



УДК 621.7-114

DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-134-141

**ЭЛЕКТРОИСКРОВОЕ УПРОЧНЕНИЕ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО
ИНСТРУМЕНТА***А.М. Буглаев, д-р техн. наук, проф.; ResearcherID: [AAH-2776-2021](https://orcid.org/0000-0001-6923-4815),**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6923-4815>**Брянский государственный технический университет, б-р 50-летия Октября, д. 7,
г. Брянск, Россия, 241035; e-mail: an.buglaev@yandex.ru*

Оригинальная статья / Поступила в редакцию 09.04.20 / Принята к печати 18.06.20

Аннотация. Выбор эффективных методов и устройств для поверхностного упрочнения дереворежущих инструментов затруднен из-за разнообразия их конструкций и условий эксплуатации. В связи с этим разработка таких устройств становится актуальной задачей. По данным литературы, одним из эффективных способов повышения срока службы деталей машин и инструмента является электроискровое упрочнение, или электроискровое легирование. Для него применяются промышленные электроискровые установки типа «ЭФИ» и «Элитрон» с ручными вибраторами. Однако их использование существенно увеличивает трудоемкость и время упрочнения. Кроме того, качество поверхности после упрочнения этим способом часто бывает неудовлетворительным. С целью уменьшения трудоемкости электроискрового упрочнения разработаны различные механизированные установки. Однако подобные установки предназначены для упрочнения конкретных деталей и не позволяют упрочнять инструменты различных конструкций, в том числе и дереворежущие. Качество поверхности после упрочнения на механизированных установках не всегда удовлетворяет потребителя. Для улучшения свойств поверхности после электроискрового упрочнения зачастую используют дополнительную обработку методами поверхностного пластического деформирования, такими как обкатывание и раскатывание роликами и шариками, а также алмазное выглаживание. Качество поверхности после дополнительной обработки этими методами существенно повышается, однако возрастают трудоемкость и себестоимость процесса упрочнения. Для увеличения износостойкости деталей машин и инструмента целесообразно снижение высотных параметров шероховатости, повышение микротвердости, формирование остаточных напряжений сжатия, что обеспечивается методами поверхностного пластического деформирования. Отсюда вытекает необходимость применения электроискрового упрочнения одновременно с поверхностным пластическим деформированием. Исследованы конструкция и особенности использования устройства для упрочнения инструмента. Устройство применяли для упрочнения ножей рейсмусового станка, что позволило повысить их стойкость на 100 %. По сравнению с электроискровым упрочнением ручным вибратором оно снижает шероховатость упрочненной поверхности и увеличивает качество обработки заготовок. Установлены режимы упрочнения, благодаря которым возможно эффективно упрочнять дереворежущие инструменты.

Для цитирования: Буглаев А.М. Электроискровое упрочнение дереворежущего инструмента // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 5. С. 134–141. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-134-141

Ключевые слова: электроискровое упрочнение, дереворежущий инструмент, шероховатость, режимы упрочнения, стойкость дереворежущих инструментов, устройство для упрочнения дереворежущего инструмента.

DEVICE FOR WOOD-CUTTING TOOL HARDENING

Anatoly M. Buglaev, Doctor of Engineering, Prof.; ResearcherID: [AAH-2776-2021](https://orcid.org/0000-0001-6923-4815), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6923-4815>

Bryansk State Technical University, b-r 50-letiya Oktyabrya, 7, Bryansk, 241035, Russian Federation; e-mail: an.buglaev@yandex.ru

Original article / Received on April 9, 2020 / Accepted on June 18, 2020

Abstract. Choosing effective methods and devices for surface hardening of wood-cutting tools is problematic due to the variety of their designs and operating conditions. In this regard, the development of such devices becomes an urgent task. According to the literature, one of the effective methods for increasing the service life of machine parts and tools is electrospark hardening or electrospark alloying. Industrial electrospark installations such as “EFI” (electrophysical measurements) and “Elitron” with manual vibrators are used for electrospark hardening. However, using manual vibrators significantly increases the labour intensity and hardening time. Moreover, the surface quality after hardening with manual vibrators is often unsatisfactory. Various mechanized installations have been developed in order to reduce the labour intensity of electrospark hardening. Nevertheless, these installations are designed to harden specific parts and do not allow hardening tools of various designs, including wood-cutting tools. The surface quality after hardening in mechanized installations does not always satisfy the customer. Further surface plastic deformation treatments, such as rolling and unrolling with rollers and balls, as well as diamond burnishing, are often used to improve the surface quality after electrospark hardening. The surface quality after additional processing by these methods boosts, although the labour intensity and cost of the hardening process increase. To increase the wear resistance of machine parts and tools, it is reasonable to reduce the height parameters of roughness, increase microhardness, and form the residual compressive stresses, which is ensured by the methods of surface plastic deformation. In this regard, it becomes necessary to use electrospark hardening simultaneously with surface plastic deformation. The work presents the design and features of using the device for hardening. The device was used to strengthen the thicknesser machine knives, which made it possible to almost double their durability. Applying this device, in comparison with using the electrospark hardening with a manual vibrator, reduces the roughness of the hardened surface and improves the surface quality of the processed workpieces. The modes of hardening have been installed, making it possible to effectively harden wood-cutting tools.

For citation: Buglaev A.M. Device for Wood-Cutting Tool Hardening. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2021, no. 5, pp. 134–141. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-134-141

Keywords: electrospark hardening, wood-cutting tool, roughness, hardening modes, durability of wood-cutting tools, device for wood-cutting tool hardening.

Введение

Дереворежущие инструменты, такие как строгальные ножи, ножи рейсмусовых и фуговальных станков, фрезы, работают в довольно сложных условиях: высокие скорости резания и ударные нагрузки, возможность попадания абразивных частиц в зону резания – что приводит к их быстрому затуплению [1–4, 11, 17–20, 25–29]. В связи с этим проблема повышения стойкости данных инструментов требует установления методов их упрочнения.

Одним из эффективных методов повышения стойкости дереворежущих инструментов является электроискровое упрочнение с использованием промышленных установок «ЭФИ» и «Элитрон» с ручным вибратором. Однако этот метод имеет существенный недостаток – значительную шероховатость упрочненной поверхности, Ra 2,5 мкм и более, что отрицательно сказывается на стойкости инструментов и качестве обработанных деталей [5–16, 21, 22, 30].

Применение механизированных установок при электроискровом упрочнении не всегда возможно из-за особенностей конструкции упрочняемых деталей машин и дереворежущего инструмента [23]. Качество и износостойкость поверхностей после обработки на механизированных установках остается примерно таким же, как и после электроискрового упрочнения с ручным вибратором.

Дополнительная обработка после электроискрового упрочнения методами поверхностного пластического деформирования (обкатывание, раскатывание, алмазное выглаживание) приводит к повышению трудоемкости и себестоимости упрочнения [24], поэтому возникает необходимость разработки и исследования методов и устройств для упрочнения дереворежущего инструмента.

Объекты и методы исследования

Разработано устройство для упрочнения дереворежущего инструмента, позволяющее уменьшить шероховатость упрочненных поверхностей Ra до 0,16–0,32 мкм.

Устройство (см. рисунок) представляет собой диск-электрод 1, изготовленный из легирующего материала, и диск 2, на котором закреплены ролики 3. Диск-электрод и диск, изолированные друг от друга прокладкой 4, установлены на эластичной втулке 5 и скреплены болтами 6, изолированными от диска-электрода, а также гайками 7. Опытным путем установлены оптимальные размеры роликов: диаметр – 10–20 мм, радиус рабочей части – 2–4 мм, величина вылета роликов – 3–5 мм. Радиус рабочей части диска-электрода целесообразно выполнять равным радиусу рабочей части роликов, скорость вращения инструмента 8–30 м/с.

Положительный полюс источника питания подключают через пружину 8 и щетку 9 к поверхности диска-электрода (анод), отрицательный – к обрабатываемой детали (катоде).

Формирование покрытия осуществляют следующим образом: инструмент закрепляют на валу специального привода или серийного станка (например фрезерного), подсоединяют к источнику питания и включают привод вращения диска. При вращении инструмента выступающий над поверхностью диска-электрода ролик размыкает цепь «анод–катод». При этом высвобождается разряд, сопровождающийся переносом материала диска на поверхность детали, и происходит последующее поверхностное пластическое деформирование незастывшего покрытия роликом.

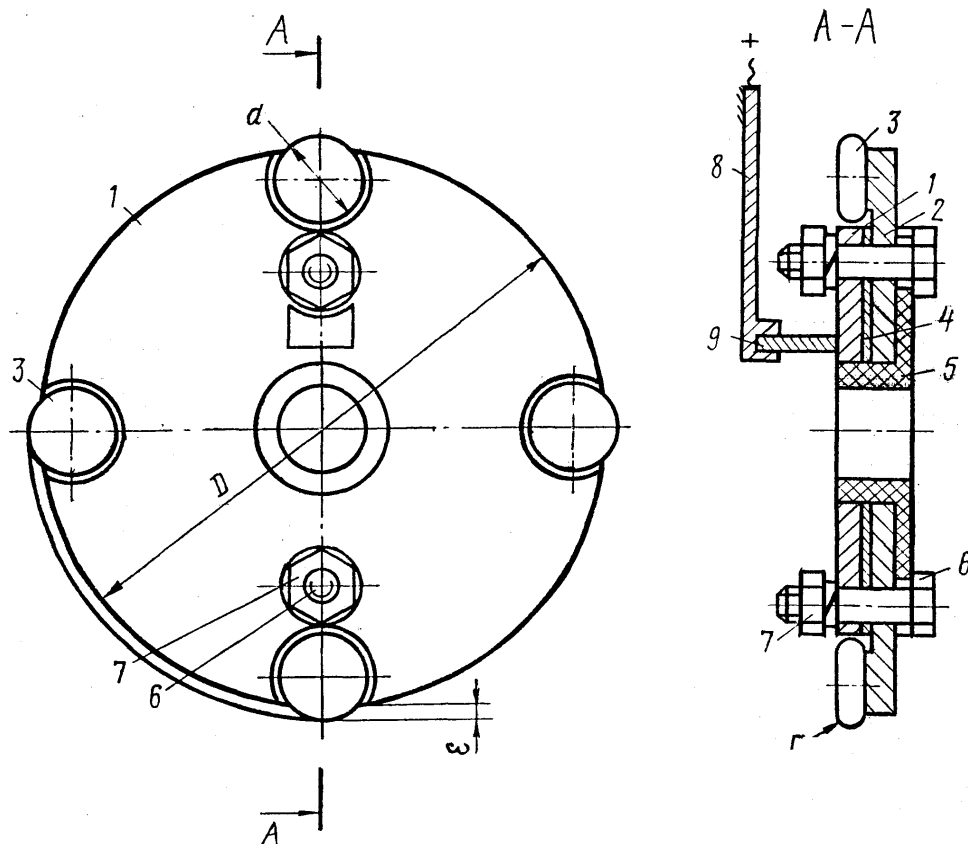


Схема устройства для упрочнения дереворежущего инструмента

Diagram of a device for hardening wood-cutting tools

Под действием эластичной втулки после выхода ролика из контакта с деталью восстанавливается контакт с ней диска-электрода и замыкается цепь «анод–катод». В процессе замыкания происходит новый искровой разряд, обеспечивающий перенос на поверхность детали новой порции легирующего материала, сопровождающийся выглаживанием нанесенного слоя роликом при прохождении тока через участок контакта. Движение подачи детали относительно инструмента производят вручную или механически от привода станка.

Описанное устройство использовали для упрочнения стандартных ножей рейсмусового станка, изготовленных из стали Х6ВФ, по их задней поверхности, на расстояние 10–15 мм, начиная от режущей кромки, с использованием электроискровой установки «Элитрон 22А» и горизонтально-фрезерного станка 6Р82Ш. Испытание ножей выполняли на рейсмусовом станке СР6-7 при обработке сосновых заготовок в течение 8 ч. На ножевой вал устанавливали упрочненный и неупрочненный ножи, что позволяло тестировать их в одинаковых условиях. Износ ножей определяли по изменению радиуса режущей кромки Δr и ширины Δa , замеренных до и после испытаний. Радиус режущей кромки находили с помощью инструментального микроскопа по ее отпечатку на свинцовой пластине, ширину ножа – на оптическом длиннере ИЗВ-2.

Результаты исследования и их обсуждение

Испытания показали, что значение Δr неупрочненных ножей составило 48–54 мкм, а упрочненных – 27–32 мкм, Δa равна 86–92 мкм у неупрочненных и 47–63 мкм у упрочненных ножей. Эти данные свидетельствуют о снижении износа ножей рейсмусового станка после упрочнения с помощью описанного устройства. Дальнейшая эксплуатация упрочненных ножей показала, что их стойкость составляет в среднем 16 ч, в то время как неупрочненных – только 8 ч.

Электроискровое упрочнение ножей рейсмусового станка с ручным вибратором также позволяет увеличить их срок службы до 16 ч, однако на обработанных поверхностях заготовок визуально можно наблюдать риски. Причиной их появления, как было установлено, являются выступы-шероховатости, сформировавшиеся после упрочнения ножей электроискровым методом с помощью ручного вибратора.

Анализ результатов исследований позволил установить режимы упрочнения: напряжение – 28–32 В; рабочий ток – 0,9–1,0 А; скорость подачи – 4–5 м/с; число проходов – 4–5; скорость вращения электрода-инструмента – 8–30 м/с; материал диска-электрода – твердый сплав ВК60М, ВК6, ВК8; материал деформирующих роликов – твердый сплав ВК20, ВК25.

Заключение

Поверхностное упрочнение дереворежущих инструментов является эффективным способом повышения их срока службы. Однако целесообразность применения того или иного метода поверхностного упрочнения во многом зависит от конструкции инструмента, технологии его изготовления, условий эксплуатации. В связи с этим возникает необходимость дальнейших исследований с целью разработки и совершенствования методов поверхностного упрочнения, оборудования и устройств для эффективного применения этих методов. Результаты исследований могут быть использованы на производстве для повышения стойкости дереворежущего инструмента и создания банков данных для выбора метода упрочнения дереворежущего инструмента с учетом условий эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Амалицкий В.В. Деревообрабатывающие станки и инструменты. 5-е изд., стер. М.: Академия, 2009. 400 с. Amalitsky V.V. *Woodworking Machines and Tools*. Moscow, Akademiya Publ., 2009. 400 p.
2. Буглаев А.М., Бокачева М.П. Исследование факторов, влияющих на безопасность станочников деревообрабатывающих станков // Безопасность жизнедеятельности. 2015. № 3. С. 3–6. Buglayev A.M., Bokachyova M.P. Safety – Factor Research of Woodworking Machinery Operators. *Bezopasnost' zhiznedeatel'nosti* [Life Safety], 2015, no. 3, pp. 3–6.
3. Буглаев А.М., Бокачева М.П., Сиваков В.В. Станки для обработки круглых сортиментов // Изв. вузов. Лесн. журн. 2016. № 6. С. 122–129. Buglaev A.M., Bokacheva M.P., Sivakov V.V. The Roundwood Assortment Machines. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2016, no. 6, pp. 122–129. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2016.6.122>

4. Буглаев А.М., Бокачева М.П., Сиваков В.В. Исследование возможности снижения вибрации деревообрабатывающего оборудования // Изв. вузов. Лесн. журн. 2017. № 3. С. 132–142. Buglaev A.M., Bokacheva M.P., Sivakov V.V. Study into the Feasibility of Reducing Woodworking Equipment Vibration. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2017, no. 3, pp. 132–142. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2017.3.132>
5. Бурумкулов Ф.Х., Лялякин В.П., Пушкин И.А. Микрогеометрия и несущая способность поверхности, образованная электроискровой наплавкой // Технология машиностроения. 2001. № 4. С. 29–34. Burumkulov F.Kh., Lyalyakin V.P., Pushkin I.A. Microgeometry and Bearing Capacity of the Surface Formed by Electric Spark Surfacing. *Tekhnologiya Mashinostroeniya*, 2001, no. 4, pp. 29–34.
6. Бурумкулов Ф.Х., Лялякин В.П., Пушкин И.А., Фролов С.Н. Электроискровая обработка металлов – универсальный способ восстановления изношенных деталей // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2001. № 4. С. 23–28. Burumkulov F.Kh., Lyalyakin V.P., Pushkin I.A., Frolov S.N. Electric Spark Treatment of Metals – Universal Method of Restoring Worn Parts. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*, 2001, no. 4, pp. 23–28.
7. Бурумкулов Ф.Х., Лялякин В.П., Иванов В.И., Черкасов В.В. Восстановление и упрочнение деталей и инструментов концентрированными источниками тепла // Ремонт, восстановление, модернизация. 2003. № 9. С. 35–39. Burumkulov F.Kh., Lyalyakin V.P., Ivanov V.I., Cherkasov V.V. Restoration and Hardening of Parts and Tools with Concentrated Heat Sources. *Remont, Vosstanovlenie, Modernizatsiya* [Repair, Reconditioning, Modernization], 2003, no. 9, pp. 35–39.
8. Бурумкулов Ф.Х., Лезин П.П., Сенин П.В., Иванов В.И., Величко С.А., Ионов П.А. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика). Саранск: Красный Октябрь, 2003. 504 с. Burumkulov F.Kh., Lezin P.P., Senin P.V., Ivanov V.I., Velichko S.A., Ionov P.A. *Electrospark Technology for Restoration and Hardening of Machine Parts and Tools (Theory and Practice)*. Saransk, Krasnyy Oktyabr' Publ., 2003, 504 p.
9. Верхотуров А.Д. Формирование поверхностного слоя металлов при электроискровом легировании. Владивосток: Дальнаука, 1995. 323 с. Verkhoturov A.D. *The Formation of the Surface Layer on Metals during ESA Process*. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 1995. 323 p.
10. Гнесин Б.А., Поддубняк В.Я., Бурумкулов Ф.Х., Иванов В.И., Борисенко Е.Б., Гнесин И.Б. Электроискровое легирование поверхности на углеродистых сталях и чугуне с помощью электродов из силицидов молибдена и вольфрама // Материаловедение. 2007. № 7. С. 41–54. Gnesin B.A., Poddubnyak V.Ya., Burumkulov F.Kh., Ivanov V.I., Borisenko E.B., Gnesin I.B. Electric-Spark Alloying of Surfaces on Carbon Steels and Cast Iron by Means of Electrodes from Molybdenum and Tungsten Silicides. *Materialovedenie* [Material Science], 2007, no. 7, pp. 41–54.
11. Зотов Г.А., Памфилов Е.А. Повышение стойкости дереворежущего инструмента. М.: Экология, 1991. 304 с. Zotov G.A., Pamfilov E.A. *Increasing the Durability of Woodworking Tools*. Moscow, Ekologiya Publ., 1991. 304 p.
12. Левашов Е.А., Кудряшов А.Е., Погожев Ю.С., Вакаев П.В., Свиридова Т.А., Замулаева Е.И., Милонич С., Тодорович М. Исследование влияния параметров импульсных разрядов на массоперенос, структуру, состав и свойства электроискровых покрытий на основе TiC-NiAl, модифицированных нанодисперсными компонентами // Изв. вузов. Цветная металлургия. 2004. № 6. С. 39–46. Levashov E.A., Kudryashov A.E., Pogozhev Yu.S., Vakaev P.V., Sviridova T.A., Zamulaeva E.I., Milonich S., Todorovich M. Investigation of the Effect of Pulsed Discharge Parameters on Mass Transfer, Structure, Composition, and Properties of Electrospark Coatings on Basis of TiC–NiAl Modified by Nanodispersed Components. *Izvestiya Vuzov. Tsvetnaya Metallurgiya* [Izvestiya. Non-Ferrous Metallurgy], 2004, no. 6, pp. 39–46.

13. Мулин Ю.И., Верхотуров А.Д., Климов Л.А., Власенко В.Д. Исследование износостойких несплошных покрытий, образованных электроискровым легированием // Трение и износ. 2004. № 6. С. 650–655. Mulin Yu.I., Verkhoturov A.D., Klimova L.A., Vlasenko V.D. Investigation of Discontinuous Wear Resistant Coatings Formed by Spark Alloying. *Treniye i iznos* [Friction and Wear], 2004, no. 6, pp. 650–655.

14. Николенко С.В. Наноструктурирование поверхности стали 35 электроискровой обработкой новыми электродными материалами на основе карбида вольфрама с добавкой нанопорошка Al_2O_3 // Вестн. машиностроения. 2011. № 6. С. 47–51. Nikolenko S.V. Surface Nanostructuring of Steel 35 by Electrospark Machining with Electrodes Based on Tungsten Carbide and Added Al_2O_3 Nanopowder. *Vestnik mashinostroeniya* [Russian Engineering Research], 2011, no. 6, pp. 47–51. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068798X11060189>

15. Николенко С.В., Верхотуров А.Д. Новые электродные материалы для электроискрового легирования. Владивосток: Дальнаука, 1995. 218 с. Nikolenko S.V., Verkhoturov A.D. *New Electrode Materials for Electrospark Alloying*. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 1995. 218 p.

16. Николенко С.В., Верхотуров А.Д., Комарова Г.П. Закономерности образования измененного поверхностного слоя при электроискровом легировании // Упрочняющие технологии и покрытия. 2008. № 4. С. 20–28. Nikolaenko S.V., Verhoturov A.D., Komarova G.P. Laws of Formation of the Changed Superficial Layer at Electrospark Alloying. *Uprochnyayushchiye tekhnologii i pokrytiya* [Strengthening technologies and coatings], 2008, no. 4, pp. 20–28.

17. Памфилов Е.А., Пилюшина Г.А. Возможности и перспективные пути повышения работоспособности машин и оборудования лесного комплекса // Изв. вузов. Лесн. журн. 2013. № 5. С. 129–141. Pamfilov E.A., Pilyushina G.A. Possibilities and Prospective Ways to Increase Working Capacity of Forest Sector Machines and Equipment. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry journal], 2013, no. 5, pp. 129–141. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/716/le1.pdf>

18. Патент 2573357, МПК В27С 9/04. Станок для обработки бревен: № 2014143820/13; заявл. 29.10.2014; опубл. 20.01.2016 / А.М. Буглаев, М.П. Бокачева, В.В. Сиваков, патентообладатель ФГБОУ ВПО «Брянск. гос. инж.-технол. акад.». 7 с. Buglaev A.M., Bokacheva M.P., Sivakov V.V. *Machine for Log Processing*. Patent RF no. RU 2573357 C1, 2016.

19. Пилюшина Г.А. Повышение износостойкости деталей и инструментов деревообрабатывающего оборудования // Качество и жизнь, 2014. № 1. С. 44–49. Pilyushina G.A. Increase of Wear Resistance of Details and Tools of the Wood Processing Equipment. *Kachestvo i zhizn'* [Quality and Life], 2014, no. 1, pp. 44–49.

20. Пилюшина Г.А., Памфилов Е.А., Шевелева Е.В. Повышение износостойкости сучкорезных ножей многооперационных лесозаготовительных машин // Изв. вузов. Лесн. журн. 2019. № 6. С. 174–184. Pilyushina G.A., Pamfilov E.A., Shevelova E.V. Wear Resistance Improvement of Delimiting Knives of Multifunctional Logging Machines. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2019, no. 6, pp. 174–184. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.6.174>

21. Подлесов В.В. Электроискровое легирование сталей электродными материалами TiC-интерметаллид. Свойства электродов и нанесение покрытий // Электронная обработка материалов. 1995. № 3. С. 9–12. Podlesov V.V. Electrospark Alloying of Steels with Electrode Materials TiC-Intermetallic. Properties of Electrodes and Coating. *Elektronnaya obrabotka materialov* [Electronic Processing of Materials], 1995, no. 3, pp. 9–12.

22. Пячин С.А., Завадинский В.Г., Пугачевский М.А. Перенос металлов с анода на катод при электроискровом воздействии // Упрочняющие технологии и покрытия. 2007. № 11. С. 7–13. Pyachin S.A., Zavodinsky V.G., Pugachevsky M.A. Transfer of Metals from Anode to Cathode at the Electric Discharge Influence. *Uprochnyayushchiye tekhnologii i pokrytiya* [Strengthening technologies and coatings], 2007, no. 11, pp. 7–13.

23. Самсонов Г.В., Верхотуров А.Д., Бовкун Г.А., Сычев В.С. Электроискровое легирование металлических поверхностей. Киев: Наук. думка, 1976. 220 с. Samsonov G.V., Verkhoturov A.D., Bovkun G.A., Sychev V.S. *Electrospark Alloying of Metal Surfaces*. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1976. 220 p.

24. Технология конструкционных материалов. 6-е изд., испр. и доп. / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, А.Ф. Вязов и др. М.: Машиностроение, 2005. 592 с. Dal'skiy A.M., Barsukova T.M., Vyazov A.F. et al. *Technology of Structural Materials*. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 2005. 592 p.

25. Axelsson S.Å. The Mechanization of Logging Operations in Sweden and Its Effect on Occupational Safety and Health. *Journal of Forest Engineering*, 1998, vol. 9, iss. 2, pp. 25–31.

26. Darmawan W., Rahayu I.S., Tanaka C., Marchal R. Chemical and Mechanical Wearing of High Speed Steel and Tungsten Carbide Tools by Tropical Woods. *Journal of Tropical Forest Science*, 2006, vol. 18, no. 4, pp. 255–260.

27. Engsås J. *Accidents in Small-Scale Forestry*. Research Note 251. Swedish University of Agricultural Sciences, 1993. 121 p.

28. Liden E. *Forest Machine Contractors in Swedish Industrial Forestry*. Report 195. Garpenberg, Swedish University of Agricultural Sciences, 1995. 43 p.

29. Pamfilov E.A., Pilushina G.A., Polosov V.I. Conditions of Maintenance of Stable Frictional Contact of Submitting Rollers Woodworking Machines. *Proceedings of the BALTRIB 2007 International Scientific Conference*. Kaunas, 2007, pp. 67–71.

30. Topalá P., Slătineanu L., Stoicev P. Physical and Chemical Processes during the Machining by Means of the Electro-Erosive Method. *Nonconventional Technologies Review*. 2010, vol. 14, no. 1, pp. 50–54.