

УДК 631.365.4

АНАЛІЗ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ

Герук С.М., к.т.н., доц., с.н.с., Герасимчук Д.В., аспірант
(Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації
сільського господарства», НААН)

Виконаний аналіз конструкцій підкопуючих (викопуючих) робочих органів за допомогою якого сформульовано гіпотезу для створення нової конструкції. Вона відрізняється від відомих видом деформації, яка діятиме на шар землі з вмістом коренебульбоплодів.

Вступ. Збирання - це одна з найбільш енергомістких технологічних операцій при виробництві коренебульбоплодів. Україна одна з країн Європи і світу, яка займається їх вирощуванням, а картопля і цукор є одними із стратегічних продуктів харчування. Тому вітчизняному машинобудуванню необхідно випускати машин для викопування коренебульбоплодів техніко-експлуатаційні показники яких відповідали б рівню найкращих світових аналогів.

Підвищення якісних показників викопування коренебульбоплодів є комплексною науково-технічною проблемою, вирішення якої повинно базуватись на пошуку нових конструктивних рішень робочих органів та технологічних схем машин, теоретичному обґрунтуванні їх конструкційних та технологічних параметрів, експериментальному підтвердженні проведених теоретичних досліджень з кінцевою метою аналізу та синтезу оптимальних їх параметрів.

Тому аналіз відомих робочих органів машин для викопування коренебульбоплодів, створить передумови для проектування викопуючих робочих органів з оптимальними параметрами.

Формування цілей статті. Мета статті – провести аналіз конструкцій та обґрунтувати технологічну схему машини для викопування коренебульбоплодів через оптимізацію технологічних і кінематичних показників роботи викопуючого органу, сприяти зменшенню сил опору ґрунту на робочі органи тобто енергоємності процесу викопування.

Основна частина. Під час викопування коренебульбоплодів, в першу чергу через технологічну дію саме підкопуючих (викопуючих) органів, а в другу через дію сепаруючих пристроїв машини на шар землі з вмістом коренебульбоплодів відбувається його деформація, руйнування та сепарація. Вид деформації і напруження, які виникатимуть у ґрунті залежать від типу та параметрів підкопуючих (викопуючих) органів та в подальшому відіграють значні роль у процесі сепарації.

Викопуючі (підкопуючі) робочі органи здійснюють руйнування (вирізування) кореневмісного шару на глибину залягання коренебульбоплодів з подальшою їх передачею на сепаруючі та транспортуючі робочі органи.

Отже, робочий процес викопування передбачає, як мінімум, дві послідовні операції – руйнування ґрунту і створення необхідного зусилля для вилучення коренебульбоплодів. Даний процес ускладнюється необхідністю забезпечити якісне подрібнення кореневмісного шару для підвищення ефективності сепарації та запобігання травмування коренебульбоплодів. Тому степінь їх досконалості в значній мірі визначає параметри і енергоємність наступних робочих органів та в кінцевому результаті технологічну схему і якість роботи машини.

Аналіз підкопуючих робочих органів

Проводячи аналіз машин для викопування коренебульбоплодів можна скласти наступну класифікацію підкопуючих органів (рис.1).

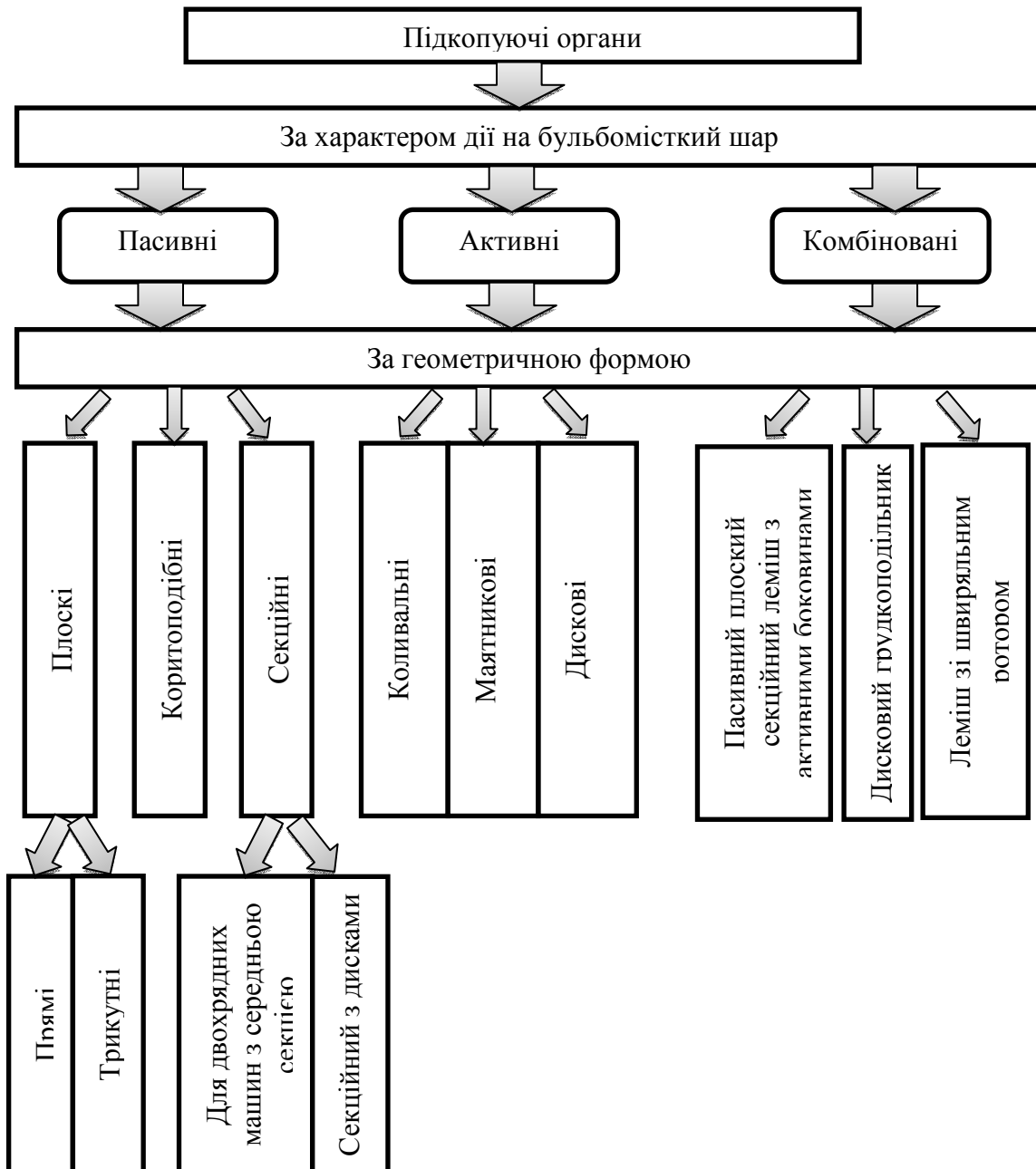


Рис. 1. Класифікація підкопуючих органів машин для підкопування бульбоплодів

При збиранні огорнутих рядків підкопуючі робочі органи зазвичай заглиблюються на глибину 17-22 см, при збиранні не огорнутих рядків – на 13-22 см [1].

Для вибору ефективного підкопуючого органу проведемо більш детальний аналіз існуючих.

Найбільш дешевий і простий підкопуючий орган є пасивний леміш (рис 2).

Істотним недоліком пасивних робочих органів є великий тяговий опір. Для його зменшення кут нахилу α зменшують (рис 3). Проте експериментально підтверджено, що при збільшенні кута нахилу α покращується самоочищення леза леміша від рослинних решток та налипання ґрунту. Оптимальним кутом нахилу леміша до горизонту вважають 15...20°. Ще одним геометричним параметром пасивних лемішів є кут скосу γ , який впливає на самоочищення леза леміша. Із зменшенням його величини збільшується довжина леза леміша l (не більше 475 мм), що негативно впливає на сповзання скиби з його поверхні та збільшує тяговий опір. Оптимальні значення кута скосу лежать у межах 40...50°. Ширина леза леміша b залежить від ширини рядка та глибини залягання коренебульбоплодів.[2].

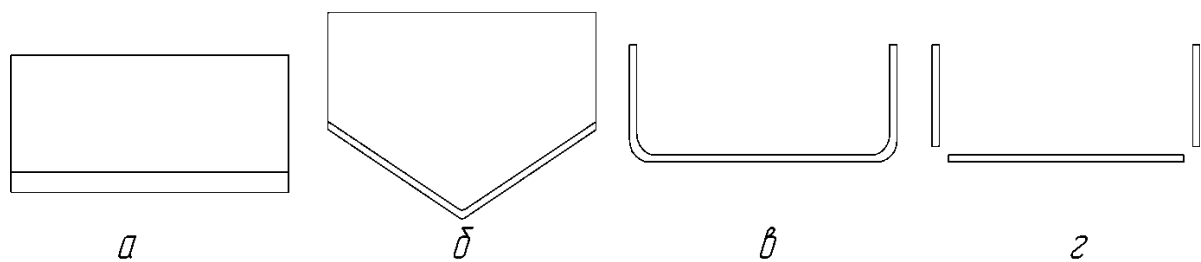


Рис. 2. Типи пасивних підкопуючих органів: а – плоский прямий леміш; б – плоский трикутний леміш; в – коритоподібний; г – секційний

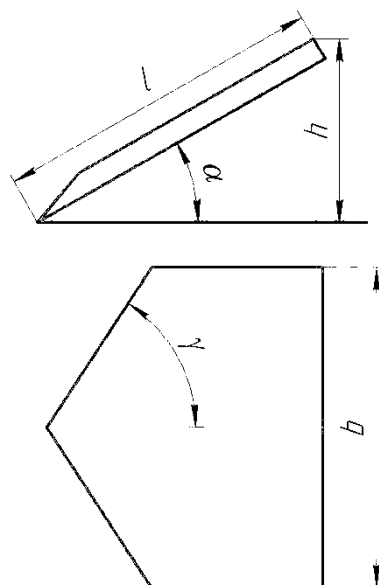


Рис. 3. Схема пасивного леміша

До активних підкопуючих робочих органів належать леміші, що здійснюють коливання з плоско-паралельним рухом (рис.4, а), маятникові (рис. 4, б) та дискові (рис. 4, в).

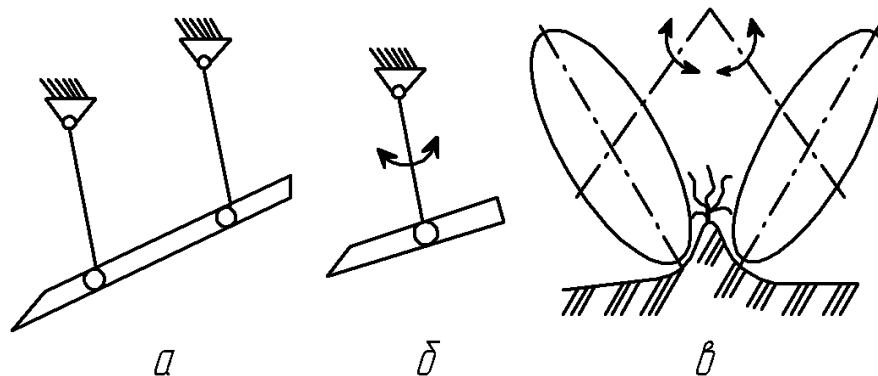


Рис. 4. Активні підкопуючі робочі органи: а – коливальні леміші, б – маятникові, в – дискові

Найпоширенішими є коливальні леміші, які винайшов інженер Ганс Сакк. У порівнянні з пасивними вони мають наступні переваги: значно менший тяговий опір, відсутність сповзання ґрунту та розвалу підкопаного кореневмісного шару і втрат коренебульбоплодів, що позитивно впливає на техніко-експлуатаційні показники машини.

Такий підкопувальний робочий орган дозволяє здійснювати не тільки пряме комбайнування, але й підбір валків.

Попри вищезазначені переваги недоліками є високі динамічні навантаження та нерівноваженість мас.

Аналізуючи роботу коливального леміша робимо висновок, що його тяговий опір залежить від параметрів коливань (амплітуда та частота), кута його нахилу та швидкості руху машини.

Дисковий леміш, так як і коливальний, дозволяє на 20-30% зменшити тяговий опір при підкопуванні бульбомісткого шару. Він транспортує підкопаний шар на сепарувальний пристрій за допомогою відцентрових сил, що дає можливість звужити потік підкопаного шару та габаритні розміри машини.

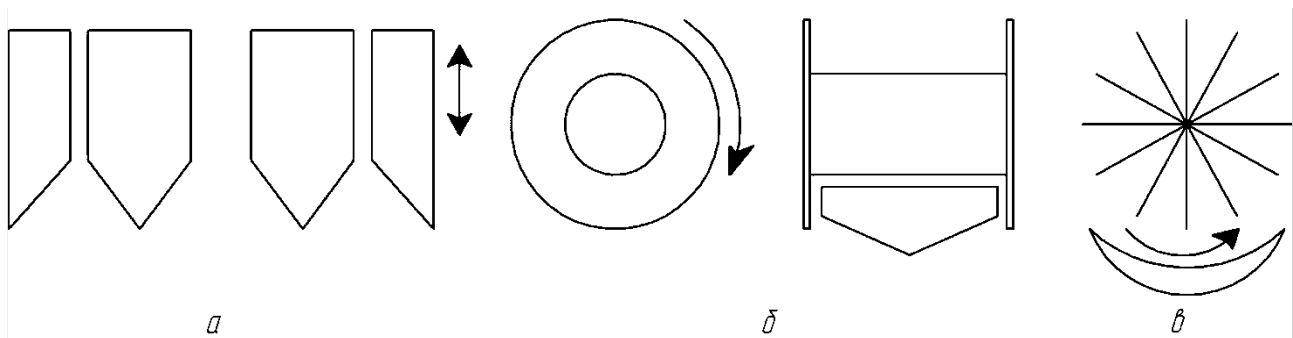


Рис. 5. Комбіновані підкопуючі робочі органи: а – пасивний плоский секційний леміш з активними боковинами, б – дисковий грудкоподільник, в – леміш зі швиряльним ротором

Комбіновані підкопувачі органи, як правило, являють собою поєднання пасивних лемішів з коливальними або обертовими елементами, які запобігають розвалюванню та скачуванню шару ґрунту.

У таких підкопувачальних робочих органів активними є зазвичай боковини, а самі леміші залишаються пасивними. Завдяки такому поєднанню досягається підкопування грядків без втрат, не розвалюється маса по бокам і не забивається навіть при роботі на незв'язаних ґрунтах. Втрати клубнів при такому леміші не перевищують 0,1-0,2%.

Наступним прикладом комбінованого підкопувачального органу є дисковий грядкопідіймач (рис. 5, б), який складається із леміша і барабана, з закріпленими на ньому по бокам дисками. Перевагами даного підкопувачального робочого органу є підйом пласту на велику висоту, підкопування тільки самого рядка та відсутність розвалювання шару на боки.

Аналіз викопувачальних робочих органів

Викопувачальні робочі органи за конструктивною схемою виконання поділяються на наступні основні групи: лемішні, вилкові, ротаційні, вібраційні та комбіновані (рис. 5)

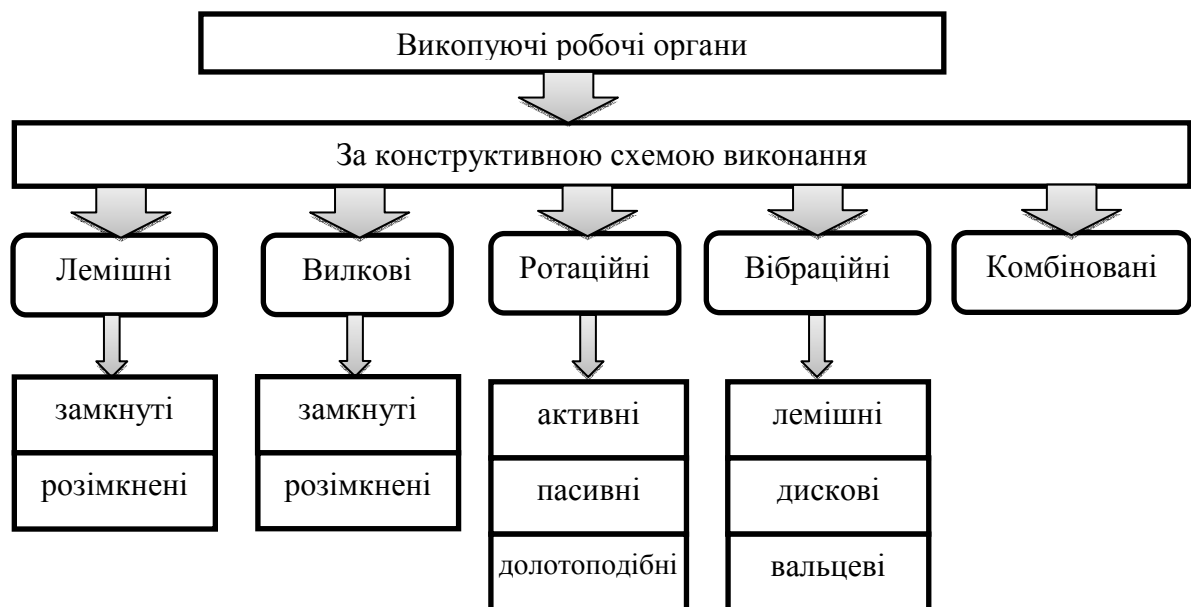


Рис. 5 Класифікація викопувачальних робочих органів машин для викопування коренеплодів

Лемішні (рис. 6, I) та пасивні вилкові (рис. 6, II) робочі органи підрізають шар ґрунту лезом клина або поверхнею вилки на глибині підкопування і його переміщують його по руслі копача. Лемішні копачі з від'ємним кутом атаки і граничною робочою швидкістю до 1,8 м/с, при роботі на легких ґрунтах, обламують меншу кількість коренів в порівнянні з вилковими. Проте зі збільшенням швидкості руху машини, збільшується кількість обламаних кінців коренів, які залишаються у землі [1].

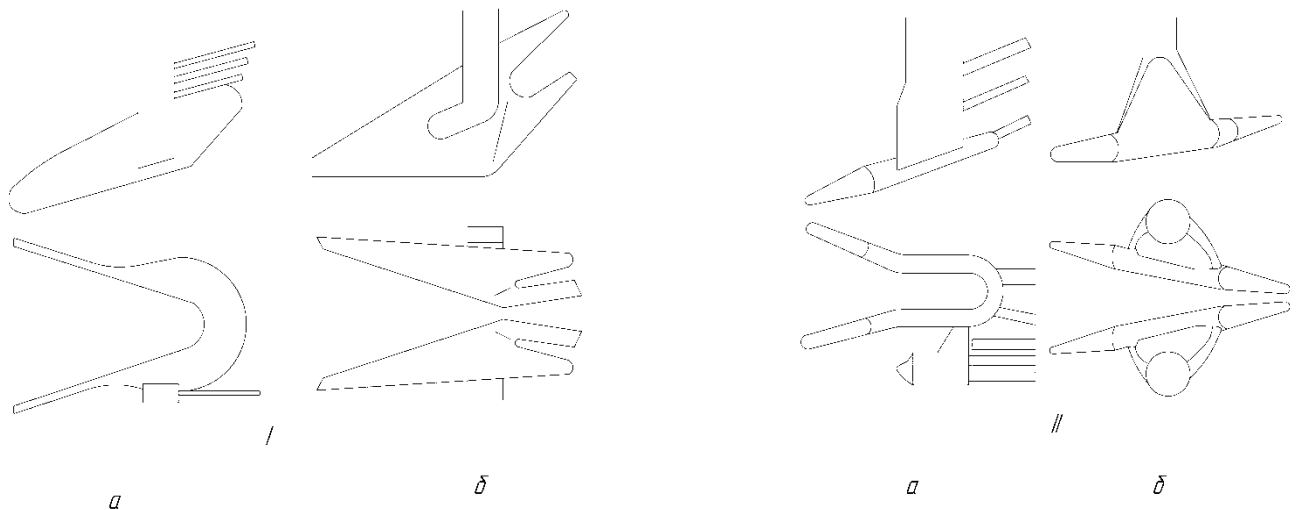


Рис. 6. Вижимні копачі: I - вижимні лемішні копачі: а – замкнуті, б – розімкнені; II - вижимнівилкові копачі: а – замкнуті, б - розімкнені

Лемішні викопуючі робочі органи (копачі) схематично розглядають у вигляді двох спарених тригранних клинів. (рис 7).

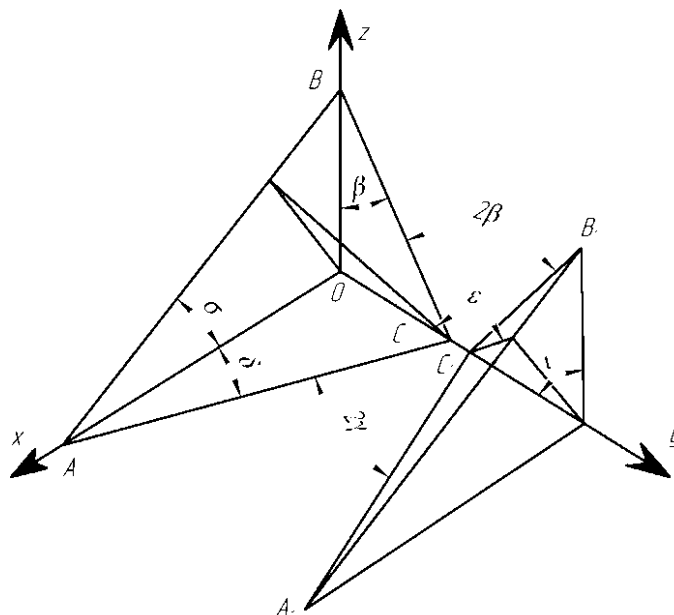


Рис.7. Схема лемішного викопувального робочого органу

Під час руху по рядку коренеплодів клини руйнують шар ґрунту, який разом із коренеплодами проходить крізь звужене русло копача, утворене внутрішніми поверхнями клинів. Оскільки клини встановлені під певними кутами, то взаємодія шару ґрунту разом із коренеплодом з боковими поверхнями клинів при їх поступальному русі відбувається таким чином, що шар ґрунту стискається з боків і деформується й для подальшого руху коренеплодів створюються відповідні зусилля для вилучення з ґрунту.

Здійснивши переріз клинів горизонтальною площиною, кут 2γ буде кутом атаки; поперечно-вертикальною площиною, то 2β - кут розхилу; поздовжньо-

вертикальною площиною, то σ - кут різання; двогранний кут ε - кут максимального розкриття робочої поверхні копача, а i - кут відхилення від вертикалі площини максимального розкриття.

Дослідження показали наступні оптимальні значення: $\beta=50\dots55^\circ$, $\gamma=14\dots15^\circ$, $\sigma=10\dots15^\circ$, $CC_1=30\dots40$ мм, $AA_1=180\dots220$ мм, а глибина ходу лемішних копачів у ґрунті 110...120 мм [2].

Незважаючи на простоту конструкції, малу металоємність даний тип викопуючих робочих органів не отримав широкого застосування, оскільки характеризується високими енерговитратами, ненадійністю виконання технологічного процесу на в'язких ґрунтах.

Вилкові копачі знайшли застосування при роботі коренезбиральних машин на легких та середніх ґрунтах при швидкості руху машини до 1,8 м/с. Проте при важких умовах роботи, вони характеризуються значним забрудненням коренів ґрунтом, при великих швидкостях обламують кінці коренів, а при високій вологості і в'язкості ґрунту якість викопування різко знижується через забивання робочих органів ґрунтом.

Вилкові копачі (рис. 8) з обертовими конічними наконечниками характеризуються кутом розхилу осей вилки λ_0 , кутом розхилу твірних наконечників λ , кутом нахилу до горизонту площини, в якій розміщені їх осі α_0 , кутом конуса наконечника μ , шириною розхилу α_1 , довжиною русла копача l , швидкістю обертання наконечників ω . Невід'ємною частиною вилкових копачів такої конструкції є коренезабірники, які характеризуються кутами встановлення дисків у горизонтальній α та вертикальній β площинах (аналогічно кутам α_1 і β дискових копачів), радіусом R .

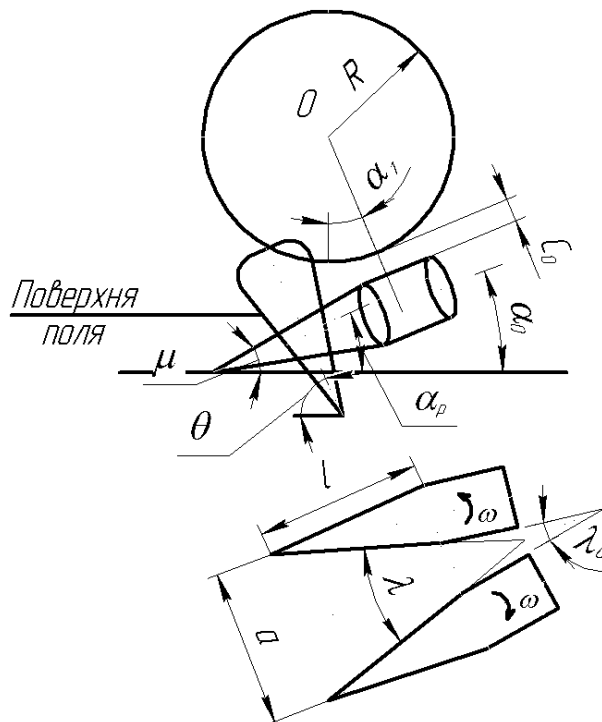


Рис. 8. Схема активного вилкового копача

У сучасних коренезбиральних машинах найчастіше використовують дискові копачі, які надійно виконують технологічний процес в різноманітних ґрунтово-кліматичних умовах. Вони бувають з обома пасивними, одним або двома активними дисками і можуть працювати на підвищених швидкостях (до 2,6 м/с) у порівнянні з лемішними копачами. Суттєвою ознакою дискових робочих органів є розташування двох плоских або сферичних дисків, вертикальні осі яких утворюють кут розвалу, а горизонтальні - кут атаки.

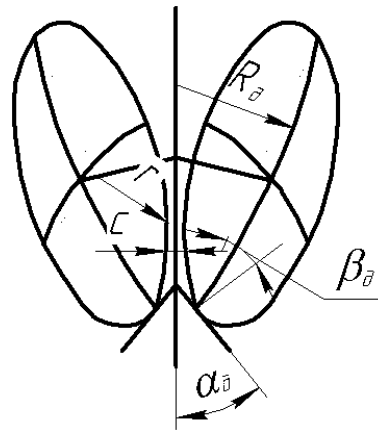


Рис. 9. Параметри дискових копачів

Дискові копачі характеризуються такими параметрами (рис.9) R_d - радіус сфери диска; r - радіус диска; c - мінімальна відстань між дисками; α_d кут між лініями перетину горизонтальної площини з площиною обертання диска (кут атаки) і β_d - кут між площиною диска і горизонтальною площиною диска і горизонтальною площиною (кут розвалення).

У порівнянні з лемішними або вилковими дискові робочі органи мають кращу подрібнювальну властивість, краще очищують коренеплоди від ґрунту, не забиваються при роботі на ділянках поля з підвищеною забур'яненістю.

Незважаючи на вищезазначені переваги дискові копачі мають наступні недоліки: велика енергоємність; на важких ґрунтах погано заглиблюються; допускають попадання грудок ґрунту до зібраних коренеплодів; обривають хвости коренів; на вологих ґрунтах коренеплоди сильно забруднені землею. Через сталі значення кута розхилу дисків, копачі пошкоджують великі коренеплоди, а дрібні втрачають. Зважаючи на цей недолік вони потребують регулювання відстані між дисками у відповідності з розмірами коренів і досить точного водіння по рядках.

Копачі, які мають один привідний диск забезпечують менші забруднення коренів землею і можуть працювати у важких умовах ніж копачі з пасивними дисками.

Роторні викопуючі робочі органи (рис.10) мають вигляд двох конусоподібних наконечників, які зустрічно обертаються, та встановлений над ними дисковий прутковий коренезабірник.

Дані викопуючі органи мають однакові з лемішними та дисковими копачами геометричні параметри. Характерним параметром для таких робочих органів є кут конусності вилок 2μ , значення якого коливаються в межах $15...17^\circ$. Для уникнення потиличного тертя нижньої частини конуса вилок по дну борозни, її встановлюють під кутом Δ , значення якого коливаються в межах $4...7^\circ$.

Дослідження показали наступні основні конструктивні параметри та розміри роторних копачів: $2\gamma_k=38...40^\circ$, $\alpha_3=11,5...15,5^\circ$, $\alpha_2=19...24^\circ$, $2\gamma_1=23...25^\circ$, $C_l=210...230\text{мм}$, $l_k=320...340\text{мм}$, $S_l=35\text{мм}$, $S_2=70\text{мм}$ [4].

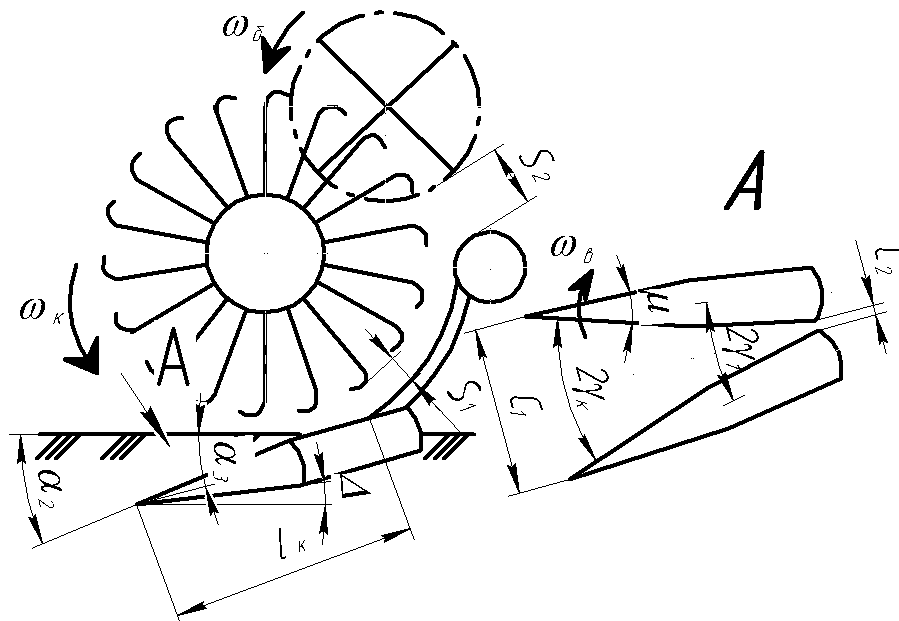


Рис. 10. Схема роторного викопуючого робочого органу

Роторні копачі забирають в 2-3 рази менше ґрунту ніж лемішні та більш інтенсивно деформують шар ґрунту. Вони ефективно працюють за нормальних умов збирання, а на сухих і твердих ґрунтах, або на перезволожених якості роботи різко знижується. Маючи великі розміри поперечного перерізу роторних копачів під час роботи на твердому ґрунті значно підвищується тяговий опір. Це в свою чергу спричиняє сколювання великої кількості твердих грудок, які нагромаджуються перед копачем або потрапляють у ворох викопаних коренеплодів та деформують прутки коренезабірника.

Висновки

З проведеного аналізу відомих типів підкопувальних та викопуючих пристроїв можна зробити висновок, що при їх проектуванні доводиться вирішувати технічне протиріччя, яке полягає в покращенні, з однієї сторони, функціональних параметрів копачів (зменшення втрат, пошкоджень та вмісту ґрунту у воросі коренебульбоплодів, які подаються на сепаруючий пристрій), а

з другої – спрощенні конструкції та зменшенні енерговитрат на виконання технологічного процесу викопування.

Виходячи з вищезазначеного впливає необхідність створення універсального робочого органу, який би підходив для викопування, як коренеплодів так і бульбоплодів.

Список літератури

1. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины / Петров Г.Д. – М.: Машиностроение, 1972. – 400 с.
2. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник/ Д.Г.Войтюк, В.М. Брановський, В.М.Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
3. Гевко Р.Б. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки/ Р.Б.Гевко, І.Г.Ткаченко, С.В.Синій, В.М.Булгаков, Р.М.Рогатинський, О.Б.Павелчак. – Луцьк: ЛТДУ, 1999. – 168 с.
4. Сільськогосподарські машини: основи теорії розрахунку: Навчальний посібник / За ред.. Д.Г.Войтюка. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. – 543 с.

Аннотація

Анализ рабочих органов машин для выкапывания корне-клубнеплодов

Герук С.Н., Герасимчук Д.В.

Выполненный анализ конструкций подкапывающе (выкапывающих) рабочих органов с помощью которого сформулирована гипотеза для создания новой конструкции. Она отличается от известных видом деформации, которая будет действовать на слой земли с содержанием корне-клубнеплодов

Abstract

Analysis of working bodies of machines for digging root-tubers

S.Geruk, D.Gerasimchuk

The analysis of structures podkupayusche (digging up) of the working bodies with the help of which the formulated hypothesis to create a new design. It differs from the known form of deformation, which will operate on the layer of soil with the content of root-tubers