Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 2, 115-120
ISSN 2663-1334 (print), ISSN 2663-1342 (online), www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica

DOI: 10.31548/machenergy.2019.02.115-120

УДК 631.12 (1-22) : 502.117 : 620.95

ЕФЕКТИВНІСТЬ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛУНЖЕРНИХ ПАР ПАЛИВНИХ НАСОСІВ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

П. С. Попик[1], Л. Л. Роговський[1], О. М. Вечера[1], О. Г. Поліщук[2]

[1]Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
[2]Таращанський державний технічний та економіко-правовий коледж, Україна.

Кореспонденція авторів: GTP2005@i.ua.

Історія статті: отримано – квітень 2019, акцептовано – червень 2019.
Бібл. 7, рис. 2, табл. 4.

Анотація. Наведено результати досліджень властивостей і розмірів деталей плунжерних пар після відновлення азотуванням, оксінітруванням, карбонітруванням і роторним хромуванням. При відновленні прецизійних плуженних пар, знос яких вимірюється десятками мікрометрів, є реальна можливість використати приріст розмірів деталей при хіміко-термічних методів зміцнення.

Ключові слова: плунжерні пари, способи відновлення, властивості, приріст розмірів.

Постановка проблеми

До 50% несправностей дизельних двигунів приходяться на паливну апаратуру. У найважчих умовах працюють плунжерні пари паливних насосів, зумовлених динамічними навантаженнями і високим тиском, наявністю агресивних компонентів і абразивних частин у паливі, зношуванням.

У зв’язку з великою кількістю плунжерних пар і трудомісткістю їх виготовлення доцільно відновлювати їх деталі, забезпечивши необхідними за технічними умовами їх властивості

Аналіз останніх досліджень

При відновленні прецизійних плуженних пар, знос яких вимірюється десятками мікрометрів, є реальна можливість використати приріст розмірів деталей при хіміко-термічних методів зміцнення.

Так у роботі [1] встановлено, що газове азотування забезпечило приріст розмірів для сталі СК45 від 5 до 13 мм, а сталі 41Cr4-10…28мкм. При цьому азотування після поліпшення дало більший приріст ніж після нормалізації. Мікротвердість поверхні досягала 6000…11000*МПа* залежно від складу сталей. Карбонітрування за температури 570°С, 6 *год.* збільшує діаметр зразків для сталі СК45 на 26…29 мкм, а легованої сталі 41Cr4 на 14…18 мкм.

Цементація [2] також призводить до приросту розмірів деталей. Так пластини із низько-вуглецевої сталі завтовшки 10мм після цементації за температури 910°С протягом 8 *год.* дали приріст розміру на 50 мкм, після наступного високого відпуску – 60 мкм, а після гартування і низького відпуску – 75 мкм. У стержнів із хромонікельмолібденової сталі діаметром 10 мм збільшення діаметра склало відповідно 35, 50, 55 мкм.

Істотне збільшення розмірів деталей забезпечує борування. Встановлено [3], що борування сталі 25Х5М5А в розплавах бури з карбідом бору за температур 950 і 1000°С протягом 2, 4 і 6 год. дало діаметральний приріст розмірів зразків на 28…56 мкм. Найбільший приріст (56…58 мкм) дає борування протягом 6 год. Борування за температури 1050°С протягом 6 год. дає значний приріст діаметра до 108 мкм. Однак після борування за температури 950°С з наступною термообробкою приріст розмірів зразків із сталі 25Х5МА менший і складає 18…24 мкм, а після борування за температур 1000 і 1050°С такий приріст ще менший – всього 4…18 мкм. Математичні залежності приросту розмірів сталевих і чавунних деталей після борування сталей 10, 30, У8, ШХ15, ХВГ залежно від температури процесу наведено в роботі [4]. Борування також збільшує зносостійкість сталі 25Х5МА в 2…3 рази, а наступне, після борування, гартування підвищує зносостійкість у 3,5…5 раз.

Крім хіміко-термічних методів відновлення використовувалися залізнення, гальванічне електронатирання, хімічне нікелювання [5], які не рекомендовані через низьку їх зносостійкість.

Гальванічне хромування один із ефективних методів відновлення плунжерних пар, який забезпечує зносостійкість деталей вищу ніж для нових[6].

Вибір способів відновлення плунжерних пар визначається не лише досягненням необхідних розмірів але й забезпеченням підвищеної зносостійкості за рахунок твердості (мікротвердості), дисперсності карбідів, борідів та ін. твердих складових структури поверхневого шару.

Зносостійкість плунжерних пар залежить також від оптимального поєднання складу і властивостей матеріалу спряжених деталей, і в першу чергу їх поверхневих шарів [7].Найвища зносостійкість досягається поєднанням різнойменних матеріалів, наприклад, електротехнічний хром і азотована сталь, що запобігає схвачуванню поверхонь тертя. Для

забезпечення оптимального поєднання властивостей матеріалів деталей твердість (мікротвердість) спряжених поверхонь має відрізнятися на НВ50…100. Таким чином необхідно перевірити можливість відновлення плунжерних пар азотуванням, боруванням та іншими способами хіміко-термічної обробки та використання електролітичного хромування однієї з деталей пари спряження.

Мета досліджень

Порівняння властивостей деталей плунжерних пар паливних насосів дизельних двигунів після азотування, оксінітрування, карбонітрування і роторного хромування для вибору найефективніших способів і їх режимів, які забезпечують необхідні механічні властивості і розмірні характеристики відновлювальних деталей.

Результати досліджень

Було проведені дослідження зносу плунжерних пар паливних насосів ТНВД СМД-60, які поступають на капітальний ремонт (табл. 1).

Деталі плунжерної пари насосів ТНВД СМД-60 виготовляються із сталі 25Х5М. У процесі виготовлення ці деталі піддаються азотуванню у дві стадії: 1-а стадія 510…520°С, 30 год ступінь дисоціації 20-35%; 2-а стадія – 550…560°С, 31год, Ступінь дисоціації 40…60%, охолодження аміаком при 150°С, потім на повітрі. Після азотування твердість поверхні NV 8500; серцевини HRC 20…26, глибина азотованого шару 0,25…0,50 мм.

Наведені дані (табл. 1) свідчать, що максимальний знос деталей плунжерних пар насосів ТНВД СМД-60 досягають 5…14 мкм, при високій твердості поверхонь тертя. Таким чином з точки зору зносостійкості плунжерних пар доцільно використовувати методи відновлення, які забезпечують високу твердість поверхневих шарів і приріст розмірів деталей більших за їх знос, що забезпечує їх відновлення.

Таблиця 1. Знос деталей плунжерних пар насосів.

Table 1. Wear and tear parts of the plunger pumps.

Деталь	Спрацювання до капітального ремонту, мкм	
	Максимальний	Середній
Плунжер	10	8
Втулка	14	12
Дозатор	5	5

Дослідження були виконанні на зношених деталях плунжерних пар насоса ТНВД СМД-60, які піддавались газовому і рідкому азотуванню, карбонітруванню, оксикарбонітруванню з метою забезпечення ефективності і якості відновлення. Плунжери насосів ТНВД СМД-60 піддавались також роторному хромуванню.

Після відновлення деталей наведеними способами зміна їх основних розмірів, наведена в табл. 2.

Таблиця 2. Зміна розмірів відновлених деталей плунжерних пар, мкм.

Table 2. Resize the restored parts of the plunger, μm.

№ досл	Спосіб і режим відновлення	Збільшення діаметра плунжера	Зменшення діаметра отвору	
			корпуса (втулки)	дозатора
1	Заводський режим	12…19	11…21	8…12
2	Азотування за темпе ратури 500…520 °С; ступінь дисоціації аміаку 20…40%; тривалість – 26 год	3…6	9…14	12…16
3	Ті ж умови; тривалість – 52 год.	8…10	9…18	5…18
4	Ті ж умови; тривалість – 78 год.	10…18	10…24	10…11
5	Азотування за темп ератури 590…610°С; ступінь дисоціації аміаку 40…60%; тривалість – 5 год; охолодження в оливі	20…45	26…37	18…45
6	Ті ж умови; тривалість – 6 год	30…36	20…32	10…37
7	Ціанування в розплаві 32% NaCNO, 38% KCl і 30% Na_2CO_3 за т-ри 560…580°С – 5 год	9		
8	Ті ж умови тривалість 8 год	12		
9	Ті ж умови тривалість 10 год	10		
10	Оксикарбонітрування в аміаку, вуглекислому газі і продування парою за т-ри 620…640°С – 7 год. Охолодження в оливі	18…30	51…54	13…16
11	Карбонітрування в аміаку і вуглекислому газі за т-ри 600…620°С – 8 год. Охолодження з піччю. Ступінь дисоціації аміаку 40…60%	37…38	40…53	15…18
12	Роторне хромування плунжера за т-ри 57…58°С; I=50А/дм^2, U=6…12В; тривалість – 60 хв.	48…50		

Таблиця 3. Різниця між зміною діаметра деталей плунжерних пар насоса ПНВТ СМД-60 і максимальним їх зносом до капітального ремонту, мкм.

Table 3. The difference between the change in diameter of parts of the plunger pump fuel injection pump SMD-60, and maximum wear and tear to major repairs, microns.

Спосіб відновлення	Приріст діаметра плунжера	Зменшення діаметра	
		корпуса	дозатора
Азотування за температури 590…610°С, 5 год.	10…35	12…23	13…30
оксикарбонітрування	8…20	37…40	8…11
карбонітрування	27…28	26…29	10…13
Роторне хромування	38…40		

Таблиця 4. Мікротвердість робочих поверхонь плунжерних пар.

Table 4. The microhardness of the working surfaces of the plunger.

Спосіб відновлення (зміцнення)	Назва деталі	Мікротвердість, МПа
Азотування за заводським режимом	Плунжер новий	7930
Азотування за заводським режимом	Плунжер зношений	8350
Азотування за заводським режимом зношеного плунжер	Плунжер відновлений	7930
Азотування за температури 590…610ºС, 5 год	Плунжер	5720
	Корпус	5530
Аксикарбонітування	Плунжер	6770
	Корпус	7180
Карбонітрування	Плунжер	6110
	Корпус	8240
Роторне хромування	Плунжер	9560

За даними табл. 2 азотування деталей плунжерних пар за заводським режимом забезпечує приріст діаметра плунжера 12…19 мкм, зменшення діаметра отвору корпуса до 11….21, дозатора до 8…12 мкм, що незначно перевищує їх допустимий знос при надходженні в ремонт (до 14 мкм).

Азотування за температури 500…520°С із збільшенням тривалості процесу з 26 до 78 год. дає незначний приріст діаметра плунжера в середньому від 4 до 14 мкм, зменшення діаметра отворів корпуса на 12…15 і дозатора на 10…12 мкм. Враховуючи наступне механічне оброблення азотування за заводським режимом і за температури 500…520°С не забезпечить відновлення деталей плунжерних пар.

Ціанування плунжерів тривалістю від 5 до 10 год дало приріст діаметра плунжера лише на 9…12мкм, що менше ніж граничний знос і також не придатне для їх відновлення .

Серед досліджених способів відновлення деталей плунжерних пар найефективнішими є азотування деталей за температури 590…610°С тривалістю 5 год, оксикарбонітрування і карбонітруванні, а для плунжерів і роторне хромування.

Перевищення приросту розмірів деталей після цих способів відновлення над їх максимальним зносом до капітального ремонту наведено в табл. 3.

Дані табл. 3 свідчать про достатній запас приросту діаметрів спряжених поверхонь деталей плунжерних пар паливних насосів дизельних двигунів для відновлення їх після капітального ремонту.

Для оцінки якості відновлення деталей плунжерних пар вимірювали мікротвердість їх робочих поверхонь, які наведені в табл. 4.

За даними досліджень (табл.4) нові, зношені і плунжери відновлені по заводському режиму мають мікротвердість поверхні 7930…8350 МПа. Відновлення азотуванням за температури 590…610ºС забезпечує дещо меншу мікротвердість поверхонь плунжера і корпуса, яка складає 5530…5720 МПа. Це зумовлено вищою температурою процесу азотування. Але як свідчать досліди [1], виконані на азотованих сталях 28ХМЮА і 40Х, що азотування за вищих температур (620ºС) значно перевершують зносостійкість цих сталей, азотованих за температури 560ºС, хоч і мають меншу твердість.

Оксікарбонітрування забезпечує мікротвердість робочих поверхонь плунжера і корпуса близьку до азотованих за заводським режимом деталей.

Карбонітрування плунжера дало меншу мікротвердість 6110 МПа робочої поверхні, тоді як поверхня корпуса мала досить високу мікротвердість 8240 МПа.

Найвищу мікротвердість 9560 МПа відновленої поверхні плунжера було досягнуто після роторного хромування.

Для оцінки властивостей відновлених деталей у поверхневому шарі проведені вимірювання мікротвердості в їх перерізі. Результати вимірювання мікротвердості в перерізі відновлених деталей подані на рис. 1 і 2.

Встановлено, що мікротвердість нового (рис. 1, крива 1) і відновленого (рис.1 крива 3) плунжерів на глибині до 0,1 мм складає 7200…7930 МПа. При цьому глибина азотованого (зміцненого) шару склала. 0,2…0,3 мм для нового і зношеного плунжерів. Зношені плунжери навіть мали більшу до 8350…8590 МПа мікротвердість. Товщина зміцненого

шару відновленого за заводським режимом плунжера (рис. 1, крива 3) досягала до 0,35…0,45 мм за більшої (4710…6370 МПа) мікротвердості на такій глибині.

Дослідження мікроструктури нових, зношених і відновлених за заводським режимом плунжерів засвідчило, що зміцнені шари мають структуру азотистого сорбіту, а серцевини сорбіту, не відрізняються між собою.

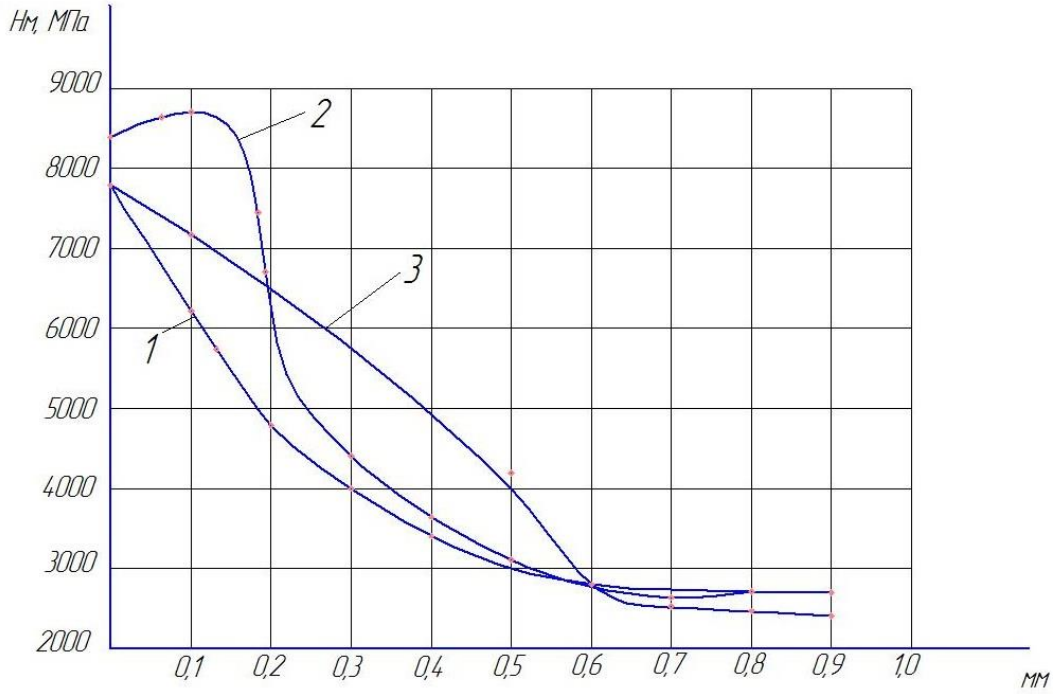

Рис. 1. Мікротвердість у перерізі плунжерів насоса ПНВТ СМД-60: 1 – новий плунжер; 2 – зношений плунжер; 3 – плунжер відновлений азотуванням за заводським режимом.

Fig. 1. Microhardness in cross section of the plunger pump fuel injection pump SMD-60.

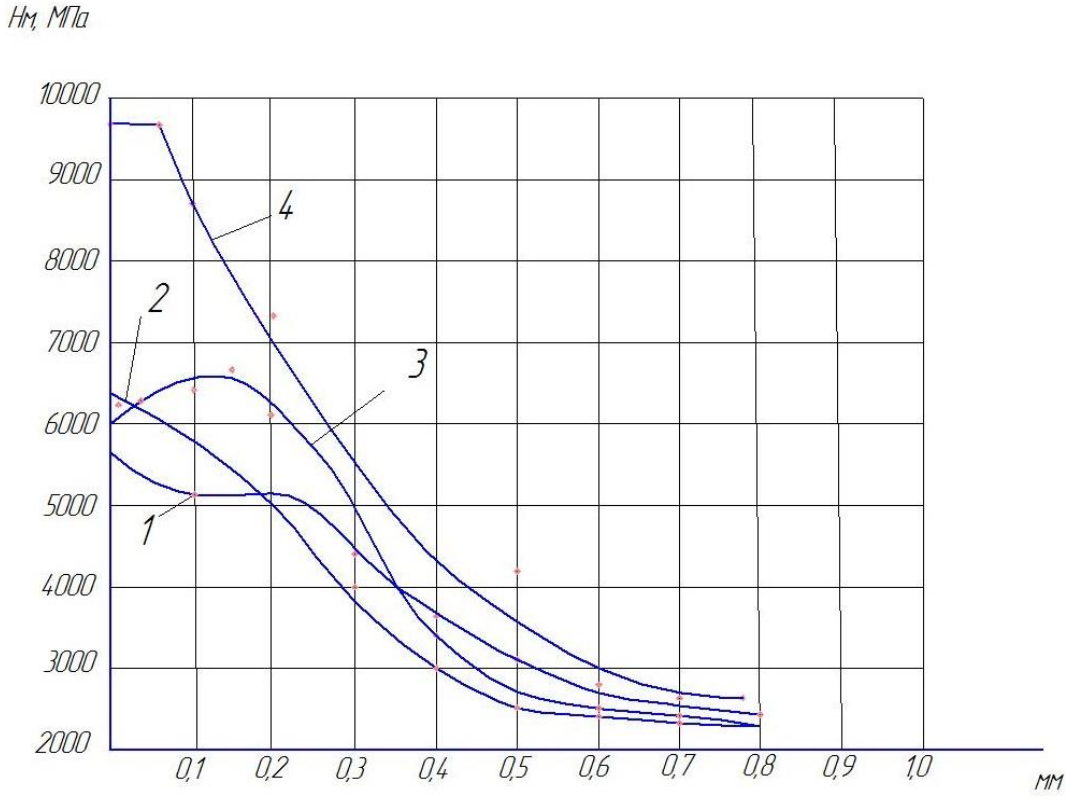

Рис. 2. Мікротвердість у перерізі плунжерів відновлених: 1 – азотуванням за 590…610°С; 2 – карбонітруванням; 3 – оксинітруванням; 4 – роторним хромуванням.

Fig. 2. Microhardness in cross section of the restored plungers.

Як засвідчили дослідження відновлення зношених плунжерів азотуванням за температури 590…610°С, 7 год (рис. 2, крива 1) забезпечує дещо меншу мікротвердість 5210…5720 МПа на глибині до 0,15 мм, за дещо більшої глибини азотованого шару 0,35…0,4 мм.

Карбонітрування дає вищу 5350…6110 МПа (рис. 2, крива 2) мікротвердість поверхневого шару на глибині до 0,15 мм ніж азотування за температури 590…610°С (рис.2, крива 1) при глибині зміцненого шару 0,2…0,3 мм.

Оксікарбонітрування (рис.2, крива 3) забезпечує ще вищу мікротвердість поверхневого шару ніж карбонітрування, яка на глибині 0,1…0,2 мм складає 6370…6770 МПа за глибини зміцненого шару 0,25…0,35 мм.

Найбільшу мікротвердість 9560…10150 МПа поверхневого шару плунжера забезпечує роторне хромування (рис.2, крива 4). Товщина шару хрому досягає до 50 мкм. Значного вища мікротвердість 7180…8380 МПа поверхневого шару на глибині до 0,2 мм порівняно з іншими способами відновлення. Крім того загальна товщина зміцненого шару більша і досягає 0,3…0,4 мм.

Мікроструктура серцевини відновлених цими способами плунжерів істотно не відрізняються порівняно із азотуванням за заводським режимом.

Висновки

За результатами виконаних досліджень ефективності способів відновлення деталей плунжерних пар паливних насосів ПНВТ СМД-60 можна зробити такі висновки.

1. Деталі плунжерних пар паливних насосів ТНВД СМД-60 не можна відновити азотуванням за заводським режимом, бо зміна (приріст) діаметрів їх робочих поверхонь складає: для плунжера 12…19 мкм, корпуса11…21 мкм, дозатора 8…12 мкм, що є недостатнім тому, що максимальний знос складає для плунжера – 10 мкм, корпуса - 14 мкм і дозатора 5 мкм та необхідно виконати шліфування і притирання цих деталей.

2. Азотування за температури 500…520°С і тривалості 26, 52 і 78 год. забезпечує збільшення діаметра плунжера на 3…18 мкм, зменшення діаметрів отвору корпуса на 9…24 мкм і дозатора на 5…18 мкм, що недостатньо для відновлення цих деталей

3. Ціанування плунжерів тривалістю 5,8 і 10 год. дає приріст його діаметра лише на 9…12 мм, що недостатньо для відновлення.

4. Деталі плунжерних пар можна відновити азотуванням за температури 590…610°С протягом 5 год., оксікарбонітруванням, карбонітруванням і роторним хромуванням.

5. Азотування за температури 590…610°С, 5 год, оксикарбонітрування і карбонітрування забезпечують приріст розмірів відновлених деталей: для плунжера, відповідно, – 20…45 мкм,18…30 мкм і 37…38 мкм; для корпуса, відповідно, 26..37 мкм; 51…54 мкм і 40…53 мкм; для дозатора, відповідно, - 18…45 мкм; 13…16 мкм і 15…18 мкм, що значно перевершує максимальний знос відповідних деталей.

6. Перевищення приросту розмірів робочих поверхонь деталей плунжерних пар над їх зносом складає:

– після азотування за температури 590…610°С, 5 год для плунжера 10…35 мкм; корпуса – 12…23 мкм і дозатора 13…30 мкм;

– після оксикарбонітрування: для плунжерів 8…20 мкм, корпуса 37…40 мкм, дозатора 13…30 мкм;

– після карбонітрування: для плунжера 27…28 мкм, корпуса 26…29 мкм, дозатора 13-30 мкм;

– після роторного хромування плунжера 38…40 мкм.

7. Мікротвердість поверхні відновлених деталей складає:

– після азотування плунжера за заводським режимом ту ж, що й для нового – 7930 МПа;

– після азотування плунжера і корпуса за температури 590…610°С, 5 год значно менша – 5530…5720 МПа;

– після оксикарбонітрування – 6770…7180 МПа, а карбонітрування – 6110…8240 МПа;

– роторного хромування плунжера – 9560 МПа.

8. Товщина зміцненого шару відновлених деталей склала:

– після азотування за заводським режимом 0,35…0,45 мм при мікротвердості 4710…6370 МПа;

– після азотування за температури 590…610°С – 0,35…0,4 мм при мікротвердості 5210…5720 МПа;

– після карбонітрування 0,2…0,3 мм при мікротвердості 5350…6110 МПа;

– після оксікарбонітрування – 0,25…0,35 мм при мікротвердості 6370…6670 МПа;

– після роторного хромування до 50 мкм при мікротвердості шару 9560…10150 МПа.

Список літератури

1. *Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B.* Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, pp. 1166-1172.

2. *Rogovskii I. L.* Analysis of model of recovery of agricultural machines and interpretation of results of numerical experiment. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип. 254. С. 424-431.

3. *Rogovskii I. L.* Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 399-407.

4. *Rogovskii I. L.* Conceptual framework of management system of failures of agricultural machinery.

Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 403-411.

5. *Роговський І. Л.* Загальні теоретичні положення технічного контролю паливної апаратури сільськогосподарських машин за параметрами процесу паливоподачі. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 275. С. 356-371.

6. *Роговський І. Л.* Основні чинники забезпечення продуктивності процесів відновлення працездатності сільськогосподарських машин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2018. Вип. 282. С. 379-394.

7. *Роговський І. Л.* Методологічні підходи ефективності забезпечення коефіцієнта готовності сільськогосподарських машин. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 1, P. 177-187.

References

1. *Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B.* (2018). Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, 1166-1172.

2. *Rogovskii I. L.* (2016). Analysis of model of recovery of agricultural machines and interpretation of results of numerical experiment. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and Energy of APK. Kyiv. Vol. 254. 424-431.

3. *Rogovskii I. L.* (2017). Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and Energy of APK. Kyiv. Vol. 258. 399-407.

4. *Rogovskii I. L.* (2017). Conceptual framework of management system of failures of agricultural machinery. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and Energy of APK. Kyiv. Vol. 262. 403-411.

5. *Rogovskii I. L.* (2017). General theoretical principles of technical control of fuel equipment of agricultural machinery on the parameters of the process fuel. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and Energy of APK. Kyiv. Vol. 275. 356-371.

6. *Rogovskii I. L.* (2018). Main factors for the productivity of processes of restoration of agricultural machinery. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and Energy of APK. Kyiv. Vol. 282. 379-394.

7. *Rogovskii I. L.* (2019). Methodological approaches of efficiency ensure availability of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. Vol. 10, No 1, 177-187.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

П. С. Попик, Л. Л. Роговский, О. Н. Вечера, А. Г. Полищук

Аннотация. Приведены результаты исследований свойств и размеров деталей плунжерных пар после восстановления азотированием, оксінітруванням, карбонітруванням и роторным хромированием. При восстановлении прецизионных плуженних пар, износ которых измеряется десятками микрометров, есть реальная возможность использовать прирост размеров деталей при химико-термических методов упрочнения.

Ключевые слова: плунжерные пары, способы восстановления, свойства, прирост размеров.

EFFECTIVENESS OF METHODS TO RESTORE PARTS OF PLUNGER PAIRS OF FUEL PUMPS OF DIESEL ENGINES AGRICULTURAL MACHINERY

P. S. Popyk, L. L. Rogovskii, O. M. Vechera, O. G. Polischuk

Abstract. The results of studies of the properties and dimensions of the parts of the plunger after re-nitriding, oksnerhallen, carbontrust and rotary chrome. When you restore precision plugina pairs, the depreciation of which is measured in tens of micrometers, there is a real opportunity to use the increase in size of parts in chemical and thermal methods of hardening.

Key words: plunger pair, recovery methods, properties, increase in size.

П. С. Попик ORCID 0000-0002-1320-3603.
Л. Л. Роговський ORCID 0000-0002-6957-1616.
О. М. Вечера ORCID 0000-0002-8828-7119.
О. Г. Поліщук ORCID 0000-0002-8435-2876.