

УДК 631.316.022.4: 621.791.927.5

Обґрунтування ефективності застосування локального зміцнення культиваторних лап із використанням зносостійкого матеріалу

Василенко М. О.,

к.т.н., завідувач відділу, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»;

ORCID iD 0000-0002-5240-7000

Буслаєв Д. О.,

н.с., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»; ORCID iD 0000-0003-2535-7420

Калінін О. Є.,

н.с., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»; ORCID iD 0000-0002-8627-8593

Кононогов Ю. А.,

пров. інж., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»; ORCID iD 0000-0003-4472-1371

Анотація

Мета. Зменшення витрат на виконання технологічних операцій з обробітку ґрунту завдяки збільшенню ресурсу культиваторних лап.

Методи. Монографічний, математико-статистичний, економіко-математичний, графо-аналітичний.

Результати. Обґрунтовано методичний підхід до визначення економічної ефективності локального зміцнення культиваторних лап із використанням зносостійкого порошкового матеріалу з метою підвищення ресурсу. Обґрунтовано межі збільшення ресурсу культиваторної лапи КПЕ-410 та максимальне значення собівартості її зміцнення для ефективного функціонування виробничих підприємств.

Висновки. Ефективність застосування локального зміцнення культиваторної лапи КПЕ-410

із використанням зносостійкого порошкового матеріалу досягається за умови, що ресурс зміцненої культиваторної лапи становить більше 18,7% від серійного зразка.

За умови, що ресурс зміцненої культиваторної лапи становить 37% від серійної, для забезпечення ефективності собівартість зміцнення однієї культиваторної лапи КПЕ-410 повинна не перевищувати 112,5 грн.

Встановлено, що за умови собівартості зміцнення культиваторної лапи $C_3 = 53,77$ грн та її ресурсу 55 га економічна ефективність становить 109%.

Ключові слова: ефективність, локальне зміцнення, ресурс, робочі органи ґрунтообробних машин, собівартість зміцнення.

UDC 631.316.022.4: 621.791.927.5

Substantiation effectiveness of local strengthening cultivator paws using wear-resistant material

Vasylenko M. O.,

PhD, Senior Researcher, Head of the research department, National scientific center "Institute of agricultural engineering and electrification"

Buslaiev D. O.,

Researcher, National scientific center "Institute of agricultural engineering and electrification"

Kalinin O. Ye.,

Researcher, National scientific center “Institute of agricultural engineering and electrification”

Kononogov Yu. A.,

Lead Engineer, National scientific center “Institute of agricultural engineering and electrification”

Annotation

Purpose. Reducing the cost of technological operations for tillage due to increased resource cultivator paws.

Methods. Monographic, mathematical-statistical, economic-mathematical, graphic-analytical.

Results. The methodical approach to determining the economic efficiency of local hardening of cultivator paws using wear-resistant powder material with the aim of increasing the resource is substantiated. The limits of increasing the resource of cultivator paws KPE-410 and the maximum value of the cost of its hardening for the effective functioning of industrial enterprises are substantiated.

Conclusions. The effectiveness of local hardening of the cultivator paw KPE-410 using wear-resistant powder material is achieved under the condition that the resource of the hardened cultivator paw is more than 18.7% of the serial sample.

Provided that the resource of the strengthened cultivar's paw is 37% of the serial, in order to ensure efficiency, the cost price of hardening of one cultivar's foot KPE-410 should not exceed 112.5 UAH.

It was established that with the cost of hardening of the cultivar leg $S_z = 53.77$ UAH and its resource 55 hectares, the economic efficiency is 109%.

Keywords: efficiency, local strengthening, resource, working bodies of tillage machines, cost of hardening.

УДК 631.316.022.4: 621.791.927.5

Обоснование эффективности применения локального упрочнения культиваторных лап с использованием износостойкого материала

Василенко М. А.,

к.т.н., с.н.с., зав. отдела, Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

Буслаев Д. А.,

н.с., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

Калинин А. Е.,

н.с., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

Кононогов Ю. А.,

вед. инж., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

Аннотация

Цель. Уменьшение затрат на выполнение технологических операций по обработке почвы благодаря увеличению ресурса культиваторных лап.

Методы. Монографический, математико-статистический, экономико-математический, графоаналитический.

Результаты. Обоснован методический подход к определению экономической эффективности локального упрочнения культиваторных лап с использованием износостойкого порошкового материала с целью повышения ресурса. Обоснованы пределы увеличения ресурса культиваторной лапы КПЭ-410 и максимальное значение себестоимости ее

упрочнения для эффективного функционирования производственных предприятий.

Выводы. Эффективность применения локального упрочнения культиваторной лапы КПЭ-410 с использованием износостойкого порошкового материала достигается при условии, что ресурс упрочненной культиваторной лапы составляет более 18,7% от серийного образца.

При условии, что ресурс упрочненной культиваторной лапы составляет 37% от серийной, для обеспечения эффективности себестоимость упрочнения одной культиваторной лапы КПЭ-410 не должна превышать 112,5 грн.

Установлено, что при себестоимости упрочнения культиваторной лапы $C_z = 53,77$ грн и

ее ресурса 55 га экономическая эффективность составляет 109%.

Ключевые слова: ефективність, локальне упрочнення, ресурс, робочі органи ґрунтообробляючих машин, себестоимость упрочнення.

Постановка проблеми. Актуальною проблемою зниження витрат на виробництво сільськогосподарської продукції є зменшення витрат на придбання запасних частин до ґрунтообробних машин, а також зменшення витрат на виконання технологічних операцій з обробітку ґрунту.

За результатами аналізу структури собівартості виробництва сільськогосподарської продукції країн із різним рівнем розвитку економіки встановлено, що в Німеччині та США витрати, спрямовані на сировину і матеріали, становлять 35–36%, в той час як в Україні даний показник у два рази вищий і становить 67%. Витрати на оплату праці в розвинених країнах становлять 25–26%, що в два рази більше ніж в Україні [1].

Одним із шляхів вирішення поставленої проблеми є напрям підвищення ресурсу робочих органів ґрунтообробних машин завдяки зміцненню їхніх робочих поверхонь.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз методів підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин [2, 8] вказує на широкий спектр наукових досліджень у цьому напрямі. На сьогодні відомі різні підходи у вирішенні проблеми підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробної техніки, зокрема застосування локального зміцнення [9–11]. Зарубіжні фірми, такі як Kockerling, Bellota, Lemken, Kverneland, Horsch, Vogel Noot, а також вітчизняні підприємства «Алекс-Агро», «Агра», «Велес-Агро» виготовляють широку номенклатуру робочих органів ґрунтообробних машин із використанням локального зміцнення, що дозволяє збільшити їхній ресурс.

Для підвищення зносостійкості та забезпечення ефекту самозагострювання робочих органів культиваторів авторами [12] застосовано електродугове точкове наплавлення електродом Т-590 з додаванням зносостійкого порошкового матеріалу в зону плавлення, внаслідок чого твердість робочих поверхонь становить від 58 HRC до 62 HRC.

Авторами М. І. Денисенком і В. І. Рубльовим встановлено, що найбільш

ефективним методом зміцнення робочих поверхонь деталей ґрунтообробних машин є точкове зміцнення плавким електродом. Високу зносостійкість в умовах абразивного зношування дозволяє забезпечити наявність у структурі наплавленого шару карбідів тугоплавких металів, завдяки чому ресурс робочих органів ґрунтообробних машин збільшується у 1,5–2,8 рази [13].

Проведені дослідження [14] тягового опору агрегату ПЛН-5-35 з експериментальними лемешами, зміцненими точковим методом, показали, як приклад, що тяговий опір агрегату при швидкості 2,08 м/с складає 32,7 кН і практично однаковий, порівнюючи з еталонним агрегатом із серійними робочими органами – 33,5 кН.

Мета досліджень. Зменшення витрат на виконання технологічних операцій з обробітку ґрунту завдяки збільшенню ресурсу культиваторних лап.

Методи досліджень. Монографічний, математико-статистичний, економіко-математичний, графоаналітичний.

Результати досліджень. Підвищення ресурсу робочих органів зумовлює зменшення тривалості простоїв агрегатів для їх заміни, а зносостійке покриття дозволяє створити сприятливі умови для ефекту самозагострення леза в процесі експлуатації. Для визначення доцільності створення пункту зі зміцнення нових робочих органів ґрунтообробних машин в умовах господарств або під час виготовлення слід провести оцінку ефективного його функціонування.

Ефективність E застосування точкового зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин із використанням зносостійкого порошкового матеріалу та врахуванням підвищення ресурсу визначається за виразом [15, 16]:

$$E = \frac{C_n \cdot \frac{W_3}{W_n} - (C_n + C_3)}{C_3} \cdot 100, \quad (1)$$

де C_n – ціна нової культиваторної лапи серійного виробництва, грн;

W_3 – ресурс зміцненої культиваторної лапи, га;

W_n – ресурс нової культиваторної лапи, га;

C_3 – собівартість зміцнення нової культиваторної лапи, грн.

Ефективне функціонування пункту для зміцнення робочих органів ґрунто-

обробних машин досягається за умови, що ресурс зміцнених робочих органів більший ніж серійних незміцнених: $W_3 > W_n$.

Собівартість зміцнення культиваторних лап за розробленою в ННЦ «ІМЕСГ» технологією, яка передбачає точкове зміцнення лез нових культиваторних лап електродами Т-590 з додаванням порошкового матеріалу ПС-12НВК-01 у зону наплавлення, визначається за виразом [16]:

$$C_3 = C_m + B_{3n} + B_{eo} + B_{el}, \quad (2)$$

де C_m – загальна вартість матеріалів для зміцнення, грн;

B_{3n} – витрати на заробітну плату, грн;

B_{eo} – витрати на експлуатацію обладнання й утримання приміщень, грн;

B_{el} – витрати на електроенергію, грн.

Загальну вартість порошкового матеріалу ПС-12НВК-01 та електроду Т-590 для локального зміцнення однієї культиваторної лапи визначають за виразом [16]:

$$C_m = (m_n \cdot C_n + m_e \cdot C_e) \cdot n_m, \quad (3)$$

де m_n – витрата порошкового зносостійкого матеріалу для наплавлення однієї точки, г;

C_n – вартість порошкового матеріалу, грн/г;

m_e – витрата електроду Т-590 для наплавлення однієї точки, г;

C_e – вартість електроду Т-590, грн/г;

n_m – кількість точок зміцнення на одній культиваторній лапі, шт.

Мінімальна кількість точок зміцнення на одній культиваторній лапі визначається за виразом:

$$n_m = \frac{B}{d} + n, \quad (4)$$

де B – ширина захвату культиваторної лапи, мм;

d – діаметр локального зміцнення, мм;

n – додаткова кількість точок зміцнення в передній частині лапи, шт.

Максимальний крок точкового зміцнення визначається за виразом:

$$t_m = \frac{B}{d \cdot \sin \frac{\gamma}{2}} \rightarrow \frac{B}{d \cdot \sin \frac{\gamma}{2}}, \quad (5)$$

де γ – кут розхилу крил культиваторної лапи, град.

Загальні витрати на заробітну плату для локального зміцнення однієї культиваторної лапи визначаються за виразом:

$$B_{3n} = (B_{33} + H_3 + H_6), \quad (6)$$

де B_{33} – витрати на заробітну плату зварювальника, грн;

H_3 – нарахування на заробітну плату, грн;

H_6 – накладні витрати, грн.

Заробітна плата зварювальника за зміцнення однієї культиваторної лапи визначається за виразом:

$$B_{33} = (t_3 + t_n + t_{36}) \cdot Z_n \cdot n_m, \quad (7)$$

де t_3 – час наплавлення точкового зміцнення, с;

t_n – час підготовки до наплавлення, с;

t_{36} – час зважування порошкового матеріалу, с;

Z_n – заробітна плата зварювальника, грн/с.

Питомі витрати на експлуатацію обладнання й утримання приміщень для зміцнення однієї культиваторної лапи визначаються за виразом:

$$B_{eo} = \frac{(B_{об} \cdot E_n) + B_{op}}{n_p}, \quad (8)$$

де $B_{об}$ – вартість обладнання для проведення точкового зміцнення, грн;

E_n – нормативний коефіцієнт, що враховує норму амортизаційних відрахувань;

B_{op} – річні витрати на оренду приміщень, грн;

n_p – річне завантаження пункту зі зміцнення робочих органів, шт.

Витрати на електроенергію для зміцнення однієї культиваторної лапи визначаються за виразом:

$$B_{el} = P \cdot t_{3л} \cdot Ц, \quad (9)$$

де P – споживана потужність зварювального обладнання, кВт/с;

$t_{3л}$ – час зміцнення однієї культиваторної лапи, с;

$Ц$ – тариф електроенергії для підприємства, грн/кВт.

Результати розрахунку собівартості зміцнення культиваторних лап КПЕ-410 за розробленою технологією в ННЦ «ІМЕСГ» представлені в таблиці.

Таблиця. Розрахунок собівартості зміцнення культиваторної лапи шириною захвату 410 мм
 Table. Calculation cost of strengthening the cultivar paw with the width of capture 410 mm

№ п/п	Найменування	Вартість, грн
1	Вартість матеріалів для зміцнення культиваторної лапи	42,43
1.1	Вартість електрода Т-590	7,43
1.2	Вартість порошкового матеріалу ПС-12НВК-01	35,00
2	Витрати на заробітну плату для зміцнення однієї культиваторної лапи	9,19
2.1	Заробітна плата зварювальника	5,05
2.2	Нарахування на заробітну плату	1,11
2.3	Накладні витрати	3,03
3	Питомі витрати на експлуатацію обладнання та оренду приміщення на одну лапу	1,14
4	Витрати на електроенергію на одну лапу	1,01
Собівартість зміцнення однієї культиваторної лапи		53,77

Собівартість зміцнення нової культиваторної лапи КПЕ-410 – $C_3 = 53,77$ грн, досягається за умови максимального розрахункового річного завантаження пункту зі зміцнення культиваторних лап у кількості 15984 шт.

За умови, що ціна нової культиваторної лапи $C_n = 300$ грн, собівартість її зміцнення $C_3 = 53,77$ грн, ресурс нової незміцненої культиваторної лапи $W_n = 40$ га, а ресурс зміцненої культиваторної лапи $W_3 = 55$ га, графічні залежності економічної ефективності зміцнення культиваторних лап будуть мати вигляд, представлений на рисунках 1, 2.

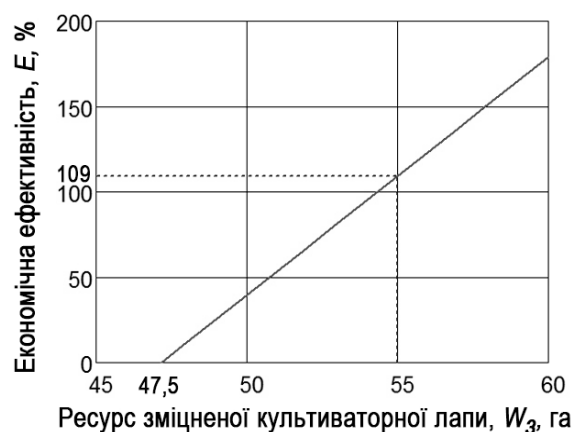


Рис. 1. Залежність економічної ефективності зміцнення культиваторних лап від зміни їхнього ресурсу

Fig. 1. Dependence of economic efficiency of strengthening cultivar paws on changes in their resource

Аналіз графічних залежностей (рис. 1, 2) зміни економічної ефективності зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин показує, що за умови собівартості зміцнення культиваторної лапи $C_3 = 53,77$ грн та її ресурсу 55 га економічна ефективність становить 109%.

Ефективність застосування точкового зміцнення культиваторної лапи КПЕ-410 із використанням зносостійкого порошкового матеріалу досягається, коли ресурс зміцненого робочого органу становить більше 47,5 га,

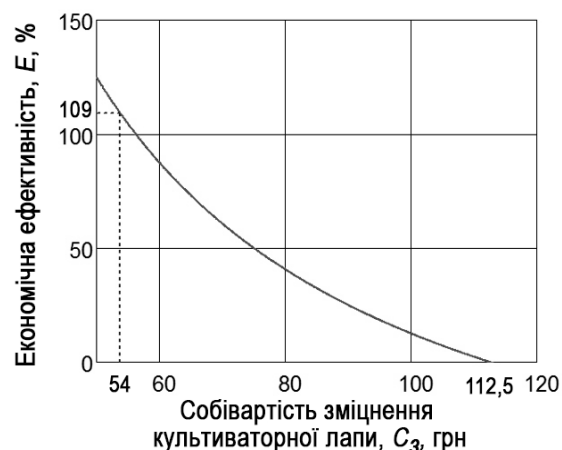


Рис. 2. Вплив собівартості зміцнення культиваторних лап на зміну економічної ефективності зміцнення

Fig. 2. Influence cost of strengthening cultivar paws on the change of economic efficiency of strengthening

що на 18,7% більше від серійного. Встановлено, що за умови, коли ресурс зміцненої культиваторної лапи становить 55 га, для забезпечення ефективності точкового зміцнення необхідно, щоб собівартість зміцнення однієї культиваторної лапи КПЕ-410 становила менше 112,5 грн.

Такий методичний підхід із визначення економічної ефективності зміцнення робочих органів дозволяє врахувати ефект від підвищення ресурсу зміцнених робочих органів.

Висновки. Ефективність застосування локального зміцнення культиваторної лапи КПЕ-410 із використанням зносостійкого порошкового матеріалу досягається за умови, що ресурс зміцненої культиваторної лапи становить більше 18,7% від серійного.

За умови, що ресурс зміцненої культиваторної лапи становить 37% від серійної, для забезпечення ефективності собівартість зміцнення однієї культиваторної лапи КПЕ-410 повинна не перевищувати 112,5 грн.

Встановлено, що за умови собівартості зміцнення культиваторної лапи $C_3 = 53,77$ грн та її ресурсу 55 га економічна ефективність становить 109%.

Бібліографія

1. Явтушенко О. С., Андрусь О. І. Шляхи зниження собівартості продукції на підприємстві. *Ефективна економіка*: електронний журнал. 2013. № 4. С. 83–84.
2. Каденко В. С. Аналіз методів підвищення довговічності ґрунтообробних органів машин. *Технічний сервіс машин для рослинництва*. Вісник ХНТУСГ. Харків, 2014. Вип. 145. С. 144–148.
3. Каденко В. С. Удосконалення робочих органів культиваторів конструкторсько-технологічними методами. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортних комплексів*. Вісник ХНТУСГ. Харків, 2016. Вип. 5. С. 206–210.
4. Дудников А. А., Семчук Г. І. Повышение надёжности почвообрабатывающих машин при их восстановлении. *Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва*. Вісник ХНТУСГ. Харків, 2014. Вип. 151. С. 114–118.
5. Саинсус А. Д. Повышение долговечности лап культиваторов композиционными покрытиями переменного состава: дис. ... канд. техн. наук. К., 2008. 159 с.
6. Кожухова Н. Ю. Наплавочное армирование рабочих органов почвообрабатывающих машин, эксплуатирующихся на тяжелых почвах (на примере плужных лемехов): дис. ... канд. техн. наук. Брянск, 2011. 211 с.
7. Фаюршин А. Ф. Повышение долговечности лап культиваторов в сельскохозяйственных ремонтных предприятиях: дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2006. 149 с.
8. Бабаев Ю. И., Бутаков Б. И., Сысоев В. Г. Поверхностное упрочнение металлов. К.: Наукова думка, 1995. 253 с.
9. Балабуха О. В. Підвищення довговічності і ефективності роботи ріжучих елементів ґрунтообробних машин шляхом управління спрацюванням при дискретному зміцненні: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 Кіровоград, 2001. 138 с.
10. Балан В. П., Клюенко В. Н., Олисенко В. И. Точечное упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. Москва, 1991. № 2. С. 44–45.
11. Бетенья Г. Ф. Повышение долговечности почворежущих элементов сельскохозйственной техники наплавкой намораживанием. Минск: БелНИИНТИ, 1986. 141 с.
12. Василенко М. О., Буслев Д. О., Калинин О. Є. Модифікація наноструктури створеного поверхневого шару культиваторних лап для експлуатації в ґрунтах різних типів. *Механізація та електрифікація сільського господарства* / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2015. № 1 (100). С. 195–204.
13. Денисенко М. І., Рубльов В. І. Підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин з використанням точкового зміцнення. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*: збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Кіровоград, 2011. Вип. 24(2). С. 28–35.
14. Денисенко М., Опальчук А. Зношування та підвищення довговічності робочих органів сільськогосподарських машин. *Вісник ТНТУ*. Тернопіль, 2011. Ч. 2. С. 201–210.
15. Молодик М. В. Наукові основи технічного обслуговування і ремонту машин у сільському господарстві. Кіровоград: КОД, 2009. 180 с.
16. Молодых Н. В., Зенкин А. С. Восстановление деталей машин. М.: Машиностроение, 1989. 480 с.

Bibliohrafiia

1. Yavtushenko O. S., Andrus O. I. Shliakhy znyzhennia sobivartosti produktsii na pidpriemstvi. *Efektivna ekonomika: elektronnyi zhurnal*. 2013. № 4. S. 83–84.
2. Kadenko V. S. Analiz metodiv pidvyshchennia dovhovichnosti gruntoobrobnykh orhaniv mashyn. *Tekhnichniy servis mashyn dlia roslinnytstva*. Visnyk KhNTUSH, Kharkiv, 2014. Vyp. 145. S. 144–148.
3. Kadenko V. S. Udoskonalennia robochykh orhaniv kultyvatoriv konstruktorsko-tekhnologichnyimi metodamy. *Tekhnichniy servis ahropromyslovoho, lisovoho ta transportnykh kompleksiv*. Visnyk KhNTUSH, Kharkiv, 2016. Vyp. 5. S. 206–210.
4. Dudnikov A. A., Semchuk G. I. Povyshe-nie nadyozhnosti pochvoobratyvayushih mashin pri ih vosstanovlenii. *Problemy nadiinosti mashyn ta zasobiv mekhanizatsii silskohospodarskoho vyrobnytstva*. Visnyk KhNTUSH, 2014. Vip. 151. S. 114–118.
5. Sainsus A. D. Povyshenie dolgovechnosti lap kultyvatorov kompozicionnymi pokrytyami peremennogo sostava: dis. ... kand. tehn. nauk K., 2008. 159 s.

6. Kozhuhova N. Yu. Naplavochnoe armirovanie rabochnih organov pochvoobrabatyvayushih mashin, ekspluatiruyushihhsya na tyazhelyh pochvah (na primere pluzhnyh lemehov): dis. ... kand. tehn. nauk. Bryansk, 2011. 211 s.

7. Fayurshin A. F. Povyschenie dolgovechnosti lap kultivatorov v selskohozyajstvennyh remontnyh predpriyatiyah: dis. ... kand. tehn. nauk. Ufa, 2006. 149 s.

8. Babaev Yu. I., Butakov B. I., Sysoev V. G. Poverhnostnoe uprochnenie metallov. K.: Naukova dumka, 1995. 253 s.

9. Balabukha O. V. Pidvyshchennia dohovichnosti i efektyvnosti roboty rizhuchykh elementiv gruntoobrobnykh mashyn shliakhom upravlinnia spratsiuvanniam pry dyskretnomu zmitsnenni: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.05.11. Kirovohrad, 2001. 138 s.

10. Balan V. P., Klyuenko V. N., Olisenko V. I. Tochechnoe uprochnenie rabochnih organov pochvoobrabatyvayushih mashin. *Mehanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo hozyajstva*. Moskva, 1991. № 2. S. 44–45.

11. Betenya G. F. Povyschenie dolgovechnosti pochvorezhushih elementovselskohozyajstvennoj tehniki naplavkoj namorazhivaniem. Minsk: BelNIINTI, 1986. 141 s.

12. Vasilenko M. O., Buslaiev D. O., Kalinin O. Ye. Modyfikatsiia nanostruktury stvorenoho poverkhnevoho sharu kulyvatornykh lap dlia ekspluatatsii v gruntakh riznykh typiv. *Mekhanizatsiia ta elektrifikatsiia silskoho hospodarstva / NNTs "IMESH"*. Hlevakha, 2015. № 1 (100). S. 195–204.

13. Denysenko M. I., Rublov V. I. Pidvyshchennia dohovichnosti robochykh orhaniv gruntoobrobnykh mashyn z vykorystanniam tochkovoho zmitsnennia. *Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia*: zbirnyk naukovykh prats Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Kirovohrad, 2011. Vyp. 24 (2). S. 28–35.

14. Denysenko M., Opalchuk A. Znoshuvannia ta pidvyshchennia dohovichnosti robochykh orhaniv silskohospodarskykh mashyn. *Visnyk TNTU*. Ternopil, 2011. Ch. 2. S. 201–210.

15. Molodyk M. V. Naukovi osnovy tekhnichnoho obsluhovuvannia i remontu mashyn u silskom hospodarstvi. Kirovohrad: KOD, 2009. 180 s.

16. Molodyk N. V., Zenkin A. S. Vosstanovlenie detalej mashin. M: Mashinostroenie, 1989. 480 s.

References

1. Yavtushenko O. S., Andrus O. I. Ways to reduce the cost of production at the enterprise. *Effective economy*: electronic journal. 2013. No. 4. Pp. 83–84.

2. Kadenko V. S. Analysis of methods for increasing the durability of soil machinery. *Technical*

service of machines for plant growing. Bulletin KNTU. Kharkiv, 2014. Issue 145. Pp. 144–148.

3. Kadenko V. S. Improvement of working bodies of cultivators by design and technological methods. *Technical service of agroindustrial, forestry and transport complexes*. Bulletin KNTU. Kharkiv, 2016. Issue 5. Pp. 206–210.

4. Dudnikov A. A., Semchuk G. I. Improving the reliability of tillage machines when they are restored. *Problems of reliability of machines and means of mechanization of agricultural production*. Bulletin KNTU. Kharkiv, 2014. Issue 151. Pp. 114–118.

5. Sainsus A. D. Increasing the durability of the cultivator paws with composite coatings of variable composition: thesis. K., 2008. 159 p.

6. Kozhuhova N. Yu. Floating reinforcement of the working bodies of tillage machines operating on heavy soils (for example, plowshares): thesis. Bryansk, 2011. 211 p.

7. Fayurshin A. F. Improving the durability of the paws of cultivators in agricultural repair enterprises: thesis. Ufa, 2006. 149 p.

8. Babaev Yu. I., Sysoev V. G., Butakov B. I. Surface hardening of metals Kyiv: Scientific thought, 1995. 253 p.

9. Balabukha O. V. Improvement of durability and efficiency of work of cutting elements of soil-working machines by control of triggering at discrete reinforcement: author's abstract: thesis: 05.05.11. Kirovohrad, 2001. 138 p.

10. Balan V. P., Klyuenko V. N., Olisenko V. I. Dot hardening of the working bodies of tillage machines. *Mechanization and Electrification of Agriculture*. Moscow, 1991. No. 2. Pp. 44–45.

11. Bethena G F Increasing the durability of soil-cutting elements of agricultural equipment by welding by freezing. Minsk: BelSRISTR, 1986. 141 p.

12. Vasilenko M. O., Buslaiev D. O., Kalinin O. Ye. Modification of the nanostructure of the created surface layer of cultivar paws for operation in soils of different types. *Mechanization and electrification of agriculture*. Glevakha: NSC "IAEE", 2015. No. 1 (100). Pp. 195–204.

13. Denisenko M. I., Rublev V. I. Increasing the durability of working bodies of soil-working machines using point strengthening. *Engineering in agricultural production, branch engineering, automation*: collection of scientific works of Kirovohrad national technical university. Kirovohrad, 2011. Issue 24 (2). Pp. 28–35.

14. Denisenko M., Opalchuk A. Wearing and increasing durability of working machines of agricultural machines. *Bulletin of TNTU*. Ternopil, 2011. Part 2. Pp. 201–210.

15. Molodik M. V. Scientific principles of maintenance and repair of machines in agriculture. Kirovohrad, 2009. 180 p.

16. Molodyk N. V., Zenkin A. S. Restoration of machine parts. Directory. Moscow: Mechanical Engineering, 1989. 480 p.