

УДК 631.358.44/45

<https://doi.org/10.5281/zenodo.6819345>

Обґрунтування технологічної схеми роторної коренебульбозбиральної машини та основних параметрів

С.М. Грушецький

Подільський державний університет (м. Кам'янець-Подільський, Україна)
email: g.sergiy.1969@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6434-1213

Картопля є однією з найбільш поширених культур в Україні, її виробництвом займається переважна більшість вітчизняних господарств – від населення до крупних агрофірм. Причому, близько 95% виробленої картоплі припадає на присадибні господарства, для яких характерні широке використання ручної праці на більшості технологічних операцій збирання та низька механізація процесу збирання загалом.

Збирання залишається найбільш ресурсозатратним процесом у виробництві картоплі, адже на сьогодні, як відомо, частка енерго- та працезатрат процесів збирання складає відповідно 50-60% та 60-70%.

З короткого аналітичного огляду робіт, присвячених дослідженням підкопувально-сепаруючим робочим органам коренебульбозбиральних машин, видно, що до теперішнього часу вже накопичено значний теоретичний і експериментальний матеріал, що розкриває закономірності процесів взаємодії робочих органів різних конструкцій з бульбоносною масою. Однак, незважаючи на це, на сьогодні не вдалося створити досить ефективну, надійну, малоенергоємну, яка задовільнить усім агротехнічним вимогам для коренебульбозбиральних машин і проблема розробки такого пристрою як і раніше залишається актуальною.

Відповідно, метою дослідження було проведення порівняльного аналізу забирати разом з бульбами мінімальну кількість ґрунту і забезпечувати можливість кращого дроблення пласта для полегшення сепарації та основних параметрів при підвищенні експлуатаційної продуктивності, технологічної надійності підкопувально-сепаруючого робочого органу і зниженню його тягового опору.

За результатами проведених досліджень розроблено нову роторну коренебульбозбиральну машину, за рахунок запропонованих зубових дисків з ріжучими кромками ґрунтозацепів і зміни форми леміша коренебульбозбиральної машини на циліндроїдальний, а також плоску полицеву поверхню на прутково-сепаруючу, зменшиться подача картопляного вороху на роторний та прутковий сепаруючий пристрій, що забезпечує можливість кращого дроблення пласта та відокремлення бульб від ґрунту прогумованими пальцями ротора для полегшення сепарації на ротаційному сепараторі ґрунту з гумовими пальцевими роторами при підвищенні експлуатаційної продуктивності, технологічної надійності роторної коренебульбозбиральної машини і зниженню її тягового опору, виключає застосування грудкопош-коджуючих пристроїв і зберігає бульби від механічних пошкоджень під час збирання роторною коренебульбозбиральною машиною.

Запропонована схема роторної коренебульбозбиральної машини зменшує подачу ґрунту та відокремлення бульб від ґрунту прогумованими пальцями ротора на роторні сепаруючі робочі органи і покращує сепарацію бульб, за рахунок чого зменшуються їх механічні пошкодження, забезпечується краще зберігання картоплі, зменшується кількість сепаруючих пристроїв, збільшується продуктивність агрегату.

Проведені дослідження дозволили визначити конструктивні параметри леміша, зовнішні діаметри пальців ротора та роторів сепаратора картоплекопача, а також загальна кількість секцій. На наступних етапах теоретичних досліджень провели більше детальне визначення параметрів конструкції робочої поверхні, а також режимів роботи пальців та роторів.

Ключові слова: ворох, ґрунт, бульба, картоплезбиральна машина, ротор, сепарація, збирання картоплі.

Постановка проблеми та її актуальність.

Картопля є однією з найбільш поширених культур в Україні, її виробництвом займається переважна більшість вітчизняних господарств – від населення до крупних агрофірм. Причому, близько 95% виробленої картоплі припадає на присадибні господарства, для яких характерні широке використання ручної праці на більшості технологічних операцій збирання та низька механізація процесу збирання загалом [1].

Збирання залишається найбільш ресурсозатратним процесом у виробництві картоплі, адже на сьогодні, як відомо, частка енерго- та працезатрат процесів збирання складає відповідно 50-60% та 60-70%. [2].

Як свідчать вітчизняні статистичні дані та ФАО, Україна практично щороку потрапляє у п'ятірку світових лідерів з обсягів виробництва картоплі. Однак, такий вагомий результат досягається завдяки традиційно великим значенням

показників валового збору, при незначних темпах росту інтенсифікації та механізації процесів виробництва. Враховуючи зростання важливості продовольчої проблеми для світової спільноти та світові тенденції до виробництва екологічно чистої продукції «органічного рослинництва», Україна зможе і надалі утримувати лідируючі позиції на продовольчому ринку з ряду сільськогосподарських культур, і зокрема – картоплі, за умови впровадження високопродуктивних технологій механізованого виробництва, найвагомішими серед яких є технології збирання.

Зважаючи на викладене вище, до важливих наукових та практичних завдань сільськогосподарського виробництва слід віднести дослідження та впровадження перспективних технологій та машин для збирання картоплі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблемі вирощування та збирання картоплі присвячено чимало друкованих праць. Проблемами картопляної галузі займалися і займаються такі вчені, як Грушецький С.М., Гуцол Т.Д., Булгаков В.М., Смолінський С.В. та ін. [3-15].

Явищем та моделювання процесу сепарації картопляного вороху займався у своїх працях Фірман Ю.П. [6]. Питаннями розробки та обґрунтування параметрів ротаційного картоплекопача займався Бончик В.С. [8].

Останніми дослідженнями слід вважати науковий пошук і обґрунтування конструкції і параметрів спірального сепаратора картопляного вороху та обґрунтування параметрів поздовжніх транспортерів-сепараторів коренезбиральних машин присвячено дослідження Булгакова В.М. Смолінського С.В., Фльонц І.В. та ін. [9-12].

Великим вкладом в теорію сепарації на решетах сипучих матеріалів стали праці д.ф.-м.н. Е.А. Напомнящего, який у ряді своїх праць розглянув математичні основи цього процесу, Г.Д. Петров провів дослідження по визначенню розмірної характеристики ґрунтових грудок, що утворюються при підкопуванні бульбоносного шару [13].

Стратегічні питання з вирощування картоплі в Україні з використанням найсучасніших технологій і техніки, які б мали конкурентоспроможні якісні показники, дослідники у своїх працях, на жаль, оминають аналіз сучасного стану картоплярства в Україні є завжди актуальною проблемою.

Мета роботи. Забирати разом з бульбами мінімальну кількість ґрунту і забезпечувати можливість кращого дроблення пласта для полегшення сепарації та основних параметрів при підвищенні експлуатаційної продуктивності, технологічної надійності підкопуваючо-сепаруючого робочого органу і зниженню його тягового опору.

Результати дослідження. Аналітичні дослідження сепаруючих пристроїв коренебульбо-

збиральних машин [5], а також інтенсифікаторів, що працюють з ними в комплексі [5] показали функціональні переваги сепараторів ротаційного типу щодо інших конструкцій. Вони мають високу сепаруючу здатність, надійність, невелику питому вагу, низьку енергоємність і ступінь травмування коренебульб, що збираються.

Тому, на підставі результатів раніше проведених ротаційних пошуків сепараторів [5], було запропоновано нову конструкцію роторної коренебульбозбиральної машини.

Поставлена мета по усуненню недоліку досягається тим, що в картоплезбиральну машину вводиться те, що до підкопувача кріпиться частково циліндроїдальний леміш замість плоского. Передня частина циліндроїдального леміша складається із вгнутого корпусу на першому етапі технологічного процесу підкопування у бік картопляного вороху. Це дозволяє шляхом зміни форми леміша зменшити подачу картопляного вороху на сепаруючий пристрій при гребеневій посадці на 25-30 %, при гладкій – на 50-60%. На другому етапі середня частина корпусу полицевої поверхні плоска з прутків у поперечно-вертикальній площині, а над нею розміщено ротор для відокремлення бульб від ґрунту і подачі їх в бік роторного сепаратора та сепаруючих прутків у поздовжньо-вертикальній площині і на третьому етапі кінцева частина полицевої поверхні випукла із прутків у поперечно-вертикальній площині, що викликає руйнування пласта і часткової сепарації на поздовжньо-вертикальній площині і рівномірного розподілення його на сепаруючій поверхні для полегшення сепарації. По обидві сторони циліндроїдального леміша розміщені вертикально зубчасті диски, на неробочих кромках зубів виконані ґрунтозацепи у вигляді плоского рівнобедреного трикутника бокові сторони якого мають ріжучу кромку з кутом відгину до площини диска в одну і другу сторону перемінно на 90° . В зубчастому диску виконано ряд отворів, центри яких розміщено концентрично осі обертання зубчастого диска, при цьому відстань між зовнішньої кромки зуба диска до осі отвору рівна глибині підкопування картопляного вороху і допустима 140...250 мм. Діаметр отвору у зубчастому диску може бути виконаний у межах 30...37 мм.

Запропонована роторна коренебульбозбиральна машина зображена на рис. 1 – вид збоку при збиранні картоплі: V_m – швидкість машини; ω – колова швидкість; Q_o – подача загальної кількості вороху до якого входить $r(t_i)$ – кількість дрібних частинок ґрунту в момент часу t , $k(t_i)$ – кількість бульб в момент часу t , $m(t_i)$ – кількість рослинних залишок в момент часу t , $q(t_i)$ – кількість крупних грудок в момент часу t , α_n – кут нахилу циліндроїдального леміша до горизонту; (рис. 2) – вид зверху роторної коренебульбозбиральної

машини: γ – кут скосу ковзання скиби з підкопаним кущем бульб по лезу.

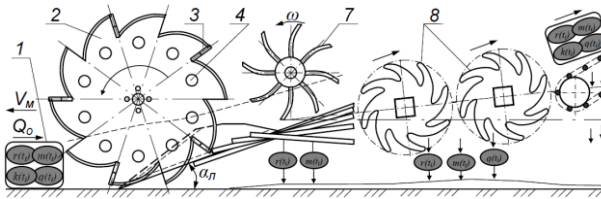


Рис. 1. Технологічна схема роторної коренебульбозбиральної машини (вид збоку при збиранні картоплі)

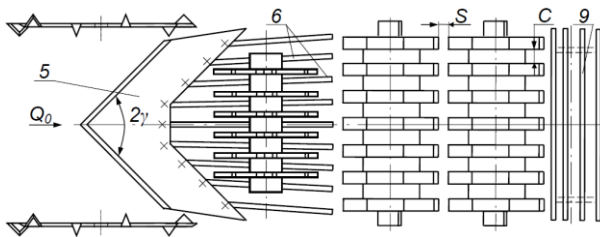


Рис. 2. Технологічна схема роторної коренебульбозбиральної машини (вид зверху)

Технологічна схема процесу підкопування складається з картопляного вороху 1 по обидві сторони якого розміщені два вертикальні зубчасті диски 2 з ґрунтозацепами 3. У диску виконано ряд отворів 4 центри яких розміщено концентрично осі обертання зубчастого диска, при цьому відстань між зовнішньої кромки зуба диска до осі отвору допустима 140...250 мм. Діаметр отвору у зубчастому диску може бути виконаний у межах 30...37 мм. Циліндроїдальний леміш 5 коренебульбозбиральної машини, на якому рухається підкопаний картопляний ворох 1, який після деякої зміни форми і деформації на сепаруючих прутках 6 у поздовжньо-вертикальній площині, а пальці 7 ротора відокремлюють бульби від ґрунту і подають їх на ротаційний сепаратор ґрунту з гумовими пальцевими роторами 8 для зменшення пошкодження бульб під дією крутного моменту через ланцюгову передачу, а далі на прутковий сепаратор 9, де відбувається технологічний процес – сепарація.

Працює роторна коренебульбозбиральна машина таким чином. При переміщенні машини вздовж рядків картопляного поля за рахунок тракторної тяги робочий орган заглиблюється у картопляний ворох, при цьому відбувається підрізання пласта знизу циліндроїдальним лемешем 5. За рахунок поступового руху картоплекопача і зчеплення зубчастих дисків 2 з ґрунтом, які забезпечуються силами тертя на бокові поверхності, безпосередньо ґрунтозацепи 3 повертають диски на своїх осях. При цьому відбувається пере-

різання рослинних залишок як робочою кромкою зубчастого диска 2, так і ріжучими кромками ґрунтозацепів 3, а також відбувається відрізання картопляного пласта по бокам. За рахунок защемлення між дисками 2 і циліндроїдальним лемешем 5 коренебульбозбиральної машини подається зменшений пласт вороху 1 по вгнутій передній частині, далі по середній плоскій прутковій 6 поздовжньо-вертикальній площині, а пальці 7 ротора на кінцівках яких використовуються гумові насадки для зменшення пошкодження бульб під дією крутного моменту через ланцюгову передачу відокремлюють бульби від ґрунту і при сході з нього – по випуклій прутково-сепаруючій поверхні у поперечно-вертикальній площині, попадає на ротаційний сепаратор ґрунту з гумовими пальцевими роторами 8 для зменшення пошкодження бульб під дією крутного моменту через ланцюгову передачу, а далі на прутковий 9 сепаруючий робочий орган частково дроблений, відсепарований і рівномірно розподілений для подальшої сепарації.

У конструкції ротаційного сепаратора, на підставі раніше проведених досліджень, запропонували використати від 2 до 3 паралельно розташованих і обертаються в одному напрямку робочі секції. Кожна секція є валом із закріпленими на ньому ротаційними робочими органами. Між роторами запропонували встановити змінні розпірні втулки. Вони забезпечать можливість зміщення роторів вздовж валів для створення сепаруючих зазорів, у тому числі рівних мінімально-допустимого розміру бульб. Таким чином, їхню величину можна встановити підбором ширини втулок у межах від 30 до 50 мм.

При встановленні просвітів С у межах від 35 мм до 50 мм буде забезпечуватиметься підвищення продуктивності сепарації ґрунту, а при зменшенні до 30 мм знижуватимуться втрати картоплі за мінімально товарного розміру. Робочі органи сусідніх секцій запропонували встановлювати один за одним без перекриття виступів сусідніх рядів. За даними досліджень таке компонування забезпечить можливість зміщення роторів, що виключає зачеплення виступів сусідніх секцій, зміни величини сепаруючих просвітів (рис. 2). В той же час технологічний зазор S між сусідніми секціями дозволить підвищити сепаруючу здатність ротаційного сепаратора в залежності від конкретних ґрунтово-кліматичних умов та мінімального товарного розміру бульб, що збираються.

Краща сепарація бульб від ґрунту буде відбуватися за рахунок:

а) відрізання картопляного пласта по бокам зубовими дисками, так і ріжучими кромками ґрунтозацепів з частковим руйнуванням його;

б) зменшення подачі пласта вороху при русі по циліндроїдальному лемішу коренебульбозбиральної машини;

в) поперечної деформації пласта і часткової сепарації під час його руху по середній плоскій прутковій полицевій поверхні коренебульбозбиральної машини;

г) поперечної деформації пласта і часткової сепарації під час його руху по випуклій прутковій полицевій поверхні на виході коренебульбозбиральної машини;

д) часткового відокремлення бульб від ґрунту прогумованими пальцями ротора;

е) рівномірного розподілу вороху на виході з пруткової полицевої поверхні коренебульбозбиральної машини на сепаруючу поверхню.

Відповідно до агротехнічних вимог запропонований ротаційний картоплекопач повинен забезпечити викопування картоплі з міжрядь 70, 75 та 90 см, з шириною гнізд до 45 см та глибиною залягання до 22 см.

Причому на поверхню поля необхідно підняти не менше 95% урожаю, провести щадяще скидання і укладання відсепарованих бульб слідом за сепаратором картоплекопача у смугу шириною до 1 м без пошкоджень або подачу на додаткові сепаруючі робочі органи коренебульбозбиральних машин для подальшого очищення і завантаження на транспортні засоби для переробки або зберігання.

Після обґрунтування конструктивної схеми виконали визначення зовнішніх діаметрів відокремлюючих пальців бульби від ґрунту та робочих органів сепаруючого пристрою ротаційної коренебульбозбиральної машини (рис. 3). Для цього скористалися графоаналітичною методикою. Її перший етап полягав у геометричній побудові схеми та параметрів розміщення підкопуючих робочих органів, відокремлюючих пальців та роторів з урахуванням їх робочих розмірів (рис. 3).

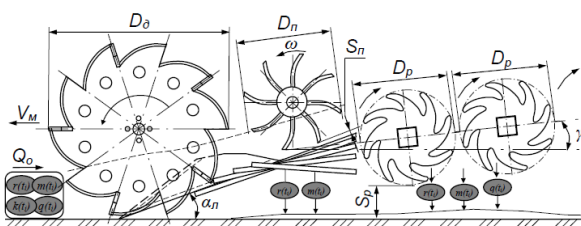


Рис. 3. Схема компоновки ротаційної коренебульбозбиральної машини

У конструкції ротаційної коренебульбозбиральної машини використовували пасивні леміша, параметри яких визначили за відомою методикою [3, 15]. До переваг пасивних лемешів відносять надійність, простоту виготовлення та зручність експлуатації, а до недоліків високий тяговий опір та згружування підкопаного пласта при високій вологості та засміченості ґрунту рослинністю. Основні параметри підко-

пуючого робочого органу представлені на перших етапах графоаналітичних досліджень [3, 15].

На другому етапі графоаналітичних досліджень визначили зовнішній діаметр відокремлюючих пальців. Для цього була побудована технологічна схема робочих процесів, що включає спільне компонування лемешів, відокремлюючих пальців та ротаційного сепаратора (рис. 4), із зображенням параметрів перерізу, траєкторії руху та міжопераційного переходу пласта.

Для визначення зовнішнього діаметра відокремлюючих пальців його переріз розділили на дві частини. Перша частина є приймальною. Вона включає нижню сторону перерізу разом з горизонтально-розташованими пальцями (на етапі підхоплювання і дроблення пласта з лемеша). Друга частина – робоча. Вона має піднімати та подавати частину картопляного пласта на вершини першого ряду ротаційних робочих органів (рис. 4).

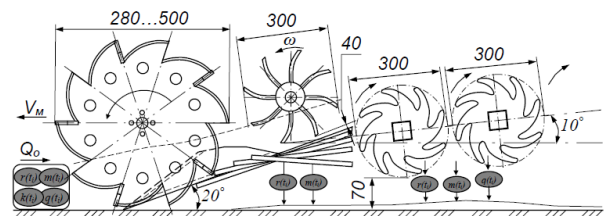


Рис. 4. Схема до визначення зовнішніх діаметрів відокремлюючих пальців та ротаційних робочих органів

Для забезпечення одного рівня переходу картопляного пласта з лемешів на відокремлюючі пальці вісь його обертання встановили лише на рівні краю лемешів. Для виключення ймовірності удару відокремлюючих пальців об пруткову полицеву поверхню коренебульбозбиральної машини технологічний зазор S_n прийняли рівним 40 мм. Виходячи з технологічної схеми (рис. 4) крайнє верхнє і нижнє положення відокремлюючих пальців щодо його осі, буде відповідати середній висоті пласта 120 мм та відстані 120 мм від технологічного зазору. Товщина профілю квадратного перерізу складає 60 мм. Тому значення зовнішнього діаметра відокремлюючих пальців D_n у зазначених межах прийняли рівним 300 мм.

На третьому етапі графоаналітичних досліджень провели дослідження зовнішнього діаметра ротаційних робочих органів D_p . Для цього кут нахилу картоплекопача прийняли мінімальним (10°), а вихідні параметри підкопуючого лемішу коренебульбозбиральної машини та приймально-подавального ротора графічно зобразили у масштабі, згідно з значеннями, отриманими на перших етапах графоаналітичних досліджень [3, 15].

Раніше визначили, що для забезпечення стійкості ротаційної роботи сепаруючої поверхні пальці ротора відокремлюють бульби від ґрунту і подають їх на ротаційний сепаратор ґрунту з гумовими пальцевими роторами на вершини роторів першої секції. З технологічної схеми (рис. 4) видно, що найкращі умови для переходу будуть при розміщенні на одному рівні точки відриву картопляного пласта від пальців ротора та вершин виступів ротаційних робочих органів. У схемі (рис. 4) врахували необхідність збільшення просвіту між ґрунтом та нижнім рівнем роторів S_p на висоту підйому рами та насипного шару відсепарованого ґрунту, тобто до 70 мм. Виходячи з цього, для стійкого переміщення пласта та виключення ймовірності зачеплення виступів з просяним ґрунтом, зовнішній діаметр роторів D_p графічно прийняли також рівним 300 мм.

Загальна кількість ротаційних секцій N_c була обрана на підставі результатів теоретичних та експериментальних досліджень ротаційного картоплекопача. Було встановлено, що суттєве підвищення сепаруючої здатності таких робочих поверхонь відбувається зі збільшенням кількості секцій з 1 до 5. Установка шостої секції призводила лише до 5% зростання просіюваності ґрунту, в той час як ушкоджуваність збільшувалася на 16,6%. Тому в розроблюваному ротаційному сепараторі передбачалося використання трьох робочих секцій.

Для визначення раціональних параметрів пальців та ротаційного сепаратора умовно розділимо картоплекопач на три операційні області. В першу (підкопують-подавальну область) увійдуть леміш разом з пальців ротора, в другу (в зону інтенсивної сепарації ґрунту) перші 3 секції сепаратора, а в третю (в зону остаточного очищення картопляного вороху) 3 секції. Робочі процеси в цих областях суттєво відрізнятимуться. Для отримання достовірніших результатів теоретичні обґрунтування їх конструктивних параметрів та режимів роботи проведемо відповідно до технологічної послідовності.

Висновки.

Таким чином, за рахунок запропонованих зубових дисків з ріжучими кромками ґрунтозацепів і зміни форми леміша коренебульбозбиральної машини на циліндроїдальний, а також плоску полицеву поверхню на прутково-сепаруючу, зменшиться подача картопляного вороху на роторний та прутковий сепаруючий пристрій, що забезпечує можливість кращого дроблення пласта та відокремлення бульб від ґрунту прогумованими пальцями ротора для полегшення сепарації на ротаційному сепараторі ґрунту з гумовими пальцевими роторами при підвищенні експлуатаційної продуктивності, технологічної надійності роторної коренебульбозбиральної машини і зниженню її тягового опору, виключає застосування

грудкопошкоджуючих пристроїв і зберігає бульби від механічних пошкоджень під час збирання роторною коренебульбозбиральною машиною.

Запропонована схема роторної коренебульбозбиральної машини зменшує подачу ґрунту та відокремлення бульб від ґрунту прогумованими пальцями ротора на роторні сепаруючі робочі органи і покращує сепарацію бульб, за рахунок чого зменшуються їх механічні пошкодження, забезпечується краще зберігання картоплі, зменшується кількість сепаруючих пристроїв, збільшується продуктивність агрегату.

Конструкція роторної коренебульбозбиральної машини може бути використана для викопування картоплі, столового буряка, цибулі, ріпи та інших шароподібних коренебульбоплодів.

Проведені дослідження дозволили визначити конструктивні параметри леміша, зовнішні діаметри пальців ротора $D_{п} = 300$ мм та роторів сепаратора картоплекопача $D_p = 300$ мм, а також загальна кількість секцій $N_c = 3$ шт.

На наступних етапах теоретичних досліджень провели більше детальне визначення параметрів конструкції робочої поверхні, а також режимів роботи пальців та роторів.

Література:

1. Hrushetsky S.M., Yaropud V.M., Duganets V.I., Duganets V.I., Pryshliak V.L. Kurylo V.M. Research of constructive and regulatory parameters of the assembly working organs for the potato's harvesting machines. INMATEH-Agricultural Engineering. 2019. Vol. 59. № 3. pp. 101-110. DOI: 10.35633/INMATEH-59-11. <http://repository.vsau.org/card.php?lang=en&id=23148>.
2. Hrushetskyi S., Yaropud V., Kupchuk I., Semenyshena R. The heap parts movement on the share-board surface of the potato. Harvesting machine bulletin of the Transilvania university of Braşov series II: Forestry Wood Industry Agricultural Food Engineering Vol. 14(63) No. 1 – 2021. p. 127-140. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2021.14.63.1.122>.
3. Грушецький С.М., Рудь А.В., Семенишина І.В., Медведєв Є.П. The technological process pattern of potato root harvester. Журнал «Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка». № 31. Кам'янець-Подільський. 2019. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2019-2-7>.
4. Грушецкий С.Н. Модель технологических процессов картофелеуборочных машин. Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции (24-25 октября 2019 года). В 2 ч.. Минск : БГАТУ. 2019. Ч. 1. С. 125-127: ил., схемы. – ISBN 978-985-25-0009-8 (ч. 1).

<http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/8670/1/27.pdf>.

5. Грушецький С.М., Підлісний В.В. Аналіз конструкцій та результати досліджень сепараторів картопляного вороху. Сучасний рух науки: тези доп. VI міжнародної науково-практичної інтернет-конференції журналу «WayScience». 4-5 квітня 2019 р. Дніпро, 2019. С. 274-282. http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/13556/1/kostuyk_3-1.pdf.

6. Фирман Ю.П., Грушецький С.Н. Кинематический анализ работы динамического ленточного сепаратора. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2015. Vol. 17. № 1. P. 11-16.

7. Hutsol Taras, Firman Jurii, Komarnitsky Sergiy. Modelling of the separation process of the potato stack. Agricultural Engineering : czasopismo. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej. 2017. Vol. 21, № 4. P. 27-35.

8. Бончик В.С., Федирко П.П. Результаты экспериментальных исследований геометрических параметров картофельной грядки при работе картофелеуборочных машин. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2015. Vol. 17. № 5. pp. 3-6.

9. Bulgakov V., Nikolaenko S., Adamchuk V., Z. and Olt J. Theory of impact interaction between potato bodies and rebounding conveyor. Agronomy Research. 2018. 16(1). pp. 52-63. DOI: 10.15159/AR.18.037.

10. Булгаков В.М., Пилипака С.Ф., Захарова Т.Н., Калетник Г.М., Яропуд В.М. Плоскі вертикальні криві, які забезпечують постійні тиск і швидкість руху матеріальної точки. Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях». ВНАУ. 2014 р. Вип. 1 (73). С. 5-12.

11. Aliev E., Bandura V., Pryshliak V., Yaropud V., Trukhanska O.. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural. INMATEH - Agricultural Engineering. vol. 54, no.1. 2018. P. 95-104.

12. Pascuzzi S., Bulgakov V., Santoro F., Sotirios A., Anifantis, Olt J., Nikolaenko S. Theoretical study on sieving of potato heap elements in spiral separator. Agronomy Research. 2019. 17(1), P. 33-48. DOI: 10.15159/AR.19.073.

13. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. Машиностроение. 1984. 320 с.

14. Hrushetskiy, S.N., Korchak, N.N. and Zaharevich, T.S. (2021) 'Analysis of separation and transportation mechanisms for root potato harvesters', Engineering of nature management, (4(22), pp. 63-72.

15. Грушецький С.М., Яропуд В.М., Бабин І.А. Дослідження якості сепарації картопляного вороху підкопувальними робочими органами картоплеуборочної машини. Журнал «Вібрації в

техніці та технологіях» № 1 (96) – Вінниця, 2020. – С. 125-140. DOI: 10.37128/2306-8744-2020-1-14.

References:

[1] Hrushetskiy, S.M., Yaropud, V.M., Duganets, V.I., Duganets, V.I., Pryshliak, V.L. Kurylo, V.M. (2019). Research of constructive and regulatory parameters of the assembly working organs for the potato's harvesting machines. *INMATEH-Agricultural Engineering*. Vol. 59, 3, 101-110. [in English].

[2] Hrushetskiy, S., Yaropud, V., Kupchuk, I., Semenyshena, R. (2021). The heap parts movement on the share-board surface of the potato. Harvesting machine bulletin of the Transilvania university of Braşov series II. *Forestry Wood Industry Agricultural Food Engineering* Vol. 14(63), 1, 127-140. [in English].

[3] Hrushetskiy, S.M., Rud, A.V., Semenyshyna, I.V., Medvedyev, YE.P. (2019). The technological process pattern of potato root harvester [The technological process pattern of potato root harvester]. *Zhurnal «Podil's'kyi visnyk: sil's'ke hospodarstvo, tekhnika, ekonomika»*, 31. Kam'yanets'-Podil's'kyi, 52-62. [in English].

[4] Hrushetskiy, S.N. (2019). Model' tehnolohycheskykh protsessov kartofeleuborochnykh mashyn [Model of technological processes of potato harvesting machines]. *Tekhnicheskoe y kadrovoe obespechenye ynnovatsyonnykh tekhnolohyy v sel'skom khozyaystve: materyaly Mezhdunarodnoy nauchno-praktycheskoy konferentsyy, V 2 ch.* Mynsk, BHATU, 1, 125-127. [in Russian].

[5] Hrushetskiy, S.M., Pidlisnyy, V.V. (2019). Analiz konstruktsiy ta rezul'taty doslidzhen' separatoriv kartoplyanoho vorokhu [Analysis of designs and research results of potato pile separators]. *Suchasnyy rukh nauky: tezy dop. VI mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi internet-konferentsiyi zhurnalu «WayScience»*. Dnipro, 274-282. [in Ukrainian].

[6] Fyrman, YU.P., Hrushetskiy, S.N. (2015). Kynematycheskyy analiz raboty dynamycheskoho lentochnoho separatora [Kinematic analysis of the operation of a dynamic belt separator]. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. Vol. 17, 1, 11-16. [in Russian].

[7] Hutsol, Taras, Firman, Jurii, Komarnitsky, Sergiy. (2017). Modelling of the separation process of the potato stack. *Agricultural Engineering : czasopismo. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej*. Vol. 21, 4, 27-35. [in English].

[8] Bonchik, V.S., Fedirko, P.P. (2015). Rezul'taty eksperymental'nykh issledovaniy geometricheskikh parametrov kartofel'noy gryadki pri rabote kartofeleuborochnykh mashin [The results of experimental studies of the geometric parameters of the potato beds during the work of potato harvesters]. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. Vol. 17, 5, 3-6. [in Russian].

[9] Bulgakov, V., Nikolaenko, S., Adamchuk, V., Z. and Olt J. (2018). Theory of impact interaction

between potato bodies and rebounding conveyor. *Agronomy Research*. 16(1), 52-63. [in English].

[10] Bulhakov, V.M., Pylypaka, S.F., Zakharova, T.N., Kaletnik, H.M., Yaropud, V.M. (2014). Ploski vertykal'ni kryvi, yaki zabezpechuyut' postiyini tysk i shvydkist' rukhu material'noyi tochky [Flat vertical curves that provide constant pressure and velocity of material point]. *Vseukrayins'kyi naukovo-tekhnichnyy zhurnal «Vibratsiyi v tekhnitsi ta tekhnolohiyakh»*. VNAU. Vyp. 1 (73), 5-12. [in Ukrainian].

[11] Aliev, E., Bandura, V., Pryshliak, V., Yaropud, V., Trukhanska, O. (2018). Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural [Modeling of mechanical and technological processes of agricultural]. *INMATEH - Agricultural Engineering*. vol. 54, 1, 95-104. [in English].

[12] Pascuzzi, S., Bulgakov, V., Santoro, F., Sotirios, A., Anifantis, Olt J., Nikolaenko, S. (2019).

Theoretical study on sieving of potato heap elements in spiral separator. *Agronomy Research*. 17(1), 33-48. [in English].

[13] Petrov, G.D. (1984). Kartofeleuborochnyye mashyny [Potato harvesting machines]. *Engineering*. [in Russian].

[14] Hrushetskiy, S.N., Korchak, N.N. and Zaharevich, T.S. (2021). 'Analysis of separation and transportation mechanisms for root potato harvesters', *Engineering of nature management*, (4(22), pp. 63-72. [in Ukrainian].

[15] Hrushetskiy, S.M., Yaropud, V.M., Babyn, I.A. (2020). Doslidzhennia yakosti separatsii kartoplianoho vorokhu pidkopuval'nymy robochymy orhanamy kartoplezbyral'noi mashyny [Investigation of the quality of potato heap separation by digging working bodies of a potato harvester]. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*, 1(96). Vinnytsia, 125-140. [in Ukrainian].

Аннотация

Обоснование технологической схемы роторной корнеклубнеуборочной машины и основных параметров

С.Н. Грушецкий

Картофель является одной из наиболее распространенных культур в Украине, ее производством занимается большинство отечественных хозяйств – от населения до крупных агрофирм. Причем около 95% производимого картофеля приходится на приусадебные хозяйства, для которых характерны широкое использование ручного труда на большинстве технологических операций уборки и низкая механизация процесса уборки в целом.

Уборка остается наиболее ресурсозатратным процессом в производстве картофеля, ведь сегодня, как известно, доля энерго- и трудозатрат процессов сбора составляет соответственно 50-60% и 60-70%.

Из краткого аналитического обзора работ, посвященных исследованиям подкопно-сепарирующих рабочих органов корнеклубнеуборочных машин, видно, что к настоящему времени уже накоплен значительный теоретический и экспериментальный материал, раскрывающий закономерности процессов взаимодействия рабочих органов различных конструкций с клубненоносной массой. Однако, несмотря на это, на сегодняшний день не удалось создать достаточно эффективную, надежную, малоэнергоёмкую, которая удовлетворит всем агротехническим требованиям для корнеклубнеуборочных машин и проблема разработки такого устройства по-прежнему остается актуальной.

Соответственно, целью исследования было проведение сравнительного анализа забирать вместе с клубнями минимальное количество почвы и обеспечивать возможность лучшего дробления пласта для облегчения сепарации и основных параметров при повышении эксплуатационной производительности, технологической надежности подкопывающего рабочего органа и снижению его тягового сопротивления.

По результатам проведенных исследований разработана новая роторная корнеклубнеуборочная машина, за счет предложенных зубных дисков с режущими кромками грунтозацепов и изменения формы лемеша корнеклубнеуборочной машины на цилиндрический, а также плоскую отвальную поверхность на прутково-сепарирующее устройство, которое обеспечивает возможность лучшего дробления пласта и отделения клубней от почвы прорезиненными пальцами ротора для облегчения сепарации на ротационном сепараторе почвы с резиновыми пальцами во время уборки роторной корнеклубнеуборочной машиной.

Предлагаемая схема роторной корнеклубнеуборочной машины уменьшает подачу почвы и отделение клубней от почвы прорезиненными пальцами ротора на роторные сепарирующие рабочие органы и улучшает сепарацию клубней, за счет чего уменьшаются их механические повреждения, обеспечивается лучшее хранение картофеля, уменьшается количество сепарирующих устройств, увеличивается производительность агрегата.

Проведенные исследования позволили определить конструктивные параметры лемеха, внешние диаметры пальцев ротора и роторов сепаратора картофелекопателя, а также общее количество секций. На следующих этапах теоретических исследований было проведено более детальное определение параметров конструкции рабочей поверхности, а также режимов работы пальцев и роторов.

Ключевые слова: ворох, почва, клубень, картофелеуборочная машина, ротор, сепарация, уборка картофеля.

Abstract

**Substantiation of the technological scheme
of a rotary root harvest machine and main parameters**

S.N. Hrushetskiy

Potato is one of the most common crops in Ukraine, most domestic farms are engaged in its production - from the population to large agricultural firms. Moreover, about 95% of the potato produced falls on household plots, which are characterized by the widespread use of manual labor in most technological harvesting operations and low mechanization of the harvesting process as a whole.

Harvesting remains the most resource-intensive process in potato production, because today, as you know, the share of energy and labor costs of harvesting processes is 50-60% and 60-70%, respectively.

From a brief analytical review of the works devoted to the study of under-digging-separating working bodies of root-tuber harvesters, it can be seen that by now significant theoretical and experimental material has already been accumulated, revealing the patterns of interaction processes of working bodies of various designs with tuberous mass. However, despite this, to date, it has not been possible to create a sufficiently efficient, reliable, low-energy, which will satisfy all agrotechnical requirements for root and tuber harvesters, and the problem of developing such a device is still relevant.

Accordingly, the purpose of the study was to conduct a comparative analysis to take the minimum amount of soil together with tubers and provide the possibility of better crushing of the reservoir to facilitate separation and basic parameters while increasing operational productivity, technological reliability of the digging working body and reducing its traction resistance.

Based on the results of the research, a new rotary root and tuber harvester has been developed, due to the proposed tooth discs with cutting edges of the lugs and changing the shape of the plowshare of the root and tuber harvester to cylindrical, as well as a flat moldboard surface to a rod-separating device, which provides the possibility of better crushing the layer and separating the tubers from the soil rubberized rotor tines for easier separation on the rotary soil separator with rubber tines during harvesting with a rotary root harvester.

The proposed scheme of a rotary root and tuber harvester reduces the supply of soil and the separation of tubers from the soil by rubberized rotor fingers to rotary separating working bodies and improves the separation of tubers, thereby reducing their mechanical damage, providing better storage of potatoes, reducing the number of separating devices, and increasing the productivity of the unit.

The studies carried out made it possible to determine the design parameters of the plowshare, the outer diameters of the rotor fingers and the rotors of the potato digger separator, as well as the total number of sections. At the next stages of theoretical studies, a more detailed determination of the working surface design parameters, as well as the operation modes of the fingers and rotors, was carried out.

Keywords: *heap, soil, tuber, potato harvester, rotor, separation, potato harvesting.*

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Hrushetskiy, S.N. (2022). Substantiation of the technological scheme of a rotary root harvest machine and main parameters. *Engineering of nature management*, (1(23), pp. 60 - 67.

Подано до редакції / Received: 17.01.2022