Machinery & Energetics. *Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 11, No 2, 29-33*
ISSN 2663-1334 (print), ISSN 2663-1342 (online), www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica

DOI: 10.31548/machenergy.2020.02.029-033

УДК 631.316.022.4: 621.791.927.5

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВАГОВОГО І ЛІНІЙНОГО ЗНОШЕНЬ ВІД РЕСУРСНИХ ПОКАЗНИКІВ СЕРІЙНИХ І ЗМІЦНЕНИХ КОМБІНОВАНИМ МЕТОДОМ КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП

М. О. Василенко, Д. О. Буслаєв

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», Україна.

Стаття з спеціальності: 133 – галузеве машинобудування.
Стаття з спеціальності: 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

Кореспонденція авторів: buslaev_@ukr.net

Історія статті: отримано – січень 2019, акцептовано – квітень 2020.

Бібл. 19, рис. 5, табл. 0.

Анотація. Робота присвячена підвищенню ресурсних показників культиваторних лап при використанні комбінованого методу зміцнення. У статі наведено схему комбінованого тришарового формування леза культиваторних лап, яке забезпечує підвищення ресурсних показників за рахунок нанесення порошкових абразивностійких матеріалів дуговим наплавленням. Такий метод зміцнення дозволяє забезпечити процес самозагострення леза шляхом поступового зменшення зносостійкості нижніх шарів леза.

Методом виробничих випробувань за результатами лінійного зношення крил експериментальних культиваторних лап визначено порошковий матеріал, який забезпечує найкращі показники проти абразивного зношення.

Приведено математичні і графічні залежності лінійного і вагового зношення експериментальних культиваторних лап від наробітку і використання порошкового матеріалу під час їх зміцнення.

Аналіз отриманих графічних залежностей порівняльних випробувань зміцнених і серійних лап показав, що за наробітку 55 га середнє вагове зношення зміцнених лап на 33% менше ніж серійних.

Встановлені математичні моделі дозволяють прогнозувати величини вагового і лінійного зношень в залежності від ресурсних показників серійних та зміцнених комбінованим методом культиваторних лап

Запропонований комбінований метод зміцнення дозволяє підвищити ресурс культиваторних лап на 35–45%.

Ключові слова: прогнозування, зношення, зміцнення, підвищення, ресурс, самозагострення, зносостійкість.

Постановка проблеми

В сільськогосподарському виробництві України наряду з вітчизняною ґрунтообробною технікою накопичена значна кількість ґрунтообробної техніки зарубіжного виробництва, яка широко використовується. Досвід використання цієї техніки вказує на її переваги в надійності та довговічності порівняно з вітчизняною, зокрема це стосується експлуатації робочих органів. Цього провідні зарубіжні фірми досягають за рахунок застосування нових технологій при виготовленні. Встановлено, що для досягнення підвищеного ресурсу робочих органів іноземні фірми-виготовлювачі використовують спеціальні легуючі матеріали, конструктивні особливості та технологічні прийоми зміцнення (термічна обробка, нанесення зносостійких матеріалів) [1]. Вартість таких деталей досить висока. Тому існує потреба в забезпеченні сільськогосподарського споживача відносно недорогими запасними частинами до ґрунтообробної техніки з підвищеною зносостійкістю [2-9].

Вирішення цього питання можливе шляхом створення конкурентоспроможних технологій зміцнення деталей вітчизняної та зарубіжної сільськогосподарської техніки при їх відновленні та виготовленні [10] для збільшення ресурсу цих деталей в декілька разів і впровадження даних розробок на підприємствах–виготовлювачах та на ремонтних підприємствах сільськогосподарської техніки.

Аналіз останніх досліджень

Покращення експлуатаційних характеристик робочих органів, зокрема лап культиваторів, є актуальною задачею в сільськогосподарському виробництві. Цього можна досягти шляхом створення нових технологій виготовлення та зміцнення робочих органів, використання при цьому нових матеріалів. Зокрема перспективним є розвиток технологій із застосуванням для зміцнення різальної кромки порошкових матеріалів, що дозволяє підвищити фізико-механічні властивості нанесених шарів [11].

До способів, які найбільш часто використовуються для зміцнення робочих поверхонь деталей відноситься звичайне гартування середньовуглецевих, високовуглецевих та легованих сталей. При цьому твердість металу можна отримати в межах 45 HRC для сталі 45 і до 65 HRC для сталі 65Г та легованих сталей. Але зносостійкість таких робочих органів нижча порівняно з іншими, зміцненими спеціальними матеріалами [13, 14].

Для локального зміцнення поверхні деталі в місцях ймовірного зношення доцільно використовувати інші методи, а саме, електродугове наплавлення штучними електродами чи порошковими дротами, наплавлення порошковими матеріалами на установках СВЧ, плазмове та газополуменеве наплавлення порошками, прутками [15, 16].

Електродугове наплавлення і штучними електродами і дротами може бути як суцільним по всій поверхні, так і точковим. Дослідженнями [17-19] встановлено, що точкове наплавлення краще зарекомендувало себе з робочої сторони, при цьому незначно збільшуючи опір, що в достатній мірі захищає від зношення основного шару металу.

Мета досліджень

Підвищення ресурсних показників культиваторних лап при використанні комбінованого методу зміцнення.

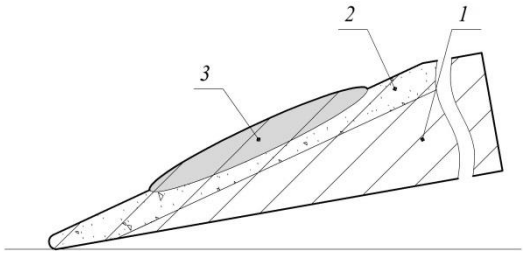
Результати досліджень

Одним із шляхів вирішення поставленої проблеми є напрям підвищення ресурсу культиваторних лап завдяки комбінованому тришаровому формуванню їх робочих поверхонь, а саме (рис. 1):

1 – основа – сталь 65 Г;

2 – загартований шар сталі 65 Г на товщину 1,9 – 2,3 мм з використанням електроконтактного методу загострення і зміцнення [17], при цьому отримуємо твердий шар зносостійкість якого становить 3,48 відносно незагартованої сталі 65 Г;

3 – додаткове зміцнення, що виконується поверх загартованого шару порошковими абразивностійкими матеріалами, які наплавлені спеціальним електродом Т–590 Ø5х450 мм, зносостійкість такого шару становить 4,49 відносно незагартованої сталі 65 Г.



1 – основа – сталь 65 Г; 2 – зона електроконтактного загострення і зміцнення; 3 – зона зміцнення порошковими абразивностійкими матеріалами

Рис. 1. Схема комбінованого зміцнення леза культиваторних лап.

Fig. 1. Scheme of combined strengthening of the blade of cultivator paws.

В якості порошкових абразивностійких матеріалів використовували порошки ПС-12НВК-01, ПГ-10К-01, сормайт, ФХБ-1, ПТ-НА-01, ПГ-19М-01.

За розробленою технологією в ННЦ «ІМЕСГ» проведено зміцнення комплекту культиваторних лап з шириною захвату 420 мм (рис. 1).

Виготовлені та зміцненні культиваторні лапи були встановлені на культиватор КВАНТ-12 з шириною захвату 12 м, який виготовлений в ННЦ «ІМЕСГ» і пройшли випробування у виробничих умовах ПП «Агроекологія» Полтавської обл., Шишацького району. (рис. 2).

Рис. 2. Загальний вигляд зміцнених культиваторних лап за розробленою технологією

Fig. 2. General view of strengthened cultivator paws by the developed technology

Для визначення зміни геометричних параметрів лез культиваторних лап під час виробничих випробувань реєстрували лінійне зношення, вагове зношення та радіус заокруглення ріжучої кромки робочих органи з наробітком 8, 23, 42 та 55 га.

За результатами лінійного зношення крил експериментальних культиваторних лап під час виробничих випробувань визначено матеріали, які забезпечують найкращі показники проти абразивного зношення.

В результаті аналізу культиваторних лап з наробітком 55 га встановлено, що робочі органи не мають видимих пошкоджень та граничного зношення і придатні для подальшого використання. При цьому, вимірами встановлено, що величина зношень за шириною леза становить 5.3 – 11,9 мм (рис. 3).

Рис. 3. Культиватор КВАНТ-12, укомплектований зміцненими культиваторними лапами

Fig. 3. Cultivator KVANT-12, equipped with strengthened cultivator paws

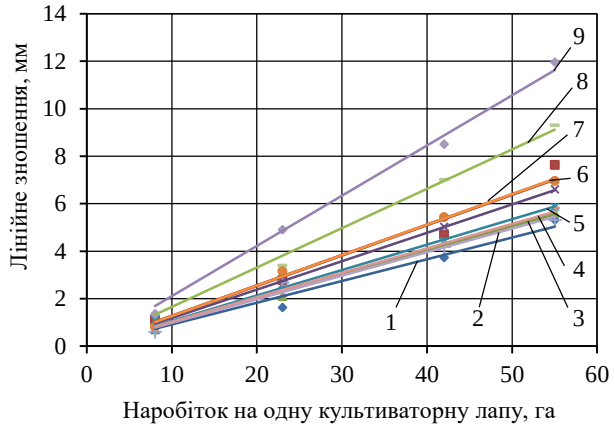
Встановлено, що найкращі результати зносостійкості показав порошковий матеріал ПС-12НВК-01 нанесений дуговим наплавленням електродом Т-590 Ø5х450 мм і описується наступною залежністю:

$$y = 0,085 \cdot x - 0,059, \quad (1)$$

де y – величина лінійного зношення леза культиваторної лапи, мм;

x – наробіток на одну лапу культиватора, га.

Результати проведених порівняльних випробувань вагового зношення зміцнених і серійних лап показали, що за наробітку 55 га зміцнених лап, середнє вагове зношення становить 425 г. Наробіток серійних лапи за такого зношення становить 43 га, що на 21,8 % менше зміцнених (рис. 4).



1 - ПС-12НВК-01 + Т-590; 2 - ПГ-10К-01 + Т-590; 3 - ФХБ-1 + Т-590; 4 - ПГ-10К-01 + Графітовий; 5 - Сормайт + Т-590; 6 - ПС-12НВК-01 + Графітовий; 7 - ФХБ-1 + Графітовий; 8 - Сормайт + Графітовий; 9 – Електроерозійна обробка;10 - Серійні культиваторні лапи КПЕ – 410.

Рис. 4. Залежність лінійного зношення лез від наробітку лап культиватора КВАНТ-12.

Fig. 4. Dependence of linear blade wear of operating time paws cultivator KVANT-12.

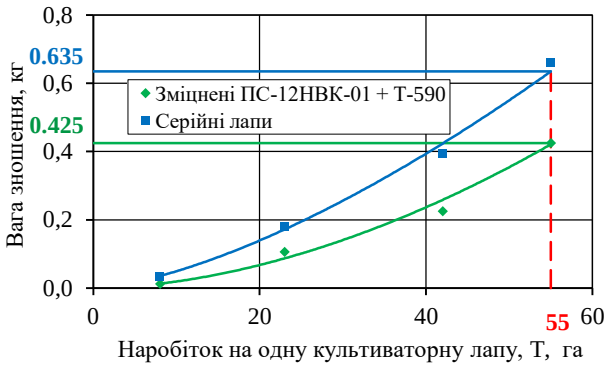


Рис. 5. Залежність вагового зношення лап культиватора КВАНТ-12 від наробітку.

Fig. 5. Dependence of weight wear of the cultivator KVANT-12 paws of operating time.

Після обробки отриманих результатів виробничих випробувань лап культиватора КВАНТ-12 отримали математичні моделі процесу вагового зношення серійних y_c і зміцнених $y_з$ лап в залежності від наробітку T:

$$y_c = 1.7 \cdot 10^{-3} \cdot T^{1.47}, \quad (2)$$

$$y_з = 3 \cdot 10^{-4} \cdot T^{1.8}, \quad (3)$$

де y_c, $y_з$ – відповідно вага зношеного матеріалу серійних і зміцнених культиваторних лап, кг;

T – наробіток на одну лапу культиватора, га.

Математичні моделі (2) і (3) дозволяють прогнозувати величину вагового зношення в залежності від ресурсних показників серійних та зміцнених комбінованим методом культиваторних лап і встановлено, що при досягненні вагового зношення 635 г зміцнених лап їх наробіток буде більший на 40% ніж серійних.

Запропонований метод зміцнення дозволяє підвищити ресурс культиваторних лап на 35–45%.

Висновки

1. Найкращі показники зносостійкості показав порошковий матеріал ПС-12НВК-01 нанесений електродом Т-590 після електроконтактного оброблення деталі, після наробітку 55 га величина зношень за шириною леза становить 5,3 мм, що на 43% менше ніж електроконтактне оброблення.

2. Результати проведених порівняльних випробувань зміцнених і серійних лап показали, що за наробітку 55 га середнє вагове зношення серійних лап становить 635 г, а зміцнених за розробленою технологією на 33% менше і становить 425 г. При досягненні вагового зношення 635 г зміцнених лап їх наробіток буде більший на 40% ніж серійних.

Список літератури

1. *Тюрева А. А., Козарез И. В., Дьяченко А. В.* Твердость лемехов компании Vogel & Noot. Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. Брянск, 2016. № 3 (55). С. 60–65.

2. *Ерохин М. Н., Новиков В. С., Петровский Д. И.* К вопросу об импортозамещении рабочих органов зарубежных почвообрабатывающих машин. Труды ГОСНИТИ. Москва, 2015. Т. 121. С. 206–212.

3. *Виноградов В. В.* Восстановление и упрочнение стрельчатых лап почвообрабатывающих машин металлокерамическими материалами. Молодежь и XXI век - 2016: Материалы VI Международной молодежной научной конференции. Курск, 2016. С. 89–94.

4. *Коломейченко А. В., Титов Н. В., Виноградов В. В. и др.* Влияние керамических компонентов пасты на твердость упрочненных карбовибродуговым методом поверхностей. Труды ГОСНИТИ. Москва, 2015. Т.118. С. 140–145.

5. *Петровский Д. И., Вольф Н. В.* Теоретические основы создания высокоресурсного лемеха плуга. В сборнике: Инновационные технологии для АПК юга России. Майкоп, 2016. С. 86–90.

6. *Лебедев А. Т., Лебедев К. А., Магомедов Р. А. и др.* Повышение ресурса культиваторных лап. Научное обозрение. Москва, 2015. № 3. С. 50–57.

7. *Дудников А. А., Беловод А. И., Пасюта А. Г., Келемеш А. А., Горбенко А. В.* Технологические способы повышения долговечности и ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин. Машиноведение и Машиностроение. Технологический аудит и резервы производства. Харьков, 2015 № 5/1(25). С. 4–7.

8. *Михальченков А. М., Феськов С. А., Тюрева А. А. Методы* снижения интенсивности изнашивания стрельчатых лап культиваторов на стадии изготовления. Вестник АПК Верхневолжья. Ярославль, 2015. №3 (31). С. 79–82.

9. *Муртазин Г. Р., Зиганшин Б. Г., Яхин С. М.* Повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин. Техника и оборудование для села. Правдинский, 2015. № 10. С. 32–34.

10. *Скобло Т. С., Рыбалко И. Н., Тихонов А. В., Мартыненко А. Д.* Анализ способов изготовления, упрочнения и восстановления стрельчатых лап культиватора. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Харків, 2019. №15. С. 60–85.

11. *Кашфуллин А. М.* Повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин путем нанесения износостойких покрытий дуговой металлизацией: дис. … канд. наук: 05.20.03. Пермь, 2017. 131 с.

12. *Ожегов Н. М., Ружьев В. А., Капошко Д. А.* Повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин на основе совершенствования наплавочных технологий. Труды «ГОСНИТИ». Москва, 2015. С. 191–197.

13. *Слинко Д. Б., Варламова Л. Д., Некрасов Д. М.* Упрочнение рабочей поверхности лап культиваторов электродуговой наплавкой износостойкими валиками. Труды ГОСНИТИ. Москва, 2016. Т. 124 , № 2 .С. 118–124.

14. *Рябов В. В., Князюк Т. В., Михайлов М. С. и др.* Структура и свойства новых износостойких сталей для сельскохозяйственного машиностроения. Вопросы материаловедения. Санкт-Петербург, 2016. № 2. С. 7–19.

15. *Strebkov S., Slobodyuk A., Bondarev A., Sakhnov A.* Strengthening of cultivator paws with electrospark doping. engineering for rural development. Jelgava, 22.–24.05.2019. P. 549–554.

16. *Shakhov V., Ivanovs S., Uchkin P., Ushakov Y.* Studies in coatings for working bodies of deep-rippers recovered by plasma surfacing. Engineering for rural development. Jelgava, 22.-24.05.2019. P. 44–49

17. *Василенко М.О., Буслаєв Д.О.* Вплив режимів нанесення зміцнювального покриття на параметри точкового зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин. Науково-теоретичний журнал Національної академії аграрних наук України. Вісник аграрної науки. Київ. 2015. №7. С. 44–48.

18. *Mank V., Tonkha O., Galimova V., Surovtsev S., Menshov O., Bukova O., Rogovskiy I.* Electrochemical investigation of cobalt absorbtion processes by soils of Ukraine. Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv-Geology. Kyiv. 2019. Vol. 3 (86). P. 31−39. WoS.

19. *Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Haponenko O.I., Ohiienko M.M., Kulik V.P.* Engineering management of tillage equipment with concave disk spring shanks. INMATEH. Agricultural Engineering. 2020. Bucharest. Vol. 60. No 1. P. 45−52. DOI: 10.35633/INMATEH-60-05. Scopus. WoS.

References

1. *Tyureva A. A., Kozarez I. V., Dyachenko A. V.* (2016). Hardness of the shares of Vogel & Noot. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. Bryansk. No 3 (55). 60–65.

2. *Erokhin M. N., Novikov V. S., Petrovsky D. I.* (2015). On the issue of import substitution of the working bodies of foreign tillage machines. Proceedings of GOSNITI. Moscow. Vol. 121. 206–212.

3. *Vinogradov V. V.* (2016). Restoration and hardening of lancet paws of tillage machines with cermet materials. Youth and XXI Century - 2016: Materials of the VI International Youth Scientific Conference. Kursk. 89–94.

4. *Kolomeychenko A. V., Titov N.V., Vinogradov V. V. et al.* (2015). The influence of ceramic components of the paste on the hardness of hardened carbovibroduct surfaces. Proceedings of GOSNITI. Moscow. Vol. 118. 140–145.

5. *Petrovsky D. I., Wolf N. V.* (2016). Theoretical foundations of creating a high-resource plow share. In the collection: Innovative technologies for the agricultural sector of the south of Russia. Maykop. 86–90.

6. *Lebedev A. T., Lebedev K. A., Magomedov R. A. et al.* (2015). Increasing the resource of cultivating paws. Scientific Review. Moscow. No. 3. 50–57.

7. *Dudnikov A. A., Belovod A. I., Pasyuta A. G., Kelemesh A. A., Gorbenko A. V.* (2015). Technological methods for increasing the durability and resource of working bodies of tillage machines. Engineering and Engineering. Technological audit and production reserves. Kharkov. No 5/1 (25). 4–7.

8. *Mikhalchenkov A. M., Feskov S. A., Tyureva A. A.* (2015). Methods for reducing the wear rate of lancet paws of cultivators at the manufacturing stage. Bulletin of the agricultural sector of the Upper Volga. Yaroslavl. No 3 (31). 79–82.

9. *Murtazin G. R., Ziganshin B. G., Yakhin S. M.* (2015). Increasing the resource of working bodies of tillage machines. Machinery and equipment for the village. Pravdinsky. No. 10. 32–34.

10. Skoblo T. S., Rybalko I. N., Tikhonov A. V., Martynenko A. D. (2019). Analysis of methods for manufacturing, hardening and restoring lancet paws of a cultivator. Technical service of agro-industrial, forestry and transport complexes. Kharkiv. No. 15. 60–85.

11. *Kashfullin A. M.* (2017). Increasing the resource of the working bodies of tillage machines by applying wear-resistant coatings by arc metallization: dis. ... cand. Sciences: 05.20.03. Perm. 131.

12. *Ozhegov N. M., Ruzhev V. A., Kaposhko D. A.* (2015). Increasing the resource of working bodies of tillage machines based on improving surfacing technologies. Proceedings of GOSNITI. Moscow. 191–197.

13. *Slinko D. B., Varlamova L. D., Nekrasov D. M.* (2016). Hardening of the working surface of the paws of cultivators by electric arc welding with wear-resistant rollers. Proceedings of GOSNITI. Moscow. Vol. 124, No. 2. 118–124.

14. *Ryabov V. V., Knyazyuk T. V., Mikhailov M. S. et al.* (2016). Structure and properties of new wear-resistant steels for agricultural engineering. Questions of materials science. St. Petersburg. No. 2. 7–19.

15. *Strebkov S., Slobodyuk A., Bondarev A., Sakhnov A.* (2019). Strengthening of cultivator paws with electrospark doping. engineering for rural development. Jelgava 22.-24.05.2019. 549–554.

16. *Shakhov V., Ivanovs S., Uchkin P., Ushakov Y.* (2019). Studies in coatings for working bodies of deep-rippers recovered by plasma surfacing. Engineering for rural development. Jelgava, 22.-24.05.2019. 44–49.

17. *Vasilenko M. O., Buslaiev D. O.* (2015). Influence of the modes of application of the hardening coating on the parameters of the point hardening of the working bodies of the tillage machines. Scientific-theoretical journal of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Bulletin of agrarian science. Kyiv. No. 7. 44–48.

18. *Mank V., Tonkha O., Galimova V., Surovtsev S., Menshov O., Bukova O., Rogovskiy I.* (2019). Electrochemical investigation of cobalt absorbtion processes by soils of Ukraine. Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv-Geology. Kyiv. Vol. 3 (86). 31−39. WoS.

19. *Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Haponenko O.I., Ohiienko M.M., Kulik V.P.* (2020). Engineering management of tillage equipment with concave disk spring shanks. INMATEH. Agricultural Engineering. Bucharest. Vol. 60. No 1. 45−52. DOI: 10.35633/INMATEH-60-05. Scopus. WoS.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЕСОВОГО И ЛИНЕЙНОГО ИЗНОСОВ ОТ РЕСУРСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРИЙНЫХ И УПРОЧНЕННЫХ КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ КУЛЬТИВАТОРНЫХ ЛАП

М. А. Василенко, Д. А. Буслаев

Аннотация. Работа посвящена повышению ресурсных показателей культиваторных лап при использовании комбинированного метода укрепления. В статье приведена схема комбинированного трехслойного формирования лезвия культиваторных лап, которое обеспечивает повышение ресурсных показателей за счет нанесения порошковых абразивностойких материалов дуговой наплавкой. Такой метод упрочнения позволяет обеспечить процесс самозатачивания лезвия путем постепенного уменьшения износостойкости нижних слоев лезвия.

Методом производственных испытаний по результатам линейного износа крыльев экспериментальных культиваторных лап определено порошковый материал, который обеспечивает лучшие показатели против абразивного износа.

Приведены математические и графические зависимости линейного и весового износа экспериментальных культиваторных лап от наработки и использования порошкового материала при их упрочнении.

Анализ полученных графических зависимостей сравнительных испытаний упрочненных и серийных лап показал, что при ресурсе 55 га средний весовой износ упрочненных лап на 33% меньше чем серийных.

Установленные математические модели позволяют прогнозировать величины весового и линейного износов в зависимости от ресурсных показателей серийных и упрочненных комбинированным методом культиваторных лап

Предложенный комбинированный метод упрочнения позволяет повысить ресурс культиваторных лап на 35-45%.

Ключевые слова: прогнозирование, износ, упрочнение, повышение, ресурс, самозаострение, износостойкость.

MATHEMATICAL MODELS FOR PREDICTING WEIGHT AND LINEAR WEAR FROM RESOURCE INDICATORS SERIAL AND HARDENED BY COMBINED METHOD OF CULTIVATOR PAWS

M. O. Vasylenko, D. O. Buslaiev

Abstract. The work is devoted to increasing the resource indicators of cultivator paws when using the combined method of strengthening. The article provides a diagram of the combined three-layer formation of the blades of cultivator paws, which provides an increase in resource indicators due to the application of powder abrasion-resistant materials by arc surfacing. This method of hardening allows you to ensure the process of self-sharpening the blade by gradually reducing the wear resistance of the lower layers of the blade.

By the method of production tests according to the results of linear wear of the wings of experimental cultivating paws a powder material has been identified that provides the best performance against abrasion.

Mathematical and graphical dependences of linear and weight wear of experimental cultivator paws on the operating time and use of powder material during their hardening are given.

An analysis of the obtained graphical dependencies of comparative tests of hardened and serial paws showed that with a resource of 55 ha, the average weight wear of hardened paws is 33% less than the serial ones.

The established mathematical models make it possible to predict the values of weight and linear wear depending on the resource indicators of serial and hardened cultivator paws strengthened by the combined method

The proposed combined method of hardening allows to increase the resource of cultivating paws by 35-45%.

Key words: forecasting, wear, hardening, increase, resource, self-sharpening, wear resistance.

М. О. Василенко ORCID iD 0000-0002-5240-7000.
Д. О. Буслаєв ORCID iD 0000-0003-2535-7420.