



ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 631. 3130. 9. 004. 4

Бурдега В.Ю.¹

кандидат технічних наук, доцент, кафедра загальнотехнічних дисциплін

E-mail :burdega_vasil@ukr.net

Девін В.В.¹

кандидат технічних наук, доцент, кафедра загальнотехнічних дисциплін

E-mail: dvvkr.123@gmail.com

Ткачук В.С.¹

кандидат технічних наук, доцент, кафедра загальнотехнічних дисциплін

E-mail: twsktmg@gmail.com

¹Подільський державний аграрно-технічний університет
м. Кам'янець-Подільський, Україна

АГРОТЕХНІЧНА ОЦІНКА БОРОНИ-КУЛЬТИВАТОРА

Анотація

Використання комбінованих знарядь у системі підготовки ґрунту до сівби дозволяє зменшити енергетичні і трудові витрати на одиницю виробленої продукції при збереженні родючості ґрунту з максимальним економічним ефектом. При підготовці ґрунту до сівби є важливим створення дрібногрудочкової структури ґрунту з використанням простих машин та знарядь.

Мета досліджень – підвищення якості структурного стану ґрунту під час підготовки до сівби з використанням найпростіших і високопродуктивних знарядь і машин, зменшення питомих енергетичних витрат на підготовку ґрунту до сівби сільськогосподарських культур.

Застосування комбінації робочих органів для розпушення ґрунту в одній машині дозволяє інтенсифікувати процес кришіння ґрунту і розширити діапазон використання машини чи знаряддя для підготовки ґрунту до сівби сільськогосподарських культур.

Одним із шляхів розв'язання проблеми якісної підготовки ґрунту до сівби сільськогосподарських культур є застосування високопродуктивних комбінованих багатоопераційних агрегатів, які за один прохід забезпечують розпушення, вирівнювання поверхні ґрунту та його необхідне ущільнення. Такі агрегати запобігають переущільненню ґрунту, характерному для традиційного обробітку, а завдяки формуванню добре розпушеного поверхневого шару зменшують випаровування вологи.

Порівняльний аналіз агротехнічних показників роботи борони-культиватора, виконаний на основі польових випробувань, дав змогу встановити, що підвищення коефіцієнта якості розпушування ґрунту на 14...17% коефіцієнта якості кришіння на 10...17,6% порівняно із серійними боронами розширює функціональні можливості використання борони-культиватора з експериментальними гнущоштабовими зубами для обробітку ґрунту. Впровадження в практику використання борін з гнущоштабовими зубами уможливорює підвищення якості обробітку ґрунту, збільшення продуктивності праці та скорочення енергетичних затрат.

Ключові слова: ґрунт; поверхневий обробіток; борона-культиватор; розпушування; кришіння.

Вступ. Формування продуктивного шару ґрунту в процесі механічного обробітку є одним з основних факторів регулювання гумусного балансу ґрунту, агрофізичних, біологічних, агрохімічних властивостей та родючості ґрунту. Характерно, що такий процес найбільше енергоємний, на його виконання припадає біля 40% енергетичних і майже четверта частина затрат праці. В зв'язку з цим розробка раціональних способів формування структури продуктивного шару має першочергове значення.

Створення комбінованих ґрунтообробних машин є одним із одним з перспективних напрямків розвитку комплексної механізації сільськогосподарського виробництва.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На даний час перед конструкторами вітчизняного сільськогосподарського машинобудування стоїть важливе завдання: на базі відомих конструкцій ґрунтообробних робочих органів, машин і знарядь розробити високоєфективні для роботи на всіх типах ґрунтів із врахуванням мінімальних затрат енергії. Реальними напрямками мінімізації обробітку ґрунту і послаблення негативної дії на нього засобів механізації є використання комбінованих агрегатів [1], [2], [3].

Обробляти ґрунт треба так, щоб досягти поставлених завдань без зайвих витрат. У процесі дії на ґрунті знарядь його обробітку можливі такі технологічні операції: ущільнення, розпушування, подрібнення, перемішування, переміщення, обертання, вирівнювання.

Проведений аналіз засвідчив необхідність удосконалення технологічного процесу передпосівного обробітку ґрунту, розробки конструктивно-технологічної схеми комбінованого знаряддя для його реалізації, а також розробки технологічного засобу, який забезпечить достатнє кришення поверхневого шару ґрунту, необхідне для сівби зернових культур.

Мета. Можливості зниження енерговитрат при обробітку ґрунту традиційними методами уже не можуть забезпечити високої ефективності, тому необхідний пошук нових способів обробітку з більш низькими енерговитратами. Отже, розробка комбінованого ґрунтообробного знаряддя для формування передпосівної структури ґрунту з використанням робочого органу та знаряддя для пошарового розпушування ґрунту і формування дрібногрудочкуватого поверхневого шару є досить актуальною задачею, як в науковому, так і в практичному відношеннях. Підвищити якість та зменшити енерговитрати в процесі поверхневого обробітку ґрунту завдяки використанню комбінованого ґрунтообробного знаряддя – борони-культиватора з гнutoштабовими елементами і квадратного перерізу зубів, що забезпечує формування передпосівної структури ґрунту [2], [3].

Методологія дослідження. Конструктивні параметри експериментальних гнutoштабових зубів для борони-культиватора визначалися за результатами теоретичних і експериментальних досліджень із врахуванням їх впливу на зону поширення деформації в ґрунті, якість розпушування, енергоємність процесу розпушування, стійкість ходу зубових борін, умови не забивання борони, можливості установки на раму серійних борін та зміни питомого навантаження на один зуб борони з метою порівняльних випробувань основних показників роботи з серійними боронами. На основі серійної середньої борони і експериментальних робочих органів рис.1., було виготовлено борону-культиватор рис. 2.

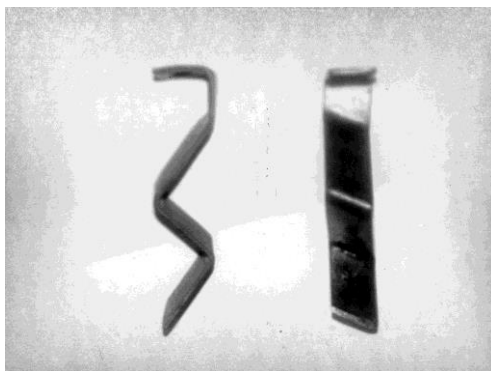


Рис. 1. Конструкція експериментальних зубів для борони-культиватора



а)

б)

**Рис. 2. Борона – культиватор: а) - технологічний режим роботи – «борона»
б) технологічний режим роботи – «культиватор»**

Виходячи із вищезгаданих умов були виготовлені експериментальні гнutoштабові зуби із сталльної штаби 5x36 мм та конструктивними параметрами: кут між уступами $\theta = 90^\circ$, кут входження уступу в ґрунт $\beta = 20^\circ$, ширина зуба $b = 40$ мм, висота гнutoштабового зуба $l = 185$ мм. Основною метою випробувань було отримання агротехнічної та енергетичної оцінки роботи експериментальних зубових борін для пошарового обробітку ґрунту в порівнянні із серійними зубовими боронами для різних типів ґрунтів. На рис 2. представлено борону-культиватор з двома видами зубів – зі звичайними зубами та гнutoштабові зуби для пошарового розпушування ґрунту скріплені до однієї рами [3], [4]. Така конструкція передбачає використання борони-культиватора в якості важкої борони рис. 2а, або в якості легкого культиватора рис. 2.б.

Польові порівняльні випробування експериментальних зубових борін для пошарового розпушування ґрунту та серійних швидкісних борін БЗСС-1,0 і БЗТС-1,0 проводилися в агрегаті із трактором МТЗ-80 на боронуванні оранки після культивування згідно програми та методики випробувань. Умови проведення випробувань подані в табл. 1.

При проведенні польових випробувань експериментальної борони-культиватора для пошарового розпушування ґрунту визначалися основні агротехнічні показники роботи зубових борін: глибина обробітку ґрунту, якість розпушування та степінь

кришіння ґрунту, стабільність та рівномірність глибини обробітку, що визначалася середньоквадратичним відхиленням глибини ходу, степінь знищення бур'янів, інтенсивність випаровування вологи, налипання ґрунту на поверхні робочих органів, гребнистість поверхні поля та її вирівненість.

Таблиця 1. Умови проведення випробувань

Показники	Значення показників за даними випробування
Дата	23.04.2019
Місце випробувань	Дослідне поле ПДАТУ
Вид роботи	Передпосівне боронування
Тип ґрунту і назва за механічним складом	Чорнозем малогумусний, вилугуваний важко суглинковий
Рельєф	Рівний
Мікрорельєф	Хвилястий
Вологість ґрунту, % в шарах: 0-5 см 5-10 см	17,4 16,2
Твердість ґрунту, мПа, в шарах, см 0-5 см 5-10 см	0,74 0,86
Гребнистість поверхні поля, см	5,2
Кількість бур'янів на 1 м ² , шт.	Відсутні
Кількість каміння на 1 м ² , шт.	Відсутні
Середній діаметр каменів, мм	Відсутні
Висота бур'янів, см	Відсутні
Ботанічний склад бур'янів	Відсутні
Попередній обробіток ґрунту	Оранка, культивуація

Результати польових досліджень борони-культиватора для поверхневого розпушування ґрунту в залежності від швидкості руху в порівнянні із серійними боронами представленні в табл. 2. та рис. 3, 4, 5.

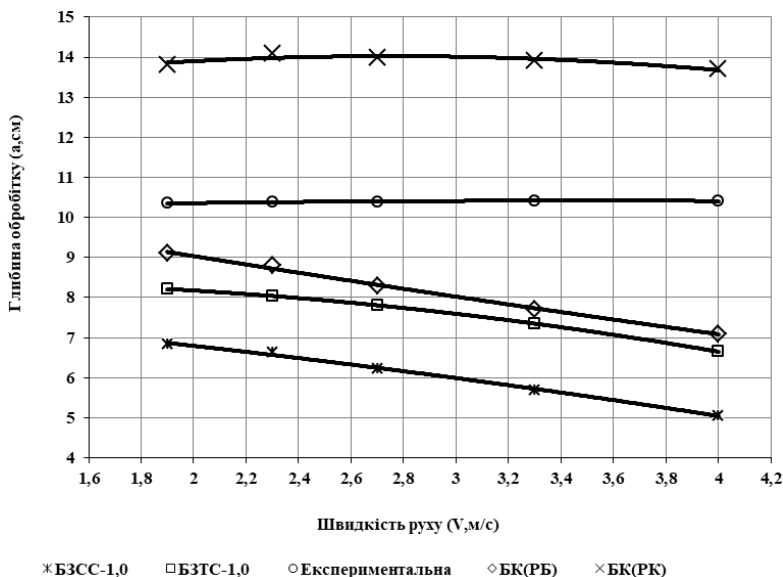


Рис. 3. Вплив швидкості руху борін та борони-культиватора на глибину обробітку ґрунту

Оцінка глибини обробітку ґрунту зубовими боронами має важливе значення для агротехнічної оцінки роботи борін, так як глибина обробітку залежить від маси борони, швидкості руху та напрямку руху борони. В дослідженнях борони для пошарового розпушування ґрунту вивчалася залежність глибини обробітку від маси борони (середня, важка), швидкості її руху (1,9 м/с...4,0 м/с) [5], [6].

Основним показником якості роботи зубових борін є коефіцієнт ступеня кришіння ґрунту, графік залежності від швидкості руху наведено на рис. 4. Звідки коефіцієнт якості кришіння у експериментальних як і у серійних борін зростає із підвищенням швидкості руху. Максимальне значення коефіцієнта ступеня кришіння ґрунту для експериментальних борін складає 84%, що на 8,4-11,6% вище як у серійних борін. Найвищу якість ґрунтових агрегатів за гранулометричним складом в шарі ґрунту 0-10 см борона-культиватор в режимі культиватора дає на більш високих швидкостях руху рис. 4- 5.

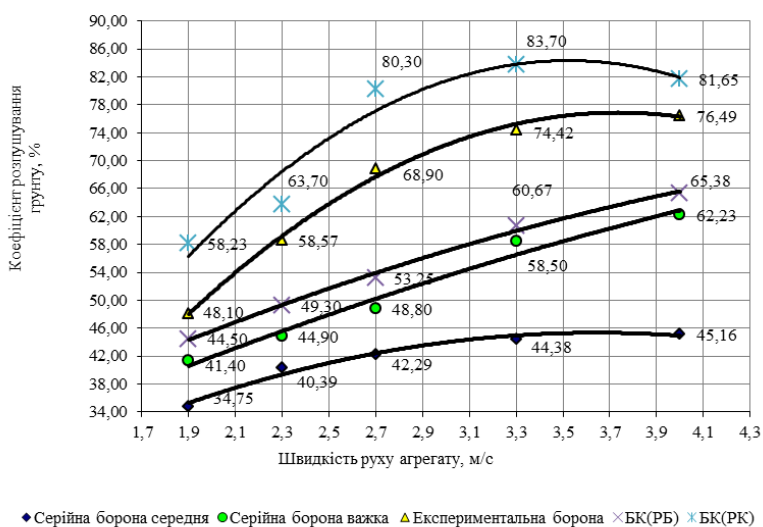


Рис. 4. Залежність коефіцієнта якості розпушування ґрунту від швидкості руху борін та борони-культиватора

Борона-культиватор може використовуватися у двох режимах: у режимі борони із конструкцією рами для середньої борони, як важка борона за рахунок додаткової маси гнучоштабових зубів та у режимі культиватора. Найвищі значення коефіцієнта якості розпушування дає борона культиватор у режимі культиватора і досягає максимального значення до 84%.

Коефіцієнт ступеня кришіння ґрунту бороною-культиватором у режимі культиватора досягає максимального значення 92%, інтервал складає від 75,8% до 92,3% при швидкостях руху агрегату від 1,9 м/с до 4,0 м/с. (рис. 5). Проведені випробування борони-культиватора за якісними показниками засвідчує доцільність використання її під час передпосівної підготовки ґрунту.

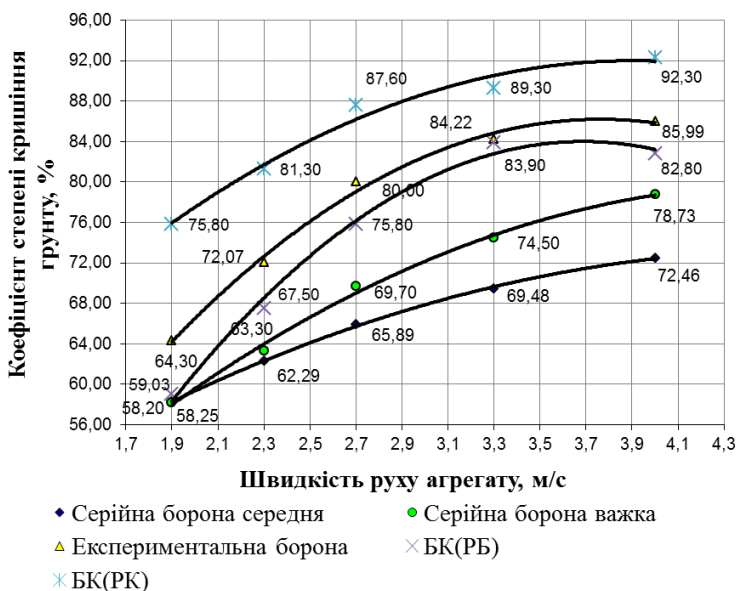


Рис. 5. Залежність коефіцієнта степеня кришіння ґрунту ($K_{кр}$) від швидкості руху борони (V) та борони-культиватора

Підвищення показників якості розпушування та кришіння ґрунту (як основних показників роботи борін) експериментальними боронами забезпечується конструктивними особливостями робочих органів - а саме: концентрацією деформації стиску, зсуву та розтягу в обмеженому шириною робочого органу об'єму ґрунту, розділом оброблюваного об'єму ґрунту на шари внаслідок взаємопротилежної орієнтації наступного і попереднього уступів та інтенсифікацією процесу руйнування ґрунтової скиби кожного шару ґрунту, що сходять із кожного із уступів внаслідок наявності кута входження уступу в ґрунти (кут β) та розміщення уступу в просторі (кут θ).



Рис. 6. Графік залежності гребенистості поверхні поля після проходку зубових борін та борони-культиватора від швидкості руху

Згідно агротехнічних вимог гребнистість поверхні поля після проходу зубових борін повинна бути в межах 3-4 см. Як видно із графіка рис. 6, гребнистість поверхні поля після проходу експериментальних борін не перевищувала 2,8 см, що задовольняє агротехнічні вимоги.

Зменшення гребнистості поля після проходу експериментальних зубових борін для пошарового розпушування ґрунту в порівнянні із серійними пояснюється меншою шириною поперечного перерізу робочого органу експериментальних борін по відношенню до серійних, в середньому на 20% (17,7 мм проти 22,6 мм) і характером переміщення ґрунтових часток після проходу робочого органу [7], [8].

Вирівненість рельєфу поля перед сівбою впливає на якість сівби і урожайність в цілому. Показники вирівненості поверхні поля при польових порівняльних випробуваннях подані в табл. 2. Показники якості обробітку ґрунту оцінювались стандартними методиками з використанням комп'ютерних методик і математичних пакетів [9].

Таблиця 2. Значення вирівненості поля при боронуванні зубовими боронами

Тип борони	Вирівненість поверхні поля, %		Коефіцієнт відносної вирівненості, K_b
	до проходу	після проходу	
Серійна	14,8	8,7	0,59
Експериментальна	15,3	4,7	0,31

Із приведених в таблиці даних видно, що на вирівненість поверхні поля також впливає форма робочих органів борін. Так експериментальні борони дають покращання вирівненості поля на 28%.

Висновки і перспективи. Порівняльний аналіз агротехнічних показників роботи борони-культиватора, виконаний на основі польових випробувань, дав змогу встановити, що підвищення коефіцієнта якості розпушування ґрунту на 14...17%, коефіцієнта якості кришіння на 10...17,6% порівняно із серійними боронами розширює функціональні можливості використання борони-культиватора з експериментальними гнutoштабовими зубами для обробітку ґрунту. Впровадження в практику використання борін з гнutoштабовими зубами уможливорює підвищення якості обробітку ґрунту, збільшення продуктивності праці та скорочення енергетичних затрат.

Список використаних джерел

1. Пат. 59198А UA, МКИ А01В19/02, А01В21/02 Борона для пошарового обробітку ґрунту. В.Ю. Бурдега, І.М. Бендера, М.І. Самокиш, О.В. Сидорчук, А.М. Токар. (UA). – №2021210012; Заявл. 12.12.2002; Опубл. 15.08.2003, Бюл. №8.
2. Пат. 65697АUA, МКИ А01В19/02, А01В21/02. Борона-культиватор. В.Ю. Бурдега, І.М. Бендера, В.І. Дуганець, П.І. Роздорожнюк, О.В. Фірман, А.С. Якименко (UA). – №2021210014; Заявл. 12.12.2002; Опубл. 15.04.2004, Бюл. №4
3. Бурдега В.Ю. Показники якості пошарового розпушування ґрунту удосконаленою зубовою бороною. *Механізація сільськогосподарського виробництва*. 2003. Том 14. С. 259-265.
4. Шевченко І.А., Ткачук В.С. Фізико-механічні властивості ґрунту і картоплі, які визначають технологічний процес роботи картоплезбиральних машин. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. 2000. Випуск 1, том 16. С.17-23.
5. Бурдега В.Ю. Вплив конструктивних параметрів ґрунтообробних робочих органів для пошарового обробітку ґрунту на якість розпушування. *Зб. наук. праць Подільської державної аграрно-технічної академії. "Аграрна наука – селу"*. 2001. Випуск 9. С. 442- 444.
6. Скоробогатов Д.В., Девін В.В., Нашкольній Ю.А. Комбінований плуг-ефективний засіб для загортання сидеральних культур. *Збірник наукових праць ПДАТУ. Технічні науки*. 2015. № 3. С. 137-146.
7. Бурдега В.Ю. Дослідження зони поширення деформації ґрунту від дії гнutoштабових

робочих органів. *Праці Таврійського державного агротех-нологічного університету*. 2010. Вип. 10, т. 2. С. 43-52.

8. Девін В.В., Ткачук В.С. Розв'язання задач кінематики точки з використанням системи Mathcad. *Актуальные научные исследования в современном мире*. 2018. Вып. 3(35), Ч. 2. С. 128-135.

9. Бурдега В. Результати дослідження комбінованого ґрунтообробного знаряддя. *Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції. Збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції. Ч.2. (20-22 березня 2018 р., м. Кам'янець-Подільський)*. Тернопіль: Крок, 2018. С.110-112 с.

*Дата надходження статті до редакції : 19. 01. 2020
І рецензування 24.02.2020 Прийняття в друк: 02.07.2020*

Burdeha V.Yu.¹

*Ph.D. (Techn.), Associate Professor
Department of Agriculture machines
E-mail: burdega_vasil@ukr.net*

Devin V.V.¹

*Ph.D. (Techn.), Associate Professor
Department of Agriculture machines
E-mail: dvvvp.123@gmail.com*

Tkachuk V.S.¹

*Ph.D. (Techn.), Associate Professor
Department of Agriculture machines
E-mail: twskmg@gmail.com*

¹*State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamenets-Podilsky, Ukraine*

AGROTECHNICAL ASSESSMENT OF HARROW-CULTIVATOR

Abstract

Using of combined tools in the system of soil preparation for sowing allows to reduce energy and labor costs per unit of cultivated products while maintaining soil fertility with maximum economic effect. When preparing the soil for sowing, it is important to create a fine-grained soil structure using simple machines and tools.

The purpose of research is improving the quality of the structural condition of the soil in preparation for sowing using the simplest and most productive tools and machines, reducing the specific high-energy costs of preparing the soil for sowing crops.

The use of a combination of working bodies for loosening the soil in one machine allows you to intensify the process of crushing the soil and expand the range of use of the machine or tool to prepare the soil for sowing crops. One of the ways to solve the problem of quality soil preparation for sowing crops is the use of high-performance combined multi-operational units, which in one pass provide loosening, leveling the soil surface and its necessary compaction.

Such units prevent over-compaction of the soil, which is typical for traditional cultivation, and due to the formation of a well-dissolved surface layer reduce moisture evaporation.

The comparative analysis of agrotechnical indicators of work of a harrow cultivator, which was executed on the basis of field tests, allowed to establish that increase of coefficient of quality of loosening of soil on 14 ... 17%, coefficient of quality of crushing on 10 ... 17,6% in comparison with serial harrows expands functionality of using a harrow-cultivator with experimental bending teeth allows to improve the quality of tillage, increase productivity and reduce energy costs.

Keywords: *surface treatment; harrow-cultivator; loosening; crushing.*

References

1. Пат. 59198А UA, МКІ А01В19/02, А01В21/02. Harrow for ball processing for hruntu. V.Y. Burdeha, I.M. Bendera, M.I. Samokysh, O.V. Sydorчук, A.M. Tokar. (UA). №2021210012; Request

12.12.2002; Published by 15.08.2003, Bulletin №8. [In Ukrainian].

2. Пат. 59198A UA, MKI A01B19/02, A01B21/02. Harrow cultivator. V.Y. Burdeha, I.M. Bendera, V.I. Duhanets, P.I. Rozdorozhniuk, O.V. Firman, A.S. Yakymenko (UA). №2021210014; Request 12.12.2002; Published by 15.04.2004, Bulletin №4. [In Ukrainian].

3. Burdeha, V.Y. (2003). Pokaznyky yakosti posharovoho rozpushuvannya gruntu udoskonalenoiu zubovoiu boronoiu. *Mekhanizatsiia silskohospodarskoho vyrobnytstva*, 14, 259-265. [In Ukrainian].

4. Shevchenko, I.A., & Tkachuk, V.S., (2000) Fyzyko-mekhanichni vlastyvyosti gruntu i kartopli, yaki vyznachaiut tekhnolohichni protses roboty kartoplezbyralnykh mashyn. *Pratsi Tavriiskoi derzhavnoi ahrotekhnichnoi akademii*, 1(16), 17-23. [In Ukrainian].

5. Burdeha, V.Y. (2001). Vplyv konstruktyvnykh parametriv gruntoobrobnykh robochykh orhaniv dlia posharovoho obrobtku gruntu na yakist rozpushuvannya. *Zb. nauk. prats Podil'skoi derzhavnoi ahrarno-tekhnichnoi akademii. "Ahrarna nauka – selu"*. Kam'ianets-Podil'skyi. PDATA, p. 442-444.

6. Skorobogatov, D.V., Devin, V.V., & Nashkolnyi Y.A. (2015). Kombinovanyi pluh-efektyvnyi zasib dlia zahortannia syderalnykh kultur. *Zbirnyk naukovykh prats PDATU. Tekhnichni nauky*, 23, 137-146. [In Ukrainian].

7. Burdega, V.Y. (2010). Doslidzhennya zoni poshirennya deformacziï rruntu vid dii gnutoshtabovix robochich organiv. *Praczi Tavrijskogo derzhavnogo agrotex-nologichnogo universitetu*, 43-52. [In Ukrainian].

8. Devin, V. & Tkachuk, V. (2018). Rozviazannia zadach kinematyky tochky z vykorystanniam systemy Mathcad. *Aktualnyie nauchnyie issledovaniya v sovremennom mire*, 3(35), part 2, 128-135. (in Ukrainian).

9. Burdega, V.Y. (2018). Rezultati doslidzhennya kombinovanogo hrunto-obrobnoho znaryaddya. *Agrarna nauka ta osvita v umovax evrointegracziï*. Ternopil:Krok, p. 110-112. (in Ukrainian).

Received: 01/19/2020

Revision: 02/24/2020 Accepted: 07/02/2020