

**СОДЕРЖАНИЕ****2.5.4. РОБОТЫ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ****Ю.В. Подураев, Д.Д. Климов, А. Жохара**

Симуляция, моделирование и экспериментальное исследование экзоскелета нижних конечностей для нейрореабилитации..... 8

**А.Ю. Поливанов, Ю.В. Иванов**

Распознавание человека в системе технического зрения мобильного робота на основе метода опорных векторов ..... 17

**О.Д. Егоров, М.А. Буйнов**

Подход к проектированию исполнительного устройства робота по заданной погрешности позиционирования ..... 28

**В.С. Горовец, М.М. Абдулзагиров, О.Э. Буланов, Д.Д. Климов****Е.Д. Коришнова, О.И. Кудинова, Ю.В. Подураев**

Сервисные мобильные роботы для роботизации бизнес-процессов «умной больницы»: методический подход и анализ технико-экономической эффективности ..... 33

**Д.Д. Подколзин, С.А. Собольников**

Система планирования движений манипулятора с использованием алгоритмов на основе случайной выборки..... 41

**2.5.5. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ****А.А. Верещака, Е.С. Сотова, А.Е. Селезнев, Г.В. Оганян, К.М. Макаревич**

Сравнение механических свойств покрытий Cr-CrN, Ti-TiN, Zr-ZrN и Mo-MoN ..... 52

**Б.Я. Мокрицкий, П.А. Саблин**

Повышение периода стойкости токарных резцов при обработке заготовок из нержавеющей сталей..... 60

**Е.В. Артамонов, М.О. Чернышов, Т.Е. Костив, А.С. Штин**

Повышение работоспособности сборных сверл с твердосплавными головками на основе разработанной модели разрушения режущей части..... 66

**В.А. Яшков**

Применение сборного инструмента с радиально подвижными абразивными блоками для шлифования эллипсоидной поверхности ..... 74

<b><i>А.Р. Мирзомахмудов, А.В. Исаев</i></b>	
Повышение эффективности обработки колесных пар сборными фасонными фрезами за счет обеспечения равномерности фрезерования.....	79
<b><i>А.Н. Захарова, М.В. Жуплов, М.Г. Яковлев</i></b>	
Применение электроэрозионной обработки для формирования пазов елочного типа в дисках ГТД.....	86
<b><i>Я.И. Пимушкин, М.М. Стебулянин, М.А. Харьков</i></b>	
Сравнительный анализ подходов коррекции объёмной точности машин с портальной кинематикой .....	95

## **2.5.7. ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ**

<b><i>М.В. Шарыкин, Т.Х. Аюпов, Е.Н. Сосенушкин, Н.С. Толмачев</i></b>	
Исследование влияния формы, размера и расположения заготовки в молотовом штампе на его стойкость .....	103

## **2.3.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ**

<b><i>Е.В. Сокова, Т.Г. Гришина</i></b>	
Применение голосового ассистента в автоматизированных системах управления технической документацией предприятия .....	110
<b><i>Мое Чжо Тху, К.А. Симанженков, В.Г. Мешков, Е.А. Зорина</i></b>	
Методика определения ожидаемого расхода инструмента на основе данных за прошедший период.....	116
<b><i>Н.Н. Фокин</i></b>	
Разработка механизма взаимодействия установочных макропрограмм, циклов позиционирования, поворота плоскости и циклов обработки в системе числового программного управления.....	121
<b><i>С.В. Ванцов, О.В. Хомутская, Е.А. Лийн</i></b>	
Новые возможности автоматизации технологических процессов в приборостроении.....	129

## **СОБЫТИЯ И ДАТЫ**

<b><i>Н.В. Коробова</i></b>	
Кафедре «Системы пластического деформирования» МГТУ «СТАНКИН» – 80 лет.....	137

**CONTENTS**

**2.5.4. ROBOTS, MECHATRONICS AND ROBOTIC SYSTEMS**

*Y.V. Poduraev, D.D. Klimov, A. Johara*

Simulation, modeling and research experiment of exoskeleton lower limbs for neurorehabilitation ..... 8

*A.Y. Polivanov, Y.V. Ivanov*

Support Vector Machine based human recognition method for the computer vision system of a mobile robot ..... 17

*O.D. Egorov, M.A. Buynov*

Design approach of the robot's execution unit according to a given positioning error ..... 28

*V.S. Gorovets, M.M. Abdulzagirov, O.E. Bulanov, D.D. Klimov,*

*E.D. Korshunova, O.I. Kudinova, Y.V. Poduraev*

Service mobile robots for robotization of "smart hospital" business processes: methodological approach and analysis of technical and economic efficiency ..... 33

*D.D. Podkolzin, S.A. Sobolnikov*

Manipulator Motion Planning System based on Sampling-based Algorithms ..... 41

**2.5.5. TECHNOLOGY AND EQUIPMENT OF MECHANICAL AND PHYSICAL-TECHNICAL PROCESSING**

*A.A. Vereschaka, E.S. Sotova, A.E. Seleznev, G.V. Oganyan, K.M. Makarevich*

Comparison of mechanical properties of Cr-CrN, Ti-TiN, Zr-ZrN and Mo-MoN coatings ..... 52

*B. Ya. Mokritskii, P.A. Sablin*

Increasing the tool life of turning tools when machining stainless steel workpieces ..... 60

*E.V. Artamonov, M.O. Chernyshov, T.E. Kostiv, A.S. Shtin*

Increasing the performance of assembled drills with carbide heads on the basis of the developed model of cutting part destruction ..... 66

*V.A. Yashkov*

The use of a prefabricated tool with radially movable abrasive blocks for grinding an ellipsoid surface ..... 74

*A.R. Mirzomakhmudov, A.V. Isaev*

Increasing milling efficiency of indexable form milling cutters used for machining railway wheelsets by determination of processing uniformity ..... 79

<i>A.N. Zakharova, M.V. Juplov, M.G. Yakovlev</i> The use of electrical discharge machining for the formation of fir-free slot in disks GTE .....	86
---	----

<i>Ya.I. Pimushkin, M.M. Stebulyanin, M.A. Kharkov</i> Comparative analysis of volumetric accuracy correction approaches for machines with portal kinematics .....	95
---	----

## 2.5.7. TECHNOLOGIES AND MACHINES FOR PRESSURE PROCESSING

<i>M.V. Sharykin, T.H. Ayupov, E.N. Sosenushkin, N.S. Tolmachev</i> Research of the influence of the shape, size and location of the workpiece in the hammer die on its durability .....	103
--	-----

## 2.3.3. AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTIONS

<i>E.V. Sokova, T.G. Grishina</i> The use of voice assistant in automated management systems of technical documentation of the enterprise .....	110
---	-----

<i>Moe Kyaw Thu, K.A. Simanzhenkov, V.G. Meshkov, E.A. Zorina</i> Methodology for determining the expected tool consumption based on data for the past period .....	116
--	-----

<i>N.N. Fokin</i> Development of a mechanism for the interaction of installation macroprograms, positioning cycles, plane rotation and processing cycles in a numerical control system .....	121
--	-----

<i>S.V. Vantsov, O.V. Khomutskaya, E.A. Lijn</i> New opportunities for automation of technological processes in instrumentation .....	129
--	-----

## EVENTS AND DATES

<i>N.V. Korobova</i> The Department of “Plastic Deformation Systems” of MSUT "STANKIN" is 80 years old .....	137
--	-----

Научная статья

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_8

УДК 004.942

*Ю.В. Подураев, Д.Д. Климов, А. Жохара*

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

## СИМУЛЯЦИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКЗОСКЕЛЕТА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ДЛЯ НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИИ

### Аннотация

Эта статья исследует использование средств моделирования и операционной системы роботов (ROS) для моделирования и оценки поведения экзоскелета для нейрореабилитации нижних конечностей. Применение симуляционных подходов позволяет оптимизировать конструкцию экзоскелета, алгоритмы управления и механизмы переключения режимов для улучшения результатов нейрореабилитации. В статье обсуждаются преимущества симуляции в предоставлении виртуальной среды тестирования, которая позволяет оценить производительность экзоскелета в различных условиях без физических прототипов. Кроме того, интеграция средств моделирования и ROS обеспечивает всестороннее моделирование и оценку поведения экзоскелета. Разработка виртуальной среды для тестирования и оценки производительности экзоскелета представлена с акцентом на выбор соответствующих сценариев и критериев оценки. В статье подчеркивается значение симуляции и моделирования в развитии технологии экзоскелетов для нейрореабилитации и предлагаются потенциальные направления для будущих исследований. Симуляционные подходы предлагают возможность оптимизации конструкции экзоскелетов и облегчения принятия решений при разработке эффективных стратегий нейрореабилитации.

**Ключевые слова:** экзоскелеты, симуляция, моделирование, операционная система роботов (ROS), нейрореабилитация, виртуальная среда, алгоритмы управления, переключение режимов, оптимизация.

**Образец цитирования:** Подураев Ю.В., Климов Д.Д., Жохара А. Симуляция, моделирование и экспериментальное исследование экзоскелета нижних конечностей для нейрореабилитации // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 8–16. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_8

*Y.V. Poduraev, D.D. Klimov, A. Johara*

MSUT “STANKIN”

## SIMULATION, MODELING AND RESEARCH EXPERIMENT OF EXOSKELETON LOWER LIMBS FOR NEUROREHABILITATION

### Abstract

This article explores the utilization of simulation tools and Robot Operating System (ROS) in the modeling and evaluation of exoskeleton behavior for lower limb neurorehabilitation. By employing simulation-based approaches, exoskeleton design, control algorithms, and mode switching mechanisms can be optimized to enhance neurorehabilitation. The article discusses the benefits of simulation in providing a virtual testing environment, allowing for the assessment of exoskeleton performance under various conditions without the need for physical prototypes. Furthermore, the integration of simulation tools and ROS enables comprehensive modeling and evaluation of exoskeleton behavior. The development of a virtual environment for testing and evaluating exoskeleton performance is presented, highlighting the selection of appropriate scenarios and evaluation criteria. This article emphasizes the significance of simulation and modeling in advancing exoskeleton technology for neurorehabilitation and suggests potential future directions for research and improvement. Simulation-based approaches offer a promising avenue for optimizing exoskeleton design and facilitating evidence-based decision-making in the development of effective neurorehabilitation strategies.

**Key words:** exoskeletons, simulation, modeling, Robot Operating System (ROS), neurorehabilitation, virtual environment, control algorithms, mode switching, optimization.

**For citation:** Poduraev Y.V., Klimov D.D., Johara A. Simulation, modeling and research experiment of exoskeleton lower limbs for neurorehabilitation // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 8–16. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_8 (In Russian)

Научная статья

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_17

УДК 621.865.8:005

*А.Ю. Поливанов, Ю.В. Иванов*

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

## РАСПОЗНАВАНИЕ ЧЕЛОВЕКА В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ МЕТОДА ОПОРНЫХ ВЕКТОРОВ

### Аннотация

В статье рассматривается метод распознавания человека системой технического зрения (СТЗ) мобильного робота (МР), который отличается высокой точностью распознавания при низких вычислительных затратах. Такой метод актуален для применения в СТЗ мобильных роботов по причине ограниченных вычислительных ресурсов и энергопотребления. В результате предложен метод распознавания, основанный на классификаторе Support Vector Machine (SVM, метод опорных векторов). Данный метод использует оптимизацию значений параметров SVM-классификатора для повышения точности распознавания. В статье описывается процесс обучения SVM-классификатора, оптимизация значений его параметров, и приводятся результаты экспериментов.

**Ключевые слова:** мобильный робот, система технического зрения, распознавание человека, SVM-классификатор, оптимизация.

**Образец цитирования:** Поливанов А.Ю., Иванов Ю.В. Распознавание человека в системе технического зрения мобильного робота на основе метода опорных векторов // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 17–27. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_17

*A.Y. Polivanov, Y.V. Ivanov*

MSUT “STANKIN”

## SUPPORT VECTOR MACHINE BASED HUMAN RECOGNITION METHOD FOR THE COMPUTER VISION SYSTEM OF A MOBILE ROBOT

### Abstract

The article considers a method of human recognition by a computer vision system of a mobile robot, which is characterized by high recognition accuracy at low computational costs. This method is relevant for the use in the computer vision system of mobile robots due to limited computing resources and energy consumption. As a result, a recognition method based on a Support Vector Machine (SVM-classifier) was proposed. This method uses optimization of SVM-classifier parameter values to improve recognition accuracy. The article describes the process of training the SVM-classifier, optimization of the values of its parameters, and presents the results of experiments.

**Keywords:** mobile robot, computer vision system, human recognition, SVM-classifier, optimization.

**For citation:** Polivanov A. Y., Ivanov Y. V. [Support Vector Machine based human recognition method for the computer vision system of a mobile robot] // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 17–27. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_17 (In Russian)

Научная статья

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_28

УДК 621.865.8.001.63

**О.Д. Егоров<sup>1</sup>, М.А. Буйнов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

<sup>2</sup> ООО «Мегмит Велдинг»

## ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА РОБОТА ПО ЗАДАННОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

### Аннотация

Рассмотрена методика разделения заданной погрешности позиционирования рабочего органа исполнительного устройства робота между его мехатронными модулями – приводами степеней подвижности. При этом погрешность каждого модуля должна быть меньше расчётной, а общая погрешность, приведённая к рабочему органу, – меньше заданной.

**Ключевые слова:** погрешность, робот, мехатронный модуль, степень подвижности, рабочий орган, обобщённая координата, матрица, вектор.

**Образец цитирования:** Егоров О.Д., Буйнов М.А. Подход к проектированию исполнительного устройства робота по заданной погрешности позиционирования // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 28–32. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_28

**О.Д. Egorov<sup>1</sup>, М.А. Buynov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> MSUT “STANKIN”

<sup>2</sup> Megmit Welding Technology Co

## DESIGN APPROACH OF THE ROBOT’S EXECUTION UNIT ACCORDING TO A GIVEN POSITIONING ERROR

### Abstract

The methods of dividing the given positioning error of the robot’s execution unit effector between its mechatronic modules – drives motion freedom. In this case, the error of each module must be less than the calculated one, and the total error reduced to end-of-arm tooling must be less than the specified one.

**Keywords:** error, robot, mechatronic module, motion freedom, end-of-arm tooling, generalized coordinate, matrix, vector.

**For citation:** Egorov O.D., Buynov M.A. [Design approach of the robot’s execution unit according to a given positioning error] // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 28–32. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_28 (In Russian)



Научная статья

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_33

УДК 004.942

**В.С. Горовец<sup>1</sup>, М.М. Абдулзагиров<sup>2</sup>, О.Э. Буланов<sup>2</sup>, Д.Д. Климов<sup>3</sup>,  
Е.Д. Коршунова<sup>3</sup>, О.И. Кудинова<sup>4</sup>, Ю.В. Подураев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> НИИ «Технобиомед» ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова

<sup>2</sup> АО «Квантум Системс»

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

<sup>4</sup> ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова

## СЕРВИСНЫЕ МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ ДЛЯ РОБОТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ «УМНОЙ БОЛЬНИЦЫ»: МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД И АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

### Аннотация

В статье приводится описание методики и результатов технико-экономического анализа внедрения робототехнических цифровых технологий с помощью сервисных мобильных роботов в систему управления ресурсами клиники при осуществлении вспомогательных бизнес-процессов для эффективной организации её деятельности. В основу положены принципы организации так называемой «умной» больницы.

**Ключевые слова:** умная больница, бизнес-процессы, сервисные мобильные роботы, автономный мобильный робот, роботизация, технико-экономическая эффективность роботизации.

**Образец цитирования:** Горовец В.С., Абдулзагиров М.М., Буланов О.Э., Климов Д.Д., Коршунова Е.Д., Кудинова О.И., Подураев Ю.В. Сервисные мобильные роботы для роботизации бизнес-процессов «умной больницы»: методический подход и анализ технико-экономической эффективности // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 33–40. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_33

**V.S. Gorovets<sup>1</sup>, M.M. Abdulzagirov<sup>2</sup>, O.E. Bulanov<sup>2</sup>, D.D. Klimov<sup>3</sup>,  
E.D. Korshunova<sup>3</sup>, O.I. Kudinova<sup>4</sup>, Y.V. Poduraev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Research Institute «Technobiomed» FSBEI HE A.I. Yevdokimov MSMSU

<sup>2</sup> Joint-stock company «Quantum Systems»

<sup>3</sup> MSUT «STANKIN».

<sup>4</sup> FSBEI HE A.I. Yevdokimov MSMSU

## SERVICE MOBILE ROBOTS FOR ROBOTIZATION OF “SMART HOSPITAL” BUSINESS PROCESSES: METHODOLOGICAL APPROACH AND ANALYSIS OF TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY

### Abstract

The article provides a description of the methodology and results of a feasibility study of the introduction of robotic digital technologies using service mobile robots into the resource management system of the clinic in the implementation of auxiliary business processes for the effective organization of its activities. It is based on the principles of organizing the so-called “smart” hospital.

**Keywords:** smart hospital, business processes, service mobile robots, autonomous mobile robot, robotization, robotization efficiency.

**For citation:** Gorovets V.S., Abdulzagirov M.M., Bulanov O.E., Klimov D.D., Korshunova E.D., Kudinova O.I., Poduraev Y.V. [Service mobile robots for robotization of “smart hospital” business processes: methodological approach and analysis of technical and economic efficiency] // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 33–40. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_33 (In Russian)

*Научная статья*

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_41

УДК 621.865.8

**Д.Д. Подколзин, С.А. Собольников**

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

## СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЙ МАНИПУЛЯТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ НА ОСНОВЕ СЛУЧАЙНОЙ ВЫБОРКИ

### Аннотация

В статье представлены результаты разработки системы планирования движения манипулятора с шестью степенями подвижности с использованием алгоритмов на основе случайной выборки, которые решают задачу перемещения из некоторой начальной точки в целевую, соблюдая ограничения на движение манипулятора и учитывая конструктивные элементы мобильного робота. В ходе исследования проведен сравнительный анализ алгоритмов планирования на основе случайной выборки: метод вероятностной дорожной карты (PRM) и древовидные алгоритмы планирования движения (RRT), EST, RRT, RRT\*, RRTConnect. Основной идеей алгоритмов является случайный выбор свободных точек рабочей области для построения карты возможных маршрутов движения манипулятора. Разработано программно-аппаратное обеспечение системы планирования движения для манипулятора мобильного робототехнического комплекса, позволяющее провести компьютерное моделирование и экспериментальные исследования. Результаты исследований подтверждают эффективность применения алгоритмов на основе случайной выборки для планирования движения манипулятора в робототехнических системах, где необходима высокая степень автономности и быстрота реакции на изменения окружающей среды.

**Ключевые слова:** манипулятор, планирование движения, алгоритмы, основанные на случайной выборке.

**Образец цитирования:** Подколзин Д.Д., Собольников С.А. Система планирования движений манипулятора с использованием алгоритмов на основе случайной выборки // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 41–51. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_41

**D.D. Podkolzin, S.A. Sobolnikov**

MSUT “STANKIN”

## MANIPULATOR MOTION PLANNING SYSTEM BASED ON SAMPLING-BASED ALGORITHMS

### Abstract

This article presents the results of developing a motion planning system for a manipulator with six degrees of freedom using random sampling-based algorithms that solve the task of moving from a certain starting point to a target while observing the constraints on the manipulator's motion and taking into account the structural elements of the mobile robot. A comparative analysis of random sampling-based planning algorithms was conducted during the study: the Probabilistic Roadmap Method (PRM) and tree-based motion planning algorithms (RRT), EST, RRT, RRT\*, RRTConnect. The main idea of the algorithms is the random selection of free points in the working area to construct a map of possible manipulator movement routes. Software and hardware for the motion planning system for the manipulator of a mobile robotic complex have been developed, allowing computer simulation and experimental research. The research results confirm the effectiveness of applying random sampling-based algorithms for manipulator motion planning in robotic systems, where a high degree of autonomy and quick response to changes in the environment are required.

**Keywords:** manipulator, motion planning, stochastic sampling-based algorithms.

**For citation:** Podkolzin D.D., Sobolnikov S.A. [Manipulator Motion Planning System based on Sampling-based Algorithms] // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 41–51. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_41 (In Russian)

Научная статья

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_52

УДК 67.02

*А.А. Верещака<sup>1</sup>, Е.С. Сотова<sup>1</sup>, А.Е. Селезнев<sup>1</sup>, Г.В. Оганян<sup>1</sup>, К.М. Макаревич<sup>2</sup>*<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»<sup>2</sup> РТУ МИРЭА**СРАВНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ CR-CRN, TI-TiN, ZR-ZrN И MO-MON****Аннотация**

Сравниваются механические свойства покрытий Cr-CrN, Ti-TiN, Zr-ZrN и Mo-MoN, осажденных на субстрат из титанового сплава Ti-6Al-4V. Определен фазовый состав, твердость, стойкость к разрушению при скретч-тесте, а также исследованы структурные особенности покрытий (с использованием СЭМ и ПЭМ). Величина адгезионной составляющей коэффициента трения  $f_{adh}$  пары «титановый сплав с покрытием / без покрытия» определена в диапазоне температур 20–900 °С. Установлено, что при температурах менее 400 °С наименьшим значением  $f_{adh}$  обладает образец с покрытием Zr-ZrN, а при температурах выше 700 °С – образец с покрытием Mo-MoN.

**Ключевые слова:** нитридные покрытия, трибологические свойства, титановый сплав, твердость.

**Образец цитирования:** Верещака А.А., Сотова Е.С., Селезнев А.Е., Оганян Г.В., Макаревич К.М. Сравнение механических свойств покрытий Cr-CrN, Ti-TiN, Zr-ZrN и Mo-MoN // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 52–59. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_52

*A.A. Vereschaka<sup>1</sup>, E.S. Sotova<sup>1</sup>, A.E. Seleznev<sup>1</sup>, G.V. Oganyan<sup>1</sup>, K.M. Makarevich<sup>2</sup>*<sup>1</sup> MSUT “STANKIN”<sup>2</sup> RTU MIREA**COMPARISON OF MECHANICAL PROPERTIES OF CR-CRN, TI-TiN, ZR-ZrN AND MO-MON COATINGS****Abstract**

The mechanical properties of Cr-CrN, Ti-TiN, Zr-ZrN and Mo-MoN coatings deposited on a titanium alloy substrate (Ti-6Al-4V) are compared. The phase composition, hardness, and resistance to fracture during the scratch test were determined, and the structural features of the coatings (using SEM and PEM) were investigated. The value of the adhesive component of the friction coefficient  $f_{adh}$  of the “coated / uncoated titanium alloy” pair is determined in the temperature range of 20 – 900 °C. It was found that at temperatures less than 400 °C, the sample with a Zr-ZrN coating has the lowest  $f_{adh}$  value, and at temperatures above 700 °C, the sample with a Mo-MoN coating has the lowest  $f_{adh}$  value.

**Keywords:** nitride coatings, tribological properties, titanium alloy, hardness.

**For citation:** Vereschaka A.A., Sotova E.S., Seleznev A.E., Oganyan G.V., Makarevich K.M. [Vereschaka A.A., Sotova E.S., Seleznev A.E., Oganyan G.V., Makarevich K.M.] // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 52–59. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_52 (In Russian)

Научная статья

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_60

УДК 621.9

**Б.Я. Мокрицкий, П.А. Саблин**

ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

## ПОВЫШЕНИЕ ПЕРИОДА СТОЙКОСТИ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК ИЗ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

### Аннотация

Изложены результаты разработки новых покрытий для инструментального твёрдого сплава марки ВК8. Обеспечено повышение периода стойкости токарных резцов при наружном точении труднообрабатываемых нержавеющей сталей. Выявлены 10 наиболее рациональных инструментальных материалов, даны рекомендации по параметрам режима резания.

**Ключевые слова:** токарные резцы, заготовки из труднообрабатываемых нержавеющей сталей, покрытия для твёрдого сплава ВК8, повышение периода стойкости резцов, параметры режима резания.

**Образец цитирования:** Мокрицкий Б.Я., Саблин П.А. Повышение периода стойкости токарных резцов при обработке заготовок из нержавеющей сталей // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 60–65. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_60

***B. Ya. Mokritskii, P. A. Sablin***

Komsomolsk-on-Amur State University

## INCREASING THE TOOL LIFE OF TURNING TOOLS WHEN MACHINING STAINLESS STEEL WORKPIECES

### Abstract

The results of the development of new coatings for VK8 grade tool carbide are presented. An increase in the tool life of turning tools for external turning of hard-to-machine stainless steels has been provided. The 10 most rational tool materials have been identified, and recommendations have been given on the parameters of the cutting mode.

**Keywords:** turning tools, blanks made of hard-to-cut stainless steels, coatings for BK8 hard alloy, increasing tool life, cutting mode parameters.

**For citation:** Mokritskii B. Ya., Sablin P. A. [Increasing the tool life of turning tools when machining stainless steel workpieces] // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 60–65. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_60 (In Russian)

---

Научная статья

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_66

УДК 621.9.025.7

*Е.В. Артамонов, М.О. Чернышов, Т.Е. Костив, А.С. Штин*

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

## ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СБОРНЫХ СВЕРЛ С ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ ГОЛОВКАМИ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННОЙ МОДЕЛИ РАЗРУШЕНИЯ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ

### Аннотация

В статье показана разработанная модель разрушения и прочности сменной режущей твердосплавной головки сборных сверл с определением областей предельных поверхностей их разрушения: хрупкое, хрупко-пластичное, пластическое и критическая текучесть кобальтовой связки. Выявлена степень влияния конструктивных параметров режущих твердосплавных головок на распределение в них напряжений и деформаций. Также представлены конструкции разработанных режущих головок повышенной прочности и запатентованного сборного сверла повышенной работоспособности.

**Ключевые слова:** разрушение, прочность, расчет напряжений, сборные сверла, режущие твердосплавные элементы.

**Образец цитирования:** Артамонов Е.В., Чернышов М.О., Костив Т.Е., Штин А.С. Повышение работоспособности сборных сверл с твердосплавными головками на основе разработанной модели разрушения режущей части // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 66–73. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_66

*E.V. Artamonov, M.O. Chernyshov, T.E. Kostiv, A.S. Shtin*

Tyumen Industrial University

## INCREASING THE PERFORMANCE OF ASSEMBLED DRILLS WITH CARBIDE HEADS ON THE BASIS OF THE DEVELOPED MODEL OF CUTTING PART DESTRUCTION

### Abstract

The article shows the developed model of destruction and strength of a replaceable cutting carbide head of prefabricated drills with the definition of the areas of limiting surfaces of their destruction: brittle, brittle-plastic, plastic and critical fluidity of a cobalt bond. The degree of influence of the design parameters of cutting carbide heads on the distribution of stresses and strains in them is revealed. Also presented are the designs of the developed cutting heads of high strength and the patented prefabricated drill of increased efficiency.

**Keywords:** fracture, strength, stress calculation, prefabricated drills, cutting carbide elements.

**For citation:** Artamonov E.V., Chernyshov M.O., Kostiv T.E., Shtin A.S. [Increasing the performance of assembled drills with carbide heads on the basis of the developed model of cutting part destruction] // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 66–73. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_66 (In Russian)

*Научная статья*

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_74

УДК 621.92

**В.А. Яшков**

Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

## ПРИМЕНЕНИЕ СБОРНОГО ИНСТРУМЕНТА С РАДИАЛЬНО ПОДВИЖНЫМИ АБРАЗИВНЫМИ БЛОКАМИ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ ЭЛЛИпсоИДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

### Аннотация

В статье рассмотрена возможность применения сборного абразивного инструмента для шлифования нецилиндрических поверхностей на примере финишной обработки корпуса пластинчатого насоса двукратного действия, имеющего эллипсоидную форму. Пластинчатый насос позволяет перекачивать жидкости кашицеобразного типа с твердыми частицами и имеет высокую мощность всасывания, однако изготовление корпуса насоса усложнено из-за эллипсоидной формы, что приводит к применению сложной оснастки и снижению режимов резания для предотвращения температурных дефектов поверхностного слоя обрабатываемых поверхностей. Применение сборного шлифовального инструмента позволяет решить несколько технологических проблем: отказаться от кинематически сложных приспособлений; обеспечить подачу СОТС в зону обработки; более полно использовать абразивный материал. Абразивные блоки прижимаются к обрабатываемой поверхности под действием центробежных сил, что обеспечивает сохранение предварительно полученной эллипсоидной формы корпуса насоса.

**Ключевые слова:** внутреннее шлифование не цилиндрических поверхностей, сборный абразивный круг с радиально подвижными сегментами.

**Образец цитирования:** Яшков В.А. Применение сборного инструмента с радиально подвижными абразивными блоками для шлифования эллипсоидной поверхности // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 74–78. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_74

**V.A. Yashkov**

Murom Institute (branch) of the Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov

## THE USE OF A PREFABRICATED TOOL WITH RADIALY MOVABLE ABRASIVE BLOCKS FOR GRINDING AN ELLIPSOID SURFACE

### Abstract

The article considers the possibility of using a prefabricated abrasive tool for grinding non-cylindrical surfaces on the example of finishing the casing of a double-acting plate pump having an ellipsoid shape. The plate pump allows pumping slurry-type liquids with solid particles and has a high suction power; however, the manufacture of the pump housing is complicated due to the ellipsoid shape, which leads to the use of complex tooling and reduced cutting modes to prevent temperature defects of the surface layer of the surfaces being treated. The use of a prefabricated grinding tool allows you to solve several technological problems: to abandon kinematically complex devices; to ensure the supply of STS to the processing zone; to use abrasive material more fully. The abrasive blocks are pressed against the treated surface under the action of centrifugal forces, which ensures the preservation of the previously obtained ellipsoid shape of the pump housing.

**Keywords:** internal grinding of cylindrical surfaces, a prefabricated abrasive wheel with radially movable segments.

**For citation:** Yashkov V.A. [The use of a prefabricated tool with radially movable abrasive blocks for grinding an ellipsoid surface] // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 74–78. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_74 (In Russian)

Научная статья

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_79

УДК 621.9.025.7

*А.Р. Мирзомахмудов, А.В. Исаев*

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ КОЛЕСНЫХ ПАР СБОРНЫМИ ФАСОННЫМИ ФРЕЗАМИ ЗА СЧЕТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

### Аннотация

В статье приведен разработанный алгоритм расчета и рекомендации по достижению равномерности фрезерования при использовании сборных фасонных фрез со сменными многогранными пластинами для обработки деталей железнодорожной отрасли.

**Ключевые слова:** равномерность фрезерования, сборные фасонные фрезы, проектирование режущего инструмента, восстановление колесных пар.

**Образец цитирования:** Мирзомахмудов А.Р., Исаев А.В. Повышение эффективности обработки колесных пар сборными фасонными фрезами за счет обеспечения равномерности фрезерования // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 79–85. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_79

*A.R. Mirzomakhmudov, A.V. Isaev*

MSUT “STANKIN”

## INCREASING MILLING EFFICIENCY OF INDEXABLE FORM MILLING CUTTERS USED FOR MACHINING RAILWAY WHEELSETS BY DETERMINATION OF PROCESSING UNIFORMITY

### Abstract

In present paper, the developed procedure for calculating the milling process uniformity and recommendations for achieving the desired processing uniformity when using special indexable form milling for machining railway components are described.

**Keywords:** milling process uniformity, indexable form milling cutters, design of cutting tools, railway wheelsets repair.

**For citation:** Mirzomakhmudov A.R., Isaev A.V. [Increasing milling efficiency of indexable form milling cutters used for machining railway wheelsets by determination of processing uniformity] // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 79–85. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_79 (In Russian)

Научная статья

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_86

УДК 621.9.048.4

*А.Н. Захарова<sup>1</sup>, М.В. Жуплов<sup>2</sup>, М.Г. Яковлев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

<sup>2</sup> АО «ОДК» «НИИД»

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПАЗОВ ЕЛОЧНОГО ТИПА В ДИСКАХ ГТД

### Аннотация

Объект исследований – технология электроэрозионной вырезки пазов елочного типа в диске турбины. Методология работы строится на эмпирических исследованиях при вырезке (формировании) пазов методом электроэрозионной обработки (ЭЭО) в опытных дисках турбины газотурбинных двигателях (ГТД).

Основные результаты: отработана технология вырезки пазов елочного типа на опытных дисках турбины из материала ВВ751П, обеспечивающая заданные точность по конструкторской документации (КД) и глубину оплавленного (измененного) слоя в обработанной поверхности менее 3 мкм; обработаны пазы елочного типа в 2-х опытных дисках нового изделия для проведения его испытаний.

**Ключевые слова:** авиадвигателестроение, газотурбинный двигатель (ГТД), лопатки турбины, турбина высокого давления (ТВД), пазы елочного типа, электроэрозионная обработка, шероховатость поверхности, остаточные напряжения.

**Образец цитирования:** Захарова А.Н., Жуплов М.В., Яковлев М.Г. Применение электроэрозионной обработки для формирования пазов елочного типа в дисках ГТД // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 86–94. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_86

*A.N. Zakharova, M.V. Juplov, M.G. Yakovlev*

## THE USE OF ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING FOR THE FORMATION OF FIR-FREE SLOT IN DISKS GTE

<sup>1</sup> MSUT “STANKIN”

<sup>2</sup> “UEC” “NIID”

### Abstract

Research object is technology of electrical discharge cutting of fir-free type slot in turbine disk. The work methodology is based on empirical research in cutting (shaping) slots by electrical discharge machining (EDM) in gas turbine test disks of gas turbine engines (GTE).

Main results: the technology of cutting fir-free slots on the turbine test discs from VV751P material has been worked out, which provides the specified accuracy according to the design documentation (DD) and the depth of the melted (changed) layer in the treated surface is less than 3 mkm; fir-free slots were treated in 2 test discs of the new product for its testing.

**Keywords:** aircraft engine building, gas turbine engine (GTE), turbine blades, turbine disks, fir-free slot, electrical discharge machining, surface roughness, residual stresses.

**For citation:** Zakharova A.N., Juplov M.V., Yakovlev M.G. [The use of electrical discharge machining for the formation of fir-free slot in disks GTE] // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 86–94. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_86 (In Russian)



Научная статья

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_95

УДК 621.9.08

*Я.И. Пимушкин, М.М. Стебулянин, М.А. Харьков*

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОДХОДОВ КОРРЕКЦИИ ОБЪЁМНОЙ ТОЧНОСТИ МАШИН С ПОРТАЛЬНОЙ КИНЕМАТИКОЙ

### Аннотация

В статье проводится сравнительный анализ подходов к задаче коррекции объёмной точности машин с портальной кинематикой. Физическая система осей движения, реализуемого исполнительными приводами машины, рассматривается при учете первых приближений её реальной геометрии в условиях систематических погрешностей.

**Ключевые слова:** объёмная точность, лазерный трекер, портальная система, матрица калибровки, направляющие косинусы, тангенциальный вектор.

**Образец цитирования:** Пимушкин Я.И., Стебулянин М.М., Харьков М.А. Сравнительный анализ подходов коррекции объёмной точности машин с портальной кинематикой // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 95–102. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_95

*Ya.I. Pimushkin, M.M. Stebulyanin, M.A. Kharkov*

MSUT “STANKIN”

## COMPARATIVE ANALYSIS OF VOLUMETRIC ACCURACY CORRECTION APPROACHES FOR MACHINES WITH PORTAL KINEMATICS

### Abstract

In the paper a comparative analysis of approaches to the problem of volumetric accuracy correction of machines with gantry kinematics is carried out. The physical system of axes of motion realised by the actuators of the machine is considered while taking into account first approximations of its real geometry under conditions of systematic errors.

**Keywords:** volumetric accuracy, laser tracker, gantry system, calibration matrix, cosine guides, tangential vector.

**For citation:** Pimushkin Ya.I., Stebulyanin M.M., Kharkov M.A. [Comparative analysis of volumetric accuracy correction approaches for machines with portal kinematics] // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 95–102. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_95 (In Russian)

Научная статья

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_103

УДК 621.73.073

*М.В. Шарькин<sup>1</sup>, Т.Х. Аюпов<sup>2</sup>, Е.Н. Сосенушкин<sup>1</sup>, Н.С. Толмачев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

<sup>2</sup> АО «Московский машиностроительный завод «АВАНГАРД» концерна «Алмаз-Антей»

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ, РАЗМЕРА И РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗАГОТОВКИ В МОЛОТОВОМ ШТАМПЕ НА ЕГО СТОЙКОСТЬ

### Аннотация

В статье представлено исследование влияния формы и расположения заготовки из стали марки 13X11N2B2MF-Ш в молотовом штампе на его стойкость. Приведены результаты компьютерного моделирования течения металла во всем объеме заготовки в различные моменты деформирования, что позволяет наиболее точно оценить положение и размеры участка износа, и степень этого износа.

**Ключевые слова:** металлообработка, штамповка, моделирование, деформирование.

**Образец цитирования:** Шарькин М.В., Аюпов Т.Х., Сосенушкин Е.Н., Толмачев Н.С. Исследование влияния формы, размера и расположения заготовки в молотовом штампе на его стойкость // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 103–109. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_103

*M.V. Sharykin<sup>1</sup>, T.H. Ayupov<sup>2</sup>, E.N. Sosenushkin<sup>1</sup>, N.S. Tolmachev<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> MSUT “STANKIN”

<sup>2</sup> Machine-Building Plant “AVANGARD” of the concern “Almaz-Antey”

## RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE SHAPE, SIZE AND LOCATION OF THE WORKPIECE IN THE HAMMER DIE ON ITS DURABILITY

### Abstract

The article presents a study of the influence of the shape and location of a workpiece made of steel grade 13Kh11N2V2MF-Sh in a hammer die on its durability. The results of computer simulation of the metal flow in the entire volume of the workpiece at various moments of deformation are presented, which makes it possible to most accurately assess the position and dimensions of the wear area, and the degree of this wear.

**Keywords:** metalworking, stamping, modeling, deform.

**For citation:** Sharykin M.V., Ayupov T.H., Sosenushkin E.N., Tolmachev N.S. [Research of the influence of the shape, size and location of the workpiece in the hammer die on its durability] // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 103–109. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_103 (In Russian)

Научная статья

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_110

УДК 658.5

*Е.В. Сокова, Т.Г. Гришина*

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

## ПРИМЕНЕНИЕ ГОЛОСОВОГО АССИСТЕНТА В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

### Аннотация

В статье рассматривается преимущество использования голосового ассистента для работы с технической документацией в единой информационной среде (ЕИС), как средство использования опережающих технологий проектирования с целью создания изделий, имеющих уникальные свойства по сравнению с аналогами. Также описаны различные функции и возможности, которые голосовой ассистент может предоставить, включая голосовое распознавание, синтез речи и контекстную обработку команд.

**Ключевые слова:** автоматизация, системы управления, голосовой ассистент, цифровой подход, цифровая трансформация.

**Образец цитирования:** Сокова Е.В., Гришина Т.Г. Применение голосового ассистента в автоматизированных системах управления технической документацией предприятия // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 110–115. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_110

*E.V. Sokova, T.G. Grishina*

MSUT «STANKIN»

## THE USE OF VOICE ASSISTANT IN AUTOMATED MANAGEMENT SYSTEMS OF TECHNICAL DOCUMENTATION OF THE ENTERPRISE

### Abstract

The advantage of using a voice assistant to work with technical documentation in a Common Data Environment (CDE) is considered as a means of using advanced design technologies to create products with unique properties compared to their counterparts. There are also various functions and capabilities that the voice assistant can provide, including voice recognition, speech synthesis and contextual command processing.

**Keywords:** automation, control systems, voice assistant, digital approach, digital transformation.

**For citation:** Sokova E.V., Grishina T.G. [The use of voice assistant in automated management systems of technical documentation of the enterprise] // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 110–115. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_110 (In Russian)

Научная статья

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_116

УДК 621.9.025

*Мое Чжо Тху<sup>1</sup>, К.А. Симанженков<sup>1</sup>, В.Г. Мешков<sup>1</sup>, Е.А. Зорина<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

<sup>2</sup> ФГУП «ВНИИ «Центр»

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОЖИДАЕМОГО РАСХОДА ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЗА ПРОШЕДШИЙ ПЕРИОД

### Аннотация

Рассматривается подсистема прогнозирования расхода режущего инструмента для станков с ЧПУ в рамках общей автоматизированной системы управления режущим инструментом. Изложена методика и алгоритмы определения количества инструмента.

**Ключевые слова:** инструмент, прогнозирование расхода, методика прогнозирования, алгоритм расхода, диаграмма расхода во времени.

**Образец цитирования:** Мое Чжо Тху, Симанженков К.А., Мешков В.Г., Зорина Е.А. Методика определения ожидаемого расхода инструмента на основе данных за прошедший период // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 116–120. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_116

*Moe Kyaw Thu<sup>1</sup>, K.A. Simanzhenkov<sup>1</sup>, V.G. Meshkov<sup>1</sup>, E.A. Zorina<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> MSUT “STANKIN”

<sup>2</sup> Federal state unitary enterprise “All-Russia scientific and research institute “Center”

## METHODOLOGY FOR DETERMINING THE EXPECTED TOOL CONSUMPTION BASED ON DATA FOR THE PAST PERIOD

### Abstract

The subsystem of forecasting the cutting tool consumption for CNC machines is considered within the framework of a general automated cutting tool control system. The methodology and algorithms for determining the number of tools are described.

**Keywords:** tool, flow forecasting, forecasting methodology, flow algorithm, flow diagram over time.

**For citation:** Moe Kyaw Thu, Simanzhenkov K.A., Meshkov V.G., Zorina E.A. [Methodology for determining the expected tool consumption based on data for the past period] // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 116–120. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_116 (In Russian)

Научная статья

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_121

УДК 621.735.016.2

**Н.Н. Фокин**

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

## РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УСТАНОВОЧНЫХ МАКРОПРОГРАММ, ЦИКЛОВ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ, ПОВОРОТА ПЛОСКОСТИ И ЦИКЛОВ ОБРАБОТКИ В СИСТЕМЕ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

### Аннотация

Изложен способ разработки механизма взаимодействия установочных макропрограмм, цикла поворота плоскости и циклов позиционирования с циклами фрезерования стандартных элементов на вертикально-фрезерном станке с системой ЧПУ АксиОМА Контрол, имеющем специализированный поворотный механизм для позиционирования инструмента по вектору нормали к обрабатываемой плоскости. Разработана методика пересчета значений координат на наклонной плоскости в координаты системы координат станка.

**Ключевые слова:** поворот плоскости, система координат, программная реализация.

**Образец цитирования:** Фокин Н.Н. Разработка механизма взаимодействия установочных макропрограмм, циклов позиционирования, поворота плоскости и циклов обработки в системе числового программного управления // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 121–128. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_121

**N.N. Fokin**

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

## DEVELOPMENT OF A MECHANISM FOR THE INTERACTION OF INSTALLATION MACROPROGRAMS, POSITIONING CYCLES, PLANE ROTATION AND PROCESSING CYCLES IN A NUMERICAL CONTROL SYSTEM

### Abstract

A method for developing a mechanism for the interaction of setting macro programs, a plane rotation cycle and positioning cycles with milling cycles of standard elements on a vertical milling machine with the AxiOMA Control CNC system, which has a specialized rotary mechanism for positioning the tool along the normal vector to the machined plane, is described. A technique has been developed for converting the values of coordinates on an inclined plane into the coordinates of the machine coordinate system.

**Keywords:** plane rotation, coordinate system, software implementation.

**For citation:** Fokin N.N. Development of a mechanism for the interaction of installation macroprograms, positioning cycles, plane rotation and processing cycles in a numerical control system // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 121–128. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_121 (In Russian)

Научная статья

DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_129

УДК 658.512.2

**С.В. Ванцов, О.В. Хомутская, Е.А. Лийн**

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

## НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

### Аннотация

Современные средства контроля и обработки сигналов о технологических параметрах и режимах позволяют осуществить переход от получения позиционных данных о положении рабочих органов основного и вспомогательного производственного оборудования к оценке временных данных о состоянии технологического процесса в целом. Использование цифровой обработки контрольных сигналов позволяет осуществлять слежение за состоянием быстропротекающих технологических процессов, характерных для большинства областей приборостроительного производства. В статье приведены общие подходы к автоматизированному управлению состоянием технологических процессов и примеры реализации таких подходов на примере операций получения отверстий в печатных платах.

**Ключевые слова:** состояние объекта управления, управляемость системы, контроль параметров и режимов технологического процесса, квази-детерминированные процессы, печатные платы.

**Образец цитирования:** Ванцов С.В., Хомутская О.В., Лийн Е.А. Новые возможности автоматизации технологических процессов в приборостроении // Вестник МГТУ «Станкин». – 2023. – № 3 (66). – С. 129–136. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_129

**S.V. Vantsov, O.V. Khomutskaya, E.A. Lijn**

Moscow Aviation Institute (National Research University)

## NEW OPPORTUNITIES FOR AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN INSTRUMENTATION

### Abstract

Modern means of monitoring and processing signals about technological parameters and modes make it possible to move from obtaining positional data on the position of the working bodies of the main and auxiliary production equipment to assessing temporary data on the state of the technological process as a whole. The use of digital processing of control signals makes it possible to monitor the state of fast technological processes that are typical for most areas of instrument-making production. The article presents general approaches to automated control of the state of technological processes and examples of the implementation of such approaches on the example of operations for obtaining holes in printed circuit boards.

**Keywords:** control object state, system management, control of parameters and modes of the technological process, quasi-deterministic processes, printed circuit boards.

**For citation:** Vantsov S.V., Khomutskaya O.V., Lijn E.A. [New opportunities for automation of technological processes in instrumentation] // Vestnik MSUT “Stankin”. – 2023. – No 3 (66). – P. 129–136. – DOI 10.47617/2072-3172\_2023\_3\_129 (In Russian)