

УДК 631.361

В.Ю.Рамш<sup>1</sup>, В.М.Барановський<sup>2</sup>, М.Р.Паньків<sup>2</sup>, Г.А.Герасимчук<sup>3</sup><sup>1</sup>Бережанський агротехнічний інститут<sup>2</sup>Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя<sup>3</sup>Луцький національний технічний університет

## АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ СЕПАРАЦІЇ ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ

*Наведено результати аналізу основних тенденцій сучасного розвитку технологічних процесів і робочих органів для відокремлення домішок від коренеплодів, намічені подальші шляхи удосконалення комбінованих очисних систем коренезбиральних машин.*

Ключові слова: *ворох, цукровий буряк, очисник*

**Постановка проблеми.** Збільшення обсягів виробництва цукрової сировини та зниження її собівартості є актуальною народногосподарською проблемою. Це пояснюється великим попитом продукції цукрової промисловості, необхідністю додаткового забезпечення кормової бази тваринництва України та значним попитом цукру за її межами [1].

Основною причиною технологічно-експлуатаційного зниження ефективності виробництва коренеплодів є недосконалість техніки для вирощування і збирання цукрових буряків та невідповідність якості цукросировини вимогам, які висуваються Держстандартом України [2].

Збирання врожаю цукрових буряків є одним із найскладніших і енергоємних процесів, у тому числі й по кількості операцій: обрізування гички, доочищення головок, викопування коренеплодів, сепарація викопаного вороху тощо. Важливе місце серед вказаних операцій займає процес очищення викопаного вороху коренеплодів від домішок – вільного та налиплого ґрунту, рослинних домішок [3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналізу загальних принципів технологічних процесів сепарації вороху коренеплодів, основних положень побудови конструктивно-компонувальних схем очисників і конструктивного удосконалення їх робочих органів присвячені багато науково-методологічних праць [4, 5, 6]. Подальше удосконалення принципів і способів відокремлення домішок вороху від коренеплодів зумовило проведення даних досліджень.

**Мета дослідження.** Метою даних досліджень є підвищення показників якості очищення цукрових буряків шляхом удосконалення конструкції та вибору раціональних параметрів очисної системи залежно від умов роботи коренезбиральної машини.

**Результати дослідження.** Аналіз еволюції розвитку конструкцій бурякозбиральних машин і технологічних процесів збирання цукрових буряків в повній мірі показує, що загальною світовою тенденцією збирання великих площ посівів цукрових буряків є масовий перехід на надпотужні самохідні бункерні комбайни, які оснащені складними багатоступеневими системами викопування та очищення вороху коренеплодів [2]. Конструктивна різноманітність коренезбиральної техніки обумовлюється наявною відмінністю ґрунтово-кліматичних умов і технологій збирання коренеплодів, сортів і характеру вирощування цукрових буряків [3].

Удосконалення робочих процесів збирання цукрових буряків в Європі за останні 20 років було спрямовано в двох напрямках:

- на підвищення показників якості роботи - покращення обрізування головок, максимально повного відокремлення рослинних решток, прищільненого й вільного ґрунту від коренеплодів при їх обмеженому пошкодженні, котрі в свою чергу визначають втрати під час зберігання і перероблення;

- на підвищення показників надійності машин – технічної і технологічної, які регламентують екологічні вимоги щодо мінімізації вивезення родючого шару ґрунту з рослинними рештками з полів.

Підвищення показників агротехнічної ефективності та технологічної надійності коренезбиральних машин при їх роботі в різних ґрунтово-кліматичних умовах (при різних фізико-механічних властивостях ґрунту і коренеплодів, забрудненості полів тощо), у тому числі при роботі в екстремальних умовах (при вологості ґрунту 22...26%, твердості більше 3,5 МПа і

©В.Ю.Рамш, В.М.Барановський, М.Р.Паньків, Г.А.Герасимчук

врожайності 300...600 ц/га), необхідно здійснювати з урахуванням реологічних характеристик середовища або елемента системи з якими безпосередньо взаємодіють робочі органи [7].

Процес сепарації вороху повинен забезпечити якомога повніше відділення вільного, налиплиго на коренеплоди ґрунту і рослинних решток при обмеженому пошкодженні буряків, що висуває особливі вимоги до очисних робочих органів.

Відомо багато варіантів очисників вороху коренеплодів, які відрізняються один від одного не тільки конструктивним оформленням, але й технологічним принципом роботи. Це пов'язано, як із закономірним розвитком конструкцій, так і з різноманітністю ґрунтово-кліматичних умов роботи збиральних машин, конкуренцією виробників продукції і т.п. Велику конструктивно-технологічну різноманітність процесів сепарації вороху та робочих органів для очищення вороху коренеплодів від домішок обумовили структурно-механічні характеристики специфічних структурних властивостей системи "коренеплід-ґрунт" – широкі діапазони фізико-механічних властивостей ґрунтів та агробіологічних характеристик коренеплодів – розмірно-масових, механічних тощо [2, 8].

За конструктивним виконанням і технологічною схемою оброблення вороху відомо шість основних груп очисників: транспортерні, шнекові (вальцьові), роторні (турбінні), кулачкові, лопатеві та комбіновані. Однак найбільше розповсюдження знайшли транспортерні, шнекові, роторні, кулачкові та комбіновані очисники.

Перші п'ять типів очисників, як правило, здійснюють "агресивну" сепарацію вороху, коли від коренеплодів відділяється основна маса ґрунту, при цьому їх, як правило, розташовують безпосередньо за викопувальними робочими органами або в середній частині технологічної схеми коренезбиральної машини. Комбіновані очисники розташовують в кінці технологічного процесу сепарації вороху, тобто вже безпосередньо перед фазою завантаження коренеплодів в бункер машини або технологічний транспорт. Їх ще називають доочисниками, тому що їх функціональне призначення – кінцеве доочищення вороху коренеплодів і до них висуваються особливі умови, а саме максимальне відділення залишкових домішок при мінімізації пошкоджень і втрат коренів.

У зв'язку з збільшенням ширини захвату машин, очисники транспортерного типу все рідше знаходять своє використання незважаючи на відносну простоту конструкції. В сучасних конструкціях коренезбиральних машин транспортерні очисники виконують з'єднувальні функції транспортування вороху від одного до іншого робочого вузла машини, а також застосовуються на підбирачах коренеплодів із поздовжніх валків при вальковій технології збирання.

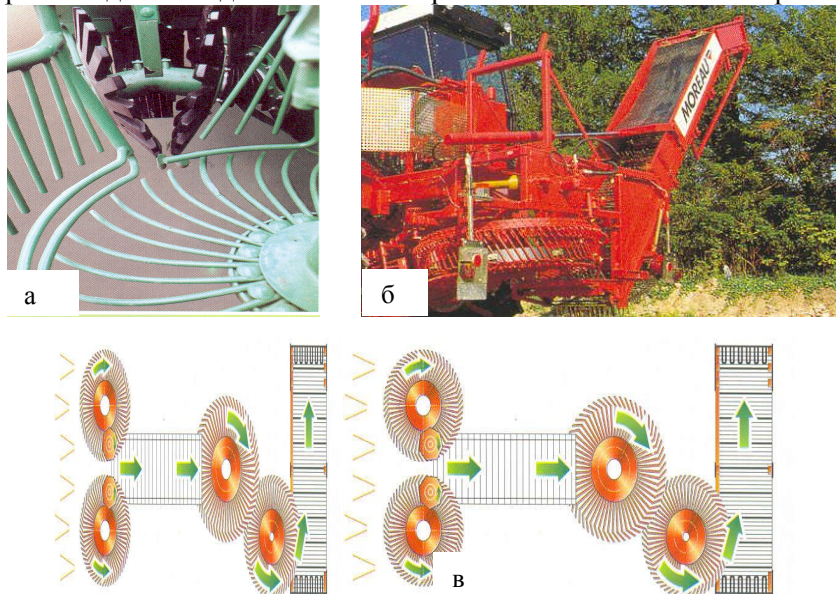


Рис. 1. Загальний вигляд транспортного (а), доочисного (б) і конструктивно-технологічна схема (в) транспортно-доочисного роторного очисника

Недоліком вказаних очисників є практично відсутнє відокремлення налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів, незадовільна ступінь сепарації рослинних домішок і щільних грудок ґрунту. Для інтенсифікації процесу в даний час застосовуються різні притискні вальці малого діаметру (80-100 мм) для відбору гички, комбіновані гвинтові конвеєри (300-350 мм), роторні очисні щітки тощо, які в комбінації з транспортерами утворюють комбіновані очисні робочі органи.

Роторні очисники застосовуються практично у всіх сучасних західноєвропейських бурякозбиральних машинах ("Tim", "Thygegot", Данія; "Kleine", "Stoll", "Holmer", "WKM", ФРН; "Moreau", "Nergiau", "Matrot", Франція та ін., у тому числі і в комбінації з шнековими очисними і прутковими транспортуючими робочими органами. Це пояснюється тим, що такі очищувачі мають ряд переваг, в числі яких найбільш істотними є простота конструкції, надійність і достатньо висока очисна ефективність, особливо при роботі в умовах підвищеної вологості ґрунту, характерної для Західної Європи.

Конструктивно-технологічні схеми компоновки збиральних машин з використанням очисників роторного типу бувають різні. Очисний ротор виконує функцію як транспортуючого органу, що формує потік коренеплодів відразу після викопуючих робочих органів (рис. 1, а), так і доочисного (рис. 1 б), або ці функції поєднуються транспортно-доочисним робочим органом (рис. 1, в). Завдяки великій площі просіювання очисного ротора і обмежувальній боковій решітці,

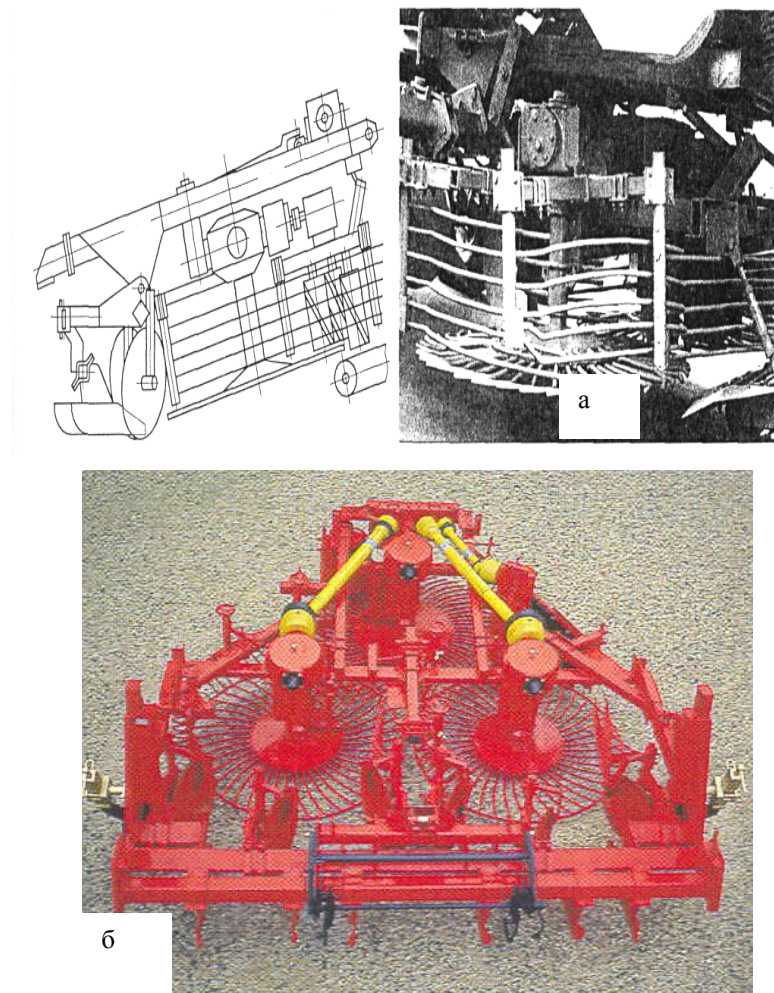


Рис 2. Конструктивна схема двороторного (а) і загальний вигляд трироторного (б) очисників підкопувальними дисками

динамічній дії прутків на елементи вороху і створенню відцентрових сил, що притискають коренеплоди до периферійних прутків решітки, роторні очисники задовільно відокремлюють вільні домішки, частково очищають коренеплоди від налиплого ґрунту. Цьому сприяє те, що

центр тяжіння коренеплоду розташований ближче до його головки, і коренеплоди при русі під дією відцентрових сил контактують з прутками частіше головою, чим хвостами. Максимальний очисний ефект досягається при центральному куті обтікання очисного ротора ворохом коренеплодів не менше 150°.

Жорсткі вимоги до чистоти вороху коренеплодів вимушують західні фірми обладнати комбайни складною системою очисних роторів, число яких іноді досягає 5 або навіть 8, а також знаходити різні способи інтенсифікації відокремлення домішок за рахунок установки додаткових роторних активаторів, збільшення робочого шляху потоку вороху, установки гірок, щіток на вивантажувальному транспорті тощо.

Вибір схеми розташування роторів, їх кількості, напрямку обертання залежить від компоновки бурякозбиральної машини, типу викопувальних робочих органів, ґрунтово-кліматичних умов, а також технології використання цукрових буряків (рис. 2). Сепаруючий ефект у роторних очисниках досягається за рахунок просіювання землі через решітчасту поверхню диска і направляючих бокових решіток, а також під впливом відцентрових сил, що діють на ворох. Роторні очисники серед існуючих типів вважаються найбільш агресивними з точки зору їх дії на коренеплоди

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 вмивання їх в ґрунт, а також згуження 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), що значно обмежує їх застосування.

Найбільшого поширення набули шнекові очисники вороху коренеплодів завдяки їх активності і універсальності. Із різних варіантів конструкцій шнекових очисників можна виділити два основних: очисники з подовжнім і поперечним рухом вороху коренеплодів. У цьому технологічно-конструктивному аспекті розрізняють очисники із зустрічним і одностороннім напрямком обертання очисних валів шнеків.

Поперечні шнекові очисники, як правило, застосовуються в багаторядних машинах (чотири-, шестирядних), їх особливістю є те, що вали обертаються в одному напрямку, а спіралі виготовляються з різним напрямком навивання. Шнеки, які розташовані біля копача, забезпечують розведення вороху до периферії валів, а задній блок шнеків зводить потік буряків в зону вивантаження.

Шнекові сепаратори очищують і транспортують коренеплоди в напрямку осі обертання або перпендикулярно до неї. До переваг таких робочих органів можна віднести простоту конструкції, можливість суміщення в одному робочому органі функцій очищення й транспортування, задовільна якість сепарації коренеплодів. Основними їх недоліками є залипання шнеків землею в процесі роботи у вологих ґрунтово-кліматичних умовах, що різко знижує показники якості процесу сепарації, а також значні пошкодження коренеплодів під час безпосередньої взаємодії з рифом шнека, ймовірність чого збільшується в процесі збирання коренеплодів на висушених ґрунтах (вологість більше 12 %). Із підвищенням вологості до 28% очисники втрачають працездатність.

Поперечними шнековими очисниками комплектовані вітчизняні бурякозбиральні машини КС-6Б, КС-6В, РКМ-6, РКС-6, МКП-6, а також машини провідних зарубіжних фірм KR-6-II "Kleine" (рис. 3, а), "Stoll" (ФРН) тощо.

Повздовжні шнекові сепаратори забезпечують очищення і транспортування коренеплодів у напрямку осі обертання і характеризуються протилежним напрямком навивання та обертання спіралей (машини фірм "Heath", "Garford-Victor" Англія). Робочі органи такого типу в основному виконують транспортувальні функції з невеликим очисним ефектом і, як правило, застосовуються замість стрічкових елеваторів. На рис. 3, б наведено загальний вигляд повздовжнього шнекового очисника причіпної коренезбиральної машини фірми "Garford Victor" (Англія).

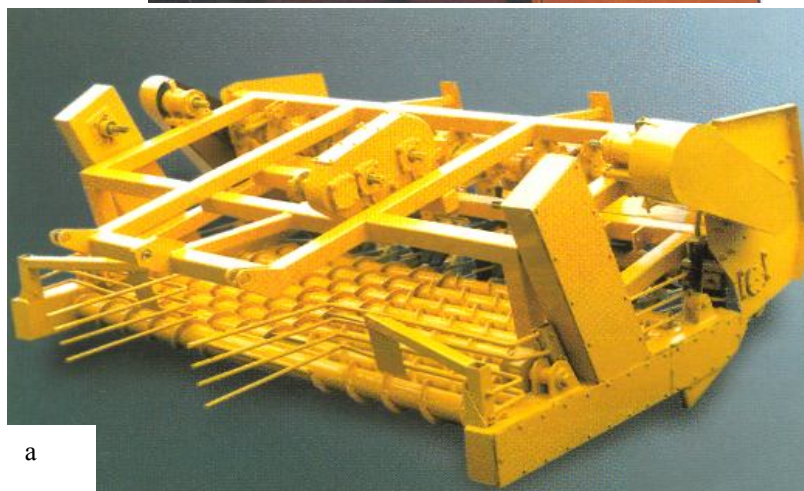
Конструктивна складність розташування підшипникових опор таких робочих органів і, як наслідок, виникнення "мертвих зон" на шляху транспортування вороху обмежило широке застосування повздовжніх шнекових очисників у бурякозбиральних машинах. Крім того, при роботі на кам'янистих ґрунтах відбувається заклинювання каменів між вальцями, внаслідок чого порушується хід технологічного процесу роботи коренезбиральної машини.



Розглянуті типи і конструкції очисників вороху коренеплодів переважно розташовуються за викопуючими органами і відносяться до так званих "агресивних" сепараторів, в той час як доочисні робочі органи знаходяться в середині або в кінці технологічного русла машини і їх дія на коренеплоди характеризується значно меншим ступенем агресивності, що обумовлює їх широке впровадження в конструктивно-технологічні схеми бурякозбиральних машин.



б



а

Рис. 3. Загальний вигляд шнекового очисника:

- а – поперечний шнековий очисник валкоутворювача KR-6-II;  
б – поздовжній шнековий очисник фірми "Garford Victor"

Тому, останнім часом, у компоувальних схемах бурякозбиральних машин знаходять застосування комбіновані доочисники вороху коренеплодів, які сприяють покращенню їх очищення при менш агресивній дії робочих поверхонь на продукт обробки. Зменшення агресивності впливу робочих органів на коренеплоди в напрямку руху потоку вороху від копача при їх очищенні обумовлене тим, що зростає ймовірність безпосередньої взаємодії сепаратора з чистою поверхнею коренеплоду, де пошкодження будуть максимальними.

Для інтенсифікації процесу розділення компонентів вороху застосовують комбіновані очисні системи, конструктивні схеми яких наведені на рис. 4, 5. Очисний пристрій (рис. 4) є поєднанням завантажувального транспортера 1 і очисної гірки 2. У нижній частині очисної гірки розміщена система шнеків 6 круглого перерізу, осі яких знаходяться на нижній вітці еліпса А.

Комбінована очисна система вороху коренеплодів (рис. 5) складається із завантажувального транспортера 1 за яким під кутом до горизонту встановлена очисна пальчикова гірка 2. У нижній частині її гірки розміщено гвинтово-еліпсний очисник, який складається з двох пар вальців, виконаних у вигляді правої 6 та лівої 7 системи еліпсних шнеків, осі обертання яких знаходяться на нижній вітці еліпса А.

Недоліками запропонованих доочисників є технологічна складність виготовлення еліпсних валів, динамічні навантаження на ексцентричний привод валів і значні пошкодження коренеплодів ©В.Ю.Рамш, В.М.Барановський, М.Р.Паньків, Г.А.Герасимчук

у результаті їх осцилюючого знакоперемінного динамічного навантаження. Крім того, запропоновані очисні системи, у силу їх конструктивної недосконалості, мають один суттєвий недолік – практично повна відсутність очищення налиплого ґрунту з поверхні тіла викопаних коренеплодів і незадовільне відокремлення вільних рослинних домішок з складу поступаючого вороху у бокових крайніх зонах розміщення шнеків.

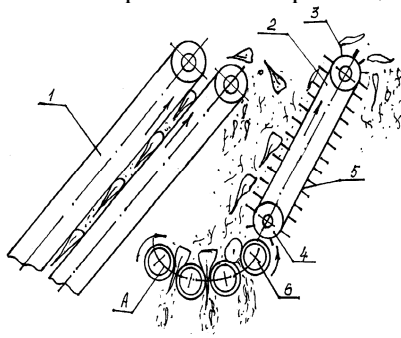


Рис. 4. Очисна система вороху з шнеками круглого перерізу

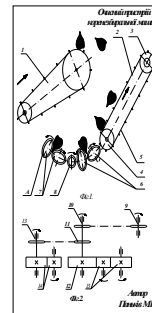


Рис. 5. Очисна система вороху з еліптичними шнеками

Для усунення цього недоліку нами запропоновано комбінований доочисник вороху цукрових буряків [9], конструктивну схему якого наведено на рис. 6.

Комбінований доочисник вороху коренеплодів складається з завантажувального транспортера 1, очисної гірки 2 з пальчиковою поверхнею, яка встановлена під кутом  $\alpha$  до горизонту. У нижній частині сходу очисної гірки 2 розміщені транспортуючо-очисні органи виконані у вигляді правої 3 та лівої 4 системи шнеків 5 круглого перерізу, осі 6 обертання яких знаходяться на нижній вітці еліпса 7 та які утворюють жолоб робочого русла 8. Очисна гірка 2 встановлена вздовж осей 6 обертання шнеків 5 круглого перерізу відповідної правої 3 або лівої 4 системи шнеків 5. У просторі жолоба робочого русла 8 вздовж правої 3 та лівої 4 систем шнеків 5 круглого перерізу та зверху над шнеками 5 горизонтально встановлено приводний вал 9, на барабані 10 якого розміщено очисні пружні елементи 11, набрані з пучків ворсу 12. Очисні пружні елементи 11 розміщені на барабані 10 приводного вала 9 по гвинтовій лінії, причому напрямок навивання гвинтової лінії протилежний напрямку осьового переміщення вороху коренеплодів вздовж жолоба 8 робочого русла.

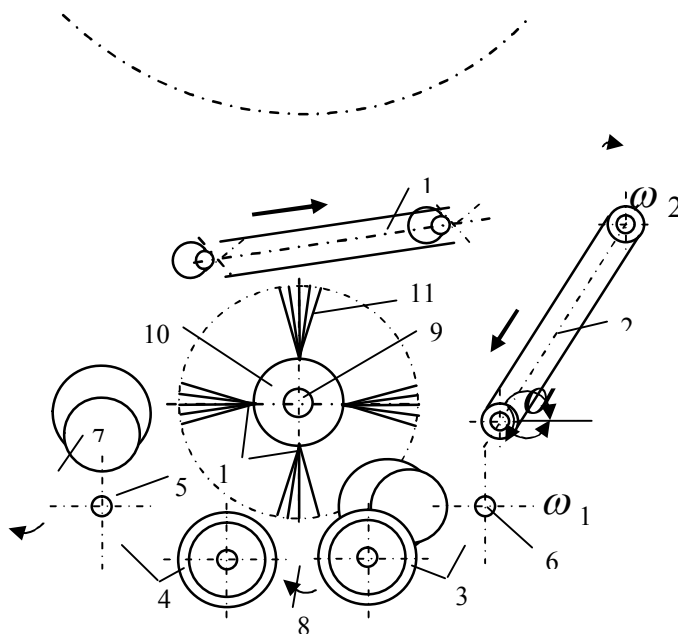


Рис. 6. Конструктивна схема комбінованого доочисника вороху коренеплодів, вигляд спереду

Комбінований доочисник вороху коренеплодів працює наступним чином

Викопаний ворох коренеплодів подається завантажувальним транспортером 1 на очисну гірку 2, де відбувається попереднє часткове відділення вільної землі і рослинних залишків. Недоочищений ворох коренеплодів з нижньої частини сходу очисної гірки 2 надходить у простір жолоба робочого руслу 8, тобто на праву 3 та ліву 4 системи очисних шнеків 5 круглого перерізу, при цьому домішки проходять в зазор між робочою поверхнею шнеків 5 і нижнім торцем очисних пружних елементів 11. Коренеплоди, переміщуючись вздовж осей 6 обертання шнеків 5, за рахунок контакту з очисними пружними елементами 11 очищуються від налиплого на їх поверхні ґрунту за рахунок обертальних рухів приводного горизонтального вала 9 і шнеків 5. Частина домішок просіюється в зазор між шнеками 5, а інша непросіяна частина домішок, за рахунок розміщення очисних пружних елементів 11 по гвинтовій лінії, напрямку навивання якої протилежний напрямку осьового переміщення коренеплодів, виноситься гвинтовою навивкою приводного вала 9 вздовж жолоба 8 робочого руслу за межі очисника. Очищені коренеплоди шнеками 3 подаються далі.

Таким чином, за рахунок встановлення горизонтального приводного вала 9 з очисними пружними елементами 11, відбувається інтенсифікація процесу відокремлення домішок від коренеплодів.

Із проведеного аналізу досліджень і огляду конструкцій очисних робочих органів встановлено, що проблема додаткової сепарації коренеплодів є актуальною і дедалі частіше у конструкціях вітчизняних і зарубіжних машин застосовуються такі доочисні робочі органи. При цьому переважна більшість конструкцій доочисників ефективно відсепаровує лише вільні ґрунтові домішки, тоді як рослинні рештки практично не відділяються з вороху коренеплодів. Тому, перспективним напрямком є вдосконалення комбінованих доочисних робочих органів, які забезпечать одночасне відокремлення від коренеплодів вільного та налиплого ґрунту, рослинних решток при їх мінімальних пошкодженнях.

**Висновки.** Таким чином, покращення якості роботи коренезбиральних машин досягається інтенсифікацією дії на ворох і реалізацією на операції його очищення принципу додаткової динамічної дії на елементи вороху очисних пружних елементів, які закріплені на очисному валу, встановленому над робочим руслом, яке утворене шнековими валами. Використання в комбінованому доочиснику вороху коренеплодів ефекту пригальмування сепаруючого вороху над подовжніми шнеками, а також безперервне взаємно протилежне пересування коренеплодів і домішок над зазором між шнеками, забезпечує інтенсивне відокремлення землі і рослинних домішок, як при оптимальній, так і при надмірній, або низькій вологості ґрунту.

1. Benecke, C. and von Cramon-Taubadel, S. (2001): The present and future profitability of sugar production in Ukraine. In: von Cramon-Taubadel, S., Zorya, S., and L. Striwe (eds.): Policies and Agricultural Development in Ukraine. Shaker Verlag Aachen, p. 214-232.
2. Погорелый Л.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / Л.В. Погорелый, М.В. Татьяна – К. : Феникс, 2004. – 232 с.
1. 3.Погорілий М. Закономірності розвитку бурякозбиральної техніки та обґрунтування раціональних обрисів вітчизняних машин / Максим Погорілий // Техніка АПК. – 1999. – № 3. – С. 8–12.
3. Гевко Р.Б. Викопувально-очисні пристрої бурякозбиральних машин: конструювання і розрахунок / Р.Б. Гевко. – Тернопіль, 1997. – 120 с.
4. Булгаков В.М. Теория свеклоуборочных машин : Монография / В.М. Булгаков, М.И. Черновол, Н.А. Свирень. – Кировоград : "КОД", 2009. – 256 с.
5. Аванесов Ю.Б. Свеклоуборочные машины / Ю.Б. Аванесов, В.И. Бессарабов, И.И. Русанов. – М., 1979. – 351 с.
6. Погорілий М.Л. Механічні характеристики ґрунтово-коренеплідного середовища цукрових буряків в умовах динамічного навантаження / М.Л. Погорілий // Міжвід. наук.-техн. зб. – Кіровоград, 1995. – С. 150–158.
7. Хелемендик М.М. Напрями і методи розробки робочих органів сільськогосподарських машин / М.М. Хелемендик. – К. : Аграрна наука, 2001. – 280 с.
8. Пат. 46920 Україна, МКІ<sup>7</sup> А 01 Д 33/08. Комбінований очисник вороху коренеплодів / Барановський В.М., Паньків М.Р., Дубчак Н.А., Рамш В.Ю.; заявник і власник Тернопільський національний технічний університет. – № u 200907498; заявл. 17.07.2009.; опубл. 11.01.2010. Бюл. № 1.