

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

№1(29)
2025

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, 2025

Главный редактор
Филипович О.В., к.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Заместитель главного
редактора
Балакин А.И., к.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Научный редактор
Бохонский А.И., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)

Редакционная коллегия
Вартанов М.В., д.т.н., проф.
(г. Москва)
Греков Н.А., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Доронина Ю.В., д.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Жмудь В.А., д.т.н., доц.,
(г. Новосибирск)
Краснодубец Л.А., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Моисеев Д.В., д.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Обжерин Ю.Е., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Осипов К.Н., д.т.н., доц.
(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

- Бурлака В.В., Гулаков С.В., Головин А.Ю.** Разработка системы 4
беспроводной зарядки БПЛА с вертикальным взлетом/посадкой
Грушун А.И., Грушун Т.А., Осадченко А.Е. Обеспечение качества 21
системы автоматического управления промышленного робота

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

- Бохонский А.И., Рыжков А.И., Корнеева Н.К.** Погрешность измерений 33
при определении энергоёмкости оптимального движения
Ольшанская И.В., Федоренко С.Н. Влияние различных видов простоев 41
на производительность двухфазной автоматизированной линии с
накопителем
Балакин А.И., Балакин И.А., Осипов К.Н. Имитационная модель 52
асинхронной автоматизированной линии с возвратом продукции на
повторное обслуживание на основе проведенных измерений
Песчанский А.И. Стационарные показатели ненадежной системы 63
М / G / N / 0 с учетом профилактики каналов в зависимости от времени
обслуживания заявок
Филипович О.В. Моделирование и оптимизация показателей селективной 76
сборки электрических цепей генераторов сигналов

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ

- Карлусов В.Ю., Кудрявченко И.В.** О влиянии инерционности 87
измерительного прибора на точность измерений
Юрков А.С., Селиванов И.А., Плетнев М.А. Оптимизация состава 96
твердого электролита на основе диоксида циркония для
высокотемпературных сенсоров кислорода
Осипов К.Н., Балакин А.И. К вопросу минимизации количества 110
многократных измерений

Подписной индекс научного журнала 85768 по интернет-каталогу «Пресса России».

Научный журнал входит в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», утвержденный ВАК Минобрнауки РФ, по следующим научным специальностям:

- 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ производствами (технические науки);
 - 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды производствами (технические науки);
 - 2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).
- Учредитель и издатель: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» ул. Университетская, 33. Севастополь, 299053.

Editor-in-Chief

Filipovich O.V., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

Deputy Editor-in-Chief

Balakin A.I., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

Scientific Editor

Bokhonsky A.I., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Editorial Board

Vartanov M.V., doctor of technical sciences, professor (Moscow)

Grekov N.A., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Doronina Yu.V., doctor of technical sciences, docent (Sevastopol)

Zhmud V.A., doctor of technical sciences, docent (Novosibirsk)

Krasnodubets L.A., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Moiseev D.V., doctor of technical sciences, docent (Sevastopol)

Obzherin Yu.E., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Osipov K.N., doctor of technical sciences, docent (Sevastopol)

Peschanskiy A.I., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Petreshin D.I., doctor of technical sciences, professor (Bryansk)

Preis V.V., doctor of technical sciences, professor (Tula)

Schenyatsky A.V., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Zamoryonov M.V., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

Maystrishin M.M., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

Rapatsky Yu.L., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

CONTENTS

AUTOMATION AND CONTROL OF PROCESSES AND PRODUCTIONS

- Burlaka V.V., Gulakov S.V., Golovin A.Yu.** VTOL UAV wireless charging system 4
- Grushun A.I., Grushun T.A., Osadchenko A.E.** Quality assurance of the automatic control system of an industrial robot 21

MATHEMATICAL MODELLING, NUMERICAL METHODS AND SOFTWARE PACKAGES

- Bokhonsky A.I., Ryzhkov A.I., Korneeva N.K.** Measurement error in determining the energy capacity of optimal movement 33
- Olshanskaya I.V., Fedorenko S.N.** Influence of different types of downtime on performance of two-phase automated line with storage 41
- Balakin A.I., Balakin I.A., Osipov K.N.** Simulation model of asynchronous automated line with production return for repeated service on the basis of conducted measurements 52
- Peschansky A.I.** Stationary indicators of an unreliable M / G / N / 0 system with channel maintenance taken into account depending on the application service time 63
- Filipovich O.V.** Modelling and optimisation of selective assembly indicators of electrical circuits of signal generators 76

MEASURING INSTRUMENTS AND METHODS

- Karlusov V.Yu., Kudryavchenko I.V.** On the influence of measuring device inertia on measurement accuracy 87
- Yurkov A.S., Selivanov I.A., Pletnev M.A.** Optimization of the composition of a solid electrolyte based on zirconium dioxide for high-temperature oxygen sensors 96
- Osipov K.N., Balakin A.I.** On the question of minimizing the number of multiple measurements 110

Subscription index of the scientific journal is 85768 according to the Internet catalogue "Press of Russia".

The scientific journal is included in the "List of peer-reviewed scientific editions, in which the main results of dissertations for the degree of Candidate of sciences, for the degree of Doctor of sciences should be published", approved by the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, in the following scientific specialties:

1.2.2. Mathematical modeling, numerical methods and software packages

2.2.8. Methods and devices for monitoring and diagnostics of materials, products, substances and the natural environment

2.3.3. Automation and control of technological processes and productions

Founder and publisher: FSAEI HE «Sevastopol State University» ul. Universitetskaya, 33. Sevastopol, 299053.

© FSAEI HE «Sevastopol State University»

© Authors of the articles

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКИ БПЛА С ВЕРТИКАЛЬНЫМ ВЗЛЕТОМ/ПОСАДКОЙ

Бурлака В.В.¹, Гулаков С.В.², Головин А.Ю.³

VTOL UAV WIRELESS CHARGING SYSTEM

Burlaka V.V.¹, Gulakov S.V.², Golovin A.Yu.³

Аннотация. В работе предложена система беспроводной зарядки БПЛА с вертикальным взлетом/посадкой. Обоснована целесообразность применения таких систем в условиях удаленности от обитаемых (обслуживаемых) объектов либо в агрессивной среде, на территории, недоступной для обслуживающего персонала и в иных случаях. Выбраны схемные решения и конструкция устройств для беспроводной передачи электрической энергии от источника к потребителю. Проведены расчеты элементов систем.

Abstract. The paper proposes a wireless charging system for UAVs with vertical takeoff/landing (VTOL). The expediency of using such systems in conditions of remoteness from inhabited (serviced) objects or in an aggressive environment, in an area inaccessible to maintenance personnel and in other cases is justified. Circuit solutions and design of devices for wireless transmission of electrical energy from a source to a load are described. Calculations of the elements of the systems have been carried out.

Ключевые слова. Беспроводная зарядка АКБ, БПЛА, воздушный трансформатор, мостовой инвертор, схема замещения, векторные диаграммы, резонансная частота.

Keywords. Wireless battery charging, UAV, air-core transformer, bridge inverter, substitution circuit, phasor diagrams, resonant frequency.

¹Бурлака Владимир Владимирович, д-р техн. наук, доц., директор Научно-технического центра, vburlaka@rambler.ru, Россия, Мариуполь, ФГБОУ ВО «Приазовский государственный технический университет»

²Гулаков Сергей Владимирович, д-р техн. наук, проф., ведущий научный сотрудник, gulakov.s.v@yandex.ru, Россия, Мариуполь, ФГБОУ ВО «Приазовский государственный технический университет»

³Головин Андрей Юрьевич, младший научный сотрудник, a.golovin@tms-2022.ru, Россия, Мариуполь, ФГБОУ ВО «Приазовский государственный технический университет»

Burlaka Vladimir Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Docent, Head of Department, vburlaka@rambler.ru, Russia, Mariupol, Pryazovskyi State Technical University

Gulakov Sergey Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher, gulakov.s.v@yandex.ru, Russia, Mariupol, Pryazovskyi State Technical University

Golovin Andrey Yurievich, Research Assistant, a.golovin@tms-2022.ru, Russia, Mariupol, Pryazovskyi State Technical University

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Грушун А.И.¹, Грушун Т.А.², Осадченко А.Е.³

QUALITY ASSURANCE OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF AN INDUSTRIAL ROBOT

Grushun A.I.¹, Grushun T.A.², Osadchenko A.E.³

Аннотация. Рассматривается алгебраический метод построения областей с гарантированным показателем качества систем автоматического управления (САУ) промышленных роботов. Классическое решение такой задачи на ЭВМ требует многократного построения и анализа кривых переходного процесса. Предлагается определять показатели качества САУ без непосредственного построения кривой переходного процесса по положительным вещественным корням специально построенных алгебраических уравнений. Вычисление положительных вещественных корней, в отличие от вычисления комплексных корней, не представляет сложности.

Abstract. An algebraic method for constructing regions with a guaranteed quality indicator of automatic control systems (ACS) of industrial robots is considered. The classical solution of such a problem on a computer requires multiple construction and analysis of transient process curves. It is proposed to determine the quality indicators of ACS without directly constructing a transient process curve using positive real roots of specially constructed algebraic equations. Calculating positive real roots, unlike calculating complex roots, is not difficult.

Ключевые слова. Промышленный робот, линейная система автоматического управления, перерегулирование, область устойчивости, область качества, положительные вещественные корни.

Keywords. Industrial robot, linear automatic control system, overregulated, stability area, quality area, positive real roots.

¹Грушун Андрей Иванович, канд. техн. наук, доц., доцент, a.gran69@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

²Грушун Татьяна Александровна, канд. техн. наук, доц., доцент, gai_gta@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

³Осадченко Александр Евгеньевич, канд. техн. наук, доцент, aeosadchenko@rambler.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Grushun Andrey Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, a.gran69@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Grushun Tatiana Alexandrovna, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, gai_gta@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Osadchenko Alexander Evgenievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, aeosadchenko@rambler.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ОПТИМАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Бохонский А.И.¹, Рыжков А.И.², Корнеева Н.К.³

MEASUREMENT ERROR IN DETERMINING THE ENERGY CAPACITY OF OPTIMAL MOVEMENT

Bokhonsky A.I.¹, Ryzhkov A.I.², Korneeva N.K.³

Аннотация. При конструировании оптимальных управлений (от заданного полинома переносного ускорения через уравнение Эйлера восстановление функционала-критерия) выявлены важные особенности: тенденция экономии энергии с ростом степени задаваемого полинома и возможность достижения абсолютного покоя в конечном состоянии при перемещении упругого объекта за определяемое из моментных соотношений время движения. Возможность достижения абсолютного покоя при быстром поступательном и вращательном движениях была подтверждена экспериментально. Для проверки тенденции снижения энергии важна оценка влияния погрешностей измерений на конечный результат. Предложена методика – по измерению кинематических параметров относительного движения упругого объекта определение переносных ускорения и скорости (решение обратной задачи динамики).

Abstract. During constructing optimal controls (from a given polynomial of translational acceleration through the Euler equation, restoration of the functional criterion) important features were revealed: a tendency to save energy with an increase in the degree of the given polynomial and the possibility of achieving absolute rest in the final state when moving an elastic object for a time of motion determined from moment relations. The possibility of achieving absolute rest during rapid translational and rotational motions was confirmed experimentally. To check the tendency to reduce energy, it is important to assess the effect of measurement errors on the final result. A technique is proposed - by measuring the kinematic parameters of the relative motion of an elastic object, determining the translational acceleration and velocity (solving the inverse problem of dynamics).

Ключевые слова. Конструирование управления, разгон-торможение, относительное движение, погрешность параметров, погрешность вычисления энергии.

Keywords. Control design, acceleration-braking, relative motion, parameter error, energy calculation error.

¹Бохонский Александр Иванович, д-р техн. наук, проф., профессор, bohon.alex@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

²Рыжков Александр Игоревич, канд. техн. наук, доцент, ryzhkov2206@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

³Корнеева Надежда Константиновна, старший преподаватель, nkkorneeva@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Bokhonsky Alexander Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, bohon.alex@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Ryzhkov Aleksandr Igorevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, ryzhkov2206@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Korneeva Nadezhda Konstantinovna, Senior Lecturer, nkkorneeva@mail.sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПРОСТОЕВ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ДВУХФАЗНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ С НАКОПИТЕЛЕМ

Ольшанская И.В.¹, Федоренко С.Н.²

INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF DOWNTIME ON PERFORMANCE OF TWO-PHASE AUTOMATED LINE WITH STORAGE

Olshanskaya I.V.¹, Fedorenko S.N.²

Аннотация. Исследуется функционирование двухфазной автоматизированной линии с накопителем. Получены формулы для стационарных характеристик системы: средней стационарной наработки на отказ, стационарного времени восстановления, стационарного коэффициента использования. Проведен анализ влияния различных видов простоев на производительность системы. Определена производительность линии при различном времени обработки выпускающего устройства.

Abstract. The functioning of a two-phase automated line with a storage device is investigated. Formulas for the stationary characteristics of the system are obtained: average stationary time between failures, stationary recovery time, stationary utilization factor. An analysis of the influence of various types of downtime on the system performance is carried out. The performance of the line is determined at different processing times of the output device.

Ключевые слова. Двухфазная система, промежуточный накопитель, стационарный коэффициент использования, производительность, виды простоев.

Keywords. Two-phase system, intermediate storage, steady-state utilization rate, productivity, types of downtime

¹Ольшанская Ирина Владимировна, канд. техн. наук, доц., доцент, ivolshanskaya@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

²Федоренко Сергей Николаевич, старший преподаватель, snfedorenko@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Olshanskaya Irina Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, ivolshanskaya@mail.sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Fedorenko Sergey Nikolaevich, Senior Lecturer, snfedorenko@mail.sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ С ВОЗВРАТОМ ПРОДУКЦИИ НА ПОВТОРНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ НА ОСНОВЕ ПРОВЕДЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Балакин А.И.¹, Балакин И.А.², Осипов К.Н.³

SIMULATION MODEL OF ASYNCHRONOUS AUTOMATED LINE WITH PRODUCTION RETURN FOR REPEATED SERVICE ON THE BASIS OF CONDUCTED MEASUREMENTS

Balakin A.I.¹, Balakin I.A.², Osipov K.N.³

Аннотация. Рассмотрена структура асинхронной автоматизированной линии с повторным обслуживанием, предложена имитационная модель. Приведен листинг программы на языке GPSS. Описан алгоритм работы программы. Выполнено моделирование и проведен анализ его результатов, показавший возможности увеличения производительности гибкой автоматизированной линии при использовании повторного обслуживания.

Abstract. The structure of asynchronous automated line with repeated maintenance is considered, simulation model is proposed. The listing of the programme in GPSS language is given. The algorithm of the programme operation is described. The simulation is performed and the analysis of its results is carried out, showing the possibility of increasing the productivity of a flexible automated line when using repeated maintenance.

Ключевые слова. Асинхронная автоматизированная линия, имитационное моделирование, повторное обслуживание, производительность.

Keywords. Asynchronous automated line, simulation modelling, repeated maintenance, productivity.

¹Балакин Алексей Игоревич, канд. техн. наук, доц., доцент, AIBalakin@sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

²Балакин Игорь Алексеевич, студент, ibalakin72@gmail.com, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

³Осипов Константин Николаевич, д-р техн. наук, доц., доцент, knosipov@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Balakin Alexey Igorevich, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, AIBalakin@sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Balakin Igor Alexeyevich, Student, ibalakin72@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Osipov Konstantin Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, knosipov@mail.sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

**СТАЦИОНАРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НЕНАДЕЖНОЙ СИСТЕМЫ $M/G/N/0$ С
УЧЕТОМ ПРОФИЛАКТИКИ КАНАЛОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ
ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАЯВОК**

Песчанский А.И.¹

**STATIONARY INDICATORS OF AN UNRELIABLE $M/G/N/0$ SYSTEM WITH
CHANNEL MAINTENANCE TAKEN INTO ACCOUNT DEPENDING ON THE APPLICATION
SERVICE TIME**

Peschansky A.I.¹

Аннотация. Построена полумарковская модель функционирования ненадежной восстанавливаемой многоканальной системы обслуживания с потерями и учетом технического обслуживания ее каналов. Решение о проведении технического обслуживания каналов принимают в моменты превышения временами обслуживания заявок заранее установленных лимитов. Входящий в систему поток заявок предполагается простейшим, все остальные случайные величины, описывающие эволюцию системы, имеют распределения общего вида. Найдены стационарные показатели системы: финальные вероятности состояний; среднее число каналов, занятых обслуживанием заявок, аварийным восстановлением и техническим обслуживанием; средние стационарные доход и затраты. Определен момент времени, начиная с которого система начинает приносить прибыль в стационарном режиме.

Abstract. We construct a semi-Markov model of the functioning of an unreliable recoverable multichannel service system with losses and taking into account its channel technical maintenance. The decision to carry out technical maintenance of channels is made at the moment requests service times exceed pre-established limits. The request flow entering the system is assumed to be the simplest; all other random variables describing the system evolution have general distributions. The following stationary indicators of the system were found: final state probabilities; the channel average number occupied with request servicing, emergency recovery and technical maintenance; average stationary income and costs. The point in time has been determined, starting from which the system begins to generate profit in a stationary mode.

Ключевые слова. Ненадежная многоканальная система обслуживания, техническое обслуживание каналов, стационарные вероятности состояний, средние стационарные доход и затраты.

Keywords. Unreliable multichannel service system, channel maintenance, stationary state probabilities, average stationary income and costs.

¹Песчанский Алексей Иванович, д-р техн. наук, проф., профессор, peschansky_sntu@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Peschansky Aleksey Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, peschansky_sntu@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ГЕНЕРАТОРОВ СИГНАЛОВ

Филипович О.В.¹

MODELLING AND OPTIMISATION OF SELECTIVE ASSEMBLY INDICATORS OF ELECTRICAL CIRCUITS OF SIGNAL GENERATORS

Filipovich O.V.¹

Аннотация. Рассмотрена возможность применения метода селективной сборки элементов внешних RC-генераторов сигналов, обеспечивающего заданную точность тактовых частот. Использован метод линеаризации известной нелинейной зависимости между входными и выходными параметрами. Для принятых исходных данных поставлена и решена задача оптимального выбора пределов допускаемой погрешности измерения, обеспечивающих требуемую минимальную долю бракованных сборочных комплектов.

Abstract. The possibility of application of the method of selective assembly of elements of external RC-signal generators providing the given accuracy of cycle frequencies is considered. The method of linearisation of known nonlinear dependence between input and output parameters is used. For the accepted initial data, the problem of optimal choice of limits of tolerable error of measurement, providing the required minimum portion of defective assembly sets was defined and solved.

Ключевые слова. Селективная сборка, электрическая цепь, генератор сигналов, нелинейная зависимость, оптимизация.

Keywords. Selective assembly, electrical circuit, signal generator, nonlinear dependence, optimisation.

¹Филипович Олег Викторович, канд. техн. наук, доц., доцент, ophis1@yandex.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Filipovich Oleg Viktorovich, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, ophis1@yandex.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

О ВЛИЯНИИ ИНЕРЦИОННОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ

Карлусов В.Ю.¹, Кудрявченко И.В.²

ON THE INFLUENCE OF MEASURING DEVICE INERTIA ON MEASUREMENT ACCURACY

Karlusov V.Yu.¹, Kudryavchenko I.V.²

Аннотация. В статье исследуется влияние инерционности прибора, моделируемого аperiodическим звеном 1-го порядка, на динамическую погрешность измерения. Погрешность оценивается для случайных процессов, которые отличаются хаотичностью своих реализаций. Исследование проводилось на примере процессов, описываемых экспоненциальной и колоколообразной корреляционными функциями. Выведены формулы для расчёта относительной среднеквадратической динамической погрешности для этих пограничных случаев.

Abstract. The article studies the effect of the inertia of a device modeled by the first-order aperiodic link on the dynamic measurement error. The error is estimated for random processes that are characterized by the chaotic nature of their implementations. The study was conducted using the example of processes described by exponential and bell-shaped correlation functions. Formulas for calculating the relative root-mean-square (RMS) dynamic error for these boundary cases were derived.

Ключевые слова. Точность измерения, средний квадрат ошибки, динамическая составляющая погрешности.

Keywords. Measurement accuracy, mean square of error, dynamic component of error.

¹Карлусов Вадим Юрьевич, канд. техн. наук, доц., доцент, kvyu_2015@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

²Кудрявченко Иван Владимирович, канд. техн. наук, доц., доцент, IVKudryavchenko@sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Karlusov Vadim Yur'evich, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, kvyu_2015@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Kudryavchenko Ivan Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, IVKudryavchenko@sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ТВЕРДОГО ЭЛЕКТРОЛИТА НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СЕНСОРОВ КИСЛОРОДА

Юрков А.С.¹, Селиванов И.А.², Плетнев М.А.³

OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF A SOLID ELECTROLYTE BASED ON ZIRCONIUM DIOXIDE FOR HIGH-TEMPERATURE OXYGEN SENSORS

Yurkov A.S.¹, Selivanov I.A.², Pletnev M.A.³

Аннотация. Проводится комплексное исследование свойств оксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия, как материала для высокотемпературных керамических датчиков концентрации кислорода. Рассматривается стабилизация диоксида циркония, которая необходима для предотвращения фазовых переходов из тетрагональной в моноклинную фазу, вызывающих хрупкость и разрушение материала. Описаны принципы работы таких сенсоров на основе электрохимического эффекта, который возникает при взаимодействии кислорода с платиновыми электродами, нанесенными на внутреннюю и внешнюю поверхность керамического элемента. Особое внимание уделено проблемам долговечности и надежности сенсоров в условиях высоких температур (около 700°C), что требует стабилизации материала с содержанием оксида иттрия до 10%. Также в работе представлены методики изготовления и нанесения пористого платинового покрытия, влияющего на чувствительность и долговечность датчиков, и проведен анализ стабильности их работы в течение длительного времени. Полученные результаты могут быть использованы для создания надежных отечественных аналогов кислородных датчиков, применяемых в различных промышленных отраслях, таких как энергетика, химическая и металлургическая промышленность.

Abstract. A comprehensive study of the properties of zirconium oxide stabilized with yttrium oxide as a material for high-temperature ceramic oxygen concentration sensors is being conducted. The stabilization of zirconium dioxide is considered, which is necessary to prevent phase transitions from the tetragonal to the monoclinic phase, causing fragility and destruction of the material. The principles of operation of such sensors based on the electrochemical effect that occurs when oxygen interacts with platinum electrodes applied to the inner and outer surfaces of a ceramic element are described. Special attention is paid to the problems of durability and reliability of sensors at high temperatures (about 700 °C), which requires stabilization of the material with a content of yttrium oxide up to 10%. The paper also presents methods for manufacturing and applying a porous platinum coating that affects the sensitivity and durability of sensors, and analyzes the stability of their operation over a long time. The results obtained can be used to create reliable domestic analogues of oxygen sensors used in various industrial sectors, such as energy, chemical and metallurgical industries.

Ключевые слова. Диоксид циркония, электролит, высокотемпературный керамический датчик, электропроводность, подвижность ионов кислорода, электрохимический концентрационный элемент.

Keywords. Zirconium dioxide, electrolyte, high-temperature ceramic sensor, electrical conductivity, mobility of oxygen ions, electrochemical concentration element.

¹Юрков Александр Сергеевич, аспирант, Россия, Чайковский, ООО «ЭРИС»; Россия, Ижевск, ФГБОУ ВО ИжГТУ им. М.Т. Калашикова

²Селиванов Илья Алексеевич, Россия, Чайковский, ООО «ЭРИС»

³Плетнев Михаил Андреевич, д-р хим. наук, профессор, Россия, Ижевск, ФГБОУ ВО ИжГТУ им. М.Т. Калашикова

Yurkov Alexandr Sergeevich, Postgraduate Student, Russia, Chaykovsky, LLC «ERIS»; Russia, Izhevsk, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Selivanov Ilya Alekseevich, Russia, Chaykovsky, LLC «ERIS»

Pletnev Mikhail Andreevich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Russia, Izhevsk, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

К ВОПРОСУ МИНИМИЗАЦИИ КОЛИЧЕСТВА МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Осипов К.Н.¹, Балакин А.И.²

ON THE QUESTION OF MINIMIZING THE NUMBER OF MULTIPLE MEASUREMENTS

Osipov K.N.¹, Balakin A.I.²

Аннотация. В работе предлагается новый подход к решению задачи выбора наименьшего с точки зрения информационного критерия количества многократных измерений в процессе контроля линейных и угловых размеров. Рабочая гипотеза состоит в том, что увеличение количества многократных измерений, реализуемых в постоянных условиях, вызывает рост информационной избыточности и себестоимости процесса измерений, не вызывая значительного положительного и гарантированного приращения различающей информации, позволяющей судить о степени соответствия оцениваемого размера требованиям технической документации. В связи с этим, количество различающей информации может быть использовано в качестве меры, определяющей минимально необходимый объем многократных измерений, обеспечивающих заданную точность. Предлагаемый подход не привязан к конкретному объекту и поэтому может быть использован для широкого круга машиностроительных изделий.

Abstract. The paper proposes a new approach to solving the problem of selecting the smallest number of multiple measurements in terms of the information criterion in the process of quality control of general-purpose products. The working hypothesis is that an excessive increase in the number of multiple measurements over time leads to an increase in information redundancy and the cost of the measurement process, without causing a significant positive increment in the distinguishing information that allows one to judge the degree of compliance of the product with the requirements of technical documentation. In this regard, the amount of discriminating information can be used as a measure determining the minimum necessary amount of repeated measurements to ensure a given accuracy. The proposed approach is not tied to a specific product and can therefore be used for a wide range of engineering products.

Ключевые слова. Моделирование, теория информации, многократные измерения.

Keywords. Modeling, information theory, multiple measurements.

¹Осипов Константин Николаевич, д-р техн. наук, доц., доцент, knosipov@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

²Балакин Алексей Игоревич, канд. техн. наук, доц., доцент, AIBalakin@sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Osipov Konstantin Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, knosipov@mail.sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Balakin Alexey Igorevich, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, AIBalakin@sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University, Sevastopol, Russia.