі за розміром.

Відсортовану картоплю далі, використовуючи транспортер, поміщають у транспортні засоби або ж транспортують до сховища. У випадку потоково-перевалочної схеми, зібрану картоплю залишають на майданчики і формують тимчасові кагати, які лишають на період 10...12 днів. Протягом згаданого терміну зберігання шкірка на картоплі грубішає, отже при сортуванні картоплі не пошкоджується. Окрім того, за час «відпочинку» чітко виявляються пошкоджена та уражена хворобами картопля. Перевантажують картоплю з кагатів за допомогою навантажувачів та екскаваторів, оснащених ковшами для збирання коренебульбоплодів.

За способом реалізації технологічної операції всі картоплезбиральні машини класифікують на такі різновиди: картоплекопачі (елеваторні, грохотні, роторні, комбіновані), копачі-валкоутворювачі, гичкозбиральні машини, збиральні комбайни, сортувальні машини та сортувальні пункти.

Відповідно до способу агрегування з енергетичним засобом машини поділяють на причіпні, напівпричіпні, навісні та самохідні.

Зважаючи на кількість рядків, які збираються одночасно, машини поділяють на одно-, дво-, три- і чотирирядні.

Терміни збору картоплі також різняться: ранні сорти збирають у серпні, середньостиглі сорти починають збирати з кінця серпня та закінчуючи в двадцятих числах вересня, пізні сорти збирають до 1 жовтня. Завершують збирання врожаю картоплі за 20-25 днів до зниження середньодобової температури в межах 7 °С.

Для якнайшвидшого дозрівання картопляних бульб, з метою запобігання розповсюдженню хвороб, а також з метою зменшення втрат та пошкоджень бульб під час збирання врожаю, практикують скошування бадилля. Проводять скошування бадилля до початку збору врожаю: за 5 діб на тих посадках, що призначені для продовольства, та за 10 діб на тих, які використовуються для вирощування насінневої картоплі. Щоб видалити та подрібнити бадилля, а також створити максимально зручні умови для

функціонування картоплезбиральної техніки, застосовують косарки-подрібнювачі чи бадилля-подрібнювачі.



Рис. 1.6 Процес механізованого збирання картоплі



Рис. 1.7 Подрібнювач бадилля для задньої начіпної системи



Рис. 1.8 Подрібнювач бадилля для фронтальної начіпної системи

На українському ринку найбільше представлено бадилеподрібнювачів для заднього навісного обладнання: RSF – 2000 (Netagco), KS-1500, KS-3600 та KS-5400 (Grimme), 4LKA 75 2LKA 75 та 4LKA 75 (Struik), 4LK 310 (Baselier) FTP-2 (Forigo); для передньої навіски: UN 3612-Z та UN 3634-Z (Kverneland), KS 475 та KS 4904 (Ropa), LKF 75 (Struik), KSA 75-2 (Grimme).

Перед збором картоплі копачами бадилля зрізають на висоті 8-10 см, а коли збиранні комбайном – на висоті 18-20 см. За 10-15 днів до збору середньопізніх та пізніх сортів проводять десикацію розчином Реглон Супер 150 SL з нормою 2 л на гектар.

Для збирання врожаю картоплі використовують пряме комбінування, комбінований і роздільний способи. При прямому комбінуванні використовують потоковий (з перевезенням до сортувального пункту типу КСП-25) або потоково-перевалочний спосіб (з тимчасовим зберіганням картоплі у кагатах під соломою протягом двох-трьох тижнів з подальшим сортуванням після «відпочинку» та перевезенням на збереження).

Комбінований спосіб, як вже зазначалось, передбачає збирання урожаю картоплі з використанням копача-валкоутворювача типу УКВ-2 з двох рядків та укладанням валка на два суміжні невикопані рядки.

Далі , завдяки картоплезбиральному комбайні ці рядки викопуються та одночасно здійснюється підбирання валка картоплі який розташовується у міжряддях.

За умови значної вологості ґрунту застосовують роздільний метод, що полягає в укладанні валків не між рядками ще не зібраних рядків, а на задалегідь викопані. В такому разі комбайн підбирає викопану раніше картоплю з двох, чотирьох або шести рядків.

Коли збирається картопля також застосовується картоплекопачі-навантажувачі. Ці машини викопують бульби , та відділяють її від землі та сторони решток , а також згодом вантажать картоплю в транспорт , який супроводжує процес збирання. На українському ринку доступні картоплекопачі-навантажувачі: DL 1700, GT 1700, GT 3000 (Grimme), SRP-2/165-NE (IMAC), RDS 1700 (DeWulf), F2 (AMAC), MAVERICK (RICHARD PEARSON), UN 2200, UN 2600 (Kverneland), Clean Flow 2000 (REEKIE) та інші.



Рис. 1.9 Збирання картоплі за допомогою картоплекопача



Рис. 1.10 Збирання картоплі за допомогою самохідного комбайна

Процес збору картоплі є найбільш енерговитратним, він складає від 40% до 50% усіх трудовитрат у вирощуванні картоплі. Зважаючи на це, зменшення енергоємності процесу збору картоплі було та й лишається актуальним завданням. Зменшенню енергетичної складності процесу викопування картоплі сприяє, скажімо, рядкове розташування бульб під час гладкої та гребеневої посадки. У другому випадку гніздо бульб формуватиметься ближче до поверхні ґрунту, цей шар є більш розпушеним, і тому зусилля для викопування будуть меншими. Однак це не єдиний підхід для оптимізації енерговитрат у процесі збору картоплі. Як свідчить практика, зменшення зусиль можливе при будь-якому способі збирання картоплі – навіть ручному.



Рис. 1.10 Перевантаження урожаю у транспортний засіб

На сьогодні найпоширенішими методами збору картоплі виступають пряме комбайнування, роздільне та комбіноване збирання. Але з міркувань зниження травмування бульб, перевага надається роздільному способу збору.

1.3 Основні характеристики картоплі, як об'єкта культивування

Типи, конструкції та параметри робочих органів машин для викопування та сепарації картоплі слід обирати, враховуючи розташування картоплі у ґрунті, їх форму та розміри, а також фізико-механічні властивості бадилля та бульб. Усі вказані властивості рослини не є сталими і можуть випадково змінюватися в залежності від сорту, глибини посадки, ґрунтово-кліматичних умов та агротехніки догляду.

В Україні картоплю зазвичай вирощують з міжряддям 70 см та відстанню між бульбами в рядку 30 см. Така схема посадки забезпечує близько 50 000 кущів на гектарі ріллі. Біологічною особливістю картоплі є розташування бульб у гніздах, форма та розміри яких впливають на глибину

ходу та геометричні параметри підкопувальних робочих органів. Ключові характеристики гнізда, що використовуються для визначення параметрів підкопувальних органів: глибина залягання нижніх бульб, відстань між крайніми бульбами (ширина гнізда), а також глибина залягання верхніх бульб. Ці параметри варіюються в залежності від сорту картоплі, типу ґрунту, глибини посадки, агротехніки вирощування та догляду й інших факторів. Загальне уявлення про вирівнювання параметрів гнізд картопляних бульб дають дані агрофізичної лабораторії, наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Розміщення бульб у рядку

Показник	Значення
Глибина залягання верхньої бульби, см	
середня	5
найменша	3,5
найбільша	9,6
Ширина гнізда, см	
вздовж рядка:	
середня	25,5
найменша	11,6
найбільша	37
впоперек рядка:	
середня	20,6
найменша	10
найбільша	30
Глибина залягання нижньої бульби, см	
середня	18,9
найменша	15,3
найбільша	22

Наприклад, форма та розміри бульб залежать від урожайності, виду ґрунту, умов температури та вологості, в яких бульба розвивалася. Збільшення урожайності супроводжується збільшенням розміру бульб, а при різких змінах температури бульби можуть мати неправильну форму.

Для посадки картоплі придатні різні ґрунти, але найкращими є супіщані або інші види пухких ґрунтів, з добре налагодженим дренажем та

достатнім вмістом поживних речовин. Недостатній дренаж або велика кількість глини та мулу у ґрунті також можуть призвести до формування бульб неправильної форми.

Бульба картоплі характеризується такими розмірами: довжина a , ширина b та товщина c . Різна крупність бульб зумовлює різноманітність їхньої форми.

Стандарти на промислово сортову картоплю групують бульби за співвідношенням ширини (найбільший поперечний діаметр) до довжини (найбільший діаметр). Якщо це співвідношення більше або дорівнює 1:1,5, бульба вважається видовженою, якщо менше – округло-овальною. Проте ці характеристики не беруть до уваги третій важливий розмір – товщину.

Дослідники Є.А. Глухих та А.А.Герасимов, визначаючи співвідношення між формою, розмірами та масою бульб, ввели поняття коефіцієнта форми бульб: g_1, g_2, g_3 , де $g_1 = a/b$ і $g_2 = a/c$

При цьому загальний коефіцієнт форми: $g_3 = g_1 g_2 = a/(bc)$

За загальним коефіцієнтом форми g_3 визначають п'ять основних типів форм бульб (див. Таблиця 1.2).

Таблиця 1.2

Форми бульб в залежності від значення загального коефіцієнта форми g_3

Форма бульби	Значення коефіцієнта g_3
Округла	менше 1,2
Округло-овальна	1,2...1,29
Овальна	1,3...1,39
Видовжено-овальна	1,4...1,49
Видовжена	більше 1,5

При збільшенні показників врожайності кількість бульб в гнізді, як правило, залишається незмінною, проте зростає їх середня вага. Насипна

густина бульб картоплі залежить від розміру самих бульб і дорівнює 648 кг/м³. Щільність бульб, враховуючи величину та сорт, коливається в діапазоні 1,04...1,09 г/м³.

Витрачається енергія на: від'єднання бульб від столонів, розрив та висмикування бадилля і бульби з ґрунту. Фізико-механічні властивості бадилля безпосередньо пов'язані зі ступенем зрілості рослини. Бадилля недозрілої картоплі, у порівнянні з бадиллям стиглої картоплі, демонструє меншу міцність, довжину та товщину стебел. Один кущ картоплі може мати від одного до десяти, а часом і більше стебел. Середня довжина варіюється від 60 до 90 см, тоді як найбільша зафіксована довжина сягала 2 м. Діаметр бадилля біля основи становить 4...20 мм, при густині 133 кг/м³.

Розташування бадилля на поверхні поля також дуже різниться та залежить від сорту картоплі, агротехнічних прийомів догляду, кліматичних умов та інших факторів. Через це охарактеризувати положення бадилля з математичної точки зору вкрай складно. Тим не менш, при розробці математичної моделі цей показник є важливим.

Ступінь полеглості бадилля зазвичай визначається коефіцієнтом полеглості k , що є співвідношенням суми висот стебел бадилля, виміряних у природному положенні, до суми довжин тих самих стебел у випрямленому положенні. Значення коефіцієнта k при незначній полеглості $k=0,75$, при середній полеглості $k=0,3...0,5$, при значній полеглості $k < 0,3$. Як показує практика, незначна полеглисть спостерігається лише у недозрілої картоплі, і в міру дозрівання, а також після заморозків, бадилля лягає. Це, у свою чергу, унеможлиблює використання машин для збирання картоплі, що функціонують за принципом висмикування.

Аналіз досліджень, здійснених В.С. Митрофановим, демонструє, що виривання бульб з ґрунту за бадилля стає неможливим без попереднього підкопування рослини. Це обумовлено тим, що прикладені зусилля для виривання перевищують зусилля, потрібні для відділення бульб від столонів. Величина цих зусиль варіюється в діапазоні 3,53...11,8 Н

З усього куща вдається таким методом висмикнути максимум половину бульб. Відповідно до даних В.В. Козлова, якщо попередньо підкопати гніздо з бульбами, то потрібні для висмикування зусилля суттєво зменшуються – до 35,8...37,4% від зусиль, необхідних для висмикування без попереднього підкопування.

Таблиця 1.3

Технологічні характеристики картоплі

Показник	Значення показника		
	Мінімальне	Середнє	Максимальне
Кількість бульб у кущі, шт.	3...4	14..17	22...28
Маса, г.	15...20	50...55	200...220
Маса бадилля одного куща, г.	80	150	1600
Розміри бульби, мм:			
-товщина	25	50	75
-ширина	30	60	80
-довжина	40	90	130
Насипна маса, кг/м ³ :			
-бульби	630	650	675
-бадилля	80	130	155
Сила руйнування при статичному стисканні, Н:			
-20...30 мм	210	300	550
-31...60 мм	290	420	620
-61...70 мм	410	500	820
Кут природного укусу, град.	32	36	40
Глибина залягання, см.	8	19	25

Коефіцієнт тертя бульб. Для картопляних бульб виділяють декілька типів тертя: тертя кочення, ковзання та перекидання. Відмінність між тертям перекидання та тертям кочення полягає у тому, що пересування бульб під впливом рушійної сили відбувається вздовж найбільшої осі бульби..

Безперечно, що цей різновид тертя – нестабільний. Кожен з наведених типів тертя визначається власним коефіцієнтом тертя. Значення коефіцієнта тертя кочення бульби по бульбі перебуває в межах 0,5...0,6

одиниць, а тертя ковзання демонструє показник 0,8. На основі цих даних можна укласти, що величина коефіцієнтів тертя бульби стосовно тієї ж самої матеріальної поверхні – непостійна. Наприклад, для тертя ковзання коливання цього показника пояснюються непостійністю вологості бульби, а для тертя кочення – наявністю мінливості форми бульби. Втім, в будь-якому випадку, коефіцієнт тертя кочення завжди поступається коефіцієнту тертя ковзання.

Міцність бульб. Тканина бульб під впливом динамічних або статичних навантажень може зазнавати руйнування. У міру дозрівання бульби стають міцнішими, одночасно зменшується вміст води. Великі бульби виявляють більшу міцність, ніж дрібні. Міцність бульб безпосередньо залежить від напрямку прикладання сили та ступеня стиглості картоплі. Повне руйнування бульб (утворення тріщини) внаслідок динамічного навантаження (удару) об металеву поверхню фіксується при швидкості удару 10 м/с. При менших швидкостях ударного навантаження бульба зазнає лише часткових ушкоджень. При швидкості удару до 3 м/с пошкодження м'якоті не відбувається.

Фізичні властивості бульб. Розвиток електронних автоматичних пристроїв для вилучення твердих домішок з бульб вимагає ретельного вивчення фізичних властивостей цих бульб. Значний прогрес останнім часом досягнуто у розробці сортувальних машин, що використовують оптичні властивості матеріалу та відбиття світлового потоку. Експериментальні дані свідчать про доцільність застосування червоної частини спектра з довжиною хвиль 0,9...1,2 мікрони для розпізнавання різних компонентів картопляного вороху (бульби, грудки, каміння). Однак, зі збільшенням вологості картопляної купи різниця у здатності відбивати світло стає менш вираженою. У бульб з прилиплим ґрунтом відбивна здатність майже така ж, як у грудок землі. Незважаючи на це, вирішити проблему можна, використовуючи рентгенівське випромінювання.

1.4 Агротехнічні вимоги до процесу збирання бульб картоплі.

Картоплезбиральні комбайни вітчизняного виготовлення адаптовані для збору картоплі в усіх кліматичних умовах України. Вони однаково ефективні незалежно від методу садіння: звичайна посадка, гребенева чи напівгребенева, з міжряддям 70 см.

До картоплезбиральної техніки висувуються конкретні вимоги [4, 11].

Згідно зі схемою роботи, що передбачає попереднє видалення бадилля за допомогою відповідного агрегату перед викопуванням бульб, машина для збирання бадилля має забезпечити збір не менше 70% врожаю бадилля. Щоб мінімізувати механічне травмування бульб, особливо під час збирання насінневої картоплі, рекомендується попередньо зрізати бадилля.

Під час збирання гички заборонено змінювати структуру рядків ходовими механізмами машин, а також псувати гнізда з бульбами, виривати їх з землі на поверхню поля чи завдавати механічних пошкоджень. Машина для збирання бадилля мусить збирати гичку в бункер, з якого вона має перевантажуватися в транспортні засоби або вивантажуватися у купи наприкінці гону. Місткість накопичувального бункера повинна забезпечувати збір гички з високоурожайної картоплі на дистанції гону щонайменше 500 метрів. Конструкція машини також має передбачати можливість розкидання подрібненої гички по поверхні поля.

Робочі вузли картоплекопачів та комбайнів зобов'язані гарантувати викопування бульб на глибині їхнього розміщення до 22 см, при ширині гнізд до 40 см, при цьому вилучатися повинно щонайменше 95% врожаю. Враховуючи загальні втрати врожаю, бульби вагою менше 20 г не беруться до уваги. Картопля, видобута дворядним копачем просіювального типу, має бути викладена на поверхні поля смугою, яка не перевищує 1 м в ширину.

При роздільному збиранні картоплі, картоплекопачі-валкоутворювачі мають формувати з викопаної картоплі валок, створений з двох, чотирьох або шести рядків. Необхідно залишати проходи для коліс картоплезбиральних комбайнів. Ширина валка з двох рядків не повинна перевищувати 70 см, для

валків з чотирьох та шести рядків - не має перевищувати 90 см. Товщина шару картоплі у валках - не більше 10 см.

Допустиме пошкодження бульб під час роботи картоплекопачів - не більше 3% за масою. До пошкоджених відносять бульби, які: надрізані, роздавлені, порізів чи з довжиною тріщин до 20 см по хорді, з виривами м'якоті глибше 5 мм, з обдертою шкіркою на площі $\frac{1}{4}$ поверхні бульби.

Картоплезбиральний комбайн зобов'язаний подавати в бункер або транспортні засоби очищену картоплю, відокремлюючи її від ґрунту, бадилля та інших домішок. Частка картоплі в бункері комбайна має бути не менше 97% врожаю, загальні втрати при цьому не повинні перевищувати 3% (але не більше 6 ц/га). Чистота кінцевого продукту (картоплі) в тарі повинна бути не менше 80%.

При роботі картоплезбиральної техніки на легких, середніх та частково засмічених камінням ґрунтах (температура ґрунту від $+5^{\circ}\text{C}$) припустиме пошкодження не повинно перевищувати 10%, а на важких перезволожених ґрунтах - менше 5%.

Підйом та заглиблення викопувальних робочих органів (лемешів) має бути гідравлічним. Агрегатування картоплекопачів та комбайнів передбачає використання тракторів потужністю від 50 до 80 к.с., дворядкові комбайни – від 80 до 130 к.с. Підкопувальні лемеші повинні добре адаптуватися до мікрорельєфу полів, забезпечуючи стабільну глибину ходу при різних умовах. Допустиме відхилення глибини ходу ± 2 см. Підкопувальні робочі органи повинні мати захисні пристрої, що запобігають поломкам при потраплянні сторонніх предметів, а також обладнання для сигналізації про несправності.

Обслуговуючий персонал однорядкового та дворядкового комбайнів не повинен перевищувати 4 і 6 осіб відповідно.

Строк експлуатації машин для збирання коренеплодів мусить становити щонайменше 7 років. Водночас, ресурс робочих органів для

підкопування у картоплекопачів передбачає не менше 100 гектарів, а для комбайнів – не менше 50 гектарів.

При роздільному зборі врожаю картоплі з допомогою картоплезбирального комбайна з підбирачем, підбір валку (заздалегідь утвореного копачем-валкоутворювачем з двох, чотирьох або шести рядків) повинен гарантувати вилучення не менше 95% всієї маси бульб. Продуктивність картоплезбирального комбайна під час підбирання валку, створеного з двох рядів, має становити не менше 0,3 га/год, з чотирьох рядків - не менше 0,6 га/год, з шести рядів - не менше 0,9 га/год.

Машини для збирання коренебульбоплодів мусять мати високі показники надійності та довговічності. При цьому коефіцієнт готовності повинен становити 95%, коефіцієнт надійності технологічного процесу - 97%, коефіцієнт технічного використання - 90%, коефіцієнт використання експлуатаційного часу - 60%, наробіток на відмову першої групи складності - до 20 годин, другої групи складності - до 40 годин. Картоплезбиральні машини мають відповідати нормам «Єдиних вимог до конструкції тракторів та сільськогосподарських машин з безпеки і гігієни праці».

Якість картоплі визначається хімічними, фізичними, технологічними і споживчими властивостями, тому головним завданням технології вирощування картоплі, окрім отримання високих врожаїв, є забезпечення високої якості збирання та зберігання картоплі з мінімальними втратами врожаю.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ЗАКОРДОННИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

2.1 Система машин для збирання бульб картоплі

Під час збирання картоплі, де багато добре розвиненого бадилля, потрібно заздалегідь його видалити, щоб уникнути забивання робочих органів як звичайних картоплезбиральних машин, так і комбайнів. Відсутність бадилля полегшує роботу не тільки машини, а й працівникам, які займаються збиранням бульб після картоплекопача.

На сьогодні широко відомо та використовується три основні методи збирання картоплі:

- Викопування бульб за допомогою картоплекопачів, з формуванням валка на полі, з подальшим ручним збиранням картоплі;
- Збирання картоплі картоплекопачами, що мають причіпні робочі столи, де відбувається ручне сортування бульб та їх завантаження у тару;
- Комбайнове збирання картоплі.

Останній спосіб, а саме комбайнове збирання картоплі, у свою чергу, розбивається на три види: пряме комбайнування, роздільне або двофазне комбайнування (має на увазі підбирання комбайнами валків картоплі, що попередньо були укладені картоплекопачами на полі) та збирання комбінованим методом.

При комбінованому методі збирання у міжряддя двох ще не викопаних рядків, за допомогою картоплекопача-валкоутворювача укладається валок картоплі, зібраної з двох чи чотирьох сусідніх рядків. Згодом комбайн підкопує два рядки і водночас підбирає бульби, які були раніше укладені у міжряддя копачем-валкоутворювачем. Завдяки такому методу продуктивність комбайна зростає, проте цей (комбінований) спосіб доцільно застосовувати, коли комбайн показує хороші результати при прямому комбайнуванні. Роздільне збирання варто використовувати тільки в умовах

підвищеної вологості ґрунту.

Для втілення в життя цих методів збирання картоплі застосовують найпростіші знаряддя – копачі, картоплекопачі просіювального та кидального типу, картоплекопачі-валкоутворювачі картоплекопачі з причіпними сортувальними столами і картоплезбиральні комбайни.

Визначення оптимального методу механізації залежить від специфічних регіональних умов господарювання, зокрема, від типу ґрунту і його вологості, площі та форми полів, наявності чи відсутності каміння на полях, загального розміру посівних площ, врожайності картоплі та інших параметрів. Скажімо, причіпні та самохідні картоплезбиральні комбайни вважаються вигідними на легких та середніх ґрунтах, на полях з великою довжиною гонів та високою врожайністю картоплі, у той час як картоплекопачі кидального типу доцільніше застосовувати на невеликих ділянках в умовах високої вологості ґрунту.

Окрім згаданих вище типів технологічних процесів збирання картоплі, існує також безліч їх різновидів і варіацій, у відповідності з якими система машин може видозмінюватися.

Розглянемо основні типи знарядь та машин для збирання картоплі:

Картоплезбиральні машини виконують підкопування картопляних рядків, при цьому розриваючи з'єднання кущів з землею та частково виводять бульби на поверхню поля. Дане обладнання працює спільно з малою механізацією, зокрема, з садово-городніми тракторами та мотоблоками.

Ротаційні копачі кидального зразка (рис. 2.1), або кидалки, викопують кущі, відкидаючи картоплю з ґрунтом убік, на відстань до 3,5 метрів, перпендикулярно напрямку руху агрегату. Зазвичай, машини такого типу виготовляються в однорядному, навісному компонованні. Робочий цикл ротаційної кидалки (копача) виглядає так: під час руху копача полем, його леміш підрізає бульбоносний пласт ґрунту, який, відриваючись від лемеша, руйнується та, завдяки роторній гребінці, розкидається по поверхні поля,

формує смугу шириною 1,5...3 метри, де зосереджується більшість картоплі.



Рис. 2.1. Картоплекопач ротаційний кидального типу

Найбільшим мінусом картоплекопача цієї конструкції є значний відсоток ушкоджень бульб, втрати бульб (до 25%) через засипання землею, відсутність можливості збирання бульб відразу після роботи агрегату. До того ж, спостерігається зростання трудових витрат на збирання бульб на 20...25 % у порівнянні з картоплекопачами просіювального типу (рис. 2.2.)



Рис. 2.2 Елеваторний картоплекопач просівуючого типу



Рис. 2.3 Картоплекопач з коливальним грохотом

На відміну від звичайних картоплезбиральних машин, картоплезбиральні машини-валкоутворювачі мають додатковий механізм для видалення бадилля та поперечний транспортер для формування валків із викопаної картоплі з двох, чотирьох або шести рядків.



Рис. 2.4 Картоплекопач з боковим вивантаженням



Рис. 2.5 Чотирьохрядковий причіпний картоплекопач Grimme GV3000



Рис. 2.6 Причіпний однорядний картоплезбиральний комбайн Grimme SE 75-20

Картоплезбиральний комбайн реалізує підкопування рядків, звільнює бульби від землі, бадилля та інших небажаних домішок, переміщує картоплю у бункер. Він вважається найбільш ефективною машиною, якщо порівнювати з картоплекопачами, котра навіть з обслуговуючим персоналом, що нараховує 4 – 6 осіб, дає змогу скоротити трудовитрати у 3...4 рази.



Рис. 2.7 Дворядний самохідний картоплезбиральний комбайн Dewulf RA3060 Essential

За кількістю оброблюваних рядків картоплезбиральні машини класифікуються як одно-, дво- або багаторядні. За способом агрегування виділяють причіпні, напівначіпні, начіпні, монтовані та самохідні варіанти. З огляду на тип основного сепаруючого компонента, ці машини поділяють на елеваторні, грохотні й барабанні.

2.2 Аналіз конструкцій сучасних машин для збирання бульб картоплі

На сучасному світовому ринку картоплезбиральної техніки можна зустріти велике розмаїття конструкцій і технічних рішень від різних виробників. Завдяки модульній конструкції сучасних моделей машин, існує можливість змінювати сепарувальні та транспортувальні робочі органи, що дозволяє пристосовувати машину до конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Вибираючи оптимальну конфігурацію машини, потрібно враховувати технологію збирання (ширину міжрядь 75 або 90 см, підбір з валка або пряме комбайнування), щільність ґрунту, умови збирання, характеристики та призначення продукту (столова, насіннева або промислова картопля), а також логістичні фактори.

Раціональність вибору картоплезбиральної техніки безпосередньо залежить від величини врожаю, розмірів поля та його забур'яненості, типу ґрунту та здатності до сепарації, й інших факторів. При ефективному сепаруванні, мінімальному засміченні, врожайності у межах 8...10 т/га та довжині гонів 150...200 м, доцільно застосовувати пряме комбайнування причіпними або самохідними комбайнами. В інших обставинах збір картоплі здійснюють картоплекопачами, зокрема КСТ-1,4, КТН – 2В, КНК – 2, ДМТЗ-2Т та інші. В Україні нині використовують картоплекопачі КСТ – 1,4 та КТН – 2В, конструкції яких не є ідеальними. Ці машини, після викопування бульб, залишають їх у валки на поверхні поля, що вимагає подальшого підбирання вручну. У малих господарствах, включаючи особисті підсобні ферми, також застосовують картоплекопачі грохотного (КГ-1, МБ-1080-1012, Zirka 105) та роторного (КР-1, Агромех, КТН-1Б) типів.

Стосовно європейських виробників техніки для збирання картоплі, найчастіше зустрічаються: Grimme, Rora, Holmer (Німеччина), Dewulf, AVR (Бельгія), ІМАС (Італія), Kverneland (Норвегія), Volko (Польща) та інші. Ці підприємства переважно спеціалізуються на причіпних та напівпричіпних дворядних копачах та підбирачах-навантажувачах. Ті самі компанії випускають також уніфіковані з копачами одно- та дворядні картоплезбиральні комбайни. Окрім європейських виробників картоплезбиральної техніки, в Україні для потокового збирання картоплі застосовується машина ККЗ-2 вітчизняного виробництва.

Для великих сільгоспідприємств, що займаються вирощуванням картоплі, німецька компанія Holmer, бельгійські AVR та Dewulf пропонують самохідні картоплезбиральні комбайни, оснащені бортовими комп'ютерами

та системами моніторингу й контролю якості технологічного процесу. На сьогоднішній день найефективнішою потоковою технологією в Україні є збирання врожаю картоплі з подальшим сортуванням на сортувальних пунктах КСП-25 та зберіганням у тимчасових сховищах або на постійних кагатних майданчиках із системою активного вентилявання. Однак, найбільш енерговитратною операцією при збиранні картоплі є її очищення від залишків ґрунту. Практика показала, що найбільш раціонально цю операцію проводити не під час комбайнового збирання, а на стаціонарних сортувальних пунктах. Це значно збільшує продуктивність праці машини в полі, а також покращує якість кінцевого продукту.

Загалом, щоб вивести галузь картоплярства на промисловий, індустріальний рівень, критично необхідно насамперед організувати та налагодити випуск вітчизняних картоплезбиральних машин. Вони повинні створити конкуренцію зарубіжним аналогам техніки. Попри те, що в Україні розроблено сучасний комплекс машин для післязбиральної обробки картопляного урожаю, який відповідає вимогам сучасної технології, це не вирішує проблему. Відсутність державної підтримки та обмежені фінансові ресурси перешкоджають запуску його серійного виробництва.

У технології вирощування бульби ключовим є не лише збір врожаю, а й грамотне його збереження для подальшого застосування, чи то як насіннєвого матеріалу, чи для споживчих потреб. Обираючи метод зберігання зібраного врожаю картоплі, необхідно усвідомлювати, що навіть після збирання бульби продовжують піддаватися складним біохімічним змінам. Від особливостей їх перебігу безпосередньо залежить термін збереження продукції, а також ступінь втрати смакових якостей та поживних властивостей. Після закладки картоплі на зберігання в її бульбах триває процес дозрівання, під час якого цукор перетворюється на крохмаль, шкірка стає грубішою, а місця пошкоджень вкриваються захисним шаром клітин. Ігнорування цих аспектів унеможливорює правильне зберігання зібраного врожаю картоплі. Досвід демонструє, що найважливішим є створення

відповідного мікроклімату в сховищі. Протягом усього періоду зберігання температура в приміщенні повинна бути в межах 2...4°C при відносній вологості повітря в межах 90-95%.

Перейдемо до розгляду конструкції картоплезбиральних комбайнів. Вартий уваги комбайн серії Volko від Unia Group, розроблений для збирання картоплі на невеликих фермерських угіддях. Цей комбайн для ефективного очищення бульб картоплі оснащений регульованим струшувачем та очисними гумовими елементами, що розташовані під відсіювачем. Відсіані під час очищення грудки та каміння спрямовуються у вузький канал, звідки потрапляють у ємність, що вміщує до 100 кг. Зібрана картопля накопичується в бункері, який обладнаний гідравлічним конвеєром з регульованою висотою вивантаження.



Рис. 2.8 Картоплезбиральний комбайн Unia Volko

Виробник Unia Group презентує привабливі моделі причіпних однорядних картоплезбиральних комбайнів серії Руга, котрі ідеально

підходять для збирання картоплі на легких та середніх ґрунтах, з міжряддям 75 та 90 см. Комбайн доступний у двох версіях: Pyra 1600 з об'ємом бункера 1600 л та Pyra 3000 з бункером на 3000 л відповідно. Завдяки впровадженню сучасних технічних рішень у конструкції комбайна, ці машини забезпечують збирання картоплі з мінімальними механічними ушкодженнями, одночасно ретельно очищаючи бульби від сторонніх домішок. Для забезпечення плавного розвантаження картоплі у причіп транспортного засобу, бункер оснащено гідравлічним приводом. У базовій комплектації комбайн Pyra 3000 постачається з еластичним рукавом, що монтується на виході з бункера, обмежуючи висоту падіння бульб при вивантаженні та знижуючи ймовірність їх травмування. Компактна компоновка комбайна, з мінімальною кількістю перевантажувальних вузлів, також позитивно впливає на якість кінцевого продукту. Концерн Unia Group також пропонує дворядні комбайни серії Pyra 2 для фермерських господарств середнього розміру.



Рис. 2.9 Картоплезбиральний комбайн Unia Pyra 1600

Комбайн здатний обробляти 0,45 гектара за годину. Він спроектований для функціонування на легких та середніх ґрунтах, з рівнем вологості між 10% та 20%, вмістом каміння до 8 тонн на гектар. Допустимий нахил рельєфу - до 5°, а робота ведеться на міжряддях 75 та 90 см.

Відмінно зарекомендували себе комбайни від німецької компанії Grimme. Для площ до 80 га оптимальним вибором стане однорядний картоплезбиральний комбайн серії SE75-20/30/40. Ці машини, в залежності від конкретної моделі, обладнані бункерами, здатними вміщувати від 2000 до 4300 кг картоплі, і можуть ефективно працювати на різних типах ґрунту.

Процес роботи цієї машини відбувається так: після підкопування лемешем картоплі, перший, короткий просіюючий транспортер підхоплює потік вороху, відсіює ґрунт та передає потік врожаю на другий багатофункціональний транспортер. Цей транспортер відсіює землю, грудки та каміння, відділяє бадилля, після чого спрямовує потік картоплі на перший сепаратор. На першому сепараторі голчастий транспортер з двома вальцями виконує попередню підготовку для роботи другого сепаратора. В залежності від характеристик ґрунту, другий сепаратор може бути оснащений накладним транспортером зі щитками або ж гумовими пальцями (вибір залежить від типу ґрунту: кам'янистий чи щільний, з великою кількістю грудок). Машина також передбачає збирання картоплі без попереднього зрізання зеленої маси.



Рис. 2.10 Картоплезбиральний комбайн Grimme SE 75-20

Компанія Grimme пропонує чималий асортимент дворядних картоплезбиральних машин, від базових копачів WR 200 до елеваторних

комбайнів GT170, та невибагливої й надійної моделі BR150 – спадкоємиці DR-1500, що здобула популярність у Східній Європі.

Найбільш продуктивним серед дворядних комбайнів Grimme є елеваторний комбайн GT 170. Його прямопотокова рамова конструкція та продумана організація робочого процесу дозволяють досягати врожайності до 800 га за сезон. Цей комбайн оснащено високотехнологічними сепарувальними системами, аналогічними тим, що Grimme використовує у своїх самохідних картоплезбиральних машинах, включаючи інноваційні системи Multisep та Rollenseparator.



Рис. 2.11 Картоплекопалка Grimme WR 200



Рис. 2.12 Картоплезбиральний комбайн Grimme GT170



Рис. 2.13 Картоплезбиральний комбайн WM6500



Рис. 2.14 Картоплезбиральний комбайн Grimme Tectron



Рис. 2.15 Картоплезбиральний комбайн Grimme Vektor 4150

Система Multiser гарантує відділення землі та сторонніх часточок навіть на важких ґрунтах, пропонуючи широкий спектр налаштувань відповідно до умов збору врожаю. Модуль Rollenseparator сконструйовано для роботи в екстремальних умовах (підвищена вологість, велика кількість грудок). Безперервно працюючий вивантажувальний транспортер усуває необхідність зупиняти машину для розвантаження, що характерно для комбайнів з бункерами накопичувального типу. Це значно збільшує продуктивність GT170.

Відомими також на світовому ринку є потужні картоплезбиральні машини від компанії Holmer. У перших позиціях рейтингу популярності виробників техніки для збирання картоплі заслужено знаходяться машини європейських компаній Wuhlmaus, AVR, Rora. На ринку Сполучених Штатів Америки популярним залишається бренд Lockwood.



Рис. 2.16 Картоплезбиральний комбайн Holmer Terra Melix



Рис. 2.17 Картоплезбиральний комбайн AVR Teases Puma 4.0



Рис. 2.18 Картоплезбиральний комбайн Lockwood 483Н

2.3 Аналіз існуючих конструкцій робочих органів для підкопування бульб картоплі

Першорядним фактором, що визначає ефективність функціонування картоплезбиральної техніки, є глибина підкопу бульбоносного шару ґрунту.

Енерговитратність процесу збирання картоплі, а також загальна продуктивність агрегату напряму залежать від фізичного стану ґрунту та геометричних параметрів рядків посадки картоплі. Механіко-технологічна основа та принципи дії підкопувальних і викопувальних механізмів полягають у розриві зчеплення коренеплоду з навколишнім ґрунтом та створенні умов для подальшого пересування зібраної маси по робочих органах, а потім - передачі на очисні сепаруючі пристрої.

Підкопувальні пристрої, спроектовані у вигляді леза-клину, покликані підрізати ґрунтовий пласт, захоплюючи з ним бульби на глибині, де розташований куц. Ця викопана маса транспортується каналом копача до

зони очистки, де відбуватиметься відокремлення землі та рослинних решток. Важливо, щоб процес підкопування ефективно розривав зв'язок між коренеплодом і ґрунтом, гарантуючи максимальну повноту викопування, зводячи до мінімуму пошкодження та втрати.

Ключові критерії оцінки якості відіграють важливу роль у визначенні технологічної схеми картоплезбиральної машини. Вони слугують основою для вибору компоновання підкопувальних, очищувальних і сепарувальних вузлів, а також дають можливість підібрати оптимальні техніко-технологічні параметри функціонування машини.

Основна функція підкопувальних елементів полягає у підриванні шару ґрунту на глибину, де знаходиться кущ, підніманні та переміщенні клубів на очисні робочі органи. Глибина підкопування для підгорнутих рядків коливається в межах 17-22 см, а під час збирання картоплі з непідгорнутих рядків – 17 см. Ширина підкопуваного шару, як вже згадувалося, залежить від ширини розподілу бульб у кущі, а також від зміщення центру куща від лінії рядка. Досвід свідчить, що ширина розміщення бульб у кущі не перевищує 300 мм. Враховуючи можливе відхилення центру куща від центральної лінії рядка та ймовірні похибки в керуванні збиральною технікою по рядках, ширину підкопувального робочого органу визначаємо не менше 410 мм.



Рис. 2.19 Підкопувальні робочі органи (лемеші) картоплекопача

Попри певні позитивні зрушення в механізації окремих етапів технології, досі трапляються неефективні машини, робочі органи яких потребують вдосконалення.

Експлуатаційний досвід картоплезбиральних машин та агрегатів з пасивними лемешами різних типів демонструє, що якість сепарації напряду залежить від підкопування та передачі вороху далі. Дослідження роботи пасивних підкопувальних лемешів виявили, що зміни глибини підкопування спричиняють нерівномірне навантаження на сепарувальні органи. Це дестабілізує технологічний процес, призводячи до пошкодження, втрат врожаю та зниження продуктивності.

Для ліквідації вказаних вище вад розроблено та впроваджено у серійне виробництво грудкоруйнівні котки, котрі у компоновальному рішенні картоплекопача розташовуються перед підкопувальними лемешами. Ці котки забезпечують повторення мікрорельєфу поля, утримують леміш на визначеній глибині, подрібнюють грудки та знищують з'єднання стolonів із бульбами. Якщо між котками і лемешами відстань є незначною, відбувається заглиблення котка разом з лемешем.



Рис. 2.20 Картоплекопач з котками для руйнування грудок

Щоб визначити оптимальну дистанцію між котком та лемешем, а також уникнути занурення котка у землю, було здійснено відповідні експерименти. У ході дослідів ця відстань варіювалася в діапазоні від 0 до 200 мм, з кроком у 50 мм. В процесі експерименту було з'ясовано, що при відстані у 50 мм від нуля відбувалося постійне заглиблення котка в ґрунт, натомість при відстані 100 мм і більше заглиблення припинялося.

Залежно від специфіки впливу на шари ґрунту, що несуть бульби, підкопувальні робочі частини класифікуються як пасивні, активні та комбіновані. У свою чергу, зважаючи на їх форму, вони поділяються на плоскі, секційні та циліндричні.

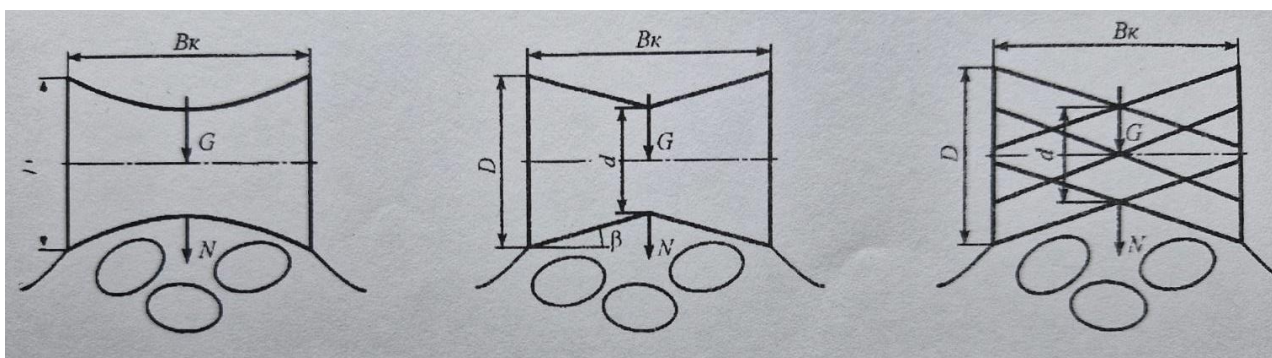


Рис. 2.21 Основні типи серійних катків

Рис. 2.22 Класифікація підкопувальних робочих органів машин для збирання картоплі (за С. Грушецьким)

Пасивні лемеші закріплюються нерухомо на рамі машини і за формою поділяються на криволінійні, плоскі, дискові та секційні.

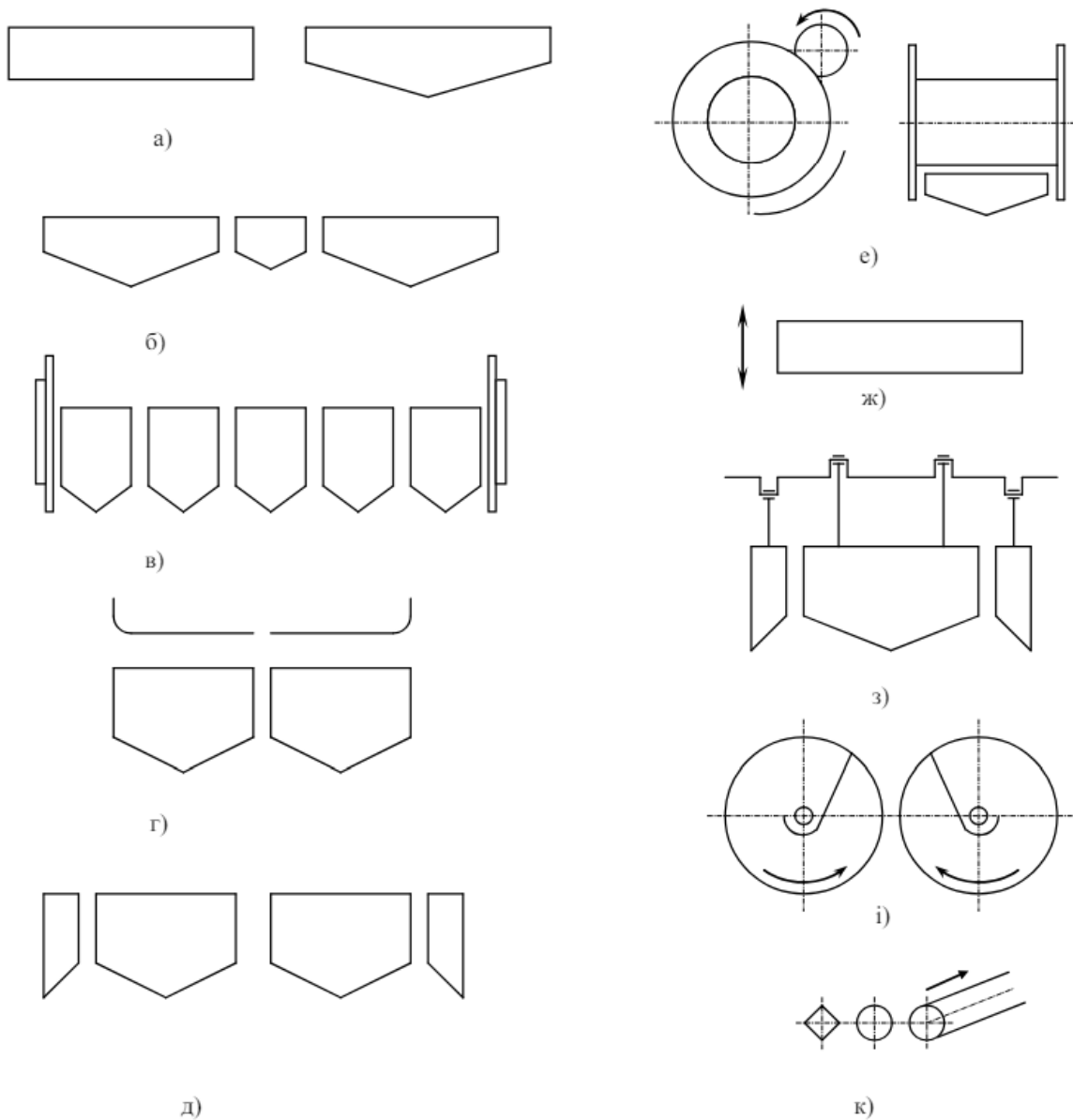


Рис. 2.23 Основні типи підкопувальних робочих органів (за Г. Петровим):

а - плоскі прямі лемеші, б - плоскі лемеші трикутної форми в - третя середня секція дворядної машини, г - секційний леміш, д - коритоподібний леміш, е - пасивний плоский секційний леміш та активні боковини, ж - леміш і барабани з закріпленими на них дисками по бокам, з - коливний леміш, і -

леміш, який працює в протифазі з коливними боковинами, к - активний леміш дискового типу.

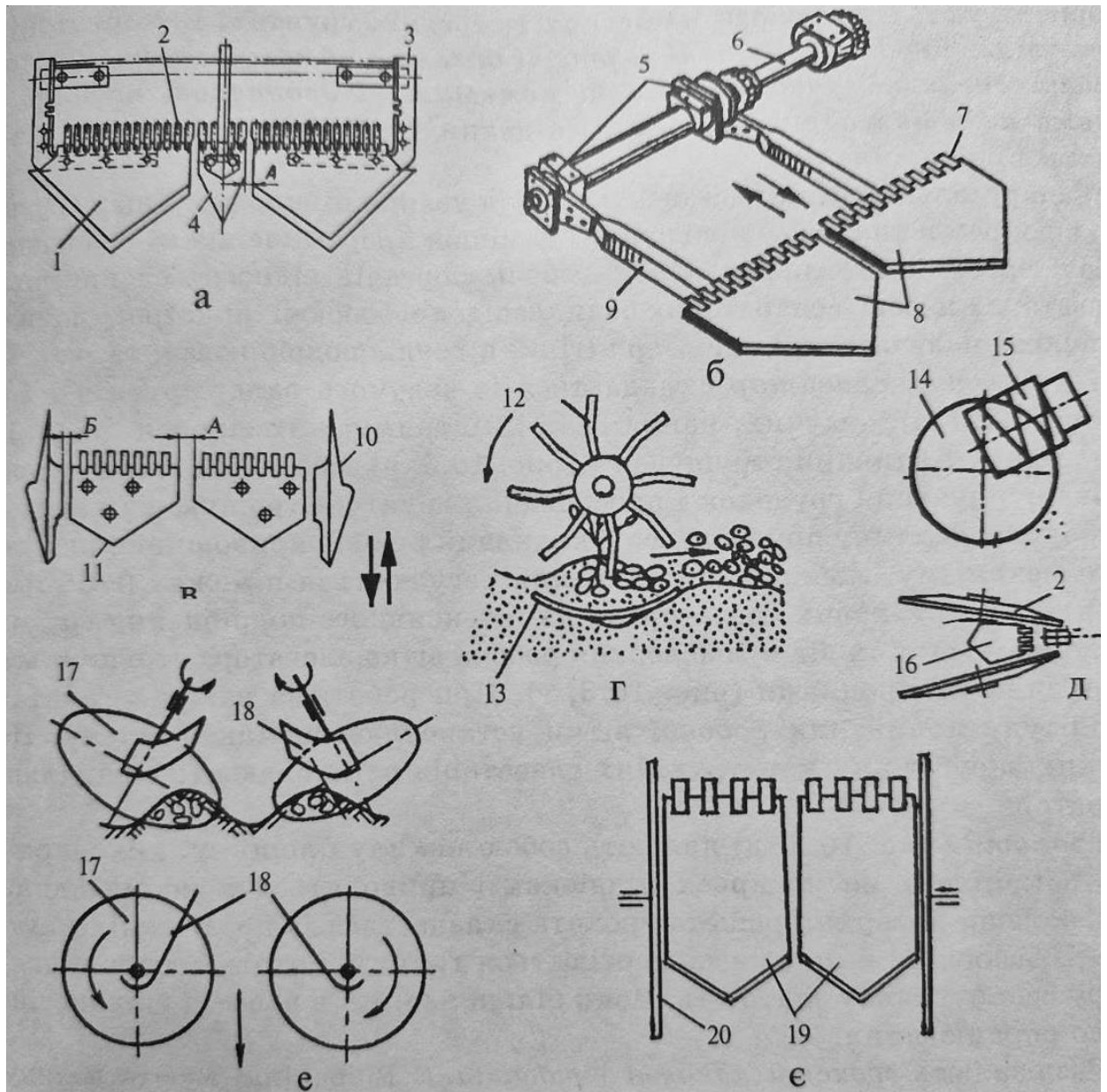


Рис. 2.24 Підкопувальні робочі органи картоплезбиральних машин:

а – пасивний леміш, б – активний леміш, в – комбінований леміш, г – криволінійний леміш, д – дводисковий леміш, е – активний леміш, є – дводисковий з двома лемешами;

1, 8, 11, 16, 19 – лемеші, 2, 7 – клапани, 3 – рама, 4 – середній леміш, 5 – ексцентрики, 6 – вал, 9 – шатун, 10 – активна боковина, 12 – ротор, 13 –

криволінійний леміш, 14 – шнек, 17 – активний диск, 18 – щиток, 20 – диск зубчастий.

На лемешах монтуються шарнірні заслінки. Їхнє призначення - не допустити застрягання сторонніх об'єктів, які могли б опинитися між лемешем та зубцями елеватора.

Найбільшого розповсюдження зазнали плоскі лемехи, що складаються з пластини зі скошеними ріжучими краями. Головний недолік плоского лемеха – розкидання (розвалювання) ґрунтової скиби убік та втрати бульб.

Лемеші, перебуваючи у дії, рухаються відносно основи машини або обертаються під примусом. Привід лемешів забезпечується шатуном 9 та ексцентриковим валом 6 (дивіться рисунок 2.24).

Ексцентрики на валу розташовані зі зміщенням у 180° один відносно одного, що зумовлює їхнє коливання у взаємно протилежних напрямках. Ці коливання лемешів сприяють примусовому переміщенню ґрунтової скиби по їх поверхні. Внаслідок цього скиба руйнується, а леміш самоочищується. Тяговий опір коливного лемеша, щонайменше, на 20% нижчий, ніж у пасивного.

Комбінований леміш являє собою плоский пасивний леміш 11, до якого додано активні боковини 10. Між коливальними боковинами 10 (активними) та лемешем 11 передбачений зазор Б, який покликаний сприяти розділенню ґрунту та запобігати забиванню. Активні боковини мають позитивний ефект, зменшуючи накопичення рослинних решток на лемеші та знижуючи опір, що виникає під час копання. Зустрічаються конструкції комбінованих робочих органів, де коливання реалізують як леміш, так і активні боковини. Налаштування глибини ходу лемешів виконується шляхом корегування висоти опорного колеса або катка.

Криволінійні лемеші з обертовим ротором застосовуються на однорядних копачах.

Конструкція робочого органу для підкопування, яка поєднує два диски та леміш, складається з двох вертикальних дисків 14, обладнаних лемешем 16 у нижній частині. Вгорі дисків інтегрований шнек 15.

При обертанні робочих дискових лемешів відбувається відрізання скиби, яка ковзає по поверхні диска, а далі, взаємодіючи з нерухомою відвагою 18, зісковзує з диска. Це дозволяє звужувати шар ґрунту. На деяких зарубіжних агрегатах диски оснащені підпружинювальним механізмом.

Найпростішим різновидом робочого органу для підкопування, що належить до пасивного типу, є плоский прямолінійний леміш. Його застосовують на зв'язних, добре структурованих ґрунтах, де немає бур'янів. Проте на розпушених ґрунтах, а також на тих, що рясно забур'янені, такий леміш виявляє себе погано: рослини не перерізаються, а намотуються на леміш, через що зміщується бульбоносний шар. Цей недолік можна усунути, використовуючи плоский трикутний або плоский прутковий леміш. Кут сходження лемешів слід обирати таким чином, щоб рослини зісковзували по лезу. Лемеші на дворядних машинах складаються з лівої та правої секцій, кожна з яких фіксується на кронштейні за допомогою консолі. Для зменшення глибини підкопування, а також для безперешкодного проходження планок елеватора, в дворядних машинах монтують середню секцію.

Конструктивна специфіка секційного лемеша полягає у розташуванні кріплень кронштейнів його частин на боковинах рами, у нижній частині елеватора. Щоб уникнути випадання картоплі, з боків секційних лемешів є можливість встановлювати дискові ножі.

Циліндричний двосекційний леміш сформовано з правої та лівої секцій, між якими залишено проміжок у 30...50 мм для вільного проходження стебел. Під час підрізання, пласт переміщується до центру лемешів, унеможливаючи випадання бульб назовні. Мінус коритоподібних лемешів – це значне налипання ґрунту на їхню робочу поверхню. Варто також відзначити, що передача ґрунтового шару з лемеша на перший прутик

елеватора буде ефективнішою, чим менше деформується ґрунт під час підкопування. Недоліки, притаманні пасивним плоским та циліндричним лемешам, можна усунути застосуванням комбінованих та активних робочих органів.

Серед різноманіття комбінованих робочих органів картоплезбиральних машин, які поєднують лемеші з різними пристроями та сприяють розпушуванню ґрунту і спрямуванню клубнів до сепаруючих механізмів, заслуговує на увагу комбінований робочий орган. Він складається з пасивних плоских секційних лемешів, що доповнені активними коливними боковинами. Ці боковини кріпляться до рами елеватора за допомогою підвісок та виконують зворотно-поступальний рух, приведений в дію ексцентриковим валом.

Ще один зразок комбінованого робочого органу – дисковий грядопідіймач, в конструкції котрого об'єднано підкопувальний леміш та барабан з дисками. Робота такого органу відбувається у такий спосіб: барабан, рухаючись попереду гребеня рядка, розбиває грудки. Шар ґрунту, підрізаний лемешами, захоплюється дисками і переміщується по поверхні лемеша вгору, звідки потрапляє на елеватор. Головна перевага цього пристрою – відсутність бічного осипання ґрунту.

Різновидом робочих деталей у наведеній конструкції виступають спарені диски, що встановлені під кутом до напрямку руху агрегату. Диски можуть обертатися як від контакту з ґрунтом, так і від активного механічного приводу.

У конструкціях сучасних копальних та збиральних машин також зустрічаються комбіновані підкопувальні пристрої, що включають леміш та кидальний ротор. Ротор скеровує шар ґрунту на сепаруючі частини або прямо на поверхню поля. Під час роботи підкопувальний леміш здійснює коливальні рухи, які сприяють переміщенню шару ґрунту та очищенню самого лемеша. Крім того, такий леміш може використовуватися для підкопування та транспортування шару з бульбами, а також для піднімання

попередньо сформованих валків. Щоб зменшити кількість ґрунту, який попадає на леміш під час підкопування, його виготовляють у вигляді вигнутого профілю, що повторює форму лінії, яка обмежує нижній край розташування бульб у кущі.

Несуттєвим недоліком коливного лемеша виступає непроста траєкторія руху ріжучого краю, що зумовлює потребу у глибшому зануренні леза, в порівнянні з пасивними аналогами. Водночас, існують конструкції активних дискових лемешів, серед переваг яких слід виділити покращене транспортування бульбоносного шару ґрунту та звуження потоку вороху. Запатентовано конструкцію комбінованих робочих органів, що складаються з коливного лемеша та коливних боковин, які здійснюють рухи в протифазі. Такий режим роботи дає змогу врівноважувати сили інерції, що впливають на зазначену систему.

Відомі конструкції картоплезбиральних машин, де для підкопування та збирання бульб застосовують активні вали циліндричної або квадратної форми, котрі обертаються у напрямку переміщення ґрунту.

Експериментально підтверджено, що розпушення грудок варто здійснювати на старті процесу підкопування шару з бульбами. Це, зі свого боку, істотно зменшить навантаження на транспортуючі та сортувальні елементи машин, покращить ступінь очищення картоплин від домішок та зменшить механічні ушкодження картоплі.

Беручи до уваги специфіку технологічного процесу збирання врожаю картоплі та перспективні конструктивні особливості новітніх машин, підкопувальні робочі органи повинні відповідати таким критеріям: леміш в момент підкопування повинен проникати в ґрунт на найбільшу глибину, де знаходяться бульби, підіймати та спрямовувати картопляний вал на сортувальні робочі органи, підіймати разом з картоплинами якнайменше ґрунту і забезпечувати, для покращення сепарації, максимальне розпушування ґрунтового пласта.

РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ, КОНСТРУКЦІЙНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОГО КАРТОПЛЕКОПАЧА

3.1 Обґрунтування конструкційної схеми картоплекопача з удосконаленими підкопувальними робочими органами

За основу було взято картоплекопач КСТ . Цей агрегат розроблений для видобутку бульб та відокремлення землі, з подальшим викладанням картоплі на поверхню поля у валок. Машина демонструє ефективність на різноманітних ґрунтах, при вологості у діапазоні від 10 до 27%. Ширина робочого захоплення становить 1,4 метра, а швидкість роботи коливається від 1,9 до 6,5 км/год. Вага машини дорівнює 1320 кг, з продуктивністю 0,9 га за годину. Картоплекопач сумісний з тракторами потужністю від 80 к.с. Привід конвеєрів реалізується через вал відбору потужності трактора.

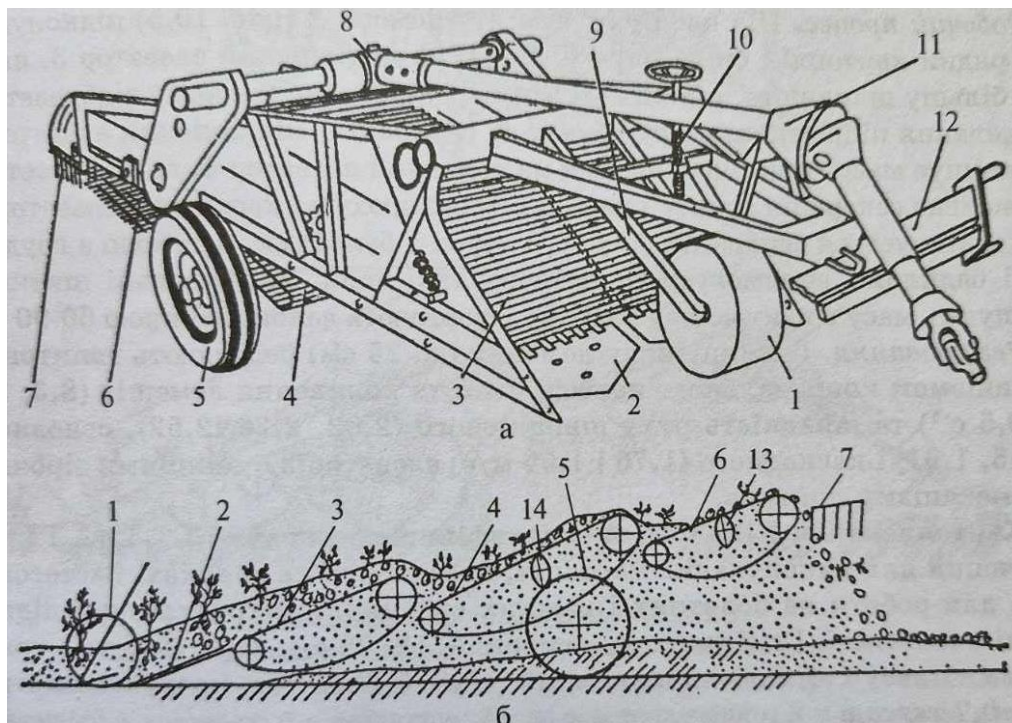


Рис. 3.1 Конструкційна (а) та функціональна (б) схеми картоплекопача КСТ

Конструкція копача елеваторного типу складається з рами 4, одного копіювального колеса 1 і двох опорних пневматичних коліс 6, двох лемешів 2, швидкісного 3, основного 5 і каскадного 7 конвеєрів, двох звужувальних щитків 8, причіпного пристрою 12, механізму приводу 11, а також механізму регулювання глибини підкопування 10.

Активні лемеші 2 підрізають шар бульб, частково руйнуючи його та спрямовують ворох на швидкісний конвеєр. Лемеші спроектовані трапецієподібно, а на їх задній частині розміщені запобіжні відкидні клапани. У процесі роботи лемеші вібрують з частотами 8,3; 9,4; 10,5 коливань за секунду. Амплітуда цих коливань може сягати 14 мм, залежно від умов роботи. Швидкісний прутковий елеватор 3, руйнує, розпушує і розділяє картопляний ворох, передаючи його на головний елеватор 5. Тут відбувається основне очищення від землі та інших домішок з картопляного вороху. Верхня гілка головного елеватора коливається завдяки еліптичним зірочкам, встановленим в центрі пруткового полотна. Це сприяє ефективному просіюванню землі через прутья елеватора. Швидкість транспортування становить 1,91 або 2,14 м/с. Завершальне розділення викопаного вороху та його вивантаження на поле здійснюється каскадним елеватором 7. З нього картопля потрапляє на звужувальні граблини 8, де формується валок шириною 60...90 см позаду машини. Для зниження травмування бульб, кожен другий пруток каскадного елеватора має гумове покриття.

Аналіз вивчення функціонування наявних конструкцій картоплезбиральних машин дозволив виявити ключові вади їх роботи та окреслити перспективи подальшого вдосконалення конструкції, а також оптимізації технологічного процесу в цілому.

Найбільш багатообіцяючим в цьому контексті є розробка робочих органів, здатних активно розпушувати картопляний ворох на кожному етапі технологічного процесу. Розв'язати цю проблему можна через створення активних викопувальних пристроїв, в яких інтенсифікація технологічного

процесу відбуватиметься за рахунок додаткового динамічного впливу на компоненти картопляного вороху. Для цього пропонується установка лопатевого ротора, якому делегується функція створення додаткових динамічних навантажень на картопляний ворох. Для цього лопаті роторного робочого органу мають виконувати знімання піднятого лемешем картопляного вороху, проходячи через пази, розміщені у задній частині лемеша. Піднятому вороху, який взаємодіє з лопатями, передається складний рух: обертальний разом з лопаттю та поступальний відносно неї. Завдяки ударному навантаженню лопатей по поверхні грудок, що концентруються у задній частині лемеша, поліпшується їх подрібнення, що відповідно збільшує ступінь сепарації.

Під час роботи картоплекопачів з лопатевими роторами, колову швидкість визначають в діапазоні від 3,5 до 5 м/с. Для ґрунтів середньої щільності рекомендована швидкість обертання становить від 4 до 4,5 м/с, а для щільних ґрунтів – до 5 м/с. Головним чинником при виборі швидкості обертання ротора є запобігання пошкодженню бульб картоплі.

Відомий принцип роботи картоплекопача, який передбачає наявність лемеша з вирізами у задній частині та ротора з прямолінійними лопатями, котрі входять у ці вирізи. Така схема компонування дає змогу видобувати картоплю та розміщувати її позаду ротора на поверхні поля, проте істотним мінусом цієї конструкції є неможливість якісного відокремлення купи, через що відбувається засипання бульб ґрунтом.

Окрім того, застосування прямих лопатей на роторі не дає можливості збільшити їх довжину, що відповідно обмежує можливість підвищення сепарувальної здатності. Також, збільшення діаметра ротора вимагає подовження лемеша, що в свою чергу тягне за собою зростання енерговитрат на підкопування та транспортування шару ґрунту.

В основу технічного рішення, спрямованого на покращення наявної конструкції картоплекопача, закладено ідею досягнення нового технічного результату через модифікацію лемеша та ротора. Це дозволить значно

скоротити енерговитрати процесу викопування бульб та підвищити ефективність сепарації картопляної маси.

Зазначена задача може бути вирішена наступним чином: в удосконаленій конструкції картоплекопача, що включає в себе леміш та ротор, гребінка розміщується нижче рівня підкопувального лемеша, а кінці лопатей зроблені загнутими у напрямку обертання ротора під кутом, який у момент проходження через гребінку відповідатиме площині лемеша та гребінки.

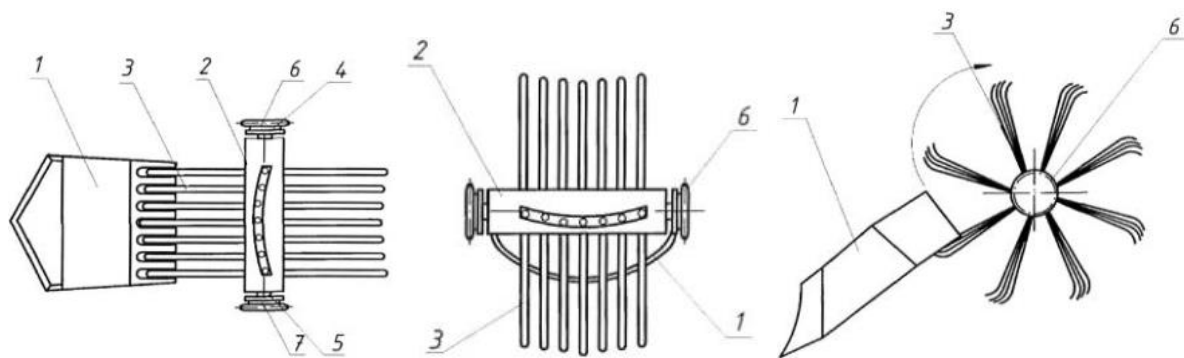


Рис. 3.2. Схема удосконаленого роторного картоплекопача

Отже, запропонована конструкція роторного копача передбачає (див. рис. 3.2) леміш 1, гребінку 2 та ротор з лопатями 4. Гребінку 2 розмістять під лемешем 1, при цьому кінці кожної лопаті 4 будуть зігнуті у напрямку руху ротора. Лопать збиратиметься з окремих прутків 5, що надійно закріплюються на валу ротора та вільно переміщуються між зубцями гребінки під час роботи.

Технологічний процес роботи вдосконаленої машини відбувається так: у процесі руху машини леміш 1 підрізає шар ґрунту, який переміщується у бік гребінки 2. Оскільки гребінка 2 розміщена нижче площини лемеша, то через наявну різницю висот частина ґрунтового шару під впливом власної маси відриватиметься від основного масиву і потраплятиме на гребінку, у результаті чого відбуватиметься його остаточне руйнування та інтенсивне просіювання на зубах гребінки. Ворох, що залишився на гребінці, підхоплюватиметься лопатями ротора, рухаючись коловою траєкторією

одночасно переміщатиметься на поверхні лопаті. Завдяки постійній зміні напрямку руху часток вороху відбуватиметься їх інтенсивне перемішування, удари тертя одна об одну та об поверхню прутка лопаті, що призведе до інтенсивного руйнування міжґрунтових зв'язків і розпаду масиву на дрібніші частини і, як наслідок, до інтенсифікації процесу сепарації. Ґрунт та дрібні частки картопляного вороху просіюватимуться крізь прутки лопаті на поверхню поля, а бульби та бадилля перекидатимуться через вісь обертання ротора. Оскільки бульби мають більшу вагу ніж грудки та бадилля, то й траєкторія їхнього польоту буде довшою, завдяки чому вони потраплять на поверхню поля неприсипаними ґрунтом та сторонніми домішками.

3.2 Обґрунтування основних параметрів удосконаленого картоплекопача

Основними обчислювальними показниками пасивного плоского леміша є кут нахилу його робочої поверхні відносно горизонту, геометричні характеристики (довжина, ширина) та кут розширення леза.

Ширина леміша залежить від ширини і глибини розташування бульб у купі й визначається залежністю :

$$B = b + 2\delta + 2(h - h_k) \operatorname{ctg}\varphi = 220 + 2 * 40 + 2(150 - 80) * 0,5 = 370 \text{ мм} \quad (3.1)$$

де b - ширина залягання бульб у гнізді (для розрахунків приймаємо 220 мм);

δ - відхилення осі рядка від осі леміша (для розрахунків приймаємо 150 мм);

h_k – глибина залягання крайніх за шириною гнізда бульб (приймаємо 80 мм);

$$\operatorname{ctg}\varphi = 0,5$$

Середнє значення кута входження леміша у ґрунт приймемо $\alpha_d = 15^\circ$.

Отже довжина леміша, беручи до уваги висоту розміщення обрізу леміша H (приймаємо 120 мм), буде дорівнювати:

$$L = \frac{H}{\sin\alpha_d} = \frac{120}{\sin 15^\circ} = 478 \text{ мм} \quad (3.2)$$

Висоту H визначаємо з огляду на плавність зходження пласта з лемеша на подальший робочий орган та з метою забезпечення зазору між найнижчими частинами останнього та дном борозни не менше 40 мм. Кут розхилу впливає як на опір тязі машини, так і на ступінь подрібнення ґрунту. Оптимальним вважається кут у діапазоні 15...20° (обираємо 20°). До того ж, конфігурацію такого лемеша можна спроектувати у вигляді ламаної, що забезпечить ефективне деформування та покращить кришення пласта.

Відтак, параметри лемеша визначаються наступним чином:

$$\alpha_1 = 11^\circ, L_1 = 180 \text{ мм}, \alpha_2 = 20^\circ, L_2 = 200 \text{ мм}, \alpha_3 = 11^\circ, L_3 = 100 \text{ мм}$$

За визначених умовах, опір тяги лемеша буде $P=474 \text{ Н}$.

Картопляне скупчення з лемеша спрямовується до ротора, який виконує кілька функцій: подрібнює масу, просіює ґрунт і відкидає бульби. Кожна точка ротора здійснює складний рух, що складається з обертання разом з ротором та поступального руху разом з машиною. Відомо, що такий рух визначається кінематичним режимом, який описується залежністю (за умови, що кутова швидкість ротора $\omega=6 \text{ рад/с}$ і швидкість машини $v_m = 0,7 \text{ м/с}$):

$$\lambda = \frac{\omega D}{2v_m} = \frac{6 * 0,55}{2 * 0,7} = 2,357 \quad (3.3)$$

Отже, налаштування для лопаті (за умови діаметра ротора $D=0,55 \text{ м}$ з 12 лопатями) буде:

$$S_z = \frac{\pi D}{\lambda z} = \frac{0,14 * 0,55}{2,357 * 12} = 0,061\text{м} \quad (3.4)$$

Інші параметри лемеша встановимо, використовуючи наявні залежності:

Діаметр ротора обчислюють як функцію міжрядної ширини (S_w), глибини підкопування (a) та ширини рядка по вершині (S_D):

$$D = \frac{S_w^2 - S_w S_D + \frac{S_D^2}{2} + a^2}{a} \quad (3.5)$$

Найменше значення діаметра ротора може бути визначено з виразу:

$$D = \frac{0,25 S_w^2 + a^2}{a} \quad (3.6)$$

середнє значення для практичних цілей приймають:

$$D_{mit} = \frac{S_w(5S_w - 4S_D) + S_D^2 + 8a^2}{8a} \quad (3.7)$$

Розгляньмо кінематику взаємодії ротора радіусом $R = 0,5D$, що обертається із сталою кутовою швидкістю ω навколо осі, що паралельна до напрямку руху машини. Трактор з агрегатованим картоплекопачем рухається зі сталою поступальною швидкістю v_M .

З трикутника швидкостей абсолютне значення швидкості V визначатиметься з векторного рівняння $\bar{V} = \bar{V}_M + \bar{V}_K$, розписавши його відносно $V = \sqrt{V_M^2 + V_K^2}$ або після підстановки $V_K = \omega R$

$$\text{Тоді } V = \sqrt{V_M^2 + \omega^2 R^2}.$$

З умови $V \leq |V|$, де $|V|$ – допустиме значення швидкості взаємодії. На практиці $|V| = 3$ м/с. Тоді після підстановки, умова набуде вигляду:

$$\sqrt{V_M^2 + \omega^2 R^2} \leq |V|, \quad V_M^2 + \omega^2 R^2 \leq 9 \quad (3.8)$$

Зважаючи на вищесказане, під час використання даної методики, є обґрунтовані параметри картоплекопача: робоча швидкість поступального руху — 0,83...2,54 м/с, кутова швидкість ротора 3,5...4,0 рад/с, радіус ротора 500...600 мм, число лопатей 6...8.

3.3 Розрахунок валу ротора

У ситуації, коли відомо значення потужності та кутової швидкості, виникає потреба обчислити крутний момент, що впливає на вал, використовуючи таку формулу:

$$I = \frac{N}{\omega}, \text{ Нм} \quad (3.9)$$

де N – потужність, Вт;

ω – кутова швидкість вала, рад/с

Для розрахунку напружень у перетині вала спершу потрібно знайти крутні моменти T , які діють всередині нього. Це здійснюється за допомогою методу перерізів. Виконаємо уявний розріз вала в точці, де нам потрібен крутний момент, та проаналізуємо умови рівноваги відсіченої частини. Крутний момент буде дорівнювати алгебраїчній сумі зовнішніх моментів, що діють з одного боку від перерізу. Варто пам'ятати: моменти, що обертають вал за годинниковою стрілкою, беруться зі знаком "+", а моменти проти годинникової стрілки – зі знаком "-".

Розрахунки валу, проектні та перевіірочні, проводяться відповідно до умови міцності:

$$\tau = \frac{T}{W} \leq |\tau|, \quad (3.10)$$

де τ – дотичні напруження у перерізі, Н/мм²;

T – крутний момент, який виникає у внутрішньому перерізі, Нм;

W – полярний момент опору, мм³.

Полярний момент опору для круглого перерізу валу обчислюється:

$$W = \frac{\pi d^3}{16}, \quad (3.11)$$

де d – діаметр вала, мм.

При проектуванні валів під час розрахунків слід зважати на вплив факторів, що спричиняють концентрацію напружень, на кшталт шпонкових пазів, отворів у тілі вала та інших подібних елементів. У випадках, коли наявні концентратори напружень, виникає потреба у збільшенні розрахункового значення діаметра вала в межах 8-10%. Це еквівалентно множенню розрахованого діаметра на коефіцієнт 1,08 - 1,1. В кінці отримане число рекомендується округлити у бік більшого найближчого значення, використовуючи при цьому відповідний стандартний ряд **R_a40** .

Внаслідок виконаних обчислень було визначено, що оптимальне значення діаметра вала за умови рівномірного розподілу маси дорівнює 36 мм.

3.4 Розрахунок на міцність прутка лопаті

Розрахунок стержня барабана виконуємо, враховуючи міцність та жорсткість. Стрижень розглядаємо як консоль, на яку прикладена зосереджена сила.

Вихідні параметри для обчислення:

- Найбільша глибина занурення в ґрунт – 210 мм;
- Довжина консолі – 250 мм;
- Сила, що чинить вплив від пухкого ґрунту на стрижень – 150 Н;
- Матеріал стрижня – Сталь 3 ДСТУ 2651:2005.

Діаметр стрижня визначається з огляду на міцність:

$$W = \frac{M_{max}}{|\sigma|}, \quad (3.12)$$

де W – момент опору перерізу прутка;

M_{max} – максимальний згинальний момент прутка,

$$(M_{max} = F(25 - 10,5) = 150 * 14,5 = 217,5 \text{ кгс} * \text{см});$$

$|\sigma|$ – максимально допустиме нормальне напруження при згині (для матеріалу Сталь 3 $|\sigma| = 1200 \text{ кгс/см}^2$).

Отже ,

$$W = \frac{217,5}{1200} = 0,18 \text{ см}^3$$

Оскільки для круглого перерізу прутка

$$W = \frac{\pi d^3}{32}, \quad (3.13)$$

де d – діаметр прутка барабана, то

$$d = \sqrt[3]{\frac{32W}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 0,18}{3,14}}$$

Приймаємо $d = 16$ мм .

Проводимо контроль жорсткості прутка барабана, згідно з вимогою:

$$f < |f| \quad (3.14)$$

де f – фактична величина прогину пальця під дією максимального значення згинальної сили.

$$f = \frac{F(0,105)^3}{3EI} \quad (3.15)$$

де E – модуль пружності I роду (модуль Юнга). Для Сталі 3 $E = 2 * 10^{11}$ Н/м²;

I – момент інерції перерізу прутка.

Для круглого перерізу $I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3,14 * 0,016^4}{64} = 3,2 * 10^9$ м⁴.

Тоді,

$$f = \frac{150 * (0,105)^3}{3 * (2 * 10^{11}) * (3,2 * 10^9)} = 0,00009\text{м} = 0,09\text{мм};$$

$|f|$ – допустимий прогин пальця у процесі роботи. Приймаємо $|f| = 1$ мм.

Зіставивши показники, бачимо, що параметри водойми відповідають вимогам щодо її твердості.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Загальний стан охорони праці при роботі машини

Під охороною праці розуміють комплекс заходів, що охоплює: соціально-економічні механізми, правові норми, організаційно-технічні рішення, лікувально-профілактичні процедури, а також санітарно-гігієнічні вимоги. Їхня основна мета – забезпечити збереження здоров'я та здатність людини до праці під час виконання трудових обов'язків.

В Україні чинний Закон Про охорону праці, дія якого розповсюджується на всі без винятку підприємства, установи та організації, незалежно від форми власності та виду діяльності, а також на всіх громадян, що залучені до трудової діяльності на цих підприємствах.

Основна мета охорони праці в сільськогосподарському виробництві полягає в організації та підтриманні безпечних умов праці, що сприятимуть високому рівню культури та продуктивності виробництва, здійсненню робочих процесів без аварій, травмувань та професійних захворювань. Досягнення комфортних та безпечних умов праці можливе лише за умови неухильного дотримання всіх норм і правил охорони праці, пожежної безпеки, а також постійного вдосконалення методів організації праці та виробничої етики. З розвитком технологій, впровадженням новітньої техніки, засобів інформатизації та автоматизації сільськогосподарського виробництва, а також появою нових форм господарювання, проблематика охорони праці не тільки не втратила своєї актуальності, а й перетворилася на один з ключових викликів сучасності.

Алгоритм дій, що передують початку робіт, включає:

- Ознайомлення з інструкціями від керівника стосовно суті та специфіки виконання конкретного технологічного процесу.

- Візуальний огляд робочого місця для виявлення можливих загроз і їхнього негайного усунення.
- Підготовка робочої зони для забезпечення зручного та безперешкодного виконання потрібної технічної операції.
- Перевірка наявності необхідного інструменту та його придатності до роботи.

Під час проведення робіт:

- Ручний збір картоплі та її затарювання дозволяється лише на полях, де механізовані роботи на даний момент не виконуються.
- Завантаження картоплі вручну в транспортні засоби дозволяється лише в автомобілі, що зупинені та мають заглушений двигун.
- Заборонено завантажувати кузов або причіп автомобіля вище їхніх габаритів.
- Заборонено вирівнювати бульби в кузові транспортного засобу під час руху.
- Не дозволяється використовувати способи та засоби прискорення роботи, що порушують загальні вимоги правил безпеки.

Функціонування картоплезбиральних машин повинно відповідати нормам НАОП 2.1.10-2.06-81.

4.2. Гігієнічні вимоги до картоплекопача

До модернізованої машини ставляться такі санітарно-гігієнічні вимоги: гарантування простого і комфортного з'єднання з трактором без потреби в додатковому обладнанні та персоналі; сервісне обслуговування машини одним трактористом; забезпечення можливості спостереження за технологічним процесом без потреби зміни робочого положення; мінімально обмежена кількість регулювань, місць обслуговування (змащення); перехід машини з транспортного режиму в робочий безпосередньо з кабіни оператора.

Машина не повинна створювати надлишкового шуму, пилу, вібрацій і негативно впливати на динамічні характеристики руху трактора [7].

4.3 Вимоги охорони праці перед початком виконання робіт

Особливу пильність слід виявляти під час переведення технологічної машини з робочого положення в транспортне і навпаки, а також при з'єднанні з трактором. Перед початком роботи машини оператор зобов'язаний сповістити обслуговуючий персонал про це звуковим сигналом [2].

4.4 Вимоги охорони праці в процесі виконання робіт

Заборонено вибігати перед трактором, коли той рухається, або перебувати дуже близько до деталей, що крутяться (карданного валу, ротора, дисків та інших). Також не можна працювати, якщо немає захисного кожуха на роторі та огорож на карданній, ланцюговій та інших передавальних механізмах. Не можна чистити чи змащувати машину під час її роботи, або якщо механізми крутяться "на холостому ході". Очищувати робочі органи дозволяється лише після повної зупинки машини.

РОЗДІЛ 5. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ МАШИНИ

Економічні показники, що характеризують ефективність використання, будемо визначати згідно з ДСТУ 2155-93, використовуючи загальноприйняті формули.

За базову модель беремо машинно-тракторний агрегат у складі трактора УТО 1024 NLX та картоплекопача КСТ. За модернізовану машину приймемо картоплекопача КСТ з роторним робочим органом, який було встановлено.

Вихідні дані для розрахунків наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності використання удосконаленого картоплекопача КСТ

Показник	Значення показників для МТА	
	УТО 1024 NLX +КСТ (базовий)	УТО 1024 NLX +КСТ(у доск.)
1	2	3
Вартість картоплекопача КСТ, грн	130000	138000
Вартість трактора, грн	1358300	1358300
Річне завантаження трактора, год.	1500	1500
Річне завантаження картоплекопача КСТ, год.	100	100
Кількість обслуговуючого персоналу	1	1
Продуктивність за годину змінного часу, га	5,68	6,72
Приведені затрати на оплату праці, грн/год.	22,00	18,60
Приведені затрати на ПММ, кг/га	6,4	5,6
Вартість палива, грн/кг	53,00	53,00
Норма відрахувань на амортизацію трактора і картоплекопача КСТ %	15	15
Норма відрахувань на технічне обслуговування трактора і картоплекопача КСТ, %	6,5	6,5

Зменшення сукупних експлуатаційних витрат визначається за такою формулою:

$$E_{заг} = (П_б - П_м), \text{ грн/га}, \quad (5.1)$$

де $П_б$, $П_м$ – приведені експлуатаційні затрати базової і модернізованої машини грн/га .

Приведені експлуатаційні затрати розраховуються:

$$П = e \cdot K + C, \text{ грн/га}, \quad (5.2)$$

де e – нормативний коефіцієнт ефективного використання капітальних вкладень ($e=0,15$);

K – розмір капітальних вкладень, грн/га .

$$K = B_T / (W_T T_T) + B_A / (W_T T_A), \text{ грн/га}, \quad (5.3)$$

де B_T , B_A – балансова вартість трактора і картоплекопача КСТ, грн (для трактора УТО 1024 NLX – 1358300 грн , для базового картоплекопача КСТ – 130000 грн , для удосконаленого – 138000 грн);

T_T , T_A – нормативне річне завантаження трактора і агрегату відповідно, год , (для картоплекопача КСТ T_T становить 100 год , $T_T=1500$ год);

W_T – годинна продуктивність машинно-тракторного агрегату, га/год .

$$W_T = 0,1 B_p V_p \tau, \text{ га/год}, \quad (5.4)$$

де τ – коефіцієнт ефективного використання часу зміни ($\tau=0,85$ для базового машинно-тракторного агрегату, $\tau=0,8$ – для удосконаленого машинно-тракторного агрегату);

B_p – робоча ширина захвату картоплекопача КСТ, м ;

V_p – робоча швидкість поступального руху МТА, км/год.

У виразі (5.2) C — безпосередні експлуатаційні витрати, грн/га. Їх розраховують як загальну суму витрат на оплату праці C_1 , витрат на паливно-мастильні матеріали C_2 , амортизаційних відрахувань на машини та енергетичний засіб (трактор) C_3 , разом з витратами на їх ремонт і технічне обслуговування C_4 .

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \text{ грн/га} \quad (5.5)$$

Складові (5.5) визначаються за формулами:

$$C_1 = (n_i T_i) / W_3, \text{ грн/га}, \quad (5.6)$$

де n_i – кількість робітників відповідного класу, зайнятих на цій роботі, чол. (в нашому випадку – 1 тракторист-машиніст); T_i – погодинна ставка робітника цього класу (в нашому випадку – тарифна ставка тракториста-машиніста 5-го розряду, грн/год; $T_i = 125$ грн/год.),

$$C_2 = Q C_{\Pi}, \text{ грн/га}, \quad (5.7)$$

де Q – витрата палива, кг/га; C_{Π} – комплексна вартість паливно-мастильних матеріалів, грн/кг (53 грн/кг).

$$Q = (N_e q_e k) / W_T, \quad (5.8)$$

де N_e – номінальна потужність двигуна, кВт;

q_e – питома витрата палива кг/кВт год;

k – коефіцієнт використання потужності трактора, ($k = 0,85$)

$$C_3 = \frac{B_T a_T}{100 W_G T_T} + \frac{B_A a_A}{100 W_G T_A}, \text{ грн/га}, \quad (5.9)$$

де a_T, a_A – норма амортизаційних відрахувань трактора і ґрунтообробного агрегату ($a_T = a_A = 15\%$).

$$C_4 = \frac{B_T P_T}{100 W_G T_T} + \frac{B_A P_A}{100 W_G T_A}, \text{ грн/га}, \quad (5.10)$$

де P_T, P_A – норма відрахувань на ремонт і технічне обслуговування трактора та ґрунтообробного агрегату ($P_T = P_A = 6,5\%$).

Річний економічний ефект визначається:

$$E_p = E_{заг} T_A W_G, \text{ грн} \quad (5.11)$$

Результати розрахунків занесемо до таблиці 5.2.

Показник	Значення показників для МТА	
	УТО 1024 NLX +КСТ (базовий)	УТО 1024 NLX +КСТ(удоск.)
1	2	3
Заробітна плата, <i>грн/га</i>	22	18,60
Вартість палива, <i>грн/га</i>	124,55	105,47
Амортизаційні відрахування на машинно-тракторний агрегат, <i>грн/га</i>	4,66	4,07
Відрахування на технічне обслуговування машинно-тракторного агрегату, <i>грн/га</i>	2,02	1,77
Сумарні прямі затрати на роботу машинно-тракторного агрегату, <i>грн/га</i>	153,23	129,91
Приведені експлуатаційні затрати, <i>грн/га</i>	619,19	538,04
Зменшення приведених експлуатаційних затрат, <i>грн/га</i>	81,15	
Річний економічний ефект, <i>грн</i>	54532,80	

Коли , після проведених обчислень з'ясовано, що погодинна продуктивність вдосконаленого картоплекопача зросла на 18,3% у порівнянні з базовою моделлю. Зменшення приведених експлуатаційних витрат складає 81,15 грн/га, що, як наслідок, обумовлює річний економічний ефект при щорічному навантаженні ґрунтообробного агрегату 100 год. – 54532,80 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Одним з потенційних способів поліпшення якісних показників функціонування картоплезбиральної машини може бути застосування активних підкопувальних робочих елементів або їх комбінацій з сепаруючими.

2. У конструкції картоплекопалки пропонується застосування пальчастого ротора, котрий встановлюється над підкопувальними робочими органами. Його задача – подрібнювати та руйнувати грудки, розшарувувати і розтягувати картопляний ворох, сприяючи тим самим його просіюванню.

3. За підсумками виконаних інженерних обчислень та проектування, було виявлено оптимальні значення параметрів робочої частини: Швидкість роботи машини дорівнює 0,83... 2,54 м/с. За кутової швидкості ротора 3,5... 4 рад/с, радіус ротора – 500... 600 мм, передбачено 6... 8 лопатей, діаметр приводного вала – 36 мм, довжина прутка лопасті – 160 мм, діаметр прутка – 16 мм.

4. У дослідженні також представлено заходи з охорони праці під час збору картоплі, а також ідентифіковано потенційно небезпечні умови, ризиковані ситуації та способи їхнього вирішення.

5. Обчислення показників економічної доцільності вказує на раціональність застосування удосконаленої конструкції картоплекопача. У підсумку обчислень встановлено, що годинна продуктивність удосконаленого картоплекопача зросла на 18,3% порівняно з вихідною, скорочення приведених експлуатаційних витрат сягає 81,15 грн/га, що, своєю чергою, обумовлює річний економічний ефект при річному завантаженні ґрунтообробного агрегату в 100 год. – 54532,80 грн.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Водяник І.І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів. – К.: Урожай, 1994. – 224 с.
2. Войтюк Д.Г, Гаврилук Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Каравела, 2004. – 552с.
3. Гевко Р.Б. Викопувальні-очисні пристрої бурякозбиральних машин. – Тернопіль: 1998. – 297с.
4. Гевко Р.Б. Оцінка ринкової вартості та конкурентоспроможності машин і технологій. /Гевко Р.Б., Гарькавий А.Д., Гладич Б.Б., Павх І.І., Павелчак О.Б. – Тернопіль: ТДПУ, 2004.- 199с.
5. Гевко Р.Б. Машини сільськогосподарського виробництва. /Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. - Тернопіль, 2005.- 228с.
6. Грушецький С.М. Обґрунтування конструкції і параметрів лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором картопляного вороху. - Дис. на здобуття наук. ступ. к.т.н. – Вінниця: 2008. – 286с.
7. Данильченко М. Г. Експертно-аналітична оцінка технологічних і економічних показників сільськогосподарської техніки: Навчально-методичний посібник для студентів економічних спеціальностей / Данильченко М. Г., Гладич Б. Б., Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г. – Тернопіль: Економічна думка, 2001. – 61 с.
8. Довбуш А.Д. Опір матеріалів: навчально-методичний посібник до виконання курсової роботи / А.Д. Довбуш, Н.І. Хомик. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. – 191 с.
9. Довідник ланкового по вирощуванню картоплі / В.Д.Волков, В.С.Куценко, В.І. Дзюба та ін.; За ред. В.Д. Волкова. - К. : Урожай, 1987. - 248 с., іл.
10. ДСТУ 4397-2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 16 с.

11. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю. Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімонт та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка.- К. : Урожай, 1993. - 288 с.
12. Інтенсивна технологія вирощування картоплі / В.Д.Волков, Г.М.Колонтай, М.П. Мукосій, П.К. Сердюк. - К.: Урожай, 1989. – 40 с.
13. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Каравела, 2004р., - 551с.
14. Лехман С.В. Довідник з охорони праці в сільському господарстві, К.: Техніка, 1990. 68с.
15. Машиновикористання в землеробстві /В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А. Джалос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. - К.: Урожай, 1996. - 384 с.
16. Настенко П.М., Романченко М.А. Індустріальна технологія виробництва картоплі.- 3-є вид., доп і перероб. - К.: Урожай, 1986. - 144 с., іл.
17. Операційна технологія виробництва картоплі /В.І. Дзюба, В.Г. Батюта, В.С. Куценко та ін.; За ред. В.І. Дзюби, В.Г. Батюти.: - К.: Урожай, 1987. – 200 с.
18. Опір матеріалів. Під заг. ред. акад. АН УРСР Г. С. Писаренко. – К.: Вища школа, 1974. – 304 с.
19. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. – К.: Техніка, 2002. – 512с.
20. Пасаман Б.Ф. Визначення раціональних параметрів роторного картоплекопача-укладача. / Б.Ф. Пасаман, Ю.Л. Гунько// Наукові нотатки. – 2012. Вип. 39. – С. 150 – 153.
21. Пасаман Б.Ф. Обґрунтування параметрів лемішно-роторного картоплекопача: Автореф. Дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Б.Ф. Пасаман; Терноп. держ. техн. ун-т ім. І. Пулюя. – Т., 2006. – 17с.
22. Пасаман Б.Ф., Трейман Є.О. Про взаємодію лемеша картоплезбиральної машини з ґрунтом// ЛДТУ «Сільськогосподарські машини». Збірник наукових статей. – Луцьк. Випуск 9, 2001. С. 114 – 119.

23. Патент України на корисну модель № 90698 A01D/00 Підкопувально-сепаруючий пристрій картоплекопача.
24. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунок: Підручник / за ред. Д.Г. Войтюка, К.: НУБіП України, 2018. – 736с.

ДОДАТКИ

