

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ИНСТРУМЕНТОВ НА ЭТАПЕ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ПЛАЗМОЙ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

Рассмотрены условия обеспечения качества инструментов при автоматизации процесса управления, предлагаемыми технологическими процессами отделочной обработки инструментов в плазмогенераторе тлеющего разряда. Используемый алгоритм моделирования при создании автоматизированной системы контроля и управления эффективностью и качеством работы плазмогенератора тлеющего разряда позволил оптимизировать его работу по упрочнению металлообрабатывающих

инструментов, требующих разнохарактерного воздействия плазмы в определённой последовательности и продолжительности. На основе непрерывного нейросетевого мониторинга за технологическими переходами, обеспечивается заданная термодинамическая структура поверхностного слоя рабочих частей широкой номенклатуры инструментов.

Ключевые слова: управление, эффективность, качество, нейросетевой мониторинг, плазмогенератор, среда.

V.A. Logvin, T.V. Karlova

AUTOMATION OF CONTROL PROCESS TO ENSURE TOOL QUALITY DURING FINISHING WITH GLOW DISCHARGE PLASMA

Work purpose: the development of conditions for control automation ensuring tool essential qualities at the stage of finishing with glow discharge plasma.

Investigation methods: based on the peculiarities of a human mental process the formation of an electronic model of a neural control system on the basis of engineering process monitoring in industry promoted cybernetic method carrying out for the increase of effectiveness and quality control during the management. The formation of an investigation process for computer technology use at the solution of the problem to ensure specified quality at the realization of engineering processes for metal working tool strengthening in the plasma generator of a glow discharge allowed creating an efficient system of control. The creation of conditions for the fulfillment of human cognitive potentialities with the high degree of similarity such as identification, accumulation and dissemination or transfer of information in the form of electromagnetic pulses similar to neural exchange allows optimizing a control system of quality of product strengthening in the plasma generator of a glow discharge. The formulation of a management solution in the form of the chain of commands in the neural network of the control system of the plasma generator of a glow discharge is formed in accordance with phenomena forming output responses and conditions ensuring their formation.

Investigation results: for setting an optimum field of investigations and, accordingly, for increasing effectiveness of the automated control system of finishing quality under the glow discharge plasma impact during the whole engineering process the use of unique potentialities of continuous neural network monitoring is intended. The application of the neural network approach and its unique functions at the formation of the

control system using the continuous monitoring of basic engineering process parameters of finishing ensuring specified quality of machining steps realized allows ensuring high repeatability at metal working tool strengthening. In the technological system developed all functions of control and management are based on the use of the neural network approach that allows visualizing its functioning on the monitor in the course of the whole engineering finishing process in the form of graphical dependence.

Conclusions:

1. The use of unique potentialities of continuous neural network monitoring allows defining a optimum field of investigations at the lowest cost and accordingly increasing quality of the automated system of finishing quality control at the impact of glow discharge plasma.

2. Depending on material of a tool working part and conditions of tool operation in the surface layer there is formed an essential thermo-dynamic structure with the specified physical-mechanical properties that allows ensuring optimum repeatability.

3. The formation of conditions for the fulfillment with a high degree of similarity human cognitive potentialities such as identification, accumulation and dissemination or transfer of information in the form of electro-magnetic pulses similar to neural exchange allows optimizing a system of quality control of tools strengthened at the stage of glow discharge plasma finishing.

Key words: control, effectiveness, quality, neural network monitoring, plasma generator, environment.

Введение

Обеспечение заданного качества изготавливаемых изделий на машиностроительном производстве является приоритетной задачей. При этом повышение эффективности достигается за счет сокращения издержек и сроков оборачивания средств, задействованных на производстве. Сохранение в течение жизненного цикла сформированного качества изделий гарантируется продуманным стратегическим направлением развития производств. Гарантией неоспоримой конкурентоспособности является рациональный выбор технологических решений финишной обработки. На итоги производственной деятельности существенное влияние оказывают своевременные и действенные управленические решения, сформированные на основании достоверного мониторинга производственного процесса.

Использование саморазвивающихся систем с обновляющейся библиотекой данных на основе непрерывного мониторинга разработанных технологических процессов финишной обработки в тлеющем разряде способствует формированию необходимого качества поверхности слоя рабочих поверхностей изготавливаемых изделий. Управление эффективностью и качеством при реализации технологических процессов обработки в тлеющем разряде осуществляется с высокой скоростью обработки данных по результатам мониторинга. Данная система позволяет применять экспериментально-аналитические методы над быстропротекающими процессами в тлеющем разряде. При этом можно оптимизировать как очерёдность реализации этапов, так и продолжительность энергосилового воздействия меняя химический состав технологической среды и скорость её прокачки через рабочий объём плазмогенератора.

Возможность компьютерного моделирования управления на основе самообучающихся систем способствует повыше-

нию уровня качества и адекватности управленических решений. При этом сокращается время на выработку широкой номенклатуры вариантов решений и их оценку. Постоянный рост возможностей компьютерной техники расширяет области использования нейросетевого подхода. Формирование обширных библиотек данных и развитие математического обеспечения повышает возможности и эффективность моделирования.

Для повышения качества управления сложными устройствами с быстропротекающими технологическими процессами создаются и эффективно используются автоматизированные системы, основанные на непрерывном контроле основных технологических параметров. Организация структуры сети в зависимости от приоритета внутренних и внешних связей для реализации адекватного контроля и анализа является объектом исследования данной работы.

Создание новых ионно-плазменных технологий, обеспечивающих формирование термодинамической структуры с заданными физико-механическими свойствами на поверхности сложнопрофильных деталей обеспечивает им условия для приоритетного использования по сравнению со сложившимися на производстве [1-4]. Это позволит разрешить актуальную проблему современного производства по повышению эффективности и качества управления технологическими процессами финишной обработки изделий на основе нейросетевого мониторинга [5-10]. Поэтому задачей данной работы является создание системы управления финишной обработки изделий в плазмогенераторе тлеющего разряда основанной на непрерывном контроле технологических параметров всех технологических переходов, легко встраиваемой в автоматизированную технологическую среду.

Методика исследования

Основываясь на особенностях мыслительного процесса людей создание электронной модели нейронной системы управления

на основе мониторинга за технологическими процессами на производстве способствовало осуществлению кибернетического мето-

да повышения эффективности и качества контроля при управлении. Построение процесса исследования на использовании электронно-компьютерных технологий при решении задачи обеспечения заданного качества при реализации технологических процессов упрочнения металлообрабатывающих инструментов в плазмогенераторе тлеющего разряда позволило создать рациональную систему управления. Создание условий для осуществления с высокой степенью подобия когнитивных возможностей человека таких как распознание, накопление и распространение или передача информации в виде электромагнитных импульсов подобных нейронному взаимообмену позволяет оптимизировать систему управления качеством упрочняемых изделий в плазмогенераторе тлеющего разряда.

В качестве ядра данной системы выступает блок памяти с возможностью постоянного обновления и пополнения наборов различных решений по реализации управления в виде информационных электромагнитных импульсов. Ядро по каналам связано с задающими и исполняющими устройствами плазмогенератора реализуя систему аксонов и дендритов. Передача информации в виде электромагнитных импульсов, сгенерированных оболочкой ядра, передаётся с помощью задающего устройства реализующего функции аксона к исполнительным звеньям, реализующим свойства синапса. Синаптическое взаимодействие осуществляется в местах контакта электрических устройств, реализующих источники движения исполнительных звеньев различных систем плазмогенератора. В роли нейротрансмиттеров выступают коммутирующие электронные блоки направляющие энергетические потоки к синаптическим образованиям. Энергоинформационные возможности блока памяти принимающего, анализирующего, хранящего и пе-

редающего информационные образы в виде электромагнитных сигналов формируют возможности и вид синапса, формирующегося нейротрансмиттерами. Это создает условия для создания и расширения информационной базы в виде библиотеки управлеченческих решений.

Формулирование управлеченческого решения в виде последовательности команд в нейронной сети системы управления плазмогенератора тлеющего разряда строится в соответствии с явлениями, формирующими выходные отклики и условиями, обеспечивающими их образование. При этом блок памяти работающий по принципу нейрона имеет объём для входной информации в котором происходит анализ информации и создание необходимого кода для её последующего учёта и использования, и выходной объём в котором происходит раскодирование и образование нового потока информации. Эффективность управления основывается на качественном контроле и анализе полученных результатов и зависит от степени адекватности при выборе алгоритма и построения сети с увязкой связей по их роли во взаимодействии. Настройка и юстировка нейронной сети осуществляются в зависимости от условий функционирования плазмогенератора и в соответствии с принятой моделью внутренних взаимодействий, что обеспечит при его эксплуатации высокую производительность.

Предложенная модель легко реализуется при помощи использования программ и аппаратных средств. Реализация прямой и при необходимости обратной зависимости при помощи нейронной сети позволяет с минимальными затратами установить оптимальную область использования плазмогенератора на каждом технологическом переходе.

Результаты исследований и их обсуждение

Последовательность преобразования информации в технологической среде при реализации производственного процесса изготовления и отделки металлообрабаты-

вающих инструментов с использованием плазмогенераторов тлеющего разряда представлена на рис. 1.

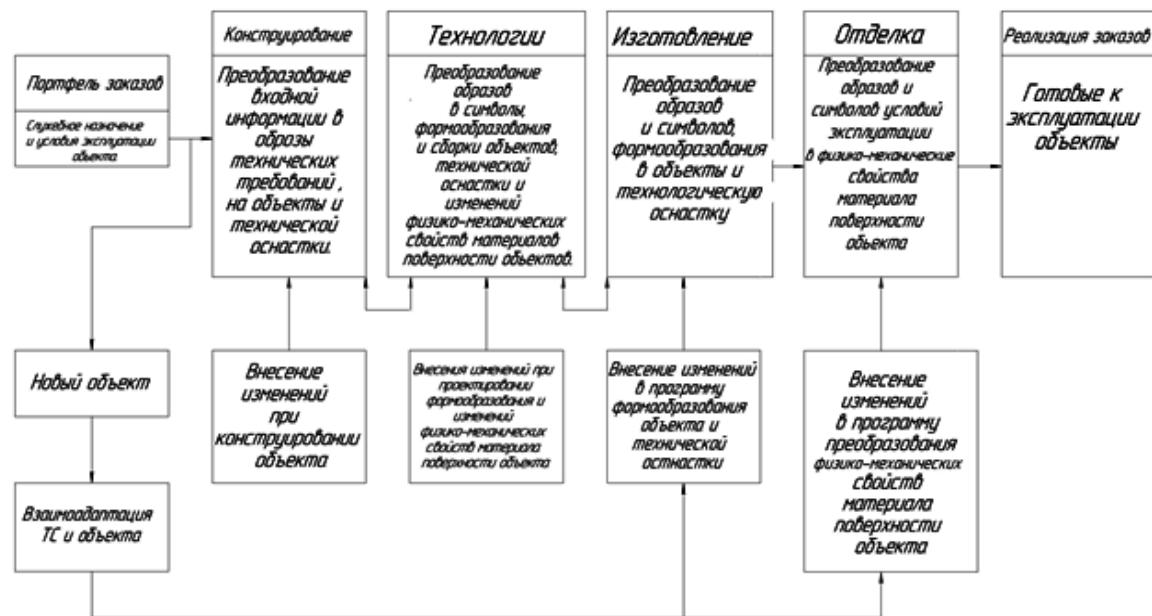


Рис. 1. Схема преобразования информации в технологической среде при использовании плазмогенератора тлеющего разряда

Основным назначением технологической среды является преобразование информации из образов и символов в натуральное представление объектов с соответствующими физико-механическими свойствами материала поверхностных слоёв рабочих поверхностей инструментов, то аналогом создания оптимальных технологических сред по изготовлению инструментов может использоваться техника связи и соответствующая ей теория. Основным понятием в технике связи считают канал связи [11]. Тогда поступающая входная информация в виде служебного назначения и условий эксплуатации инструментов преобразуется в набор образов и символов технических требований к ним.

Конструирование, технологии и отделка являются способами трансформации входной информации об объекте с языка Заказчика на язык Подрядчика.

Для структуры "Конструирование – Технологии – Производство – Отделка" любой технологический способ отражает однозначный набор символов и блоков для преобразования сообщений задающего типа и объема в заготовительную систему, т.е. обратное преобразование с определенной скоростью для заданного времени. В связи с принятой терминологией процесс передачи сведений об производимом инструменте на заготовку включает пять эта-

пов: передачу сведений заготовительно-формообразующему блоку это первичное преобразование; передачу сведений формообразующему блоку также первичное преобразование; передачу сведений отделочному модулю также первичное преобразование; передачу информации на заготовку путем поэтапного воздействия заготовительно-формообразующего, формообразующего и отделочного блоков это обратное преобразование; сохранение информации. Разработка технологических процессов основывается на идентификации характеристик инструментов имеющихся в обрабатывающей системе набором технологических способов.

Процесс идентификации заключается в дифференцировании объекта на элементы затем в их сравнении или приведении в соответствие с элементами, имеющимися в памяти инженера-технолога с последующим синтезом из этих элементов цельного объекта производства. В связи с тем, что понятие элемент, включает обширную область образов, то один и тот же инструмент может быть воспроизведен в создаваемой технологической среде большим числом различных технологических способов. При этом имеющиеся способы обладают разной качественной ориентированностью, степенью универсальности, периодом реализации, наполненностью.

Обобщённая структура автоматизированной технологической системы включает выход в виде готового продукта; вход объектов для энергетического воздействия; системы обеспечения формообразующего блока инструментом и технологическими приёмами; системы обеспечения отделочного блока объектами, материалами, технологическими приёмами и технологическими средами. Анализируя вышесказанное можно утверждать, что основным техническим устройством по формированию эксплуатационных свойств рабочих частей инструментов в технологической среде и завершающим этапом производства является обработка в плазмогенераторе с заданным спектром энергетического воздействия, а в нем – системы: по формированию и подаче с определённой скоростью технологических газовых сред; по созданию энергосиловых полей; по адаптивному управлению за силовыми параметрами процесса обработки.

Создание гибких автоматизированных производств (ГАП) обеспечивает условия выживания мелких инструментальных предприятий в конкурентной борьбе на мировом рынке: это и конкуренция с предприятиями обладающими менее требовательной рабочей силой; создание продукции с низкой себестоимость, выпускаемой крупными компаниями; непрерывное усложнение и удорожание подготовки квалифицированных кадров; ужесточение требований на мировом рынке к инструментальной продукции; неуклонное расширение возможностей микропроцессорных устройств; разработка и создание искусственного интеллекта для использования на производстве.

Финансовые и интеллектуальные затраты на создание ГАП с каждым годом растут, повышая престижность и востребованность этого направления. Повышение эффективности от этих вложений можно обеспечить, осуществляя оптимизацию на всех этапах создания автоматизированной технологической среды для гибкого автоматизированного производства. Только комплексный подход, включающий разра-

ботку технологий, адаптированных для автоматизированного производства, оптимизацию состава и структуры будущей системы, а также быстродействующую и адаптирующуюся систему мониторинга и управления за ходом технологического процесса обеспечат оптимизацию затрат на создание и эксплуатацию гибкого автоматизированного инструментального производства.

Создание автоматизированной технологической среды для ГАП в инструментальном производстве подразумевает сложную систему управления с высоким быстродействием. Только строжайшее соблюдение технологической дисциплины на каждом этапе изготовления инструментов гарантирует им необходимое качество. Вследствие большой протяжённости как по времени, так и по количеству различных разнородных операций при реализации всего производственного процесса по выпуску инструментов каждый операционный и межоперационный циклы имеют важное значение для конечной цели.

При функционировании плазмогенератора предложенная система управления обеспечивает визуализацию основных технологических параметров процесса отделочной обработки плазмой тлеющего разряда на экране монитора в реальном режиме времени. Это повышает эффективность принимаемых управляющих воздействий на требующем этого технологическом переходе как при ручной, так и при автоматизированной реализации процесса отделочной обработки плазмой тлеющего разряда. Дополнение системы управления плазмогенератора тлеющего разряда функцией непрерывного нейросетевого мониторинга предоставляет более подробную информацию как для функций контроля, так и для анализа, что позволяет использовать все резервы технологий обработки плазмой тлеющего разряда в диапазонах варьирования основных технологических параметров процесса. Структурная схема автоматизированной системы мониторинга и управления технологическим процессом отделочной обработки в тлеющем разряде представлена на рис. 2.

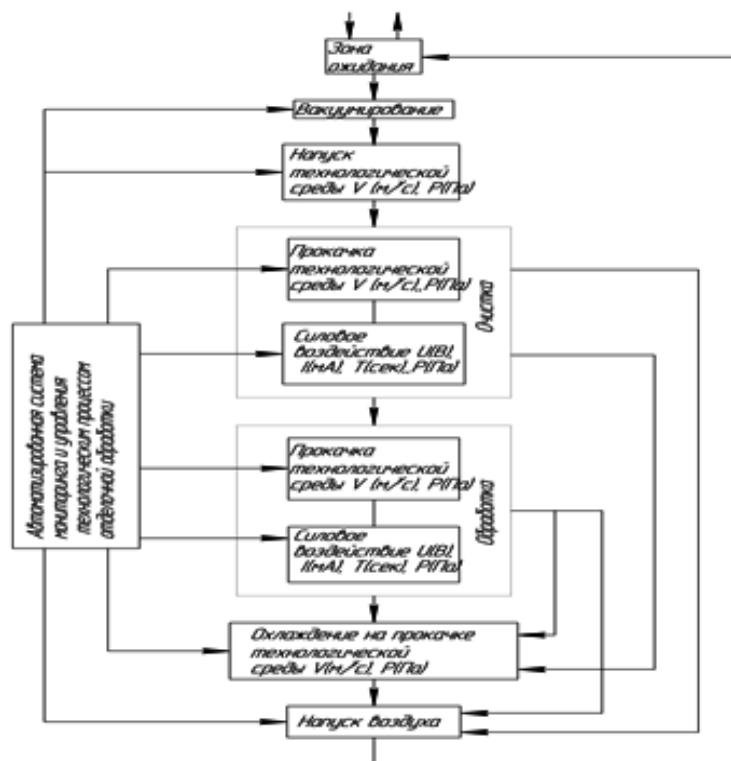


Рис. 2. Структурная схема мониторинга и управления технологическим процессом отделочной обработки при использовании плазмогенератора тлеющего разряда

Вследствие быстротечности процессов и явлений, реализуемых в плазмогенераторе тлеющего разряда обеспечить хорошую воспроизводимость качества отделочной обработки и формирование термодинамической структуры с заданными физико-механическими свойствами без системы нейросетевого мониторинга сложнее. Внедрение данной системы на автоматизированном плазмогенераторе позволяет сократить время на создание и отработку новых технологий отделочной обработки изделий при ручном управлении. Далее обработку подобных изделий уже можно проводить в автоматизированном цикле с возможностью оперативного вмешательства при отклонениях по ходу реализации процесса финишной обработки. При этом можно варьировать в широких пределах подачу и прокачку через рабочий объём

вакуумной камеры плазмогенератора с заданной скоростью технологических газовых сред соответствующего химического состава определённому режиму воздействия плазмы тлеющего разряда.

Представление технологического процесса отделочной обработки изделий воздействием плазмы тлеющего разряда с использованием модели имитирующей работу нейронно-сетевой системы с функцией непрерывного мониторинга расширяет возможности исследований, не прибегая к крупно масштабным экспериментам в производственных условиях. Этому также способствует наделение системы функцией самообучения за счет расширения объема памяти и непрерывного пополнения библиотеки новой информацией как от внешних источников, так и от многократных прогонов на модели.

Заключение

Для установления оптимальной области исследований и соответственно повышения эффективности автоматизированной системы управления качеством отделочной обработки при воздействии плазмы тлеющего разряда на протяжении всего

технологического процесса призвано использование уникальных возможностей непрерывного нейросетевого мониторинга. Для реализации всеобъемлющей аналитической модели по изучению условий протекания всех технологических переходов

при осуществлении технологического процесса отделочной обработки в плазмогенераторе тлеющего разряда потребуется значительное время и трудовые затраты с низкой долей эффективности. Таким образом, применение нейро-сетевого подхода и его уникальных функций при создании системы управления, использующей непрерывный мониторинг за основными технологическими параметрами процесса отделочной обработки, обеспечивающими заданное качество реализуемых технологических переходов, позволяет гарантировать высокую воспроизводимость при упрочнении металлообрабатывающих инструментов. В разработанной технологической системе все функции контроля и управления основываются на использовании нейросетевого подхода, что позволяет визуализировать её функционирование на мониторе на протяжении всего технологического процесса отделочной обработки в виде графической зависимости. Вследствие высокой стоимости любых автома-

тизированных устройств их не эффективное и не рациональное использование влечёт за собой значительные материальные потери, поэтому оснащение подобных устройств средствами непрерывного мониторинга для функций контроля и управления расширяет их универсальность и область решаемых задач.

При разработке автоматизированной системы управления качеством для реализации разработанных технологических процессов отделочной обработки металлообрабатывающих инструментов в плазмогенераторе тлеющего разряда отработан необходимый алгоритм её функционирования. В зависимости от материала рабочей части инструмента и условий его эксплуатации в поверхностном слое формируется необходимая термодинамическая структура с заданными физико-механическими свойствами, что гарантирует достаточную воспроизводимость для условий автоматизированной технологической среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Модификация материалов в тлеющем разряде** / И. В. Терешко, В. А. Логвин, В. М. Терешко, С. А. Шептунов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2016. – № 3. – С. 171–176.
2. **Шептунов, С. А.** Повышение производственного ресурса инструментов для автоматизированной технологической среды/ С. А. Шептунов, В. А. Логвин // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2016. – № 3. – С. 157–164.
3. **Логвин, В. А.** Изменение дислокационной структуры металлов после воздействия тлеющего разряда / В. А. Логвин, И. В. Терешко, С. А. Шептунов // Металлообработка. – 2018. – № 6. – С. 45–51.
4. **Логвин, В. А.** Использование тлеющего разряда для изменения дислокационной структуры быстрорежущей стали / В. А. Логвин, И. В. Терешко, С. А. Шептунов // Наукоёмкие технологии в машиностроении. – 2018. – № 12. – С. 21–27.
5. **Карлова, Т. В.** Системные принципы объекта управления: социологический анализ: монография / Т. В. Карлова. – Москва: Янус-К, 2004. – 220 с. - ISBN 5-8037-0249-8.
6. **Соломенцев, Ю. М.** Моделирование производственных систем в машиностроении / Ю. М. Соломенцев, В. В. Павлов. – Москва: Янус-К, 2010. – 228 с. - ISBN 978-5-8037-0489-8.
7. **Фомина, А. Э.** Система мониторинга как основа совершенствования качества производственных процессов / А. Э. Фомина, Т. В. Карлова // Инфокоммуникационные технологии. – 2018. - Том 16. - № 4. – С. 339–343. - DOI: 10.18469/ikt.2018.16.4.11
8. **Methods Dedicated to Fight Against Complex Information Security Threats on Automated Factories Systems** / T. V. Karlova, A. Y. Bekmeshov, S. A. Sheptunov, N. M. Kuznetsova // 2016 IEEE Conference on Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&MQ&IS). Proceedings. – 2016. – P. 23–27. - ISBN 978-5-94768-071-3.
9. **Karlova, T. V.** Automation of Data Defence Processes in the Corporation Information Systems / T. V. Karlova, S. A. Sheptunov, N. M. Kuznetsova // Proceedings of the 2017 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS) September, 24-30, 2017 – Proceedings Edited by S. Shaposhnikov 2017 St. Petersburg, Russia: Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI". – 2017. - P. 199–202. - ISBN 978-1-5386-0703-9.
10. **Module of the Automated Quality Control System of Production of Railway Wheels** / T. V. Karlova, E. A. Kirillova, A. Y. Bekmeshov [et al.] // Proceedings of the 2019 IEEE International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies"

(IT&QM&IS), Sochy, Russia // Proceedings Edited by S. Shaposhnikov, St. Petersburg, Russia: Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI". - 2019. - P.249-251. - ISBN 978-1-7281-2594-7.

11. **Митрофанов, В. Г.** Канал связи как модель

1. **Material modification in glow discharge** / I. V. Tereshko, V. A. Logvin, V. M. Tereshko, S. A. Sheptunov // *Bulletin of Bryansk State Technical University*. – 2016. – No.3. – pp. 171-176.
2. **Sheptunov, S. A.** Tool operation life increase for automated technological environment/ S. A. Sheptunov, V. A. Logvin // *Bulletin of Bryansk State Technical University*. – 2016. – No.3. – pp. 157-164.
3. **Logvin, V. A.** Change of metal dislocation structure after impact of glow discharge / V. A. Logvin, I. V. Tereshko, S. A. Sheptunov // *Metal Working*. – 2018. – No.6. – pp. 45-51.
4. **Logvin, V. A.** Glow discharge use for dislocation structure change in high-speed steel / V. A. Logvin, I. V. Tereshko, S.A. Sheptunov // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2018. – No.12. – pp. 21-27.
5. **Karlova, T. V.** *System Principles of Object Control: Sociological Review*: monograph / T. V. Karlova. – Moscow: Janus-K, 2004. – pp. 220. - ISBN 5-8037-0249-8.
6. **Solomentsev, Yu. M.** *Simulation of Production Systems in Mechanical Engineering* / Yu.M. Solomentsev, V. V. Pavlov. – Moscow: Janus-K, 2010. pp. 228. - ISBN 978-58037-0489-8.
7. **Fomina, A.E.** Monitoring system as basis for engineering process quality updating / A.E. Fomina, T.V. Karlova // *Info-communication Technologies*. – 2018. – Vo.16. – No.4. – pp. 339-343. - DOI: 10.18469/ikt.2018.16.4.11
8. **Methods Dedicated to Fight Against Complex**

Ссылка для цитирования:

Логвин, В.А. Автоматизация процесса управления для обеспечения качества инструментов на этапе отделочной обработки плазмой тлеющего разряда / В.А. Логвин, Т.В. Карлова // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2021. - № 8. – С. 14 - 21. DOI: 10.30987/1999-8775-2021-8-14-21.

Статья поступила в редакцию 02.04.21.
Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета
Петрешин Д.И.,
член редсовета журнала «Вестник БГТУ».
Статья принята к публикации 26.07.21.

Сведения об авторах:

Логвин Владимир Александрович, к.т.н., доцент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Белорусско-Российского университета, e-mail: logvinvladim@yandex.ru.

Logvin Vladimir Alexandrovich, Can. Sc. Tech., Assistant Prof. of the Dep. "Machine Tools and Tools", Belorussian-Russian University, e-mail: logvinvladim@yandex.ru.

производственной системы / В. Г. Митрофанов, А. В. Капитанов, Ю. А. Милкина, В. Ю. Семiletkin // Вестник МГТУ «Станкин». – 2010. - №4. - С.135-139.

1. **Information Security Threats on Automated Factories Systems** / T. V. Karlova, A. Y. Bekmeshov, S. A. Sheptunov, N. M. Kuznetsova // 2016 IEEE Conference on Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&MQ&IS). Proceedings. – 2016. – P. 23-27. - ISBN 978-5-94768-071-3.
2. **Karlova, T. V.** Automation of Data Defence Processes in the Corporation Information Systems / T. V. Karlova, S. A. Sheptunov, N. M. Kuznetsova // Proceedings of the 2017 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS) September, 24-30, 2017 – Proceedings Edited by S. Shaposhnikov 2017 St. Petersburg, Russia: Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI". – 2017. - P. 199-202. - ISBN 978-1-5386-0703-9.
3. **Module of the Automated Quality Control System of Production of Railway Wheels** / T. V. Karlova, E. A. Kirillova, A. Y. Bekmeshov [et al.] // Proceedings of the 2019 IEEE International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS), Sochy, Russia // Proceedings Edited by S. Shaposhnikov, St. Petersburg, Russia: Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI". - 2019. – P.249-251. - ISBN 978-1-7281-2594-7.
4. **Mitrofanov, V. G.** Communication channel as engineering system model / V. G. Mitrofanov, A.V. Kapitanov, Yu. A. Milkina, V. Yu. Semiletkin // *Bulletin of MSTU "Stankin"*. – 2010. – No.4. – pp. 135-139.

Карлова Татьяна Владимировна, д. соц. наук, к. т. н., профессор, вед. науч. сотрудник Института конструкторско-технологической информатики Российской академии наук, e-mail: karlova-t@yandex.ru.

Karlova Tatiana Vladimirovna, Dr. Sc. Sociol., Can. Sc. Tech., Prof., Leading Research Assistant, Institute of Design-Technological Informatics, e-mail: karlova-t@yandex.ru.