

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК / TECHNICAL SERVICE IN AGRICULTURE

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

УДК 621.785.545

DOI: 10.34677/1728-7936-2019-4-29-34

## ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОСАДОЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВАЛОВ ПОД ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ

**ФЁДОРОВ СЕРГЕЙ КОНСТАНТИНОВИЧ**, докт. техн. наук, доцент

E-mail: momd@yandex.ru

**ИВАНОВА ЮЛИЯ СЕРГЕЕВНА**, канд. техн. наук

E-mail: yulianius@gmail.ru

**ЛАШУКОВ МИХАИЛ АНДРЕЕВИЧ**

E-mail: misha2508@mail.ru

**МЕХИЯ РАМОС БРАЙАН ХАИР**

E-mail: bry\_yeah7@outlook.com

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет); 105005, ул. 2-я Бауманская, д. 5, Москва, Российская Федерация

Проблема долговечности посадочных поверхностей валов под подшипники качения и поиск оптимальных способов повышения их надёжности является актуальной задачей. В работе дано объяснение причин низкой долговечности посадочных поверхностей валов под подшипники качения, связанной с механизмом износа самого подшипника и недостаточными физико-механическими свойствами поверхностного слоя изготавливаемых и восстанавливаемых деталей машин. На основе анализа существующих способов восстановления посадочных поверхностей валов под подшипники качения с износом не более 0,1 мм предложена технология упрочняющего электромеханического восстановления, позволяющая за один ход инструмента увеличить диаметр и повысить твердость поверхностного слоя деталей. В работе приведены результаты сравнительных износных испытаний цилиндрических образцов из стали 40Х в паре с подшипниками качения 180206АК-6206. После упрочняющего электромеханического восстановления твердость поверхностного слоя образцов составила 52...58 HRC на глубине до 0,8 мм при исходной твердости 19...22 HRC. Изменение наружных диаметров образцов до и после каждого этапа испытаний осуществлялось рычажной скобой с точностью 0,001 мм в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Контроль внутреннего диаметра подшипников качения до и после каждого цикла испытаний выполнялся предельной калибр-пробкой. Порядок проведения исследований: сборка соединений с натягом на гидравлическом прессе, выдержка в течение 60 секунд, выпрессовка образца, визуальный осмотр деталей, измерение диаметра образца рычажной скобой, контроль внутреннего кольца подшипника предельным калибром. За базу испытаний принято десять операций сборки-разборки соединений. Результаты износных испытаний образцов свидетельствуют о высокой эффективности технологии упрочняющего электромеханического восстановления. Результаты исследования были успешно апробированы при восстановлении валов коробки перемены передач автомобилей семейства «Волга», «Газель», «Соболь», «Баргузин» и валов-шестерен силовых редукторов.

**Ключевые слова:** износ, электромеханическая обработка, термообработка, упрочнение.

**Формат цитирования:** Фёдоров С.К., Иванова Ю.С., Лашуков М.А., Мехия Рамос Б.Х. Электромеханическое восстановление посадочных поверхностей валов под подшипники качения // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. N 4(92). С. 29-34. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-4-29-34.

## ELECTROMECHANICAL RESTORATION OF SHAFT SEATS UNDER ROLLER BEARINGS

**SERGEI K. FEDOROV**, DSc (Eng), Professor

E-mail: momd@yandex.ru

**YULIYA S. IVANOVA**, PhD (Eng)

E-mail: yulianius@gmail.ru

**MIKHAIL A. LASHUKOV**

E-mail: misha2508@mail.ru

**BRYAN MEJÍA RAMOS**

E-mail: bry\_yeah7@outlook.com

Bauman Moscow State Technical University (National Research University); 2<sup>nd</sup> Baumanskaya Str., 5, Moscow, 105005, Russian Federation

The problem of ensuring the durability of shaft seats for roller bearings and the search for optimal ways to improve their reliability is an urgent task. This study explains the reasons for the low durability of shaft seats for roller bearings associated with the mechanism of bearing wear and insufficient physical and mechanical properties of the surface layer of manufactured and reconditioned machine parts. Based on the analysis of existing methods for restoring shaft seats for roller bearings with wear of less than 0.1 mm, the authors propose a technology of electromechanical reduction hardening, which allows to increase the diameter and hardness of the surface layer of parts in one stroke of the tool. The paper presents the results of comparative wear tests of cylindrical samples of steel 40X coupled with roller bearings 180206AK-6206. After electromechanical hardening recovery, the hardness of the surface layer of samples was 52...58 HRC, at a depth of 0.8 mm with an initial hardness of 19...22 HRC. The outer diameters of the samples before and after each test stage was changed with a lever bracket at an accuracy of 0.001 mm in two mutually perpendicular directions. The inner diameter of the roller bearings before and after each test cycle was controlled with a limit gauge-stopper. The research was carried out as follows: assembling fit-tight joints with a hydraulic press, holding for 60 seconds, pressing out the sample, visual inspecting, measuring the diameter of a sample lever bracket, controlling the inner ring of the bearing using a limit gauge. Ten operations of the assembly and disassembly of connections were taken for the test basis. The wear test results of the samples indicate the high efficiency of the electromechanical hardening recovery technology. The implementation of research results made it possible to use the developed technology for remanufacturing the gearbox of "Volga", "Gazel", "Sobol", and "Barguzin" car families and gear shafts of power reduction gears.

**Key words:** wear, electromechanical treatment, heat treatment, hardening.

**For citation:** Fedorov S.K., Ivanova Yu.S., Lashukov M.A., Mejia Ramos B. Electromechanical restoration of shaft seats under roller bearings. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 4(92): 29-34. (In Rus.). DOI: 10.34677/1728-7936-2019-4-29-34.

**Введение.** Среди широкой номенклатуры изготавливаемых и восстанавливаемых поверхностей деталей машин значительная часть приходится на посадочные места валов под подшипники качения. Существующие технологии изготовления, а тем более восстановления не в полной мере обеспечивают необходимые физико-механические свойства посадочных поверхностей валов под подшипники качения. Основными способами восстановления посадочных поверхностей валов под подшипники качения являются: сварка, наплавка, напыление, установка дополнительной детали, замена части детали, применение полимерных материалов [1-6]. Проблема долговечности посадочных поверхностей валов под подшипники качения и поиск оптимальных способов повышения их надёжности остаётся по-прежнему актуальной задачей [7].

Объясняя причину нарушения эксплуатации подшипников качения с валами, исследователи сходятся во мнении, что одной из первопричин износа посадочных поверхностей валов является нарушение условий работы самого подшипника. Абразивные частицы и продукты изнашивания металлов, проникающие в подшипник, вызывают износ поверхностей качения наружного и внутреннего колец, тел качения и сепаратора. По мере эксплуатации машин количество абразивных частиц, находящихся в зоне контакта тел качения и дорожек качения колец подшипника, увеличивается. Твёрдость абразивных частиц зачастую превышает твердость контактируемых поверхностей подшипника и, в сочетании с неблагоприятной

геометрической формой, способствует интенсивному изнашиванию дорожек и тел качения. Этот процесс распространяется до тех пор, пока детали подшипника не изнашиваются настолько, что нарушается условие неподвижности внутреннего кольца подшипника относительно вала.

Одновременно с износом в контактируемых деталях подшипника происходит изменение шероховатости поверхностей. Изменяются не только высотные и шаговые параметры микрогеометрии поверхностей, но увеличивается относительная опорная длина профиля. При этом возникают металлические контакты между телами качения и дорожками качения, что в дополнении с отсутствием устойчивого слоя смазки и многократными циклическими нагрузками приводит к поверхностному разрушению. Одновременно с этим происходит значительный рост температуры контактируемых деталей. При нагреве тонкостенного внутреннего кольца подшипника его диаметры увеличиваются. С одной стороны, это приводит к уменьшению натяга внутреннего кольца с валом и проскальзыванию деталей друг относительно друга, с другой стороны, увеличиваются размеры дорожек качения и тел качения. При этом температура может стать настолько высокой, что подшипник заклинивает, а на поверхности вала образуются цвета побежалости (рис. 1). В обоих случаях проскальзывание внутреннего кольца из стали ШХ15, твердостью 60...64 HRC приводит к износу посадочных поверхностей валов, имеющих значительно меньшую твердость.



**Рис. 1. Фрагмент поверхности вала с износом под подшипник качения**

**Fig. 1. Fragment of worn shaft surface under a roller bearing**

Промышленные способы изготовления валов машин и технологического оборудования, обеспечивая конструкционную прочность, не позволяют в полной мере формировать высокую износостойкость посадочных поверхностей под подшипники качения. Процессы объёмной термической обработки заготовок из среднеуглеродистых экономно-легированных сталей являются, во-первых, трудоёмкими и энергозатратными, во-вторых, вызывают их коробление. Твёрдость поверхностей валов под подшипники качения зачастую не превышает 42...48 HRC, в то время как твёрдость колец подшипников качения из стали ШХ15 – 60...64 HRC. Окончательным методом формирования размеров, формы и шероховатости поверхностей валов под подшипники качения являются точение или шлифование. При запрессовке подшипников качения на вал происходит смятие вершин микронеровностей последнего и уменьшение расчётного натяга в соединении.

Эффективным направлением повышения твердости поверхностей валов под подшипники качения является их закалка токами высокой частоты (ТВЧ). Однако закалка ТВЧ выполняется на специализированном оборудовании термистом высокой квалификации, с применением дополнительной оснастки и приспособлений. Закалка ТВЧ вызывает коробление валов, а в зоне галтелей возможно появление закалочных микротрещин, которые являются технологическими концентраторами напряжений и могут привести к усталостному разрушению валов. При этом твёрдость поверхностей валов составляет 48...54 HRC.

Одним из направлений повышения износостойкости является закалка поверхностного слоя среднеуглеродистых

экономно-легированных сталей высококонцентрированным потоком электрической энергии. В работе [8] предполагается способ восстановления посадочных поверхностей валов под подшипники качения за счёт высадки и сглаживания металла изношенной детали. Эффективность способа подтверждена результатами исследований и испытаний восстановленных поверхностей с износом до 0,3 мм.

В процессе эксплуатации деталей машин и технологического оборудования износ посадочных поверхностей валов под подшипники качения часто не превышает 0,1 мм. Ремонт таких деталей возможен за счёт увеличения размеров поверхностей упрочняющим электрохимическим восстановлением (УЭМВ) [11].

**Цель работы** – экспериментальное подтверждение эффективности технологии упрочняющего электрохимического восстановления посадочных поверхностей валов под подшипники качения за счёт увеличения диаметра и повышения износостойкости.

При УЭМВ происходит контактный нагрев поверхности заготовки электрическим током большой силы и быстрое охлаждение локальной области поверхностного слоя металла с формированием в поверхностном слое мартенситной структуры, обладающей высокой твёрдостью и износостойкостью. УЭМВ обеспечивает твёрдость 52...58 HRC (сталь 40X) и повышает износостойкость поверхностного слоя заготовок из среднеуглеродистых сталей, не вызывая коробления и поводки валов.

УЭМВ посадочных поверхностей валов под подшипники качения, за один ход инструментального ролика, позволяет решить проблему увеличения размера шейки вала и повышения твёрдости. Метод позволяет восстанавливать изношенные шейки валов с величиной износа по диаметру до 0,1 мм без использования дополнительных материалов. Структурные превращения при УЭМВ, сопровождающиеся изменением кристаллической решётки в поверхностном слое вала, приводят к увеличению его диаметра, в сравнении с изношенным участком детали [9, 10].

**Материал и методы.** Исследование проведено на наружной поверхности образцов из стали 40X (табл. 1) высотой 20 мм; в качестве контрообразцов использованы подшипники качения 180206АК-6206.

Таблица 1

**Результаты спектрального анализа образцов**

Table 1

**Results of spectral analysis of samples**

Марка стали	Содержание химических элементов, %								
	C	Cr	Si	Ni	Cu	Mn	Mo	S	P
40X	0,42	0,88	0,35	0,21	0,15	0,76	0,021	0,028	0,024

Измерение твёрдости осуществлялось твердомером МЕТ У1 непосредственно на наружной поверхности образцов. Исходная твёрдость наружного диаметра образцов составила 19...22 HRC.

Для реализации процессов УЭМВ посадочных поверхностей валов под подшипники качения использовался

токарно-винторезный станок, установка электрохимической обработки (например, модели «Эталон»), державка телескопическая, токоподводящее устройство, шины медные гибкие, инструментальный и токоподводящий ролик. Финишная обработка поверхностей валов под подшипники качения выполнялась точением или шлифованием.

Изменение наружных диаметров образцов до и после каждого этапа испытаний проводилось рычажной скобой с точностью 0,001 мм в двух взаимно-перпендикулярных направлениях. Контроль внутреннего диаметра подшипников качения до и после каждого цикла испытаний выполняли предельной калибр-пробкой. Определение износостойкости образцов и подшипников качения проводилось при сборке-разборке соединений с натягом на гидравлическом прессе.

**Результаты исследования.** Шероховатость поверхности после точения составила Ra 0,8...1,25 мкм. При ручном шлифовании шероховатость поверхности достигала Ra 0,32 мкм. Заготовку точили по наружной поверхности до диаметра 30,00 мм, после чего проводили её упрочняющее электромеханическое восстановление. Режим обработки: сила тока во вторичной

цепи 1000 А, напряжение 2 В, усилие прижатия 500 Н, частота вращения образцов 10 об/мин. После обработки твёрдость образцов увеличилась до 50...53 HRC.

Образцы после УЭМВ имели наружный диаметр 30,024...30,028 мм. Ручной шлифовкой диаметры образцов были доведены до верхнего предельного диаметра по полю допуска  $30k6_{+0.002}^{+0.018}$ .

При определении износостойкости образцов и подшипников качения порядок операций был следующий: сборка соединений, выдержка в течение 60 с, выпрессовка образца, визуальный осмотр деталей, измерение диаметра образца, контроль внутреннего кольца подшипника предельным калибром. Проведено десять операций сборки-разборки соединений. Результаты измерений диаметров образцов представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты испытания образцов**

Table 2

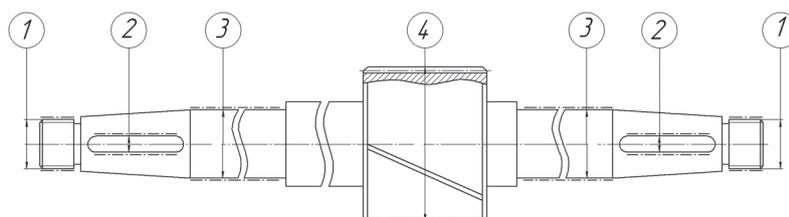
**Test results of samples**

Измерение	Диаметр образца, мм									
	Сечение I-I	30,018	30,018	30,018	30,018	30,016	30,016	30,016	30,016	30,016
Сечение II-II	30,016	30,014	30,014	30,014	30,012	30,012	30,012	30,012	30,012	30,010

Износ поверхностей валов под подшипники качения является причиной низкой долговечности силовых редукторов с червячным, эвольвентным, шевронным профилем зубчатых колес и зацеплением Новикова.

Вал-шестерня (рис. 2.) – одна из наиболее распространённых деталей силовых редукторов, которые используются во всех отраслях экономики. На одной детали

расположены: резьбы метрические наружные; шпоночные пазы под призматическую шпонку; гладкие наружные цилиндрические участки под сальниковое уплотнение и внутреннее кольцо подшипника качения; зубчатый профиль с эвольвентным зацеплением (прямозубым или косозубым), или зацеплением Новикова (редукторы марки РЦД, нефтяные редукторы).



**Рис. 2. Характерные дефекты вала – шестерни силового редуктора:**

- 1 – резьба метрическая; 2 – шпоночный паз;
- 3 – посадочное место под внутреннее кольцо подшипника качения и сальниковое уплотнение;
- 4 – зубья шестерни

**Fig. 2. Characteristic defects of gear shafts of power reduction gears:**

- 1 – a metric thread; 2 – a keyway; 3 – a seat under the inner ring of a roller bearing and a stuffing box seal;
- 4 – gear teeth

Одной из деталей с износом по посадочному месту под подшипник качения является вторичный вал коробки перемены передач (КПП) автомобилей семейства «Волга», «Газель», «Соболь», «Баргузин». В связи с износом посадочного места вала до диаметра 29,96...29,98 мм автомобиль отправляют на ремонт. Высокая твёрдость шейки вала (56...58 HRC), полученная цементацией (нитроцементацией), не позволяет использовать существующие технологии восстановления. Вал выбраковывают и утилизируют.

Упрочняющее электромеханическое восстановление наружной поверхности вала представлено на рисунке 3. Вал, с одной стороны, закрепляется в патроне токарного станка и с торца поджимается вращающимся центром. От установки электромеханической обработки один конец вторичной обмотки силового трансформатора, через силовые токоподводящие шины, подводится к токоподводящему ролику, а второй – к инструментальному ролику. Поджатие инструментов к обрабатываемой поверхности производится с усилием 300 Н. На станке настраивается

подача инструмента 2,5 мм/об. и частота вращения заготовки 10 мин<sup>-1</sup> при силе электрического тока во вторичной цепи 1600 А и напряжении 3 В. При этом происходит мгновенный нагрев зоны контакта инструмента

с обрабатываемой поверхностью вала до 1000...1100°C (выше линии фазовых превращений). Следом за нагревом осуществляется мгновенное охлаждение поверхностного слоя в результате отвода тепла вглубь детали.



Рис. 3. Электромеханическое восстановление наружной поверхности вала

Fig. 3. Electromechanical restoration of the outer surface of a shaft

До проведения электромеханического восстановления изношенной поверхности диаметр вала составил 29,96 мм, твёрдость – 57,2 HRC (рис. 4). В результате проведения

электромеханического восстановления диаметр получил значение 30,02 мм, твёрдость – 63,9 HRC (рис. 5). Увеличение диаметра связано со структурными превращениями.



Рис. 4. Вал с изношенной поверхностью под подшипник качения (а) и исходной твёрдостью (б)

Fig. 4. A shaft with worn surface under a roller bearing (a) and the initial hardness (b)



Рис. 5. Изменение размера (а) и твёрдости поверхности вала после восстановления (б)

Fig. 5. Resizing (a) and the hardness of shaft surface after restoration (b)

### Выводы

Результаты исследований представлены в виде рекомендаций по использованию оборудования и технологий УЭМВ на токарно-винторезных станках. Конкурентной особенностью технологии УЭМВ посадочных поверхностей валов под подшипники качения является возможность гибкого управления параметрами скоростного контактного электронагрева, увеличения размера

поверхности, одновременного термопластического деформирования материала поверхностного слоя с целью формирования уникальных быстрозакалённых структур, изменения микрogeометрии и уменьшения размера зерна.

### Библиографический список

1. Ерохин М.Н., Манаенков А.П. Восстановление фреттинг-изношенных поверхностей подшипниковых

узлов композиционными покрытиями // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1995. № 10. С. 28.

2. Курчаткин В.В. Восстановление посадочных мест подшипников полимера. М.: Высшая школа, 1983. 80 с.

3. Величко Г.В., Долматов В.Н., Хохряков В.Н., Кагнер Ю.В. Восстановление посадочных мест под подшипники // Техника в сельском хозяйстве. 1978. № 1. С. 78.

4. Дажин В., Шапоренко С. Восстановление посадочных мест газопламенной обработкой // Техника в сельском хозяйстве. 1972. № 2. С. 77.

5. Гаджиев А.А. Технологическое обеспечение долговечности подшипниковых узлов машин применением полимерных материалов: Автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.20.03. М.: МГАУ имени В.П. Горячкина, 2006. 36 с.

6. Кононенко А.С., Кузнецов И.А. Восстановление посадочных мест под подшипники качения в корпусных деталях машин полимерными наноккомпозитами // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 124. № 2. С. 81-85.

7. Ракин Я.Ф. Эксплуатация подшипниковых узлов машин. М.: Росагропромиздат, 1990. 191 с.

8. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой. М.: Машиностроение. 1989. 200 с.

9. Fedorova L.V., Fedorov S.K., Serzhant A.A., Golovin V.V., Systerov S.V. Electromechanical surface hardening of tubing steels // *Metal Science and Heat Treatment*. 2017. Т. 59. 3-4. С. 173-175. DOI: 10.1007/s11041-017-0123-z.

10. Федоров С.К., Федорова Л.В., Иванова Ю.С., Ломпас А.М. Технологические основы повышения износостойкости деталей электромеханической поверхностной закалкой // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2017. № 9 (690). С. 85-92. DOI: 10.18698/0536-1044-2017-9-85-92.

11. Федоров С.К., Федорова Л.В., Гамидов А.Г., Иванова Ю.С. Упрочняющее электромеханическое восстановление вторичного вала коробки перемены передач F17 автомобиля «Opel» // Международный технико-экономический журнал. 2015. № 2. С. 80-85.

## References

1. Yerokhin M.N., Manayenkov A.P. Vosstanovlyeniye fretting-iznoshyennikh poverkhnostyey podshpikovikh uzlov kompozitsionnimi pokrytiami [Restoration of fretting worn-out surfaces of bearing units with composite coatings]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya*, 1995; 10: 28 (In Rus.).

## Критерии авторства

Фёдоров С.К., Иванова Ю.С., Лашуков М.А., Мехия Рамос Б.Х. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Фёдоров С.К., Иванова Ю.С., Лашуков М.А., Мехия Рамос Б.Х. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 26.03.2019

Опубликована 22.08.2019

2. Kurchatkin V.V. Vosstanovlyeniye posadochnykh mest podshpnikov polimerami [Restoration of bearing seats with polymers]. Moscow, Vysshaya shkola, 1983: 80. (In Rus.)

3. Velichko G.V., Dolmatov V.N., Khokhryakov V.N., Kargnyer Yu.V. Vosstanovlyeniye posadochnykh mest pod podshpniki [Restoration of bearing seats]. *Tekhnika v selskom khozyaistve*, 1978; 1: 78. (In Rus.)

4. Dashrin V., Shaporyenko S. Vosstanovlyeniye posadochnykh myest gazoplanyennoi obrabotkoi [Restoration of seats with flame treatment]. *Tekhnika v selskom khozyaistve*, 1972; 2: 77. (In Rus.).

5. Gadshriev A.A. Tekhnologicheskoye obyepyechniye dolgovyechnosti podshpikovykh uzlov mashin primenyem polimyernykh matyerialov [Technological support of ensuring the durability of bearing units in machines using polymeric materials]: Self-review of DSc (Eng) thesis: 05.20.03 Moscow, MGAU, 2006: 36. (In Rus.).

6. Kononyenko A.S. Kuznyetsov I.A. Vosstanovlyeniye posadochnykh mest pod podshpniki kacheniya v korpusnykh detalyakh mashin polimernymi nanokompozitami [Restoration of seats for roller bearings in body parts of machines with polymer nanocomposites]. *Trudi GOSNITI*, 2016; 124 (2): 81-85. (In Rus.)

7. Rakin Ya.F. Expluatatsiya podshpikovykh uzlov mashin [Operation of bearing units in machines]. Moscow, Rosagropromizdat, 1990: 191. (In Rus.)

8. Askinazi B.M. Uprochneniye i vosstanovleniye detaley mashin elektromekhanicheskoy obrabotkoy [Hardening and restoration of machine parts with electromechanical processing]. Moscow, Machinostroeniye, 1989: 200. (In Rus.).

9. Fedorova L.V., Fedorov S.K., Serzhant A.A., Golovin V.V., Systerov S.V. Electromechanical Surface Hardening of Tubing Steels. *Metal Science and Heat Treatment*, 2017: 1-3. (In English)

10. Fedorov S.K., Fedorova L.V., Ivanova Yu.S., Lompas A.M. Tyekhnologicheskoye osnovy pobisheniya iznosostoykosti dyetalyey elektromekhanicheskoy poverkhnostnoy zakalkoy [Technological basis for improving the durability of machine parts with electromechanical surface hardening]. *Izvestiya vysshykh uchyebnykh zavedeniy. Mashinostroyeniye*, 2017; 9 (690): 85-92 (In Rus.)

11. Fedorov S.K., Fedorova L.V., Gamidov A.G., Ivanova Yu.S. Uprochnyayushyeye elektromekhanicheskoye vosstanovlyeniye vtorichnovo vala korobki peremeni pyeryedach F17 avtomobilya "Opel" [Strengthening electromechanical restoration of the gearbox F17 output shaft of an Opel car]. *Mezhdunarodniy tekhniko-ekonomicheskyy zhurnal*, 2015; 2: 80-85.

## Contribution

Fedorov S.K., Ivanova Yu.S., Lashukov M.A., Mejia Ramos B. carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Fedorov S.K., Ivanova Yu.S., Lashukov M.A., Mejia Ramos B. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

## Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on March 26, 2019

Published 22.08.2019