

УДК 631.356.43

**Бончик В.С.<sup>1</sup>***к.т.н., доцент***E-mail:** *vitaliy-bonchik@ukr.net***Федірко П.П.<sup>1</sup>***к.т.н., доцент***E-mail:** *rteo.pdatu@gmail.com***Дудчак Т.В.<sup>1</sup>***к.с.-г.н., доцент***E-mail:** *dvr48@i.ua***Корчак М.М.<sup>1</sup>***к.т.н., доцент***E-mail:** *korchak07\_80@mail.ru*

<sup>1</sup>кафедра ремонту машин та енергообладнання  
Подільський державний аграрно-технічний університет  
Кам'янець-Подільський, Україна

## ПРОБЛЕМИ КОМБАЙНОВОГО ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ НА ВАЖКОСУГЛИНКОВИХ ҐРУНТАХ

### *Анотація*

*Для задовільної роботи картоплезбиральних машин на важкосуглинкових ґрунтах необхідно змінити конструкцію робочих органів, а також їх взаємне розміщення у загальній схемі машини.*

*Дослідження спирається на контент-аналіз джерел, з яких можна зробити висновок, що вміст ґрунту у воросі картоплі, що поступає в бункер не відповідає агротехнічним вимогам. У зв'язку з цим картоплезбиральні комбайни, що випускаються промисловістю, можуть працювати лише на піщаних, супіщаних і середніх по гранулометричному складу ґрунтах з оптимальною вологістю.*

*Результатом розробленої методики є використання способів попереднього руйнування грудок, а також раціонального розміщення сепаруючих робочих органів картоплезбирального комбайна.*

*Запропоновано розробити конструктивну схему картоплезбирального комбайна, який виконував би наступні технологічні операції: попереднє руйнування бульбоносного пласта, сепарацію вороху, транспортування бульб у транспортний засіб, який одночасно рухається із сторони зібраного поля.*

**Ключові слова:** *комбайн, сепарація, транспортування, грудки, картопля.*

**Вступ.** Картопля в Україні займає одну з ключових позицій серед самих споживаних продуктів рослинництва і знаходиться на другому місці після хліба і хлібопродуктів.

У структурі виробництва картоплі збирання є однією з найскладніших і енергомістких технологічних операцій, від якості виконання якої значною мірою залежать трудомісткість подальших операцій і тривалість зберігання отриманої продукції. На відміну від багатьох інших культур, для збору урожаю картоплі необхідно підкопувати великий за об'ємом пласт ґрунту і виділяти з нього бульби з чистотою у бункері комбайна не менше 80 % і ступенем пошкодження більше 3 %.

При обробітку картоплі на середньо- і важкосуглинкових ґрунтах, схильних до ущільнення в період догляду, до моменту збирання при підкопуванні бульбоносного пласта картоплезбиральними комбайнами утворюється значна кількість грудок, які не відділяються сепаруючими робочими органами комбайна [1].

При цьому вміст ґрунту у воросі картоплі, що поступає в бункер, перевищує 20 % і

не відповідає агротехнічним вимогам. У зв'язку з цим картоплезбиральні комбайни, що випускаються промисловістю, можуть працювати лише на піщаних, супіщаних і середніх по гранулометричному складу ґрунтах з оптимальною вологістю. На важкосуглинкових ґрунтах чистота вороху картоплі не перевищує 55–74 %, а ступінь пошкодження бульб складає 18–25 % [4, 5].

При цьому ускладнюється перебирання вороху картоплі, що примушує сільськогосподарські підприємства на операціях збирання широко використовувати ручну працю, що значно підвищує собівартість кінцевої продукції. Усі роботи перед збиранням картоплі повинні бути направлені на розпушування структури бульбоносного шару, видалення з нього міцних грудок і створення умов, що дозволяють істотно зменшити попадання на сепаруючі органи картоплезбиральних машин ґрунтових домішок, сумірних з розмірами бульб картоплі. Виконання цих умов дозволить підвищити ефективність використання комбайнів на важких ґрунтах і понизити втрати і ступінь пошкодження бульб картоплі.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Фундаментальні основи при вивченні закономірностей процесу руйнування грудок в залежності від механічних факторів викладені в працях відомих вчених: П.М. Василенка, Г.Д.Петрова, А.М.Панченка, Л.В.Погорілого, Г.А.Хайліса, В.М.Булгакова, М.Е.Мацепуро, І.Р.Розмисловича, З.В.Ловкіса, А.С.Кушнар'ова, М.І.Самокіша, І.М.Бендери, Б.М.Гевка, Р.М.Рогатинського та інших [1, 2, 3, 7, 8, 9, 11, 12, 13].

Дослідженнями було встановлено, що ефективність використання вищеназваних способів залежить від механічної міцності грудок та ступеня пошкоджень бульб. Міцність грудок, в свою чергу, залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту [6, 8].

Аналізуючи взаємодію грудкоподрібнюючих робочих органів із бульбоносним пластом картопляної грядки особлива увага відводиться руйнуванню грудок в умовах динамічного навантаження. За дослідженнями Г.Д.Петрова [10] встановлено, що для руйнування 98% грудок для важких суглинків при зіткненні їх з металевою поверхнею необхідно забезпечити швидкість удару 5,5 м/с, що відповідає висоті вільного падіння 1,5 м. При цьому відсоток пошкоджень бульб становив 69,9 %. Значні пошкодження бульб не перевищували допустимої величини при висоті падіння 0,25 м, яка становила 13%. За даними М.Е.Мацепуро, при цій висоті падіння руйнується тільки 8,3% грудок, що зовсім не відповідає вимогам задовільної роботи машин.

У зв'язку з цим були проведені аналогічні дослідження для випадку зіткнення бульб та грудок із поверхнею пруткового елеватора. В даному випадку можливість використання динамічного руйнування грудок була запропонована на початку виконання технологічного процесу, тобто в зоні підкопування бульбоносного пласта та передачі його на прутковий елеватор, де велика кількість ґрунту надійно захищає бульби від механічних пошкоджень [8].

**Мета.** Технічне забезпечення технологій збирання картоплі на важкосуглинкових ґрунтах шляхом удосконалення конструкцій сепаруючих робочих органів картоплезбирального комбайна.

**Методологія дослідження.** Проведення досліджень здійснювалось із використанням основних положень теоретичної механіки, статистики, теорії ймовірності та дисципліни з експлуатації машинно-тракторного парку.

**Результати.** На даний час перед конструкторами вітчизняного сільськогосподарського машинобудування стоїть важливе завдання: на базі відомих конструкцій картоплекопачів розробити вискоелективний картоплезбиральний комбайн для роботи на всіх типах ґрунтів із врахуванням мінімальних затрат ручної праці.

Європейські фермери збирають урожай картоплі саме такою технікою виробництва відомих фірм Grimme, Lockwood, Gilles, Imac, WM Kartoffeltechnik, Kolnag, DeWulf, Agromet, Krukowiak, Samro тощо [15].

Непогано за останні роки на українських полях зарекомендували себе комбайни німецького виробництва Grimme на рис. 1.



**Рис. 1. Конструкція комбайна німецького виробництва Grimme**

У виробника Grimme є машини для викопування картоплі відносно невеликих площ, до 80 га: тут підійдуть однорядні картоплезбиральні комбайни SE 75, які характеризуються надійною конструкцією. Вони оснащені бункерами місткістю від 2 т до 4,3 т, залежно від моделі, можуть налаштовуватися під різні типи ґрунтів. Ці машини відповідають усім вимогам сучасних технологій картоплярства.

У виробника Grimme є машини для викопування картоплі відносно невеликих площ, до 80 га: тут підійдуть однорядні картоплезбиральні комбайни SE 75, які характеризуються надійною конструкцією.

Вони оснащені бункерами місткістю від 2 т до 4,3 т, залежно від моделі, можуть налаштовуватися під різні типи ґрунтів. Ці машини відповідають усім вимогам сучасних технологій картоплярства.

Має Grimme і потужніші комбайни, наприклад, моделі Tectron 410/415 на рис. 2. Вони здійснюють підкопування чотирьох рядів без механічного впливу на гребені, виконують просіювання картоплі по всій ширині машини. Комбайн Tectron може копати однаково продуктивно як на легких, так само на важких, липких ґрунтах.



**Рис. 2. Конструкція комбайна моделі Tectron 410/415**

Комбайни Tectron обладнуються новими комфортабельними універсальними

кабінами фірми Class та двома сенсорними терміналами CCI 200. На українських картопляних плантаціях цей комбайн показує відмінні результати з продуктивності і якості збирання врожаю, вивантажуючи у транспортні засоби майже чисту картоплю без грудок і рослинних залишків [11].

В основу технологічного процесу роботи сучасних вітчизняних та іноземних картоплезбиральних машин покладений принцип виймання бульбоносного пласта та руйнування його шляхом стиснення, зсуву, розриву.

Підрізаний лемешами ґрунт, який поступає на сепаруючі робочі органи машини, складається із дрібних та великих частинок, які називають грудками. Дрібні частинки ґрунту можуть бути повністю відокремлені від бульб існуючими сепаруючими органами, зокрема прутковими елеваторами, які просіюють основну масу ґрунту. Проте на середніх та важкосуглинкових ґрунтах при підкопуванні бульбоносного пласта утворюються грудки, частина яких має геометричну та вагову характеристики, близькі до розмірів та характеристик бульб. Такі грудки не можуть бути відокремлені на сепаруючих решітчастих поверхнях машин. Перекриття вагових та геометричних характеристик компонентів картопляної грядки, велика міцність грудок та схильність бульб до механічних пошкоджень створюють значні труднощі для вирішення проблеми їх розподілу [10].

Отже, бульбоносний пласт представляє собою механічну суміш, що складається із бульб та частинок ґрунту різної форми, які можливо розділити на окремі компоненти лише в тому випадку, якщо їхні фізико-механічні властивості різні між собою. В результаті аналізу способів сепарації ґрунту від бульб встановлено дві групи ознак розподілу [2]:

- ознаки, які забезпечують повне відокремлення компонентів суміші (пластичність, твердість, міцність, питома вага та інші);
- ознаки, які забезпечують часткове, тобто неповне відокремлення (геометричні розміри, форма поверхні, гнучкість, налипання, аеродинамічні властивості та інші).

Вивченням питань розподілу компонентів картопляної грядки проводилось в двох напрямках: руйнування грудок до сепаруючих розмірів та пошуки способів автоматичного розподілу грудок та бульб із використанням фізико-механічних та інших властивостей. Враховуючи складність існуючих пристроїв для автоматичного розподілу грудок та бульб, а також їх високу вартість, доцільно добитись максимального відокремлення ґрунту органами первинної сепарації.

При механізованому викопуванні бульб сучасними картоплезбиральними машинами бульбоносний пласт піддається статичній та динамічній дії грудкоподрібнюючих робочих органів, в результаті чого проходить руйнування грудок.

При конструюванні картоплезбиральних машин довгий час спостерігалась тенденція розробити такий грудкоподрібнювальний робочий орган, який під час роботи в різних умовах був би простим та надійним, а також не пошкоджував бульб. Для вирішення цієї актуальної задачі було запропоновано величезну кількість робочих органів, які встановлені на різних конструкціях картоплезбиральних машин. Небагато із цих робочих органів знайшли широке використання на практиці.

**Висновки і перспективи.** Таким чином, проаналізувавши існуючі конструкції картоплезбиральних машин, для правильного виконання технологічного процесу при їхній роботі на всіх типах ґрунтів при гребеневій та напівгребеневій посадках картоплі із міжряддям 70 см, необхідно дотримуватися агротехнічних вимог.

В результаті проведеного аналізу літературних джерел та патентної інформації встановлено ряд питань, які потребують вивчення. Визначення геометричних параметрів профілю картопляної грядки та розміщення бульбоносного гнізда стосуються тільки

вибраного сорту картоплі та конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Проведені дослідження руйнування грудок картопляної грядки в умовах динамічного навантаження стосується лише попереднього підкопування бульбоносного пласта із подальшою передачею на грудкоподрібнювальні робочі органи картоплезбиральної машини.

Необґрунтованими залишались вибір форми робочого органу. Недостатньо дослідженими залишились процес викопування бульб та взаємодія поверхні грудкоподрібнюючих робочих органів із бульбоносним пластом.

Для покращення роботи картоплезбиральних машин та створення пристроїв для руйнування грудок картопляної грядки із подальшим механізованим підбором зруйнованої маси необхідно встановити геометричні параметри профілю картопляної грядки і бульбоносного гнізда для різних сортів картоплі.

#### Список використаних джерел

1. Алесенко В.М. Экспериментальное исследование рыхления пласта картофельной грядки штифтовым битером. *Сборник научных трудов аспирантов*. 1988. Вып. 12. С. 88–130.
2. Безрукий Л.П. Исследование процесса разрушения почвенных комков и повреждаемости клубней на рабочих органах картофелеуборочных машин: Дис... канд. техн. наук: 05.20.01. Минск, 1982. 398 с.
3. Бончик В. С. Розробка та обґрунтування параметрів ротаційного картоплекопача: автореф. дис...канд. тех. наук. Луцк, 2001. 19 с.
4. 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. No 5. 3-6.
5. Дорохов А.П., Литвинов А.В. Методические вопросы исследования рабочих органов картофелеуборочных комбайнов. *Труды ЧИМЭСХ*. 1990. Вып. 43. С. 61–63.
6. Доценко С.М., Чередов Г.В. Обоснование параметров сепарирующего устройства для клубней картофеля. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2006. № 4. С. 30-31.
7. Кандаулов Н.М. К вопросу образования и разрушения почвенных комков картофельной грядки при механизированной уборке картофеля. *Труды ЦНИИЭСХ*. Минск : Изд-во Минвузу БССР, 1983. Т. 1. С. 233–242.
8. Кушнарёв А.С., Кочев В.И. Механико-технологические основы обработки почвы. Київ : Урожай, 1989. 144 с.
9. Погуляев А. Д. Исследование и обоснование режимов работы ротационного сепаратора картофелеуборочной машины: дис...канд. тех. наук. Челябинск, 1988. 189 с.
10. Брюховецкий А.Н. Теоретическое исследование динамического состояния компонентов картофельного вороха на внутренней поверхности первой ступени сепарации пневмофрикционного отделителя примесей. *Вісник Харківського технічного університету сільського господарства*. 2004. Вип. 23. С. 96-100.
11. Панченко А.Н. Аналитический метод определения тяговых сопротивлений почвообрабатывающих и землеройных машин и оценка их эффективности для энергосберегающих технологий: учебное пособие. Днепропетровск : Днепропетр. гос. агр. ун-т., 1987. 96 с.
12. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. Москва : Машиностроение, 1984. 320 с.
13. Погорелый Л.В. Инженерные методы испытания сельскохозяйственных машин. Киев : Техника, 1989. 176 с.
14. Размыслович И.Р., Ладутько С.Н. Экспериментальные, лабораторные и полевые исследования битеров картофелеуборочных машин. *Сельскохозяйственную технику – на уровень современных требований. Сборник научных трудов БИМСХ*. Минск : Ураджай, 1987. С. 131-138.
15. Jasinski V. Nowy Krajowy Kombajn do zlioru ziemniakow. *Maszyni i Ciarniki Rolnice*. 1997. 12. P.10.

Дата надходження статті до редакції : 01.10.2017  
Рецензування 01.11.2017 Прийняття в друк: 14.12.2017

**Bonchik V.S.**<sup>1</sup>*PhD (Technics), Associate Professor**E-mail: vitaliy-bonchik@ukr.net***Fedirko P.P.**<sup>1</sup>*PhD (Technics), Associate Professor**E-mail: rmeo.pdatu@gmail.com***Dudchak T.V.**<sup>1</sup>*PhD (Agriculture), Associate Professor**E-mail: dvp48@i.ua***Korchak M.M.**<sup>1</sup>*PhD (Technics), Associate Professor**E-mail: korchak07\_80@mail.ru*<sup>1</sup> *Department of Repair of Machinery and Energy Equipment  
State Agrarian and Engineering University in Podilya  
Kamianets-Podilskyi, Ukraine***PROBLEMS OF COMBINE COLLECTION OF POTATO  
ARE ON SOILS****Abstract**

*A hardware of technologies of collection of potato is on soils by the improvement of constructions of working organs of combine.*

*Realization of researches came true with the use of substantive provisions of theoretical mechanics, statistics, probability and discipline theory from exploitation of park.*

*Expediency of the use of methods of previous destruction of lumps is reasonable, and also the rational placing of working organs of combine offers.*

*It offers to work out the structural chart of combine that would execute next technological operations: previous destruction of layer, separation to the lots, transporting bulbar in a transport vehicle, that simultaneously moves from the side of the collected field.*

**Keywords:** *combine, separation, transporting, lumps, potato.*

**References**

1. Alesenko, V.M. (1988). *Eksperimental'noe issledovanie ryhleniya plasta kartofel'noj gryadki shtiftovym biterom* [Experimental study of loosening of a potato bed by a pin beater]. *Sbornik nauchn. trudov aspirantov, 12*, 88–130 [in Russian].
2. Bezrukij, L.P. (1982). *Issledovanie processa razrusheniya pochvennyh komkov i povrezhdaemosti klubnej na rabochih organah kartofeleuborochnyh mashin* [Investigation of the process of destruction of soil lumps and damageability of tubers on the working organs of potato harvesters]. *Candidate's thesis*. Minsk : [in Russian].
3. Bonchik, V. S. (2001). *Rozrobka ta obgruntuvannia parametriv rotatsiinoho kartoplekopacha* [Development and substantiation of rotation potato digger parameters]. *Candidate's thesis*. Lutsk : Lutsk TDU. [in Ukrainian].
4. Bonchik, V.S., & Fedirko, P.P. (2015). *Rezultaty ehksperimental'nyh issledovaniy geometricheskikh parametrov kartofel'noj gryadki pri rabote kartofeleuborochnyh mashin* [Results of experimental studies of the geometric parameters of potato beds in the work of potato harvesters]. *MOTROL - Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, 17*, 5, 3-6. [in Polysh].
5. Dorohov, A.P., & Litvinov, A.V. (1990). *Metodicheskie voprosy issledovaniya rabochih organov kartofeleuborochnyh kombajnov* [Methodical questions of research working organs of potato cleaning combines]. *Trudy CHIMEHSHK, 43*, 61–63 [in Russian].
6. Docenko, S.M., & Sneredov, G.V. (2006). *Obosnovanie parametrov separiruyushchego ustrojstva dlya klubnej kartofelya* [Ground of parameters of сепарирующего device for the tubers of potato]. *Mekhanizatsiya i ehlektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva, 4*, 30-31 [in Russian].

7. Kandaulov, N.M. (1983). K voprosu obrazovaniya i razrusheniya of pochvennyh komkov kartofel'noj gryadki pri mekhanizirovannoj uborke kartofelya [To the question of education and destruction of soil lumps of potato bed at the mechanized cleaning up of potato]. *Trudy CNIIEHSHK, 1*, 233–242. [in Russian].
8. Kushnaryov, A.S., & Kochev, V.I.(1989). Mekhaniko-tehnologicheskie osnovy obrabotki pochvy [Mechanic-technological bases of treatment of soil.]. Kyiv : Urozhaj. [in Ukrainian].
9. Pogulyaev, A. D. (1988). Issledovanie i obosnovanie rezhimov raboty rotacionnogo separatora kartofeleuborochnoj mashiny [Research and substantiation of operating modes of the rotary separator of a potato harvesting machine]. *Candidate's thesis*. Chelyabinsk : Chelyabinsk SI. [in Russian].
10. Bryuhoveckij, A.N. (2004). Teoreticheskoe issledovanie dinamicheskogo sostoyaniya komponentov kartofel'nogo voroha na vnutrennej poverhnosti pervoj stupeni separacii pnevmofrikcionnogo odelitelya primesej [Theoretical study of the dynamic state of potato heap components on the inner surface of the first separation stage of a pneumatic friction separator of impurities]. *Visnik Harkivs'kogo tekhnichnogo universitetu sil'skogo gospodarstva, 23*, 96–100 [in Ukrainian].
11. Panchenko, A.N. (1987). *Analiticheskij metod opredeleniya tyagovyh soprotivlenij pochvoobrabatyvayushchih i zemlerojnyh mashin i ocenka ih ehffektivnosti dlya ehnergosberegayushchih tekhnologij* [Analytical method for determination of traction resistances of tillage and excavating machines and estimation of their efficiency for energy-saving technologies]. Dnepropetr. gos. agr. un-t. Dnepropetrovsk [in Ukrainian].
12. Petrov, G.D. (1984). *Kartofeleuborochnye mashiny* [Potato harvesters]. Moscow : Mashinostroenie [in Russian].
13. Pogorelyj, L.V. (1989). *Inzhenernye metody ispytaniya sel'skohozyajstvennyh mashin*. [Engineering methods of testing agricultural machinery]. Kyiv : Tekhnika. [in Ukrainian].
14. Razmyslovich, I.R., & Ladut'ko, S.N. (1987). Eksperimental'nye, laboratornye i polevye issledovaniya biterov kartofeleuborochnyh mashin [Experimental, laboratory and field studies of potato harvesters]. *Sel'skohozyajstvennuyu tekhniku – na uroven' sovremennyh trebovanij. Sb. nauch. trudov BIMSKH, 131–138*. [in Russian].
15. Jasinski, B. (1997). Nowy Krajowy Kombajn do zbioru ziemniaków [New Domestic Potato Harvesters]. *Maszyni i Ciąniki Rolnice, 12*, 10-16 [in Polish].

*Received: October 01, 2017*

*Revision: November 01, 2017 Accepted: December 14, 2017*