

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

№4(20)
2022

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, 2022

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

- Козырев В.Г.** Синтез закона терминального управления остановом электропривода методом SDRE 3
- Бохонский А.И., Рыжков А.И.** Динамические усилия в элементах подвеса при колебаниях маятника волновой энергоустановки 14
- Скитяев Д.И., Дробитько А.И., Лосев Д.В., Чаленков Н.И., Заморёнов И.М.** Исследование точности повторяемости по оси Z модуля на базе манипулятора типа SCARA 22

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

- Песчанский А.И.** Стационарные характеристики двухкомпонентной системы обслуживания с потерями и контролем качества обслуживания 30
- Поляков А.А., Моисеев Д.В., Машенко Е.Н.** Система поддержки принятия решения по управлению структурно-сложными организационно-техническими системами специального-назначения 39
- Сидоров С.М., Обжерин Ю.Е., Федоренко С.Н.** Полумарковская модель участка интеллектуальной распределительной сети 47
- Доронина Ю.В., Мустафаева М.И.** Информационная система поддержки транспортного обслуживания парково-рекреационных зон с применением беспилотных технологий 65
- Кротов К.В.** Иерархические модели оптимизации расписаний обработки партий в мелкосерийных производствах 78

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ

- Изместьев И.Д., Щенятский А.В.** Датчики четырех осевого гироскопического блока и величина шума 100
- Осипов К.Н., Новиков В.В.** Распознавания неисправностей машиностроительных изделий 109

СИНТЕЗ ЗАКОНА ТЕРМИНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОСТАНОВОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕТОДОМ SDRE

Козырев В.Г.

Аннотация. Построен закон терминального управления скоростью электропривода с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения с применением метода SDRE. Особенность задачи состоит в нелинейном характере динамики электропривода. Известные методы аналитического конструирования регуляторов в данном случае не пригодны. Применение метода SDRE позволило найти закон управления, работающий по принципу обратной связи и обеспечивающий равномерное и быстрое уменьшение скорости привода вплоть до его останова за заданное время.

Ключевые слова. Терминальное управление, метод SDRE, нелинейные системы, электропривод, последовательное возбуждение.

Козырев Владимир Георгиевич, к.т.н., доцент, vldr.kzrv@yandex.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

SYNTHESIS OF THE LAW OF TERMINAL CONTROL OF ELECTRIC DRIVE STOP BY THE SDRE METHOD

V.G. Kozyrev

The law of terminal speed control of an electric drive with a DC motor of sequential excitation is constructed by applying the SDRE method. The peculiarity of the problem is the nonlinear nature of the dynamics of the electric drive. The known methods of analytical design of regulators are not suitable in this case. The application of the SDRE method made it possible to find a terminal control mechanism that works on the feedback principle and ensures a uniform and rapid reduction in the speed of the drive up to its stop in a given time.

Key words: terminal control, SDRE method, nonlinear systems, electric drive, sequential excitation.

Kozyrev Vladimir Georgievich, candidate of technical sciences, docent, vldr.kzrv@yandex.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

ДИНАМИЧЕСКИЕ УСИЛИЯ В ЭЛЕМЕНТАХ ПОДВЕСА ПРИ КОЛЕБАНИЯХ МАЯТНИКА ВОЛНОВОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ

Бохонский А.И., Рыжков А.И.

Аннотация. С использованием упрощенной динамической модели волновой энергоустановки исследованы колебания внутренних продольных усилий в несущих стержнях подвеса маятника при горизонтальных волновых воздействиях. Значения периодических динамических усилий позволяют оценить прочность стоек с позиций усталости материала.

Ключевые слова: волновая энергоустановка, колебания маятника, конструкция подвеса, динамические внутренние усилия.

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

Рыжков Александр Игоревич, старший преподаватель, ryzhkov2206@mail.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

DYNAMIC FORCES IN THE SUSPENSION ELEMENTS DURING OSCILLATIONS OF THE PENDULUM IN A WAVE POWER PLANT

A.I. Bokhonsky, A.I. Ryzhkov

Using a simplified dynamic model of a wave power plant, the oscillations of internal longitudinal forces in the bearing rods of a pendulum suspension under horizontal wave effects are studied. The values of periodic dynamic forces make it possible to evaluate the strength of the posts in terms of material fatigue.

Key words: wave power plant, pendulum oscillations, suspension design, dynamic internal forces.

Bokhonsky Alexander, doctor of technical sciences, professor, professor of the department «Digital Design», bohon.alex@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University,

Ryzhkov Aleksandr, senior lecturer of the department «Digital Design», ryzhkov2206@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПОВТОРЯЕМОСТИ ПО ОСИ Z МОДУЛЯ НА БАЗЕ МАНИПУЛЯТОРА ТИПА SCARA

Скитяев Д.И., Дробитько А.И., Лосев Д.В., Чаленков Н.И., Заморёнов И.М.

Аннотация. Выполнено исследование точности повторяемости по оси Z модуля на базе манипулятора типа SCARA. Особенностью манипуляторов данного типа является рычажная система, которая обеспечивает перемещение конечного звена в плоскости XY за счет вращательных приводов рычагов механизма. Описана конструкция модуля на базе манипулятора типа SCARA, схемы исследования точности повторяемости (повторного выхода рабочего органа манипулятора на точку). Приведены результаты исследования повторного выхода рабочего органа манипулятора на точку.

Ключевые слова: манипулятор, SCARA, точность, повторяемость.

Скитяев Даниил Иванович, студент, skittles.dan@mail.ru, Россия, Севастопольский государственный университет

Дробитько Артем Игоревич, студент, artemdko@gmail.com, Россия, Севастопольский государственный университет

Лосев Даниил Валерьевич, студент, ldaniil02@mail.ru, Россия, Севастопольский государственный университет

Чаленков Никита Игоервич, ассистент, chalenkov-nikita@yandex.ru, Россия, Севастопольский государственный университет

Заморёнов Илья Михайлович, студент, ilia.zamoryonov@gmail.com, Россия, Севастопольский государственный университет

STUDY OF REPEATABILITY ACCORDING TO THE Z-AXIS OF A MODULE BASED ON A SCARA TYPE MANIPULATOR

D.I. Skityaev, A.I. Drobitko, D.V. Losev, N.I. Chalenkov, I.M. Zamoryonov

The article studies the repeatability accuracy along the Z axis of a module based on a SCARA type manipulator. A feature of manipulators of this type is the lever system, which ensures the movement of the final link of the manipulator in the XY plane due to the rotational drives of the levers of the mechanism. The description of the design of the module based on the SCARA type manipulator, the scheme for studying the accuracy of repeatability (repeated exit of the working body of the manipulator to a point) is given. And also the results of the study of the repeated exit of the working body of the manipulator to the point are presented.

Key words: manipulator, SCARA, accuracy, repeatability.

Daniil Ivanovich Skityaev, student, skittles.dan@mail.ru, Russia, Sevastopol State University

Drobitko Artem Igorevich, student, artemdko@gmail.com, Russia, Sevastopol State University

Losev Daniil Valerievich, student, ldaniil02@mail.ru, Russia, Sevastopol State University

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

Zamoryonov Ilya Mikhailovich, student, ilia.zamoryonov@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

СТАЦИОНАРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ С ПОТЕРЯМИ И КОНТРОЛЕМ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ

Песчанский А.И.

Аннотация. Объектом исследования является двухкомпонентная система массового обслуживания с потерями, простейшим входящим потоком и временами обслуживания заявок общего вида. Предполагается, что после завершения обслуживания заявки каждым прибором осуществляется контроль над качеством его проведения. В случае неудовлетворительного обслуживания заявка сразу же направляется на повторное обслуживание, которое повторяется до тех пор, пока обслуживание не будет признано удовлетворительным. Построена математическая модель функционирования системы, найдены финальные вероятности и средние стационарные времена пребывания системы в различных физических состояниях.

Ключевые слова. Двухкомпонентная система, контроль качества обслуживания, финальные вероятности состояний, средние стационарные времена пребывания в состояниях

Песчанский Алексей Иванович, д.т.н., профессор, peschansky_sntu@mail.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

STATIONARY CHARACTERISTICS OF A TWO-SERVER LOSS QUEUEING SYSTEM WITH REGARD TO SERVICE QUALITY CONTROL

A.I. Peschansky

The object of the study is a two-server loss queueing system. Poisson incoming flow and arbitrary distributions of service times are considered. After each request service its quality control is carried out. In case of unsatisfactory service quality, the request undergoes recurrent service immediately. The service is repeated until it is regarded as satisfactory. The mathematical model of the queueing system operation is constructed. The final probabilities and the average stationary sojourn times in the system physical states are obtained.

Keywords: two-server queueing system, service quality control, final probabilities of states, average stationary sojourn times in states

Peschansky Alersey Ivanovich, doctor of technical sciences, professor, peschansky_sntu@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПО УПРАВЛЕНИЮ СТРУКТУРНО-СЛОЖНЫМИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ СПЕЦИАЛЬНОГО-НАЗНАЧЕНИЯ

Поляков А.А., Моисеев Д.В., Мащенко Е.Н.

Аннотация. В статье поднимается вопрос о необходимости разработки системы поддержки принятия решения по управлению структурно-сложными организационно-техническими системами военного-назначения на базе общего логико-вероятностного метода. В качестве прототипа в системы поддержки принятия решения применяется общий логико-вероятностный метод с возможностями учета условий и ограничений исследуемых систем, носящих вероятностный характер, а также включение дополнительных инструментов, таких как имплицативный блок, представленный блоком выполнения заданного условия и функциональный элемент с накапливающим показателем.

Ключевые слова. Методика выбора эффективной стратегии решения, система поддержки принятия решения, автоматизация поддержки принятия решения, общий логико-вероятностный метод, моделирование, несовместные и совместные события.

Поляков Александр Александрович, к.т.н., доцент, sansanich44@mail.ru, Россия, Севастополь, Черноморское высшее военно-морское училище им. П.С. Нахимова.

Моисеев Дмитрий Владимирович, д.т.н., доцент, профессор, dvmoiseev@sevsu.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

Мащенко Елена Николаевна, к.т.н., доцент, elmachenko@mail.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MANAGING STRUCTURALLY COMPLEX ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEMS OF SPECIAL PURPOSE

A.A. Polyakov, D.V. Moiseev, E.N. Mashchenko

The article raises the question of the need to develop a decision support system for the management of structurally complex organizational and technical systems for military purposes based on a common logico-probabilistic method. As a prototype, a general logical-probabilistic method is used in decision support systems with the possibility of taking into account the conditions and limitations of the systems under study, which are probabilistic in nature, as well as the inclusion of additional tools, such as an implicative block represented by a block of fulfillment of a given condition and a functional element with a heating display.

Key words. Methodology for choosing an effective decision strategy, decision support system, automation of decision support, general logic-probabilistic method, modeling, incompatible and joint events.

Polyakov Alexander Alexandrovich, Candidate of Technical Sciences, Assoc., sansanich44@mail.ru, Russia, Sevastopol, the Black Sea Higher Military-Naval School named after P.S. Nakhimov.

Moiseev Dmitry Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Assoc., prof. Departments of ITICS, dvmoiseev@sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Mashchenko Elena Nikolaevna, candidate of technical sciences, docent Professor, elmachenko@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

ПОЛУМАРКОВСКАЯ МОДЕЛЬ УЧАСТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

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

Аннотация. Электрическая сеть представляет сложную систему, состоящую из большого числа территориально распределенных элементов, таких как линии электропередачи, трансформаторы, подстанции, коммутационные аппараты, защитные устройства и т.д. В связи с глобальной цифровизацией и интеллектуализацией современного мира и ростом потребляемой электроэнергии, особо актуальной становится задача совершенствования электрических сетей. Интеллектуальные цифровые сети призваны решить эту задачу. С помощью новых технологий возможно модернизировать существующие сети (обычно устаревшие), что обеспечивает повышение надежности, отказоустойчивости, гибкости и эффективности системы электроснабжения, требуя меньших экономических затрат, чем полная замена сети. Интеллектуальные цифровые сети способны в автоматическом режиме изменять свои параметры и управлять оборудованием и элементами. Построена полумарковская модель участка распределительной сети цифрового учебного полигона СевГУ, представляющего из себя интеллектуальную сеть. Определяются стационарные характеристики надежности, рассматриваемого участка сети.

Ключевые слова. Электроэнергетическая система, распределительная сеть, интеллектуальная цифровая сеть, цифровой РЭС, полумарковская модель, стационарные характеристики надежности.

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

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

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

SEMI-MARKOV MODEL OF AN INTELLIGENT DISTRIBUTION NETWORK SECTION

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

The electrical network is a complex system consisting of a huge number of territorially distributed elements, such as power lines, transformers, substations, switching devices, protective devices, etc. In connection with the global digitalization and intellectualization of the modern world and the growth in electricity consumption, the task of improving electrical networks becomes especially relevant. Intelligent digital networks are designed to solve this problem. With the help of new technologies, it is possible to upgrade existing networks (usually obsolete), which provides an increase in the reliability, fault tolerance, flexibility and efficiency of the power supply system, requiring less economic costs than a complete replacement of the network. Intelligent digital networks are able to automatically change their parameters and control equipment and elements. In this article, a semi-Markov model of a section of the distribution network of the digital training ground of SevGU, which is an intelligent network, is built. The stationary reliability characteristics of the considered section of the network are determined.

Key words: electric power system, distribution network, intelligent digital network, digital RES, semi-Markov model, stationary reliability characteristics.

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

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

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

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАРКОВО – РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Доронина Ю.В., Мустафаева М.И.

Аннотация. В работе рассмотрены принципы формирования структуры и особенностей функционирования информационной системы поддержки транспортного обслуживания крупных пространственно распределенных, но единых с логистической точки зон на примере парково-рекреационной зоны. Предложены пути решения на основе применения беспилотных технологий нескольких типов: беспилотных летательных аппаратов и беспилотных транспортных средств. Предложенные решения позволили построить каркасную имитационную модель, получить оценки производительности базы данных в составе информационной системы поддержки транспортного обслуживания и обосновать пути развития предложенной модели.

Ключевые слова. транспортное обслуживание, информационная система поддержки, беспилотные транспортные средства, гибридная модель.

Доронина Юлия Валентиновна, д.т.н., доцент, YVDoronina@sevsu.ru, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

Мустафаева Мерьем Ибраимовна, аспирант, Россия, Севастополь, Севастопольский государственный университет

INFORMATION SYSTEM FOR SUPPORT OF TRANSPORT SERVICES OF PARK AND RECREATION AREAS WITH THE USE OF UNMANNED TECHNOLOGIES

Yu.V. Doronina, M.I. Mustafaeva

Annotation. The paper considers the principles of the formation of the structure and features of the functioning of the information system for the support of transport services of large spatially distributed, but unified from a logistical point of view zones on the example of a park and recreation zone. Solutions based on the use of unmanned technologies of several types are proposed: unmanned aerial vehicles and unmanned vehicles. The proposed solutions made it possible to build a frame simulation model, to obtain estimates of the database performance as part of the transport service support information system and to justify the ways of development of the proposed model.

Keywords: transport services, information support system, unmanned vehicles, hybrid model.

Doronina Yulia Valentinovna, doctor of technical Sciences, docent, YVDoronina@sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Mustafaeva Meriem Ibrahimovna, post-graduate student, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

ИЕРАРХИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПИСАНИЙ ОБРАБОТКИ ПАРТИЙ В МЕЛКОСЕРИЙНЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Кротов К.В.

Аннотация. Задачи оптимизации расписаний обработки партий деталей в мелкосерийных производствах являются неразрешимыми за ограниченное время. В связи с этим актуальна разработка новых подходов для решения указанных задач большой размерности. В то же время практические потребности обуславливают необходимость учета особенностей производственных процессов обработки партий, связанных с формированием комплектов и заданием ограничений на длительности интервалов времени функционирования обрабатывающих систем.

В работе развивается иерархический подход к математическому моделированию процессов обработки партий деталей в мелкосерийных производствах, что позволило синтезировать модели этих процессов, используемые при решении различных задач оптимизации расписаний. Развита иерархическая модель оптимизации расписаний обработки партий, что позволило сформировать математические модели иерархических игр для решения различных задач управления производственными процессами, с учетом особенностей, связанных с формированием комплектов и ограничениями на ресурсы обрабатывающих систем.

Ключевые слова. Гибкая производственная система, партии деталей, расписания, комплекты, ограничения на ресурсы, иерархические модели производственных процессов, модели иерархических игр оптимизации расписаний.

Кротов Кирилл Викторович, к.т.н., доцент, Севастопольский государственный университет

HIERARCHICAL MODELS OF SCHEDULE OPTIMIZATION BATCH PROCESSING IN SMALL- SCALE PRODUCTION

K.V. Krotov

The tasks of optimizing the schedules for processing batches of parts in small-scale production are unsolvable for a limited time. In this regard, the development of new approaches for solving the above problems of large dimension is relevant. At the same time, practical needs make it necessary to take into account the features of the production processes of batch processing associated with the formation of kits and the setting of restrictions on the duration of the time intervals of the processing systems. The paper develops a hierarchical approach to mathematical modeling of the processes of processing batches of parts in small-scale production, which allowed synthesizing models of these processes used in solving various tasks of optimizing schedules. A hierarchical approach to optimizing batch processing schedules is also being developed, which has made it possible to form mathematical models of hierarchical games for solving various tasks of managing production processes, which also take into account the features associated with the formation of kits and restrictions on the resources of processing systems.

Keywords: flexible production system, batches of parts, schedules, kits, resource constraints, hierarchical models of production processes, models of hierarchical games of schedules optimization

Krotov Kirill Viktorovich, candidate of technical sciences, docent, Sevastopol state University

ДАТЧИКИ ЧЕТЫРЕХ ОСЕВОГО ГИРОСКОПИЧЕСКОГО БЛОКА И ВЕЛИЧИНА ШУМА

Изместьев И.Д., Щенятский А.В.

Аннотация. Рассмотрены варианты расположения осей гироскопического блока, включающего в себя четыре чувствительных элемента твердотельных волновых гироскопов в качестве датчиков. Методом наименьших квадратов определен положительный эффект от комплексирования избыточной информации в случаях исправной и аварийной работы. Проведено моделирование работы чувствительных элементов и рассмотрены первые моды колебаний. Определены эффективные углы, определяющие расположение измерительных осей в системе координат гироскопического блока.

Ключевые слова: ТВГ, гироскоп, чувствительный элемент, мода колебаний, избыточность, комплексирование, метод наименьших квадратов

Изместьев Иван Дмитриевич, магистрант, i.d.izmestev@mail.ru, Россия, Ижевск, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

Щенятский Алексей Валерьевич, д.т.н., профессор, bkkupol@istu.ru, Россия, Ижевск, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

SENSORS OF THE FOUR-AXIS GYROSCOPIC UNIT AND THE AMOUNT OF NOISE

I.D. Izmestyev, A.V. Schenyatsky

The variants of the arrangement of the axes of the gyroscopic unit, which includes four sensing elements of solid-state wave gyroscopes as sensors, are considered. The least squares method has determined the positive effect of combining redundant information in cases of serviceable and emergency operation. The simulation of the operation of sensitive elements is carried out and the first modes of oscillations are considered. The effective angles determining the location of the measuring axes in the coordinate system of the gyroscopic unit are determined.

Keywords: HRG, gyroscope, redundancy, aggregation, least squares method, sensing element, oscillation mode

Izmestyev Ivan Dmitrievich, master's student, i.d.izmestev@mail.ru, Izhevsk, Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, Russia

Shenyatsky Alexey Valeryevich, doctor of technical sciences, professor, bkkupol@istu.ru, Izhevsk, Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, Russia

РАСПОЗНАВАНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Осипов К.Н., Новиков В.В.

Аннотация. *Предлагается подход к распознаванию технических состояний машиностроительных изделий общетехнического назначения, используя методологию искусственных сверточных нейронных сетей. Новизна предлагаемого подхода заключается в применении в качестве ядра свертки набора нелинейных фильтров, минимизирующих информационное расхождение между исходной и редуцированной матрицей диагностических признаков технических состояний.*

Ключевые слова. *Моделирование, диагностика, объектно-событийное моделирование.*

Осипов Константин Николаевич, к.т.н., старший научный сотрудник НИЛ-1 Черноморского высшего военно-морского училища, Севастополь

Новиков Владимир Витальевич, д.т.н., профессор, Черноморское высшее военно-морское училище им. П.М. Нахимова, Севастополь

FAULTS RECOGNITION OF MACHINE-BUILDING PRODUCTS

K.N. Osipov, V.V. Novikov

An approach is proposed to recognize the technical conditions of engineering products for general technical purposes, using the methodology of artificial convolutional neural networks. The novelty of the proposed approach lies in the use of a set of nonlinear filters as a convolution kernel, minimizing the information discrepancy between the original and reduced matrix of diagnostic features of technical conditions. The issues of forming the rules for constructing an output classifier in the form of a fully connected neural network are not considered within the framework of this work, since they are considered trivial.

Key words: modeling, diagnostics, object-event modeling.

Osipov Konstantin Nikolaevich, candidate of technical sciences, senior researcher at NIL-1 of the Black Sea Higher Naval School, Sevastopol

Novikov Vladimir Vitalievich, doctor of technical sciences, professor, Black Sea Higher Naval School named after. P.M. Nakhimov, Sevastopol