

**В. Барановський, докт. техн. наук; М. Підгурський, докт. техн. наук;
М. Паньків, канд. техн. наук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОЗРОБЛЕННЯ АДАПТОВАНИХ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

Резюме. *Наведено результати наукових досліджень, які характеризують методологічні та конструктивно-технологічні принципи послідовності розроблення адаптованих коренезбиральних машин, призначених для одночасного збирання коренеплодів цукрових, кормових, столових буряків і малорозмірних (за довжиною) сортів моркви. На основі проведеної класифікації існуючих викопувальних і очисних робочих органів коренезбиральних машин розроблено структурну модель і запропоновано алгоритм ідентифікації процесу розроблення конструктивно-компонувальної схеми адаптованого викопувального транспортно-очисного комбінованого робочого органу та адаптованого транспортно-очисного комбінованого робочого органу, а також адаптованої коренезбиральної машини загалом.*

Ключові слова: *коренезбиральні машини, технологічний процес, коренеплоди, алгоритм розроблення, структурна модель, робочі органи, конструктивно-технологічна схема.*

V. Baranovsky, M. Pidhursky, M. Pankiv

METHODOLOGICAL AND STRUCTURAL- TECHNOLOGICAL ASPECTS OF DEVELOPMENT OF THE ADAPTED ROOT-HARVESTING MACHINES

Summary. *The authors present the results of scientific research characterizing methodological, as well as structural and technological principles of sequence of the adapted root-harvesting machines (ARHM) development, designed for simultaneous harvesting of the sugar beets, mangel-wurzel beets, beetroots and small-size (in length) sorts of carrots.*

Scientific conception and algorithm of the adapted root-harvesting machines while interpreting the structural models of the adapted combined operation members as well as the statement of the methodological characteristics of construction-technological features of their application, have been developed.

The algorithm of the adapted root-harvesting machines development encompasses: classification of the available root-harvesting machines, their digging and cleaning operation members basing on complex systematization criteria; development of the structural model of the adapted combined operation members, designed for excavation and cleaning of the roots piles; identification of development process of structural layout schemes of the adapted digging and cleaning combined operation members (ADCCOM), and adapted cleaning combined operation members; development of the structural layout scheme of the adapted root-harvesting machine in general.

Based on the conducted classification of the available root-harvesting machines digging and cleaning operation members, the structural model of development process of basic (digging and cleaning) adapted transport technological systems of root-harvesting machine has been developed.

Based on the structural models of basic transport-technological systems (TTS) of root-harvesting machine, the algorithm of identifying the development process of structural layout scheme of adapted digging and cleaning combined operation members and adapted cleaning combined operation members has been proposed.

Taking into account the peculiarities of roots and technological processes of their harvesting, the structural and technological scheme of the adapted root-harvesting machine has been developed.

Key words: *root-harvesting machines, technological process, roots, algorithm of development, structural model, operation members, structural and technological scheme.*

Умовні позначення:

АКМ – адаптована коренезбиральна машина;

ВК – ворох коренеплодів;

КМ – коренезбиральна машина;

ВРО – викопувальний робочий орган;

ОРО – очисний робочий орган;

ВП – вивантажувальний пристрій

АВТОКРО – адаптований викопувальний транспортно-очисний комбінований робочий орган;
АТОКРО – адаптований комбінований транспортно-очисний комбінований робочий орган;
ТТС – транспортно-технологічна система.

Актуальність питання. Сучасні напрямки розвитку коренезбиральних машин передбачають розроблення та впровадження в агропромислове виробництво високопродуктивних, енергозберігаючих і технологічно надійних збиральних комплексів і технічних засобів, які є адаптованими до одночасного збирання коренеплодів цукрових, кормових, столових буряків і моркви однією адаптованою коренезбиральною машиною (АКМ). Критеріями відповідності сучасних вимог технологічного процесу роботи АКМ, у першу чергу, є показники якості викопування та сепарації домішок вороху коренеплодів (ВК) [1, 2].

Проблема підвищення технічного рівня коренезбиральних машин (КМ), основним критерієм оцінювання яких є співвідношення втрат, забрудненості та пошкоджень коренеплодів, залишається особливо актуальною у плані подальшого розвитку вітчизняної коренезбиральної техніки, розвиток виробництва якої в Україні за останні роки практично припинилося.

Аналіз еволюції розвитку конструктивно-компонувальних і технологічних схем КМ показує, що на сучасному етапі для збирання коренеплодів, особливо цукрових і столових буряків, все більше застосовуються потужні самохідні бункерні комбайни зі складними багатоступеневими системами очищення ВК – щорічно до 70% площ коренеплодів у країнах ЄС збирається такими КМ. При цьому, незважаючи на складні системи викопування та очищення викопаного ВК, ВРО подають із викопаними коренеплодами на наступні очисні робочі органи (ОРО) значну масову кількість ґрунтових домішок (до 100...150 т з одного га), а з полів вивозиться кількість ґрунту, яка еквівалентна 10 см орного шару із площі, що дорівнює 100 га [2, 3, 4].

Проведений аналіз роботи відомих викопувальних і очисних робочих органів КМ показав, що вони значно пошкоджують великорозмірні та втрачають дрібні коренеплоди й не задовольняють показники якості очищення ВК від домішок в умовах надмірної вологості ґрунту.

Крім того, у таких типах ВРО і ОРО конструктивно й технологічно неможливо поєднати при збиранні коренеплодів одночасно дві технологічні операції – викопування коренеплодів і відокремлення невільних домішок від коренеплодів із одночасним видаленням залишків гички на їх головках [5, 6].

Тому поєднання операції видалення залишків гички на головках коренеплодів одночасно з процесом їх викопування та сепарації вільних домішок є подальшим кроком розроблення, дослідження та впровадження у виробництво комбінованих робочих органів АКМ.

Аналіз відомих досліджень. Наукові дослідження, які регламентують розроблення наукової концепції та алгоритму побудови основних транспортно-технологічних систем сільськогосподарських машин частково ґрунтуються на методах і принципах, викладених у наукових працях [7–11] та інших. За основу розроблення використані загальні положення, які характеризують суть наведених у них базисних статично-кінематичних і динамічних елементів розроблення та функціонування технологічних процесів збирання сільськогосподарських культур, а також і коренеплодів – викопування та очищення викопаного ВК від домішок та ймовірну однозначність розмірно-масових характеристик і просторових форм коренеплодів та подібності їх агробіологічних умов розташування в ґрунтово-коренеплідному середовищі.

Аналіз наукових досліджень показав, що не зважаючи на значний обсяг методів і принципів побудови коренезбиральних машин, є певні обмеження щодо їх застосування для оптимізації технологічної ефективності процесу очищення ВК у важких умовах збирання та розроблення відповідних конструктивно-технологічних схем АКМ, що й зумовило проведення даних досліджень.

Метою наукових досліджень є подальший розвиток методів і методології

розроблення АКМ.

Результати дослідження. Викладений аналіз розвитку КМ та їх ВРО і ОРО свідчить про необхідність подальшого прискорення науково-дослідних розроблень у напрямку дослідження ефективніших викопувальних і очисних транспортно-технологічних систем (ТТС) як основи для підвищення технологічної ефективності та використання АКМ загалом. Для вирішення радикальних напрямків науково-технічної проблеми необхідно зосереджувати увагу на питаннях подальшої інтенсифікації процесів викопування та очищення ВК. Тому характерною ознакою розвитку сучасних КМ є розроблення й дослідження АВТОКРО і АТОКРО, впровадження яких дасть змогу певною мірою вирішити актуальну науково-технічну проблему збирання коренеплодів цукрових, кормових, столових буряків і моркви однією АКМ при задовільних показниках якості її роботи.

Розроблення алгоритму побудови АКМ повинно базуватися на застосуванні в її конструктивній схемі адаптованих транспортно-технологічних систем, що являють собою моноблочні викопувальні та очисні комбіновані робочі органи, принципи функціонування яких регламентовані основними властивостями процесу роботи адаптерів універсального типу, їх призначенням та способами застосування під час збирання коренеплодів.

Алгоритм розроблення АКМ наведено на рис.1.

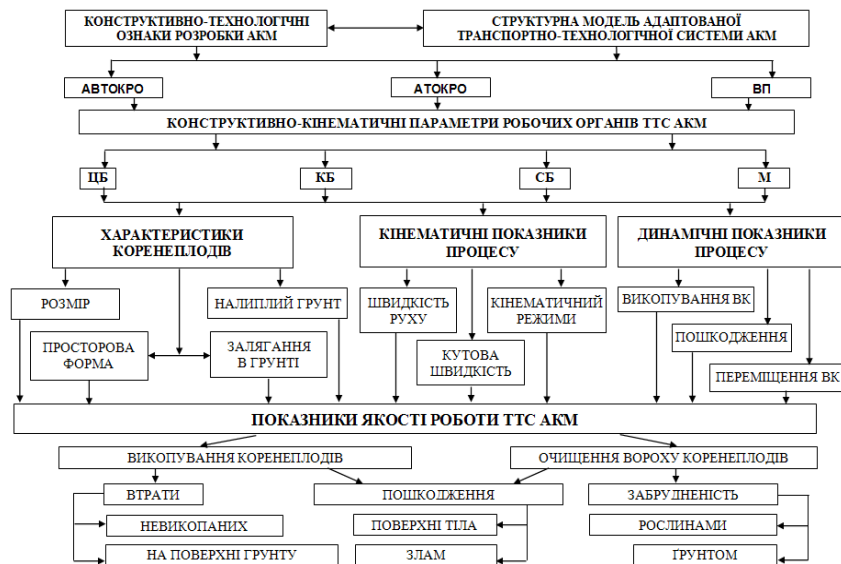


Рисунок 1. Алгоритм розробки адаптованих коренезбиральних машин

Figure 1. Algorithm of the adapted root-harvesting machines development

Передумовами прогнозування ефективного розроблення та побудови АКМ повинні бути: системний підхід до визначення класифікаційних ознак конструктивно-функціональних критеріїв поділу КМ, їх викопувальних і очисних робочих органів; механіко-технологічні основи розроблення процесів адаптованого застосування КМ на основі загальних принципів використання машинно-тракторних агрегатів і оптимізації робочих органів ТТС; розроблення методологічних принципів побудови моноблочних схем АКМ на основі використання мобільного енергетичного засобу; розроблення компоновальних схем розташування адаптованих робочих органів у технологічному процесі роботи АКМ на основі їх раціонального функціонування та забезпечення відповідних показників якості роботи АКМ.

Структурну модель алгоритму розроблення АВТОКРО і АТОКРО наведено на рис.2.

Перший етап розроблення наукової концепції адаптованого застосування машин для збирання коренеплодів цукрових, кормових, столових буряків і моркви базується на проведенні систематизації наявних коренезбиральних машин, викопувальних і очисних робочих органів з їх подальшою класифікацією за визначеними комплексними критеріями систематизації [12, 13].

У зв'язку з великою різноманітністю конструктивних схем і технологічного призначення коренезбиральних машин, їх викопувальних і очисних робочих органів за основу побудови класифікаційної схеми було прийнято такі головні критерії систематизації: для коренезбиральних машин – функціональне призначення, спосіб збирання, спосіб агрегування, технологічний потік; для викопувальних робочих органів – форма робочого органу, вид привода, спосіб викопування; для очисних робочих органів – напрямок руху вороху, спосіб відокремлення, функціональне призначення, технологічний потік.

У сукупності дані критерії для побудови класифікації було покладено вперше.

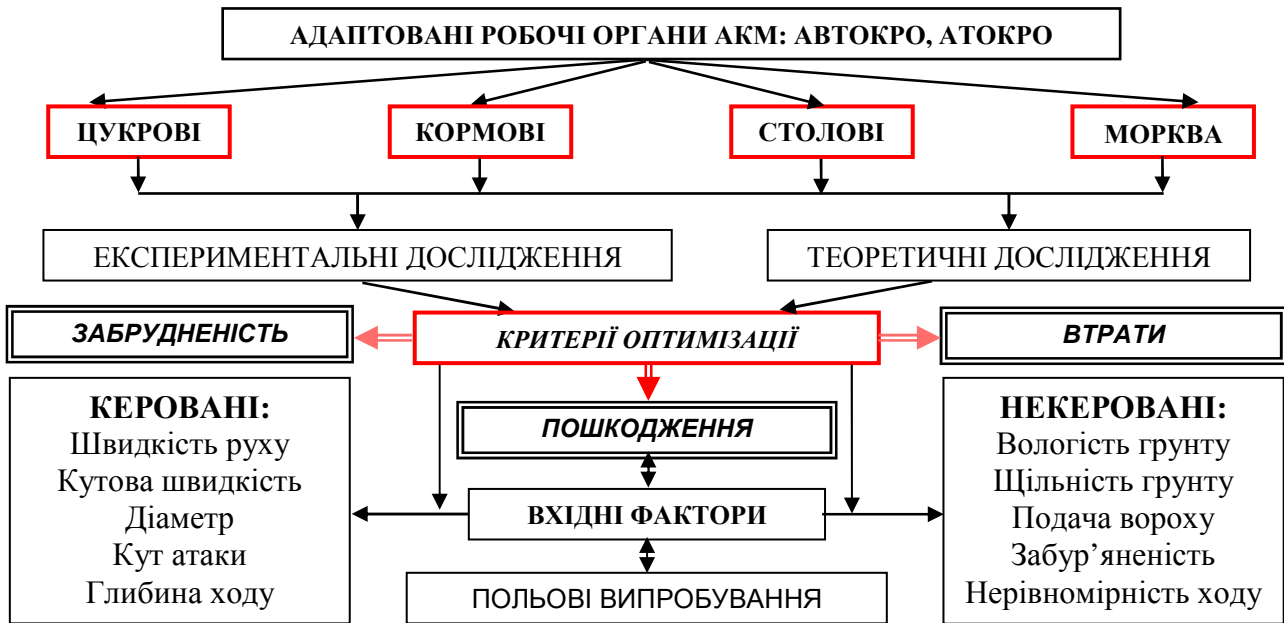


Рисунок 2. Структурна модель алгоритму розробки адаптованих робочих органів

Figure 2. Structural model of algorithm of the adapted operation members development

Велика кількість створених конструкцій робочих органів, вузлів та компоновальних схем КМ потребує диференційованого підходу при виборі, розрахунку, проектуванні, дослідженні та впровадженні нових розробок у виробництво.

Тому класифікований підхід з урахуванням особливостей робочих органів, схем компонування і способів їх функціонування забезпечить можливість проведення аналізу і синтезу необхідної конструктивно-технологічної схеми АКМ для конкретних умов експлуатації. Різноманітність конструктивних схем ВРО і ОРО у прямій залежності пов'язана як із технологічними процесами збирання, так і з конструктивно-технологічними вимогами до якості викопування, очищення, транспортування і завантаження коренеплодів.

Ідентифікація процесу розроблення конструктивно-компонувальної схеми АВТОКРО та АТОКРО наведена на рис.3, 4.

Таким чином, запропоновані конструктивно-технологічні схеми робочих органів АВТОКРО і АТОКРО базових ТТС можуть мати широке використання в процесі розроблення конструктивно-компонувальних схем АКМ, які призначені для збирання різних культур коренеплодів.

Прийомування запропонованої АКМ до змінних технологічних умов збирання коренеплодів дозволить значно підвищити техніко-експлуатаційні та економічні показники використання в цілому машинно-тракторних агрегатів.

На основі проведених досліджень і науково-концептуальних положень запропоновано конструктивно-технологічну схему АКМ, яку наведено на рис.5, або схему технологічного процесу роботи АКМ. У загальному контексті конструктивна та технологічна блок-схема АКМ побудована за модульним принципом і складається з

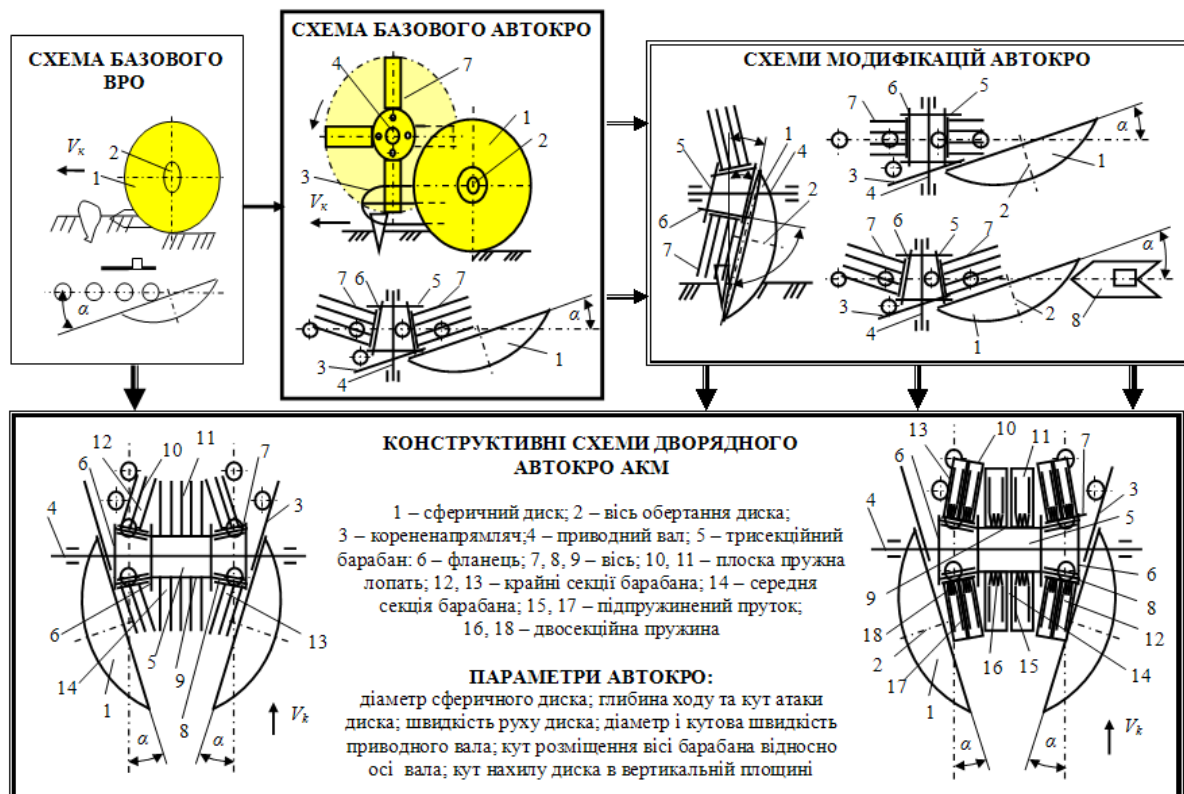


Рисунок 3. Ідентифікація процесу розробки конструктивно-компонувальної схеми АТОКРО

Figure 3. Identification of development process of structural layout scheme ACCOM

послідовно розміщених блоків базових ТТС АКМ: 1 – АВТОКРО, 2 – ТТС, 3 – АТОКРО, 4 – ВП, які передбачають ефективну роботу в екстремальних умовах – на важких ґрунтах, підвищеній вологості та щільності ґрунту й значної забор'яненості

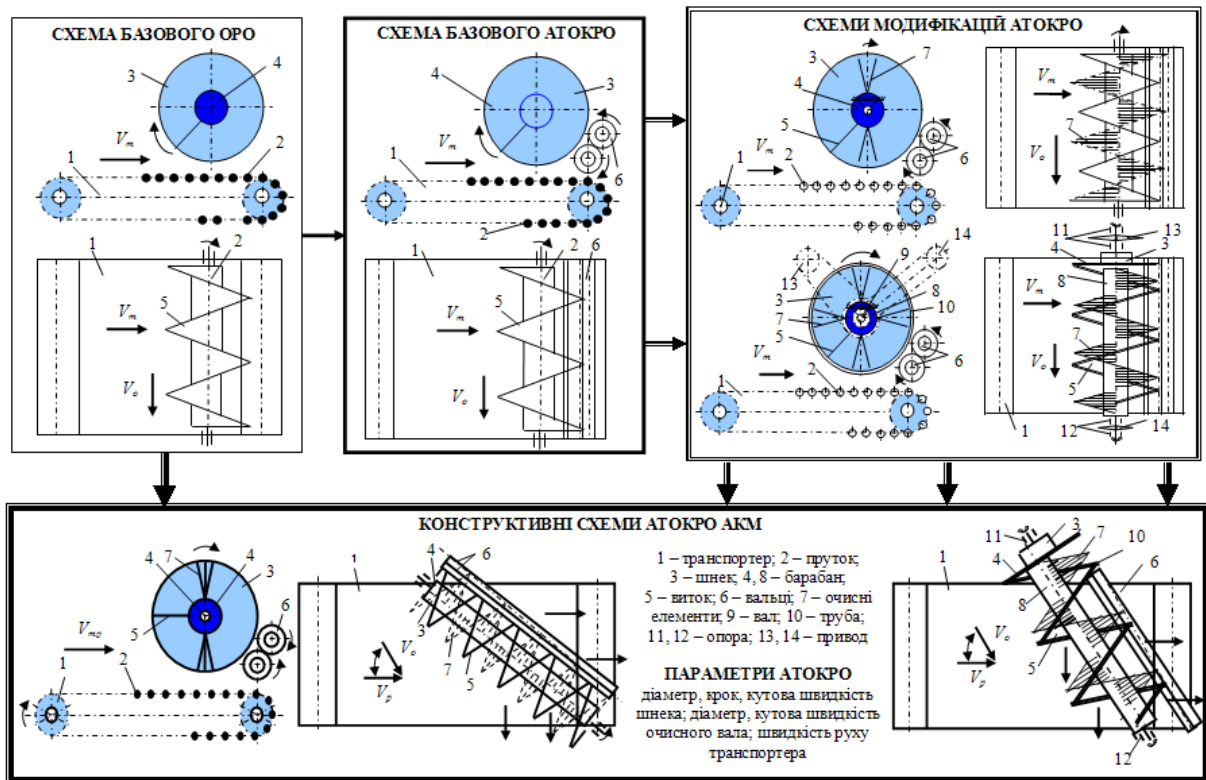


Рисунок 4. Ідентифікація процесу розробки конструктивно-компонувальної схеми АВТОКРО

Figure 4. Identification of development process of structural layout scheme ADCCOM

посівів коренеплодів. ТТС 2 є з'єднувальною ланкою між АВТОКРО і АТОКРО і являє собою замкнений контур похилого пруткового транспортера, а ВП 4 (вивантажувальний пристрій) є замкненим контуром вивантажувального транспортера.

Технологічний процес роботи АКМ наступний.

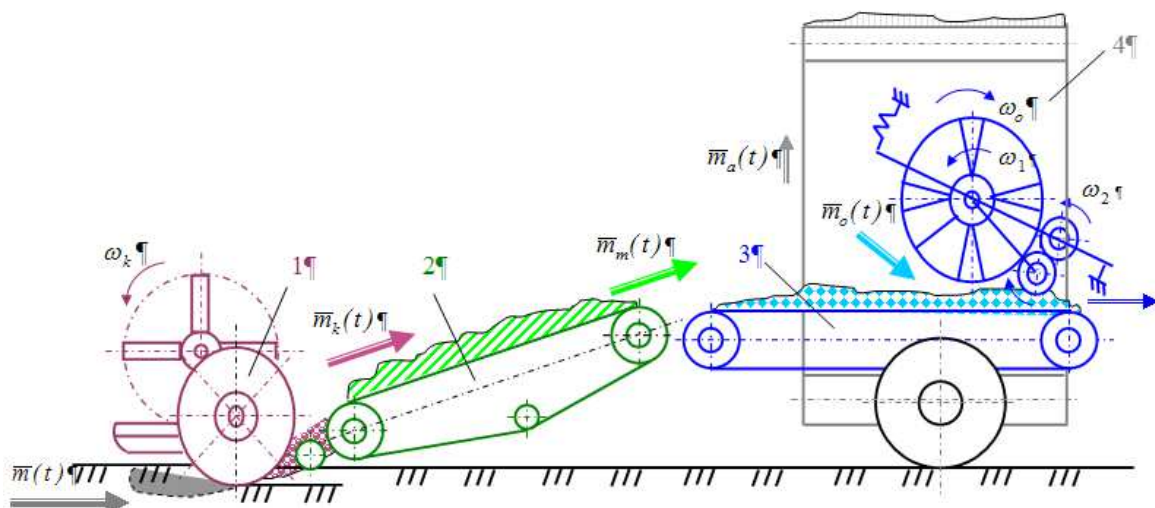


Рисунок 5. Схеми технологічного процесу роботи АКМ:
1 – АВТОКРО; 2 – ТТС; 3 – АТОКРО; 4 – ВП

Figure 5. Scheme of technological process of ARHM operation:
1 – ADCCOM; 2 – TTS; 3 – ACCOM; 4 – OE

Під час руху АКМ сферичний диск 2 (рис.3) викопає ВК у кількості $\bar{m}(t)$ (рис.5), при цьому частина викопаного сипкого ґрунту та дрібних рослинних домішок просіюється (втрачається) у процесі поступального та обертального рухів диска. Далі ВК у кількості $\bar{m}_c(t)$ надходить до робочих органів АВТОКРО 1, де частина домішок відокремлюється від ВК, тобто відбувається перший етап відокремлення ґрунтових і рослинних домішок від коренеплодів. У процесі подальшого переміщення ВК відповідно до ТТС 2 у кількості $\bar{m}_m(t)$, де частково відбувається просіювання дрібних вільних ґрунтових і рослинних домішок у зазори між прутками, до АТОКРО 3 у кількості $\bar{m}_o(t)$, до ВП 4 у кількості $\bar{m}_a(t)$, відбувається поетапне відокремлення домішок від коренеплодів. Очищені коренеплоди вивантажуються (завантажуються) у транспортний засіб (пристрій) технологічного призначення.

Висновки. Розроблено алгоритм побудови конструктивно-компонувальної схеми АКМ, який базується на застосуванні в її функціональній схемі основних адаптованих ТТС – АВТОКРО та АТОКРО, що являють собою моноблочні викопувальні та очисні базові ТТС комбінованих ВРО і ОРО. Використання АКМ, конструктивно-компонувальні схеми яких побудовано на основі застосування адаптованих ВРО і ОРО, значно розширить терміни роботи АКМ протягом 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 загалом.

Conclusions. The algorithm of structural layout ARHM scheme development, which is based on applying in its functional diagram the basic adapted TTS – ADCCOM and ACCOM, that are mono-sectional digging and cleaning base TTS of the combined digging and cleaning operation members, has been developed. Use of ARHM, the structural layout scheme of which are built upon the application of the adapted digging and cleaning operation members, will considerably extend the ARHM operating life during a year while harvesting sugar beets, mangel-wurzel beets, beetroots and carrots with one ARHM under the stable agro-technical indices of operation, which will result in the growth of technical and economic efficiency of the roots production in general.

Список використаної літератури

1. Барановський, В. Основні етапи та сучасні тенденції розвитку коренезбиральних машин [Текст] / В. Барановський // Вісник Тернопільського держ. техн. ун-ту. – 2006. – Т. 11, № 2. – С.67–75.
2. Погорельий, Л.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз [Текст] / Л.В. Погорельий, М.В. Татьяна. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
3. Хелемендик, М.М. Напрями і методи розробки робочих органів сільськогосподарських машин [Текст] / М.М. Хелемендик. – К.: Аграрна наука, 2001. – 280 с.
4. Гевко, Р.Б. Викопувально-очисні пристрої бурякозбиральних машин: конструювання і розрахунок [Текст] / Р.Б. Гевко. – Тернопіль, 1997. – 120 с.
5. Погорілий, М. Закономірності розвитку бурякозбиральної техніки та обґрунтування раціональних обрисів вітчизняних машин [Текст] / Максим Погорілий // Техніка АПК. – 1999. – № 3. – С.8–12.
6. Булгаков, В.М. Теория свеклоуборочных машин : монография [Текст] / В.М. Булгаков, М.И. Черновол, Н.А. Свирень. – Кировоград: КОД, 2009. – 256 с.
7. Сучасні тенденції розвитку конструкції сільськогосподарських машин [Текст]; під ред. Кравчука В.І., Грицишина М.І., Ковалю С.М. – К.: Аграрна наука, 2004. 353 с.
8. Кравчук, В.І. Теоретичні основи адаптації сільськогосподарських машин: монографія [Текст] / В.І. Кравчук. – К.: НАУ, 2005. – 208 с.
9. Адамчук, В.В. Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня [Текст] / В.В. Адамчук, В.М. Булгаков, В.В. Іванишин // Зб. наук. праць Вінницького націон. аграрн. ун-ту. Серія: Технічні науки. – Вінниця : ВНАУ, 2012. – Вип. 11. – Т. 2 (66). – С. 8–14.
10. Гуков, Я.С. Стан механізації сільськогосподарського виробництва в Україні [Текст] / Я.С. Гуков, М.І. Грицишин // Механізація сільськогосподарського виробництва. – 2003. – Т. XIV. – С.64–70.

11. Погорілий, Л.В. Сучасні проблеми землеробської механіки і машинознавства при створенні сільськогосподарської техніки нового покоління [Текст] / Л.В. Погорілий // Механізація сільськогосподарського виробництва. – 2003. – Вип. 20. – С. 10–28.

12. Барановський, В.М. Конструктивно-технологічні принципи застосування адаптивного викопувального робочого органу коренезбиральної машини [Текст] / В.М. Барановський // Науковий вісник НАУ. – Вип 73. – Част 1. – 2004. – С. 249–255.

13. Барановський, В.М. Конструктивно-технологічні принципи адаптизації транспортно-очисного комбінованого робочого органу коренезбиральних машин [Текст] / В.М. Барановський // Сільськогосподарські машини. – 2005. – Вип. 13. – С. 18–24.

Отримано 01.04.2014