Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 1, 47-54
ISSN 2663-1334 (print), ISSN 2663-1342 (online), www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica

DOI: 10.31548/machenergy.2019.01.047-054

УДК 631.356:631.361

ТЕНДЕНЦІЇ КОНСТРУКТИВНОГО УДОСКОНАЛЕННЯ КОМБІНОВАНИХ ОЧИСНИКІВ ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ

В. Д. Войтюк, Є. О. Олійник, М. В. Потапенко

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: vdv-tsim@ukr.net.

Історія статті: отримано – лютий 2019, акцептовано – травень 2019.
Бібл. 9, рис. 6, табл. 0.

Анотація. Цінність коренеплодів цикорію визначається вмістом у них різновидів цукринів – інуліну, фруктози, глюкозиду інтибіну та рідкісних у натуральних продуктах кислот, вітамінів, а також мікроелементів. Гичка коренеплодів є одним із джерел повернення поживних речовин після її розкидання на зібране поле. У статті наведено аналіз конструкцій робочих органів, які призначені для відокремлення грунтових і рослинних домішок від коренеплодів цикорію. Проаналізовано характерні конструктивно-технологічні недоліки основних типів комбінованих очисних систем вороху коренеплодів. Запропоновано основні тенденції розвитку та напрямки вдосконалення очисних систем вороху коренеплодів цикорію з використанням комбінованого робочого органу.

Ключові слова: технологічний процес, відокремлення домішок, робочі органи, гвинтовий конвеєр, очисний вал, пружні елементи.

Постановка проблеми

Технологічний процес збирання коренеплодів цикорію регламентується в основному агротехнічними властивостями врожаю, конструкцією робочих органів і компонувальних схем транспортно-технологічних систем машин. Відокремлення домішок від коренеплодів у загальному контексті технологічного процесу роботи коренезбиральних машин є однією із важливих і складних технологічних операцій.

Для очищення вороху коренеплодів цикорію від домішок, які надходять із копачів у доволі значній кількості (3…6 кг/п.м або до 5…10 т із 1 га грунтових і рослинних домішок, які знаходяться у різних станах), застосовують різнопланові технології та конструкції очисників, які функціонально відрізняються один від одного [1, с. 69].

Еволюція технічних засобів, які призначені для збирання коренеплодів цикорію, тісно пов'язані з основними аспектами розвитку технологій та способів їх збирання, а також із удосконаленням технологічних операцій збирання коренеплодів (рис. 1а): збирання основного масиву гички та обрізування її залишків на головках коренеплодів цикорію; викопування, формування валка викопаних коренеплодів; очищення викопаного вороху коренеплодів від компонентів домішок; завантаження очищених коренеплодів у транспортний засіб, або бункер коренезбиральної машини [2, с. 77-79].

Аналіз останніх досліджень

У технології виробництва цикорію найбільш трудомістким і недосконалим є процес викопування коренеплодів з ґрунту та їх очищення від грунтових і рослинних домішок. Домішки, які є грунтового та рослинного походження, знаходяться відносно коренеплодів у вільному та «зв'язаному» станах: вільні грунтові домішки, або сипучий грунт, грудки грунту різного діаметра – від 20 до 100 мм і різної вологості – від 13 до 28 % [3, с. 112-113] та вільні рослинні домішки, або втрачена гичка, бур'яни; «зв'язані» грунтові домішки, або налиплий грунт на поверхні тіла коренеплодів та «зв'язані» рослинні домішки, або залишки гички на головках коренеплодів. При цьому особливості структури даного складного та багатогранного робочого реологічного середовища та динамічної системи «коренеплід-домішки-очисник вороху» мають істотний і суттєвий вплив на основні показники технологічного процесу відокремлення домішок від коренеплодів робочими органами очисників [4, с. 153, 167]. Тому для відокремлення домішок, які знаходяться відносно коренеплодів у різних станах, необхідно застосовувати різні види механічної взаємодії різних форм робочих поверхонь очисників із компонентами домішок, які також різні за своїми властивостями. При цьому необхідно забезпечувати максимальне зниження їх кількості (не більше 8…10%), мінімальні пошкодження (до 10…15%) та втрати (до 2,0%) коренеплодів [5, с. 245-248].

У цьому аспекті кількість домішок у коренеплодах цикорію характеризує якість його сировини, а кількість пошкоджень і втрат коренеплодів – масову кількість сировини для переробки, що в обох випадках знижує показники якості та кількість продукції її переробки [6, с. 15, 76-78].

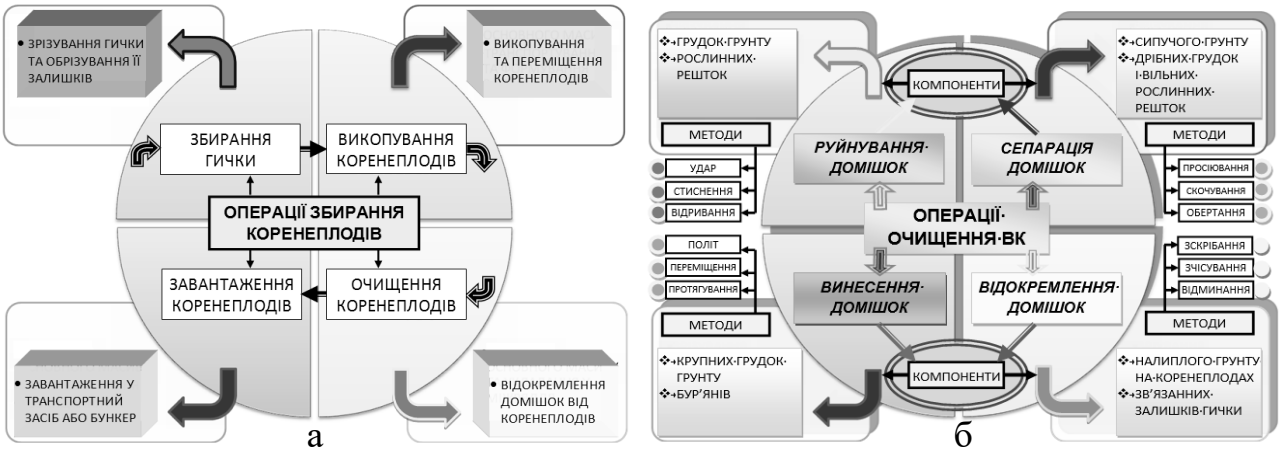

Рис. 1. Структурна схема а – операцій збирання коренеплодів; б – операцій і методів очищення коренеплодів від домішок.

Fig. 1. Structural scheme a – the operations of cleaning of the roots of b – operations and methods for cleaning root crops from impurities.

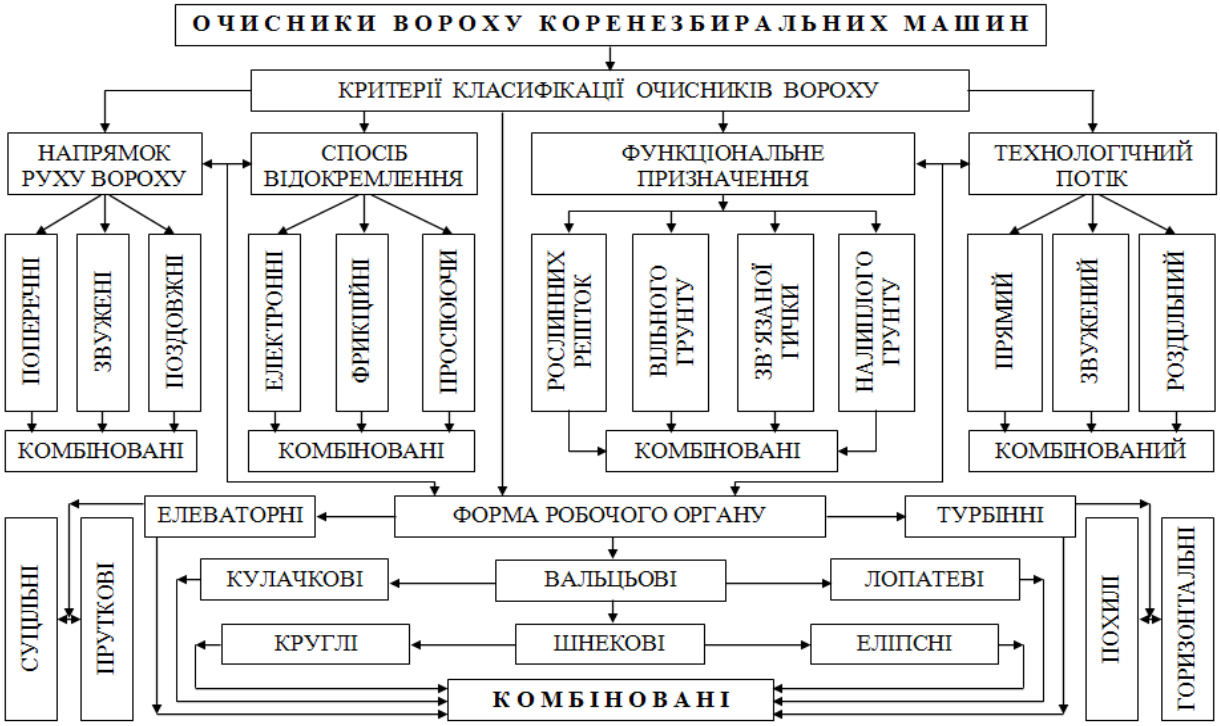

Рис. 2. Класифікація очисників вороху коренеплодів.

Fig. 2. The classification of cleaners of heap roots.

До основних операцій відокремлення домішок від коренеплодів, які виконують очисники коренезбиральних машин, належить:

- руйнування домішок (грудок грунту й рослинних решток) методами удару, стиснення, відривання;
- просіювання вільних домішок (сипучого грунту, дрібних грудок грунту та рослинних решток) методом сепарації домішок через зазори очисних робочих органів;
- відокремлення зв'язаних домішок (налиплого грунту та залишків гички на коренеплодах) методами зскрібання, зчісування, відминання.

Як правило, в усіх очисниках вороху очищення коренеплодів відбувається за принципом розділення розмірних характеристик компонентів вороху та їх фрикційних властивостей за одночасного забезпечення функції переміщення вороху та просіюванням складових компонентів домішок через зазори сепарувальних робочих органів.

Мета досліджень

Метою досліджень є підвищення показників якості роботи коренезбиральних машин шляхом інтенсифікації процесу відокремлення домішок від коренеплодів.

Результати досліджень

В основу вирішення наукової задачі підвищення агротехнічних показників якості роботи коренезбиральних машин покладено гіпотезу, яка передбачає впровадження очисних систем, побудованих на основі розробки та дослідження очисників з комбінованими робочими органами, застосування яких дозволить інтенсифікувати процеси відокремлення грунтових і рослинних домішок від коренеплодів цикорію.

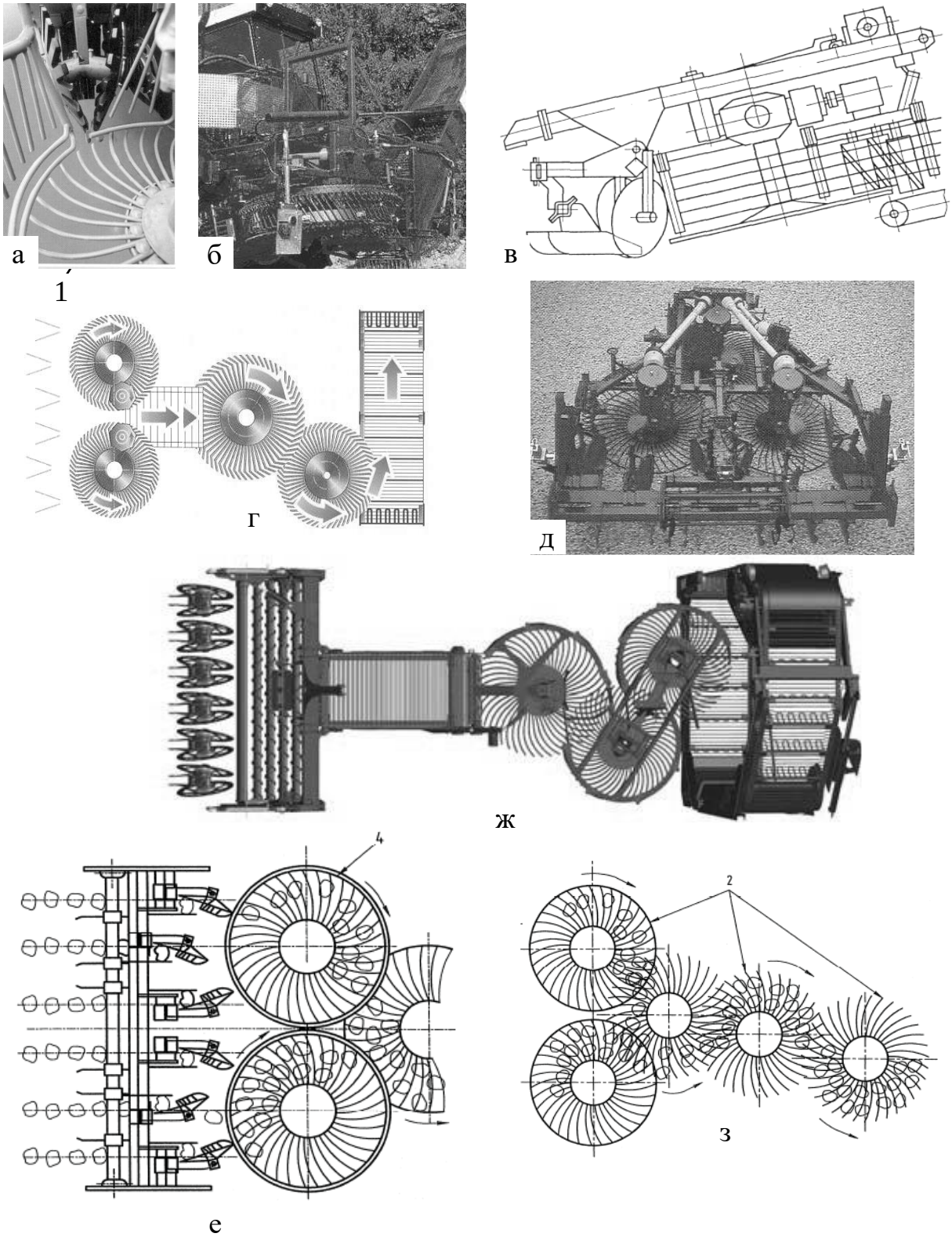

Рис. 3. Загальний вигляд і конструктивні схеми роторних очисників.
Fig. 3. The overall look and design schemes of rotary cleaners.

Наявні та різні за своєю структурою компонувальні схеми та робочі органи очисників і створені на їх базі очисні системи вороху коренеплодів, які відрізняються один від одного не тільки конструктивними критеріями, але й принципом дії або способом відокремлення домішок, регламентується наявністю різноскладових компонентів домішок, які різноманітні за своїм фракційним складом і фізичним станом [5, с. 242-244].

Загальна класифікація очисників вороху коренеплодів наведена на рис. 2.

Комбіновані очисні системи розташовують в кінці технологічного процесу очищення вороху коренеплодів, тобто вже безпосередньо перед фазою завантаження коренеплодів в бункер машини або в технологічний транспорт. Вони є доочисниками, тому що їх функціональне призначення – кінцеве доочищення коренеплодів від домішок і до них висуваються особливі умови, а саме максимальне відділення залишкових домішок при мінімізації пошкоджень і втрат коренеплодів.

До фрикційних очисних робочих органів відносять різні комбінації гірок, як поздовжніх, так і поперечних. Вони виконані у вигляді замкнутих стрічкових транспортерів, напрям руху яких, відповідно, або збігається з напрямком руху вороху, або навпаки. У фрикційних очисниках, для розділення вороху на складові компоненти домішок – вільного грунту та втраченої гички, рослинних залишків тощо, використовується різниця коефіцієнтів тертя коренеплодів і домішок.

Очисний ефект, або сепарація домішок у роторних очисниках досягається за рахунок просіювання землі через решітчасту поверхню диска роторної турбіни та направляючих бокових решіток, рис. 3.

Вони застосовуються практично у всіх сучасних західноєвропейських самохідних бункерних комбайнів:“Tim”, “Thyregot” (Данія); “Kleine”, “Stoll”, “Holmer”, “WKM” (ФРН); “Moreau”, “Herriau”, “Matrot” (Франція) тощо.

Очисники роторного типу характеризуються простотою і незначною матеріаломісткістю, однак мають ряд недоліків. Із-за наявності зазору в зоні переходу вороху з одного диска на другий спостерігаються втрати коренеплодів внаслідок вминання їх в грунт, а також згруження маси при сходженні потоків, які поступають з двох дисків. Крім того, роторні очисники травмують коренеплоди при переході їх з одного диска на другий в основному внаслідок злому їх хвостової частини і ефективно працюють лише при великих кутах нахилу дисків (турбін) і центральному куті обтікання очисного ротора не менше 150°, що значно обмежує їх застосування [7, с. 108-110].

Для підвищення процесу очищення вороху коренеплодів від домішок шляхом розмежування напрямків руху компонентів вороху коренеплодів (домішок і коренеплодів) та інтенсифікації відокремлення домішок від коренеплодів запропоновано застосовувати комбіновані очисні системи, які виконано у вигляді різних комбінацій транспортерних і шнекових очисних робочих органів (рис. 4).

Вони застосовуються залежно від конкретних функцій очисних пристроїв, умов роботи, а також для регулювання ступеня агресивної дії очисних поверхонь на коренеплоди. Тому у компонувальних схемах коренезбиральних машин знаходять застосування очисники, які покращують очищення коренеплодів від домішок за рахунок меншої агресивної дії робочих поверхонь на коренеплоди. Зменшення агресивності впливу робочих органів на коренеплоди в напрямку руху потоку вороху від копача обумовлене тим, що зростає ймовірність взаємодії робочих органів з чистою поверхнею коренеплодів, де пошкодження можуть бути максимальними [8, с. 165].

Недоліками цих очисних систем є незадовільні показники якості очищення вороху коренеплодів в умовах надмірної вологості грунту – аналогічно шнекам круглого перерізу еліпсні шнеки залипають вологим грунтом і втрачають працездатність, а також наявні пошкодження коренеплодів внаслідок їх вертикального осцилюючого руху при його поздовжньому переміщенню над еліпсними валами [9, с. 300-302].

Підвищення технологічної ефективності очисної системи вороху коренеплодів за рахунок збільшення активності їх робочих поверхонь було досягнуто шляхом розмежування одного суцільного потоку коренеплодів і домішок на два взаємно перпендикулярні потоки, яке реалізовано на основі застосування комбінованих очисників вороху. Базовими елементами очисників, є прутковий транспортер 1 (рис. 5а) та встановлений із зазором над прутками 2 транспортера і перпендикулярно напрямку його швидкості руху робочої гілки $V_{тр}$ відвідного шнека 3.

На трубі 4 шнека по гвинтовій лінії закріплено спіральні витки 5, між якими змонтовано очисні пружні елементи 6, які набрані із пучків ворсу 7. Напрямок навивання гвинтової лінії спіральних витків і очисних пружних елементів зустрічний. За шнеком, у сторону вихідного кінця транспортера змонтовано пару приводних циліндричних відминальних вальців 8 (рис. 5б), які встановлені один над одним і над транспортером.

Відминальні вальці встановлені на шарнірно закріплених верхньому 9 та нижньому 10 важелях.

Поворот нижнього важеля обмежений встановленими упорами 11, а верхній відминальний валець за рахунок пружини 12 виконаний підпружиненим відносно нижнього відминального вальця.

Основним недоліком роботи таких комбінованих очисних систем є незадовільне очищення налиплого грунту на поверхні тіла коренеплодів у зв’язку з конструктивною неможливістю ступеневого регулювання необхідної кутової швидкості очисних елементів, яка була б відмінною від кутової швидкості шнека та за якої б забезпечувалося повне відокремлення налиплого грунту з поверхні коренеплодів із врахуванням ступеня їх пошкодження.

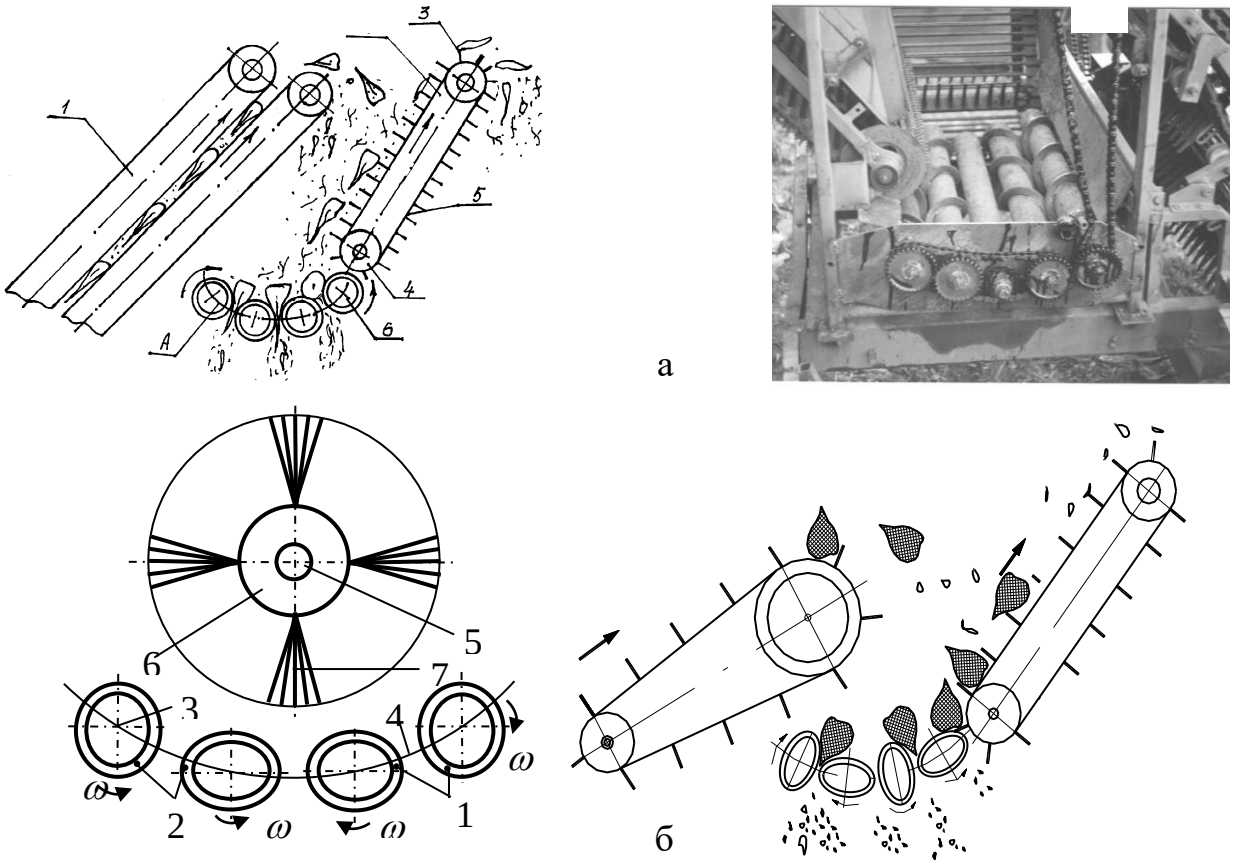

Рис. 4. Схеми та загальний вигляд очисних систем: а – з шнеками круглого перерізу; 1 – транспортер; 2 – пальчикова гірка; 3, 4 – приводний і ведений вал; 5 – палець гірки; 6 – шнековий очисник; б – із еліпсними шнеками; 1, 2 – ліва та права системи еліпсних шнеків; 3 – вісь обертання; 4 – нижня вітка еліпса; 5 – очисний вал; 6 – барабан; 7 – очисні елементи.

Fig. 4. Scheme and general appearance of treatment system.

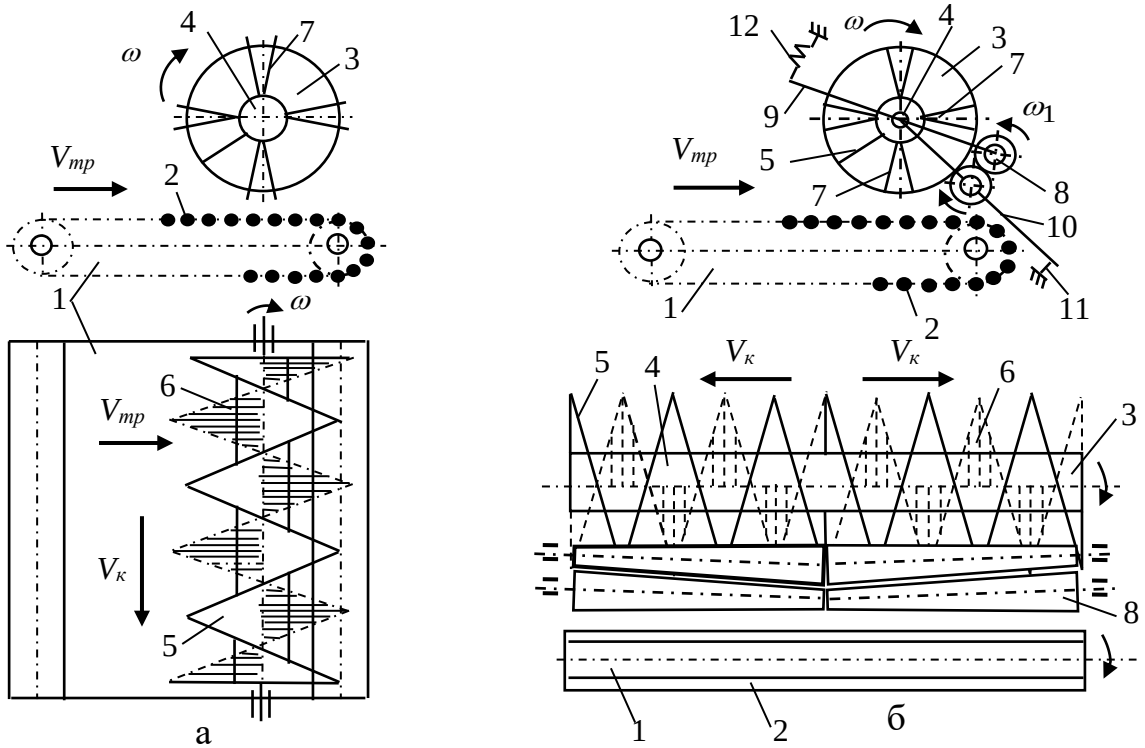

Рис. 5. Конструктивна схема комбінованого очисника.

Fig. 5. Structural diagram of combined purifier.

Але конструктивно-технологічні переваги цих очисних комбінованих систем, або простота конструкції та значний ресурс роботи шнека, задовільні показники якості роботи у важких грунтово-кліматичних умовах збирання, є передумовою подальшого удосконалення конструктивно-технологічних ознак функціонування даних комбінованих очисників.

Для реалізації принципів очищення коренеплодів цикорію від домішок і інтенсифікації процесу відокремлення домішок від коренеплодів, запропоновано удосконалену конструктивну схему очисника вороху коренеплодів цикорію з комбінованим робочим органом, яку наведено на рис. 6.

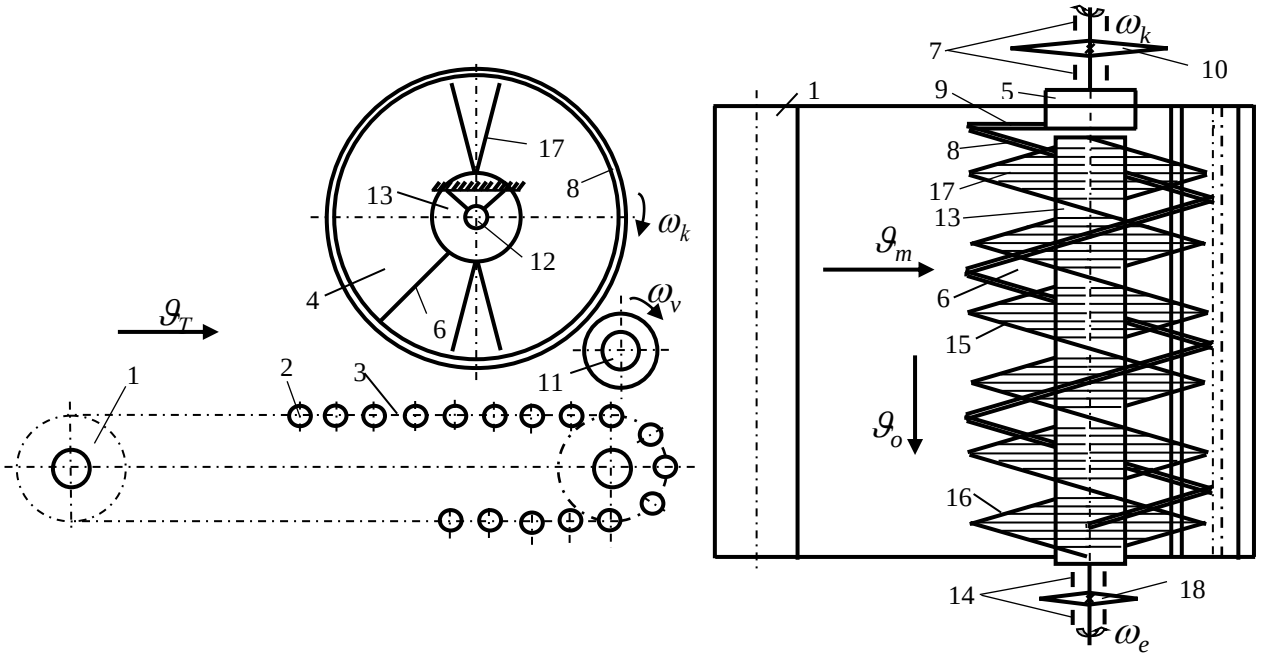

Рис. 6. Конструктивна схема очисника вороху: 1 – подавальний транспортер; 2 – пруток; 3 – робоча гілка; 4 – комбінований робочий орган; 5 – пустотілий гвинтовий циліндр; 6 – виток; 7, 14 – опора; 8 – труба; 9 – фланець; 10, 18 – зірочка; 11 – відкидний валець; 12 – приводний вал; 13 – барабан; 15, 16 – гвинтова лінія; 17 – очисні елементи.

Fig. 6. The constructive scheme of a cleaner heap.

При подачі вороху, складовими компонентами якого є коренеплоди з налиплим грунтом і рослинними рештками, залишками гички на головках коренеплодів і без неї, ґрунтові та рослинні домішки до гвинта 4, відбувається заповнення матеріалом простору між спіральними витками 6 пустотілого гвинтового циліндра 5 та простору між спіральними витками 6 гвинта 4 і робочою гілкою 3 подавального транспортера 1.

Спіральні витки гвинта, взаємодіючи з коренеплодами, пересувають їх в сторону, тобто знімають їх з подавального транспортера, при цьому спостерігаються випадки співудару коренеплодів і грудок грунту з спіральними витками гвинта.

Грудки грунту руйнуються, а вся сипуча земля та дрібні рослинні домішки, або просіюються в отвір між прутками 2 подавального транспортера, або сходять з нього, проходячи через зазор між гвинтом і робочою гілкою 3 подавального транспортера.

Коренеплоди з налиплим грунтом і рослинними домішками на їх тілі, а також непросіяні домішки переміщуються спіральними витками гвинта уздовж осей обертання гвинта і відкидного вальця 11.

При цьому, рухаючись в зворотно-поступальному напрямку, пружні очисні елементи 17 приводного вала 12 взаємодіють з тілом коренеплодів, що дозволяє очищати тіло коренеплодів від налиплого грунту за рахунок знакоперемінного напрямку прикладання зусиль контакту пружних очисних елементів з поверхнею коренеплодів, а відкидний валець повертає переміщені до нього коренеплоди в зону дії спіральних витків.

За рахунок виконання незалежних приводів 10 і 18, відповідно, гвинта та приводного вала можна незалежно один від одного регулювати числові значення кутової швидкості обертання ω_k гвинта та кутової швидкості обертання ω_e приводного вала, що значно підвищує ступінь відокремлення налиплого грунту та рослинних домішок на поверхні тіла коренеплодів.

Крім того, за рахунок виконання напрямку навивання гвинтової лінії 15 пружних очисних елементів одного заходу протилежного напрямку навивання гвинтової лінії 16 пружних очисних елементів другого заходу забезпечується зворотно-поступальний рух пружних очисних елементів, що дозволяє інтенсифікувати процес відокремлення домішок від тіла коренеплодів.

Висновки

1. Таким чином, інтенсифікація технологічного процесу очищення коренеплодів від домішок, особливо відокремлення налиплого грунту та рослинних домішок на поверхні тіла коренеплодів, досягається шляхом динамічної дії пружних очисних елементів 17 приводного вала 12 на компоненти домішок вороху коренеплодів за рахунок знакоперемінного напрямку прикладання зусиль контакту пружних очисних елементів до тіла коренеплодів.

Список літератури

1. *Барановський В. М.* Основні етапи та загальні принципи сучасних тенденцій розвитку коренезбиральних машин. Вісник ТДТУ, 2006. 11, 2, С. 67–75.

2. *Барановський В. М., Паньків М. Р., Дубчак Н. А*. Аналіз процесу роботи доочисних пристроїв коренезбиральних машин. Вісник ТДТУ, 2007. 12, 1, С. 76–81.

3. *Барановський В. М.* Результати теоретично-експериментальних досліджень секундної подачі вороху коренеплодів. Механізація сільськогосподарського виробництва, 2008. 75, 1, С. 111–120.

4. *Погорелый Л. В., Татьянко М. В.* Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. Киев. 2004. Феникс, 2004, 232 с.

5. *Дубровин В., Голуб Г., Барановский В.* Идентификация процесса разработки адаптированной корнеуборочной машины. MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture, 2013. 15,3, С. 243–255.

6. *Яценко О. Я.* Цикорій коренеплідний: Біологія, селекція, виробництво і переробка коренеплодів: навчальний посібник. Умань: ФІЦБ УААН, 2003. 161 с.

7. *Барановський В. М., Підгурський М. І., Паньків М. Р.* Методологічні та конструктивно-технологічні аспекти розробки адаптованих коренезбиральних машин. Вісник ТНТУ, 2014. 2 (74), С. 106–113.

8. *Герасимчук Г., Барановський В.* Критерії оцінки технологічної ефективності процесу викопування коренеплодів. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження, 2009. 14, С. 163–168.

9. *Рамш В. Ю., Паньків М. Р., Барановський В. М., Герасимчук Г. А.* Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів. Наукові нотатки, 31, 2011. С. 298-305.

References

1. *Baranovskyi, V. M.* (2006). Osnovni etapy ta zahalni pryntsypy suchasnykh tendentsii rozvytku korenezbyralnykh mashyn. Visnyk TDTU, 11, 2, 67–75. [in Ukrainian].

2. *Baranovskyi, V. M., Pankiv, M. R., Dubchak, N. A.* (2007). Analiz protsesu roboty doochysnykh prystroiv korenezbyralnykh mashyn. Visnyk TDTU, 12, 1, 76–81. [in Ukrainian].

3. *Baranovskyi, V. M.* (2008). Rezultaty teoretychno-eksperymentalnykh doslidzhen sekundnoi podachi vorokhu koreneplodiv. Mekhanizatsiia silskohospodarskoho vyrobnytstva, 75, 1, 111–120. [in Ukrainian].

4. *Pogorelyj, L. V., Tat'janko, M. V.* (2004). Sveklouborochnye mashiny: istorija, konstrukcija, teorija, prognoz. K. : Feniks, 2004, 232. [in Russian].

5. *Dubrovin, V., Golub, G., Baranovskij, V.* (2013). Identifikacija processa razrabotki adaptirovannoj korneuborochnoj mashiny. MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture, 15,3, 243–255. [in Russian].

6. *Yatsenko, O. Ya.* (2003). Tsykorii koreneplidnyi: Biolohiia, selektsiia, vyrobnytstvo i pererobka koreneplodiv: navchalnyi posibnyk. Uman: FITsB UAAN, 161. [in Ukrainian].

7. *Baranovskyi, V. M., Pidhurskyi, M. I., Pankiv, M. R.* (2014). Metodolohichni ta konstruktyvno-tekhnolohichni aspekty rozrobky adaptovanykh korenezbyralnykh mashyn. Visnyk TNTU, 2 (74), 106–113. [in Ukrainian].

8. *Herasymchuk, H., Baranovskyi, V.* (2009). Kryterii otsinky tekhnolohichnoi efektyvnosti protsesu vykopuvannia koreneplodiv. Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: ahroinzhenerni doslidzhennia, 14, 163–168. [in Ukrainian].

9. *Ramsh, V. Yu., Pankiv, M. R., Baranovskyi, V. M., Herasymchuk, H. A.* (2011). Analiz tendentsii rozvytku robochykh orhaniv dlia separatsii vorokhu koreneplodiv. Naukovi notatky, 31, 298-305. [in Ukrainian].

ТЕНДЕНЦИИ КОНСТРУКТИВНОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ОЧИСТИТЕЛЕЙ ВОРОХА КОРНЕПЛОДОВ ЦИКОРИЯ

В. Д. Войтюк, Е. А. Олейник, Н. В. Потапенко

Аннотация. Ценность корнеплодов цикория определяется содержанием в них разновидностей цукринів – инулина, фруктозы, глюкозида інтибіну и редких в натуральных продуктах кислот, витаминов, а также микроэлементов. Ботва корнеплодов является одним из источников возврата питательных веществ после ее разбрасывание на собранное поле. В статье приведен анализ конструкций рабочих органов, которые предназначены для отделения почвенных и растительных примесей от корнеплодов цикория. Проанализированы характерные конструктивно-технологические недостатки основных типов комбинированных очистных систем вороха корнеплодов. Предложены основные тенденции развития и направления совершенствования очистных систем вороха корнеплодов цикория с использованием комбинированного рабочего органа.

Ключевые слова: технологический процесс, отделение примесей, рабочие органы, винтовой конвейер, очистной вал, упругие элементы.

TRENDS IN CONSTRUCTIVE IMPROVEMENT OF COMBINED PURIFIERS OF HULLS OF ROOT CROPS CHICORY

V. D. Voytyuk, Y. O. Olijnyk, M. V. Potapenko

Abstract. The value of the root crops of chicory is determined by the content of their varieties of sugars - insulin, fructose, glycoside of intimate and rare in acids, vitamins and trace elements in natural products. A chickpea root crop is one of the sources of nutrient returns after its spread on the collected field. The article presents an analysis of structures of working bodies, which are intended for separation of soil and vegetable impurities from root crops chicory. The characteristic structural and technological defects of the basic types of combined treatment systems of root crops are analyzed. The main tendencies of development and directions of improvement of chicory root crop treatment systems using the combined working body are stated.

Key words: technological process, separation of impurities, working bodies, screw conveyor, cleaning shaft, elastic elements.

В. Д. Войтюк ORCID 0000-0002-0317-7683.
Є. О. Олійник ORCID 0000-0002-1849-9538.
М. В. Потапенко ORCID 0000-0002-3931-5320.