

**Содержание научно-практического журнала
«Интеллектуальные системы в производстве», том 15, № 3, 2017**

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ
И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ**

УДК 519.876.2, 531.383, 534-16, 53.084

DOI 10.22213/2410-9304-2017-3-4-17

М. Л. Арсланова, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*M. L. Arslanova*, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

Г. А. Трутнев, соискатель, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*G. A. Trutnev*, PhD Applicant, Kalashnikov ISTU)

Основы моделирования резонатора твердотельного волнового гироскопа (Basics of Simulation Solid-state Wave Gyroscope Resonator)

Рассматривается основной элемент твердотельного волнового гироскопа – кварцевый резонатор. Обсуждаются вопросы изучения резонатора твердотельного волнового гироскопа с помощью конечно-элементного моделирования в программе Ansys. Описываются этапы подготовки модели с помощью стандартных средств программы: Engineering Data, Design Modeler, Modal. Приводится простая конструкция резонатора в виде полусферы на ножке. Рассматриваются факторы, влияющие на расчетные значения резонансных частот. Приводятся параметры резонатора, использованные при моделировании. Приводятся основные результаты расчетов: резонансные частоты и соответствующие им моды колебаний. Изучаются вопросы точности расчетов, приводится зависимость расчетных значений от количества элементов в разбиении резонатора на конечные элементы. Точность расчетов оценивается по отклонению частот для мод одной формы – для идеальной осесимметричной оболочки одной частоте соответствует две моды. Приводятся результаты измерений резонансных частот экспериментальных образцов, конструкция которых совпадает с конструкцией модели. Анализируются экспериментальные значения. Сравняются расчетные и экспериментальные значения, объясняется их различие. Анализируются факторы, влияющие на значение резонансной частоты второй формы колебаний резонатора. Даются оценки точности и адекватности модели, полученной в Ansys.

The basic element of the Solid-state Wave Gyroscope – the quartz resonator is considered. Issues of a study of the resonator of the Solid-state Wave Gyroscope by means of finite and element simulation in the Ansys program are discussed. Stages of preparation of the model by standard program means are described: Engineering Data, Design Modeler, Modal. Simple construction of the resonator in the form of a hemisphere on a pinch is given. The factors influencing the calculated values of resonance frequencies are considered. The resonator parameters used in case of simulation are given. The main results of calculations are presented: resonance frequencies and modes of oscillations corresponding to them. Questions of accuracy of calculations are studied, the dependence of calculated values on the quantity of elements in partition of the resonator on finite elements is given. Accuracy of calculations is evaluated on a deviation of frequencies for modes of one form – for an ideal axisymmetric shell two modes correspond to one frequency. Results of measurements of

resonance frequencies of the experimental samples with the construction matching the construction of the model are given. The experimental values are analyzed. Design and experimental values are compared, their distinction is explained. The factors influencing the value of the resonance frequency of the second form of oscillations of the resonator are analyzed. Estimates of accuracy and adequacy of the model received by Ansys are given.

Ключевые слова: твердотельный волновой гироскоп, резонатор, математическое моделирование, конечно-элементное моделирование, программа Ansys, модальный анализ, резонансные частоты, точность расчетов, экспериментальные измерения.

Keywords: Solid-state Wave Gyroscope, resonator, mathematical simulation, finite and element simulation, Ansys, modal analysis, resonance frequencies, accuracy of calculations, experimental measurements.

УДК 621.715.2:621.774.32

DOI 10.22213/2410-9304-2017-3-18-21

М. С. Коновалов, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (M. S. Konovalov, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

В. П. Шеногин, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (V. P. Shenogin, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

Повышение стойкости прошивных оправок из сплава на основе Ni_3Al армирующими частицами (Increase of the Durability of the Ni_3Al -based alloy Piercing Plug on Account of Reinforcing Particles)

В данной работе слитки изготавливались методом выплавки электродов в открытой индукционной электрической печи СЭЛТ-20С/20 с последующим их электрошлаковым переплавом как с добавлением армирующих частиц молибдена в кристаллизатор методом равномерной подсыпки во время переплава, так и без добавления. Для выплавки использовались чистые шихтовые материалы без добавления отходов. Армирующие частицы молибдена были получены измельчением заготовок молибдена марки МШ-1 (ТУ 48-19-73-86) в планетарной мельнице.

В результате проведения работы методом открытой индукционной выплавки было получено четыре электрода сплава на основе Ni_3Al . Первые два электрода (№ 1 и 2) были подвергнуты стандартному электрошлаковому переплаву (ЭШП), а вторые два электрода (№ 3 и 4) были подвергнуты ЭШП с добавлением в кристаллизатор во время переплава порошка молибдена. Из всех полученных слитков были изготовлены прошивные оправки, которые испытывались при прошивке прутков коррозионно-стойкой стали марки 08X18H10T-Ш. При помощи оправок, изготовленных из слитков № 1 и 2, было прошито 7 и 6 прутков соответственно, а при помощи оправок из слитков № 3 и 4 было прошито 11 и 12 прутков соответственно. Полученные результаты показали, что возможно повысить стойкость оправок из сплава на основе интерметаллида Ni_3Al при прошивке прутков из стали марки 08X18H10T-Ш на 76 % за счет повышения жаропрочных характеристик сплава армирующими частицами из порошка молибдена, вводимыми в процессе проведения ЭШП.

In this work ingots were prepared by smelting in the open induction furnace SELT-20C/20 with casting in the consumable-electrode shape followed by electroslag remelting and cooling in a copper

water-cooled mold. Wherein, the reinforcing particles were added during remelting of several electrodes. Pure charge materials were used for melting electrodes. Reinforcing molybdenum particles were obtained by grinding molybdenum billets of grade MSh-1 (TU 48-19-73-86) in a planetary mill.

Four Ni₃Al-based alloy electrodes were produced by the method of open induction melting as a result of the work. The first two electrodes (No. 1 and No. 2) were subjected to standard electroslag remelting. The second two electrodes (No. 3 and No. 4) were subjected to electroslag remelting with the addition of molybdenum powder to the crystallizer during electroslag remelting. The piercing plugs were made of all the ingots produced. These piercing plugs have been tested when piercing bars of corrosion-resistant steel grade 08X18H10T-III. Seven bars were sewn through the piercing plug of the ingot No. 1. Six bars were sewn through the piercing plug of the ingot No. 2. Eleven bars were sewn through the piercing plug of the ingot No. 3. Twelve bars were sewn through the piercing plug of the ingot No. 4. The obtained results showed that durability of the Ni₃Al-based alloy piercing plugs can be increased by 76 % when piercing bars of corrosion-resistant steel grade 08X18H10T-III. It is due to the increase of the heat resistant properties of the alloy by the reinforcing molybdenum particles introduced during the process of electroslag remelting.

Ключевые слова: прошивная оправка, поперечно-винтовая прокатка, Ni₃Al, жаропрочность, 08X18H10T-III.

Keywords: piercing plug, cross-screw rolling, Ni₃Al, high-temperature strength, 08X18H10T-III.

УДК 621.833.061

DOI 10.22213/2410-9304-2017-3-22-33

О. В. Малина, доктор технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*O. V. Malina*, dsc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

Обзор методов синтеза модели класса спироидных редукторов для интеллектуальных САПР. Часть 2. Развитие методологии синтеза обобщенной модели (Review of Methods for Synthesis of the Model of Class of Spiroid Gearboxes for Intelligent CAD Systems. Part 2. Development of Methodology for Synthesis of the Generalized Model)

Необходимым условием создания интеллектуальной системы автоматизации конструкторской деятельности, позволяющей не только выполнять графические работы, отдельные инженерные расчеты или документирование, является создание обобщенной модели класса конструируемых объектов, сохраняющей конструкторский опыт в виде отдельных технических решений конструкций изделий, их узлов, сборок, подборок и деталей.

Чем сложнее объект, тем больше возможных модификаций его конструкции может быть реализовано. Использование в качестве базового алгоритма функционирования системы автоматизированного конструирования алгоритма комбинаторного перебора требует формирования исходного множества конструктивных элементов и особенностей их исполнения, на котором будет осуществлен перебор.

Формирование указанного множества может быть реализовано различными методами, отличающимися по уровню наглядности, защищенности от ошибок, избыточности. Базовым, безусловно, является графовый метод, описанный в первой части статьи, на котором исходно был разработан алгоритм построения классификатора класса спироидных редукторов. Слож-

ность формализации данного метода натолкнула автора на его модификацию. Так были разработаны табличный, графово-табличный и матричный методы построения модели класса спироидных редукторов.

Особенность первого метода состоит в том, что иерархическая структура конструкции объекта представляется двумерной таблицей, с помощью которой обобщение информации идет корректнее, поскольку очевиднее выделение необязательных компонентов конструкции. Графово-табличный метод является симбиозом графового и табличного метода, сохраняет наглядность структур и обеспечивает корректность описания функциональных элементов. В силу сочетания наглядности и простоты реализации графово-табличный метод максимально исключает потерю информации. Матричный метод особенно актуален, когда структура исходных конструкций более сложная, поскольку данный метод позволяет корректно обработать необязательные вершины групповой принадлежности и фантомы.

The necessary condition for development of the intelligent system of computer-aided designing activity allowing not only to implement graphic works, individual engineering analysis or documenting, is the development of the generalized model of the class of designed objects keeping the designer's experience as individual technical solutions of layouts for the products, their units, assemblies, sub-assemblies and parts. The more complex the object is, the greater number of possible modifications of its layout can be implemented. Application of the algorithm of combinatorial search as the basic algorithm of functioning of the CAD system requires generation of the initial set of design elements and features of their application to implement the search. Generation of the pointed set can be implemented by various methods differing by the level of demonstration visibility, protection from errors, and redundancy. The graph method described in the first part of the paper is certainly the basic one, for which the algorithm of developing the classifier of the class of spiroid gearboxes was initially created. Complexity of formalization of this method stimulated the author to modify it. Therefore, the table, graph-and-table, matrix methods of developing the model of the class of spiroid gearboxes were created. The feature of the first method is that the hierarchic structure of the layout of the object is represented as a two-dimensional table according to which the generalization of information becomes more correct, since singling of non-obligatory components of the layout becomes more evident. The graph-and-table method is a symbiosis of the graph and table methods; it keeps the demonstrative feature of structures and provides for the correct description of functional elements. Due to combination of its demonstrative features and simplicity of implementation, the graph and table method eliminates the loss of information to the most. The matrix method is especially urgent when the structure of initial layouts is more complex, since this method allows for correct processing the non-obligatory apexes of group belonging and phantoms.

Ключевые слова: методы построения обобщенной модели: табличный, графово-табличный, матричный; необязательные вершины групповой принадлежности, фантомы.

Keywords: Methods for construction of the generalized model: table, graph-and-table, matrix; non-obligatory apexes of group belonging, phantoms.

А. Б. Переладов, кандидат технических наук, доцент Курганский государственный университет (*A. B. Pereladov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan, Russia)

О. В. Дмитриева, кандидат технических наук, Курганский государственный университет (*O. V. Dmitrieva*, PhD in Engineering, Kurgan State University, Kurgan, Russia)

И. А. Рупасов, студент, Курганский государственный университет (*I. A. Rupasov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan, Russia)

Проектирование операций шлифования на основе моделирования с применением искусственной нейронной сети (Design of Grinding Operations on the Basis of Modeling with Application of Artificial Neural Network)

Повышение эффективности производства во многом определяется этапом проектирования изделий и технологических процессов с использованием современных программных средств автоматизированного проектирования. Отсутствие универсальных математических моделей, описывающих шлифование, обуславливают необходимость поиска новых подходов и методов описания и формализации данного процесса. Сложность решения этой задачи обусловлена, прежде всего, многофакторностью процесса и вероятностным характером протекающих явлений.

Создание универсальной математической модели процесса шлифования, позволяющей определять параметры инструмента и режима обработки, возможно на основе применения нейросетевого программирования. В статье предлагается для решения задачи в условиях неопределенности использовать искусственную нейронную сеть (ИНС), основная сложность работы с которой связана с построением и обучением сети. Для моделирования процесса шлифования построена ИНС, в качестве функции активации которой был использован гиперболический тангенс. Проведенные исследования показали возможность построения сети на 6 нейронах в скрытом слое. Оценка результатов работы нейронной сети, структура которой состоит из трех слоев: входной – 7 нейронов-рецепторов; скрытый – 6 нейронов; выходной – 6 нейронов – показала, что погрешность обученной ИНС лежит в диапазоне от 0,1 до 2 %.

Построение модели включает следующие этапы: загрузка в систему обучающих массивов данных; расчет параметров будущей модели; анализ исходных данных и вывод информации о качестве обучающих массивов; создание структуры и обучение нейронной сети. Разработанная модель положена в основу системы автоматизированного проектирования режимно-инструментального оснащения операций плоского шлифования, состоящей из нескольких модулей: «Моделирование», «Создание моделей», «Архив моделей», «Анализатор», «Справочник», «Пользовательский интерфейс».

Использование специализированной САПР операций шлифования с возможностями автоматизации выбора абразивного инструмента и параметров процесса, созданной на основе математической модели с использованием ИНС, способствует повышению качества и сокращению времени проектирования.

The increase in production efficiency is largely determined by the design stage of products and technological processes using modern computer-aided design tools. The absence of universal mathematical models describing grinding necessitates the search for new approaches and methods for de-

scribing and formalizing this process. The complexity of the solution of this problem is due primarily to the multifactority of the process and the probabilistic nature of the phenomena taking place.

Creation of a universal mathematical model of the grinding process, which allows to determine the parameters of the tool and the processing mode, is possible on the basis of application of neural network programming. The paper proposes to use an artificial neural network (ANN) in order to solve the problem under uncertainty, the main difficulty of work with which is connected with the construction and training of the network. To model the grinding process, an ANN was constructed, the hyperbolic tangent being used as the activation function. The conducted studies showed the possibility of building a network on 6 neurons in a hidden layer. Evaluation of the performance of a neural network, the structure of which consists of three layers: an Input one - 7 neuron-receptors; Hidden - 6 neurons; Output – 6 neurons, showed that the error of the trained ANN lies in the range from 0.1% to 2%.

The construction of the model includes the following steps: loading into the system of training data arrays; calculation of the parameters of the future model; analysis of initial data and output of information about the quality of training arrays; creation of structure and training of neural network. The developed model is used as the basis for the automated design of the regime-tool equipment for flat grinding operations, consisting of several modules: Modeling, Model Development, Model Archive, Analyzer, Reference, User Interface.

The use of specialized CAD of grinding operations with the possibilities of automating the choice of abrasive tools and process parameters, created on the basis of a mathematical model using ANN, contributes to improving the quality and reducing design time.

Ключевые слова: процесс шлифования, компьютерная модель, искусственная нейронная сеть.

Keywords: grinding process, computer model, artificial neural network.

УДК 621.002.56

DOI 10.22213/2410-9304-2017-3-41-50

В. В. Скобелева, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (V. V. Skobeleva, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

А. В. Щенятский, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (A. V. Shchenyatskiy, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

Ю. Б. Брызгалов, доктор технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (Yu. B. Bryzgalov, DSc in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

Анализ погрешностей длинных отверстий и методов их контроля (Analysis of errors of long holes and methods for their control)

С целью исследования влияния отделочных и конечных операций на геометрию ствола определены принципы работы создаваемого мобильного мехатронного устройства.

Задачей изобретения является апробация предлагаемого способа измерения диаметра канала ствола, на основе которого можно создать гамму устройств, пригодных для проведения контроля стволов любых калибров. Одними из предъявляемых требований к устройству являются низкая стоимость, долговечность, простота процесса измерения при сохранении высокой точности.

Технический результат – повышение точности измерений при уменьшении стоимости измерительного оборудования, выявление дефектов диаметра канала ствола.

В статье приведен анализ параметров, влияющих на кучность и точность стрельбы. Рассматриваются современные устройства и способы измерения длинных отверстий с макрорельефом. В данной статье рассмотрены наиболее известные измерительные приборы. Для наглядности устройства представлены в сравнительной таблице, в которой указаны: чувствительный элемент, комплектующие, преимущества и недостатки.

Рассматриваются датчики, работающие по различным признакам, с помощью которых может быть реализовано разрабатываемое устройство. Также приведена сравнительная таблица чувствительных элементов, где рассматриваются принцип работы, преимущества и недостатки. На основе анализа одним из перспективных видов измерения параметров отверстия с малым диаметром является контактный метод, основанный на применении в качестве чувствительного элемента пьезодатчика. Стоимость измерительного комплекса незначительная и может быть изготовлена в большом количестве по доступным для простого потребителя ценам. С точки зрения промышленности легок в изготовлении. Наличие такого устройства позволит провести контроль параметров канала ствола как российских, так и зарубежных производителей, для проведения анализа, спустя некоторое время, позволит установить, как происходит износ канала ствола во время его эксплуатации, и выявить закономерность износа.

In order to study the influence of finishing and final operations on the geometry of the barrel, the principles of operation of the mobile mechatronic device being created are determined.

The aim of the invention is to test the proposed method for measuring the diameter of the barrel bore, on the basis of which it is possible to create a gamut of devices suitable for monitoring barrels of any caliber. One of the requirements for the device is low cost, durability, simplicity of the measurement process while maintaining high accuracy.

The technical result is an increase in the accuracy of measurements with a reduction in the cost of measuring equipment, detection of defects in the diameter of the barrel bore.

The paper gives an analysis of the parameters influencing the density and accuracy of firing. Modern devices and methods for measuring long holes with macrorelief are considered. In this section, the most famous measuring instruments are considered. For clarity, the devices are presented in a comparative table, which indicates: the sensor element, components, advantages and disadvantages.

Sensors working on different grounds are considered, with the help of which the device under development can be realized. A comparative table of sensing elements is also given, where the principle of operation, advantages and disadvantages are considered. Based on the analysis, one of the promising types of measurement of the parameters of a hole with a small diameter is the contact method based on the use of a piezoelectric sensor as a sensitive element. The cost of the measuring complex is insignificant and can be made in a large number, at affordable prices for a simple consumer. From the point of view of the industry it is easy to manufacture. The presence of such a device will allow monitoring the parameters of the barrel channel of both Russian and foreign manufacturers, for analysis, after some time, it will be possible to establish the wearing process of the barrel bore during its operation and to reveal the regularity of wear.

Ключевые слова: контактный метод, чувствительный элемент, измерительное устройство канала ствола, длинное отверстие с малым диаметром.

Keywords: contact method, sensor, measuring device of the barrel bore, long hole with small diameter.

УДК 621.833:001.4

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-3-51-61

В. Е. Старжинский, доктор технических наук, профессор, Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси, Гомель, Беларусь (*V. E. Starzhinsky*, DSc in Engineering, Professor, V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus)

В. И. Гольдфарб, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*V. I. Goldfarb*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia)

С. В. Шилько, кандидат технических наук, доцент, Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси, Гомель, Беларусь (*S. V. Shilko*, PhD in Engineering, Associated Professor, V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus)

Е. В. Шалобаев, кандидат технических наук, профессор, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (*E. V. Shalobaev*, PhD in Engineering, Professor, Saint-Petersburg National University of Informative Technology, Mechanics and Optics, Saint-Petersburg, Russia)

Е. И. Тескер, доктор технических наук, профессор, Волгоградский технический университет (*E. I. Tesker*, DSc in Engineering, Professor, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia)

Развитие терминологии в области зубчатых передач и трансмиссий. Часть 3. Идентификация понятий по видам повреждений зубчатых колес (Development of Terminology in Gearing and Power Transmissions. Part 3. Identification of Notions on Gear Failure Modes)

Изложены результаты анализа нормативных источников по видам повреждений зубчатых колес и разработки Межгосударственного стандарта [6] по их классификации и описанию. В оборот включены разнообразные информационные источники – Международный ISO и национальные (AGMA, DIN) стандарты; нормативный документ немецкого концерна «Zahnradfabrik Friedrichshafen AG» с определениями терминов, их характеристик и причин, вызывающих повреждения; атлас «Анализ видов повреждений» американской фирмы «Geartech»; методические указания по расчетам и испытаниям на прочность к классификации видов изломов металлов, а также результаты собственных исследований. Описаны принципы, положенные в основу классификации, – отнесение того или иного повреждения к определенному классу, общему виду, виду и степени повреждения. В общей сложности повреждения классифицируются по 76 наименованиям классов, видов и степеней повреждения. Подробно описаны количественные показатели усталостного выкрашивания рабочих поверхностей зубьев – степень выкрашивания по поверхности и глубине; степень искажения профиля и распространения выкрашивания; стадии его развития; параметры и характеристики, а также расчетные формулы для их определения. В заключение подводятся итоги деятельности по идентификации и классификации понятий в области зубчатых зацеплений и передач.

Results of analysis of normative sources on gear failure modes and elaboration of Interstate Standard [6] on their classification and description are discoursed. Manifold informative sources are involved in turnover – International ISO and national (AGMA, DIN) standards; normative document of the German Group company “Zahnfabrik Friedrichshafen A.G.” with term definitions, their characteristics and causes, accessing failures; atlas “Analysis of gear failures” of USA firm “Geartech”; methodical instructions on the computations and testing on strength and classification of metal breaking

modes, as well as results of own or authors investigations. The principles, assumed in the base of classification – attribution of one or another failure to the definite class, common mode, specific mode and degree of failure – are described. All together failures are classified on 76 designations of classes, modes and degrees ones. Quantity parameters of fatigue pitting of the gear tooth working surfaces and in depth; the degree of tooth profile distortion and pitting dissemination; stages of their developing; parameters and characteristics, as well as calculating formulae for their determination are considered in details. In conclusion, results of activity on identification and classification of notions in the field of gearing and gear transmissions are summarized.

Ключевые слова: зубчатая передача, зубчатое колесо, терминология, классификация видов повреждений, классы повреждений, общий вид повреждения, вид повреждения, степень повреждения, количественные показатели поверхностного усталостного выкрашивания.

Keywords: gear drive, terminology, classification of gear failure modes, classes of damage, common modes of damage, specific modes of damage, degree of damage, quantity factors of tooth flank pitting.

УДК 531.383, 534.08, 519.876

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-3-62-72

Г. А. Трутнев, соискатель, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. Trutnev*, PhD Applicant, Kalashnikov ISTU)

С. Б. Назаров, соискатель, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*S. B. Nazarov*, PhD Applicant, Kalashnikov ISTU)

К. К. Перевозчиков, соискатель, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*K. K. Perevozchikov*, PhD Applicant, Kalashnikov ISTU)

А. В. Щенятский, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*A. V. Shchenyatskiy*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

Измерительно-вычислительный комплекс «Твердотельный волновой гироскоп» (Measurement Calculation System “Solid-state Resonator Gyroscope”)

В статье идет речь об измерительном приборе – твердотельном волновом гироскопе. Работа прибора основана на эффекте инертности стоячих волн. Твердотельный волновой гироскоп рассматривается с двух сторон: как самостоятельный измерительно-вычислительный комплекс и как датчик некоторой инерциальной системы. Структура твердотельного волнового гироскопа представлена в виде взаимосвязанных элементов: резонатор, измерительная компонента, управляющая компонента, вычислительная компонента. Анализируется структура прибора, рассматриваются его подсистемы и их связи. Исследуются различные типы конструкций резонатора, вопросы математического моделирования резонатора. Рассматриваются явления, ухудшающие точность прибора, такие как дрейф волны, нелинейность и шум выходного сигнала. Анализируются причины появления дрейфа. Одна из основных причина дрейфа – конструкционное демпфирование. Изучаются вопросы моделирования резонатора с учетом конструкционного демпфирования. Описываются различные типы датчиков и систем съема на их основе. Рассматривается измерительная компонента как система для наблюдения эффекта Брайана. Обосновывается необходимость формирования сигналов в системе съема для дополнительного наблюдения деформации резонатора в месте крепления. Рассматриваются вопросы управления динамикой резонатора. Приводятся различные контуры управления, которые позволяют получить необходимые характеристики прибора. Описыва-

ются точностные параметры. Анализируются зависимости точностных параметров твердотельного волнового гироскопа от различных факторов. Описываются направления повышения точности твердотельного волнового гироскопа и систем на его основе. Ставится общая задача повышения точности прибора за счет учета конструкционного демпфирования в модели резонатора, измерения величин, характеризующих конструкционное демпфирование, и решения задачи редукации ТВГ к идеальному измерительному прибору.

The paper considers a measuring device – the Solid-state Wave Gyroscope. Operation of the device is based on effect of inertness of standing waves. The Solid-state Wave Gyroscope is considered from two parties as the self-contained measuring computer system, and as the sensor of some inertial system. The structure of the Solid-state Wave Gyroscope is presented in the form of the interdependent elements: the resonator, the measuring component, the operating component, the computing component. The structure of the device is analyzed, its subsystems and their communications are considered. Various types of designs of the resonator, questions of mathematical model operation of the resonator are considered. The phenomena worsening the accuracy of the device such as wave drift, nonlinearity and noise of an output signal are considered. The reasons of emergence of a drift are analyzed. One of the main drift reasons is the constructional damping. Questions of model operation of the resonator taking into account a constructional damping are studied. Various types of sensors and the systems of removal on their basis are described. The measuring component as a system for observation of the Brian effect is considered. The necessity to generating the signals in the system of removal for padding observation of deformation of the resonator in the place of fastening is proved. Questions of controlling the dynamics of the resonator are considered. Various controlling contours which allow for receiving the necessary characteristics of the device are given. Accuracy parameters are described. Dependences of the accuracy parameters of the Solid-state Wave Gyroscope on various factors are analyzed. The directions of increase in the accuracy of the Solid-state Wave Gyroscope and systems on its basis are described. The general task of increasing the accuracy of the device due to accounting of a constructional damping in the model of the resonator, measurement of values characterizing the constructional damping, and the solution of a problem of reduction of SWG to an ideal measuring device is set.

Ключевые слова: измерительный прибор, твердотельный волновой гироскоп, измерительная компонента, управляющая компонента, вычислительная компонента, модель твердотельного волнового гироскопа, редукация к идеальному измерительному прибору.

Keywords: measuring device, Solid-state Wave Gyroscope, measuring component, controlling component, computing component, model of the Solid-state Wave Gyroscope, reduction to the ideal measuring device.

УДК 629.359

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-3-73-81

Н. М. Филькин, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (N. M. Filkin, DSc in Engineering, Prof., Kalashnikov ISTU)

С. Н. Зыков, кандидат технических наук, доцент, профессор, УдГУ (S. N. Zykov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

А. И. Кориунов, доктор технических наук, профессор, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Институт механики УрО РАН (A. I. Korshunov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU, Institute of Mechanics of Ural Branch of RAS)

Формирование многоуровневой критериальной базы при проектировании корпуса аккумуляторных элементов универсальной машины технологического электротранспорта (Development of Multilevel Criterion Base During Design of Battery Box for Multipurpose Process Electric Transport Vehicles)

В статье рассматриваются некоторые вопросы предпроектного анализа в отношении электрических колесных машин, выполненного при подготовке проекта унифицированной машины технологического электротранспорта нового поколения. В частности, авторы достаточно подробно исследуют вопрос аналитического структурирования исходных ограничений (критериев) проектирования и их влияние на конструкцию в контексте такого обязательного компоновочного элемента современной колесной электрической техники, как защитный короб, позиционирующий аккумуляторные батареи. Приведенная в статье многоуровневая структура критериальной базы проектирования в отношении корпуса аккумуляторных батарей позволяет на этапе предпроектной проработки конкретизировать не только искомые геометрические и весовые характеристики изделия, но и определиться с типом аккумуляторных батарей, размещаемых в нем. Проведенные предварительные исследования позволили значительно сократить сроки и объем работ в ходе выполнения соответствующего этапа проекта. Исследования проведены при подготовке проекта «Разработка и создание высокотехнологичного производства унифицированной машины технологического электротранспорта» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

In the paper some questions of the pre-project analysis are considered with regard to electric wheeled vehicles made in the preparation of the project of a unified machine for technological electric transport of the new generation. In particular, the authors examine in detail the question of the analytical structuring of the initial design constraints (criteria) and their effect on the design in the context of an obligatory assembly element of modern wheeled electrical engineering, such as a protective box positioning the batteries. The multilevel structure of the criterial design base with respect to the battery box in the paper allows us to specify not only the geometrical and weight characteristics of the product at the pre-design stage, but also to determine the type of storage batteries placed in it. Preliminary studies have made it possible to significantly reduce the time and scope of work during the implementation of the relevant phase of the project. The research was carried out in the preparation of the project "Development and creation of high-tech production of a unified machine for technological electric transport" with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation.

Ключевые слова: критериальный анализ, многоуровневая структура, универсальная машина технологического электротранспорта, корпус аккумуляторных батарей.

Keywords: criterion analysis, multilevel structure, multipurpose process electric transport vehicle, battery box.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

УДК 681.518.3+623.4.01

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-3-82-87

А. Ю. Вдовин, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
(*A. Yu. Vdovin*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

Е. М. Марков, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
(*E. M. Markov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

И. Г. Корнилов, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
(*I. G. Kornilov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

Современная автоматизированная система для оценки скорости перемещения затвора стрелкового оружия (Modern Automated System for Evaluation of Movement Velocity of Firearm Bolt)

Экспериментальное определение характеристик перемещений узлов автоматики чрезвычайно важно при проектировании стрелкового оружия. В статье предложен современный вариант реализации автоматизированной системы, предназначенной для измерения скорости перемещения затворной рамы стрелкового оружия.

Проведен сравнительный анализ существующих методов и устройств для оценки линейных перемещений узлов стрелкового оружия, отмечены их недостатки. Выполнена оценка минимально необходимых характеристик регистрирующего устройства и осуществлен его выбор. Представлена структурная схема системы, описаны основные принципы ее работы. Созданная система во многом сходна с автоматизированными системами на основе световых экранов, применяемыми для оценки скорости, баллистического коэффициента и других параметров пуль и снарядов. Представлена форма сигналов, получаемых с фотоприемников и регистрируемых системой. Описаны возможности разработанного программного обеспечения: визуализация сигналов, получение статистической информации по серии выстрелов, сохранение всех результатов на жесткий диск компьютера.

Созданная система позволяет определять среднюю скорость движения затворной рамы стрелкового оружия на участке измерительной базы в прямом и обратном направлении. При этом предлагаемый вариант реализации системы отличается сравнительно низкой стоимостью, простотой и компактностью.

The experimental determination of the movement characteristics of automation nodes is extremely important in the design of small arms. In the paper the modern embodiment of an automated system for measuring the velocity of movement of the firearms bolt carrier are presented.

A comparative analysis of existing methods and devices for estimating the linear movements of small arms units has been carried out, and their shortcomings have been noted. An estimation of the minimum necessary characteristics of the recording device was made and its choice was made. The structural scheme of the system is presented and the basic principles of its work are described. The created system is similar in many respects to automated systems based on light screens used to estimate speed, ballistic coefficient and other parameters of bullets and projectiles. The form of signals received from photodetectors and recorded by the system is presented. The possibilities of the developed software are described: visualization of signals, obtaining of statistical information on a series of shots, saving of all results to the computer hard disk.

The created system makes it possible to determine the average speed of movement of the small arms bolt frame on the length of the measuring base in the forward and backward directions. At the same time, the proposed implementation of the system is characterized by relatively low cost, simplicity and compactness.

Ключевые слова: средняя скорость, затворная рама, стрелковое оружие, автоматизированная система, программное обеспечение.

Keywords: average velocity, bolt frame, small arms, automated system, software.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 681.518.54

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-3-88-93

С. Н. Брускин, кандидат экономических наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва (*S. N. Bruskin*, PhD in Economics, National Research University “Higher School of Economics”, Moscow)

А. А. Дружбаев, кандидат технических наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва (*A. A. Druzhayev*, PhD in Engineering, National Research University “Higher School of Economics”, Moscow)

А. И. Марон, кандидат технических наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва (*A. I. Maron*, PhD in Engineering, National Research University “Higher School of Economics”, Moscow)

М. А. Марон, аспирант, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва (*M. A. Maron*, Post-graduate, National Research University “Higher School of Economics”, Moscow)

Эффективные методы построения алгоритмов поиска неисправностей в информационных системах (Effective Methods for Creation of Malfunction Search Algorithms in Information Systems)

Актуальность исследуемой проблемы обусловлена тем, что оптимальные алгоритмы поиска неисправностей позволяют значительно сократить потери при отказах информационных систем. Вместе с тем на пути построения таких алгоритмов нередко возникают непреодолимые вычислительные трудности. Они связаны с необходимостью составления таблицы неисправностей для конкретной информационной системы и нахождения оптимального алгоритма среди огромного количества возможных алгоритмов поиска неисправностей. Первая из этих проблем в значительной степени нашла свое решение в результате появления мощных программных средств моделирования технических систем. Вторая по-прежнему остается нерешенной. Цель статьи заключается в том, чтобы повысить эффективность методов построения алгоритмов поиска неисправностей в информационных системах. В статье предложены решения, которые упрощают процесс построения искомых алгоритмов при применении метода динамического программирования. Оптимизация ведется по критерию минимума среднего времени поиска неисправностей. Предложено рекуррентное соотношение, которое не требует пересчета вероятностей при последовательном нахождении минимального среднего времени поиска неис-

правностей методом динамического программирования. Материалы статьи могут быть полезными специалистам по обслуживанию, контролю и диагностике информационных систем.

The relevance of the studied problem is caused by the fact that optimum malfunctions search algorithms allow to reduce considerably losses at refusals of information systems. At the same time, on the way of creation of such algorithms quite often there are insuperable computing difficulties. They are connected with need of drawing up the table of malfunctions, for a concrete information system, and finding the optimum algorithm among a huge number of possible malfunctions search algorithms. The first of these problems substantially found the solutions because of emergence of the powerful software for technical systems modeling. The second still remains unsolved. The purpose of the paper is in increasing the efficiency of methods for creation of algorithms of malfunction search in information systems. In this paper solutions are proposed which simplify the process of creation for required algorithms, when the method of dynamic programming is applied. Optimization is performed by criterion of a minimum of the average time for search of malfunctions. The recurrence relation is offered, which does not demand recalculation of probabilities at consecutive finding of the minimum average time of malfunction search by the method of dynamic programming. Materials of the paper can be useful to specialists in service, control and diagnostics of information systems.

Ключевые слова: эффективность, методы оптимизации, алгоритмы поиска неисправностей, информационные системы.

Keywords: efficiency, optimization methods, malfunction search algorithms, information systems.

УДК 004.912

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-3-94-99

М. В. Втюрин, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (M. V. Vtyurin, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

А. И. Ястребов, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (A. I. Yastrebov, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU)

С. В. Моченов, кандидат технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (S. V. Mochenov, PhD in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU)

Разработка информационной системы для уменьшения объема текстовой информации в процессе информационного поиска (Development of an Information System for Reducing the Volume of Text Information in the Process of Information Search)

В статье рассматривается возможность применения пользователями специализированных алгоритмов для информационной системы, обеспечивающей сжатие анализируемой текстовой информации в процессе информационного поиска. Актуальность работы обосновывается сложностью информационного поиска, связанного с решением пользователем конкретной задачи и необходимостью переработки больших объемов текстовых данных. Целью является сокращение объема анализируемой текстовой информации русскоязычных текстов при сохранении их смысловой составляющей. Определены основные функциональные узлы разрабатываемой информационной системы. Модуль поиска совпадений формирует текст, состоящий из нескольких абзацев, содержащих заданные пользователем поиско-

вые словосочетания. Данный текст по объему намного меньше исходного текста и отражает искомую пользователем информацию. Модуль сжатия представляет собой итерационную процедуру, позволяющую дополнительно уменьшить объем текста, выделенный пользователем для анализа. В предлагаемом подходе каждому слову предложения присваивается оценка, определяемая на основе ряда критериев. Разработан графический интерфейс пользователя, имеющий компактные размеры и удобную компоновку элементов. В результате применения описываемого подхода достигается существенное уменьшение объема текстовой информации, обрабатываемой пользователем в процессе информационного поиска. Для большего сокращения объема информации в дальнейшем предполагается проведение разработки модуля сжатия текста и его практическая реализация.

The paper considers the possibility of applying specialized algorithms for an information system by the users that provides compression of the analyzed text information in the process of information retrieval. The relevance of the work is justified by the complexity of information retrieval associated with the user's solution of a particular task and the need to process large amounts of text data. The goal is to reduce the volume of the analyzed text information of Russian-language texts, while preserving their semantic component. The main functional nodes of the developed information system are determined. The coincidence search engine generates the text consisting of several paragraphs containing user-defined search phrases. This text is much smaller by volume than the original text and reflects the information that the user wants. The compression module is an iterative procedure that further reduces the amount of the text allocated by the user for analysis. In the proposed approach, each word of the sentence is assigned an estimate, determined on the basis of a number of criteria. A graphical user interface has been developed that has compact dimensions and a convenient layout of elements. As a result of the described approach, a significant reduction in the amount of text information processed by the user in the process of information retrieval is achieved. To further reduce the amount of information in the future, it is proposed to develop a text compression module and its practical implementation.

Ключевые слова: обработка текста, информационная система, поисковые слова, сжатие текста, информационный поиск.

Keywords: word processing; information system; search words; text compression; information search.

УДК 538.62, 548:537.611.46

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-3-100-111

Н. К. Липин, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*N. K. Lipin*, Post-graduate, Kalashnikov ISTU)

М. А. Плетнёв, доктор химических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (*M. A. Pletnev*, DSc in Chemistry, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

Оптимизация конструкции фрезерного комбайна на базе лунохода с помощью технологии имитационного динамического моделирования (Optimization of a Construction of the Milling Combine on the Basis of a Moon Rover by Means of Technology of Imitating Dynamic Modeling)

В работе выполнен сравнительный анализ вариантов конструкции фрезерного комбайна, созданных на базе лунохода при помощи имитационных расчетов. Работа ориентирована на раздел Федеральной космической программы России на 2016–2025 годы «Фундаментальные космические исследования», согласно которому проблема создания фрезерного комбайна для проведения геологических исследований на поверхности других планет является актуальной.

Целью исследования является оптимизация конструкции фрезерного комбайна, созданного на базе лунохода, с помощью технологии сверхвысокополигонального динамического 3D-моделирования. Для достижения поставленной цели была использована технологическая цепочка, условно разделенная на несколько основных этапов.

В связи с требовательностью к ресурсам и специфике задач имитационное моделирование проводилось при помощи аппаратно-программных комплексов.

Получены результаты в виде моделей фрезерного комбайна и лунной поверхности. Создан интерактивный симулятор, функционирующий в современных полномасштабных технологиях виртуальной реальности для обучения будущих операторов при выполнении миссий к Луне.

Соответствующий требованиям проектный облик, полученный итерационным методом проектирования, может применяться в системах информационной поддержки на всех этапах жизненного цикла изделия.

Проведение таких работ является необходимым условием обеспечения перспектив применения систем моделирования как для проведения экспертиз, так и в интересах решения перспективных задач по конструированию космической техники.

The work presents the comparative analysis of the options of a design of the milling combine created on the basis of a moon rover by means of imitating calculations. The work is focused on the section "The federal space program of Russia for 2016-2025 – "Basic space researches" according to which the problem of creation of the milling combine for carrying out geological researches on a surface of other planets is actual.

The research objective is optimization of a design of the milling combine created on the basis of a moon rover by means of technology of ultrahigh and polygonal dynamic 3D modeling. For achievement of a goal the technological chain which is conditionally divided into some main stages was used.

Due to the insistence to resources and specifics of tasks imitating modeling was carried out by means of hardware-software complexes.

Results in the form of models of the milling combine and a lunar surface are received. The interactive simulator functioning in modern full-scale technologies of virtual reality for training of future operators when performing missions to the Moon is created.

The design shape conforming to requirements received by an iterative method of design can be applied in systems of information support at all stages of life cycle of a product.

Carrying out such works is a necessary condition of providing prospects of use of systems of modeling, both for carrying out examinations, and in interests of the solution of perspective tasks of designing of space equipment.

Ключевые слова: фундаментальные космические исследования, полномасштабные технологии виртуальной реальности, реголит, жизненный цикл изделия.

Keywords: Basic space researches, full-scale technologies of virtual reality, regolith, life cycle of a product.

УДК 621.865.8; 681.327.12

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-3-112-117

Ю. Р. Никитин, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (Yu. R. Nikitin, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU)

М. Ю. Теплякова, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (M. Yu. Teplyakova, Master's Degree student, Kalashnikov ISTU)

Управление транспортным роботом голосовыми командами (Transport Robot Control by Voice Commands)

В системах управления современных роботов используется нечеткая логика, поэтому целесообразно подавать команды управления роботом на основе нечеткой логики, которая позволит роботам эффективно выполнять поставленные задачи. В статье рассматривается управление транспортным роботом голосовыми командами и моделирование его движения в программном продукте Microsoft Robotics Developer Studio. Для моделирования движения транспортного робота использовался язык Visual Programming Language (VPL) – среда визуального программирования для создания и отладки приложений. Для распознавания голосовых команд используется планшетный компьютер или мобильный телефон с операционной системы Android с приложением, при помощи которого можно управлять роботом с использованием интерфейса Bluetooth. Разработана программа, которая позволит человеку управлять роботом с помощью речи. Получена визуальная программа управления движением транспортного робота. Приведен пример моделирования робота и его траектория движения с использованием голосового управления. Разработанная система управления позволяет следовать транспортному роботу от одной целевой точки к другой с использованием голосового управления. Задача управления роботом с использованием голосового управления существенно упрощается, поскольку она практически не требует специальных навыков от оператора. В конечном счете, голосовое управление облегчит использование роботов в промышленности, быту и других областях. Управлять можно будет не только роботами, но и другими устройствами, имеющими микропроцессорное управление.

Fuzzy logic is used in control systems of modern robots, so it is advisable to submit robot control commands based on fuzzy logic, which will allow robots to effectively perform the tasks set. The paper discusses the transport robot control by voice commands and the procedure of its movement modeling in the software product Microsoft Robotics Developer Studio. To simulate the movement of the transport robot, the Visual Programming Language was used; it is a visual programming environment for creating and debugging applications. To recognize voice commands, you use a tablet computer or a mobile phone with an Android operating system with an application that allows you to control the robot using the Bluetooth interface. A program has been developed that will allow a person to control a robot through speech. A visual program for controlling the movement of the transport robot has been obtained. An example of robot simulation and its trajectory with the use of voice control is given. The developed control system allows to follow the transport robot from one target point to another using voice control. The task of controlling the robot using voice control is greatly simplified, since it practically does not require special skills from the operator. Ultimately, voice control will facilitate the use of robots in industry, everyday life and other areas. It will be possible to control not only robots, but also other devices that have microprocessor control.

Ключевые слова: голосовые команды, транспортный робот, управление, моделирование.

Keywords: voice commands, transport robot, control, simulation.