

К.В. БОРАК

Житомирський агротехнічний коледж

І.С. КРУК

Білоруський державний аграрний технічний університет

## ВПЛИВ ШВИДКОСТІ РУХУ ҐРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ЗНОШУВАННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

В роботі досліджено вплив швидкості руху ґрунтообробних агрегатів на інтенсивність зношування найбільш розповсюджених робочих органів ґрунтообробних машин: леміша, стріччатої лапи та дискового робочого органу. В результаті отримано аналітичну залежність впливу швидкості руху ґрунтообробних агрегатів на інтенсивність зношування робочих органів та експериментально встановлені коефіцієнти, які характеризують абразивні властивості ґрунтового середовища. Встановлено, що збільшення швидкості руху ґрунтообробного агрегату призводить до інтенсифікації та зміни характеру абразивного зношування робочих органів ґрунтообробної техніки.

Ключові слова: швидкість, робочий орган, ґрунт, ступінь закріплення, інтенсивність зношування, ґрунтообробна машина.

K. V. BORAK

Zhytomyr Agrarian and Technical College, Ukraine

I. S. KRYK

Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk

## THE EFFECTS OF TILLERS MOTION SPEED ON THE INTENSITY OF IMPLEMENTS WEAR-OUT

The abrasion wearing-out is one of the most wide-spread kinds of wear-out which results in a machine disability. In agriculture the tillers' implements are most affected by abrasion wear-out. The intensity of their wear-out is caused by: soil and climatic conditions, physical and machine properties of the implements material, as well as by and operating conditions. The motion speed of a tiller is the main operational factor which affects the wear-out intensity of the implements. The research has established that the increase of a tiller motion speed results in the intensification as well as in the nature of changes of the implements wear-out. The increase of a tiller motion speed promotes to the intensification of the abrasion wearing-out process when operating a tiller on sandy soils and the wear-out process slows down on light clay. The implements wear-out intensity, which were made of high-quality wear-resistant steel 28MnB5 and Hardox 500, is less as compared to a commercial implements made of steel 65G. When operating the tillers on soft formations, the wear-out intensity of the nose of a plowshare is not observed when the tiller motion speed increases, it is because the specific pressure in a contact zone of a nose part does not increase. It is identical for the center hoes and disk-shaped implements. When operating the tillers on soft soils, the wear-out intensity of a nose part of a plowshare is not observed when the tiller motion speed increases, it is because the specific pressure in a contact zone of a nose part does not increase. It is identical for the center hoes and disk-shaped implements. The increase of motion speed results in wear-out intensity of disk-shaped implements as compared to plowshare-hoes implements. The wear-out intensity of tiller implements, depending on a tiller motion speed, can be analytically described by a second order polynomial.

Key words: speed, implement, soil, degree of fixation, wear-out intensity, tiller.

### Постановка проблеми

Ґрунтообробні машини займають одне з провідних місць в машинно-тракторному парку сучасних сільськогосподарських підприємств. За останні 50 років швидкість їх роботи виросла в 2 рази. Так, в 60 роках минулого століття швидкість оранки складала в межах 5 км/год, зараз вона складає 8...10 км/год [1]. В сучасних плугів робоча швидкість може сягати до 12 км/год, в дискових борін та культиваторі – до 15 км/год. Зростання швидкості руху ґрунтообробних агрегатів призводить до зміни характеру та інтенсивності абразивного зношування, тому встановлення закономірностей впливу швидкості руху агрегату на інтенсивність зношування є безумовно актуальною задачею.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Фундаментальні дослідження впливу швидкості на інтенсивність та особливості зношування робочих органів ґрунтообробних машин були проведені М.М. Северньовим в умовах Республіки Білорусь [2]. В результаті проведених досліджень встановлено, що інтенсивність масового зношування з ростом швидкості ґрунтообробних агрегатів суттєво зростає табл. 1.

Таблиця 1

Інтенсивність зношування леміша, г/га [2]

Тип ґрунту	Швидкість оранки, м/с				
	1,25	1,55	2,22	2,77	3,33
Піщаний	51	75	82	91	97
Супіщаний важкий	45	45	56	68	68
Суглинок легкий	30	36	47	50	53

Як бачимо, при зміні швидкості з 1,25 м/с до 3,33 м/с інтенсивність зношування леміша зростає в 1,5...1,9 рази. Слід відмітити, що сучасні ґрунтообробні машини не працюють на маленьких швидкостях

(1,25 м/с, 1,55 м/с та 2,22 м/с), тому результати випробувань на перших трьох швидкостях не потрібно враховувати. Виходячи з реальних умов експлуатації зростання інтенсивності зношування знаходиться в межах 6...6,5%.

Зміна швидкості призводить до зміни характеру зношування робочих органів ґрунтообробних машин, а саме до інтенсифікації зношування частин робочих органів, які перші взаємодіють з середовищем ґрунту [2].

Проведені дослідження мають велике практичне і теоретичне значення, але слід відмітити ряд недоліків:

- швидкості при яких проводили дослідження не відповідають сучасним реаліям;
- не з'ясовано вплив матеріалу на зміну інтенсивності абразивного зношування робочих органів ґрунтообробних машин при рості швидкості руху агрегату;
- в процесі досліджень використовувались тільки робочі органи плуга (леміш, відвал і польова дошка);
- не враховано вплив ступеня закріплення абразивних частинок ґрунту на зміну інтенсивності зношування робочих органів ґрунтообробних машин при зміні швидкості руху агрегату;
- відсутні дослідження на глиняних ґрунтах, які доволі розповсюджені на території України.

В більш пізніх дослідженнях впливу швидкості руху ґрунтообробних агрегатів на інтенсивність зношування робочих органів відсутні результати експлуатаційних досліджень, а автори обмежуються теоретичними [3, 4], лабораторними або стендовими дослідженнями [5]. Результати даних робіт неможливо використовувати при прогнозуванні інтенсивності зношування робочих органів ґрунтообробних машин в реальних умовах експлуатації.

**Мета роботи** – дослідити вплив швидкості руху ґрунтообробних агрегатів на інтенсивність зношування робочих органів з урахуванням характеристик ґрунтового середовища та фізико-механічних властивостей матеріалу робочих органів.

**Матеріали та методи дослідження.**

Дослідження проводили згідно діючих державних та галузевих стандартів в умовах аграрних підприємств Житомирської та Вінницької області на ґрунтообробних машинах представлених в табл. 2.

Таблиця 2

**Робочі органи, які використовувались в процесі дослідження**

Ґрунтообробна машина	Тип ґрунту	Робочий орган	Матеріал робочого органу + нанесений зносостійкий матеріал
Культиватор John Deere 2210	Супіщаний	Стрілчаста лапа	28MnB5
	Середній суглинок		65Г
			65Г+Т-620
			65Г+Т-590
Глина легка	65Г+М-Fe 6		
ПЛН-3-35	Супіщаний	Леміш	65Г
			65Г+Т-620
	Середній суглинок		65Г+Т-590
			65Г+М-Fe 6
			Hardox 500
Глина легка	Л53		
УДА-4,5	Супіщаний	Дисковий робочий орган типу «ромашка»	28MnB5
	Середній суглинок		65Г
			65Г+Т-620
			65Г+Т-590
Глина легка	65Г+М-Fe 6		

Масовий знос робочих органів визначався на лабораторних вагах СР 34001 S фірми "Sartorius" (Німеччина).

Поля у всіх випадках були після збирання зернових культур (озима пшениця та ячмінь). Швидкість руху для плуга варіювались в межах 10...13 км/год, культиватора та дискового агрегату – 11...15 км/год. Для виявлення характеру зміни абразивного зношування слідкували за зміною лінійних розмірів складових частин робочих органів ґрунтообробних машин. Визначення зміну ваги та лінійних розмірів проводили після напрацювання 10 га на одну стрілчасту лапу, 30 га на один диск та 5 га на один леміш.

**Результати досліджень та їх обговорення**

Результати досліджень впливу швидкості на інтенсивність масового зношування представлені в табл. 3.

Таблиця 3

**Інтенсивність зношування робочих органів ґрунтообробних машин, г/га**

Тип ґрунту	Швидкість, км/год																	
	11				13				15									
<i>Стрілчаста лапа</i>																		
Матеріал робочого органу	28MnB5	65Г	65Г+Т-620	65Г+Т-590	65Г+М-Fe 6	28MnB5	65Г	65Г+Т-620	65Г+Т-590	65Г+М-Fe 6	28MnB5	65Г	65Г+Т-620	65Г+Т-590	65Г+М-Fe 6			
Супіщаний	20,4	21,9	18,6	18,6	18,8	21,4	23,8	19,2	19,1	20,3	22,7	25,1	20,7	20,6	21,1			
Середній суглинок	12,77	16,1	12,2	12,2	12,7	12,9	16,7	12,5	12,5	13,0	13,4	17,7	12,9	12,9	13,5			
Глина легка	6,6	10,2	7,5	7,5	8,9	6,6	10,6	7,7	7,8	9,1	6,8	11,1	7,8	7,8	9,3			
<i>Дисковий робочий орган типу «ромашка» (перший ряд)</i>																		
Матеріал робочого органу	28MnB5	65Г	65Г+Т-620	65Г+Т-590	65Г+М-Fe 6	28MnB5	65Г	65Г+Т-620	65Г+Т-590	65Г+М-Fe 6	28MnB5	65Г	65Г+Т-620	65Г+Т-590	65Г+М-Fe 6			
Супіщаний	0,063	0,064	0,050	0,050	0,051	0,067	0,068	0,052	0,052	0,054	0,071	0,074	0,056	0,056	0,058			
Середній суглинок	0,036	0,039	0,031	0,031	0,031	0,037	0,041	0,032	0,032	0,033	0,039	0,044	0,034	0,034	0,035			
Глина легка	0,018	0,023	0,018	0,018	0,018	0,018	0,024	0,019	0,019	0,019	0,019	0,025	0,019	0,019	0,019			
<i>Леміш</i>																		
Швидкість, км/год	10					11,5					13							
Матеріал робочого органу	65Г	65Г+Т-620	65Г+Т-590	65Г+М-Fe 6	Hardox 500	Л53	65Г	65Г+Т-620	65Г+Т-590	65Г+М-Fe 6	Hardox 500	Л53	65Г	65Г+Т-620	65Г+Т-590	65Г+М-Fe 6	Hardox 500	Л53
Супіщаний	79	26	26	26	64	126	82	27	28	28	66	131	87	28	28	29	67	140
Середній суглинок	54	19	19	19	37	78	56	18	18	19	38	83	57	20	20	20	38	85
Глина легка	31	12	12	12	20	46	33	12	12	13	20	49	33	12	12	12	20	50

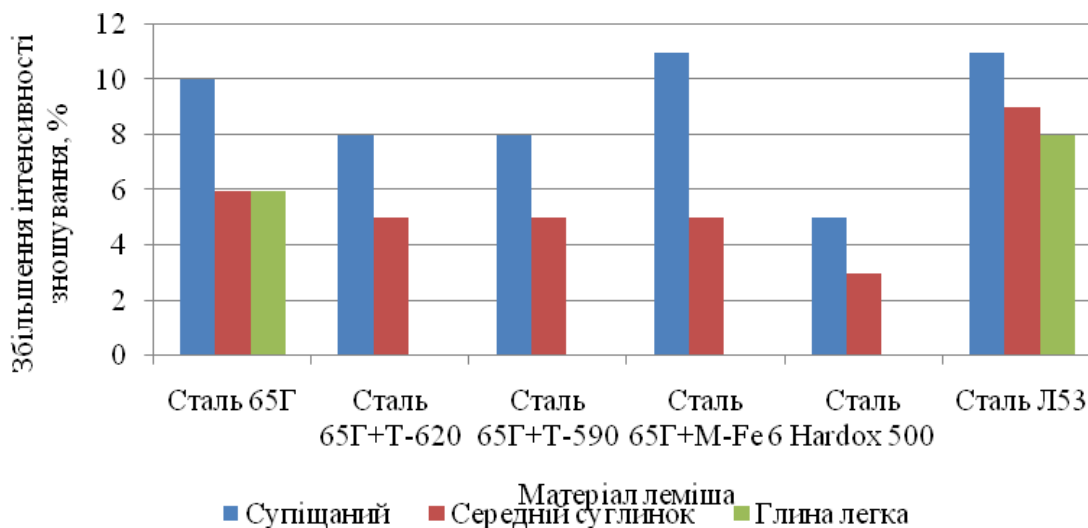


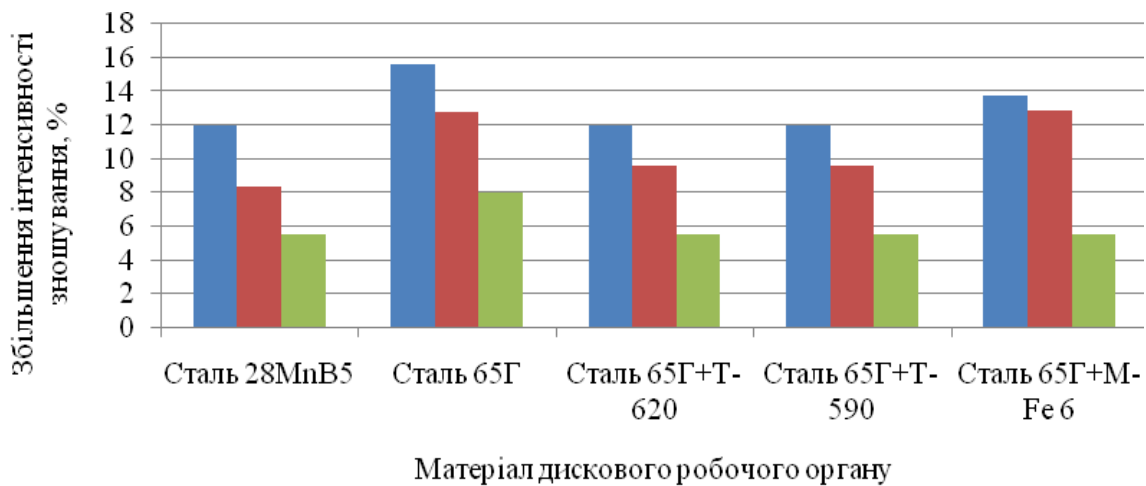
Рис. 1. Зростання інтенсивності зношування лемішів при зміні швидкості з 10 км/год до 13 км/год

Результати досліджень засвідчують, що зростання швидкості призводить до збільшення інтенсивності зношування робочих органів ґрунтообробних машин. Більш суттєве зростання інтенсивності зношування спостерігається при експлуатації робочих органів на ґрунтах з більшою зношувальною здатністю (рис. 1).

В роботі [2] встановлено, що збільшення швидкості призводить до зростання інтенсивності зношування леміша та грудей відвалу. Збільшення швидкості руху ґрунтообробного агрегату призводить до зменшення шляху тертя абразивних частинок по відвалу, а відповідно і до зменшення інтенсивності зношування.

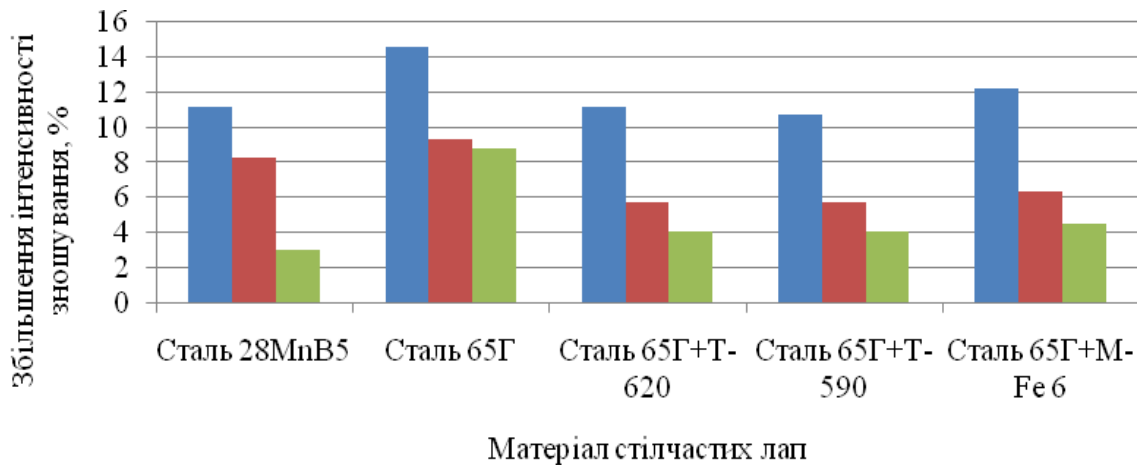
В процесі досліджень виявлено, що зростання швидкості руху ґрунтообробних агрегатів призводить до меншого зростання інтенсивності зношування робочих органів, виготовлених з якісних зносостійких сталей Hardox 500 та 28MnB5. Дана закономірність спостерігається при експлуатації ґрунтообробних машин на всіх типах ґрунтів.

Приріст інтенсивності зношування дискових робочих органів дещо більший ніж у лемішно-лапових робочих органів (рис. 2.)



■ Супіщаний ■ Середній суглинок ■ Глина легка

а)



■ Супіщаний ■ Середній суглинок ■ Глина легка

б)

Рис. 2. Зростання інтенсивності зношування стрілочатих лап та дискових робочих органів типу «ромашка» при зміні швидкості з 11 км/год до 15 км/год: а – дискові робочі органи; б – стрілочаті лапи

Інтенсивність зношування робочих органів ґрунтообробних машин, в залежності від швидкості руху ґрунтообробного агрегату, аналітично можна описати поліномом другого порядку:

$$I_m = av^2 + bv + c \quad (1)$$

де  $I_m$  – інтенсивність масового зношування робочого органу г/га;  $v$  – швидкість руху

грунтообробного агрегату; *a*, *b* та *c* – коефіцієнти, які характеризують абразивні властивості ґрунтового середовища, визначені експериментальним шляхом (табл. 4).

Коефіцієнт детермінації для всіх математичних моделей знаходиться в межах  $R^2 = 0,97 \dots 1$ . Для встановлення аналітичної залежності інтенсивності зношування лемішів, на глиняних ґрунтах, від швидкості руху ґрунтообробного агрегату необхідно збільшити діапазон варіювання швидкості руху ґрунтообробного агрегату.

Зміна швидкості руху робочих органів ґрунтообробних машин суттєво впливає на зміну характеру зношування робочих органів. Так, при зміні швидкості руху ґрунтообробного агрегату змінюється співвідношення інтенсивності зношування складових частин робочих органів ґрунтообробних машин (табл. 5)

Таблиця 4

**Коефіцієнти для визначення інтенсивності зношування робочих органів залежно від швидкості руху ґрунтообробного агрегату**

Ґрунту	Коефіцієнти																	
	<i>a</i>					<i>b</i>					<i>c</i>							
	<i>Стрілчата лапа</i>																	
	28MnB5	65Г	65Г+Т-620	65Г+Т-590	65Г+М-Fe 6	28MnB5	65Г	65Г+Т-620	65Г+Т-590	65Г+М-Fe 6	28MnB5	65Г	65Г+Т-620	65Г+Т-590	65Г+М-Fe 6			
Супіщаний	0,0375	-0,075	0,1125	0,125	-0,0875	-0,4	2,75	-2,4	-2,75	2,85	20,262	0,725	31,388	33,725	-1,9625			
Середній суглинок	-0,0375	0,05	0,0125	0,0125	0,025	-0,8	-0,9	-0,15	-0,15	-0,45	16,963	19,95	12,338	12,338	14,625			
Глина легка	0,025	0,0125	-0,0125	-0,0375	0	-0,6	-0,1	0,4	1,05	0,1	10,175	9,7875	4,6125	0,4875	7,8			
<i>Дисковий робочий орган типу «ромашка» (перший ряд)</i>																		
Супіщаний	0	-0,0003	0,0003	0,0003	0,0001	0,002	-0,004	-0,005	-0,005	-0,00015	0,041	0,0778	0,0748	0,0748	0,0524			
Середній суглинок	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0	-0,0025	-0,002	-0,0025	-0,0025	0,001	0,0484	0,0459	0,0434	0,00434	0,02			
Глина легка	0,0001	-7E-18	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,003	0,0005	0,0035	0,0035	0,0035	0,0359	0,0175	-0,0054	-0,0054	-0,0054			
<i>Леміш</i>																		
	65Г	65Г+Т-620	65Г+Т-590	65Г+М-Fe 6	Hardox 500	Л153	65Г	65Г+Т-620	65Г+Т-590	65Г+М-Fe 6	Hardox 500	Л153	65Г	65Г+Т-620	65Г+Т-590	65Г+М-Fe 6	Hardox 500	Л153
Супіщаний	0,4444	0	-0,4444	-0,2222	-0,2222	0,8889	-7,5556	0,6667	10,889	6,1111	6,1111	-15,778	110,11	19,333	-38,444	-12,889	25,111	194,89
Середній суглинок	-0,2222	0,6667	0,6667	0,2222	-0,2222	-0,6667	6,1111	-15	-15	-4,7778	5,44444	17,667	15,111	102,33	102,33	44,556	4,7778	-32
Глина легка	-0,4444	-	-	-	-	0,4444	10,889	-	-	-	-	11,556	-33,444	-	-	-	-	-25,111

**Співвідношення інтенсивності зношування лезової і носової частини  
для різних типів ґрунтів та швидкостей руху ґрунтообробного агрегату  
(леміш серійний, сталь Л53, напрацювання на один леміш 4 га, поля після збирання ячменю)**

Швидкість руху ґрунтообробного агрегату, км/год	Співвідношення між інтенсивністю зношування носка та леза леміша		
	Супіщаний ґрунт	Середній суглинок	Глина легка
10	1,51	2,18	2,26
11,5	1,59	2,27	2,38
13	1,65	2,34	2,41

З табл. 5 видно, що зі збільшенням швидкості призводить до зростання інтенсивності зношування носка леміша. Дане явище пояснюється суттєвим зростанням питомого тиску в зоні контакту носової частини. Підвищення інтенсивності зношування різальних елементів, при збільшенні швидкості, можна спостерігати і на інших робочих органах ґрунтообробних машин (носок культиваторної лапи і лезова частина зуба диска).

Результати попередніх теоретичних досліджень свідчать, що ступінь закріплення абразивних частинок в ґрунті може суттєво впливати на характер зношування робочих органів. Для підтвердження або спростування даного твердження були проведені дослідження на супіщаному ґрунті при трьох різних ступенях закріплення абразивних частинок:

1. Ділянка після озимої пшениці;
2. Ділянка після озимої пшениці, повторна оранка на 7 день після першого обробітку;
3. Ділянка після озимої пшениці, повторна оранка на 74 день після першого обробітку.

Результати досліджень представлено в табл. 6.

Таблиця 6

**Співвідношення інтенсивності зношування лезової і носової частини в умовах супіщаного ґрунту при різних ступенях закріплення абразивних частинок (леміш серійний, сталь Л53, напрацювання на один леміш 4 га, глибина обробітку у всіх випадках 220 мм)**

Умови проведення досліджень	Швидкість руху агрегату		
	10	11,5	13
Ділянка після озимої пшениці	1,40	1,49	1,56
Ділянка після озимої пшениці, повторна оранка на 7 день після першого обробітку	0,68	0,68	0,68
Ділянка після озимої пшениці, повторна оранка на 74 день після першого обробітку	0,87	0,89	0,93

При експлуатації ґрунтообробних агрегатів на пухких ґрунтах не спостерігається ріст інтенсивності зношування носової частини леміша, при збільшенні швидкості руху ґрунтообробного агрегату, що обумовлено відсутністю зростання питомого тиску в зоні контакту носової частини. Для стрілочатих лап і дискових робочих органів ґрунтообробних машин дана закономірність ідентична.

#### **Висновки**

В результаті проведених досліджень встановлено, що зростання швидкості руху ґрунтообробних агрегатів призводить до:

- інтенсифікації абразивного зношування робочих органів ґрунтообробних машин, які безпосередньо взаємодіють з середовищем ґрунту;
- більш суттєвого росту інтенсивності зношування дискових в порівнянні з лемішно-лаповими робочими органами ґрунтообробних машин;
- зміни характеру зношування робочих органів ґрунтообробних машин, за рахунок інтенсифікації зношування ріжучих поверхонь робочих органів.

#### **Література**

1. Новиков В. С. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин : монография / В.С. Новиков. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 155 с.
2. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин / [М. М. Севернев и др.] ; под. ред. М. М. Севернева. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 333 с.
3. Блохин В. Н. Исследование износа рабочей поверхности лемеха от удельного давления и скорости движения абразивной частицы почвы / В.Н. Блохин, Ф. Н. Котиков, А. М. Случевський // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 2 (54). – С. 93–97.
4. Аулін В. В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості і надійності робочих органів ґрунтообробних машин з різальними елементами : монографія / В. В. Аулін, А. А. Тихий. – Кропивницький: Лисенко В.Ф., 2017. – 278 с.
5. Шитов А. Н. Повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин с

применением импульсного электроконтактного нагрева: На примере лемеха плуга : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Шитов Андрей Николаевич ; Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – Москва, 2005. – 162 с.

#### References

1. Novikov V. S. Obespechenie dolgovechnosti rabochih organov pochvoobrabatyvayushih mashin : monografiya / V.S. Novikov. – Moskva : INFRA-M, 2019. – 155 s.
2. Iznos i korroziya selskohozyajstvennyh mashin / [M. M. Severnev i dr.]; pod. red. M. M. Severneva. – Minsk : Belarus. navuka, 2011. – 333 s.
3. Blohin V. N. Issledovanie iznosa rabochej poverhnosti lemeha ot udelnogo davleniya i skorosti dvizheniya abrazivnoj chasticy pochvy / V.N. Blohin, F. N. Kotikov, A. M. Sluchevskij // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj selskohozyajstvennoj akademii. – 2016. – № 2 (54). – S. 93–97.
4. Aulin V. V. Trybofizichni osnovy pidvyshchennia znosostiikosti i nadiinosti robochykh orhaniv gruntoobrobnykh mashyn z rizalnymy elementamy : monohrafiia / V. V. Aulin, A. A. Tykhyi. – Kropyvnytskyi: Lysenko V.F., 2017. – 278 s.
5. Shitov A. N. Povyshenie dolgovechnosti rabochih organov pochvoobrabatyvayushih mashin s primeneniem impulsnogo elektrokontaktnogo nagraeva: Na primere lemeha pluga : dis. ... kand. kehn. nauk : 05.20.03 / Shitov Andrej Nikolaevich ; Federalnoe gosudarstvennoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego professionalnogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina». – Moskva, 2005. – 162 s.

Рецензія/Peer review : 7.1.2020 р. Надрукована/Printed : 15.4.2020 р.  
Рецензент: В.В. Аулін