

8. Горик, А.В. Механизм разрушения поверхностного слоя металлических изделий при дробеструйной очистке [Текст] / А.В. Горик, А.Н. Чернявский, А.А. Ландарь, Г.А. Шулянский // Сб. докладов «Механика разрушения бетона, железобетона и других строительных материалов». – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2012. – С. 17-22.
9. Gorik, A. V. Elastoplastic deformation of the surface layer of machinery constructions on shot blasting [Text]/ A. V. Gorik, A. P. Zinkovskii, R. E. Chernyak, A. N. Brikun // Strength of Materials. – 2016. – Vol. 48, №. 5. – PP. 650–657.
10. Новіков, Ф.В. Основи струминно-абразивної обробки дрібних деталей: монографія [Текст] / Ф.В. Новіков, О.О. Анділахай. – Х.: Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. – 348 с.
11. Горик, А.В. Оптимизация угла атаки дробеструйного факела при очистке металлических поверхностей [Текст] / А.В. Горик, С.Б. Ковальчук, С.В. Яхин // Динаміка та міцність енергетичних і сільськогосподарських машин та біотехнічних систем (колективна монографія). – Полтава: Сімон, 2015. – С. 77-84.

**Alexiy Goryk, Olexander Brykun**

*Poltava state agrarian academy, Poltava, Ukraine*

**Roman Chernyak**

*The company «AvtoKrAZ», Kremenchuk, Ukraine*

### **Estimation of the intensity metal surfaces destruction by the shot blasting torch action**

The article deals with experimental-analytical quantitative estimate of the intensity shock-abrasive fatigue fracture on a surface metal layer during drain-flow cleaning of machine-building equipment products and their parts, for optimization of technological regimes.

It shown that the fracture coefficient characterizes the destructive effect intensity of a shot blasting torch during the cleaning of metal surfaces The value of the shock-abrasive fatigue fracture coefficient is estimated by the ratio between the experimentally determined volume of the removed metal and the experimentally determined or analytically calculated volume of the deformed metal on the workpiece surface, which (volumes) are determined depending on the specified technological regimes of the purification process.

The presented methodology described allows the technological services of machine-building plants to calculate the value of the fracture intensity coefficient of the surface layer on the tested samples by the experimental-analytical method. The coefficient varied from 0,1 to 0,2.

**shot blasting, coefficient of impact fatigue failure, elasto-plastic deformation, fracture mechanism, trace volume**

Одержано 10.11.17.

**УДК 631.316**

**А.А. Дудніков, проф., канд. техн. наук, І.А. Дудніков, доц., канд. техн. наук, В.В. Дудник, канд. техн. наук, О.В. Горбенко, доц., канд. техн. наук, Т.Г. Лапенко, доц., канд. техн. наук**

*Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна,*

*E-mail: anat\_dudnikov@ukr.net*

## **Підвищення довговічності ґрунтообробних робочих органів**

Проаналізована математична модель прогнозування довговічності робочих органів ґрунтообробних машин з метою вибору ефективного методу їх відновлення.

**наплавлення, відновлення, сила тертя, технологічний процес, довговічність, ріжучий елемент, математична модель**

© А.А. Дудніков, І.А. Дудніков, В.В. Дудник, О.В. Горбенко, Т.Г. Лапенко, 2017

А.А. Дудников, проф., канд. техн. наук, И.А. Дудников, доц., канд. техн. наук, В.В. Дудник, доц., канд. техн. наук, А.В. Горбенко, доц., канд.техн. наук, Т.Г. Лапенко, доц., канд. техн. наук.  
*Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина*

### **Повышение долговечности почвообрабатывающих рабочих органов**

Проанализирована математическая модель прогнозирования долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин с целью выбора эффективного метода их восстановления.

**наплавка, восстановление, сила трения, технологический процесс, долговечность, режущий элемент, математическая модель**

**Постановка проблеми.** При роботі ґрунтообробних машин виникає проблема зниження їхньої працездатності в наслідок зниження їх робочих органів.

Одним з напрямків вирішення даної проблеми є застосування додаткових елементів, отриманих при наплавленні зносостійкими покриттями, що забезпечують підвищення довговічності.

Теоретичні питання зношування ріжучого леза, що враховують абразивне середовище, до теперішнього часу ще не повністю вирішені [1]. Цим обумовлюється актуальність досліджень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Постійний контакт робочих органів ґрунтообробних машин з абразивом призводить до швидкого зношування їх ріжучих елементів та виходу із ладу в наслідок стирання.

В ремонтному виробництві інколи застосовується наплавлення сплавом сормаїта із застосуванням газового полум'я. Проте ефективність цього методу вельми мала [2].

ТОВ «ГСКБ «Одесаґрунтомаш» з ІЕЗ імені Є.О. Патона розроблений метод підвищення довговічності робочих органів сільськогосподарських машин точковим зміцненням [3]. В процесі експлуатації лез, відновлених даним методом, на їх поверхні утворюється пилоподібна форма.

Переваги такої форми – збільшення ріжучої довжини і площі контакту з ґрунтом і більше число концентраторів руйнування ґрунту. Працездатність робочих органів порівняно з серійними в 1,5-2,0 рази вище. Проте, вартість культиваторних лап, оброблених даним методом, набагато вище.

Незважаючи на наявні деякі технологічні рішення по підвищенню ресурсу деталей ґрунтообробних машин та знарядь, проблема підвищення їх довговічності залишається актуальною. Це, зокрема, виражається в зниженні ресурсу плужних лемешів (5...20 га на корпус), лап культиваторів (7...17 га на деталь) [1].

Одним із напрямів рішення проблеми підвищення ресурсу робочих органів ґрунтообробних машин є використання ефективних технологій їх відновлення. До числа таких технологічних процесів можна віднести наплавлення з твердих зносостійких покриттів, які дозволяють значно підвищити довговічність.

Використання дугового наплавлення забезпечує відновлення ресурсу зношених культиваторних лап, підвищення довговічності нових культиваторних лап, зміну геометрії їх робочих поверхонь і, тим самим, покращує характеристики робочого органу. Такий підхід в даних умовах є перспективним ресурсозберігаючим напрямом підвищення довговічності культиваторних лап з одночасним покращенням їх агротехнічних і силових характеристик.

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є підвищення довговічності ґрунтообробних робочих органів за рахунок покращення їх агротехнічних та міцнісних характеристик.

**Виклад основного матеріалу.** При виборі способу відновлення деталей виходимо з необхідності відновлення геометричних розмірів і властивостей окремих

поверхонь ґрунтообробного робочого органу з врахуванням отримання покриття з максимально можливою зносостійкістю.

Аналіз способів, проведений на основі літературних джерел і досвіду ремонтних підприємств дозволяє зробити висновок про те, що в загальному об'ємі робіт по відновленню деталей вагоме місце займає дугове наплавлення [3].

Моделювання та розкриття основних закономірностей процесу абразивного зносу ріжучих елементів робочих органів ґрунтообробних машин і формування їх оптимальних конструктивних розмірів являється важливою задачею в проблемі підвищення ефективності їх роботи і надійності. Тертя та зношування поверхонь їх робочих органів є випадковим процесом, обумовленим зміною конструкційних розмірів і форми ріжучих елементів, знос яких можна описати диференціальним рівнянням:

$$\frac{du}{dt} = \varphi(u, t) + \psi(u, t)\zeta(t), \quad (1)$$

де  $U(t) = \frac{u(t)}{u_{zp}}$  – функція відносного зносу;

$u(t)$  – поточний знос;

$u_{zp}$  – граничний знос;

$\varphi(u, t)$  і  $\psi(u, t)$  – функції, що характеризують інтенсивність зношування;

$t$  – тривалість зношування.

Випадковий процес зносу оцінюється вірогідністю, яка в загальному виді задовольняє інтегральне рівняння Маркова, яке, при певних припущеннях, зводиться до рівняння:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = -\frac{\partial a(U, t)\omega}{\partial U} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 v(U, t)\omega}{\partial U^2}, \quad (2)$$

де  $a(U, t)$ ,  $v(U, t)$  – відповідно, коефіцієнти, що описують середню швидкість випадкового процесу зносу.

Щільність розподілу довговічності в даному випадку визначається величиною зносу у відповідності з однорідним процесом Маркова:

$$f(t) = \int_0^{\infty} g(t)\gamma(t-t_0)dt, \quad (3)$$

де  $g(t)$  – щільність розподілу вірогідності поєднання досліджуваного процесу допустимим значенням зносу;

$\gamma(t-t_0)$  – щільність розподілу початкової стадії процесу зносу;

$$g(t) = -\frac{\partial}{\partial t} \int_{-\infty}^t (U_0, t_0, U, t)dt. \quad (4)$$

Спільне рішення рівнянь (2) і (4) дозволяє визначити закон розподілу зносу ріжучих елементів.

Оскільки довговічність ріжучого елемента визначається, насамперед, величиною зносу, то для визначення його закону розподілу, допускаємо, що зміна його середнього значення і дисперсії може бути описана лінійною залежністю:

$$\frac{dU}{dt} = I_1 + I_2 \xi(t), \quad (5)$$

де  $I_1, I_2$  – постійні величини, що характеризують інтенсивність випадкової складової процесу зносу.

Величина зносу елемента робочої поверхні ріжучого елемента може бути визначена:

$$\Delta u(\Delta t) = u\left(\frac{S}{t_1}\right) - u\left(\frac{S}{t_2}\right), \quad (6)$$

де  $u\left(\frac{S}{t_1}\right)$  і  $u\left(\frac{S}{t_2}\right)$  – відповідно, випадкові функції, що характеризують знос елемента поверхні в момент часу  $t_1$  і  $t_2$ ;

$\Delta t = t_1 - t_2$  – тривалість зносу;

$S$  – шлях тертя.

Математичне очікування і дисперсія при цьому будуть рівні:

$$M_u = M\left[u\left(\frac{S}{t_1}\right)\right] - M\left[u\left(\frac{S}{t_2}\right)\right]; \quad (7)$$

$$\sigma_u^2 = \sigma^2\left[u\left(\frac{S}{t_1}\right)\right] + \sigma^2\left[u\left(\frac{S}{t_2}\right)\right]. \quad (8)$$

Враховуюче рівняння (7) і (8), отримаємо вираз для коефіцієнтів рівняння (2):

$$a(U, t) = \frac{M\left[u\left(\frac{S}{t_1}\right)\right] - M\left[u\left(\frac{S}{t_2}\right)\right]}{(t_2 - t_1)\Delta u_0^2}; \quad (9)$$

$$e(U, t) = \frac{\sigma^2\left[u\left(\frac{S}{t_1}\right)\right] + \sigma^2\left[u\left(\frac{S}{t_2}\right)\right]}{(t_2 - t_1)\Delta u_0^2}, \quad (10)$$

де  $\Delta u_0$  – умовний граничний знос, який вибирається з розрахунку, щоб між функціями  $u\left(\frac{S}{t_1}\right)$  і  $u\left(\frac{S}{t_2}\right)$  не було б кореляційного зв'язку.

Підставивши вирази (9) та (10) в рівняння (2), а також враховуючи рівняння (3) – (5) знаходимо щільність величини зносу:

$$f_u(t) = \frac{1}{I_2 t \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1 - I_1 t^2}{2I_2^2 t^2}\right], \quad (11)$$

$$\text{де } I_1 = \frac{M_u}{\Delta t \Delta u_0}; \quad (12)$$

$$I_2 = \frac{1}{\Delta u_0} \cdot \frac{\sigma_u}{\sqrt{\Delta t}}; \quad (13)$$

де  $\Delta t$  – тривалість роботи до граничного зносу.

Інтегральний закон розподілу зносу, що відповідає диференційному закону (11), має вид:

$$F_u(t) = \Phi\left(\frac{I_1 t - 1}{I_2 \sqrt{t}}\right) + \exp\left(\frac{2I_1}{I_2^2}\right) \Phi\left(\frac{I_1 t + 1}{I_2 \sqrt{t}}\right), \quad (14)$$

де  $\Phi'(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$  – інтеграл Лапласа.

Виходячи із рівняння (11), отримаємо вираз для математичного очікування і дисперсії довговічності.

$$M_t = \frac{I}{I_1}; \quad \sigma_t^2 = \frac{I_2^2}{I_1^3}. \quad (15)$$

Таким чином, визначений закон розподілу довговічності ріжучого елемента, виходячи із інтегрального рівняння Маркова.

Крива щільності розподілу величини зносу ширини ріжучого елемента нової культиваторної лапи із сталі 65Г представлена на рис. 1.

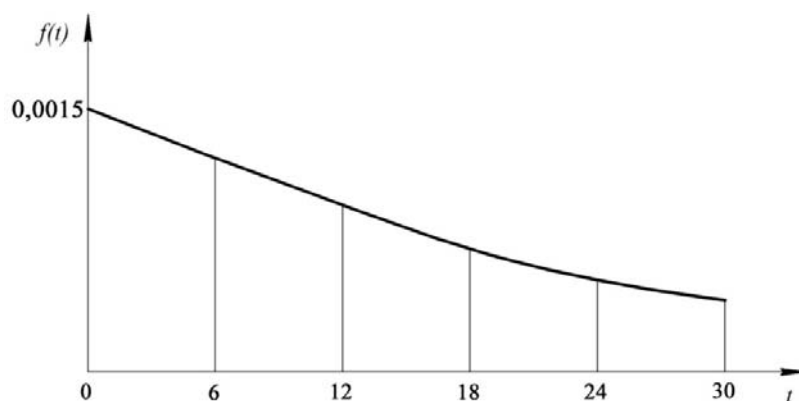


Рисунок 1 – Щільність розподілу величини зносу ріжучого елемента

Щільність розподілу зносу ріжучого елемента є випадковою величиною і на часовому відрізку  $t$  підпорядковується закону нормального розподілу.

**Висновок.** В результаті проведених досліджень визначена силова характеристика з врахуванням сил тертя, що діє в процесі роботи стрілкової культиваторної лапи, розрахована щільність розподілу величини зносу ріжучого елемента, визначений закон розподілу його довговічності.

## Список літератури

1. Дудников, А.А. Технологические способы повышения долговечности и ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин [Текст] / А.А. Дудников, А.И. Беловод, А.Г. Пасюта, А.А. Келемеш, А.В. Горбенко // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – №5/1 (25). – С. 4-7.
2. Дудніков, А.А. Підвищення надійності робочих органів ґрунтообробних машин [Текст] / А.А. Дудніков, О.І. Біловод, А.Г. Пасюта. Вісник ПДАА. – Полтава, 2014. – Вип. 3. – С. 172-177.
3. Дудников, А.А. Анализ методов восстановления и упрочнения элементов рабочих органов почвообрабатывающих машин [Текст] / А.А. Дудников, А.И. Беловод, А.Г. Пасюта. Материалы Международной научно-практической конференции, Минск: БГАТУ, 2014. – Т. 2. – С. 104-106

**Anatoly Dudnikov, Prof., PhD tech. sci., Igor Dudnikov, Assos. Prof., PhD tech. sci., Vladimir Dudnik, Assos. Prof., PhD tech. sci., Alexander Gorbenko, Assos. Prof., PhD tech. sci., Taras Lapenko, Assos. Prof., PhD tech. sci.**

*Poltava State Agrarian Academy, Poltava, Ukraine*

### **Improvement of durability of soil working machinery**

The mathematical model of prediction of durability of working bodies of soil-working machines with the purpose of choosing the method of their restoration is analyzed.

The process of formation of the geometry of the working surface during its restoration by reinforcing surfacing has been researched and its influence on the increase of durability of the cutting element of the stiffened cultivar leg is estimated.

As a result of the conducted research the power characteristic, taking into account the frictional forces acting in the process of working on the arrowhead cultivar paw, is calculated, the density of the distribution of the size of the wear element of the cutting element is calculated.

**surfacing, restoration, friction force, process, durability, cutting element, mathematical model**

Одержано 11.10.17