

УДК 631.361

В.М. Барановський, доц, канд. техн. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Транспортно-технологічні системи викопувальних робочих органів адаптованої коренезбиральної машини

У статті наведено етапи удосконалення, будову та принцип функціонування викопувальних адаптованих робочих органів як транспортно-технологічних систем адаптованої коренезбиральної машини, призначеної для одночасного збирання коренеплодів цукрових, кормових, столових буряків і моркви. На основі ідентифікації об'єктів дослідження (існуючих типів копачів) визначено основні шляхи та принципи розробки, або алгоритм побудови конструктивно-компонувальної схеми адаптованої коренезбиральної машини. Визначено, що алгоритм побудови повинен базуватися на застосуванні в її функціональній схемі основних адаптованих транспортно-технологічних систем - адаптованого викопувального транспортно-очисного комбінованого робочого органу та адаптованого транспортно-очисного комбінованого робочого органу.

коренеплоди, дисковий копач, сферичний диск, очисний вал, алгоритм розробки, адаптована коренезбиральна машина

Постановка проблеми. Характерною сучасною ознакою загальної тенденції процесу збирання великорозмірних коренеплодів, особливо цукрових і кормових буряків, є масштабне застосування однофазних енергозатратних самохідних бункерних комбайнів (СБК), які поєднують фази збирання (збирання гички, очищення залишків гички, викопування коренеплодів, очищення викопаного вороху коренеплодів від домішок, завантаження коренеплодів в великі кагати на полі або в транспортні засоби) в одну послідовну технологічну операцію, тобто реалізують принцип однофазного збирання коренеплодів.

У країнах ЄС такими СБК щорічно збирається до 70 %, а в деяких країнах, наприклад Німеччина, Франція, і значно більше посівних площ коренеплодів цукрових і кормових буряків. Функціональні схеми таких СБК не завжди та не в повній мірі відповідають сучасним вимогам показників якості збирання коренеплодів за рахунок існуючих недоліків [1].

При цьому, незважаючи на доволі складні багато вузлові транспортно-технологічні системи (ТТС) робочих органів для викопування та очищення вороху коренеплодів, викопувальні робочі органи (ВРО) подають із викопаними коренеплодами на наступні очисні системи коренезбиральної машини (КМ) недопустимо значну масову кількість ґрунтових домішок (у середньому до 30...50 т із 1 га). Як наслідок – після очищення енергоємними багатоступеневими системами очищення викопаного вороху від домішок з полів вивозиться кількість родючого ґрунту, яка еквівалентна 10...15 см орного шару на площі збирання рівній 100 га, незважаючи при цьому, що загальна протяжність (технологічна довжина) очисних поверхонь сягає 8...10 м і більше [2].

Сучасні напрямки розвитку коренезбиральних машин (КМ) передбачають розробку та впровадження в сільськогосподарське виробництво високопродуктивних, енергозберігаючих і технологічно надійних збиральних комплексів та технічних

засобів, які є адаптованими до одночасного збирання коренеплодів цукрових, кормових, столових буряків і моркви однією адаптованою коренезбиральною машиною (АКМ). Критеріями відповідності сучасних вимог роботи АКМ, у першу чергу, є показники якості викопування та сепарації домішок коренеплодів. Проведений аналіз роботи відомих викопувальних робочих органів КМ показав, що всі вони значно пошкоджують великорозмірні та втрачають дрібні коренеплоди. Крім того, у таких типах копачів конструктивно та технологічно неможливо поєднати при збиранні одночасно дві технологічні операції – викопування коренеплодів із одночасним видаленням залишків гички на їх головках [3].

Тому поєднання операції видалення залишків гички на головках коренеплодів одночасно з процесом їх викопування є подальшим кроком розробки, дослідження та впровадження в виробництво ТТС викопувальних комбінованих робочих органів АКМ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати, які наведені в [4, 5, 6], цілісно характеризують тільки основні принципи функціонування ВРО без критеріального аналізу загальних тенденцій та шляхів підвищення показників якості роботи АКМ. Дані дослідження є подальшим розвитком технологічних аспектів функціонування ТТС робочих органів, які призначенні для викопування різних культур коренеплодів однією АКМ.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є підвищення техніко-економічних показників технологічного процесу збирання коренеплодів АКМ при задовільних показниках якості їх збирання шляхом застосування ТТС робочих органів АКМ.

Результати дослідження. В умовах України, а особливо в умовах господарювання багатогалузевих фермерських сільськогосподарських підприємств, які вирощують коренеплоди цукрових, кормових, столових буряків і моркви, актуальною техніко-економічною проблемою є окупність реалізації технічно складних і занадто дорогих (від 150 до 350 тис. грн за одиницю) СБК у зв'язку з обмеженими кліматичними термінами їх застосування (біля одного календарного місяця) на незначних площах (особливо кормових і столових буряків і моркви), причому 90 % цих загальних площ коренеплодів ще збирається роздільними дво- або трифазними енергозатратними є економічно-збитковими способами.

Значне підвищення ефективності господарювання багатогалузевих фермерських господарств може досягатися не тільки економічним аналізом прибутку, а й передусім такими показниками як: визначення гнучкості використання однієї АКМ відносно збирання різних культур коренеплодів в умовах різних ґрунтових фонів, різних агрофізичних характеристик коренеплодів тощо; циклічності необхідних строків виконання робіт відносно погодно-кліматичних умов, організаційних заходів тощо; сумісності з попередніми технологічними операціями та системами виробництва культури, наприклад, як засоби обробітку ґрунту, посіву, догляду, ширина міжрядь, урожайність тощо.

Використання АКМ, конструктивно-компонувальні схеми яких побудовані на основі застосування адаптованих ВРО, значно розширить терміни роботи АКМ на протязі року шляхом збирання коренеплодів цукрових, кормових, столових буряків і моркви однією АКМ при стабільних агротехнічних показниках якості роботи, що призведе до зростання техніко-економічної ефективності виробництва коренеплодів. В основу вирішення наукової проблеми підвищення техніко-експлуатаційних і агротехнологічних показників якості роботи АКМ покладено гіпотезу про можливість значного розширення діапазону і строків застосування машин для збирання коренеплодів шляхом розробки та обґрунтування параметрів і загальних

конструктивно-технологічних принципів і аспектів використання АКМ, побудованих на основі розробки та дослідження її адаптованих ТТС робочих органів.

Розробка, або алгоритм побудови конструктивно-компонувальної схеми АКМ повинен базуватися на застосуванні в її функціональній схемі основних адаптованих ТТС - адаптованого викопувального транспортно-очисного комбінованого робочого органу (АВТОКРО) та адаптованого транспортно-очисного комбінованого робочого органу (АТОКРО), які являють собою моноблочні викопувальні та очисні ТТС комбінованих ВРО і ОРО (викопувальних і очисних робочих органів), принципи функціонування яких ґрунтуються на загальних властивостях технологічного процесу роботи адаптерів багатофункціонального (в деякій мірі універсального) типу, їх призначення та способів застосування під час збирання коренеплодів.

Різноманітність конструктивних схем ВРО і ОРО КМ в прямій залежності тісно пов'язана як із технологічними процесами збирання, так і з конструктивно-технологічними вимогами до показників якості збирання різних культур і сортів коренеплодів, основними із яких є показники якості викопування коренеплодів і очищення викопаного вороху коренеплодів від домішок.

Загальним принциповим недоліком роботи існуючих і технічно реалізованих типів ВРО (лемішних, вилкових, дводискових, вібраційних), якими в основному обладнують навісні, причіпні та самохідні КМ, СБК, є відносно значна секундна подача вільного та налиплого на поверхні тіла коренеплодів ґрунту ($7 \dots 10$ кг/с), залишків гички на головках коренеплодів (від $0,5$ до $1,5$ кг/с) із одного погонного метра рядка при робочій швидкості КМ $1,6$ м/с, що призвело до збільшення протяжності та конструктивної складності очисних ТТС [4, 5].

Об'єктивною причиною технологічної недосконалості таких ВРО є те, що в існуючих копачах конструктивно та технологічно якісно неможливо одночасно поєднати під час викопування дві технологічні операції в одну – викопування коренеплодів із одночасним видаленням залишків гички на їх головках.

Радикальним недоліком роботи існуючих і технічно реалізованих типів ОРО (транспортних, шнекових, лопатевих, турбінних), якими в основному обладнують навісні, причіпні та самохідні КМ, СБК, є відносно значна, як відсоткова (до 3% відносно маси коренеплодів), так і масова кількість налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів, а також відсоткова (від $0,5$ до $1,5\%$ відносно маси коренеплодів) та масова кількість залишків гички на головках коренеплодів, що значно знижує залежно

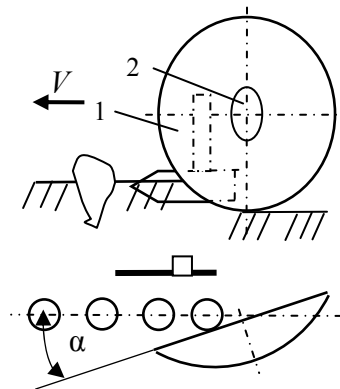


Рисунок 1 – Схема однодискового копача

від культури, або в одному випадку, якості цукрової сировини та вихід цукру, або в іншому випадку – термін зберігання продукції. Крім того, разом із зібраними коренеплодами з полів вивозиться в середньому від $1,5 \dots 3,0\%$ родючого ґрунту залежно від урожайності культури [2].

Велика кількість створених конструкцій робочих органів, вузлів та компонентів схем викопувальних і очисних пристроїв потребує диференційованого підходу при виборі, розрахунку, проектуванні, дослідженні та впровадженні нових розробок у виробництво. Тому класифікований підхід з урахуванням особливостей робочих органів, їх схем компонентів та способів функціонування забезпечить можливість проведення ідентифікації (аналізу і

синтезу) необхідної конструктивно-технологічної схеми АКМ для розширених конкретних умов її експлуатації. В основу побудови АКМ повинно бути покладено пошук конструктивно-компонувальних схем адаптивних ТТС і, в першу чергу, базових АВТОКРО та АТОКРО.

Критеріями обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів адаптивних ТТС АКМ повинні бути покладені загальні основні принципи оптимізації робочих процесів на основі дослідження властивостей подібності функціонування технологічного процесу викопування та очищення викопаного вороху коренеплодів цукрових, кормових, столових буряків і моркви від домішок і наукової гіпотези про основні конструктивно-технологічні закономірності можливого застосування адаптивних ТТС.

Із всієї різноманітності копачів, однодискові сферичні копачі, або так званий «євродиск» (рис. 1), прості за конструкцію, є найменш метало- та енергомісткими, мають широкий спектр застосування для викопування коренеплодів різних культур (зарубіжні КМ, СБК) при задовільних показниках якості їх роботи. Вісь обертання 2 сферичного диска 1 копача утворює кут атаки α в горизонтальній площині (кут між площиною сферичного диску і віссю рядка коренеплодів).

Суттєвий недолік їх роботи, або неспроможність одночасного з викопуванням коренеплодів відокремлювати залишки гички на їх головках, може прогнозовано усуватися подальшим конструктивно-технологічним удосконаленням даного типу копача.

Підвищення технологічних показників і показників якості роботи існуючих копачів коренеплодів, а в загальному – всієї АКМ, вирішується застосуванням базового варіанту АВТОКРО (рис. 2), або додатковим установленням у передній зоні роботи сферичного диска 1 корененапрямляча 3 та горизонтального очисного вала 4, на якому радіально закріплено фланці 5. Між фланцями по їх колу послідовно встановлено паралельні осі 6, які повернуті відносно осі очисного вала під гострим кутом γ . На паралельних осях шарнірно закріплені секції плоских пружних лопатей 7. Під час руху АВТОКРО, корененапрямляч 3 зміщує, попередньо вибиті під час зрізування гички робочими органами гичкозбиральної машини коренеплоди із рядка до його центру, а сферичний диск 1 викопує коренеплоди. Одночасно з викопуванням коренеплодів сферичним диском, за рахунок обертання очисного вала 4, плоскі пружні лопаті 7 контактують з головками коренеплодів, очищуючи їх головки від залишків гички на них за рахунок контактної взаємодії плоских пружних лопатей з залишками гички. Поворот паралельних осей 6 на гострий кут відносно осі очисного вала дозволяє плоским пружним лопатям наносити удари по головкам коренеплодів збоку рядка, що покращує очищення різновисоких коренеплодів, при цьому високий коренеплід не прикриває низький коренеплід від косого удару. Крім того, плоскі пружні лопаті також взаємодіють ще із грудками ґрунту, при цьому відбувається руйнування грудок ґрунту та проштовхування викопаного вороху коренеплодів на наступні адаптовані ТТС, що підвищує технологічні можливості АКМ.

Під час викопування коренеплодів в умовах сухого твердого ґрунту відбувається пошкодження хвостової частини коренеплодів внаслідок їх злому за рахунок

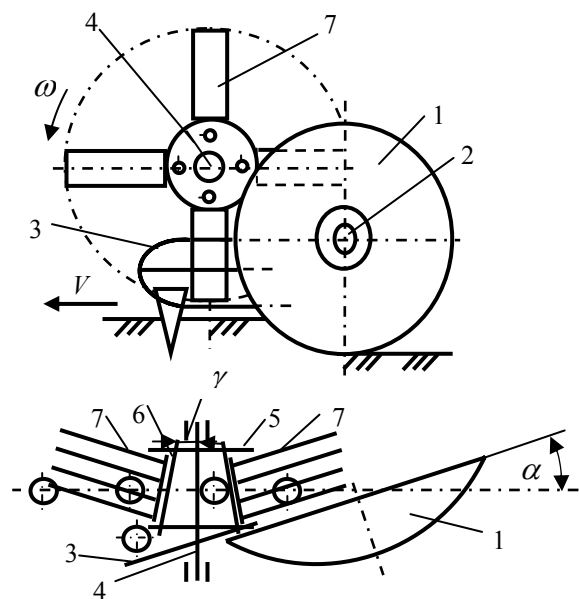


Рисунок 2 – Схема базового АВТОКРО

недостатньої вертикальної сили виштовхування коренеплодів, що призводить до їх значних втрат. Для усунення злому хвостової частини коренеплодів або їх втрат, сферичний диск 1 (рис. 3а) встановлюють під гострим кутом φ , а фланці 5 – під кутом δ до вертикальної площини, при цьому вісь 6, яка займає на фланці крайнє нижнє положення, утворює з площиною, яка проходить через лезо сферичного диска кут ε , рівний або близький 90° . Односторонній сферичний диск 1 викопує коренеплоди, які розташовані в рядку шляхом підймання їх вгору за рахунок встановлення сферичного диска під гострим кутом φ до вертикалі та виникаючої при цьому додаткової проекції бокової сили виштовхування, яка спрямована на вертикальну площину. У момент удару плоских пружних лопатей 7 по головці коренеплоду або поверхню ґрунту відбувається їх поворот навколо своїх осей 6 і в площині удару за рахунок встановлення фланців 5 під кутом δ до вертикалі та повернутими осями на кут γ відносно осі вала 4. Тому що осі в нижньому положенні перпендикулярні площині, яка проходить через лезо сферичного диска, або нахилені до неї під кутом, близьким до прямого, то плоскі пружні лопаті в нижньому положенні паралельні цій площині та не контактують з поверхнею сферичного диска, що знижує їх зношення.

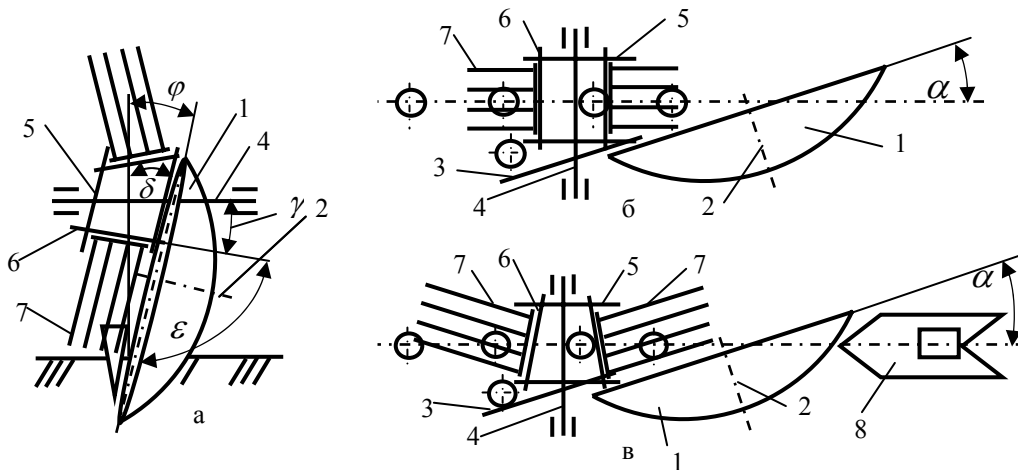


Рисунок 3 – Схеми АВТОКРО

Для підвищення ступеня відокремлення залишків гички з головок коренеплодів, особливо цукрових буряків і моркви та ступеня руйнування грудок ґрунту, за рахунок збільшення сили контактної взаємодії (сили прямого центрального удару) плоских пружних лопатей по головці коренеплодів і грудкам ґрунту, паралельні осі 6 (рис. 3б), які розміщено на фланцях 5 горизонтального очисного вала 4 та на яких закріплено плоскі пружні лопаті 7, встановлюють паралельно осі обертання очисного вала. Одночасно з викопуванням коренеплодів, за рахунок обертання очисного вала 4, плоскі пружні лопаті 7 взаємодіють з головками коренеплодів і грудками ґрунту, при цьому відбувається прямий удар плоских пружних лопатей із наступним видаленням залишків гички з головок коренеплодів і руйнуванням грудок ґрунту.

Для викопування коренеплодів, які глибоко залягають відносно поверхні ґрунту (цукрові буряки, деякі сорти моркви) застосовують розрихлювачі 8, встановлені позаду ходу сферичного диска 1 (рис. 3в), які можуть бути виконані у вигляді культиваторної лапи або долота. У процесі роботи розрихлювач 8, переміщуючись вперед, попередньо підкопує коренеплоди, при цьому порушуються зв'язки коренеплодів з ґрунтом, тобто відбувається попереднє кришення пласта ґрунту. Коренеплоди, зв'язок яких з ґрунтом порушується, далі легко викопуються із розкришеного ґрунту сферичним диском 1 і

зміщуються ним у напрямку площини, яка проходить через лезо сферичного диска. При цьому маємо можливість вглиблювати сферичний диск до раціональної глибини з таким розрахунком, щоб не втрачати коренеплоди та подавити на адаптовані очисні ТТС АКМ мінімум ґрунту та рослинних домішок.

На основі проведеної ідентифікації (аналізу та синтезу) аналогів попередніх АВТОКРО нами запропоновано удосконалену конструкцію АВТОКРО, який поєднує одночасно в собі всі позитивні сторони та переваги відносно існуючого однодискового сферичного копака (рис.1) та який може бути прийнятий за основний базовий варіант дворядного АВТОКРО проектованої АКМ.

Конструктивна схема дворядного АВТОКРО наведена на рис. 4.

Дворядний АВТОКРО складається із встановлених під кутом α до відповідної осі рядка коренеплодів двох сферичних дисків 1, які вільно посаджені на своїй осі обертання 2. У передній зоні робочої кромки кожного з дисків 1 встановлено корененаправляч 3. Над дисками 1 перпендикулярно напрямленню робочої швидкості руху копака V_k встановлено горизонтальний приводний вал 4. Горизонтальний приводний вал містить барабан 5, несучий фланці 6. Барабан горизонтального вала виконаний трисекційним. Між фланцями барабана по його колу встановлено послідовно осі 7, 8, 9 на яких встановлено плоскі пружні лопаті 10, 11. Осі 7, 8 двох крайніх секцій 12, 13 барабана утворюють усічений конус, причому секції 12, 13 направлені одна до одної меншими основами. Осі 9 середньої секції 14 утворюють циліндр. Площини, які проходять через осі 7, 9 або 8, 9 суміжних секцій 12, 14 або 13, 14 утворюють між собою тупий кут [7].

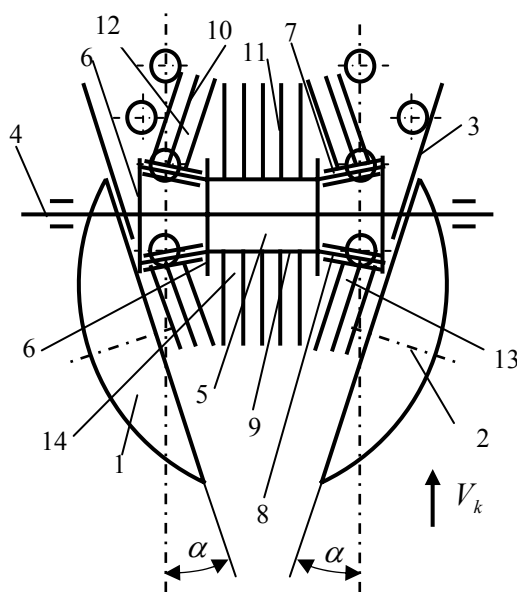


Рисунок 4 – Конструктивна схема дворядного АВТОКРО АКМ

Комбінований дворядний АВТОКРО АКМ працює наступним чином.

Під час руху АВТОКРО АКМ, корененаправляч 3 зміщує вибиті із рядка коренеплоди до його центру, а сферичний диск 1 викопує коренеплоди. Одночасно з викопуванням коренеплодів, за рахунок обертання горизонтального приводного вала 4, плоскі пружні лопаті 10 двох крайніх секцій 12, 13 взаємодіють з головками коренеплодів, при цьому одночасно відбувається очищення головок коренеплодів від залишків гички з двох суміжних рядків коренеплодів і руйнування грудок ґрунту. Крім того, плоскі пружні елементи 11 середньої секції 14 також одночасно взаємодіють з коренеплодами та грудками ґрунту, при цьому відбувається очищення поверхні тіла коренеплодів від налиплого ґрунту та руйнування грудок землі з одночасним проштовхуванням вороху, який знаходиться у просторі сферичних дисків 1, що прискорює його подачу на наступні технологічні системи АКМ.

Таким чином, можна констатувати, що встановлення приводного вала із змонтованими на ньому плоскими лопатями, дозволяє одночасно з викопуванням коренеплодів відокремлювати залишки гички з головою коренеплодів і зменшувати секундну подачу домішок за рахунок контактної взаємодії плоских лопатей з компонентами вороху, при цьому підвищується технологічна надійність процесу викопування коренеплодів і, як наслідок – продуктивність роботи копака та АКМ.

Для зниження подачі ґрунтових домішок, під час роботи дворядного АВТОКРО в умовах сухого та твердого ґрунту, на зовнішній стороні кожної плоскої пружної лопаті 11 (рис. 5а) середньої секції 14 встановлюють підпружинений пруток 15, який виконано у вигляді двосекційної пружини 16. Двосекційна пружина жорстко закріплена на кожній осі 9 середньої секції 14.

Одночасно з викопуванням коренеплодів, за рахунок обертання горизонтального приводного вала 4, плоскі пружні лопаті 10 двох крайніх секцій 12, 13 взаємодіють з головками коренеплодів, а плоскі пружні лопаті 11 середньої секції – з викопаними сферичними дисками 1 грудками ґрунту, при цьому одночасно відбувається очищування головок коренеплодів від залишків гички з двох суміжних рядків коренеплодів і інтенсивне руйнування грудок ґрунту за рахунок ударного контакту внутрішньої сторони плоских пружних лопатей 11 із грудками ґрунту. Крім того, плоскі пружні лопаті середньої секції одночасно з руйнуванням грудок ґрунту проштовхують викопаний сферичними дисками ворох, який знаходиться у просторі між ними, тим самим прискорюючи його переміщення на наступні технологічні системи АКМ.

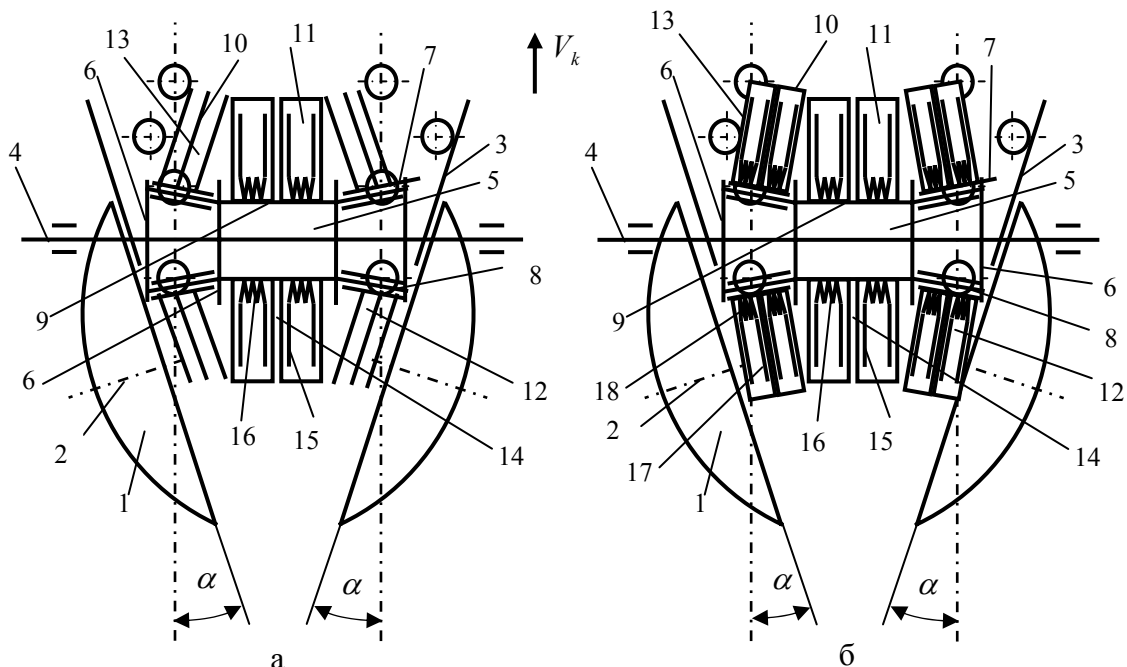


Рисунок 5 – Удосконалені дворядні АВТОКРО

Для регулювання сили контакту плоских пружних лопатей 10 (рис. 5б) двох крайніх секцій 12, 13 із головою коренеплодів під час їх викопування, або забезпечення максимального ступеня очищення залишків гички з головок коренеплодів і одночасного узгодження компромісу відносно ступеня пошкодження коренеплодів, які не повинні перевищувати межу згідно з агротехнічними вимогами, запропоновано встановлювати на зовнішній стороні кожної плоскої пружної лопаті двох крайніх секцій 12, 13 трисекційного барабана 5 підпружинений пруток 17, який виконано у вигляді двосекційної пружини 18. Двосекційна пружина жорстко закріплена на кожній осі 7, 8 трисекційного барабана. Сила контакту плоских лопатей двох крайніх секцій регулюється за допомогою повороту кожної осі секцій, що призводить до зміни сили закручування двосекційної пружини та сили притискання підпружиненого прутка.

Таким чином, знижується подача ґрунтових домішок за рахунок їх динамічного руйнування лопатями середньої секції та підвищується технологічна надійність

процесу викопування коренеплодів, що дозволяє підвищити продуктивність роботи копача та АКМ в цілому.

Висновки. Застосування АВТОКРО дозволяє підвищити показники якості роботи АКМ шляхом значного зменшення подачі домішок, особливо грудок ґрунту та залишків гички на головках коренеплодів, налиплого ґрунту на бічній поверхні тіла викопаних коренеплодів за рахунок інтенсифікації дії на ворох пружних лопатей.

Список літератури

1. Погорелый Л.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / Л.В. Погорелый, М.В. Татьянко – К. : Феникс, 2004. – 232 с.
2. Гевко Р.Б. Викопувально-очисні пристрої бурякозбиральних машин: конструювання і розрахунок / Р.Б. Гевко. – Тернопіль, 1997. – 120 с.
3. Погорілий М. Закономірності розвитку бурякозбиральної техніки та обґрунтування раціональних обрисів вітчизняних машин / Максим Погорілий // Техніка АПК. – 1999. – № 3. – С. 8–12.
4. Рамш В.Ю. Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів / В.Ю. Рамш, В.М. Барановський, М.Р. Паньків [та ін.] // Наукові нотатки. – Луцьк : ЛНТУ, 2011. – Вип. 31. – С. 298–305.
5. Булгаков В.М. Теория свеклоуборочных машин : Монография / В.М. Булгаков, М.И. Черновол, Н.А. Свирень. – Кировоград : "КОД", 2009. – 256 с.
6. Аванесов Ю.Б. Свеклоуборочные машины / Ю.Б. Аванесов, В.И. Бессарабов, И.И. Русанов. – М., 1979. – 351 с.
7. Пат. 66680 Україна, МКИ⁷ А 01 Д 25/04. Комбінований копач коренеплодів / Барановський В.М., Підгурський М.І., Герасимчук Г.А., Паньків М.Р.; заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет. – № у 201108202; заявл. 30.06.2011.; опубл. 10.01.2012. Бюл. № 1.

В. Барановський

Транспортно-технологические системы выкапывающих рабочих органов адаптированной корнеуборочной машины

В статье приведены этапы усовершенствования, устройство та принцип функционирования выкапывающих адаптированных рабочих органов как транспортно-технологических систем адаптированной корнеуборочной машины, которая предназначена для одновременной уборки корнеплодов сахарной, кормовой и столовой свеклы и моркови. На основании идентификации объектов исследования (известных типов копачей) определены основные пути та принципы разработки, или алгоритм построения конструктивно-компоновочной схемы адаптированной корнеуборочной машины. Установлено, что алгоритм построения должен базироваться на применении в ее функциональной схеме основных адаптированных транспортно-технологических систем – адаптированного выкапывающего транспортно-очистительного комбинированного рабочего органа та адаптивного транспортно-очистительного комбинированного рабочего органа.

V. Baranovsky

Transport-technological systems of diggings up workings organs of the adapted machine for book root crops

The stages of improvement are resulted in the articles, device that principle of functioning of the diggings up adapted workings organs as transport-technological systems of the adapted machine for book root crops, which intended for the simultaneous cleaning up of root crops of sugar, feed and table beet and carrot. On grounds of authentication of research objects (known types of dig) basic ways are certain that principles of development, or algorithm of construction of design-layout chart of the adapted machine for book root crops. It is set that the algorithm of construction must be based on application in its functional diagram of the basic adapted transport-technological systems – the adapted digging up transport-cleansing combined working organ that the adaptive transport-cleansing combined working device.

Одержано 21.10.12