

**В. Барановський¹, канд. техн. наук; М. Паньків², канд. техн. наук;
В. Рамш³**

¹Національний аграрний університет

²Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

*³Бережанський агротехнічний інститут Національного аграрного
університету*

УДОСКОНАЛЕНИЙ КОМБІНОВАНИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ

У статті наведено загальний аналіз конструктивно-компонувальних схем викопуючих робочих органів, які призначені для викопування коренеплодів, і основні положення функціонування технологічних процесів копачів, які найбільш широко застосовуються в сучасних коренезбиральних машинах. Вказано основні недоліки процесу викопування та наведено тенденції покращення і підвищення експлуатаційно-технологічних показників роботи коренезбиральних машин шляхом удосконалення та застосування адаптивного робочого органу комбінованого типу.

V. Baranovsky, M. Pankiv, V. Ramsch

IMPROVED COMBINED WORKING ORGAN FOR EXCAVATION OF ROOT CROPS

The global analysis of design-layout charts of digging up workers of organs, which are intended for excavation of root crops substantive provisions of functioning of technological processes of to dig which are most widely used in modern root crop machines, is resulted in the article. The basic lacks of process of excavation are indicated and resulted the tendencies of improvement and increase of operating-technological indexes of work of root crop machines by the improvement and application of adaptive worker of organ of the combined type.

Умовні позначення

КМ – коренезбиральна машина;

ВРО – викопувальний робочий орган;

ТТС КМ – транспортно-технологічна система коренезбиральної машини;

ОРО – очисний робочий орган;

АВТКРО – адаптований викопувально-транспортний комбінований робочий орган.

Актуальність питання. Основними конструктивно-технологічними критеріями, які характеризують незадовільну експлуатаційно-технологічну ефективність використання існуючих КМ, особливо в екстремальних умовах збирання, є значний ступінь залежності якості видалення гички і викопування коренеплодів, забрудненості викопаного вороху домішками, продуктивності та енергомісткості збиральних комплексів від фізичного стану ґрунту і параметрів насаджень рослин [1].

ВРО є одними з головних базових структур ТТС КМ, оскільки від якості їх технологічного процесу роботи залежать, у кінцевому випадку, ефективність застосування конструктивно-компонувальної схеми всієї КМ та показники якості збирання коренеплодів. Механіко-технологічний принцип роботи ВРО полягає в руйнуванні зв'язків коренеплодів із ґрунтом і створенні витягувального зусилля для наступного переміщення їх поверхнею робочого органу та передачі викопаних коренеплодів на подальші ТТС КМ [2].

Як правило, ВРО підрізають шар ґрунту разом із коренеплодами лезом клина або своєю робочою поверхнею на глибині підкопування та переміщують викопаний ворох по руслі копача в зону ОРО для подальшого відокремлення ґрунтових і рослинних домішок від коренеплодів, при цьому ВРО повинні забезпечувати достатнє порушення зв'язків коренеплодів із ґрунтом, необхідну повноту їх викопування при задовільних показниках втрат, пошкоджень і мінімізації подачі вільного та налиплого

грунту на подальші ТТС КМ.

Дані критерії визначають технологічну ефективність роботи ВРО, яка, окрім вказаних чинників, регламентується також конструктивно-компонувальними схемами ВРО, вибором їх регульованих параметрів і режимів роботи КМ, агрофізичними параметрами насаджень коренеплодів і ґрунтово-кліматичними умовами збирання [3, 4].

Аналіз результатів попередніх досліджень. Результати, які наведені в працях [1, 5, 6], цілісно характеризують тільки основні принципи роботи ВРО без наведення загальних тенденцій та шляхів підвищення показників якості роботи та експлуатаційно-технологічних показників роботи КМ на основі застосування адаптивного ВРО, призначеного для одночасного збирання різних культур коренеплодів. Дані дослідження є подальшим розвитком конструктивно-технологічних аспектів функціонування ВРО.

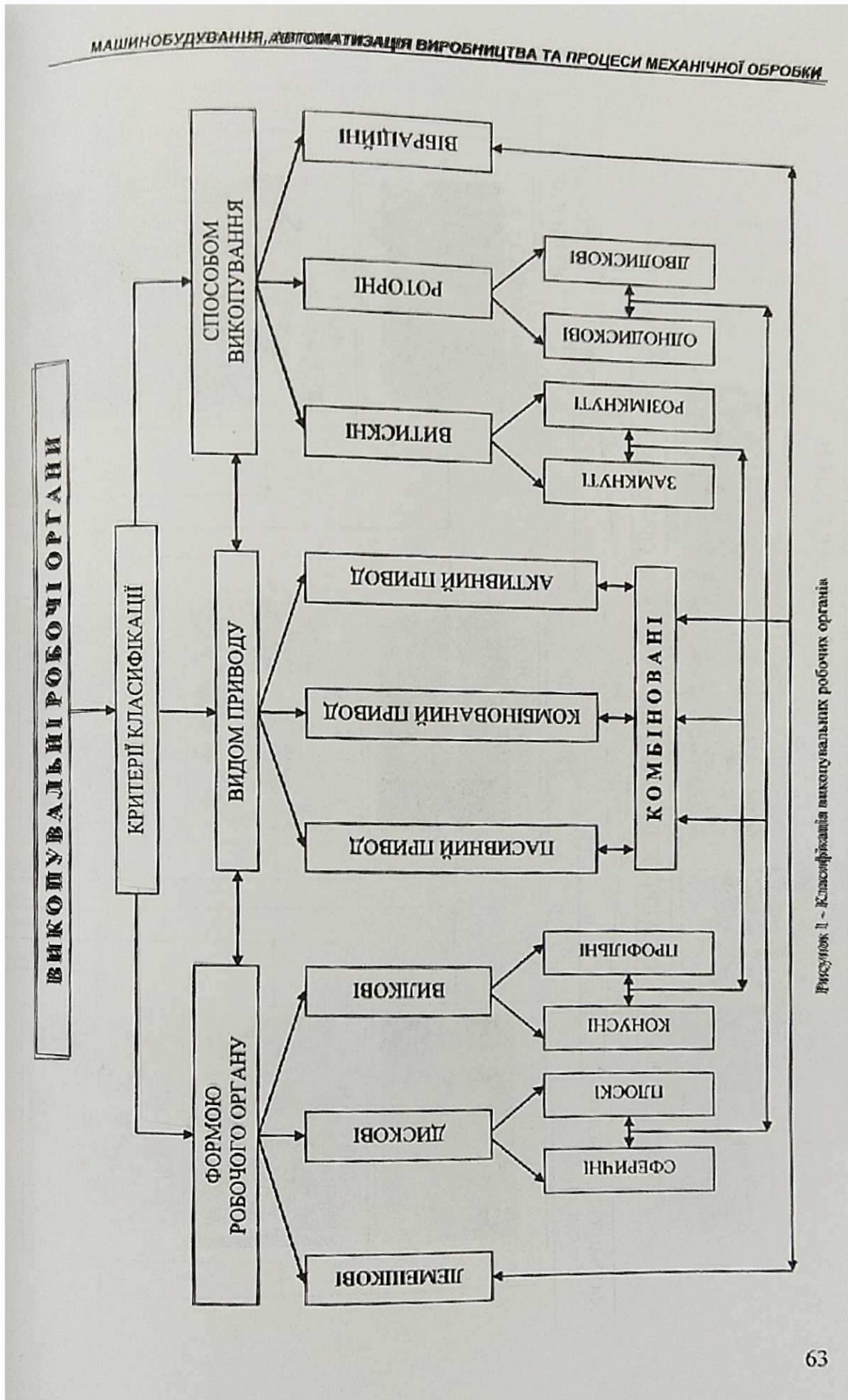
Мета досліджень. Підвищення показників якості збирання коренеплодів шляхом застосування АВТКРО, призначеного для збирання різних видів коренеплодів.

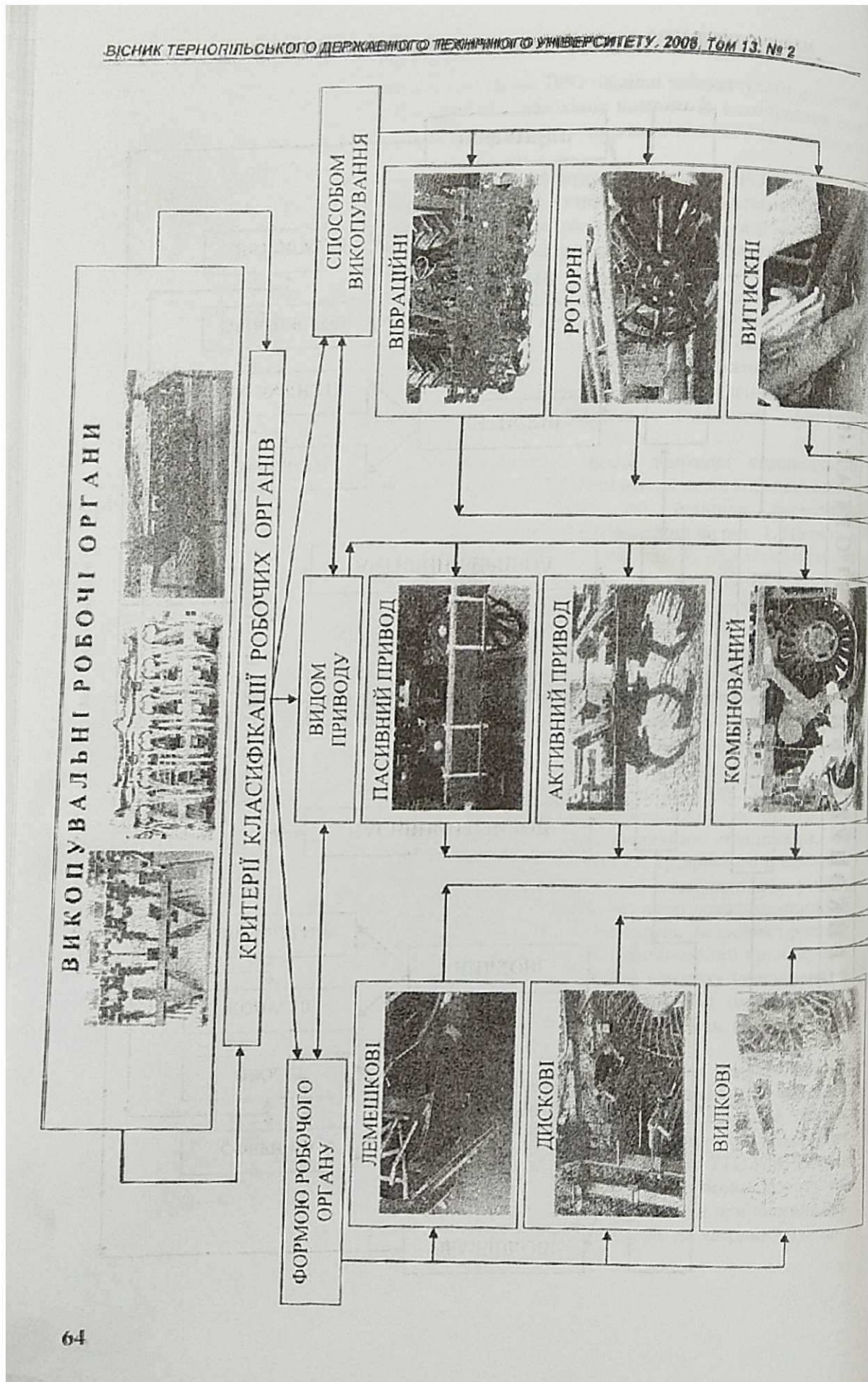
Результати досліджень. Класифікацію ВРО, які знайшли переважне застосування для збирання великорозмірних коренеплодів, наведено на рис. 1. На рис. 2 наведено класифікаційний загальний вигляд ВРО, а на рис. 3 – класифікаційні конструктивно-компонувальні схеми ВРО.

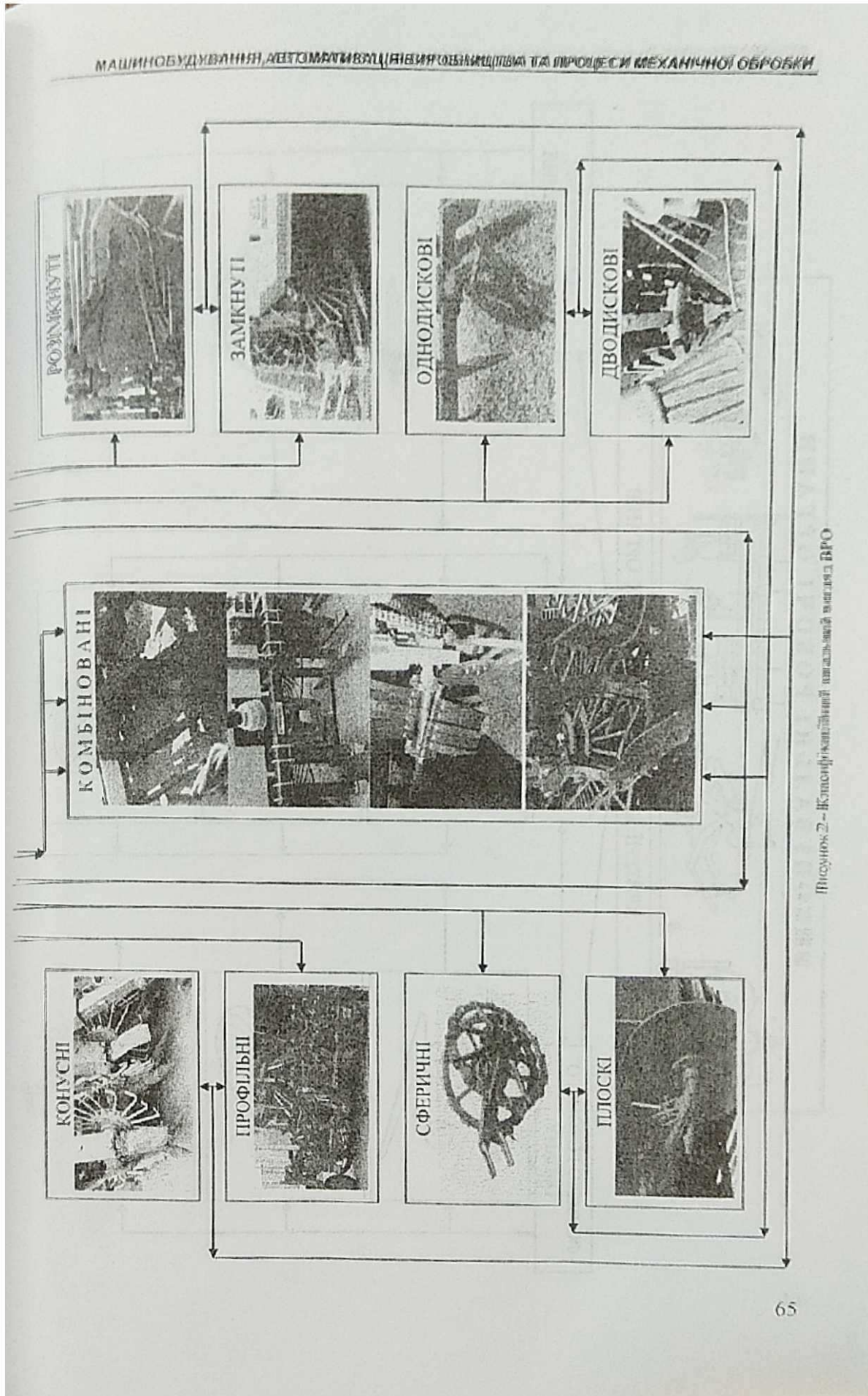
У зв'язку з великою різноманітністю конструктивно-компонувальних схем і технологічного призначення ВРО, за основу побудови наведеної класифікаційної схеми були прийняті три головні критерії класифікації – класифікація ВРО за формою робочого органу, способом викопування і видом приводу. У сукупності дані критерії для побудови класифікації викопувальних робочих органів були покладені вперше.

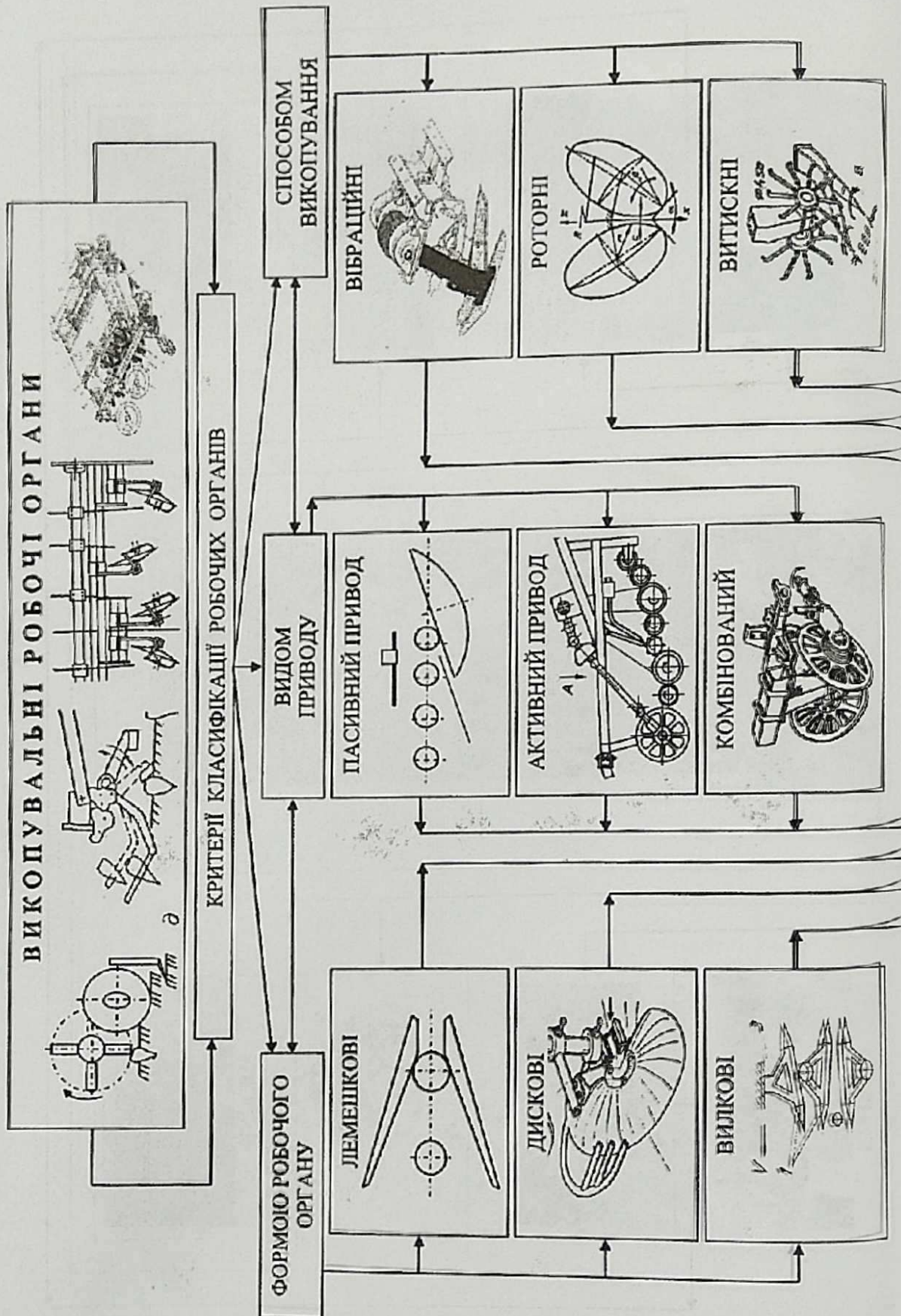
За формою робочого органу розрізняють такі ВРО: лемешкові (пасивні або з активним приводом лемешків); дискові (сферичні або плоскі), які можуть мати один або два диски із комбінованими варіантами обертання кожного диска; вилкові, які мають дві замкнуті або розімкнуті вилки конусного або профільного типу. За способом викопування коренеплодів ВРО поділяють на витискні, які працюють за принципом витискування коренеплодів із ґрунту пасивними або активними лемішками, та активними вилками конусного або профільного типу за рахунок зустрічного обертання двох вилок; роторні, які викопують коренеплоди за рахунок однакових або різних кутових швидкостей обертання кожного диска; вібраційні, які витягують коренеплоди за рахунок періодичних вібраційних коливань кожного з лемешків. За видом приводу робочих органів ВРО можуть мати пасивний, активний або комбінований привод, при цьому відповідно робочі органи приводяться в рух за рахунок контакту (зчеплення) з ґрунтом, примусового кінематичного приводу робочих органів або одна частина робочого органу приводиться в рух за рахунок зчеплення з ґрунтом, а друга – за рахунок примусового кінематичного приводу.

Коренепідіймачі, які використовувалися на початкових етапах механізованого збирання коренеплодів, були першими прообразами замкнутих лемешкових і вилкових ВРО пасивного типу, застосування яких викликало нагальну необхідність не тільки порушувати зв'язки коренеплодів із ґрунтовим середовищем і укладати їх на поверхню поля, але й підбирати та передавати викопані коренеплоди на наступні ТТС КМ. Вони, на той час, забезпечували необхідну надійність роботи в оптимальних умовах ґрунту та забур'яненості посівів, але забивалися зволженим ґрунтом і бур'янами при відхиленні від таких умов, а також зламували хвостову частину коренеплодів на твердих ґрунтах [5].









Для підвищення технологічних показників і показників якості роботи КМ надалі в конструкцію замкнутих ВРО було внесено суттєві зміни – праві та ліві лемішки або вилки закріплювали на окремих стояках під деяким гострим або тупим кутом входження в ґрунт, що дозволяло хвостовій частині коренеплодів, деякій частині викопаних ґрунтових і рослинних домішок вільно проходити в зазор між задніми частинами робочого органу. Крім того, для розрізування верхнього шару ґрунту та рослинних залишків у передній частині копачів встановлювали вертикальні диски, що в деякій мірі зменшувало опір проходження лемешків або вилок у ґрунті, знижувало утворення його великих грудок та зависання бур'янів на стійки, а для покращення підбирання викопаних коренеплодів і передачі їх на наступні ТТС КМ на даному етапі розвитку ВРО – активні коренезабірники, які виконано у вигляді рухомих притискних елеваторів, приводних відбійних бітерів або приводних дисків.

Проте пасивні ВРО даного типу характеризуються значними енерговитратами, пошкодженнями та втратами великорозмірних коренеплодів і нестабільним виконанням процесу викопування у важких умовах збирання, що, незважаючи на простоту їх конструкції та малу металомісткість, усунуло їх подальше використання в конструкціях КМ.

Пошук більш радикальних шляхів підвищення технологічної надійності роботи пасивних лемешкових і вилоквих ВРО за рахунок збільшення активності їх робочих поверхонь було досягнуто шляхом надання лемішним копачам низькочастотних коливних рухів (вібраційні ВРО, рис. 4. а) або вилоквим копачам обертального руху (ротаційно-вилкові ВРО, рис. 4 в), що активізувало зусилля виймання коренеплодів із ґрунтового середовища і, як наслідок, повноту їхнього викопування, інтенсивність і фракційність розкришення грудок, значне зменшення тягового опору переміщення ВРО у ґрунті [1, 6].

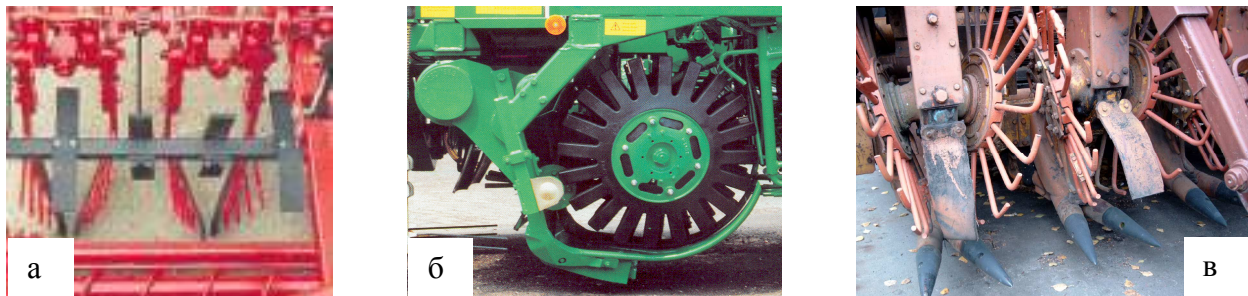


Рисунок 4 - Конструктивна схема та загальний вигляд лемешкових і вилоквих ВРО:
а – вібраційний лемешковий копач із відбійним бітером; б – пасивний лемешковий копач із ротаційними дисками; в – ротаційно-вилковий

При роботі ротаційно-вилкових ВРО процес формування витягувального зусилля та порушення силових зв'язків коренеплодів із ґрунтом, є більш динамічним, ніж при дії лемешкових копачів. Активне переміщення коренеплодів у зоні обертання коренезабірника досягається за рахунок інтенсивного руйнування цих зв'язків обертовими конусними вилками, які створюють додаткове вертикальне витягувальне зусилля. Проте на важких ґрунтах вони характеризуються значними пошкодженнями і втратами коренеплодів за рахунок зламу їх хвостової частини, забивання вилок рослинними домішками та вологим ґрунтом і, як наслідок, значним надходженням домішок на наступні ТТС КМ [7].

Характерною особливістю вібраційних ВРО є надання двом лемішкам, які закріплені на окремих стояках і встановлених один відносно другого під відповідним кутом розхилу, коливних рухів у повздовжньому і поперечному напрямках. Вібраційні ВРО знайшли широке практичне застосування в машинах провідних зарубіжних фірм світу і можуть працювати на робочих швидкостях руху КМ до 2,5 м/с. Принцип їх

роботи полягає в руйнуванні ґрунтово-коренеплідного середовища вібруючою різальною кромкою активних лемешів за рахунок розхитування коренеплідів і переміщення їх вгору у вертикальній площині.

Але специфічна загальна особливість і стійка закономірність роботи вібраційних копачів, яка полягає в стійкій кореляційній залежності показників якості викопування коренеплідів від їх оптимальних розмірних характеристик, на даному етапі не дозволяє застосовувати ці типи копачів для збирання дрібних і великорозмірних коренеплідів різних культур і сортів (урожайність коренеплідів менше 200...300 ц/га або більше 500...600 ц/га) [8]. При встановлених конкретизованих регульованих параметрах робочих органів (постійній величині переднього розхилу лемешів або вилок) відбуваються або значні втрати дрібних коренеплідів діаметром 40...70 мм, або пошкодження великорозмірних коренеплідів, і навпаки, тобто використати ці типи ВРО у якості адаптованих для одночасного збирання різних видів коренеплідів у складі однієї КМ технічно та технологічно стає неможливим, як і поєднати при збиранні одночасно дві технологічні операції – викопування коренеплідів із одночасним видаленням залишків гички на їх головках, незважаючи на всі інші конструктивні недоліки вказаних ВРО (конструктивна складність, низький рівень надійності, виникнення неактивних або “мертвих” робочих зон, доволі значна енергомісткість процесу і т.п.) та їх переваги – діапазон робочої вологості ґрунту знаходиться в межах 20...30 % [1].

Серед існуючих типів ВРО найбільш універсальними вважаються дискові копачі, характерною ознакою дводискових ВРО є вертикальне розташування двох плоских або сферичних суцільних (рис.5а) або променевих (рис.5б) дисків, при цьому вертикальні осі дисків утворюють кут розвалу, а горизонтальні – кут атаки (рис.5в), а вісь однодискових ВРО утворює тільки кут атаки в горизонтальній площині відносно осі рядка коренеплідів (рис.5г). Дводискові ВРО виконуються у версіях з обома пасивними дисками, при цьому їх обертання здійснюється за рахунок зчеплення виступів із ґрунтом, які розташовують з неробочої сторони ободу диска (рис. 5 д), одним (рис. 5 е) або двома активними дисками (рис. 5 ж), а однодискові бувають тільки пасивного типу та можуть додатково мати пасивний полоз-лижу (так званий копач “евродиск”, рис. 5 з), при цьому лижа виконує роль обмежувача глибини ходу диска та його небажаному переміщенню в поперечному напрямку руху, тобто направляє “евродиск” вздовж осі рядка коренеплідів.

Дискові ВРО надійно виконують технологічний процес збирання коренеплідів у широких ґрунтово-кліматичних умовах: у порівнянні з лемешковими або вилковими ВРО, мають більш високу ґрунтоподрібнюючу здатність; не втрачають працездатність (не забиваються бур'янами і не залипають вологим ґрунтом) при роботі на ділянках поля з підвищеною вологістю ґрунту та забур'яненістю посівів); при одних і тих же відхиленнях коренеплідів від осі рядка, які мають випадковий характер, дискові ВРО можуть працювати на більшій поступальній швидкості руху КМ (до 2,6 м/с), ніж машина, яка обладнана лемешковими або вилковими ВРО при однакових показниках якості викопування та подачі викопаного вороху на наступні ТТС КМ [1].

Проте дводискові копачі мають ряд суттєвих недоліків: серед існуючих типів активних робочих органів вони є найбільш енергомісткими, мають значне коливання заданої глибини ходу на ґрунтах із зниженою вологістю та защемляють незруйновані грудки та подають їх на наступні ТТС КМ, зламують хвостову частину коренеплідів, чим значно знижують, встановлені агротехнічними вимогами, показники якості роботи ВРО. Копачі з одним приводним диском забезпечують менші забруднення коренеплідів землею і можуть функціонувати в більш складних умовах збирання, ніж ВРО із двома пасивними дисками. Однак складна орієнтація дисків по відношенню до рядків коренеплідів, призвела до ускладнення елементів їх приводу.

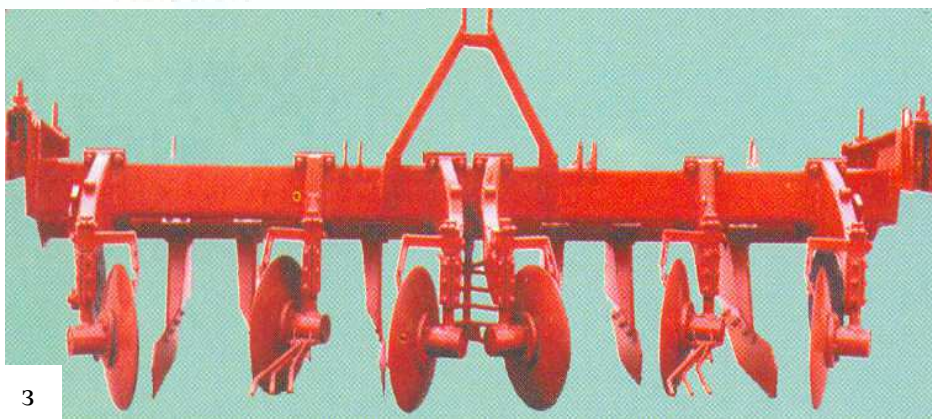
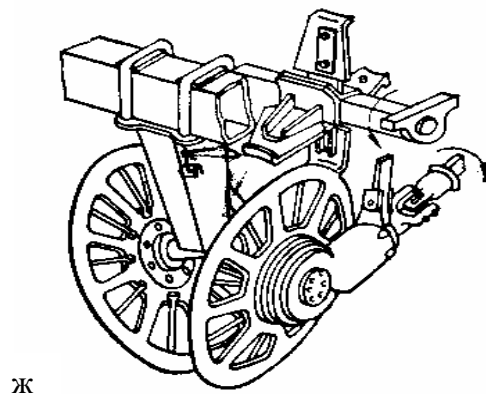
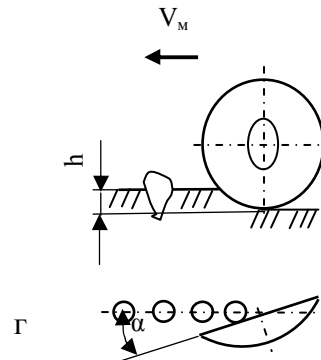
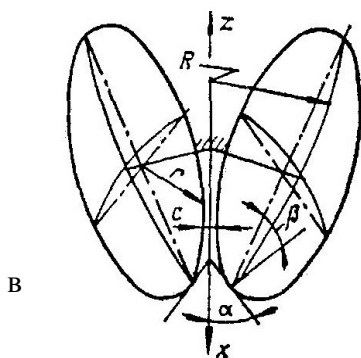
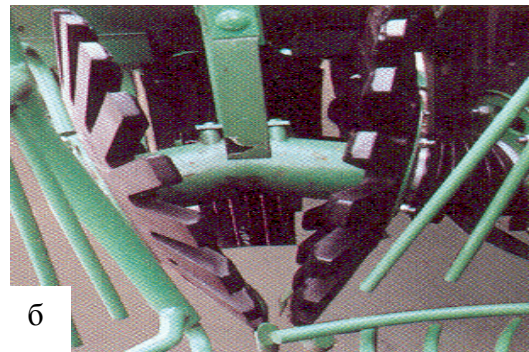


Рисунок 5 - Конструктивні схеми та загальні вигляди дискових ВРО: а, б, д, з – загальний вигляд відповідно дводискового суцільного, променевого, з двома пасивними дисками та одним приводним диском; в, г – схема, відповідно дво- та однодискового копача

Аналогічно лемешковим і вилковим ВРО дводискові копачі також відрегульовані на постійну величину переднього розхилу дисків, що також призводить до суттєвих пошкоджень великорозмірних та значних втрат дрібних коренеплодів. Тісна залежність регулювання відстані між суміжними дисками у відповідності з розмірними характеристиками коренеплодів також повністю виключає можливість застосування цього типу ВРО як адаптованих для одночасного збирання рівновеликих за своїми характеристиками коренеплодів ЦБ, КБ, СБ і М у складі однієї КМ. Крім того, аналогічно до лемешкових і вилкових ВРО, у дводискових копачах конструктивно та якісно технологічно неможливо поєднати при збиранні одночасно дві технологічні операції – викопування коренеплодів із одночасним видаленням залишків гички на їх головках, незважаючи на всі інші конструктивні недоліки наведених удосконалених ВРО: конструктивна складність, доволі значна енергомісткість процесу, недостатньо-необхідна кутова швидкість обертання доочисних елементів і т.п.

Крім того, принциповим загальним недоліком роботи існуючих і технічно реалізованих наведених чотирьох типів ВРО, якими, в основному, обладнують навісні, причіпні і самохідні КМ та самохідні бункерні комбайни, все ще залишається значна секундна подача на наступні ТТС КМ вільного та налиплого на поверхні тіла коренеплодів ґрунту, а саме 10...15 кг/с при робочій швидкості КМ до 1,6 м/с [9] із одного погонного метра рядка, при цьому 20...50 % від загальної кількості складає маса налиплого ґрунту, що призвело до значного збільшення протяжності (до 10...14 м) та конструктивної складності ОРО [1].

Якщо при зниженій вологості ґрунту критичними факторами роботи наведених копачів є заглиблення викопувальних робочих органів, незадовільне руйнування піднятого разом із коренеплодами пласта ґрунту, втрати коренеплодів за рахунок зламу їх хвостової частини, то в зволжених умовах – налипання ґрунту на робочі поверхні ВРО і забивання копачів, втрати цілих коренеплодів і практична відсутність очищення тіла коренеплодів від налиплого на їх поверхні ґрунту.

Односторонній пасивний копач (рис. 5 г, з) є одностороннім сферичним диском, який встановлено під деяким кутом α відносно осі рядка коренеплодів або напрямку вектора V_m робочої швидкості руху КМ і обертається внаслідок сил тертя, які виникають за рахунок зчеплення сферичної робочої поверхні диска з ґрунтово-коренеплідним середовищем. Із всієї різновидності копачів, односторонні сферичні ВРО мають просту конструкцію, є найменш метало- та енергомісткими, мають широкий спектр застосування для викопування коренеплодів при задовільних показниках якості їх роботи.

Суттєві недоліки їх роботи, які полягають у незадовільному заглибленні робочої кромки диска в ґрунт при пониженій вологості ґрунту, відсутності, одночасного з викопуванням коренеплодів, видаленням залишків гички на їх головках, можуть прогнозовано усуватися подальшим конструктивно-технологічним удосконаленням даного типу ВРО із науково-обґрунтованими та оптимізованими конструктивно-кінематичними параметрами його робочих органів при одночасному комплексному врахуванні, в процесі оптимізації, всіх складових складної моделюючої системи “сферичний диск-ґрунт-коренеплід”.

Пошук, проведений нами, призвів до створення АВТКРО [10], конструктивну схему якого наведено на рис. 6 а загальний вигляд – на рис. 7.

Пристрій для викопування коренеплодів 1 (рис. 6) складається із встановленого під гострим кутом α до вертикалі та під кутом β до рядка коренеплодів викопувальний односторонній сферичний диск 2, який вільно посаджений на своїй осі обертання 3. У передній зоні робочої кромки диска встановлено корененапрямляч 4, а над нею перпендикулярно напрямленню швидкості руху V_m встановлено горизонтальний приводний вал 5, на якому під кутом φ до вертикалі закріплено фланці 6, які утворюють барабан 7. Приводний вал обертається із кутовою швидкістю ω_o . Між

фланцями барабана по його колу встановлено послідовно паралельні осі 8, які повернуті відносно осі вала 5 під гострим кутом γ . На осях шарнірно закріплені еластичні доочисні лопаті 9, які утворюють бітер 10. Вісь 8, яка займає на барабані крайнє нижнє положення, утворює з площиною, яка проходить через лезо сферичного диска, кут ε , рівний або близький 90^0 . Привод вала 5 виконаний таким чином, що напрямок обертання барабана співпадає з направленням руху пристрою або обертання диска.

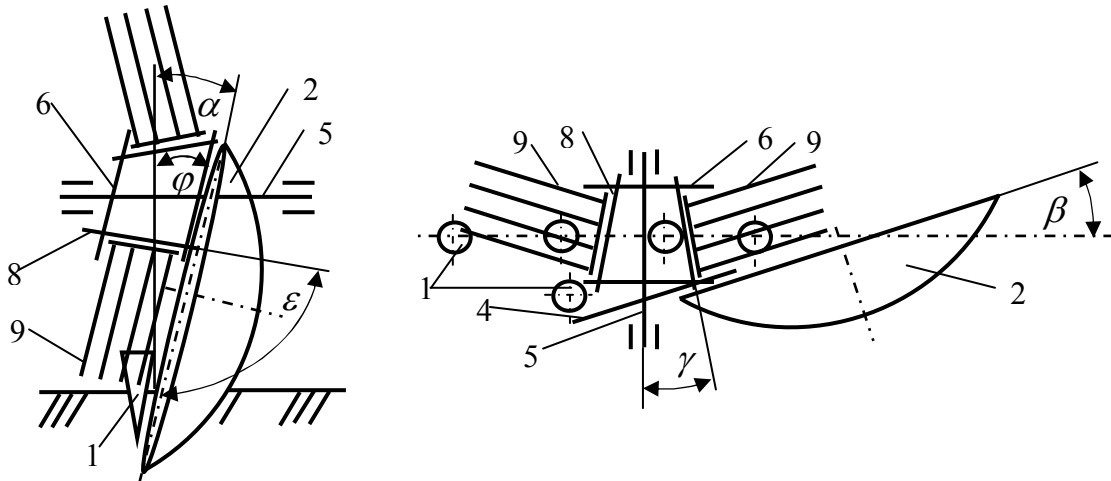


Рисунок 6- Конструктивна схема АВТКРО: а – вигляд спереду; б – вигляд зверху

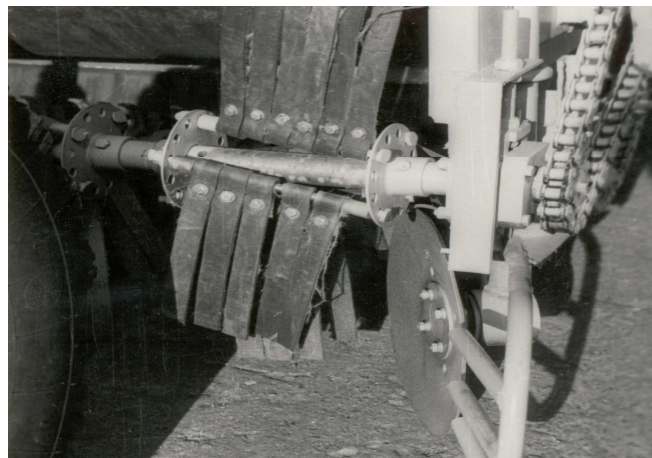


Рисунок 7 – Загальний вигляд АВТКРО, вигляд спереду

Пристрій для викопування коренеплодів працює наступним чином.

Під час руху корененапрямляч 4 зміщує вибиті із рядка коренеплоди 1 до його центру, а диск 2 викопує коренеплоди, які розташовані в рядку шляхом підймання їх вгору за рахунок встановлення диска під кутом α до вертикалі та виникаючої при цьому додаткової проекції бокової виштовхуючої сили на вертикальну площину. Одночасно з викопуванням коренеплодів доочисні лопаті 9, які закріплені на осях 8 барабана 7, взаємодіють з головками коренеплодів і грудками ґрунту, при цьому відбувається доочищення головок від залишків гички та руйнування грудок ґрунту. Крім того, бітер 10 проштовхує ворох на наступні робочі органи машини. У момент удару бітера по головці коренеплода або поверхню ґрунту відбувається поворот лопатей навколо своїх осей і в площині удару за рахунок встановлення фланців 6 під кутом φ до вертикалі та повернутими осями 8 на кут γ відносно осі вала 5. Поворот осей 8 на кут γ відносно осі вала 5 дозволяє доочисним лопатям наносити удари по

головках коренеплодів збоку рядка, що покращує очищення різновисоких коренеплодів, при цьому високий коренеплід не прикриває низький корінь від удару.

Таким чином, за рахунок встановлення сферичного диска під кутом α до вертикалі відбувається інтенсифікація процесу викопування коренеплодів шляхом виникаючої під час руху диска додаткової проекції бокової виштовхуючої сили на вертикальну площину та усувається забивання простору між суміжними викопуючими дисками крупними коренеплодами, тому що вони проштовхуються лопатями бітера.

Висновки

1. Розглянуті типи ВРО мають ряд суттєвих конструктивних і технологічних недоліків, які повністю виключають їх можливість адаптованого застосування для збирання коренеплодів.

2. Удосконалений комбінований ВРО [10] може бути використаний після проведення оптимізаційного наукового дослідження його робочих органів на основі аналізу принципів врахування фізико-механічних властивостей коренеплодів і механіко-технологічних принципів взаємодії систем “грунт-робочий орган-коренеплід” у якості АВТКРО для викопування різних культур коренеплодів у складі однієї адаптованої КМ.

Література

1. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / Л.В. Погорельый, М.В. Татьяна. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
2. Барановський В.М., Паньків М.Р. Конструктивно-технологічні принципи адаптованого застосування коренезбиральних машин // Зб. наук. праць 1-ої міжн. наук.-практ. конф. “Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин”. - ТДТУ, 2004. – С. 192-198.
3. Ždarsky I. Biologické a fyzikální mechanické vlastnosti cukrovky z hlediska mechanizace sklirne. – Zemědělska technika, 1964. – № 11. – S. 657-672.
4. Погорілий Л.В., Волянський М.С., Фомічов А.М. Агробіологічні і фізико-механічні властивості кормових буряків як основа для розробки процесу збирання // Вісник сільськогосподарської науки. – № 1. – С. 64-69.
5. Погорілий М.Л. Технологічні і технічні аспекти вдосконалення бурякозбиральної техніки // Техніка АПК. – 2000. - № 1. – С. 14-18.
6. Погорілий М.Л. Підвищення експлуатаційно-технологічних характеристик бурякозбиральних машин та формування зональних комплексів // Техніка АПК. – 1998. – № 3. – С. 16-17.
7. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Синій С.В., Булгаков В.М., Рогатинський Р.М., Павельчак О.Б. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки / Луцьк: ЛДТУ, 1999. –168 с.
8. Погорілий М.Л. Підвищення динамічної активності і технологічної ефективності копачів бурякозбиральних машин // Зб. наук. праць НАУ. – Т. 8. – К., 2000. – С. 56-66.
9. Булгаков В.М., Лінник М.К., Гурченко О.П. Розрахунок основних параметрів технологічного процесу збирання буряків // Зб. наук. праць НАУ „Механізація сільськогосподарського виробництва”. – Том VI „Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин”. – Київ: НАУ, 1999. – С. 220-225.
10. Патент № 7359, Україна, МКІ А 01D 25/04. Пристрій для викопування коренеплодів / Гурченко О.П., Барановський В., Завгородній А.Ф., Булгаков В.М. – Опубл. Бюл. № 3. – 1995. – 3 с.

Одержано 11.02.2008 р.