

цент кафедры «Организация и безопасность движения» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: p51@inbox.ru).

*Petrov Valery Vasilievich (Russian Federation, Omsk) – Ph. D. in Technical Sciences, Ass.*

*Professor, Department Traffic organization and safety of The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: p51@inbox.ru).*

УДК 621.793

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ МОДИФИЦИРОВАНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

*Д.Н. Коротаев<sup>1</sup>, Е.В. Иванова<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия;*

*<sup>2</sup>Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева, Омский автобронетанковый инженерный институт, г. Омск, Россия*

**Аннотация.** Представлены результаты исследования влияния материалов легирующих электродов при электроискровом модифицировании стальных деталей транспортно-технологических машин на фазовый состав формируемых покрытий и поверхностных слоев. Установлено, что при обработке электродом на основе карбида титана с добавками никеля, хрома, алюминия и шеелитового концентрата, в покрытии образуется упрочняющая фаза – интерметаллид  $Ni_3(AlTi)$ . Кроме того, в работе приведены экспериментальные данные по влиянию газовой межэлектродной среды на толщину покрытия, плотность дефектов кристаллического строения материалов и трибологические свойства модифицированных поверхностных слоев и покрытий. Полученные результаты свидетельствуют об активном участии газовой среды в изменении физико-механических и трибологических свойств покрытий и поверхностных слоев. Так, при электроискровой обработке в атмосфере кислорода зафиксирована минимальная толщина покрытия (около 30 мкм) и максимальная износостойкость. Это связано с тем, что кристаллическое состояние поверхностей, полученных в кислородсодержащей среде, характеризуется повышенной плотностью дислокаций. Кроме того, согласно рентгенофазовому анализу, под микроразмерным покрытием располагается дисперсно-упрочненный поверхностный слой с образованием интерметаллидов, что также способствует увеличению степени упрочнения стальной поверхности.

**Ключевые слова:** электроискровое модифицирование, функциональное покрытие, фазовый состав, упрочнение, интерметаллиды, износостойкость.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Эксплуатационные свойства деталей транспортно-технологических машин и комплексов во многом определяются способностью конструкционного материала сопротивляться внешним воздействиям, среди которых значительная роль принадлежит трению и изнашиванию поверхностей.

Развитие автомобильной отрасли требует создания функциональных покрытий, способных повысить надежность и долговечность деталей машин и снизить их материалоемкость. Все большее распространение получают

технологии, использующие высокоэнергетические методы модифицирования [1, 2]. При этом, в неравновесных условиях нагрева и охлаждения происходит формирование принципиально нового, особого структурного состояния поверхностного слоя. В связи с этим обеспечение автотранспортных предприятий запасными частями с повышенной надежностью за счет поверхностного модифицирования изнашиваемых деталей является актуальной задачей, решение которой позволит избежать не только простоев машин, но и сэкономить трудовые, материальные и топливно-энергетические ресурсы.

Практическое применение поверхностного модифицирования деталей транспортно-технологических машин различными материалами вызывает необходимость решения проблем управления физико-механическими свойствами поверхностных слоев и покрытий. Для формирования функциональных покрытий и поверхностных слоев с заданными свойствами необходимо обеспечить соответствующий химический состав и структурное состояние материалов.

В настоящее время дополнительные возможности повышения физико-механических свойств поверхностей металлических изделий достигаются за счет их обработки концентрированными потоками энергии и вещества. Перспективной технологией создания функциональных покрытий и поверхностного упрочнения с использованием высококонцентрированного источника энергии является электроискровое модифицирование (ЭИМ), позволяющее получать поверхностные слои и покрытия с необходимым комплексом физико-механических и трибологических свойств [3 - 6].

Метод ЭИМ основан на явлении полярного переноса материала легирующего электрода (анода) на обрабатываемую поверхность (катод) при искровом разряде в газовой среде (рис. 1). В результате этого в поверхностном слое активируются диффузионные процессы, которые приводят к образованию особого структурно-фазового состояния материала, связанного с повышением плотности дефектов кристаллического строения и увеличением концентрации химических элементов и новых фаз [5, 7, 8].

Обработанная ЭИМ поверхность представляет собой сложную многоуровневую структуру. Верхний слой (покрытие) состоит из материала легирующего электрода, насыщенного элементами межэлектродной среды (химические соединения взаимодействия материалов анода, катода и газовой среды). Под ним располагается упрочненный слой, состоящий из смеси материалов анода и катода, образующийся в результате диффузии химических элементов материала электрода в материал поверхности. Под ним располагается наибольший по глубине слой, образованный в результате теплового воздействия (зона термического влияния). С перемещением вглубь структура зоны термического влияния переходит в структуру основного материала.

Целью настоящей работы является исследование взаимосвязи технологических усло-

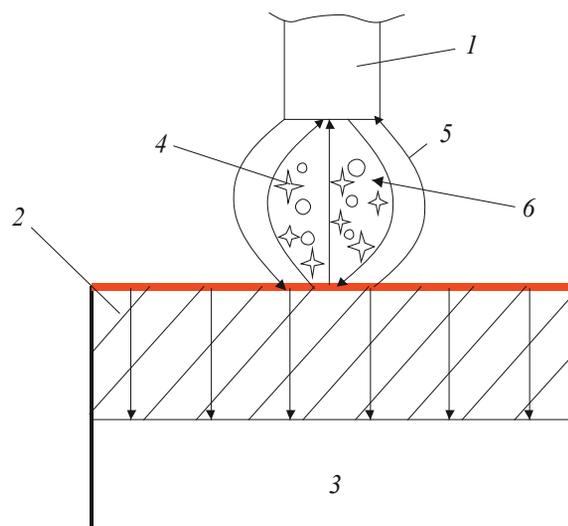


Рис. 1. Общая схема процесса ЭИМ:  
1 – легирующий электрод (анод);  
2 – поверхностный модифицированный слой;  
3 – деталь (катод);  
4 – частицы электродного материала;  
5 – потоки энергии; 6 – газовая среда

вий ЭИМ (материал легирующего электрода, газовая среда) стальных деталей со структурно-фазовым состоянием поверхностных слоев и с характеристиками физико-механических и трибологических свойств формируемых покрытий.

Объект и методы исследования. Исследования проводились на образцах из конструкционной углеродистой стали 45, широко применяющейся для изготовления деталей транспортно-технологических машин и оборудования. ЭИМ выполняли на установке модели IMES-1001 с технологическими режимами: энергия в импульсе  $E = (0,022...1,15)$  Дж; время обработки  $t = (2...4)$  мин/см<sup>2</sup>. В качестве межэлектродной среды использовали атмосферу углекислого газа, воздуха, кислорода и аргона.

Поверхности образцов обрабатывались электродами, полученными спеканием порошков методом СВС (самораспространяющийся высокотемпературный синтез): Т15К6, электродом на основе TiC с добавками Ni, Cr, Al и шеелитового концентрата (ШК).

Задачи исследования структуры металлов тесно взаимосвязаны с задачами установления особенностей фазового и химического состава. Идентификация элементного и фазового состава покрытий, а также дефектов структурного состояния проводилась рентгенофазовым анализом (РФА) с помощью дифрактометра D8 Advance в монохроматизиро-

ванном  $\text{Cu-K}_\alpha$  излучении в области углов  $2\theta = (5...120)^\circ$ . Плотность дислокаций устанавливалась и рассчитывалась по физической ширине рентгеновской линии дифракции, что является возможным при изучении дислокаций с высокой плотностью ( $\rho \geq 10^8 \text{ мм}^{-2}$ ), когда прямые методы практически не применимы [9].

Толщину покрытий определяли на горизонтальном оптиметре ИКГ-3 относительным методом измерения. Трибологические испытания выполняли на машине трения 2070-СМТ-1 в условиях граничной смазки, где контртелом модифицированному стальному образцу служил термообработанный диск из стали 50. Допускаемое значение приведенной погрешности измерения скорости скольжения – 1%; допускаемое значение приведенной погрешности измерения усилий – 1%.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Процессы ЭИМ предполагают насыщение поверхности материала химическими элементами легирующего электрода (анода). При этом происходит взаимодействие материала электрода и поверхности с активными компонентами межэлектродной среды, проникновение атомов насыщающего компонента вглубь материала поверхностного слоя и формирование его структуры и новых свойств, приводящих к упрочнению.

Основной механизм упрочнения металлов связан с созданием препятствий или барьеров на пути движения дислокаций [8]. Такими барьерами могут быть границы зерен и субзерен, дислокации, микронапряжения, дисперсные фазы и др.

При ЭИМ высокая температура стимулирует протекание плазмохимических, металлургических, диффузионных и других реакций, продукты которых частично осаждаются на поверхности катода, образуя сложные структурные композиции, вследствие чего реализуются одновременно несколько упрочняющих механизмов. В предположении аддитивности влияния отдельных механизмов, общий уровень упрочнения материала обеспечивается за счет увеличения плотности дислокаций, легирования, выделения дисперсных фаз, микронапряжений в кристаллической решетке материала.

Наибольший эффект упрочнения может быть достигнут при реализации максимально возможного числа механизмов упрочнения в

одной технологии. Такой технологией и является ЭИМ, в результате которой на сталях формируется упрочненный слой, имеющий структуру твердых растворов и легирующих элементов в железе с выделением дисперсных частиц фаз легирующих элементов. При этом сохраняются мелкое зерно и достаточно высокая плотность дислокаций [10, 11].

За счет выделения большого количества теплоты у поверхности металла происходит быстрое его насыщение атомами химических элементов легирующего электрода и газовой среды с образованием новых фаз (карбидов, интерметаллидов), что подтверждается рентгенофазовым анализом.

Исследование влияния ЭИМ на фазовый состав покрытий показало, что обработка электродом Т15К6 приводит к появлению в поверхностном слое карбида титана (TiC) с кубической решеткой [10].

По данным РФА поверхность, сформированная электродом на основе TiC с добавками Ni, Cr, Al и ШК (рис. 2), кроме основной фазы TiC содержит интерметаллид  $\text{Ni}_3(\text{AlTi})$  с кубической решеткой и ее параметром  $(3,555 \pm 0,002) \text{ \AA}$ . Эффективный размер кристаллитов в направлении  $[200] D_{200} = 144 \text{ \AA}$ .

Для исследования влияния различных технологических условий на структурное состояние и физико-механические свойства покрытий, в межэлектродное пространство при ЭИМ вводились газовые среды. После обработки сверхбыстрое охлаждение покрытия и поверхностного слоя приводит к образованию структурных дефектов (дислокаций, вакансий) и формированию внутренних напряжений. На рис. 3 представлены данные по плотности дислокаций ( $\rho$ ) и толщине покрытия ( $\delta$ ) после ЭИМ стальных образцов в различных газовых средах. На диаграмме также указаны вероятные доминирующие механизмы упрочнения.

Газовые среды в порядке стимулирования формирования высокой плотности дислокаций располагаются в следующей последовательности: углекислый газ, воздух, кислород, аргон. Такое значительное увеличение плотности дислокаций согласуется с положениями физики твердого тела о том, что при наличии легирующих элементов устойчивость дислокационной структуры повышается за счет образования вокруг них «облаков» Коттрелла и Сузуки [12.] и блокировки дислокаций компонентами газовой среды. При этом толщина покрытия максимальна при обработке в среде углекислого газа, а минимальна в среде кислорода и аргона.

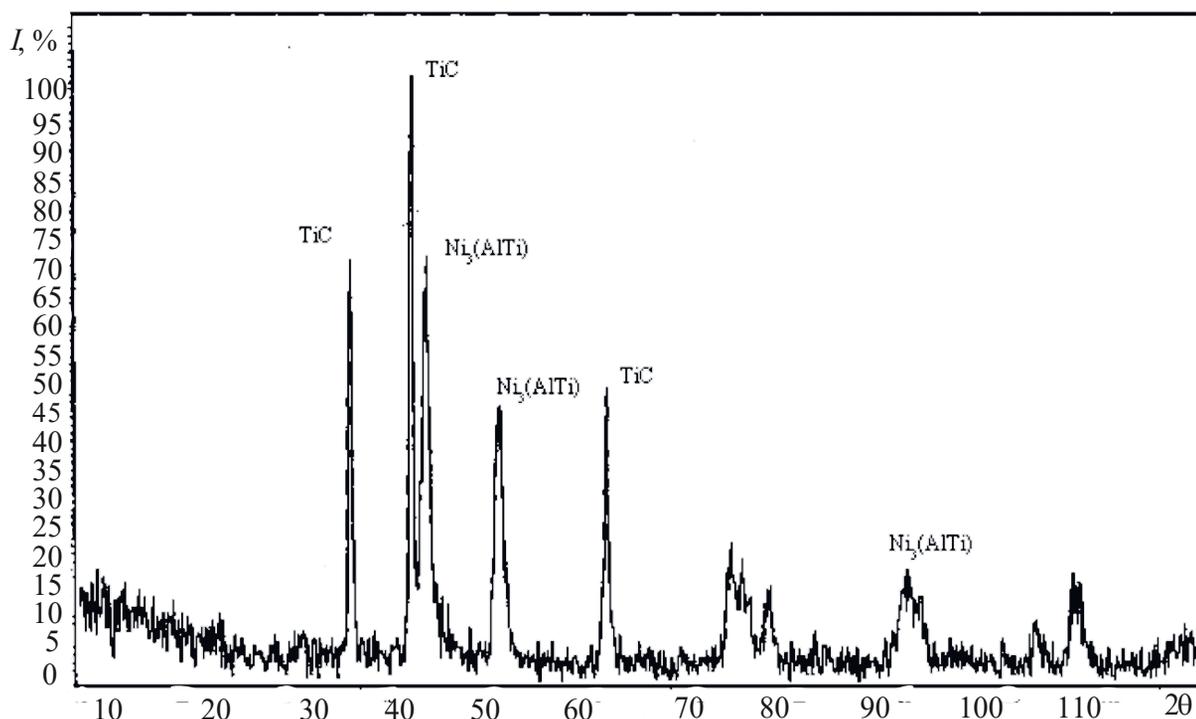


Рис. 2. Рентгенограмма покрытия после ЭИМ стали 45 электродом на основе TiC с добавками Ni, Cr, Al и ШК

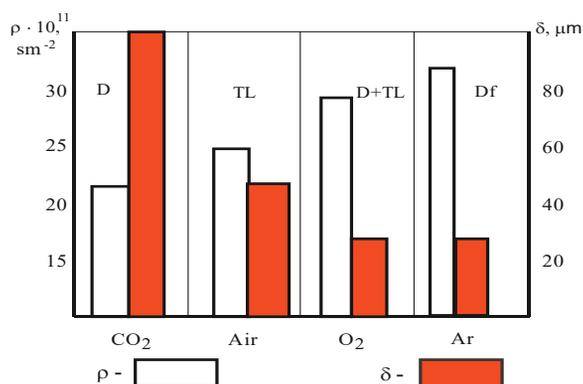


Рис. 3. Плотность дислокаций ( $\rho$ ) и толщина покрытия ( $\delta$ ) после ЭИМ стальной поверхности в газовых средах. Механизмы упрочнения: D – дисперсионный; TL – твердорастворное легирование; Df – дислокационный

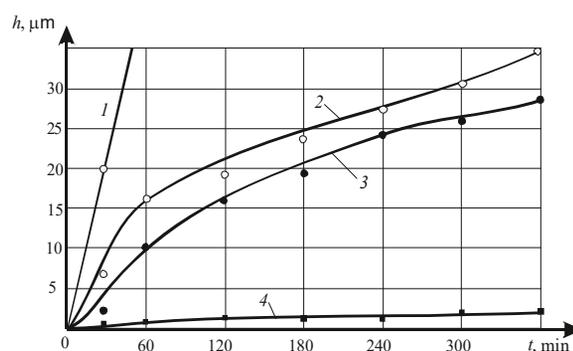


Рис. 4. Износостойкость покрытия после ЭИМ с энергией разряда  $E = 0,73$  Дж в различных газовых средах: 1 – исходная поверхность; 2 – воздух; 3 – углекислый газ; 4 – кислород

Трибологические свойства покрытий, сформированных на стальной основе при ЭИМ электродом с составом TiC и добавками Ni, Cr, Al и ШК, оценивали по величине износа в условиях граничного трения по модифицированной поверхности (рис. 4).

Результаты испытаний свидетельствуют, что величина износа  $h$  модифицированных образцов принимает минимальные значения при обработке в атмосфере кислорода. Это может

быть связано с тем, что под микроразмерным оксидным покрытием (около  $30 \mu\text{m}$  см. рис. 3) располагается дисперсно-упрочненный поверхностный слой с образованием интерметаллидов, согласно рентгенограмме на рис. 2. В результате ЭИМ через оксидный барьер коэффициент трения поверхности снижается по сравнению с поверхностью, обработанной в воздушной атмосфере, а износостойкость значительно повышается.

### ВЫВОДЫ

1. При электроискровом модифицировании деталей различными электродными материалами в поверхностном слое формируется особое структурно-фазовое состояние, связанное со сверхскоростными процессами нагрева и охлаждении обрабатываемого материала. Так, при обработке электродом на основе карбида титана с добавками никеля, хрома, алюминия и шеелитового концентрата, в покрытии образуется упрочняющая фаза – интерметаллид  $Ni_3(AlTi)$ .

2. Установлено, что плотность дислокаций в кристаллической структуре металла и толщина покрытия зависят от состава газовой межэлектродной среды. При осуществлении модифицирования в атмосфере кислорода и аргона зафиксирована наибольшая плотность дислокаций; при этом отмечается наименьшие значения толщины покрытий.

3. Электроискровое модифицирование стальных поверхностей в газовой атмосфере приводит к значительному повышению их износостойкости при граничном трении по закаленному стальному образцу; наибольшее снижение величины износа достигается при обработке поверхностей в среде кислорода.

Таким образом, обоснованный выбор материалов легирующих электродов и газовых сред при обработке ЭИМ, позволяет обеспечить необходимый комплекс физико-механических свойств формируемых покрытий на стальных деталях транспортно-технологических машин.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lofaj, F. Transfer film in a friction contact in the nanocomposite WC-C coatings / F. Lofaj, M. Ferdinandy, G. Cempura, P. Hornak, M. Vnoucek // *Journal of the Australian Ceramic Society*. – 2013. – Vol. 49. – P. 34-43.

2. Jamnapara, N. I. Comparative analysis of insulating properties of plasma and thermally grown alumina films on electrospark aluminide coated 9Cr steels / N. I. Jamnapara, S. Frangini, J. Alphonsa, N. L. Chauhan, S. Mukherjee // *Surface and Coatings Technology*. – 2015. – Vol. 266. – P. 146-150.

3. Kolomeichenko, A. V. Tribotechnical properties of electrospark coatings of amorphous and nanocrystalline iron alloys / A. V. Kolomeichenko, I. S. Kuznetsov // *Journal of*

*Friction and Wear*. – 2014. – Vol. 35. – No. 6. – P. 501-504.

4. Nikolenko, S. V. Superhigh-speed extrusion of tungsten-free electrodes for electrospark alloying of steel 45 / S. V. Nikolenko, N. A. Suy, M. A. Pugachevskii, L. P. Metlitskaya // *Russian Engineering Research*. – 2013. – Vol. 33. – No. 5. – P. 258-264.

5. Mashkov, Y.K. The effect of electric-spark treatment on the structure and properties of modified friction surfaces / Y. K. Mashkov, O. V. Malij, D. N. Korotaev, B. S. Alimbaeva, M. Y. Baybaratskaya // *Journal of Friction and Wear*. – 2016. – Vol. 37. – No 1. – P. 66-70.

6. Ageeva, E. B. Характеристики электроискровых покрытий, полученных электродным материалом из электроэрозионных порошков быстрорежущей стали / E. B. Ageeva, E. B. Ageev, P. A. Латыпов, В. Ю. Карпенко, А. Ю. Алтухов // *Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия*. – 2015. – No. 2. – С. 62-65.

7. Nikolenko, S. V. Generation and study of new electrode materials with self fluxing additives to improve the efficiency of mechanical electrospark alloying / S. V. Nikolenko, N. A. Syui, A. D. Verkhoturov // *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. – 2015. – Vol. 51. – No. 1. – P. 38-45.

8. Петрова, Л. Г. Разработка технологий поверхностного упрочнения деталей машин и инструмента на основе научно-методологического комплекса инженерии поверхности металлических материалов / Л. Г. Петрова // *Упрочняющие технологии и покрытия*. – 2010. – No. 12. – С. 28-39.

9. Уманский, Я.С. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия/ Я.С. Уманский, Ю.А. Саканов, И.И. Иванов и др. – М.: Металлургия, 1982. – 631 с.

10. Машков, Ю. К. Исследование наноструктурных покрытий, синтезируемых методом электроискровой обработки / Ю. К. Машков, Д. Н. Коротаев, М. Ю. Байбарацкая, Б. Ш. Алимбаева // *Журнал технической физики*. – 2015. – Т. 85. – No. 10. – С.75-79.

11. Коротаев, Д. Н. Субструктурное поверхностное упрочнение деталей трибосистем методом электроискрового легирования / Д. Н. Коротаев, Е. В. Иванова // *Перспективные материалы*. – 2011. – No. 2. – С. 98-102.

12. Кристиан, Дж. Теория превращений в металлах и сплавах/ Дж. Кристиан. – М.: Мир, 1978. –С. 808

## FEATURES OF FORMATION OF FUNCTIONAL COVERINGS AT ELECTROSPARK MODIFYING OF METAL MATERIALS

D.N. Korotaev, E.V. Ivanova

**Abstract.** Results of a research of influence of materials of the alloying electrodes at electrospark modifying of steel products on phase structure of the formed coverings and blankets are presented. It is established that when processing the electrode on the basis of carbide of the titan with additives of nickel, chrome, aluminum and a sheelitovy concentrate, in a covering forms the strengthening phase – intermetallic compound  $Ni_3(AlTi)$ . Possible mechanisms of hardening of blankets of metal products at electrospark modifying are considered, and also results of a research of influence of the gas interelectrode environment on covering thickness, density of defects of a crystal structure of materials and tribological properties of the modified blankets and coverings.

Use of technology of electrospark processing promotes manifestation of a complex of mechanisms of hardening from which dominating are dispersive hardening coherent particles of carbides and intermetallic compound, and also a strongly solution alloying. The received results demonstrate active participation of the gas environment in change of physicomechanical and tribological properties of coverings and blankets. So, at electrospark processing in the atmosphere of oxygen the minimum thickness of a covering (about 30  $\mu m$ ) and the maximum wear resistance is recorded. It is connected with the fact that crystalline state of the surfaces received in the oxygen-containing environment is characterized by the increased density of dislocations. Besides, according to the X-ray phase analysis, under a microdimensional covering the disperse strengthened blanket with formation of intermetallic compound settles down that also promotes increase in extent of hardening of a steel surface. It is shown that the reasonable choice of a ratio of the mechanisms of hardening operating when processing with electrospark modifying allows to provide a necessary complex of physicomechanical and tribological properties of the formed coverings.

**Keywords:** electrospark modifying, functional covering, phase structure, hardening, intermetallida, gas environment, density of dislocations, wear resistance.

### REFERENCES

1. Lofaj, F., Ferdinandy M., Cempura G., Hornak P., Vnoucek V. Transfer film in a friction contact in the nanocomposite WC-C coatings. Journal of the Australian Ceramic Society, 2013, vol. 49, pp. 34-43.

2. Jamnapara, N. I., Frangini S., Alphonsa J., Chauhan N.L., Mukherjee S. Comparative analysis of insulating properties of plasma and thermally grown alumina films on electrospark aluminate coated 9Cr steels. Surface and Coatings Technology, 2015, vol. 266, pp. 146-150.

3. Kolomeichenko, A. V., Kuznetsov I.S. Tribotechnical properties of electrospark coatings of amorphous and nanocrystalline iron alloys. Journal of Friction and Wear, 2014, vol. 35, no 6, pp. 501-504.

4. Nikolenko, S. V., Suy N.A., Pugachevskii M.A., Metlitskaya L.P. Superhigh-speed extrusion of tungsten-free electrodes for electrospark alloying of steel 45. Russian Engineering Research, 2013, vol. 33, no 5, pp. 258-264.

5. Mashkov, Y.K., Malij O.V., Korotaev D.N., Alimbaeva B.S., Baybaratskaya M.Y. The effect of electric-spark treatment on the structure and properties of modified friction surfaces. Journal of Friction and Wear, 2016, vol. 37, no 1, pp. 66-70.

6. Ageeva E.V., Ageev E.V., Latypov R.A., Karpenko V.Yu., Altukhov A.Yu. Kharakteristiki elektroiskrovykh pokrytii, poluchennykh elektrodnykh materialom iz elektroerozionnykh poroshkov bystrorezhushchei stali [Characteristics of the electrospark coverings received by electrode material from electroerosive powders of quick cutting steel]. Izvestiya vuzov. Poroshkovaya metallurgiya i funktsional'nye pokrytiya, 2015, no 2, pp. 62-65.

7. Nikolenko, S. V., Syui N.A., Verkhoturov A.D. Generation and study of new electrode materials with self fluxing additives to improve the efficiency of mechanical electrospark alloying / S. V. Nikolenko, N. A. Syui, A. D. Verkhoturov // Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 2015, vol. 51, no 1, pp. 38-45.

8. Petrova L. G. Razrabotka tekhnologii poverkhnostnogo uprochneniya detalei

mashin i instrumenta na osnove nauchno-metodologicheskogo kompleksa inzhenerii poverkhnosti metallicheskikh materialov [Working out of technologies of superficial hardening of details of cars and the tool on the basis of a scientific-methodological complex of surface]. Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya, 2010, no. 12, pp. 28-39.

9. Umanskij Ja.S., Sakanov Ju.A., Ivanov A.I. i dr. Kristallografija, rentgenografija i jelektronnaja mikroskopija [Crystallography, X-ray analysis and electronic microscopy]. Moscow. Metallurgija, 1982. 631p.

10. Mashkov Yu. K., Korotaev D. N., Baibaratskaya M. Yu., Alimbaeva B. Sh. Issledovanie nanostrukturnykh pokrytii, sinteziruemykh metodom elektroiskrovoy obrabotki [Research of the nanostructural coverings synthesized by method of electrospark processing]. Zhurnal tekhnicheskoi fiziki, 2015, vol. 85, no 10, pp.75-79.

11. Korotaev D. N., Ivanova E. V. Substrukturnoe poverkhnostnoe uprochnenie detalei tribosistem metodom elektroiskrovogo legirovaniya [Substructural superficial hardening of friction system components by electrospark modifying]. Perspektivnye materialy, 2011, no 2, pp. 98-102.

12. Kristian Dzh. Teorija prevrashhenij v

metallah i splavah [The theory of transformations in metals and alloys]. Moscow. Mir, 1978. 808p.

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

*Коротаев Дмитрий Николаевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей», ФГБОУ ВО СиБАДИ (644080, г.Омск, пр-т Мира, 5, e-mail: korotaevd99@mail.ru).*

*Korotaev Dmitrii Nikolaevich - Doctor of Engineering, associate professor, professor of department « Operation and car repairs», SibADI (644080, g.Omsk, pr-t Mira, 5, e-mail: korotaevd99@mail.ru).*

*Иванова Елена Владимировна – кандидат технических наук, доцент, доцент 12 кафедры (физико-математических дисциплин), ФГКВБОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева», ОАБИИ (644098, г. Омск, п. Черёмушки, 14 военный городок, e-mail: elenaivanova-01@mail.ru).*

*Ivanova Elena Vladimirovna - Candidate of Technical Sciences, associate professor, associate professor of the 12th department (physical and mathematical disciplines), Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, g. Omsk, p. Cheremushki, 14 voennyi gorodok, e-mail: elenaivanova-01@mail.ru).*

УДК 631.12

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕГАУССОВСКИХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ**

*В.А. Корчагин<sup>1</sup>, В.И. Игнатенко<sup>1</sup>, Д.К. Сысов<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «ЛГТУ», г. Липецк, Россия;*

*<sup>2</sup>Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал)*

*ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет (СКФУ)», г. Пятигорск, Россия*

**Аннотация.** Проанализированы основные методы аппроксимации элементарных функций плотностей распределения вероятностей случайной выборки из генеральной совокупности статистического материала, используемого в области эксплуатационной надежности автомобилей. Предложено для описания негауссовских экспериментальных данных использовать системы распределений Джонсона и Пирсона, которые позволяют описывать практически любые унимодальные распределения. Эффективность использования данных систем распределений исследована путем статистического моделирования. Представлены результаты апробации статистических моделей на реальных данных.

**Ключевые слова:** элементарные функции, статистическая модель, негауссовское распределение, метод моментов, автомобиль.