

Лузан С.О.,  
Петренко Д.М.,  
Михєєв Ю.Р.

Харківський національний  
технічний університет  
сільського господарства  
імені Петра Василенка  
E-mail: khadi.luzan@gmail.com

АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ТА МЕТОДІВ  
ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧИХ  
ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН  
(ОГЛЯД)

УДК 631.3.004.8:339.13

Виконано огляд науково-технічної літератури з проблеми підвищення зносостійкості відновлюваних в процесі ремонту робочих органів ґрунтово-обробних машин. Обґрунтовано перспективність застосування для відновлення деталей наплавленням і газотермічними методами напівлення композиційних матеріалів, отриманих із застосуванням СВС-процесу.

**Ключові слова:** композиційний матеріал, компоненти, робочий орган, знос.

**Вступ.** Робочі органи ґрунтообробних машин експлуатуються в абразивному ґрунтовому середовищі і інтенсивно зношуються, змінюючи свою форму і розміри, тому їх доводиться часто замінювати або ремонтувати. Цьому сприяє ущільнення ґрунту в зв'язку зі збільшенням маси машин і робочих швидкостей, що, в свою чергу, призводить до збільшення навантаження на робочі органи ґрунтообробних машин.

Тому актуальною стає задача розробки і застосування ефективних технологій і матеріалів для забезпечення довговічності відновлених ґрунтообробних робочих органів сільськогосподарських машин.

**Аналіз умов роботи робочих органів ґрунтообробних машин.** В сільськогосподарському виробництві обробку ґрунту виконують робочі органи ґрунтообробних машин: лемеші плугів, стрілочасті та односторонні лапи культиватора, різні конструкції сошників, диски борін, диски лушпильника, розпушувачі та ін. [1]. В середовищі ґрунту робочі органи підлягають інтенсивному абразивному зношуванню [2-4]. Типовими представниками робочих органів ґрунтообробних машин з різальними елементами є лапи культиваторів, призначені для розпушування ґрунту, знищення бур'янів і перемішування частинок ґрунту. Їх форма (рис. 1) залежить від виду і типу оброблюваної культури, стадії її розвитку і стану ґрунту, а основні параметри обумовлені ДСТУ 7328:2013 та ДСТУ 7329:2013.

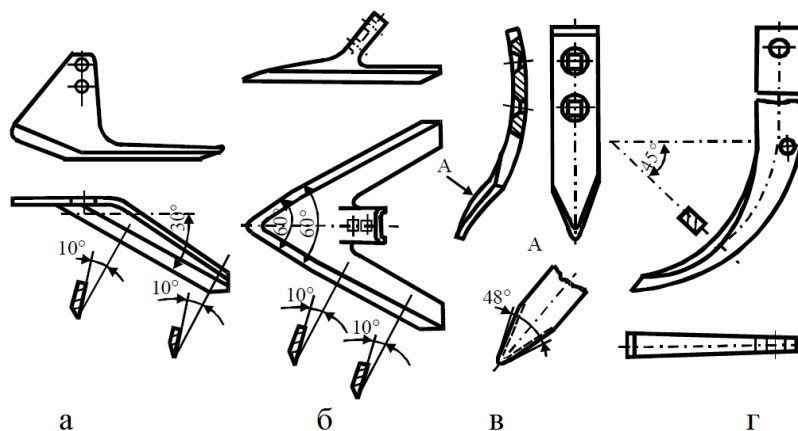


Рис. 1 – Лапи культиваторів:

а – плоскорізьальна одностороння; б – плоскорізьальна стрілочаста з хвостовиками;  
в – розпушуюча списоподібна; г – розпушуюча долотоподібна

Для найбільш розповсюджених культиваторів КПС-4 використовують стрілочасті лапи шириною захвату  $B = 270$  і  $330$  мм і товщиною 5 або 6 мм. Технічні вимоги передбачають їх виготовлення із сталі, що за фізико-механічними властивостями має бути не нижче марки 65Г (ДСТУ 3683-98). Твердість різальної крайки лапи, виготовленої без наплавлення, після термообробки в загартованій зоні повинна складати  $HRC_e 44...54$  і не більше  $HB 352$  в незагартованій зоні [5, 6]. Для наплавлених лап оговорюється лише максимальна товщина різальної крайки – 0,5 мм. Хвилястість різального елемента по крайці не повинна бути більше 2 мм при нерівності різальної крайки по висоті не більше 0,4 мм. Наявність тріщин в основному металі лап не допускається. ДСТУ не регламентує склад зміцнювального твердого сплаву, проте, обумовлює напрацювання на одну лапу – 30 Га. При виконанні операцій обробки ґрунту швидкість переміщення культиватора знаходиться в межах 1,25...3,3 м/с.

У ряді робіт [7 – 9] відзначається, що головною причиною абразивного зносу робочих органів ґрунтообробних машин є багаторазове пластичне деформування одних і тих же мікрооб'ємів металу, яке викликає відділення частинок з поверхні. Під терміном «абразивний знос» І.В. Крагельський [7] розуміє руйнування поверхні тертя під впливом твердих частинок, що дряпають, або тих, що ріжуть метал. В роботі М.М. Тененбаума [9] процес абразивного зношування розділений на чотири основних види:

- руйнування матеріалу різанням;
- руйнування матеріалу шляхом відриву (крихке руйнування);
- руйнування матеріалу при багаторазовому деформуванні мікрооб'ємів по-поверхневого шару (утомлюючереуйнування);
- полідеформаційний процес руйнування матеріалів (спільний прояв трьох вищезазначених руйнувань, включаючи руйнування в результаті перенаклепування).

На абразивне зношування робочих органів ґрунтообробних машин впливають вологість, механічна структура ґрунту, швидкість відносного переміщення і ін. [8-10].

В даний час для опису процесу абразивного зношування існує дві моделі [11 – 13], що відрізняються одна від одної характером взаємодії абразивних частинок з поверхнею металу:

- механохімічне руйнування поверхневого шару (пластичне деформування мікрооб'ємів, їх окислення з подальшим руйнуванням оксидних плівок);
- механічне пошкодження поверхневого шару (впровадження абразивних частинок і подальше руйнування без зняття мікростружки).

Механохімічна модель абразивного зношування [11] має наступні фази:

- механічний контакт;
- пружно-пластичну деформацію;
- активацію (утворення тонкого шару деформованого металу);
- миттєву пасивацію (взаємодії активованого металу з хімічно активними компонентами ґрунту, утворення вторинних структур);
- руйнування вторинних структур подальшим механічним впливом.

Товщина вторинних структур може становити для різних типів ґрунтів, вологості і кислотності рН 0,01-0,05 мкм [14].

Механічна модель процесу абразивного зносу включає:

- механічний контакт;
- пружно-пластичну деформацію;
- впровадження абразивних частинок і руйнування поверхневих обсягів без відділення частинок основного металу або зняття мікростружки.

Основний вплив на абразивний знос робочих органів ґрунтообробних машин надає зміст абразиву (кварцового піску) в ґрунті. Якщо величину абразивного зносу на глинистих ґрунтах прийняти за 1,0, то на піщаних вона складе 1,5; на суглинках – 1,9; на супесі – 2,3 [15].

Абразив (кварцовий пісок) дряпає або знімає мікростружку з поверхні робочих органів ґрунтообробних машин, але на швидкість зносу впливає і присутня в ґрунті волога, яка має певну кислотність рН [16].

Зі збільшенням вологості ґрунту і фракцій абразиву (0,25-1,00 мм) величина зносу збільшується на 25–50 % [17].

Встановлено, що зі збільшенням вологості суглинних і глинистих ґрунтів різних генетичних типів (від повітряно-сухого стану до 60-80% відносної вологості) значення коефіцієнта тертя ґрунту по шліфованій сталі зростає, а після досягнення максимального значення - зменшується (рис. 2, криві 3 і 4) [18].

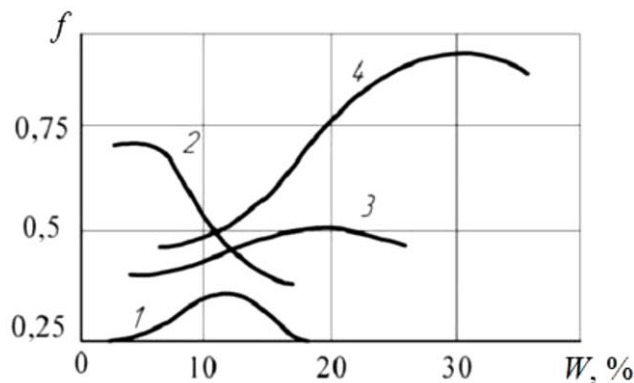


Рис. 2 – Зміна коефіцієнту тертя ґрунту по сталі в залежності від вологості:  
1 – піщаний ґрунт; 2 – супіщані ґрунти; 3 – середній суглинок; 4 – важкі суглинки і глини

При цьому чим важче механічний склад ґрунту, тобто чим більше в ньому вміст глинистих частин, тим більше значення коефіцієнта тертя ґрунту у вологому стані по сталі.

Збільшення значення коефіцієнта тертя на глинистих і суглинних ґрунтах зі збільшенням вологості пояснюється зростанням сил міжмолекулярної взаємодії частинок ґрунту зі сталеву поверхнею, а зниження після переходу максимуму - появою на поверхні контакту вільної води, яка виконує роль «мастила» [19].

Межі зміни коефіцієнта тертя піщаних ґрунтів по сталі, обумовлені збільшенням вологості ґрунту, досліджені ще недостатньо, тому криві 1 і 2, зображені на рис. 2, є гіпотетичними.

При збільшенні вологості пухких піщаних ґрунтів від гігроскопічної до максимальної капілярності коефіцієнт тертя досягає максимального значення. При подальшому збільшенні вологості коефіцієнт тертя знижується. Це пояснюється наступним чином: при невеликій вологості ґрунту ковзання сталі по поверхні пухкого піску супроводжується перекатом шару піщинок, що знижує коефіцієнт тертя. Підвищення вологості піску збільшує міжмолекулярні зв'язки, зменшується рухливість шару піщинок, відбувається прилипання ґрунту до поверхні, що призводить до збільшення коефіцієнту тертя. Подальше зволоження піщаного ґрунту супроводжується появою вільної води, яка змащує поверхню тертя, коефіцієнт тертя при цьому знижується [20].

Максимальне значення коефіцієнту тертя ковзання сталі по піщаному ґрунту, що знаходиться в зв'язаному стані, спостерігається при невеликій вологості (рис. 2, крива 2). Піщинки ґрунту, взаємодіючи зі сталлю, викликають її інтенсивний абразивний знос (дряпаючи її подібно наждачному паперу). Збільшення вологості ґрунту призводить до її розм'якшення, знижується міцність закріплення в ґрунті піщинок, що зменшує коефіцієнт тертя.

Аналіз робіт, присвячених вивченню явища тертя і зношування, показав, що немає єдиної думки про вплив швидкості переміщення ґрунту по сталі на коефіцієнт тертя ковзання. Так ряд авторів [21, 22] вважають, що зростання швидкості ковзання призводить до збільшення коефіцієнту тертя, інші [23] стверджують зворотне. При швидкостях ковзання ґрунту по сталі в межах 0,5-4,0 м / с коефіцієнт тертя ковзання змінюється незначно і не впливає на знос.

Працездатність лемешних плугів багато в чому залежить від стану лемешу. Лемеш, підрізаючи пласт ґрунту, відчуває найбільший тиск в носовій частині і менше на кромці леза. Так, при глибині оранки  $h = 22$  см і швидкості  $v = 1,4$  м / с. Тиск на носі лемешу досягає 1,6-1,8 МПа [17].

При оранці ущільнених ділянок ґрунту, а також ґрунтів, засмічених камінням, тиск при наїзді лемешу плуга на камінь збільшується «стрибкоподібно». При наїзді на камінь надмірно зростає напруга контакту леза з каменем, що викликає викришування і пластичну деформацію леза в результаті як механічних перевантажень, так і миттєвого збільшення температури в зоні контакту при наїзді лемешу на камінь. За даними роботи [24] тиск за час контакту збільшується в десять разів і більше (0,04-0,10 с) в порівнянні з нормальними умовами.

Іншим негативним результатом кам'янистих включень є затуплення і знос лез. Затуплення лез робочих органів ґрунтообробних машин погіршує підрізання бур'янів і збільшує тягове опір машин, порушує стійкість їх ходу по глибині.

Ресурсні випробування лемешів при оранці ґрунтів, що містять абразив у вигляді кварцового піску, показали, що до 50% їх вибраковують через вигин і поломки носку, при цьому знос леза не досягає граничного стану. На чорноземах більш інтенсивно зношується лезо лемешу. Після напрацювання 3-4 га він набуває заокруглену форму і потрібне відновлення леза відтягненням [25].

На піщаних ґрунтах робочі органи ґрунтообробних машин, відновлені традиційними методами наплавлення, працюють незадовільно. Ресурс відновленого лемешу становить, як і для нового, 5-6 га [26]. Необхідні аналіз причин низького ресурсу і вдосконалення технології зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин.

При обробці міжрядь і при передпосівної обробці ґрунту в основному використовуються культиватори, їх основний робочий орган – культиваторні лапи. У РФ виготовляються вони з сталей 65Г, 43Л і Л53, які в загартованому стані мають твердість НРС 37 ... 43, задовільні показники відносного подовження –  $\delta = 6,5-7,2\%$ , але низька межа міцності  $\sigma_b = 880-1080$  МПа.

Практика експлуатації показала, що ресурс їх на різних ґрунтах не перевищує 14-19 Га, хоча за технічними вимогами він повинен бути не менше 25 Га. Характерний профіль зносу робочих органів ґрунтообробних машин показаний на рис. 3 [27].

З абразивних частинок, присутніх в ґрунтах і діючих на робочі органи ґрунтообробних машин, переважає кварц (НВ 10,5-12,5 ГПа) і польовий шпат (НВ 6,5-7,2 ГПа) [28]. Ці два мінерали, будучи основою піщаних і супіщаних ґрунтів, пояснюють швидкий знос робочих органів.

Таким образом, в процессе эксплуатации рабочие органы почвообрабатывающих машин подвергаются ударно-абразивному износу, вызванному контактом с частицами почвы и камнями. Установлены следующие факторы влияющие на износ рабочих органов почвообрабатывающих машин: механический состав почвы, структура материала, влажность, твердость, давление и скорость относительного перемещения почвы по поверхности рабочих органов.

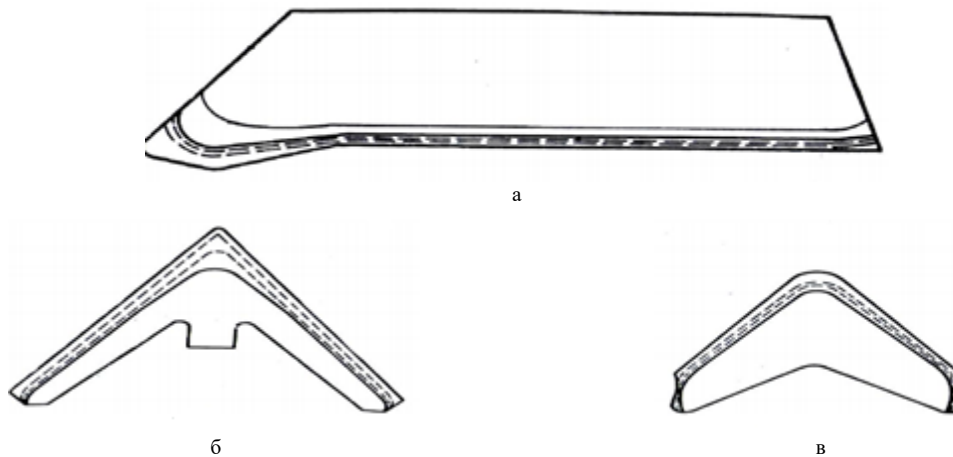


Рис. 3 – Профіль зносу робочих органів ґрунтообробних машин:  
а – лемеш плугу; б – лапа культиватора із захватом 270 мм; в – лапа культиватора із захватом 150мм

**Матеріали і методи підвищення зносостійкості.** При виборі методу відновлення і зміцнення необхідно враховувати не тільки технологічні та економічні критерії, а й забезпечення реалізації ефекту самозаточування робочих органів.

Сутність ефекту самозаточування полягає у вибіркового зносі неоднорідного по перерізу леза, при якому зберігаються необхідна форма і ріжучі властивості робочого органу [29].

Термічна обробка є однією з найпоширеніших технологічних операцій для зміцнення. Твердість металу досягає HRC 40-46 для сталі 45, HRC 55-61 - для сталі 65Г і легованих сталей. Зносостійкість таких робочих органів менше в порівнянні з деталями, виготовленими зі спеціальних матеріалів. При застосуванні таких робочих органів на суглинних ґрунтах не спостерігається самозаточування [30].

Знос культиваторних лап з індукційним загартовуванням (ширина шару гарту - 8-10 мм, HRC 48-52) за сезон складе 30 мм, при цьому не забезпечується якість обробки.

Застосування для зміцнення робочих органів лазерної термообробки в 1,5 рази знижує знос в порівнянні з об'ємним гартуванням. Лазерне наплавлення сплавом ПС-14-60 + 6% В4С знижує знос в 1,7-1,8 рази в порівнянні з індукційним загартовуванням [31].

Наплавлення дозволяє підвищити зносостійкість деталей машин. Наплавлювальні матеріали - самозахисні порошкові дроти типу ПП-АН170 (ПП-АН170М), забезпечують утворення наплавленого шару твердістю HRC 60-65. Регулювання геометрії наплавленого шару (висота, глибина, крок наплавлення), а також співвідношення твердості наплавлених ділянок і основного металу в межах 1,5: 1,0; 1,0: 1,0 визначають оптимальну зносостійкість і самозагострювання [31]. Леза робочих органів із змінною геометрією наплавлення в процесі обробки ґрунту через різницю в зносостійкості основного і наплавленого шарів самозаточуються і утворюють хвилясто-ступінчасту форму леза, знижуючи при цьому тяговий опір орного агрегату [32].

Є дані експериментів по зміцненню лемешів плугів наплавленням зношувальної частини електродом Т-590 і порошковим сплавом «Сормайт-1», що утворюють в структурі наплавленого шару карбідні включення, що підвищують мікротвердість і його опір зносу.

Широке застосування наплавлення для зміцнення робочих органів сільськогосподарських машин стримується через значне проплавлення основного металу і деформації наплавлених деталей [33].

Способи газотермічного напилення (ГТН) застосовуються для відновлення робочих органів сільськогосподарських машин, які дозволяють скоротити час проведення робіт по відновленню і знизити їх вартість. Для газотермічного напилення зносостійких покриттів застосовуються порошки на основі нікелю (ГОСТ 21448-75, ТУУ 322-19-004-96, ТУ ІЕЗ 374-83). Однак вони не завжди забезпечують необхідний ресурс їх роботи в умовах сухого тертога, які найчастіше ніжчі за імпорتنі аналоги в 1,5 - 2 рази [34].

Одним з перспективних напрямків є використання для відновлення і зміцнення композиційних матеріалів, які володіють цілим комплексом властивостей в залежності від складу компонентів. Так, наприклад, розроблені композиційні порошки, синтезовані із застосуванням СВС-процесу, які застосовуються для напилення зносо- і корозійно-стійких покриттів плазмовим, детонаційними і високошвидкісним газополуменевим способами [35]. У порівнянні з традиційно застосовуваними для газотермічного напилення механічними сумішами і конгломерованими порошками синтезовані порошки забезпечують збереження фазового складу композиції в процесі напилення, рівномірний розподіл твердої фази в об'ємі покриття, збільшення коефіцієнта використання матеріалу на 10-30%, а також більш високу зносостійкість покриттів. В даний час проводяться роботи по створенню композиційних матеріалів із застосуванням СВС-процесу для наплавлення зносостійких покриттів, що містять карбід і борід титану. Випробування показали їх більш високу зносостійкість в порівнянні з самофлюсуючі сплавами [34].

**Висновки.** Виконаний огляд науково-технічної літератури свідчить про перспективність робіт в області розробки композиційних матеріалів, що синтезуються із застосуванням СВС-процесів стосовно до методів газотермічного напилення і наплавлення.

#### Література:

1. Сисолин П.В. Почвообрабатывающие и посевные машины: история, машиностроение, конструирование/П.В. Сисолин, Л.В. Погорелый. – К.: Феникс, 2005. –264с.
2. Сироткин В.М. Разработка теории и метода оценки механического воздействия на почву почвообрабатывающих машин и орудий: автореф. дисс. на соискание ученой степени д-ра. техн. наук: спец. 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства"/ В.М. Сироткин. – Чебоксары, 2001. - 42 с.
3. Бернштейн Д.Б. Абразивное изнашивание лемешного лезвия и работоспособность плуга /Д.Б.Бернштейн//Тракторы и сельхозмашины. – 2002. – №6. – С.40-45.
4. Виноградов В.Н. Абразивное изнашивание/ В.Н. Виноградов, Г.М. Сорокин, М.Г. Колокольников. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.
5. Винокуров В.Н. Определение выбраковочных параметров режущих элементов рабочих органов, почвообрабатывающих машин и орудий / В.Н. Винокуров, А.К. Малов, В.В. Копанов // Тракторы и сельхозмашины, 1976. – №10. – С.23-25.
6. Винокуров В.Н. Повышение износостойкости культиваторных лап путем обеспечения их самозатачивания. / В.Н. Винокуров // Повышение надежности и долговечности сельскохозяйственных машин: сборник. – М., 1964. – С. 369–375.
7. Крагельский, И.В. Некоторые понятия и определения, относящиеся к трению и изнашиванию / И.В. Крагельский. М.: Изд-во АН СССР, 1957. - 12 с.
8. Огрызков, Е.П. Эффективность использования лемехов / Е.П. Огрызков, Г.И. Лежнев // Тракторы и сельхозмашины. 1972. № 2. С. 18–20.
9. Тененбаум, М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин при абразивном изнашивании / М.М. Тененбаум. М.: Машиностроение, 1966. - 331 с.
10. Мударисов С.Г. Моделирование процесса износа корпуса плуга // Достижения науки и техники АПК. 2006. № 5. С. 42-43.

11. Васильев, С.П. Об изнашивающей способности почв / С.П. Васильев, Л.С. Ермолов // Повышение долговечности рабочих деталей почвообрабатывающих машин / под ред. М.М. Хрущева. М.: Машгиз, 1960. - 141 с.
12. Костецкий, Б.И. Механохимические процессы при граничном трении / Б.И. Костецкий, М.Э. Натансон, Л.И. Бершадский. М.: Наука, 1972. – 170 с.
13. Поверхностная прочность материалов при трении / Б.И. Костецкий и др.; под общ. ред. Б.И. Костецкого. Киев: Техника, 1976. - 296 с.
14. Костецкий, Б.И. О роли кислорода при трении скольжения / Б.И. Костецкий, И.Г. Носовский, Л.В. Никитин // Машиноведение. 1965. № 6. С. 115–118.
15. Боголюбов, Б.Н. Долговечность землеройных и дорожных машин / Б.Н. Боголюбов. М.: Машиностроение, 1964. 224 с.
16. Хрущев, М.М. Классификация условий и видов изнашивания деталей машин // Трение и износ в машинах / М.М. Хрущев. М.: Изд-во АН СССР, 1953. С. 84–89.
17. Рекомендации по восстановлению лемехов плугов / ВНИИВИД ВНИО «Ремдеталь». М.: ГОСНИТИ, 1986. - 26 с.
18. Бахтин, П.У. Коэффициент трения стали о почву // Сельхозмашины. 1953. № 1. С. 16–21.
19. Аронов, А.Л. Повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин / А.Л. Аронов // Ремонт и обслуживание машинотракторного парка: Обзорная информация. М.: ВО Сельхозтехника, 1970. - 60 с.
20. Анискович, Г.И. Восстановление и упрочнение деталей почвообрабатывающих машин механизированным диффузионным намо-раживанием износостойкими сплавами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Г.И. Анискович. М.: МГАУ-БГАТУ, 2000. - 19 с.
21. Пригожая, М.Г. Определение коэффициента трения стали о почву / М.Г. Пригожая // Доклады ТСХА. М.: Геодезия, 1959. С. 143–149.
22. Багиров, И.З. Взаимодействие почвы с двугранным клином на повышенных скоростях / И.З. Багиров // Труды научной конференции ЦНИИМЭСХ. Минск: Госиздат БССР, 1963. С. 27–31.
23. Виноградов, В.И. Исследование работы зубчатых лемехов / В.И. Виноградов // Повышение долговечности рабочих деталей почвообрабатывающих машин. М., 1960. С. 62–79.
24. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин на прочность и надежность / под ред. П.М. Волкова и М.М. Тененбаума. М.: Машиностроение, 1977. - 320 с.
25. Рабинович, А.Ш. Самозатачивающиеся плужные лемеха и другие почворежущие детали машин / А.Ш. Рабинович. М.: БТИ ГОСНИТИ, 1962. - 308 с.
26. Бернштейн, Д.Б. Лемехи плугов. Анализ конструкций, условий изнашивания и применения материалов / Д.Б. Бернштейн, И.В. Лискин // Сельскохозяйственные машины и орудия. 1992. Серия 2. Вып. 3. С. 35.
27. Денисенко, М. Износ и повышение долговечности рабочих органов сельскохозяйственных машин / М. Денисенко, А. Опальчук // Вестник ТНТУ. 2011. Спецвыпуск. Ч. 2. С. 201–210.
28. Синеоков, Г.П. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.П. Сениоков, И.М. Панов. М.: Машиностроение, 1977. - 328 с.
29. Фаюршин А.Ф. Повышение долговечности лезвийных рабочих органов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2007.- №8. - С. 17-19.
30. Василенко, Н.А. Перспективы применения локального упрочнения при изготовлении и восстановлении рабочих органов // Техника АПК. 2008. Вып. 1. С. 29–31.
31. Бобрицкий, В.М. Повышение износостойкости режущих элементов рабочих органов почвообрабатывающих машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2007. - 20 с.

32. Поверхностная прочность материалов при трении / Б.И. Костецкий, И.Г. Носовский и др.; под общ. ред. Б.И. Костецкого. Киев: Техника, 1976. - 296 с.
33. Шепелев, Ю.С. Наплавка рабочих органов почвообрабатывающих машин / Ю.С. Шепелев, А.И. Любич // Техника в сельском хозяйстве. 1984. № 2. С. 52–53.
34. Лузан С.А. Получение и исследование восстановительных покрытий на деталях машин с использованием механокомпозитов, содержащих TiC и TiB<sub>2</sub> / С.А. Лузан, А.И. Сидашенко, А.С. Лузан // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 47, ч. II. – Кропивницький: 2017. – С. 159-166.
35. Лузан С.А. СВС-процессы в технологиях упрочнения и восстановления деталей машин наплавкой и газотермическими способами напыления покрытий (обзор) / С.А. Лузан, А.И. Сидашенко, А.С. Лузан // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – Харків: 2016. - № 6. – С. 152-162.

### Summary

**S. Luzan, D. Petrenko, Y. Mikheev** Analysis of the conditions of work and methods of preserving the resistance of working bodies of soil processing machines (review)

*A review of the scientific and technical literature on the problem of increasing the wear resistance of the soil-processing machines that are restored during the repair process has been carried out. The prospects of application for the restoration of parts by welding and gas-thermal spraying methods of composite materials obtained using the SHS process are substantiated.*

**Keywords:** composite material, components, working body, performance.

### References

1. Sisolin P.V. Pochvoobrabatyvajuwie i posevnye mashiny: istorija, mashinostroe-nie, konstruirovanie/P.V. Sisolin, L.V. Pogorelyj. – K.: Feniks, 2005. – 264s.
2. Sirotkin V.M. Razrabotka teorii i metoda ocenki mehanicheskogo vozdejstvija na pochvu pochvoobrabatyvajuwih mashin i orudij: avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni d-ra. tehn. nauk: spec. 05.20.01 "Tehnologii i sredstva mehanizacii sel'skogo hozjajstva"/ V.M. Sirotkin.- CHEboksary, 2001. - 42 s.
3. Bernshtejn D.B. Abrazivnoe iznashivanie lemeshnogo lezvija i rabotosposobnost' pluga / D.B. Bernshtejn // Traktory i sel'hozmashiny. – 2002. – №6. – S.40-45.
4. Vinogradov V.N. Abrazivnoe iznashivanie/ V.N. Vinogradov, G.M. Sorokin, M.G. Kolokol'nikov. – M.: Mashinostroenie, 1990. – 224 s.
5. Vinokurov V.N. Opredelenie vybrakovochnyh parametrov rezhuwih jelementov rabo-chih organov, pochvoobrabatyvajuwih mashin i orudij / V.N. Vinokurov, A.K. Ma-lov, V.V. Kopanov // Traktory i sel'hozmashiny, 1976. – №10. – S.23-25.
6. Vinokurov V.N. Povyshenie iznosostojkosti kul'tivatornyh lap putem obespeche-nija ih samozatachivaniya. / V.N. Vinokurov // Povyshenie nadezhnosti i dolgovechno-sti sel'sko-hozjajstvennyh mashin: sbornik. – M., 1964. – S. 369–375.
7. Kragel'skij, I.V. Nekotorye ponjatija i opredelenija, odnosjawsja k treniju i iz-nashivaniju / I.V. Kragel'skij. M.: Izd-vo AN SSSR, 1957. - 12 s.
8. Ogryzkov, E.P. JEffektivnost' ispol'zovanija lemehov / E.P. Og-ryzkov, G.I. Lezh-nev // Traktory i sel'hozmashiny. 1972. № 2. S. 18–20.
9. Tenenbaum, M. Iznosostojkost' konstrukcionnyh materialov i detalej mashin pri abrazi-vnom iznashivanii / M.M. Tenenbaum. M.: Mashinostroenie, 1966. - 331 s.



10. Mudarisov S.G. Modelirovanie processa iznosa korpusa pluga // Dostizhenija nauki i tehniki APK. 2006. № 5. S. 42-43.
11. Vasil'ev, S.P. Ob iznashivajuwej sposobnosti pochv / S.P. Vasil'ev, L.S. Ermolov // Povyszenie dolgovechnosti rabochih detalej pochvoobrabatyvajuwih mashin / pod red. M.M. Hruweva. M.: Mashgiz, 1960. - 141 s.
12. Kosteckij, B.I. Mehanohimicheskie processy pri granichnom trenii / B.I. Kosteckij, M.JE. Natanson, L.I. Bershadskij. M.: Nauka, 1972. - 170 s.
13. Poverhnostnaja prochnost' materialov pri trenii / B.I. Kosteckij i dr.; pod obw. red. B.I. Kosteckogo. Kiev: Tehnika, 1976. - 296 s.
14. Kosteckij, B.I. O roli kisloroda pri trenii skol'zhenija / B.I. Kosteckij, I.G. Nosovskij, L.V. Nikitin // Mashinovedenie. 1965. № 6. S. 115-118.
15. Bogoljubov, B.N. Dolgovechnost' zemlerojnyh i dorozhnyh mashin / B.N. Bogoljubov. M.: Mashinostroenie, 1964. - 224 s.
16. Hruwev, M.M. Klassifikacija uslovij i vidov iznashivaniya detalej mashin // Tre-nie i iznos v mashinah / M.M. Hruwev. M.: Izd-vo AN SSSR, 1953. S. 84-89.
17. Rekomendacii po vosstanovleniju lemehov plugov / VNIIVID VNIO «Remdetal'». M.: GOSNITI, 1986. - 26 s.
18. Bahtin, P.U. Kojefficient trenija stali o pochvu // Sel'hozmashiny. 1953. № 1. S. 16-21.
19. Aronov, A.L. Povyszenie dolgovechnosti rabochih organov pochvoobrabatyvajuwih mashin / A.L. Aronov // Remont i obsluzhivanie mashinotraktornogo parka: Obzornaja informacija. M.: VO Sel'hoztehnika, 1970. - 60 s.
20. Aniskovich, G.I. Vosstanovlenie i uprochnenie detalej pochvoobrabatyvajuwih mashin mehanizirovannym diffuzionnym namo-razhivaniem iznosostojkimi splavami: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.20.03 / G.I. Aniskovich. M.: MGAU-BGATU, 2000. - 19 s.
21. Prigozhaja, M.G. Opredelenie kojefficienta trenija stali o pochvu / M.G. Prigozhaja // Doklady TSHA. M.: Geodezija, 1959. S. 143-149.
22. Bagirov, I.Z. Vzaimodejstvie pochvy s dvugrannym klinom na povyshennyh skoro-stjah / I.Z. Bagirov // Trudy nauchnoj konferencii CNIIMJESH. Minsk: Gosizdat BSSR, 1963. S. 27-31.
23. Vinogradov, V.I. Issledovanie raboty zubchatyh lemehov / V.I. Vinogradov // Po-vyszenie dolgovechnosti rabochih detalej pochvoobra-batyvajuwih mashin. M., 1960. S. 62-79.
24. Osnovy teorii i rascheta sel'skohozjajstvennyh mashin na prochnost' i nadezhnost' / pod red. P.M. Volkova i M.M. Tenenbauma. M.: Mashinostroenie, 1977. - 320 s.
25. Rabinovich, A.SH. Samozatachivajuwiesja pluzhnye lemeha i drugie pochvorezhuvie detali mashin / A.SH. Rabinovich. M.: BTI GOSNITI, 1962. - 308 s.
26. Bernshtejn, D.B. Lemehi plugov. Analiz konstrukcij, uslovij iznashivaniya i primenenija materialov / D.B. Bernshtejn, I.V. Liskin // Sel'skohozjajstvennye mashiny i orudija. 1992. Serija 2. Vyp. 3. S. 35.
27. Denisenko, M. Iznos i povyszenie dolgovechnosti rabochih organov sel'skohozjaj-stvennyh mashin / M. Denisenko, A. Opal'chuk // Vestnik TNTU. 2011. Specvypusk. CH. 2. S. 201-210.
28. Sineokov, G.P. Teorija i raschet pochvoobrabatyvajuwih mashin / G.P. Seniokov, I.M. Panov. M.: Mashinostroenie, 1977. - 328 s.
29. Fajurshin A.F. Povyszenie dolgovechnosti lezviynyh rabochih organov // Remont, voss-tanovlenie, modernizacija. 2007.- №8. - S. 17-19.
30. Vasilenko, N.A. Perspektivy primenenija lokal'nogo uprochnenija pri izgotovle-nii i voss-tanovlenii rabochih organov // Tehnika APK. 2008. Vyp. 1. S. 29-31.
31. Bobrickij, V.M. Povyszenie iznosostojkosti rezhuvih jelementov rabochih organov pochvoobrabatyvajuwih mashin: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. M., 2007. - 20 s.

32. Poverhnostnaja prochnost' materialov pri trenii / B.I. Kosteckij, I.G. Nosovskij i dr.; pod obw. red. B.I. Kosteckogo. Kiev: Tehnika, 1976. - 296 s.
33. SHepelev, JU.S. Naplavka rabochih organov pochvoobrabatyvajuwih mashin / JU.S. SHepelev, A.I. Ljubich // Tehnika v sel'skom hozjajstve. 1984. № 2. S. 52–53.
34. Luzan S.A. Poluchenie i issledovanie vosstanovitel'nyh pokrytij na detaljah mashin s ispol'zovaniem mehanokompozitov, sodержawih TiC i TiB<sub>2</sub> / S.A. Luzan, A.I. Sidashenko, A.S. Luzan // Zagal'noderzhavnij mizhvidomchij naukowo-tehnichnij zbirnik. Konstrujuwannja, virobnictvo ta ekspluatacija sil'skogospodars'kih ma-shin, vip. 47, ch. II. – Kropivnic'kij: 2017. – S. 159-166.
35. Luzan S.A. SVS-processy v tehnologijah uprochnenija i vosstanovlenija detalej mashin naplavkoj i gazotermicheskimi sposobami napylenija pokrytij (obzor) / S.A. Luzan, A.I. Sidashenko, A.S. Luzan // Tehnichnij servis agropromislovogo, lisovogo ta transportnogo kompleksiv. – Harkiv: 2016. - № 6. – S. 152-162.