

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

№2(22)
2023

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

Выходит 4 раза в год

ISSN 2658-4727

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ В МАШИНО- ПРИБОРОСТРОЕНИИ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Севастополь, 2023

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

Балакин А.И., к.т.н., доц.

(г. Севастополь)

Редакционная коллегия

Варганов М.В., д.т.н., проф.

(г. Москва)

Греков Н.А., д.т.н., проф.

(г. Севастополь)

Доронина Ю.В., д.т.н., проф.

(г. Севастополь)

Жмудь В.А., д.т.н., проф.,

(г. Новосибирск)

Краснодубец Л.А., д.т.н., проф.

(г. Севастополь)

Моисеев Д.В., д.т.н., проф.

(г. Севастополь)

Обжерин Ю.Е., д.т.н., проф.

(г. Севастополь)

Пашков Е.В., д.т.н., проф.

(г. Севастополь)

Песчанский А.И., д.т.н., проф.

(г. Севастополь)

Петрешин Д.И., д.т.н., проф.

(г. Брянск)

Прейс В.В., д.т.н., проф.

(г. Тула)

Щенятский А.В., д.т.н., проф.

(г. Севастополь)

Заморёнов М.В., к.т.н., доц

(г. Севастополь)

Майстришин М.М., к.т.н., доц.

(г. Севастополь)

Рапацкий Ю.Л., к.т.н., доц.

(г. Севастополь)

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ И
ПРОИЗВОДСТВАМИ

Копп В.Я., Липка В.М. Исследование параметров деталей с резьбой для автоматизированной сборки резьбовых соединений 3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

Бохонский А.И., Варминская Н.И. Оптимальное движение антропоморфного манипулятора в морской среде 13

Обжерин Ю.Е., Сидоров С.М., Федоренко С.Н. Приближенное нахождение характеристик надежности системы с поэлементным резервом времени 24

Скатков И.А., Осипов К.Н. Модель динамической взаимосвязи между коэффициентом топливной коррекции и уровнем токсичности поршневых двигателях внутреннего сгорания 40

Карташов Л.Е. Имитационная модель участка гибкой автоматической линии с накопителем в виде лотка с активным ориентирующим устройством 52

Цуканов А.В. Применение технологии RPA для анализа рынка технологического оборудования 61

Копп В.Я., Заморёнов М.В., Чаленков Н.И. Оптимизация параметров системы с последовательным соединением производственных элементов 71

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Поливцев В.П., Поливцев В.В., Балакин А.И. Исследование процесса насыщения газом жидкости в замкнутом контуре аппарата жидкостного дыхания 77

Балакина Н.А., Балакин А.И. Влияние температурных деформаций звеньев измерительной руки на погрешность координатных измерений 97

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ С РЕЗЬБОЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СБОРКИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Копп В.Я., Липка В.М.

Аннотация. Рассматриваются задачи обеспечения качества и надежности высоконагруженных резьбовых соединений в составе сложных изделий, выпускаемых машиностроением и другими производственными отраслями. Оценивается влияние различных факторов, проявляющихся на этапах жизненного цикла резьбовых соединений, на качество и надежность изделий при эксплуатации. Анализируются результаты исследований параметров крепежных деталей с резьбой и их влияние на качество сборки резьбовых соединений. Полученные результаты могут быть использованы на предприятиях, осуществляющих сборку высоконагруженных соединений из резьбовых деталей.

Ключевые слова. Автоматизированная сборка, надежность резьбовых соединений, резьбосборочное оборудование, этапы жизненного цикла резьбовых соединений.

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

Липка Виктория Михайловна, доцент, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

INVESTIGATION OF PARAMETERS OF THREADED PARTS FOR AUTOMATED ASSEMBLY OF THREADED CONNECTIONS

V.Ya. Kopp, V.M. Lipka

The problems of ensuring the quality and reliability of highly loaded threaded connections as part of complex products manufactured by mechanical engineering and other manufacturing industries are considered. The influence of various factors manifested at the stages of the life cycle of threaded connections on the quality and reliability of products during operation is evaluated. The results of studies of the parameters of threaded fasteners and their impact on the assembly quality of threaded connections are analyzed. The results obtained can be used at enterprises that assemble highly loaded connections from threaded parts.

Keywords: automated assembly, reliability of threaded connections, threading equipment, life cycle stages of threaded connections.

Kopp Vadim Yakovlevich, doctor of technical sciences, professor, v_kopp@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Lipka Victoria Mikhailovna, docent, VMLipka@sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

ОПТИМАЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ АНТРОПОМОРФНОГО МАНИПУЛЯТОРА В МОРСКОЙ СРЕДЕ

Бохонский А.И., Варминская Н.И.

Аннотация. *Использован алгоритм решения полной обратной задачи вариационного исчисления для поиска управления типа «разгон-торможение» при переносном движении объекта. Принципиальное отличие – отсутствие предварительно задаваемого критерия оптимальности. С использованием углового ускорения (управления) исследовано оптимальное вращение консольного элемента антропоморфного манипулятора с учётом линейно-вязкого сопротивления морской среды. Движущие моменты найдены как решения обратной задачи динамики. И с учётом сопротивления движению возможна экономия энергии для достижения конечного состояния (по сравнению с известным классическим управлением).*

Ключевые слова. *Динамика вращения консоли, оптимальное ускорение, линейно-вязкое сопротивление, антропоморфный манипулятор, кинематические характеристики, движущие моменты.*

Бохонский Александр Иванович, д.т.н., профессор, bohon.alex@mail.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

Варминская Наталья Ивановна, к.т.н., доцент, заведующая кафедрой, nvarminska@gmail.com, Россия, Севастополь, Черноморское высшее военно-морское училище имени П.С. Нахимова

OPTIMAL MOVEMENT OF ANTHROPOMORPHOUS MANIPULATOR IN MARINE ENVIRONMENT

A.I. Bokhonsky, N.I. Varminskaya

An algorithm for solving the complete inverse task of the variational calculus for a control of the "acceleration-deceleration" type for an object portable movement is used. The fundamental difference is the absence of a pre-set optimality criterion. With the use of angular acceleration (control), the optimal rotation of the cantilever element of an anthropomorphic manipulator is investigated, taking into account the linear-viscous resistance of the marine environment. Driving moments are found as solutions to the inverse task of dynamics. Taking into account the movement resistance, it is possible to save energy to achieve the final state (compared to the known classical control).

Keywords: *rotation dynamics console, optimal acceleration, linear-viscous resistance, anthropomorphic manipulator, kinematic characteristics, driving moments.*

Bokhonsky Alexander Ivanovich, doctor of technical sciences, professor, bohon.alex@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Varminskaya Natalia Ivanovna, candidate of technical sciences, docent, head of the department, nvarminska@gmail.com, Russia, Sevastopol, Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov

ПРИБЛИЖЕННОЕ НАХОЖДЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ С ПОЭЛЕМЕНТНЫМ РЕЗЕРВОМ ВРЕМЕНИ

Обжерин Ю.Е., Сидоров С.М., Федоренко С.Н.

Аннотация. Одним из методов повышения надежности и эффективности технических систем является временное резервирование. Оно предоставляет системе дополнительное время (резерв времени) на восстановление характеристик. В данной работе строится полумарковская модель с общим фазовым пространством состояний двухкомпонентной системы с поэлементным резервом времени. Рассматривается случай, когда резерв времени (мгновенно пополняемый) имеет только один из элементов системы. Получены расчетные формулы для приближенного вычисления стационарных характеристик надежности системы, используя построенную полумарковскую модель и алгоритм асимптотического фазового укрупнения. Проводится сравнение результатов вычислений, полученных с использованием приближенных и точных формул.

Ключевые слова. Полумарковская модель, резерв времени, алгоритм асимптотического фазового укрупнения, опорная система, характеристики надежности.

Обжерин Юрий Евгеньевич, д.т.н., профессор, objsev@mail.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

Сидоров Станислав Михайлович, к.т.н., доцент, xaevec@mail.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

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

APPROXIMATE DETERMINATION OF THE RELIABILITY CHARACTERISTICS OF A SYSTEM WITH A TIME RESERVE USING ITS SEMI-MARKOV MODEL

Yu. E. Obzherin, S. M. Sidorov, S. N. Fedorenko

One of the methods for improving the reliability and efficiency of technical systems is temporary redundancy. It provides the system with additional time (time reserve) to restore performance. In this paper, we construct a semi-Markov model with a common phase space of states of a two-component system with an element-wise time reserve. We considering a case, when the time reserve (instantly replenished) has only one of the system elements. Using the developed semi-Markov model and the algorithm of asymptotic phase enlargement, we obtain calculation formulas for the approximate calculation of the system reliability stationary characteristics. The results of calculations obtained using approximate and analytical formulas are compared.

Key words: Semi-Markov model, time reserve, asymptotic phase enlargement algorithm, reference system, reliability characteristics.

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

Sidorov Stanislav M., candidate of technical sciences, docent, xaevec@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University,

Fedorenko Sergey N., senior lecturer, sergey.fedor@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University.

МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ КОЭФФИЦИЕНТОМ ТОПЛИВНОЙ КОРРЕКЦИИ И УРОВНЕМ ТОКСИЧНОСТИ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Скатков И.А., Осипов К.Н.

Аннотация. Предлагается подход к эмпирическому моделированию причинно-следственных динамических зависимостей между значениями коэффициента топливной коррекции и концентрацией кислорода в отработавших газах поршневых двигателей внутреннего сгорания с последующим использованием полученных моделей для решения оптимизационной задачи с точки зрения принятых критериев. Преимущество использования предлагаемого подхода в сравнении с существующими методами, основанными на использовании топливных таблиц, связано с уменьшением коэффициента перерегулирования при работе двигателя на переходных и нестационарных режимах нагружения, уменьшением концентрации токсичных компонентов, содержащихся в отработавших газах без увеличения производственных затрат и снижения мощностных характеристик.

Ключевые слова. Оптимизация, моделирование, поршневые двигатели, коэффициент топливной коррекции.

*Скатков Иван Александрович, к.т.н., доцент, IASkatkov@sevsu.ru, Россия, Севастополь
Севастопольский государственный университет*

*Осипов Константин Николаевич, к.т.н., доцент, KNOsipov@sevsu.ru, Россия, Севастополь
Севастопольский государственный университет*

OPTIMIZING THE PERFORMANCE OF THE AIR-FUEL RATIO CONTROL SYSTEM IN RECIPROCATING ENGINES

I.A. Scatkov, K.N. Osipov

Empirical relationships between fuel ratio correction value and the concentration of oxygen in the engine exhaust gases are created. They form a basis to control the fuel mixture composition and to reduce the concentration of toxic components.

Key words: optimization, piston engines, fuel correction factor.

*Scatkov Ivan Aleksandrovich, candidate of technical sciences, docent, IASkatkov@sevsu.ru, Russia,
Sevastopol, Sevastopol state university*

*Osipov Konstantin Nikolaevich. candidate of technical sciences, docent, KNOsipov@sevsu.ru, Russia,
Sevastopol, Sevastopol state university*

**ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УЧАСТКА ГИБКОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ С
НАКОПИТЕЛЕМ В ВИДЕ ЛОТКА С АКТИВНЫМ ОРИЕНТИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ**

Карташов Л.Е.

Аннотация. разработана имитационная модель функционирования участка автоматической линии, состоящего из двух станков и ориентирующего лотка между ними. На основе модели определены конструктивные параметры лотка, обеспечивающие максимальную производительность.

Ключевые слова. имитационная модель, ориентирующий лоток, гибкая автоматическая линия.

*Карташов Леонид Евгеньевич, к.т.н., доцент, lekartashov@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь
Севастопольский государственный университет*

**SIMULATION MODEL OF A SECTION OF A FLEXIBLE AUTOMATIC LINE WITH A STORAGE IN
THE FORM OF A TRAY WITH AN ACTIVE ORIENTING DEVICE**

L.E. Kartashov

A simulation model for the operation of a section of an automatic line has been developed, consisting of two machines and an orienting tray between them. Based on the model, the design parameters of the tray are determined to ensure maximum productivity.

Key words: simulation model, orienting tray, flexible automatic line.

Kartashov Leonid Evgenievich, candidate of technical sciences, docent, lekartashov@mail.sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol state university

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ RPA ДЛЯ АНАЛИЗА РЫНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Цуканов А.В.

Аннотация. Рассматриваются возможности применения технологии программных роботов (RPA) для поиска и анализа информации в больших базах данных в интернете о состоянии рынка технологического оборудования. Дан анализ структуры получаемой информации. Предлагается использовать метод отсеивающего эксперимента для выбора значимых факторов, влияющих на функцию отклика. В частности, рассмотрено статистическое моделирование стоимости обрабатывающих центров от множества возможных параметров.

Ключевые слова. Технологическое оборудование, большие базы данных, автоматизация бизнес-процессов, статистическое моделирование, отсеивающие эксперименты.

Цуканов Александр Викторович, д.т.н., профессор, tsukanov2@gmail.com, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

APPLICATION OF RPA TECHNOLOGY FOR ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL EQUIPMENT MARKET

A.V. Tsukanov

The possibilities of using the technology Robotic Process Automation for searching and analyzing information in large databases on the Internet about the state of the technological equipment market are considered. The analysis of the structure of the received information is given. It is proposed to use the method of screening experiment to select significant factors affecting the response function. In particular, statistical modeling of the cost of processing centers from a variety of possible parameters is considered.

Keywords: technological equipment, large databases, automation of business processes, statistical modeling, screening experiments.

*Tsukanov Alexander Viktorovich, doctor of technical sciences, professor,
tsukanov2@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol state university*

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

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

Аннотация. В статье производится оптимизация параметров системы, состоящей из трёх последовательно соединённых производственных элементов. При оптимизации параметров используется закон падающей отдачи. Приводятся параметры отклика каждого из элементов и результаты оптимизации вложений средств в повышении коэффициента готовности.

Ключевые слова. Оптимизация, закон падающей отдачи, производственный элемент, последовательное соединение.

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, ассистент, chalenkov-nikita@yandex.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF A SYSTEM CONSISTING OF A SERIAL CONNECTION OF THREE PRODUCTION ELEMENTS

V.Ya. Kopp, M.V. Zamoryonov, N.I. Chalenkov

The article optimizes the parameters of a system consisting of three serially connected production elements. When optimizing the parameters, the law of decreasing returns is used. The article presents the response parameters of each of the elements and the results of optimizing investments in increasing the availability factor.

Keywords: optimization, the law of decreasing returns, production element, serial connection.

Kopp Vadim Yakovlevich, doctor of technical sciences, professor, v_kopp@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Zamoryonov Mikhail Vadimovich, candidate of technical sciences, docent, Zamoryonoff@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАСЫЩЕНИЯ ГАЗОМ ЖИДКОСТИ В ЗАМКНУТОМ КОНТУРЕ АППАРАТА ЖИДКОСТНОГО ДЫХАНИЯ

Поливцев В.П., Поливцев В.В., Балакин А.И.

Аннотация. Представлены результаты исследований технологии жидкостного дыхания для процесса насыщения газом жидкости. Разработаны конструкции медицинских аппаратов жидкостного дыхания с замкнутым дыхательным контуром, в основе которого используется схема ультразвукового удаления газов и две схемы оксигенации (насыщения) дыхательной жидкости – одна барботированием, а другая – смешанная с барботированием и струйным насосом. Разработана инженерная методика определения скорости насыщения жидкости газом для схем с барботированием. Получены эмпирические зависимости коэффициента, определяющего скорость насыщения кислородом и концентрации кислорода в жидкости. Приведены графики, подтверждающие возможность использования полученных эмпирических зависимостей.

Ключевые слова. Избыточное давление, жидкостное дыхание, ультразвук, дыхательная жидкость, замкнутый дыхательный контур.

Поливцев Виктор Петрович, заведующий лабораторией, VPPolitsev@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

Поливцев Владимир Викторович, руководитель группы, VVPolitsev@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

Балакин Алексей Игоревич, к.т.н, доцент, ведущий научный сотрудник, AIBalakin@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

STUDY OF THE PROCESS OF LIQUID GAS SATURATION IN A CLOSED LOOP LIQUID BREATHING APPARATUS

V.P. Politsev, V.V. Politsev, A.I. Balakin

Studies of liquid breathing technology for the process of gas saturation of the liquid are proposed. Developed designs of medical liquid breathing devices with a closed breathing circuit, based on the ultrasonic gas removal scheme and two schemes of oxygenation (saturation) of breathing fluid one by barbotage and the other mixed with barbotage and jet pump. An engineering method for determining the rate of fluid gas saturation for schemes with barbotage has been developed. Empirical dependences of the coefficient determining the oxygen saturation rate and oxygen concentration in the liquid are obtained. Graphs confirming the possibility of using the obtained empirical dependences are given.

Keywords. Overpressure, fluid breathing, ultrasound, breathing fluid, closed breathing circuit.

Viktor Petrovich Politsev, head of the laboratory, VPPolitsev@mail.sevsu.ru, Russia, Sevastopol State University

Politsev Vladimir Viktorovich, candidate of technical sciences, Docent, Leading researcher, VVPolitsev@sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Balakin Alexey Igorevich, candidate of technical sciences, Docent, Leading researcher, AIBalakin@sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗВЕНЬЕВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ РУКИ НА ПОГРЕШНОСТЬ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Балакина Н.А., Балакин А.И.

Аннотация. Рассмотрены погрешности измерения координатно-измерительных машин. Приведена математическая модель для оценки точности измерительной руки. Рассмотрено влияние температурных деформаций звеньев измерительной руки на погрешность координатных измерений. Представлены результаты моделирования и проведен их анализ, показавший степень влияния температурных деформаций на точность измерительной руки при использовании различных материалов звеньев.

Ключевые слова. Координатные измерения, векторный анализ, погрешность, точность измерений, температурная погрешность, температурная деформация.

Балакина Наталья Анатольевна, старший преподаватель, NABalakina@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

Балакин Алексей Игоревич, к.т.н., доцент, AIBalakin@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

INFLUENCE OF TEMPERATURE DEFORMATIONS OF MEASURING ARM LINKS ON COORDINATE MEASUREMENT ERROR

N.A. Balakina, I.A. Balakin

Measurement errors of coordinate measuring machines are considered. A mathematical model for estimating the accuracy of a measuring arm is given. The influence of temperature deformations of measuring arm links on the error of coordinate measuring is considered. Simulation results are presented and their analysis, which has shown the degree of influence of temperature deformations on the accuracy of a measuring arm using different link materials, is carried out.

Keywords: coordinate measurements, vector analysis, error, measurement accuracy, temperature error, temperature deformation.

Balakina Natalya Anatolyevna, senior lecturer, NABalakina@sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Balakin Alexey Igorevich, candidate of technical sciences, docent, AIBalakin@sevsu.ru, Russia, Sevastopol State University