

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

№3(7)
2019

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Севастопольский государственный университет»

Выходит 4 раза в год

АВТОМАТИЗАЦИЯ И
ИЗМЕРЕНИЯ В МАШИНО-
ПРИБОРОСТРОЕНИИ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Брянск 2019 г.

Главный редактор

Копп В.Я., д.т.н., проф.

(г. Севастополь)

Заместитель главного редактора

Филипович О.В., к.т.н., доц.

(г. Севастополь)

Научный редактор

Бохонский А.И., д.т.н., проф.

(г. Севастополь)

Ответственный секретарь

Осипов К.Н., к.т.н., доц.

(г. Севастополь)

Редакционная коллегия

Пашков Е.В., д.т.н., проф.

(г. Севастополь)

Обжерин Ю.Е., д.т.н., проф.

(г. Севастополь)

Краснодубец Л.А., д.т.н.,

проф.

(г. Севастополь)

Скатков А.В., д.т.н., проф.

(г. Севастополь)

Песчанский А.И., д.т.н., проф.

(г. Севастополь)

Рзаев Р.Р., д.т.н., проф.

(г. Баку)

Прейс В.В., д.т.н., проф.

(г. Тула)

Кристалль М.Г., д.т.н., проф.

(г. Волгоград)

Дьяченко В.А., д.т.н., проф.

(г. Санкт-Петербург)

Волков А.Н., д.т.н., проф.

(г. Санкт-Петербург)

Доронина Ю.В., д.т.н., доц.

(г. Севастополь)

Качур С.М., д.т.н., доц.

(г. Севастополь)

Васютенко А.П., к.т.н., доц.

(г. Севастополь)

Балакин А.И., к.т.н., доц.

(г. Севастополь)

Круговой А.Н., к.т.н., доц.

(г. Севастополь)

Скидан А.А., к.т.н., доц.

(г. Севастополь)

Заморёнов М.В., к.т.н.

(г. Севастополь)

Майстришин М.М., к.т.н.

(г. Севастополь)

СОДЕРЖАНИЕ

В номере отпечатаны материалы международной научно-технической конференции «Автоматизация и приборостроение: проблемы, решения» АППР-2019

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВОМ

- Вартанов М.В., Зинина И.Н., Зотин Д.О.** Экспериментальные исследования роботизированной отделочной обработки авиационных агрегатов **3**
- Карлов А.Г.** Структура систематических непрерывных инноваций в период перехода от традиционного производства к передовым производственным технологиям **11**
- Лазарев В.Б., Поляков А.М., Сопин П.К., Картавенко А.А.** Обеспечение синхронных движений исполнительных органов электроприводов ЕРСО фирмы FESTO в стенде для испытаний трансфеморальных протезов **17**
- Липка В.М., Братан С.М., Рапацкий Ю.Л.** Анализ и выбор рационального варианта резьбошлифования при изготовлении резьбонакатных роликов **25**
- Шушляпин Е.А., Безуглая А.Е.** Управление антропоморфным роботом методом конечного состояния **38**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

- Попов Н.М., Серов А.Н.** Сравнительный анализ методов снижения эффекта «растекания спектра» **48**
- Доронина Е.Б.** Повышение эффективности обслуживания сложной технической аппаратуры на основе модельно-ориентированного проектирования **54**
- Осадченко А.Е.** Автоматизированная система имитации качки судна на основе многокоординатной платформы **61**
- Чупрынин Е.А., Доронина Ю.В.** Функциональное моделирование как способ описания процесса информационного поиска **67**
- Копп В.Я., Заморёнов М.В., Чаленков Н.И., Скатков И.А.** Моделирование функционирования производственного элемента с обесценивающими отказами при использовании численного метода фазового укрупнения **73**
- Обжерин Ю.Е., Бойко Е.Г., Федоренко С.Н.** Стационарные характеристики надежности и эффективности технической системы с упреждающим восстановлением по остаточной наработке **88**

БИОМЕДИЦИНСКИЕ ПРИБОРЫ И ТЕХНОЛОГИИ

- Пашков Е.В., Поливцев В.П.** Мультициклонные гидровытеснители гидроприводов промышленного технологического оборудования **98**

Учредитель: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 299053, Российская Федерация, Севастополь, ул. Университетская 33. № рег. СМИ: ПИ№ФС77-73958 от 12.окт.2018 г.

Издатель: 1. ФГАОУ ВО Российская Федерация, «Брянский государственный технический университет», 241035, г. Брянск, бул.50 лет Октября, 7;
2. ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 299053, Российская Федерация, Севастополь, ул. Университетская 33.

© ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© Авторы статей

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ АВИАЦИОННЫХ АГРЕГАТОВ

Вартанов М.В., Зинина И.Н., Зотин Д.О.

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы роботизации отделочных слесарных операций. Приведен обзор возможных технических решений при роботизации ручных доводочных операций. Рассматривается экспериментальная установка для роботизированной отделочной обработки, оснащенная силомоментным датчиком, шпинделем, оснасткой и инструментом. Приведены результаты экспериментальных исследований. Сформулированы задачи дальнейшей работы.

Ключевые слова. Роботизированная обработка, отделочные операции, авиационные агрегаты, качество поверхности.

Вартанов Михаил Владимирович, д-р техн. наук, профессор, m.v.vartanov@mospolytech.ru, Россия, Москва, Московский политехнический университет

Зинина Инна Николаевна, канд. техн. наук, доцент, i.n.zinina@mospolytech.ru, Россия, Москва, Московский политехнический университет.

Зотин Даниил Олегович, аспирант, kalapsov@yandex.ru, Россия, Москва, Московский политехнический университет

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF ROBOTIZED FINISHING OF AIRCRAFT UNITS

M.V. Vartanov, I.N. Zinina, D.O. Zotin

The article discusses the prospects for the robotics of finishing locksmith operations. A review of possible technical solutions for the robotization of manual lapping operations is given. An experimental setup for robotic finishing processing is considered, equipped with a torque sensor, spindle, tooling and tool. The results of experimental studies are presented. The tasks of further work are formulated.

Keywords: robotic processing, finishing operations, aircraft units, surface quality.

Vartanov Mikhail Vladimirovich, Doctor of Engineering sciences, professor, m.v.vartanov@mospolytech.ru, Russia, Moscow, Moscow Polytechnic University

Zinina Inna Nikolaevna, Ph.D. tech. sciences, associate professor, i.n.zinina@mospolytech.ru, Russia, Moscow, Moscow Polytechnic University.

Zotin Daniil Olegovich, PhD student, kalapsov@yandex.ru, Russia, Moscow, Moscow Polytechnic University

СТРУКТУРА СИСТЕМАТИЧЕСКИХ НЕПРЕРЫВНЫХ ИННОВАЦИЙ В ПЕРИОД ПЕРЕХОДА ОТ ТРАДИЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА К ПЕРЕДОВЫМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

Карлов А.Г.

Аннотация. Показано, что в настоящее время в современной высокотехнологичной промышленности произошли значительные структурные изменения – смещение «центра тяжести» в глобальной конкуренции на этап проектирования. Анализируется такое явление как глобальная цифровая трансформация экономики в цифровую экономику, а высокотехнологичной промышленности – в цифровую промышленность. Обосновывается идея, что компьютерное проектирование и моделирование, в процессе применения передовых промышленных технологий (ППТ), будет более эффективным, если современный софт, поддерживающий процессы генерации изобретательских идей станет применяться еще на стадии создания концепта инновационного изделия или технологии.

Ключевые слова. Передовые производственные технологии, компьютерное проектирование и моделирование, концепт инновационного проекта, цифровые модели изделий и процессов, прорывные исследования, методы компьютерного проектирования новых материалов.

Карлов Антон Георгиевич, к.т.н., доцент, antkar38cam@gmail.com, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

STRUCTURE OF REGULAR CONTINUOUS INNOVATIONS IN TRANSITION FROM TRADITIONAL MANUFACTURE TO THE ADVANCED INDUSTRIAL TECHNOLOGIES.

A.G. Karlov

It is shown, that now in the modern hi-tech industry there were considerable structural changes - displacement of "centre of gravity" in a global competition on a design stage. The idea is proved, that computer designing and modelling, in the course of application of the advanced industrial technologies (AIT), will be even more effective if the modern software supporting processes of generation inventive ideas begins to be applied at a creation stage concept of innovative product or technology. The urgency of wider application of the perspective software products supporting processes of generation of inventive ideas at a stage of concept creation of the innovative project is shown.

Key words: new industrial revolution, the advanced industrial technologies, the automated designing and modelling, technology of innovative designing, the hi-tech industry, the digital industry, methods of computer designing of new materials.

Karlov Anton Georgievich, Ph.D., the senior lecturer, antkar38cam@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИНХРОННЫХ ДВИЖЕНИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ЕРСО ФИРМЫ FESTO В СТЕНДЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ТРАНСФЕМОРАЛЬНЫХ ПРОТЕЗОВ

Лазарев В.Б., Поляков А.М., Сопин П.К., Картавенко А.А.

Аннотация. Статья содержит описание способов для синхронизации работы приводов устройства с параллельной механической структурой. Предложен метод получения управляющих данных с использованием математической модели устройства. Описан макет для демонстрации предложенного метода.

Ключевые слова. Трансфеморальный протез, испытания, платформа Гью-Стюарта, протокол CVE, сокеты TCP/IP.

Лазарев Виктор Борисович, ведущий инженер, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет.

Поляков Александр Михайлович, к.т.н, доцент, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет.

Сопин Павел Константинович, к.т.н, доцент, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет.

Картавенко Анастасия Александровна, студент 3 курса, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет.

THE SIMULTANEOUS MOVEMENTS OF THE EXECUTIVE BODIES OF THE ACTUATOR EPCO OF FESTO IN THE STAND FOR TESTING OF TRANSFEMORAL PROSTHESES.

V.B. Lazarev, A.M. Polykov, P.K. Sopin, A.A. Kartavenko

The article contains a description of methods for synchronizing the operation of the drives of a device with a parallel mechanical structure. A method for obtaining control data using a mathematical model of the device is proposed. The model for demonstration of the offered methods and ways is described.

Keys word: transfemoral prosthesis, Tests, Hugh-Stewart Platform, CVE Protocol, TCP/IP Sockets

Lazarev Viktor Borisovich, leading engineer, Sevastopol state University

Alexander M. Polyakov, Ph. D., associate Professor, Russia, Sevastopol, Sevastopol state University

Sopin Pavel Konstantinovich, Ph. D., associate Professor, Russia, Sevastopol, Sevastopol state University

Anastasia Kartavenko, 3rd year student, Russia, Sevastopol, Sevastopol state University

АНАЛИЗ И ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА РЕЗЬБОШЛИФОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ РЕЗЬБОНАКАТНЫХ РОЛИКОВ

Липка В.М., Братан С.М., Рапацкий Ю.Л.

Аннотация. Исследуется процесс шлифования наружной резьбы на резьбонакатных роликах. Шлифование однониточным кругом позволяет получать наиболее точную наружную резьбу, но повышение производительности процесса, обеспечение качества, стабильности профиля и шага, предотвращение прижогов и других дефектов остается актуальной задачей. По результатам экспериментальных исследований предлагается рациональный вариант выбора параметров резьбошлифования, в т.ч. глубины резания. Предлагаемый вариант позволяет существенно повысить производительность процесса резьбошлифования без потери качества резьбовой поверхности.

Ключевые слова. Резьбошлифование, резьбонакатные ролики, износ абразивного круга.

Липка Виктория Михайловна, старший преподаватель, lipka.vita@yandex.ru, Россия, Севастополь, Филиал ФГБОУ ВО «ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова» в г. Севастополь,

Братан Сергей Михайлович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой», serg.bratan@gmail.com, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

Рапацкий Юрий Леонидович, канд. техн. наук, доцент, директор Центра оценки качества образования, u.l.rapatskiy@mail.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

THE ANALYSIS AND SELECTION OF A RATIONAL VARIANT OF THREAD GRINDING IN THE MANUFACTURE OF THREAD ROLLING ROLLERS

V.M. Lipka, S.M. Bratan, Yu.L. Rapatskiy

The process of external thread grinding on thread-rolling rollers is investigated. Grinding with a single-thread wheel allows to obtain the most accurate external thread, but improving the performance of the process, ensuring the quality, stability of the profile and pitch, preventing burns and other defects remains an urgent problem. The results of experimental research the rational choice of parameters of resubstitute, including the depth of cut. The proposed option can significantly improve the performance of the thread grinding process, without losing the quality of the threaded surface.

Key words: thread grinding, thread rolling rollers, abrasive wheel wear.

Victoria Lipka, Senior Lecturer, lipka.vita@yandex.ru, Russia, Sevastopol, Philial FGBOU VO "State Maritime University named after Admiral F.F. Ushakov" in the city of Sevastopol

Sergey Bratan, Professor, Doctor of Technical Sciences, Chief of chair, serg.bratan@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol state University

Yuriy Rapatskiy, PhD, associate professor, Director of the Center for education quality assessment, u.l.rapatskiy@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol state University

УПРАВЛЕНИЕ АНТРОПОМОРФНЫМ РОБОТОМ МЕТОДОМ КОНЕЧНОГО СОСТОЯНИЯ

Шушляпин Е.А., Безуглая А.Е.

Аннотация. В работе рассматривается задача приведения конечного эффектора антропоморфного робота в заданное положение за заданное время с помощью метода конечного состояния. На основе известной кинематической модели антропоморфного робота, построенной на основе подхода Денавита-Хартенберга, сформулирована динамическая модель, учитывающая динамику приводов сочленений. В качестве объекта использован реальный робот SAR-400, для которого разработан и верифицирован компьютерным моделированием алгоритм метода конечного состояния.

Ключевые слова. Антропоморфный робот, нелинейная система, метод конечного состояния, терминальное управление.

Шушляпин Евгений Андреевич, доктор технических наук, профессор, 6u6@bk.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

Безуглая Анна Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент, anna_bezuglaya@list.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет.

CONTROL OF ANTHROPOMORPHIC ROBOT USING TERMINAL STATE METHOD

E.A. Shushlyapin, A.E. Bezuglaya

The paper deals with the problem of bringing the final effector of an anthropomorphic robot to a given position in a given time using the terminal state method. On the basis of the known kinematic model of anthropomorphic robot, built on the basis of the Denavit-Hartenberg approach, a dynamic model is formulated that takes into account the dynamics of joint drives. The object used is a real robot SAR-400, for which the algorithm of the terminal state method is developed and verified by computer simulation.

Keywords: anthropomorphic robot; nonlinear system; terminal state method; terminal control.

Shushlyapin Evgeny A., doctor of technical Sciences, Professor, 6u6@bk.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Bezuglaya Anna E., candidate of technical Sciences, associate Professor, anna_bezuglaya@list.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ЭФФЕКТА «РАСТЕКАНИЯ СПЕКТРА»

Попов Н.М., Серов А.Н.

Аннотация. Данная статья посвящена рассмотрению различных методов снижения эффекта «растекания спектра» применительно к средствам измерения показателей качества электроэнергии (СИ ПКЭ). В нормативных документах ГОСТ Р 54130-2010 и ГОСТ 33073-2014 приводятся определения качества электроэнергии и критерии оценки качества электроэнергии. Методы, рассмотренные в статье, предлагается использовать для разработки эталонного устройства для поверки СИ ПКЭ класса А, удовлетворяющим вышеназванным ГОСТам.

Ключевые слова. Дискретное и быстрое преобразование Фурье, амплитудный и фазовый спектр, эффект «растекания спектра»

Попов Николай Максимович, магистр, popownm@yandex.ru, Россия, Москва, Национальный исследовательский университет «МЭИ»,

Серов Андрей Николаевич, канд. техн. наук, doc., serov.an.iit@yandex.ru, Россия, Москва, Национальный исследовательский университет «МЭИ».

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE METHODS FOR DECREASING SPECTRUM LEAKAGE

N.M. Popov, A.N. Serov

This article is devoted to the consideration of various methods of reducing the spectrum leakage in relation of measuring power quality indicators. The documents GOST R 54130-2010 and GOST 33073-2014 provide definitions of power quality and criteria for measuring power quality. The methods considered in the article are proposed to be used for the development of a reference instrument for verification of class. A measurement instrument, satisfying the above-mentioned State Standards.

Key words: discrete and fast Fourier transform, amplitude and phase spectrum, spectrum leakage.

Popov Nikolay Maksimovich, master of technical sciences, popownm@yandex.ru, Russia, Moscow, Moscow Power Engineering Institute (National Research University),

Serov Andrey Nikolayevich, candidate of technical sciences, docent, serov.an.iit@yandex.ru, Russia, Moscow, Moscow Power Engineering Institute (National Research University).

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Доронина Е.Б.

Аннотация. Рассмотрены проблемы избыточности процессов при эксплуатации сложных информационных и технических систем, а также оптимизации процессов и ресурсов жизненного цикла технических систем. Показаны возможности анализа процессов в рамках скоростного проектирования на основе моделей, построенных в среде AnyLogic. В процессе исследования определены ключевые точки жизненного цикла системы и показано преимущество точечного моделирования как основы организационного управления процессами. На основе предложенных моделей, а также идентификации этапов жизненного цикла получены оценки длительности реализации каждой работы в рамках отдельного этапа жизненного цикла, что позволило формировать эффективные планы обслуживания сложной технической аппаратуры.

Ключевые слова. Информационная система, техническая система, организационное управление, жизненный цикл, моделирование, AnyLogic, поддержка принятия решений, ремонт сложных технических объектов.

Доронина Екатерина Борисовна, инженер-конструктор СКБ «Меридиан», ГППП «Гранит» doka0605@yandex.ru, Севастополь, Россия.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF MAINTENANCE OF COMPLEX TECHNICAL EQUIPMENT ON THE BASIS OF MODEL-BASED DESIGN

E.B. Doronina

The problems of redundancy of processes in the operation of complex information and technical systems, as well as optimization of processes and resources of the life cycle of complex technical systems are considered. The possibilities of process analysis in the framework of high-speed design based on models built in AnyLogic environment are shown. In the course of the study, the key points of the system life cycle are identified and the advantage of point modeling as the basis of organizational management processes is shown. On the basis of the proposed models, as well as the identification of the life cycle stages, the estimates of the duration of each work within a separate life cycle stage were obtained, which allowed to form effective plans for the maintenance of complex technical equipment

Key words: information system, technical system, organizational management, life cycle, modeling, AnyLogic, decision support.

Doronina Ekaterina Borisovna, design engineer of Concern VKO Almaz-Antey, GPTP "Granite", SKB "Meridian", doka0605@yandex.ru, Sevastopol, Russia.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИМИТАЦИИ КАЧКИ СУДНА НА ОСНОВЕ МНОГОКООРДИНАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Осадченко А. Е.

Аннотация. *Исследуется возможность использования многокоординатной платформы с параллельной кинематической схемой, управляемой шаговыми двигателями для создания автоматизированной системы имитации бортовой и килевой качки судна.*

Ключевые слова. *Имитатор качки, многокоординатная платформа, шаговый двигатель, обратная задача динамики, моделирование.*

Осадченко Александр Евгеньевич, канд. техн. наук, aeosadchenko@rambler.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет.

AUTOMATED SYSTEM FOR SIMULATING SHIP'S ROLLS BASED ON A MULTI-AXIS PLATFORM

A.E. Osadchenko

The possibility of using a multi-axis platform with a parallel kinematic scheme controlled by stepper motors to create an automated system for simulating pitching of a ship is being investigated.

Key words: pitching simulator, multi-axis platform, stepping motor, inverse kinematics problem, simulation.

Osadchenko Alexander Evgenevich, candidate of technical sciences, aeosadchenko@rambler.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССА ИНФОРМАЦИОННОГО ПОИСКА

Чупрынин Е.А., Доронина Ю.В.

Аннотация. Рассматривается процесс информационного поиска в сети Интернет на основе функционального моделирования, описываются его характеристики. В контексте данного исследования произведено детальное описание операций, составляющих рассматриваемый процесс, что позволило получить иерархию функциональных моделей, по которым возможно проводить реорганизацию, развитие и управление процессами информационного поиска.

Ключевые слова. Информационный поиск, информационная система, анализ данных, функциональное моделирование, организационные процессы.

Чупрынин Евгений Александрович, *ch.evgenii.01@gmail.com*, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет,

Доронина Юлия Валентиновна, д-р техн. наук, проф., *juvado@yandex.ru*, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

FUNCTIONAL MODELING AS A WAY TO DESCRIBE THE INFORMATION SEARCH PROCESS

E.A. Chuprynin, Y.V. Doronina

The process of information search in the Internet on the basis of functional modeling is considered. The characteristics of such a process are described. A detailed description of the operations that make up the process under consideration is made. It has allowed to receive hierarchy of functional models on which it is possible to carry out reorganization, development and management of processes of information search.

Key words: information search, information system, data analysis, functional modeling, organizational procedures.

Chuprynin Evgenii Aleksandrovich, ch.evgenii.01@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University,

Doronina Yulia Valentinovna, doctor of technical sciences, professor, juvado@yandex.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭЛЕМЕНТА С ОБЕСЦЕНИВАЮЩИМИ ОТКАЗАМИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА ФАЗОВОГО УКРУПНЕНИЯ СИСТЕМ

Копп В.Я., Заморёнов М.В., Чаленков Н.И., Скатков И.А.

Аннотация. Приведен численный метод фазового укрупнения полумарковских систем с общим фазовым пространством состояний. Рассмотрено применение данного метода при моделировании производственного элемента с обесценивающими отказами. Составлена и решена система уравнений для определения вида искомой функции распределения. Проведенное сравнение результатов моделирования показало правильность приведенного метода.

Ключевые слова. Полумарковская система, алгоритм фазового укрупнения, функция распределения, непрерывные состояния, времена пребывания в состояниях, плотности вероятностей перехода, вложенная цепь Маркова.

Копп Вадим Яковлевич, д.т.н., профессор, v_kopp@mail.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

Заморёнов Михаил Вадимович, к.т.н., доцент, zamoryonoff@gmail.com, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

Чаленков Никита Игоревич, аспирант, chalenkov-nikita@yandex.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

Скатков Иван Александрович, к.т.н., доцент, sks144@yandex.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

MODELING OF OPERATING ELEMENT FUNCTIONING WITH DECREASING FAILURES WHEN USING THE NUMERICAL METHOD OF PHASE ENHANCEMENT OF SYSTEMS

V.Ya. Kopp, M.V. Zamorenov, N.I. Chalenkov, I.A. Skatkov

A numerical method of phase enlargement of semi-Markov systems with a common phase state space is presented. The application of this method in modeling a production element with depreciating failures is considered. A system of equations is compiled and solved to determine the form of the desired distribution function. The comparison of simulation results showed the correctness of the above method.

Keywords: semi-Markov system; phase enlargement algorithm; distribution function; continuous states; time spent in states; transition probability density; nested Markov chain.

Kopp Vadim Yakovlevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, v_kopp@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Zamoryonov Mikhail Vadimovich, Ph.D., Associate Professor, zamoryonoff@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Chalenkov Nikita Igorevich, graduate student, chalenkov-nikita@yandex.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Skatkov Ivan Aleksandrovich, Ph.D., Associate Professor, sks144@yandex.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

СТАЦИОНАРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С УПРЕЖДАЮЩИМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ ПО ОСТАТОЧНОЙ НАРАБОТКЕ

Обжерин Ю.Е., Бойко Е.Г., Федоренко С.Н.

Аннотация. Одним из методов повышения надежности и эффективности технических систем является упреждающее восстановление, которое позволяет снизить последствия отказов системы. В статье рассматривается полумарковская модель контроля скрытых отказов технической системы с учетом упреждающего восстановления за оставшееся время до следующего скрытого отказа. Найдены стационарные характеристики надежности и эффективности системы. Полученные результаты могут быть использованы для оценки эффективности применения упреждающего восстановления.

Ключевые слова. Техническая система, упреждающее восстановление, стационарные характеристики, полумарковский процесс.

Обжерин Юрий Евгеньевич, д-р техн. наук, проф., проф., objsev@mail.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет.

Бойко Елена Георгиевна, к.т.н., доцент, доцент, boiko_eg@ukr.net, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет.

Федоренко Сергей Николаевич, старший преподаватель, sergey.fedor@mail.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет.

STATIONARY CHARACTERISTICS OF RELIABILITY AND EFFICIENCY OF TECHNICAL SYSTEM WITH PREEMPTIVE RECOVERY BY RESIDUAL OPERATION TIME

Y. E. Obzherin, E. G. Boyko, S. N. Fedorenko

One of the methods to improve the reliability and efficiency of technical systems is preemptive recovery, which allows to reduce the effects of system failures. The article discusses the semi-Markov model for monitoring latent failures of a technical system, taking into account preemptive recovery for the remaining time until the next latent failure. The stationary characteristics of the reliability and efficiency of the system are found. The results can be used to assess the effectiveness of the use of preemptive recovery.

Keywords: technical system, semi-Markov process, preemptive recovery, stationary characteristics

Obzherin Yuriy Evgenievich doctor of technical sciences, professor, professor, objsev@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University,

Boyko Elena Georgievna, candidate of technical sciences, docent, docent, boiko_eg@ukr.net, Russia, Sevastopol State University,

Fedorenko Sergey Nikolaevich, st. prep., sergey.fedor@mail.ru, Russia, Sevastopol State University.

МУЛЬТИСИЛЬФОННЫЕ ГИДРОВЫТЕСНИТЕЛИ ГИДРОПРИВОДОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Пашков Е.В., Поливцев В.П.

Аннотация. Проанализированы функциональные возможности сильфонных (моносильфонных) и других типов гидравлических устройств, применяющихся в гидроприводах технологического промышленного оборудования при нормальных и высоких давлениях жидких рабочих сред. Обосновано создание и применение мультисильфонных гидравлических устройств, позволяющих уменьшить потери давления, обусловленные упругой осевой деформацией сильфонов, снижающие точность передачи давления одной жидкой среды другой. Приведена методика определения необходимого числа сильфонов в конструкции гидравлического устройства в зависимости от перепада давления в полости камеры технологического оборудования. Описаны конструкция и принцип работы гидравлических устройств с односторонним и двусторонним расположением сильфонов относительно разделителя сред.

Ключевые слова. Гидропривод, гидравлический насос, сильфон, разделитель жидких сред.

Пашков Евгений Валентинович, д.т.н., профессор, pashkov@sevsu.ru, Россия, Севастопольский государственный университет

Поливцев Виктор Петрович, к.т.н., доцент, polivcev.viktor@yandex.ru, Россия, Севастопольский государственный университет

MULTISILPHONE HYDRAULIC COMPONENTS OF HYDRAULIC DRIVES OF INDUSTRIAL TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

Pashkov E.V., Polivtsev V.P.

The functional capabilities of bellows (mono-bellows) and other types of hydraulic propellants used in hydraulic actuators of technological industrial equipment at normal and high pressures of liquid working media are analyzed. The creation and use of multisillon hydraulic jacks, justifying the reduction of pressure losses due to elastic axial deformation of the syphons, reducing the accuracy of pressure transfer from one liquid medium to another has been substantiated. A method for determining the required number of bellows in the design of a hydraulic propellant depending on the pressure drop across the chamber of the process equipment is given. The design and principle of operation of hydraulic piers with one-sided and two-sided positioning of the bellows relative to the media separator are described.

Keywords: hydraulic actuator, hydraulic mixer, bellows, separator for liquid media.

Pashkov Yevgeny Valentinovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, pashkov@sevsu.ru, Russia, Sevastopol State University

Polivtsev Viktor Petrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate, polivcev.viktor@yandex.ru, Russia, Sevastopol State University