

## Аналіз сепарувально-транспортувальних механізмів для коренебульбозбиральних машин

С.М. Грушецький<sup>1</sup>, М.М. Корчак<sup>2</sup>, Т.С. Захаравеч

*Подільський державний аграрно-технічний університет  
(м. Кам'янець-Подільський, Україна)  
email: <sup>1</sup> g.sergiy.1969@gmail.com; <sup>2</sup> korchak\_nikolay@ukr.net;  
ORCID: <sup>1</sup> 0000-0002-6434-1213; <sup>2</sup> 0000-0002-8726-1881*

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 широкі 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%.

Відповідно, метою дослідження було проведення порівняльного аналізу сепарувально-транспортувальних механізмів для коренебульбозбиральних машин, покликаними прискорити очищення вороху від домішок і навантаження бульб картоплі в кузов транспортних засобів.

Дослідження проводилися шляхом технологічно-конструкційного аналізу технологій і машин для збирання картоплі. У процесі досліджень використовувались методи порівняння та математичного моделювання технологічних процесів. Інформаційною базою досліджень слугували праці українських та зарубіжних науковців з технологій і машин для збирання картоплі.

На основі проведеного порівняльного аналізу сепарувально-транспортувальні механізми призначені для очищення вороху від домішок і навантаження бульб картоплі в кузов транспортних засобів. Картоплекопачі-навантажувачі, залежно від ґрунтового-кліматичних умов роботи, оснащуються різними типами сепарувальних органів: прутковими просіювальними транспортерами, похилими голчастими транспортерами, перебиральними столами, роликowymi сепараторами, зірково-вальцевими сепараторами, комбінацією прутковий транспортер – бадиллезатягувальний валець, широкопланчастий бадиллєвідокремлювальний із похилим голчастим транспортером, широкопланчастий бадиллєвідокремлюючий транспортер тощо.

Актуальною сьогодні та у найближчій перспективі є потреба українських виробників картоплі у дешевому та одночасно надійному у роботі картоплезбиральному комбайні. Враховуючи розвиток машинобудування в Україні, такі вимоги можна забезпечити простою та компактною конструкцією однорядного чи дворядного комбайна вітчизняного виробництва. Для підвищення продуктивності та якості роботи комбайнів, при проектуванні їх конструкцій потрібно враховувати перспективні вимоги до механізації та автоматизації робочих процесів.

**Ключові слова:** картопля, картоплезбиральна техніка, технологія, технологічний процес, процес сепарації, збирання картоплі, сепарація, ворох

### 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 широкі 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 техно-

логії 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. [3-13].

Явищем та моделювання процесу сепарації картопляного вороху займався у своїх працях Фірман Ю.П. [6].

Питаннями розробки та обґрунтування параметрів ротатійного 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.** Проведення порівняльного аналізу сепарувально-транспортувальних механізмів для коренебульбозбиральних машин, покликаними прискорити очищення вороху від домішок і навантаження бульб картоплі в кузов транспортних засобів.

**Результати дослідження.** Картоплекопачі-навантажувачі, залежно від ґрунтово-кліматичних умов роботи, оснащуються різними типами сепарувальних органів: прутковими просіювальними транспортерами, похилими голчастими транспортерами, перебиральними столами, роликівими сепараторами, зірково-вальцевими сепараторами, комбінацією прутковий транспортер - бадиллезатягувальний валець, широкопланчастий бадиллєвідокремлювальний із похилим голчастим транспортером, широкопланчастий бадиллєвідокремлюючий транспортер тощо. Картоплекопачі-навантажувачі GT 1700 і GT 3000 (Grimme)

обладнані сепарувальним пристроєм MULTISEP (рис. 1), який складається з п'ятьох пар вальців (один валець з спіральними сегментами та один гладкий валець із гумовим покриттям).



Рис. 1. Сепарувальний пристрій MULTISEP

Пруткові транспортери оснащені механізмами струшування полотна транспортера або виконуються каскадними без струшувачів.

Похилий голчастий транспортер призначений для вилучення дрібного бадилля і дрібних грудок ґрунту і каміння. Похилому голчастому транспортеру надає руху гідросистема. Він обладнаний механізмом гідравлічного регулювання кута нахилу.

Перебиральний стіл являє собою дві прогумовані гладкі стрічки, між якими розміщено воронку для вилучення домішок. Перебиральний стіл оснащується кабіною та робочим місцем для перебивальників.

Роликовий сепаратор складається з набору поздовжніх спіральних вальців. Роликовий сепаратор картоплекопачів-навантажувачів GT 1700 і GT 3000 (Grimme) та UN 2200, UN 2600 (Kverneland) складається з дев'яти пар вальців (один спіральний та один гладкий). Роликові сепаратори оснащені механізмами оперативного гідравлічного регулювання частоти обертання, кута нахилу та відстані між вальцями.

Зіркововальцевий сепаратор складається з трьох-чотирьох комплектів вальців. Кожен комплект вальців містить два зірчкових і один гладкий валець.

Для відокремлення бадилля та інших рослинних решток застосовують комбінацію прутковий транспортер-бадиллезатягувальний валець, широкопланчастий бадиллєвідокремлювальний із похилим голчастим транспортером, широкопланчастий бадиллєвідокремлювальний транспортер.

Картоплекопачі-навантажувачі виробництва провідних європейських фірм комплектуються системами регулювання переміщення сніці щодо центральної осі енергозасобу, вирівнювання

картоплекопача на схилах за допомогою гідроциліндрів опорних коліс. Вони оснащені гідростатичним приводом опорних коліс, що дуже важливо під час роботи у важких умовах на перезволожених ґрунтах.

Картоплекопач-навантажувач Clean Flow 2000 (REEKIE) комплектується автономною гідросистемою. Гідросистема складається з масляного бака, гідронасоса, гідромоторів, гідроциліндрів і напірної гідроарматури. Масляний бак гідросистеми розміщений у порожнині передньої поперечної балки рами картоплекопача. Привід гідронасоса здійснюється від ВВП енергозасобу.

Для збереження бульб і мінімізації пошкоджень під час навантаження елеватор картоплекопачів-навантажувачів обладнаний транспортерами з рухомими стінками. Картоплекопачі комплектуються гнучкою ланкою завантаження, що дає змогу зменшити висоту падіння бульб на дно кузова транспортних засобів.

Фірма Kverneland виготовляє однорядний картоплекопач-навантажувач Superfaun UN 1700 (рис. 2), який істотно відрізняється конструкцією з описаними вище комбайнами.

Підкопувальний орган картоплекопача-навантажувача складається з одного великого лемеша, підризального ролика, сферичного диска, розміщеного під кутом до гребеня, і приймального диска великого діаметра з лопатями. Просіювальні транспортери розміщені перпендикулярно до напрямку руху агрегату. Бадилевідокремлювальний пристрій складається з двох прогумованих вальців, розміщених перпендикулярно в кінці першого просіювального транспортера. Вальці виокремлюють бадилля і спрямовують потік бульб на другий просіювальний транспортер, у кінці якого встановлено прогумовані вальці з гвинтовою стрічкою, які проводять доочищення вороху бульб і спрямовують потік бульб на вивантажувальний транспортер.

У задній частині картоплекопача-навантажувача розміщені робочі місця для перебиральників, які проводять доочищення бульб на вивантажувальному транспортері.

Дворядний картоплекопач-навантажувач RDL 1700 Lexia (DeWulf) (рис. 3) складається з двох ярусів сепарувально-транспортних робочих органів. На першому ярусі встановлено два прутковий просіювальних транспортери з бадиллезатягвальних роликів між ними та зірчковий сепаратор.

Для подання вороху картоплі на сепарувальні органи другого ярусу картоплекопач-навантажувач обладнано елеватором із підтримувальною прутковою стрічкою. Таке конструкційне виконання елеватора дає змогу подати бульби картоплі на сепарувальні органи другого ярусу рівномірним потоком, а не порціями.

На другому ярусі картоплекопача-навантажувача змонтовано зірчковий сепаратор, перебиральний стіл і вивантажувальний транспортер.

Дво-, три- і чотирирядні двоярусні картоплекопачі-навантажувачі 472Н, 473Н та 474Н, які збирають картоплю з міжряддями від 86 см до 101 см, виготовляє фірма Lockwood (рис. 4).



Рис. 2. Підкопувальний орган картоплекопача-навантажувача Superfaun UN 1700 фірми Kverneland



Рис. 3. Дворядний картоплекопач-навантажувач RDL 1700 Lexia

Залежно від кількості викопуваних рядків, картоплекопачі-навантажувачі агрегуються з тракторами потужністю від 70 кВт до 130 кВт. 2-

рядковим картоплекопачам-навантажувачам надають руху трактори з потужністю двигуна від 70 кВт до 90 кВт, 3-рядкові потребують для агрегування енергосасобів із потужністю від 100 кВт до 120 кВт, а 4-рядкові - від 110 кВт до 130 кВт.

Для ефективнішого використання потужності тракторних двигунів і збирання картоплі за один прохід агрегату полем широко застосовують комбіновані агрегати. В одному агрегаті працюють бадиллеподрібнювач, навішений на фронтальну навіску, та картоплекопач-навантажувач або причіпний картоплезбиральний комбайн.



Рис. 4. Картоплекопач-навантажувач 472Н фірми Lockwood

Європейські фірми пропонують самохідні картоплекопачі-навантажувачі: VARITRON 200, SF 1700 DLS (Grimme) (рис. 5), QUADRA (AVR), R4000 MEGA (DeWulf), UN 6000 (Underhaug) тощо. Більшість самохідних картоплекопачів-навантажувачів 2-рядкові.



Рис. 5. Самохідний картоплекопач-навантажувач SF 1700 DLS

Чотирирядковий самохідний картоплекопач-навантажувач UN 6400 виготовляє фірма Underhaug.

Самохідні копачі-навантажувачі обладнані бадиллеподрібнювачами. Вони оснащені викопувальними, сепарувальними й транспортувальними робочими органами, уніфікованими з причіпними картоплекопачами-навантажувачами.

Для зменшення пошкодження бульб ходовою системою самохідні картоплекопачі-навантажувачі SF 1700 DLS, QUADRA, UN 6000 комплектуються вузькими передніми колесами великого діаметра. Картоплекопачі-навантажувачі VARITRON 200 (рис. 6) й R4000 MEGA обладнані триколісною ходовою системою з двома задніми та одним переднім колесами. Всі колеса машин із триколісною ходовою системою рухаються викопаною частиною поля і не пошкоджують бульби в рядку.

Привід робочих органів самохідних картоплекопачів-навантажувачів здійснюється від дизельних двигунів потужністю від 180 кВт до 230 кіловат.

Картоплезбиральні комбайни, зазвичай, двоярусні з більшим набором сепарувальних органів, що дає змогу збільшити площу сепарувань, підвищити якість очищення вороху бульб. Картоплезбиральні комбайни оснащені бункером.



Рис. 6. Картоплекопач-навантажувач VARITRON 200

Поширення в картоплярських господарствах Європи дістали 1-рядні картоплезбиральні комбайни з бічним розташуванням підкопувальних органів. Їх пропонують усі провідні фірми. Принципової різниці в конструкції 1-рядних комбайнів не існує. Вони складаються з підкопувальних і сепарувальних робочих органів, які виконують однакові функції на машинах різних виробників.

Однорядні картоплезбиральні комбайни з бічним розташуванням підкопувальних органів можуть проводити збирання картоплі на полях як із скошеним бадиллям, так і на полях, де не проводили подрібнення бадилля.

Конструкція комбайнів цього типу дає змогу механізатору стежити за роботою підкопувальних і сепарувальних органів, а також людей біля перебирального стола.

У вітчизняних господарствах застосовують 1-рядні картоплезбиральні комбайни. Машини цього типу виготовляють фірми: SE 75/85-55, SE 75-30, SE 75/85-55 (Grimme), Wuhlmaus (Netagco), Spirit 4100 (AVR) (рис. 7), UN 5300 (Underhaug), Z-608 (AKPIL), Z-643/1 (Agromet-pioneer), Z 644 ANNA (Unia), Sampo Master (Sampo) тощо.



Рис. 7. Однорядний картоплезбиральний комбайн Spirit 4100 фірми AVR

Підкопувальні органи уніфіковані з підкопувальними органами картоплекопачів-навантажувачів. Для підвищення ефективності роботи на полях із великою кількістю бадилля фірма Grimme комплектує підкопувальний орган картоплезбирального комбайна SE 75/85-55 другим дисковим ножом. На деяких моделях встановлюють каміннезахисні пристрої, які запобігають пошкодженню лемешів підкопувальних органів.

Однорядні картоплезбиральні комбайни провідних виробників Grimme, Netagso, AVR, Underhaug, Sampo для очищення вороху бульб картоплі, зазвичай, комплектуються такими сепарувально-транспортувальними робочими органами: прутковим просіювальним транспортером, багатофункціональним транспортером, першим і другим сепарувальними пристроями, роликовою сортувалкою та перебиральним столом.

Просіювальні транспортери мають паси з високими виступами, що гарантує дбайливе ставлення до бульб. Пруткові просіювальні транспортери мають вертикальні бічні супровідні пальці, які запобігають пошкодженню бульб від тертя об стінки транспортера. Для поліпшення сепарування над просіювальними транспортерами монтують секцію розпушувальних пальців.

Перший короткий просіювальний транспортер приймає на себе потік урожаю, відсіює піднятий ґрунт і передає урожай на багатофункціональний транспортер.

Багатофункціональний транспортер складається з другого просіювального і бадиллєвідокремлювального транспортерів. Другий просіювальний транспортер проводить сепарування ґрунту та каміння. Другий просіювальний транспортер має активні супроводжувальні бічні стрижні, що забезпечує вільне від тертя об боковини транспортування бульб.

Широкопланчастий бадиллєвідокремлювальний транспортер рухається паралельно, впритул

над другим просіювальним транспортером, відокремлює бадилля від вороху та виносить його на поле. Планки бадиллєвідокремлювального транспортера ділять бульби на порції, які перебувають на другому просіювальному транспортері, забезпечуючи рівномірний потік урожаю. Над бадиллєвідокремлювальним транспортером встановлено пружинні гребінки, які очищають його від завислого бадилля і налиплого ґрунту.

Дальше відокремлення грудок, каміння і решток бадилля проходить на двох сепарувальних пристроях. Ворох із другого просіювального транспортера подається на перший сепарувальний пристрій, який складається з голчастого транспортера з двома вальцями. Подвійні очищувальні вальці розташовані діагонально щодо голчастого транспортера.

Подвійні очищувальні вальці виносять частину домішок на поле, а бульби спрямовують на голчастий транспортер другого сепарувального пристрою. Для забезпечення оптимального очищення вороху в різних ґрунтових умовах подвійні вальці оснащені механізмом регулювання за висотою. Для швидкої адаптації до змінних ґрунтових умов перший сепарувальний пристрій обладнано механізмом гідравлічного регулювання швидкості руху голчастого транспортера та частоти обертання вальців.

Залежно від типу ґрунту і засміченості його камінням, вибирають робочі органи другого сепарувального пристрою.

На легких ґрунтах без каміння і грудок над голчастим транспортером діагонально до напрямку його руху встановлюють очищувальний валець, на всіх типах ґрунтів з незначною кількістю каміння - пальчиковий транспортер з очищувальним вальцем, а на ґрунтах з великою кількістю каміння - щітковий транспортер з транспортером для домішок.

Із другого сепарувального пристрою ворох транспортується на сортувальний транспортер, який розміщений горизонтально і має перебиральний стіл. Із сортувального транспортера ворох потрапляє на сортувальний пристрій, де відокремлюються дрібні бульби.

Картоплезбиральний комбайн SE 75/85-55 (Grimme) комплектується попередньою роликовою сортувалкою, яка встановлюється між другим сепарувальним пристроєм і сортувальним транспортером.

Приставним транспортером бульби потрапляють у бункер із донним транспортером. Висота падіння бульб утримується на мінімальній відстані й встановлюється автоматично. Бункер має м'яке, рельєфне дно, яке не пошкоджує бульб, донний транспортер, який переміщується автоматично. Місткість бункерів однорядних картоплезбиральних комбайнів - від 1250 кг до

1500 кг (машини виробництва Польщі) та від 2000 кг до 5800 кг. Місткість бункера комбайна SE 75/85-55 виробництва фірми Grimme становить 5800 кг і є більшою від його конструкційної ваги на 700 кг.

Однорядні картоплезбиральні комбайни виробництва фірм Grimme, Netagco, AVR, Underhaug, Sampro укомплектовані автоматичною системою пошуку середини гребеня, яка за допомогою двох датчиків, розташованих на гребневому барабані, керує сницею і спрямовує підкопувальний леміш серединою гребеня. Машини цього типу оснащені гідравлічною системою керування колесами, й вирівнювання та утримання комбайна в горизонтальному положенні на схилах.

Однорядні картоплезбиральні комбайни агрегуються з тракторами тягових класів 1,4 і 2.

Дворядковий картоплезбиральний комбайн SE 150-60UB (Grimme) проводить збирання картоплі без попереднього зрізування бадилля і різниться з 1-рядковим комбайном SE 75-30 лише шириною сепарувальних органів, кількістю виконавчих органів і місткістю бункера. Місткістю бункера комбайна - 6000 кілограмів.

Аналогічні за конструкцією 2-рядкові картоплезбиральні комбайни Wu.. hlmaus 2733 і Spirit 8200 виготовляють фірми Netagco та AVR.

Дворядний картоплезбиральний комбайн DR 1500 (Grimme) складається з підкопувальних органів, трьох просіювальних пруткових транспортерів, похилого голчастого транспортера, двох бадиллезатягувальних вальців (по одному після першого і другого просіювальних транспортерів), кільцевого елеватора, подавального транспортера із сортувальним столом і бункера. Перший і другий просіювальні пруткові транспортери оснащені вібраторами полотна транспортера.

Ефективна площа сепарування першого транспортера становить 5,5 м<sup>2</sup>, другого - 1,75 м<sup>2</sup>. За руху з першого на другий просіювальний транспортер і з другого на третій просіювальний транспортер ворох проходить через валки, які відокремлюють бадилля від потоку врожаю.

Для зменшення втрат бульб під час транспортування кільцевий елеватор укомплектовано підтримувальною стрічкою, яка працює синхронно з елеватором і передає потік урожаю не порціями, а рівномірним потоком. З підтримувальної стрічки кільцевого елеватора бульби потрапляють на два вали, які рівномірно розподіляють бульби на подавальному транспортері. Місткість бункера комбайна DR 1500 – 4500 кг. У конструкції комбайна DR 1500 передбачено пристрій для вирівнювання машини на схилах для створення рівномірного навантаження на сепарувальні і очищувальні органи.

Фірма Grimme виготовляє 2-рядковий причіпний картоплезбиральний комбайн BR 1500, який обладнано такими робочими органами, як DR 1500.

Дворядкові картоплезбиральні комбайни RDT 1700 моделей Superia, Quadria, Axia виготовляє фірма DeWulf. Комбайни RDT 1700 Superia укомплектовані транспортувальними і сепарувальними органами першого і другого ярусів. Сепарувальні органи першого ярусу складаються з трьох пруткових просіювальних транспортерів, двох бадиллезатягувальних роликів, похилого голчастого транспортера і кільцевого елеватора. На другому ярусі змонтовано похилий голчастий і короткий прутковий транспортер, сортувальний пристрій роликів типу, перебиральний стіл і бункер місткістю 5000 кілограмів.

Картоплезбиральний комбайн RDT 1700 Quadria, крім цього, додатково оснащений бадиллезатягувальним транспортером, а RDT 1700 Axia - роликів сепаратором.

Дворядний картоплезбиральний комбайн UN 5300 виробництва фірми (Underhaug) оснащений підкопувальними і сепарувальними робочими органами, які мають конструкцію, подібну до робочих органів комбайнів SE 150-60UB Wu..hlmaus 2733 (Netagco) та Spirit 8200 (AVR). Місткість бункера комбайна - 4000 кілограмів.

Картоплезбиральний комбайн UN 5300 (Underhaug) має конструкцію аналогічну комбайну DR 1500 (Grimme). Місткість бункера комбайна - 6000 кілограмів.

Провідні європейські виробники пропонують 2- і 4-рядкові картоплезбиральні комбайни. З 2-рядкових комбайнів найвідоміші: SF 1700, VARITRON 270 (Grimme), Quadra (Netagco), UN 6200 (Kverneland), R 3000 Mega, R 5000 Mega, R 3060 (DeWulf), Mistral (AVR). Самохідні 4-рядкові картоплезбиральні комбайни: TECTRON 415, Terra Malun, Puma - пропонують фірми Grimme, Holmer і AVR.

Цікаве і оригінальне рішення під час розробки комбайнів застосували фірми DeWulf, Grimme. Для зменшення пошкоджень бульбоплодів розроблено конструкцію, за якої усі опорні колеса рухаються викопаним полем. У даному разі застосовують триточкову схему розміщення ходових коліс. Центр ваги комбайна вибрано так, що переднього лівого колеса немає, керування комбайнами здійснюється всіма колесами.

Ще одним конструктивним рішенням, яке застосовують провідні виробники для зменшення пошкодження бульб ходовою системою, є комплектування самохідних комбайнів вузькими передніми колесами великого діаметра.

Для запобігання знесенню, під час роботи на схилах, у конструкції більшості комбайнів передбачено так званий «крабовий хід.» Широки опорні колеса комбайнів зменшують вплив рушіїв на ґрунт. У комбайні Terra Malun конструкція ходової частини дає змогу кожному колесу рухатися окремим слідом. Комбайн Puma оснащений опорним

третім колесом заднього моста, яке бере на себе частину ваги під час заповнення бункера.

Для роботи на перезволожених ґрунтах у конструкції комбайнів фірми Grimme передбачено можливість встановлення гусеничного ходу навзамін задніх коліс.

Привід ходових частин і більшості робочих органів у конструкціях машин для збирання картоплі здійснюється за допомогою гідромоторів.

Самохідні картоплезбиральні комбайни оснащені бункерами місткістю від 6000 кг до 12000 кг. Комбайни оснащені двигунами потужністю від 180 кВт до 350 кВт.

Для збирання картоплі за роздільною технологією застосовують картоплекопачі-валкоутворювачі та підбирачі валків. Підбирач складається з підбиральних і сепарувальних органів, навантажувального транспортера, пристрою для горизонтального встановлення рами під час роботи на схилах.

Для підбирання валка бульб придатні копачі-підбирачі, в яких ширина приймального отвору більша за ширину валка. До них належать 2-рядкові копачі-підбирачі з вивантаженням бульб у кузов технологічного транспортера, що їде поряд. Перевага цих підбирачів полягає в можливості регулювання швидкості транспортера, що дає змогу уникнути забивань під час підбирання валків на ділянках із високим врожаєм бульб.

З огляду на те, що роздільний спосіб збирання застосовують не всюди, а більшість копачів-підбирачів 1-рядкові, велику увагу приділяють переобладнанню копачів-навантажувачів і комбайнів для підбирання валків. Так, фірма Grimme на однорядковому копачі SE 75 замінила гребеневий барабан, підрізальні сошники та бадиллезатягувальні ролики двома опорними колесами, вкоротила підкопувальний леміш, додатково обладнала бічними напрямними щитками.

Підбір валка здійснюється щітковим транспортером з гідравлічним приводом, що забезпечує підбирання валка з мінімальними пошкодженнями бульб. Прикладом таких підбирачів є: SU 750 (Grimme), Wu.hilmaus 1533 (Netagco), SRP-1 Special (IMAC) (Італія), Sampo Offset (Sampo AG) (Фінляндія). Ці машини однотипні й різняться лише конструкцією підбиральних органів.

#### **Висновки.**

Провівши огляд існуючих на сьогодні у світі та тих, що застосовуються в Україні технічних засобів для збирання картоплі можна дійти висновку, що не всі виробники картоплі в нашій країні мають можливість задовольнити свої потреби у відповідній техніці.

Актуальною сьогодні та у найближчій перспективі є потреба українських виробників картоплі у дешевому та одночасно надійному у роботі картоплезбиральному комбайні. Враховуючи

розвиток машинобудування в Україні, такі вимоги можна забезпечити простою та компактною конструкцією однорядного чи дворядного комбайна вітчизняного виробництва. Для підвищення продуктивності та якості роботи комбайнів, при проектуванні їх конструкцій потрібно враховувати перспективні вимоги до механізації та автоматизації робочих процесів.

#### **Література:**

1. Hrushetskiy 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. Hrushetskiy 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. Грушецький 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](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. <file:///C:/Users/admin/AppData/Local/Temp/11-16-1.pdf>.
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. <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.15159/AR.19.073>.

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

#### 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., Semenishyna, 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., Semenishyna, 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"yants'-Podil's'kyi, 52-62. [in English].

[4] Hrushetskiy, S.N. (2019). Model' tekhnolohycheskykh 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 Inzynierii Rolniczej. Vol. 21, 4, 27-35. [in English].

[8] Bonchik, V.S., Fedirko, P.P. (2015). Rezul'taty eksperimental'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].



## Аннотация

### Анализ сепарировочно-транспортировочных механизмов для корнекартофелеуборочных машин

С.Н. Грушецкий, Н.Н. Корчак, Т.С. Захаревич

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 сборки и низкая механизация процесса сбора в целом.

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

Соответственно, целью исследования было проведение сравнительного анализа сепарировочно-транспортировочных механизмов для корнекартофельных уборочных машин, призваны ускорить очистку вороха от примесей и погрузку клубней картофеля в кузов транспортных средств.

Исследования проводились путем технологически-конструкционного анализа технологий и машин для сбора картофеля. В процессе исследований использовались методы сравнения и математического моделирования технологических процессов. Информационной базой исследований служили труды украинских и зарубежных ученых по технологиям и машинам для сбора картофеля.

На основе проведенного сравнительного анализа сепарировочно-транспортировочные механизмы предназначены для очистки вороха от примесей и погрузки клубней картофеля в кузов транспортных средств. Картоплекопатели-погрузчики, в зависимости от почвенно-климатических условий работы, оснащаются различными типами сепарирующих органов: прутковыми просеивателями, широкопланчатый ботвуотделяющий транспортер и т.д.

Актуальна сегодня и в ближайшей перспективе потребность украинских производителей картофеля в дешевом и одновременно надежном в работе картофелеуборочном комбайне. Учитывая развитие машиностроения, такие требования можно обеспечить простой и компактной конструкцией однорядного или двухрядного комбайна отечественного производства. Для повышения производительности и качества работы комбайнов при проектировании их конструкций нужно учитывать перспективные требования к механизации и автоматизации рабочих процессов.

**Ключевые слова:** *картофель, картофелеуборочная техника, технология, технологический процесс, процесс сепарации, уборка картофеля, сепарация, вороха*

## Abstract

### Analysis of separation and transportation mechanisms for root potato harvesters

S.N. Hrushetskiy, N.N. Korchak, T.S. Zaharevich

Potatoes are one of the most widespread crops in Ukraine; most domestic farms are engaged in its production - from the population to large agricultural firms. Moreover, about 95% of the potatoes produced falls on household farms, which are characterized by the widespread use of manual labor in most of the technological assembly operations and the low mechanization of the harvesting process in general.

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.

Accordingly, the purpose of the study was to carry out a comparative analysis of the separation and transport mechanisms for potato root harvesting machines, designed to speed up the cleaning of the heap from impurities and the loading of potato tubers into the body of vehicles.

The research was carried out by means of technological and structural analysis of technologies and machines for harvesting potatoes. In the process of research, methods of comparison and mathematical modeling of technological processes were used. The information base of the research was the works of Ukrainian and foreign scientists on technologies and machines for harvesting potatoes.

On the basis of the comparative analysis carried out, the separation and transportation mechanisms are designed to clean the heap from impurities and to load potato tubers into the body of vehicles. Card diggers-loaders, depending on the soil and climatic conditions of work, are equipped with various types of separating bodies: bar sieves, wide-slatted haulm-separating conveyor, etc.

The need of Ukrainian potato producers for a cheap and at the same time reliable po-tato harvester is relevant today and in the near future. Taking into account the develop-ment of mechanical engineering, such requirements can be provided by a simple and compact design of a single-row or double-row harvester of domestic production. To in-crease the productivity and quality of combine harvesters, when designing their struc-tures, it is necessary to take into account the future requirements for mechanization and automation of work processes.

**Keywords:** *potatoes, potato harvesting equipment, technology, technological process, separation process, harvesting potatoes, separation, heap*

---

**Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard**

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.

---

*Подано до редакції / Received: 29.10.2021*