



Дудніков А. А.
к.т.н., професор

Дудник В. В.
к.т.н., доцент

Бурлака О. А.
к.т.н., доцент

Канівець О. В.
к.т.н., доцент

**Полтавська державна
аграрна академія**

**Dudnikov A.
Dudnik V.
Burlaka O.
Kanivets A.**

**Poltava State Agrarian
Academy (PSAA)**

УДК 621.43

DOI: 10.37128/2306-8744-2020-4-3

ЗМІНА ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ВІБРАЦІЙНОМУ ЗМІЦНЕННІ

Проведено аналіз роботи ґрунтообробних машин, виявлені причини відмов їх робочих органів (лемішів) в процесі експлуатації.

Проведено дослідження зміни характеристик матеріалу ріжучих елементів ґрунтообробних машин після вібраційного зміцнення, а також вплив зміцнення на міцність відновлюваних плужних лемішів. Експериментально встановлено параметри вібраційного зміцнення плужних лемішів.

Проведено мікроструктурні дослідження з метою виявлення впливу методу обробки на властивості матеріалу лемішів. Виявлено критерії граничного стану лемішів. Проведені стендові випробування плужних лемішів на установці дозволяють регулювати інтенсивність їх зношування.

Встановлено, що глибина зносу матеріалу леміша є найбільш значимим геометричним параметром, що впливає на його ресурс.

Експериментальними дослідженнями встановлено значення основних параметрів вібраційного зміцнення: частота і амплітуда коливань обробного робочого інструмента та час зміцнення. Визначено значення ступеня зміцнення матеріалу ріжучої кромки відновлених плужних лемішів.

Встановлено залежність між величинами зміни ширини леміша, товщини його леза при деформації. Встановлено, що крім режимів обробки, на геометрію леміша впливає форма обробного інструменту. Виявлено нерівномірний характер зношування по довжині леміша.

Наведено результати зміни зносу по ширині ріжучого елемента і інтенсивності його зношування в залежності від часу роботи. Встановлено, що величина зношування ріжучого елемента леміша залежить від технологічних режимів обробки та матеріалу.

Проведені стендові дослідження зазначених варіантів лемішів з метою перевірки експлуатаційної надійності відновлених і зміцнених вібраційним способом плужних лемішів. Встановлено, що найменшу зношуваність мали леміші зі сталі 65Г та оброблені вібраційним зміцненням, яке пояснюється внаслідок зміни структури його матеріалу при вібраційному зміцненні.

Ключові слова: *пластичне деформування, вібраційне зміцнення, ступінь зміцнення, режими зміцнення, мікроструктура, поверхні зносу, інтенсивність зношування, експлуатаційна надійність.*

Постановка проблеми. Одне з робочих органів ґрунтообробних машин важливих місць у сільськогосподарському виробництві займає проблема забезпечення довговічності та ефективності використання важливих місць у сільськогосподарському виробництві займає проблема забезпечення наш час у зв'язку із жорсткими обмеженнями у використанні енергоносіїв та матеріальних



ресурсів. Тому в технологічних процесах виробництва та відновлення необхідно використовувати поверхнєве зміцнення деталей з метою підвищення експлуатаційних властивостей їх матеріалу.

Аналіз основних досліджень. У процесі роботи на ґрунтообробні машини впливають ряд факторів, що погіршують їх технічні характеристики та працездатність, а саме: навколишнє середовище, структура та склад ґрунту, внутрішні напруги у матеріалах деталей та ін. [1, 2].

Для плугів та інших ґрунтообробних машин головним видом зношування є абразивне [3]. При взаємодії абразивних часточок ґрунту з поверхньою робочих органів виникає інтенсивне зношування, на величину кого впливають тип ґрунту та його вологість, швидкість руху машинно-тракторного агрегату, матеріал та технологія обробки поверхонь робочих органів [4, 5].

Швидкість абразивного зношування залежить від властивостей ґрунту, а також від матеріалу робочого органу сільськогосподарських машин. Абразивне зношування зменшує надійність ґрунтообробних агрегатів та є причиною виникнення додаткових затрат енергії в процесі виконання технологічних операцій.

У наш час першочергове значення набуває проблема підвищення надійності ґрунтообробних машин, яка може бути вирішена за рахунок використання зміцнюючих технологій при виготовленні і відновленні їх робочих органів [6].

Необхідно відмітити, що динаміка зміни геометричних параметрів робочих елементів ґрунтообробних робочих органів під час їх взаємодії з абразивними часточками ґрунту ще не достатньо досліджені. Не існує єдиної думки щодо впливу факторів інтенсивності процесів зношування ріжучих кромки, а також використання ефективних методів зміцнення для підвищення надійності робочих органів ґрунтообробних машин. Останнє спонукає до проведення додаткових самостійних досліджень.

Мета досліджень. Підвищення надійності робочих органів ґрунтообробних машин в результаті їх обробки методом вібраційного зміцнення.

Результати досліджень. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати та виявити причини відмов робочих органів ґрунтообробних машин;
- дослідити характер зміни параметрів робочих органів ґрунтообробних машин під час стендових випробувань;

- дати оцінку впливу параметрів вібраційної обробки на зміцнення робочої поверхні лемешів;
- дослідити довговічність робочих органів ґрунтообробних машин, відновлених вібраційною обробкою.

Основною причиною втрати працездатності робочих органів ґрунтообробних машин є їх зношування в процесі виконання технологічних операцій по обробці ґрунту, в результаті якого відбувається зменшення ріжучого елемента та руйнування ріжучої кромки, що є основною причиною припинення їх використання.

З метою доцільності дослідження технології вібраційного зміцнення лемешів були визначені наступні їх параметри:

- втрата розмірів носка (Δh);
- глибина зношування (a);
- згин (u).

Стенові випробування та дослідження виконували на лемішах у кількості по 10 штук кожного виду: нові, що виготовлені зі сталі 65Г; нові, що виготовлені зі сталі 65Г та додатково зміцнені вібраційною обробкою; нові, що виготовлені зі сталі Л53; нові, що виготовлені зі сталі Л53 та додатково зміцнені вібраційною обробкою.

Статистичну обробку результатів експериментальних досліджень проведено за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel та Statistica.

Дослідженнями було встановлено, що величина зносу носка Δh досягла 33,2...40,5 мм, що складає 56% довжини носка досліджуваних лемішів. У наслідок великої ймовірності зносу, що перевищує допустимий – не більше 40%. Отже, параметр Δh можна вважати критерієм відмови.

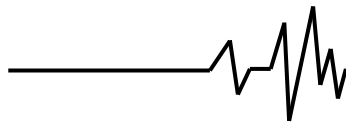
Найбільш значним геометричним параметром, що впливає на ресурс леміша, є глибина зносу – a , яка визначає залишкову товщину Δa частини леміша:

$$\Delta a = 10 - a, \quad (1)$$

де 10 – товщина леміша; a – максимальна величина зносу.

Проведеними дослідженнями встановлено, що максимальна глибина зносу 2,4...3,3 мм відбувається у верхній та середній частинах леміша. Зношування по глибині зафіксований у 79% лемешів. Таким чином, глибину зносу лемішів можна вважати критерієм відмови.

Згин (u) леміша у досліджуваних варіантах склав 0,45...0,69 мм. Цей параметр не буде викликати відмови, тому що усувається



за допомогою стяжних болтів при встановленні леміша.

Отже, критеріями граничного стану лемішів можна вважати величину зношування носка (Δh) і залишкову товщину (Δa) стінки леміша.

Якість лемішів залежить від ряду факторів. В якості параметрів оптимізації при

багатофакторному експерименті були вибрані геометричні параметри величини зносу носка леміша (Δh) та залишкової товщини стінки нових лемішів зі сталей Л53 та 65Г, що додатково зміцнені вібраційною обробкою. Результати проведених експериментальних досліджень наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень лемішів, що відновлені вібраційним зміцненням

№ досліду	Частота коливань, $n, \text{хв}^{-1}$	Амплітуда коливань $A, \text{мм}$	Час зміцнення $t, \text{с}$	Величина зношування, мм			
				Сталь Л53		Сталь 65Г	
				Δa_1	Δh_1	Δa_2	Δh_2
1	700	0,25	10	1,5	1,5	1,7	1,5
2	700	0,25	20	1,2	1,2	1,6	1,4
3	700	0,25	30	1,4	1,5	1,5	1,1
4	700	0,5	10	1,3	1,3	1,2	1,2
5	700	0,5	20	1,1	1,1	1,0	0,8
6	700	0,5	30	1,3	1,2	1,2	1,1
7	700	0,75	10	1,5	1,5	1,6	1,4
8	700	0,75	20	1,4	1,3	1,5	1,2
9	700	0,75	30	1,4	1,5	1,6	1,4
10	1400	0,25	10	1,5	1,4	1,3	0,8
11	1400	0,25	20	0,5	1,2	0,5	1,2
12	1400	0,25	30	1,1	1,1	1,4	1,3
13	1400	0,5	10	1,1	0,8	1,2	1,2
14	1400	0,5	20	0,3	0,5	0,4	0,5
15	1400	0,5	30	0,4	0,7	0,5	1,0
16	1400	0,75	10	1,1	1,2	1,5	1,1
17	1400	0,75	20	0,9	1,1	1,2	1,2
18	1400	0,75	30	1,1	1,0	1,2	1,2
19	2100	0,25	10	1,0	1,2	1,4	1,4
20	2100	0,25	20	1,2	1,3	1,4	1,0
21	2100	0,25	30	1,3	1,3	1,4	1,3
22	2100	0,5	10	1,4	1,5	1,3	1,2
23	2100	0,5	20	1,1	1,0	1,0	0,8
24	2100	0,5	30	1,1	1,1	1,6	1,0
25	2100	0,75	10	1,5	1,4	1,7	1,5
26	2100	0,75	20	0,9	1,0	1,2	1,3
27	2100	0,75	30	1,4	1,5	1,6	1,5

За результатом проведеного регресійного аналізу (за допомогою програмного забезпечення Statistica 10), були отримані наступні параметри рівнянь:

- вплив факторів на залишкову товщину стінки леміша, що виготовлений зі сталі Л53:

$$\Delta a_2 = 4,4372 - 0,0024X_1 - 3,1332 X_2 - 0,1346 X_3 + 8,2762 \cdot 10^{-7} X_1^2 + 3,2887 X_2^2 + 0,0033 X_3^2, \quad (2)$$

- вплив факторів на залишкову товщину стінки леміша, що зі сталі 65Г: виготовлений

$$\Delta a_2 = 5,1114 - 0,0025X_1 - 4,4224 X_2 - 0,1185 X_3 + 8,8437 \cdot 10^{-7} X_1^2 + 6,6656 X_2^2 + 0,0027 X_3^2, \quad (3)$$

- вплив факторів на величину зношування носка леміша, що виготовлений зі сталі Л53:

$$\Delta h_2 = 4,0292 - 0,0017 X_1 - 4,4449 X_2 - 0,08 X_3 + 6,3489 \cdot 10^{-7} X_1^2 + 4,4439 X_2^2 + 0,0023 X_3^2, \quad (4)$$



- вплив факторів на величину зношування носка леміша, що виготовлений зі сталі 65Г:

$$\Delta h_2 = 2,2219 - 0,0008 X_1 - 4,4619 X_2 - 0,073 X_3 + 3,0611 \cdot 10^{-7} X_1^2 + 4,78 X_2^2 + 0,0016 X_3^2, \quad (5)$$

де X_1 – частота коливань в кодованій формі; X_2 – амплітуда в кодованій формі; X_3 – час зміцнення в кодованій формі.

Вплив основних параметрів на величину зносу леміша оцінювали коефіцієнтом регресії, який визначає ступінь взаємозв'язку між факторами та результативними показниками.

У результаті аналізу математичної моделі (2-5) на умовах мінімум і максимум, можна зазначити, що для збільшення зносостійкості відновлюваних лемешів вібраційне зміцнення необхідно проводити при частоті коливань оброблюваного інструменту – 1400 хв^{-1} , амплітуді коливань – 0,5 мм, та тривалості зміцнення – 20 с.

Твердість матеріалу на поверхні леза леміша складала:

- нових лемешів, що виготовлені зі сталі Л53 та зміцнені вібраційним деформуванням – 65...69 HRC;

- нових лемешів, що виготовлені зі сталі 65Г та зміцнені вібраційним деформуванням – 58...60 HRC.

Проведеними дослідженнями встановлено:

- в результаті вібраційного впливу на 23...27% збільшується твердість обробленої поверхні;

- при вібраційному деформуванні мікроструктура матеріалу подрібнюється та стає більш рівномірною (рис. 1, 2).

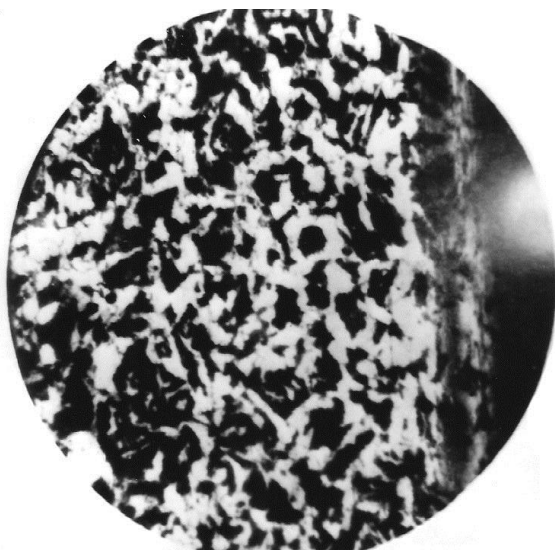


Рис. 1. Мікроструктура матеріалу леміша після вібраційного зміцнення, x400

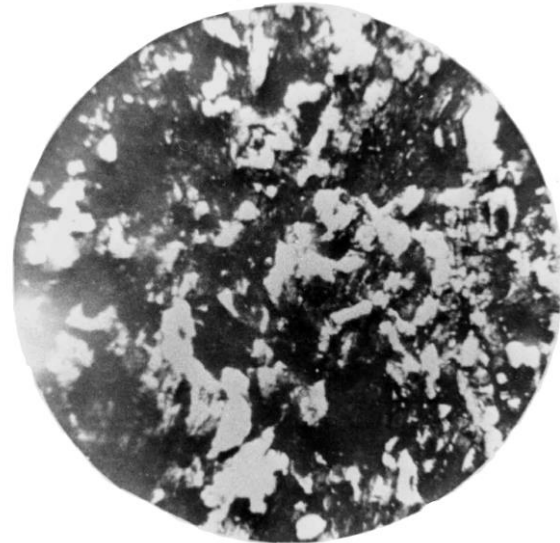


Рис. 2. Мікроструктура матеріалу леміша без вібраційного зміцнення, x400

Зміну твердості по глибині матеріалу лемешів показано на рис.3.

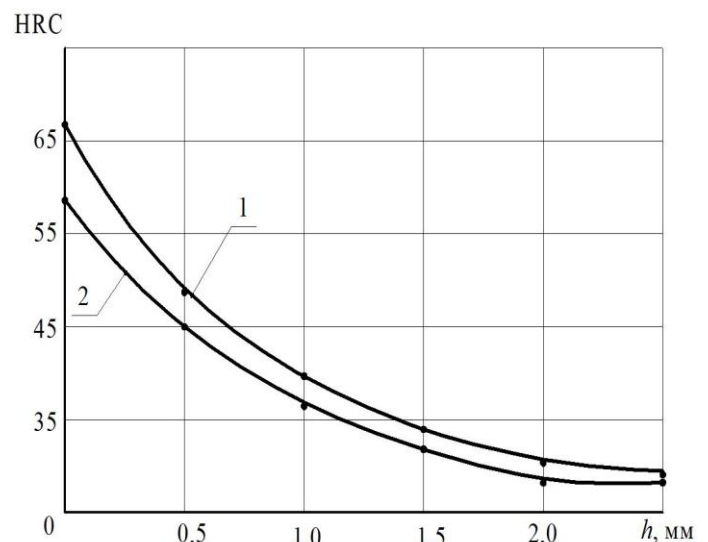


Рис. 3. Зміна твердості по глибині матеріалу лемешів: 1 – нових зі сталі Л53, що зміцнені вібраційним деформуванням; 2 – нових зі сталі 65Г, що зміцнені вібраційним деформуванням;

Як видно із рис.3, зміна твердості по глибині матеріалу лемешів має ідентичний характер. Після вібраційного зміцнення мікроструктура матеріалу подрібнюється та стає більш рівномірною.

Твердість матеріалу по поверхнях лез лемешів складала: нових, що виготовлені зі сталі Л53 та оброблені вібраційним зміцненням –



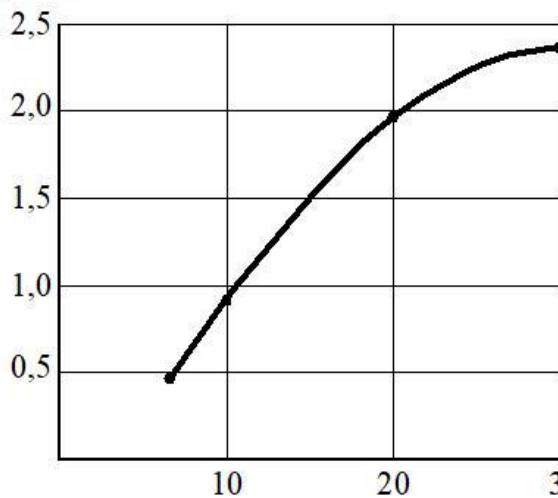
65...67 HRC; нових, що виготовлені зі сталі 65Г та оброблені вібраційним зміцненням – 55...58 HRC.

Аналіз отриманих результатів твердості матеріалу леза лемішів свідчить, що вплив розглянутих характеристик залежить як від матеріалу лемешів, так і від вібраційного зміцнення поверхні лемешів.

Величина деформації є одним з основних параметрів відновлення робочих поверхонь плужних лемішів, що слугує для компенсації її зносу. У зв'язку з цим, важливим є встановлення залежності між величинами зміни ширини леміша, товщини його леза при деформуванні, амплітуда коливань інструмента та час зміцнення.

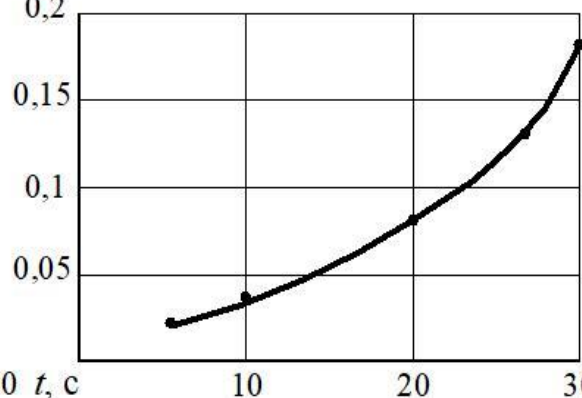
Окрім режимів обробки на геометрію леміша здійснює вплив і форма використовуваного інструмента для такої

Δh , мм



а)

Δa , мм



б)

Рис. 4. Зміна величини деформацій ширини леза Δh (а) та різниці товщини леміша Δa (б) від тривалості деформації

Проведені дослідження показали, що можна виділити три характерні частини зносу лез леміша в залежності від часу роботи: зношування носка, середньої частини та п'ятки. Носок леміша по інтенсивності зношування випереджає зношування других його частин.

Розподіл зношування по довжині леміша має нерівномірний характер, який зумовлений, на нашу думку, наступними двома основними факторами: різною зносостійкістю окремих частин леза та складом ґрунту, що обробляється. Інтенсивність зношування

обробки. Визначення схеми деформування відновлюваної поверхні являється важливим щодо забезпечення ефективної роботи та довговічності леміша.

При зміцненні ріжучої кромки поверхні зразка робочим інструментом, що має форму леміша, як показали проведені дослідження, інтенсивність приросту ширини леза леміша в 2,4 рази більше. Нерівномірність деформації по ширині ріжучої кромки при цьому зменшується в 2,8...3,3 рази, а величина зміцнення матеріалу леза леміша в 1,7...2,2 рази більша.

На основі отриманих експериментальних даних побудовані графічні залежності зміни величини деформації ширини леза Δh леміша та його товщини Δa при амплітуді робочого органу $A=0,5$ мм і часу обробки t . (рис. 4).

носової частини в 1,41...1,48 рази більше у порівнянні з інтенсивністю зношування інших частин. Внаслідок цього, носок леміша постійно втрачає свою виступаючу форму.

Так як носок леміша забезпечує необхідне його заглиблення та стійкість роботи плуга, то втрата його форми є однією із причин погіршення якості оранки [3].

Результати стендових випробувань зразків ріжучих елементів на знос подані в табл. 2.



Таблиця 2

Зміна зносу по ширині ріжучого елемента в залежності від часу роботи

Варіант леміша	Зношування по ширині, мм			
	Інтенсивність зношування, мм			
	6 год	12 год	18 год	24 год
1	2	3	4	5
1. Нові зі сталі 65Г без зміцнення	$\frac{0,45}{0,075}$	$\frac{0,92}{0,076}$	$\frac{1,23}{0,067}$	$\frac{1,65}{0,068}$
2. Нові зі сталі Л53, після вібраційного зміцнення	$\frac{0,24}{0,041}$	$\frac{0,54}{0,045}$	$\frac{0,75}{0,042}$	$\frac{0,97}{0,041}$
3. Нові зі сталі 65Г, після вібраційного зміцнення	$\frac{0,29}{0,049}$	$\frac{0,60}{0,051}$	$\frac{0,82}{0,045}$	$\frac{1,12}{0,048}$

Аналіз отриманих даних свідчить, що знос по ширині робочого елемента збільшується зі збільшенням часу роботи, що передусім залежить від виду обробки, матеріалу та технологічних режимів.

Так, для лемішів із сталі 65Г, що оброблені вібраційним зміцненням, величина зносу після 6 годин роботи в 1,74 рази менше в порівнянні з новими зразками зі сталі 65Г.

Зменшення величини зносу лемешів, що оброблені вібраційним зміцненням в зоні ріжучих елементів, можна пояснити ущільненням матеріалу внаслідок зміни його структури під час вібраційного деформування та покращенням його властивостей.

Висновки. Вібраційна обробка матеріалу деталей під час відновлення або виготовлення дає змогу підвищити міцність поверхонь та сприяє збільшенню їх ресурсу у процесі експлуатації.

Список використаних джерел

1. Рибак Т. І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. Тернопіль : ВАТ «ТВПК», 2003. 323 с.

2. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Р. Г. Сільськогосподарські машини. Київ : Каравелла, 2004. 552 с.

3. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Харків : Око, 2001. Т. 1. 444 с.

4. Вибрационные колебания в технологических процессах упрочнения / А. А. Дудников и др. *Технический сервис агропромышленного, лесного и транспортного комплексов ХНТУСХ*. 2016. №5. С. 21–26.

5. Бойко А. И., Балабуха А. В. Упрочнение лезвий, как метод управления их

геометрической формой при изнашивании. *Вісник ХДТУСГ*. 2000. Вип.4. С. 49–56.

6. Dudnykov A., Belovod A., Pasyuta A., Horbenko A, Kelemech A. Dynamics of wear of the cutting elements of tillers. *Annals of Warsaw University of live Sciences. SGGW. (Agricultural and Forest Engineering)*. 2015. № 65. P. 15–19.

Reference

1. Rybak, T. I. (2003). *Poshukove konstruyuvannya na bazi optymizatsiyi resursu mobil'nykh sil'skohospodars'kykh mashyn [Search design based on resource optimization of mobile agricultural machines]*. Ternopil': VAT «ТВПК» [In Ukrainian].

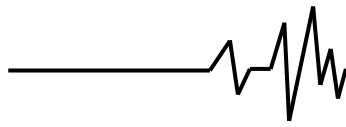
2. Voytyuk, D. H., & Havrylyuk, R. H. (2004). *Sil'skohospodarski mashyny [Agricultural machinery]*. Kyiv: Karavela [In Ukrainian].

3. Zayika, P. M. (2001). *Teoriya sil'skohospodars'kykh mashyn [Theory of agricultural machinery]*. Kharkiv: Oко [In Ukrainian].

4. Dudnykov, A. A., Lapenko, T. H., Dudnyk, V. V., & Kanivets, A. V. (2016). *Vybratsyonnye kolebannya v tekhnolohyeheskykh protsessakh uprochnenyya [Vibrational vibrations in technological hardening processes]*. *Tekhnichnyy servis ahropromyslovoho, lisovoho ta transportnoho kompleksiv – Technical service of agro-industrial, forestry and transport complexes*, 5, 21-26 [in Russian].

5. Boyko, A. Yu., & Balabukha, A. V. (2000). *Uprochnenye lezvy, kak metod upravlenyya ykh heometrycheskoy formoy pry yznashyvanny [Hardening of blades as a method of controlling their geometric shape during wear]*. *Visnyk KHDTUS – Herald KHDTUS*, 4, 49-56 [in Russian].

6. Dudnykov, A., Belovod, A., Pasyuta, A., Horbenko, A, & Kelemech, A. (2015). Dynamics of wear of the cutting elements of tillers. *Annals of*



Warsaw University of Life Sciences. SGGW.
(Agricultural and Forest Engineering), 65, 15-19.

ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛА ДЕТАЛЕЙ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ УПРОЧНЕНИИ

Проведен анализ работы почвообрабатывающих машин, выявлены причины отказов их рабочих органов (лемехов) в процессе эксплуатации.

Проведены исследования изменения характеристик материала режущих элементов почвообрабатывающих машин после вибрационного упрочнения, а также влияния упрочнения на прочность восстанавливаемых плужных лемехов. Экспериментально установлены параметры вибрационного упрочнения плужных лемехов.

Проведены микроструктурные исследования с целью выявления влияния метода обработки на свойства материала лемехов. Выявлены критерии предельного состояния лемехов. Проведенные стендовые испытания плужных лемехов на установке позволяют регулировать интенсивность их изнашивания.

Установлено, что глубина износа материала лемеха является наиболее значимым геометрическим параметром, влияющим на его ресурс.

Экспериментальными исследованиями установлены значения основных параметров вибрационного упрочнения: частота и амплитуда колебаний обрабатываемого рабочего инструмента и времени упрочнения. Определены значения степени упрочнения материала режущей кромки восстановленных плужных лемехов.

Установлена зависимость между величинами изменения ширины лемеха, толщины его лезвия при деформировании. Установлено, что кроме режимов обработки на геометрию лемеха оказывает влияние форма обрабатываемого инструмента. Выявлен неравномерный характер изнашивания по длине лемеха.

Приведены результаты изменения износа по ширине режущего элемента и интенсивности его изнашивания в зависимости от времени работы. Установлено, что величина изнашивания режущего элемента лемеха зависит от технологических режимов обработки и материала.

Проведенные стендовые исследования указанных вариантов лемехов с целью проверки эксплуатационной надежности восстановленных и упрочненных вибрационным способом плужных лемехов. Установлено, что наименьшую

изнашиваемость имели лемеха из стали 65Г, обработанные вибрационным упрочнением, что объясняется вследствие изменения структуры его материала при вибрационном упрочнении.

Ключевые слова: *пластическое деформирование, вибрационное упрочнение, степень упрочнения, режимы упрочнения, микроструктура, поверхности износа, интенсивность изнашивания, эксплуатационная надежность.*

CHARACTERISTICS OF THE PARTS MATERIAL WITH VIBRATION HARDENING

The analysis of the work of tillage machines is carried out, the reasons for the failures of their working bodies (plowshares) during operation are revealed.

Research has been carried out on the change in the characteristics of the material of the cutting elements of soil-cultivating machines after vibration hardening, as well as the effect of hardening on the strength of restored plow shares. The parameters of vibration hardening of plow shares are experimentally determined.

Microstructural studies were carried out in order to reveal the influence of the processing method on the properties of the plowshares material. Criteria for the limiting state of plowshares are revealed. Bench tests of plow shares at the installation allow you to adjust the intensity of their wear.

It has been established that the depth of wear of the ploughshare material is the most significant geometric parameter affecting its resource.

Experimental studies have established the values of the main parameters of vibration hardening: the frequency and amplitude of oscillations of the working working tool and the hardening time. The values of the degree of hardening of the material of the cutting edge of the reconditioned plow shares have been determined.

The relationship between the values of the change in the width of the ploughshare and the thickness of its blade during deformation has been established. It was found that, in addition to the processing modes, the shape of the processing tool affects the geometry of the share. An uneven wear pattern along the length of the share is revealed.

The results of changes in the wear along the width of the cutting element and the intensity of its wear depending on the operating time are given. It has been established that the amount of wear of the plowshare cutting element depends on the technological modes of processing and the material.

Conducted bench studies of the specified variants of plowshares in order to check the



operational reliability of the restored and vibration-hardened plow shares. It was found that the plowshares made of 65G steel, treated by vibration hardening, had the lowest wear rate, which is explained by the change in the structure of its material during vibration hardening.

Keywords: *plastic deformation, vibration hardening, degree of hardening, hardening modes, microstructure, wear surfaces, wear rate, operational reliability.*

Відомості про авторів

Дудніков Анатолій Андрійович – кандидат технічних наук, професор, професор кафедри технології та засоби механізації аграрного виробництва Полтавської державної аграрної академії (вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, e-mail: anatolii.dudnikov@pdaa.edu.ua)

Дудніков Анатолій Андреевич – кандидат технічних наук, професор, професор кафедри технології та засоби механізації аграрного виробництва Полтавської державної аграрної академії (вул. Сковороди, 1/3, г. Полтава, 36003, e-mail: anatolii.dudnikov@pdaa.edu.ua)

Dudnikov Anatoly – Candidate of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology and Means of Mechanization of Agricultural Production of the Poltava State Agrarian Academy (1/3 Skovoroda St., Poltava, 36003, e-mail: anatolii.dudnikov@pdaa.edu.ua)

Дудник Володимир Васильович – кандидат технічних наук, доцент кафедри безпеки життєдіяльності Полтавської державної аграрної академії (вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, e-mail: volodymyr.dudnyk@pdaa.edu.ua)

Дудник Владимир Васильевич – кандидат технічних наук, доцент кафедри безпеки життєдіяльності Полтавської державної аграрної академії (вул. Сковороди, 1/3, г. Полтава, 36003, e-mail: volodymyr.dudnyk@pdaa.edu.ua)

Dudnyk Volodymyr – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety of Poltava State Agrarian Academy (1/3 Skovoroda St., Poltava, 36003, e-mail: volodymyr.dudnyk@pdaa.edu.ua)

Бурлака Олексій Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології та засоби механізації аграрного виробництва Полтавської державної аграрної академії (вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, e-mail: oleksii.burlaka@pdaa.edu.ua)

Бурлака Алексей Анатольевич – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології та засоби механізації аграрного виробництва Полтавської державної аграрної академії (вул. Сковороди, 1/3, г. Полтава, 36003, e-mail: oleksii.burlaka@pdaa.edu.ua)

Burlaka Oleksiy – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology and Means of Mechanization of Agricultural Production of Poltava State Agrarian Academy (1/3 Skovoroda St., Poltava, 36003, e-mail: oleksii.burlaka@pdaa.edu.ua)

Канівець Олександр Васильович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології та засоби механізації аграрного виробництва Полтавської державної аграрної академії (вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, e-mail: oleksandr.kanivets@pdaa.edu.ua)

Канівець Александр Васильевич – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології та засоби механізації аграрного виробництва Полтавської державної аграрної академії (вул. Сковороди, 1/3, г. Полтава, 36003, e-mail: oleksandr.kanivets@pdaa.edu.ua)

Kanivets Oleksandr – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology and Means of Mechanization of Agricultural Production of Poltava State Agrarian Academy (1/3 Skovoroda St., Poltava, 36003, e-mail: oleksandr.kanivets@pdaa.edu.ua)