

Аннотации научных статей и ключевые слова для всех научных статей и обзоров,  
опубликованных рецензируемым научным изданием за последние два года  
[Том 3, No 3 • 2024 / Vol. 3, no. 3 • 2024](#)

## Практика применения TQM в радиоэлектронной промышленности

**Аннотация.** Описываются некоторые успехи и неудачи применения метода TQM на предприятиях оборонной промышленности и радиоэлектроники и содержатся рекомендации для тех, кто желает внедрить такой метод на своем рабочем месте.

**Ключевые слова:** улучшение качества, всеобщий менеджмент качества, постоянное совершенствование, планирование

**Для цитирования:** Фролова Е. А., Тур А. С. Практика применения TQM в радиоэлектронной промышленности // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 3. С. 5–8. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-5-8

## Организационный дизайн для технологических инноваций

**Аннотация.** Описана концепция современного подхода к организации производства – организационный дизайн. Определена взаимосвязь между выстраиванием организационного дизайна и внедрением технологических инноваций в рамках превентивной перестройки существующей системы на контрсистему для дублирования существующих функций или элементов целевой структуры. Результатом исследования является решение проблемы при формировании этапов развертывания основных процессов по реализации принципов организационного дизайна и внедрения в структурную целостность управляющих систем производственной иерархии посредством технологических инноваций.

## Practical application of TQM in the radioelectronic industry

**Abstract.** The article describes some of the successes and failures of the TQM method at defense and electronics companies and provides recommendations for those who wish to implement such a method in their own workplace.

**Keywords:** quality improvement, total quality management, continuous improvement, planning

**For citation:** Frolova E. A., Tur A. S. Practical application of TQM in the radioelectronic industry. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(3):5–8. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-5-8.

## Organisational design for technological innovation

**Abstract.** This article describes the concept of a modern approach to production organisation – organisational design. The interrelation between building organisational design and implementation of technological innovations within the framework of preventive restructuring of the existing system into a counter-system to duplicate existing functions or elements of the target structure is defined. The result of the research is the solution of the problem in the formation of the stages of deployment of the main processes for the implementation of the principles of organisational design and implementation in the structural integrity of the control systems of the production hierarchy by means of technological innovations.

**Keywords:** organisational design, technological innovation, trend, preventive redesign, organisation structure, organisation infrastructure, change management

**Ключевые слова:** организационный дизайн, технологические инновации, тренд, превентивная перестройка, структура организации, инфраструктура организации, управление изменениями

**Для цитирования:** Назаревич С. А., Белова М. Ю. Организационный дизайн для технологических инноваций // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 3. С. 9–14. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-9-14.

## Исследование типовых несоответствий в обновленной информационной системе суперсервиса «Поступление в вузы онлайн»

**Аннотация.** Ставится цель создания методического аппарата для обеспечения качества принятия решения при выборе образовательного учреждения. Проводится анализ проблематики функционирования работы суперсервиса «Поступление в вузы онлайн» и приемной кампании вузов России. Предлагается элемент методического аппарата для обеспечения качества принятия решения при выборе образовательного учреждения.

**Ключевые слова:** приемная кампания, поступление, поступление в вузы онлайн, суперсервис, вузы России

**Для цитирования:** Тихомирова А. Ю., Назаревич С. А. Исследование типовых несоответствий в обновленной информационной системе суперсервиса «Поступление в вузы онлайн» // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 3. С. 15–20. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-15-20.

## Веб-приложение по анализу данных методами описательной статистики и машинного обучения

**Аннотация.** Описаны процессы выбора средств разработки и реализации с их помощью веб-приложения по анализу данных методами описательной статистики и машинного обучения. Ключевая особенность разработки представляется в доступности программного средства для людей без специальных знаний в области статистики и машинного обучения.

**Ключевые слова:** веб-приложение, разработка, машинное обучение, статистика

**For citation:** Nazarevich S. A., Belova M. Yu. Organisational design for technological innovation. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(3):9–14. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-9-14.

## Investigation of typical inconsistencies in the updated information system of the superservice “Admission to Universities online”

**Abstract.** The aim of the work is to create a methodological apparatus to ensure the quality of decision-making when choosing an educational institution. The analysis of the problems of the functioning of the superservice “Admission to Universities online” and the admission campaign of Russian universities is carried out. An element of the methodological apparatus is proposed to ensure the quality of decision-making when choosing an educational institution.

**Keywords:** admission campaign, admission, admission to universities online, superservice, universities of Russia

**For citation:** Tikhomirova A. Yu., Nazarevich S. A. Investigation of typical inconsistencies in the updated information system of the superservice “Admission to Universities online”. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(3):15–20. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-15-20.

## Web-application for data analysis using descriptive statistics and machine learning methods

**Abstract.** The process of selecting development tools and using them to implement a web application for data analysis using descriptive statistics and machine learning are described. The key feature of the development seems to be the availability of the software tool for people without special knowledge in the field of statistics and machine learning.

**Keywords:** web-application, development, machine learning, statistics

**Для цитирования:** Шихотов А. А., Турнецкая Е. Л. Веб-приложение по анализу данных методами описательной статистики и машинного обучения // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 3. С. 21–28. DOI: 10.31799/2949-0693-20243-21-28.

## Математическая модель оценки средней наработки на отказ сервопривода

**Аннотация.** Рассмотрены подходы к оценке наработки на отказ технических систем в условиях воздействия внешних факторов окружающей среды. Предложена математическая модель оценки остаточного ресурса работы технических систем, учитывающая режим работы и степень загрузки технической системы, на примере сервопривода.

**Ключевые слова:** наработка до отказа, внешние воздействующие факторы, режим работы, коэффициент загрузки, мощность, поток энергии, сервопривод

**Для цитирования:** Коробейников И. С., Петров Д. Ю. Математическая модель оценки средней наработки на отказ сервопривода // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 3. С. 29–32. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-29-32.

## Сверхширокополосное схемотехническое моделирование линий с распределенными параметрами

**Аннотация.** Предлагается использовать неминимально-фазовый трехполюсник известной морфологии (а именно – симметричную перекрытую T-образную электрическую цепь) в качестве эквивалентной схемы для широкополосного и сверхширокополосного моделирования в системе автоматизированного проектирования линий с распределенными параметрами, как низкоомных (т. е. проводников), так и высокоомных (т. е. резисторов). Предлагаются значения параметров указанной схемы, позволяющие обеспечить малую погрешность моделирования на сверхвысоких частотах. Считается, что электромагнитные процессы в линии могут быть корректно описаны телеграфными уравнениями. Оценка погрешности моделирования проводится методом вычислительного эксперимента. Под погрешностью моделирования понимается абсолютная величина разности значения модуля коэффициента передачи линии, полученного на основе использования телеграфных уравнений, и значения, полученного на основе использования T-образной эквивалентной схемы. Выявлена область предпочтительного использования T-образной схемы.

**For citation:** Shikhotov A. A., Turnetskaya E. L. Web-application for data analysis using descriptive statistics and machine learning methods. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(3):21–28. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-20243-21-28.

## A mathematical model for estimating the average operating time for a servo failure

**Abstract.** The approaches to assessing the operating time for failure of technical systems under the influence of external environmental factors are considered. A mathematical model for estimating the residual life of technical systems is proposed, taking into account the operating mode and the degree of loading of the technical system using the example of a servo drive.

**Keywords:** operating time to failure, external influencing factors, operating mode, load factor, power, energy flow, servo drive

**For citation:** Korobeynikov I. S., Petrov D. Yu. A mathematical model for estimating the average operating time for a servo failure. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(3):29–32. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-29-32.

## Ultrawideband circuit modelling distributed parameters lines

**Abstract.** The article presents an employment of the non-minimal-phase quadrupole of the familiar morphology (viz., the symmetric spanned T-shape equivalent circuit with the parameters of the circuit offered) for wideband and ultrawideband simulation of distributed parameters lines. The values of the parameters that provide a small quantity error of simulation at ultra-high frequencies are offered. The propagation of electromagnetic waves along the line is considered to be correctly described with the telegraph equations. The estimation of the error of simulating is carried out by means of a computational experiment. The error of simulating is considered to be the module of the difference between two values of the transmission factor, one value being obtained upon the basis of the telegraph equations and the other one being the value of the transmission factor of the T-shape equivalent circuit. The domain of a preferable employment of the T-shape equivalent circuit is detected and described. A part of the results of the experiment is partly exposed in one table and five pictures.

**Keywords:** distributed parameters lines, circuit modelling ultrawideband simulation, T-shape equivalent circuit

**Ключевые слова:** линии с распределенными параметрами, сверхширокополосное схемотехническое моделирование, T-образная эквивалентная схема

**Для цитирования:** Конников И. А., Прусов А. В. Сверхширокополосное схемотехническое моделирование линий с распределенными параметрами // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, № 3. С. 33–39. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-33-39.

## Методы управления данными в организации: принципы, проблемы и перспективы

**Аннотация.** Рассматриваются особенности решения задач управления данными в организациях приборостроительной отрасли. Данные представляются как уникальный особо ценный нематериальный ресурс организации, управление которым имеет свои, отличные от других активов, принципы и проблемы. Приведены основные принципы управления данными, руководство которыми позволяет достичь эффективного управления не только данными, но и организацией в целом. Продемонстрированы основные проблемы, свойственные процессу управления данными, и предложены пути их решения. Рассмотрены возможные риски при отклонении от принципов управления данными и игнорировании четко разработанной стратегии управления данными. Особое внимание уделено рассмотрению проблемы управления данными в организации. Рассмотрены основные перспективы эффективного управления данными в организациях приборостроительной отрасли.

**Ключевые слова:** управление данными, эффективное управление организацией, информация, данные, цифровая экономика

**Для цитирования:** Лисюков Д. С., Яковлева Е. А. Методы управления данными в организации: принципы, проблемы и перспективы // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, № 3. С. 40–47. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-40-47.

## Улучшение качества распознавания окатышей полиметаллических руд на изображении за счет адаптивной коррекции контраста

**Аннотация.** Рассмотрена проблема распознавания размеров окатышей полиметаллических руд после комкования для контроля качества процесса. Предложено применить систему технического зрения, распознающую кадры видеопотока. Показана невозможность применения существующих алгоритмов, эффективных для обработки изображений пен калийных флотационных машин. Предложено улучшить распознавание за счет адаптивной настройки контрастности

**For citation:** Konnikov I. A., Prusov A. V. Ultrawideband circuit modelling distributed parameters lines. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(3):33–39. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-33-39.

## Data management methods in organizations: principles, issues and perspectives

**Abstract.** The features of solving data management problems in organizations of the instrument-making industry are considered. Data is presented as a unique, particularly valuable intangible resource of the organization, the management of which has its own principles and problems, different from other assets. The basic principles of data management are presented, the guidance of which allows you to achieve effective management not only of data, but also of the organization as a whole. The main problems inherent in the data management process are demonstrated and ways to solve them are proposed. Possible risks are considered when deviating from the principles of data management and ignoring a clearly developed data management strategy. Detailed attention is paid to considering the problem of the data life cycle as an important problem of data management in an organization. The main prospects for effective data management in organizations of the instrument-making industry are considered.

**Keywords:** data management, effective management of an organization, information, data, digital economy

**For citation:** Lisjukov D. S., Yakovleva E. A. Data management methods in organizations: principles, issues and perspectives. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(3):40–47. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-40-47.

## Improving the quality of recognition of polymetallic ore pellets in an image by adaptive contrast correction

**Abstract.** The problem of recognizing the sizes of polymetallic ore pellets after clumping to control the quality of the process is posed. It is proposed to use a technical vision system that recognizes frames of a video stream. It is shown that it is impossible to use existing algorithms that are efficient for processing images of foams of potassium flotation machines. It is proposed to improve recognition by adaptively adjusting image contrast. It is shown that there is an optimal contrast setting that ensures recognition of the largest number of pellets. After contrast

изображения. Показано, что существует оптимальная настройка контрастности, обеспечивающая распознавание наибольшего количества окатышей. После коррекции контрастности оптимальный уровень бинаризации также смещается. Кроме этого, чувствительность к ошибке определения уровня бинаризации снижается, что является положительным результатом. В целом достигнут рост количества распознаваемых окатышей на 20 % по сравнению с исходным методом.

**Ключевые слова:** полиметаллическая руда, окатыши, комкование, регулирование, распознавание, система технического зрения

**Для цитирования:** Затонский А. В., Федосеева К. А., Кузнецов С. В. Улучшение качества распознавания окатышей полиметаллических руд на изображении за счет адаптивной коррекции контраста // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 3. С. 48–52. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-48-52.

## Метрологические аспекты оценки чувствительности методов исследований в колориметрии цифровых изображений

**Аннотация.** Описывается метод измерения цвета в программно-аппаратных средах, основанный на принципе линейной калибровки, позволяющий путем построения передаточных функций и градуировочных зависимостей численными методами расширять динамический диапазон яркостей цифровых изображений, повышая точность результатов измерений. Поскольку чувствительность метода различна в цветовых каналах, для уменьшения неопределенности на начальном этапе исследуемые цвета классифицируются по секторам цветового пространства. Предложен комплексный подход к оценке чувствительности при валидации методов колориметрии цифровых изображений с учетом пространственного, временного, яркостного и хроматического компонентов. Оценка осуществляется на уровнях пороговых значений, функциональных зависимостей и коэффициентов чувствительности, включая критерии валидации. В качестве техник валидации рекомендуется использовать темновые снимки для определения выбросов значений и уровня шумов изображений, а также тангенсы углов наклона функциональных зависимостей и контрольные карты.

**Ключевые слова:** колориметрия, цифровое изображение, чувствительность, передаточная функция, градуировочная зависимость, валидация

correction, the optimal binarization level also shifts. In addition, sensitivity to the error in determining the level of binarization is reduced, which is a positive result. In general, an increase in the number of recognized pellets by 20 % was achieved compared to the original method.

**Keywords:** polymetallic ore, pellets, clumping, regulation, recognition, technical vision system

**For citation:** Zatonskiy A. V., Fedoseeva K. A., Kuznetsov S. V. Improving the quality of recognition of polymetallic ore pellets in an image by adaptive contrast correction. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(3):48–52. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-48-52.

## Metrological aspects of assessing the sensitivity of research methods in digital image colorimetry

**Abstract.** A method for measuring color in hardware and software environments is described based on the principle of linear calibration, which allows by constructing transfer functions and calibration dependencies by numerical methods, to expand the dynamic range of brightness of digital images increasing the accuracy of measurements results. Since the sensitivity of the method varies in color channels, in order to reduce uncertainty at the initial stage, the colors under study are classified by sectors of the color space. A comprehensive approach to sensitivity assessment in the validation of digital image colorimetry methods is proposed taking into account spatial, temporal, brightness and chromatic components. The assessment is carried out at the levels of thresholds, functional dependencies and sensitivity coefficients, including validation criteria. As validation techniques, it is recommended to use dark images to determine the outlier values and noise levels of images, as well as tangents of the angles of inclination of functional dependencies and control maps.

**Keywords:** colorimetry, digital image, sensitivity, transfer function, calibration dependence, validation

**For citation:** Saukova Y. M. Metrological aspects of assessing the sensitivity of research methods in digital image colorimetry. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(3):53–65. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-53-65.

*Для цитирования:* Савкова Е. Н. Метрологические аспекты оценки чувствительности методов исследований в колориметрии цифровых изображений // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 3. С. 53–65. DOI: 10.31799/2949-06932024-3-53-65.

## Разработка программного обеспечения для оптической системы следования за объектом

**Аннотация.** Статья посвящена разработке алгоритма, позволяющего отслеживать перемещения объекта с заданной цветовой меткой и управлять движением мобильной робототехнической системы в зависимости от считанного перемещения. Приводится реализация разработанного алгоритма на языке Python с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV. Даются рекомендации по настройке данной программы и аппаратной реализации описываемой оптической системы.

**Ключевые слова:** OpenCV, компьютерное зрение, цветковые контуры, цветовая система HSV, веб-камера, следование за объектом, отслеживание перемещения объекта

*Для цитирования:* Калашников Д. А., Безмен П. А. Разработка программного обеспечения для оптической системы следования за объектом // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 3. С. 66–70. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-66-70.

## Исследование влияния двухуровневой обработки данных на анализ времени передачи пакетов с использованием методов машинного обучения

**Аннотация.** Проведено исследование, посвященное анализу влияния двухуровневой обработки данных на процесс анализа времени передачи пакетов в компьютерных сетях с применением методов машинного обучения. В современных сетевых системах существует потребность в эффективной обработке данных, прежде чем они могут быть использованы для обучения алгоритмов машинного обучения. В данном исследовании предлагается методика, основанная на двухуровневой обработке данных, которая включает в себя предварительную обработку данных и их дальнейший анализ с использованием методов машинного обучения. Особое внимание уделяется анализу времени передачи пакетов, которое является важным показателем производительности сети. Результаты исследования могут быть полезны для

## Software development for an optical object tracking system

**Abstract.** The article is devoted to the development of an algorithm that allows you to track the movement of an object with a given color label, and control the movement of a mobile robotic system depending on the read movement. The implementation of the developed algorithm in Python using the OpenCV computer vision library is presented. Recommendations on the configuration of this program and the hardware implementation of the described optical system are also given.

**Keywords:** OpenCV, computer vision, color contours, HSV color system, webcam, object tracking, object movement tracking **Acknowledgements.** The paper was prepared with the support of the Strategic Project “Priority – 2030. Creation of robotic tools to

expand the functionality of a person”.

**For citation:** Kalashnikov D. A., Bezmen P. A. Software development for an optical object tracking system. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(3):66–70. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-66-70.

## Study of the influence of two-level data processing on packet transmission time analysis using machine learning methods

**Abstract.** This article presents a study devoted to the analysis of the influence of two-level data processing on the process of analyzing packet transmission times in computer networks using machine learning methods. In modern networked systems, there is a need to efficiently process data before it can be used to train machine learning algorithms. This study proposes a technique based on two-level data processing, which includes pre-processing of data and its further analysis using machine learning methods. Particular attention is paid to packet transmission time analysis, which is an important indicator of network performance. The results of the study can be useful for optimizing the process of analyzing network data and increasing the efficiency of machine learning systems in the context of network applications.

оптимизации процесса анализа сетевых данных и повышения эффективности систем машинного обучения в контексте сетевых приложений.

**Ключевые слова:** PBFT, Raft, рекуррентные нейронные сети, обеспечение надежности, распределенные системы

**Для цитирования:** Киямов Ж. У. Исследование влияния двухуровневой обработки данных на анализ времени передачи пакетов с использованием методов машинного обучения // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 3. С. 71–75. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-71-75.

## Структура и архитектура мостов SpaceFibre – PCIe

**Аннотация.** В настоящее время стандарт SpaceFibre широко используется в сетях аэрокосмического назначения. На этапах отладки и тестирования этих сетей зачастую существует необходимость подключать к ним персональные компьютеры (ПК). Однако они не имеют интерфейса SpaceFibre. Большинство ПК имеют интерфейс PCIe, их подключение может осуществляться через мост SpaceFibre – PCIe. Поэтому разработка таких мостов является очень актуальной задачей. Стандарт PCIe обеспечивает высокую скорость передачи данных. В этом отношении его возможности сравнимы с SpaceFibre, однако в стандарте SpaceFibre поддерживаются различные механизмы обеспечения качества сервиса, которые в PCIe отсутствуют. В данной статье предлагаются архитектурные решения и протокол передачи данных, которые позволяют обеспечить поддержку этих механизмов при передаче данных SpaceFibre – PCIe. Выполняется оценка характеристик, достижимых при использовании этих механизмов.

**Ключевые слова:** SpaceFibre, PCIe, механизмы обеспечения качества сервиса, реальное время, изоляция потоков данных, динамическая реконфигурация

**Для цитирования:** Виноградов А. Ю., Суворова Е. А. Структура и архитектура мостов SpaceFibre – PCIe // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 3. С. 76–84. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-76-84.

## Формирование социотехнических трендов ценностных инноваций

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы, связанные с развитием новых технологий, формированием трендов и степенью влияния развития определенных тенденций на

**Keywords:** PBFT, Raft, recurrent neural networks, reliability ensuring, distributed systems

**For citation:** Kiyamov J. U. Study of the influence of two-level data processing on packet transmission time analysis using machine learning methods. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(3):71–75. (In Russ.). DOI: 10.31799/29490693-2024-3-71-75.

## Structure and architecture of SpaceFibre – PCIe bridges

**Abstract.** Currently, the SpaceFibre standard is widely used in aerospace networks. During the debugging and testing stages of these networks development, it is often necessary to connect personal computers (PCs) to them. However, PC typically do not have a SpaceFibre interface. Most PCs have a PCIe interface, and they can be connected to SpaceFibre via the SpaceFibre – PCIe bridge. Therefore, the development of such bridges is a very important task. The PCIe standard provides high data transfer rates. In this regard, its capabilities are comparable to SpaceFibre, however, the SpaceFibre standard supports various quality of service mechanisms that are not available in PCIe. This article proposes architectural solutions and a data transfer protocol that allow us to support these mechanisms for SpaceFibre – PCIe data transferring. The evaluation of the characteristics achievable using these mechanisms is performed.

**Keywords:** SpaceFibre, PCIe, quality of service, real time, data flows isolation, dynamic reconfiguration

**For citation:** Vinogradov A. Yu., Suvorova E. A. Structure and architecture of SpaceFibre – PCIe bridges. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(3):76–84. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-76-84.

## Formation of sociotechnical trends of value innovations

**Abstract.** The work examines issues related to the development of new technologies, the formation of trends and the degree to which the development of certain trends influences new

новые продукты и инновации. Выявлены наиболее значимые тенденции развития за 2023 г., проанализированы тренд «Генеративный искусственный интеллект» и ценностная инновация, сформировавшаяся в результате его появления.

**Ключевые слова:** инновации, тренды, формирование трендов, патентный анализ, ценностные инновации

**Для цитирования:** Щукина Д. С. Формирование социотехнических трендов ценностных инноваций // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 3. С. 85–88. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-85-88.

## Использование метода газовой хроматографии для оценки пищевых растительных масел в качестве источника полиненасыщенных и насыщенных жирных кислот

**Аннотация.** Хроматографический метод анализа позволяет оценить количественные соотношения компонентов природных масел и содержание в них жирных кислот. Результаты исследования с применением хроматографа «Кристалл 5000.2» могут быть использованы для расчета рекомендуемых доз масел при употреблении их в качестве пищевых продуктов и биологически активных добавок.

Приведены сведения о хроматографическом анализе различных растительных масел для определения жирнокислотного состава. Масла характеризуются высоким содержанием жирных кислот различных видов, как насыщенных, так и ненасыщенных ( $\omega$ -3,  $\omega$ -6 и  $\omega$ -9).

**Ключевые слова:** хроматографический анализ, жирные кислоты, растительные масла

**Для цитирования:** Фомичева Т. И. Использование метода газовой хроматографии для оценки пищевых растительных масел в качестве источника полиненасыщенных и насыщенных жирных кислот // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 3. С. 89–93. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-89-93.

products and innovations. The most significant development trends for 2023 have been identified the “Generative artificial intelligence” trend and the value innovation that has emerged as a result of its emergence have been analyzed.

**Keywords:** innovations, trends, trends formation, patent analysis, value innovations

**For citation:** Shchukina D. S. Formation of sociotechnical trends of value innovations. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(3):85–88. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-85-88.

## The gas chromatography method used to evaluate polyunsaturated and saturated fatty acids balance in the oils of natural origin

**Abstract.** The chromatographic analysis method allows us to evaluate the natural oils components quantitative ratios for the content of fatty acids. The results of the study using the «Crystal 5000.2» chromatograph can be used to calculate the oils recommended doses to use it as food products and biologically active additives. The article provides information about the chromatographic analysis of various vegetable oils for fatty acid composition. The oils are characterized by a high content of fatty acids of various types, both saturated and unsaturated  $\omega$ -3,  $\omega$ -6 and  $\omega$ -9.

**Keywords:** chromatographic analysis, fatty acids, vegetable oils

**For citation:** Fomicheva T. I. The gas chromatography method used to evaluate polyunsaturated and saturated fatty acids balance in the oils of natural origin. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(3):89–93. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-3-89-93.



## Численное моделирование процесса аддитивного производства посредством калибровочной модели методом возрождения упругого слоя

**Аннотация.** Аддитивное производство, или 3D-печать, представляет собой процесс создания трехмерных физических объектов на основе цифровых моделей путем последовательного наращивания материала слой за слоем. Эта статья фокусируется на численном моделировании процесса аддитивного производства калибровочной (тарировочной) модели с использованием специфического подхода – метода возрождения упругого слоя. Метод возрождения упругого слоя – это техника, направленная на минимизацию напряжений и деформаций в процессе аддитивного производства, что особенно важно при создании точных и надежных калибровочных моделей. Метод включает в себя виртуальное восстановление упругих свойств каждого слоя после его нанесения и полимеризации, что позволяет предсказывать и корректировать возможные искажения. Аддитивное производство, или 3D-печать, преобразует производственную индустрию, позволяя создавать сложные формы и структуры, которые были бы невозможны или экономически невыгодны при использовании традиционных методов. Однако, несмотря на обширные возможности, процесс сопровождается рядом трудностей, включая управление внутренними напряжениями и предотвращение деформации изделий. Данные проблемы особенно актуальны при производстве калибровочных моделей, требующих высокой точности.

**Ключевые слова:** аддитивное производство, моделирование, полимеры, FDM, механические свойства материалов

**Для цитирования:** Чабаненко А. В. Численное моделирование процесса аддитивного производства посредством калибровочной модели методом возрождения упругого слоя // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 2. С. 5–10. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-5-10.

## Numerical simulation of the additive manufacturing process by means of a calibration model using the elastic layer regeneration method

**Abstract.** Additive manufacturing, or 3D printing, is the process of creating three-dimensional physical objects based on digital models by sequentially building up material layer by layer. This article focuses on numerical modeling of the additive manufacturing process of a calibration model using a specific approach – the elastic layer regeneration method. The elastic layer regeneration method is a technique aimed at minimizing stresses and deformations in the additive manufacturing process, which is especially important when creating accurate and reliable calibration models. The method involves the virtual restoration of the elastic properties of each layer after its application and polymerization, which makes it possible to predict and correct possible distortions. Additive manufacturing, or 3D printing, is transforming the manufacturing industry, allowing the creation of complex shapes and structures that would be impossible or economically unprofitable using traditional methods. However, despite the extensive possibilities, the process is accompanied by a number of challenges, including managing internal stresses and preventing deformation of products. These problems are especially relevant in the production of calibration models that require high accuracy.

**Keywords:** additive manufacturing, modeling, polymers, FDM, mechanical properties of materials

**For citation:** Chabanenko A. V. Numerical simulation of the additive manufacturing process by means of a calibration model using the elastic layer regeneration method. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(2):5–10. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-5-10.

## Применение искусственных нейронных сетей в управлении результативностью технического документооборота

**Аннотация.** Предлагается подход к улучшению процессов согласования технической документации с учетом ограничений системы менеджмента качества наукоемкого производства. Рассмотрен и проанализирован зарубежный опыт решения задач классификации документов с помощью искусственных нейронных сетей. Предложена улучшенная модель маршрута согласования технической документации в среде автоматизированной системы предприятия, не противоречащая требованиям системы менеджмента качества организации и позволяющая улучшить качество процессов согласования технической документации наукоемкого производства.

**Ключевые слова:** система, искусственная нейронная сеть, технический документооборот, несоответствие, техническая документация, качество, модернизация, улучшение, наукоемкое производство, организация, система менеджмента качества

**Для цитирования:** Иванов М. В., Тушавин В. А. Применение искусственных нейронных сетей в управлении результативностью технического документооборота // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 2. С. 11–17. DOI: 10.31799/29490693-2024-2-11-17.

## Тактика проектирования бережливых производственных систем

**Аннотация.** Исследуется проблема адаптации при проектировании бережливых производственных систем на отечественных предприятиях. Описываются фундаментальные стратегии и методы, используемые при разработке систем бережливого производства, на основе которых разрабатывается тактика перехода с традиционных производственных систем на бережливые производственные системы.

**Ключевые слова:** бережливое производство, традиционная производственная система, бережливая производственная система, элементы бережливого производства

**Для цитирования:** Винниченко А. В. Тактика проектирования бережливых производственных систем // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 2. С. 18–21. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-18-21.

## Application of artificial neural networks in performance management of technical document management

**Abstract.** An approach to improving the processes of technical documentation approval taking into account the limitations of the quality management system of knowledge-intensive production is proposed. Foreign experience of solving problems of document classification using artificial neural networks is considered and analyzed. The improved model of the route of technical documentation coordination in the environment of the automated system of the enterprise, not contradicting the requirements of the quality management system of the organization and allowing to improve the quality of the processes of coordination of technical documentation of knowledge-intensive production is offered.

**Keywords:** system, artificial neural network, engineering document flow, nonconformity, engineering documentation, quality, modernization, improvement, high-technology production, organization, quality management system

**For citation:** Ivanov M. V., Tushavin V. A. Application of artificial neural networks in performance management of technical document management. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(2):11–17. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-06932024-2-11-17.

## The tactics of designing lean production systems

**Abstract.** The article examines the problem of adaptation in the design of lean production systems at domestic enterprises. Describes the fundamental strategies and methods used in the development of lean production systems, based on which tactics for the transition from traditional production systems to lean production systems are developed.

**Keywords:** lean manufacturing, traditional production system, lean production system, elements of lean manufacturing

**For citation:** Vinnichenko A. V. The tactics of designing lean production systems. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(2):18–21. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-18-21.

## Организационный дизайн эвристическими моделями

**Аннотация.** В условиях постоянно изменяющейся деловой среды современные организации сталкиваются с необходимостью адаптации своих структур для обеспечения устойчивости и конкурентоспособности. Эвристические модели организационного дизайна предлагают альтернативный подход к традиционному структурированию предприятий, акцентируя внимание на гибкости, модульности и итеративности. В данном исследовании рассматриваются теоретические и практические аспекты применения эвристических моделей в организационном дизайне, анализируется их влияние на оперативную эффективность и инновационную активность предприятий.

**Ключевые слова:** эвристические модели, организационный дизайн, инновационная активность, организационная система

**Для цитирования:** Пашина Е. А., Назаревич С. А. Организационный дизайн эвристическими моделями // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 2. С. 22–25. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-22-25.

## Модели обеспечения качества прогнозирования несоответствий в производственной системе

**Аннотация.** Каждая система нуждается в управлении несоответствиями, которые могут быть нормативными, техническими или организационными. Несоответствия могут вызвать дорогостоящие инциденты или аварии в компании, нанести ущерб как качеству продукции, так и здоровью и безопасности сотрудников. Поэтому необходимо уметь выявлять, управлять и прогнозировать несоответствия, а также вероятность их возникновения. Обеспечение качества требует стратегий и процессов по устранению дефектов, но на практике полностью бездефектный процесс трудно представить из-за различных причин, таких как дефектные компоненты, случайные сбои в процессе, отказы оборудования, разработка новой продукции и внедрение новых технологий. Поэтому необходимо предусмотреть возможное наличие несоответствий. Для прогнозирования несоответствий необходимо выбирать эффективные модели, чтобы минимизировать потери производственной системы. Инструменты прогнозирования несоответствий должны быть выбраны в

## Organizational design by heuristic models

**Abstract.** In an ever-changing business environment, modern organizations are faced with the need to adapt their structures to ensure sustainability and competitiveness. Heuristic models of organizational design offer an alternative approach to traditional enterprise structuring, emphasizing flexibility, modularity, and iterativity. This article examines theoretical and practical aspects of applying heuristic models in organizational design, analyzing their impact on operational efficiency and innovation activity of enterprises.

**Keywords:** heuristic models, organizational design, innovation activity, organizational system

**For citation:** Pashina E. A., Nazarevich S. A. Organizational design by heuristic models. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(2):22–25. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-22-25.

## Quality assurance models for forecasting nonconformities in the production system

**Abstract.** Every system needs to manage non-conformities, which can be regulatory, technical or organizational. Non-conformances can cause costly incidents or accidents in a company, and can damage both product quality and the health and safety of employees. Therefore, it is necessary to be able to identify, manage and predict non-conformances and their likelihood of occurrence. Quality assurance requires strategies and processes to eliminate defects, but in reality a completely defect-free process is hard to imagine due to various causes such as defective components, random process failures, equipment failures, new product development and the introduction of new technologies. Therefore, it is necessary to anticipate the possible existence of nonconformities. For predicting non-conformities, efficient models should be selected to minimize the losses of the production system. Nonconformance prediction tools should be selected according to the needs and characteristics of the company and the production system.

**Keywords:** technological risk, nonconformity, defect, corrective actions

соответствии с потребностями и характеристиками компании и производственной системы.

**Ключевые слова:** технологический риск, несоответствие, дефект, корректирующие действия

**Для цитирования:** Верховская А. И., Назаревич С. А. Модели обеспечения качества прогнозирования несоответствий в производственной системе // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 2. С. 26–31. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-26-31.

## Анализ сложных композитных материалов с содержанием метакриловых мономеров спектрофотометром, работающим в диапазоне длин волн 200–1100 нм

**Аннотация.** Настоящая статья посвящена изучению оптических параметров композитов, фотополимеризованных при  $t = 10$  с в различных температурных условиях автоматизированным спектрофотометром. Перспективно использовать спектрофотометры для изучения оптических свойств композиционных материалов, так как эти приборы предоставляют достоверную, надежную и высокоточную информацию об исследуемом объекте. Изучение оптических параметров образцов композита разных лет изготовления, отвержденных в течение стандартного рекомендованного времени при различных температурах, автоматизированным спектрофотометром и явилось целью настоящей работы. Получены спектральные зависимости коэффициента поглощения от длины световой волны  $K(\lambda)$  образцов Estelite Asteria оттенков А3.5В, А4В, В3В при времени фотополимеризации  $t = 10$  с и температурах  $T = 20$  и  $47$  °С. Выявлено, что при нагревании композитов оптическое качество реставраций не снижалось.

**Ключевые слова:** время фотополимеризации, спектрофотометр, светофильтр, температура, композит, двухлучевая схема, коэффициент поглощения

**Для цитирования:** Майоров Е. Е. Анализ сложных композитных материалов с содержанием метакриловых мономеров спектрофотометром, работающим в диапазоне длин волн 200–1100 нм // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 2. С. 32–37. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-32-37.

**For citation:** Verkhovskaya A. I., Nazarevich S. A. Quality assurance models for forecasting nonconformities in the production system. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(2):26–31. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-26-31.

## Analysis of complex composite materials containing methacrylic monomers with a spectrophotometer operating in the wavelength range of 200–1100 nm

**Abstract.** This article is devoted to the study of the optical parameters of composites photopolymerized at  $t = 10$  s under various temperature conditions by an automated spectrophotometer. It is promising to use spectrophotometers to study the optical properties of composite materials, since these devices provide reliable, reliable and highly accurate information about the object under study. The study of the optical parameters of composite samples of different years of manufacture, cured during the standard recommended time at various temperatures, by an automated spectrophotometer was the purpose of this work. Spectral dependences of the absorption coefficient  $K(\lambda)$  of Estelite Asteria samples of shades А3,5В, А4В, В3В were obtained at photopolymerization time  $t = 10$  s and temperatures  $T = 20$  and  $47$  °C. It was revealed that the optical quality of the restorations did not decrease when the composites were heated.

**Keywords:** photopolymerization time, spectrophotometer, light filter, temperature, composite, two-beam circuit, absorption coefficient

**For citation:** Maiorov E. E. Analysis of complex composite materials containing methacrylic monomers with a spectrophotometer operating in the wavelength range of 200–1100 nm. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(2):32–37. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-32-37.

## Имитационная модель функционирования установки по производству деталей методом послойного наплавления

**Аннотация.** Рассматривается моделирование процесса 3D-печати как один из способов улучшения качества и эффективности данной технологии. Предварительное имитационное моделирование позволяет выявить возможные проблемы и предложить оптимальные параметры для оборудования и материалов. Результатом работы является разработка имитационной модели, которая позволяет более точно предсказать результаты печати и контролировать качество производимых реальной установкой деталей.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, аддитивные технологии, качество 3D-печати, SimInTech

**Для цитирования:** Щеников Я. А. Имитационная модель функционирования установки по производству деталей методом послойного наплавления // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 2. С. 38–43. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-38-43.

## Разработка комплексной сканирующей системы для определения дефектов формы

**Аннотация.** Рассматривается вопрос применения триплексного (мультисенсорного) датчика емкостно-оптически-вихретокового типа, имеющего предварительную систему преобразования, который был использован как альтернатива контактного щупа на кругломере RoundTestRA-120p [1]. Процесс снятия данных с детали на приборе для измерения дефектов формы имеет ряд сложностей, связанных с длительной калибровкой, влиянием коэффициента усилия, долгой предварительной калибровкой прибора, невозможностью использования прибора для деталей большого диаметра и большого веса. Подобранные характеристики триплексного датчика позволили использовать его вместо контактного щупа при измерении дефектов формы детали для разных материалов. Именно в бесконтактном измерении разных материалов заключается преимущество триплексного датчика.

## Simulation model of the functioning of an installation for the parts production using the fused deposition modeling method

**Abstract.** The article discusses the modeling of the 3D printing process as one of the ways to improve the quality and efficiency of this technology. Preliminary simulation modeling allows you to identify possible problems and suggest optimal parameters for equipment and materials. The result of the work is the development of a simulation model that allows you to more accurately predict the results of printing and control the quality of products.

**Keywords:** simulation modeling, additive technologies, 3D printing quality, SimInTech

**Acknowledgements.** The paper was prepared with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, grant agreement No. FSRF-2023-0003 “Fundamental principles of building of noise-immune systems for space and satellite communications, relative navigation, technical vision and aerospace monitoring”.

**For citation:** Shchenikov Ya. A. Simulation model of the functioning of an installation for the parts production using the fused deposition modeling method. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(2):38–43. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-38-43.

## Development of a comprehensive scanning system for detecting shape defects

**Abstract.** The article considers the issue of using a triplex (multi-sensor) sensor of a capacitive-optical-eddy current type with a preliminary conversion system, which was used as an alternative to a contact probe on the RoundTestRA-120p [1]. The process of removing data from a part on a device for measuring shape defects has a number of difficulties associated with prolonged calibration, the influence of the force coefficient, long pre-calibration of the device, the inability to use the device for parts of large diameter and heavy weight. The selected characteristics of the triplex sensor made it possible to use it instead of a contact probe when measuring defects in the shape of a part for different materials. The advantage of a triplex sensor lies precisely in the non-contact measurement of different materials.

**Keywords:** triplex system, eddy current sensor, optical laser sensor, part defect analysis

**Ключевые слова:** триплексная система, вихретоковый датчик, оптический лазерный датчик, анализ дефектов детали **Для цитирования:** Епифанцев К. В. Разработка комплексной сканирующей системы для определения дефектов формы //

Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 2. С. 44–52. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-44-52.

## Эколого-технологическое нормирование как эффективный инструмент обеспечения качества функционирования системы водоотведения производства

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы обеспечения качества очистки сточных вод и механизмы их решения. Определена необходимость гармонизации экологического и технологического нормирования с целью достижения предприятиями водопользователями заданных экологических стандартов и технологических показателей. Разработан новый метод установления связей между экологическими и технологическими нормативами с применением банка геоданных территориальной водно-ресурсной системы. Предложенный метод включает в себя концептуальную матрицу модели устойчивого функционирования территориальной водно-ресурсной системы, на основе которой разработаны три уровня нормативов в зависимости от степени развития производства, и информационно-программный комплекс для реализации модели эколого-технологического нормирования для отдельных производств, позволяющий повысить эффективность управления территориальными водно-ресурсными системами, а также конкурентоспособность предприятий за счет выявления и обоснования взаимовлияния технологических нормативов и нормативов качества окружающей среды.

**Ключевые слова:** нормативно допустимый сброс, технологические нормативы, эколого-технологическое нормирование, информационное обеспечение, система водоотведения, норматив допустимого воздействия, наилучшая доступная технология

**Для цитирования:** Жильникова Н. А., Шишкин И. А., Березина А. А. Эколого-технологическое нормирование как эффективный инструмент обеспечения качества функционирования системы водоотведения производства // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 2. С. 53–60. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-53-60.

**For citation:** Epifantsev K. V. Development of a comprehensive scanning system for detecting shape defects. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(2):44–52. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-44-52.

## Environmental and technological regulating as an effective tool for ensuring the quality of operation of the production water disposal system

harmonization of environmental and technological regulation has been identified in order for water user enterprises to achieve specified environmental standards and technological indicators. A new method has been developed for establishing connections between environmental and technological standards using a geodata bank of the territorial water resource system. The proposed method includes a conceptual matrix of a model for the sustainable functioning of territorial water resource systems, on the basis of which three levels of standards have been developed depending on the degree of development of production, and an information and software complex for implementing a model of environmental and technological standardization for individual industries, which makes it possible to increase the efficiency of territorial water management -resource systems, as well as the competitiveness of enterprises, by identifying and justifying the mutual influence of technological standards and environmental quality standards.

**Keywords:** normatively permissible discharge, technological standards, environmental and technological regulation, information support, drainage system, permissible impact standard, best available technology

**For citation:** Zhilnikova N. A., Shishkin I. A., Berezina A. A. Environmental and technological regulating as an effective tool for ensuring the quality of operation of the production water disposal system. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(2):53–60. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-53-60.

## Подход к формированию сил Кориолиса для поступательного и углового перемещения материального объекта в инерциальном пространстве

**Аннотация.** В основе формирования сил Кориолиса лежит элементарное устройство для целенаправленного создания на несущем теле движущегося материального объекта указанной силы как результата взаимодействия несущего тела и материального тела (материальной точки), перемещаемого относительно несущего тела как поступательно, так и вращательно. Такое относительно перемещение достигается конструкцией из наружной и внутренней вращающихся в несущем теле рамок и прямолинейной направляющей в составе внутренней рамки. Материальная точка приобретает линейную скорость вдоль прямолинейной направляющей и угловую скорость вместе с прямолинейной направляющей. Таким образом, в составе абсолютного линейного ускорения материальной точки выделяются управляемое ускорение Кориолиса и его «полезная» составляющая, обусловленная относительной угловой скоростью вращения относительного вектора линейной скорости.

Внутренняя сила Кориолиса приводит в движение несущее тело сообразно относительному движению материальной точки – вдоль текущего положения перпендикуляра к прямолинейной направляющей и согласно движению материальной точки в ограниченной по длине прямолинейной направляющей. В общем случае траектория движения будет криволинейной, а движение несущего тела по ней – ограниченным.

Для спрямления траектории перемещения полюса несущего тела элементарные устройства объединяются в пару: оба идентичны друг другу, но одно в начальном положении повернуто относительно другого на  $180^\circ$ . С целью обеспечения неограниченного поступательного перемещения обозначенного материального объекта в любой момент управляемого создания на борту вектора «полезного» ускорения Кориолиса выполняется обнуление линейной скорости несущего тела, что приводит к начальной скорости несущего объекта только за счет «полезной» силы Кориолиса.

Для осуществления указанного движения предлагается использование настраиваемого многофункционального средства с обеспечением его энергоснабжения бортовым источником.

Приводится аналитическое доказательство осуществления указанного перемещения несущего тела на основе ньютоновской модели пространства и времени, причем

## Approach to the Coriolis forces formation for translational and angular displacement of a material object in inertial space

**Abstract.** The formation of Coriolis forces is based on an elementary device for the purposeful creation of a specified force on the supporting body of a moving material object as a result of the interaction of the supporting body and the material body (material point), which is moved relative to the supporting body both translationally and rotationally. This relative displacement is achieved by a structure consisting of an outer and inner frame rotating in the supporting body and a rectilinear guide consisting of an internal one scope. A material point acquires a linear velocity along a rectilinear guide and an angular velocity along with a rectilinear guide. Thus, in the composition of the absolute linear acceleration of a material point, the controlled Coriolis acceleration and its “useful” component are distinguished due to the relative angular velocity of rotation of the relative linear velocity vector.

The internal Coriolis force sets the supporting body in motion according to the relative motion of the material point: along the current position of the perpendicular to the rectilinear guide and according to the motion of the material point, in a rectilinear guide limited in length. In general, the trajectory of the motion will be curvilinear, and the movement of the supporting body along it will be limited. To straighten the trajectory of the pole movement of the supporting body, elementary devices are combined into pairs: both are identical to each other, but one is rotated relative to the other by  $180$  degrees in the initial position.

In order to ensure unlimited translational displacement of the designated material object at any moment of the controlled creation of the “useful” Coriolis acceleration vector on board, the linear velocity of the supporting body is zeroed, which leads to the initial velocity of the supporting object only due to the “useful” Coriolis force.

To carry out this movement, it is assumed to use a customizable multifunctional vehicle with its power supply by an on-board source. An analytical proof of the implementation of the specified displacement of the supporting body on the basis of the Newtonian model of space and time is given, and a set of mathematical expressions is the basis for the development of an algorithm and a control program.

**Keywords:** material point, material object, supporting body, inertial space, inertial navigation, Coriolis acceleration, Coriolis force, accelerometer, gyroscopic integrator of linear accelerations

**For citation:** Ogurtsov I. Ya., Pervukhin D. A., Afanaseva O. V. Approach to the Coriolis forces formation for translational and angular displacement of a material object in inertial space.

совокупность математических выражений является основой для разработки алгоритма и программы управления.

**Ключевые слова:** материальная точка, материальный объект, несущее тело, инерциальное пространство, инерциальная навигация, ускорение Кориолиса, сила Кориолиса, акселерометр, гироскопический интегратор линейных ускорений

**Для цитирования:** Огурцов И. Я., Первухин Д. А., Афанасьева О. В. Подход к формированию сил Кориолиса для поступательного и углового перемещения материального объекта в инерциальном пространстве // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 2. С. 61–71. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-61-71.

## Построение границы области возникновения двухпериодических колебаний в нелинейной модели сенсорного нейрона

**Аннотация.** С помощью бифуркационного анализа решена задача определения условий возникновения сложных двухпериодических колебаний в виде режима пачечной активности в нелинейной модели сенсорного нейрона спинальных ганглиев крыс и построения границы этой области при изменении параметров модели. Актуальность предложенного подхода состоит в необходимости выявления влияния различных параметров анализируемой модели на изменение режимов импульсной активности сенсорных нейронов, связанное с возможными физическими или химическими воздействиями.

**Ключевые слова:** бифуркационный анализ, двухпериодичность, быстрая и медленная подсистемы

**Для цитирования:** Дик О. Е., Фролова Е. А., Акилин А. С. Построение границы области возникновения двухпериодических колебаний в нелинейной модели сенсорного нейрона // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 2. С. 72–77. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-72-77.

## О нелинейном резонансе поляризованных оптических волн

**Аннотация.** Выведены интегрируемые двухкомпонентные нелинейные дифференциальные уравнения, имеющие приложения в нелинейной оптике. Получены стационарные уравнения, которым удовлетворяют простейшие нетривиальные

*Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2024;3(2):61–71. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-61-71.*

## Constructuon of the boundary of the two-period oscillation region in the nonlinear model of sensory neuron

**Abstract.** Using bifurcation analysis, we solved the problem of determining the conditions for the occurrence of complex two-period oscillations in the form of a burst activity mode in a nonlinear model of a sensory neuron in the rat spinal ganglia and constructing the boundary of this region when changing the model parameters. The relevance of the proposed approach lies in the need to identify the influence of various parameters of the analyzed model on changes in the modes of impulse activity of sensory neurons associated with possible physical or chemical influences.

**Keywords:** bifurcation analysis, two-periodicity, fast and slow subsystems

**For citation:** Dick O. E., Frolova E. A., Akilin A. S. Constructuon of the boundary of the two-period oscillation region in the nonlinear model of sensory neuron. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2024;3(2):72–77. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-72-77.*

## On the nonlinear resonance of polarized optical waves

**Abstract.** Integrable two-component nonlinear differential equations with applications in nonlinear optics are derived. Stationary equations are obtained, which are satisfied by the simplest nontrivial solutions. The values of the parameters of stationary equations are indicated,



решения. Указаны значения параметров стационарных уравнений, при которых в рассмотренной нелинейной модели возникает резонанс, заключающийся в возникновении неограниченно возрастающих решений.

**Ключевые слова:** нелинейное уравнение Шредингера, уравнение Каупа – Ньюэлла, уравнение Чень – Ли – Лью, уравнение Герджикова – Иванова, векторное интегрируемое нелинейное уравнение

**Для цитирования:** Смирнов А. О. О нелинейном резонансе поляризованных оптических волн // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 2. С. 78–85. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-78-85.

at which a resonance occurs in the considered nonlinear model, consisting in the appearance of infinitely increasing solutions.

**Keywords:** nonlinear Schrödinger equation, Kaup – Newell equation, Chen – Lee – Liu equation, Gerdjikov – Ivanov equation, vector integrable nonlinear equation

**Acknowledgements.** The research was supported by the Russian Science Foundation, grant 22-11-00196 (<https://rscf.ru/project/22-11-00196/>).

**For citation:** Smirnov A. O. On the nonlinear resonance of polarized optical waves. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(2):78–85. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-2-78-85.

## Обеспечение качества закупки электронной компонентной базы на основе статических, динамических моделей и нейронных сетей

**Аннотация.** Рассмотрена проблема обеспечения качества электронного изделия на этапе выбора поставщика электронной компонентной базы. Обусловлена необходимость обеспечения качества закупок. Приведены статические модели выбора поставщиков на основе локальных и обобщенных критериев и динамические модели выбора поставщиков на основе нейронных сетей.

**Ключевые слова:** показатели, критерии, технология, электронная компонентная база, качество

**Для цитирования:** Коршунов Г. И., Макаров Е. Д., Борисенко К. А. Обеспечение качества закупки электронной компонентной базы на основе статических, динамических моделей и нейронных сетей // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 1. С. 7–11. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-1-7-11.

## Организация прослеживаемости электронной продукции на этапах жизненного цикла на основе базовой цифровой модели

**Аннотация.** Рассмотрена проблема организации производственных процессов и обеспечения качества продукции с точки зрения актуализации, внедрения и архивирования всей конструкторской документации по изделиям. Обоснована необходимость систематизации и агрегации данных, которые при проведении повторных заказов, возникновении спорных ситуаций или несоответствий смогут стать ключевыми объектами при поиске способов решения. Представлено решение на основе базовой цифровой модели с элементами рекурсии.

**Ключевые слова:** качество, цифровая модель, прослеживаемость, документация

**Для цитирования:** Коршунов Г. И., Макаров Е. Д. Организация прослеживаемости электронной продукции на этапах жизненного цикла на основе базовой цифровой

## Ensuring the quality of procurement of electronic component base based on static, dynamic models and neural networks

**Abstract.** The article discusses the problem of ensuring the quality of an electronic product at the stage of selecting a supplier of electronic component base. There is a need to ensure the quality of procurement. Static models of supplier selection based on local and generalized criteria and dynamic models of supplier selection based on neural networks are presented.

**Keywords:** indicators, criteria, technology, electronic component base, quality

**For citation:** Korshunov G. I., Makarov E. D., Borisenko K. A. Ensuring the quality of procurement of electronic component base based on static, dynamic models and neural networks. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(1):7–11. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-1-7-11.

## Organization of traceability of electronic products at life cycle stages based on a basic digital model

**Abstract.** The article examines the problem of organizing production processes and ensuring product quality from the point of view of updating, implementing, and archiving all design documentation for products. There is a need for systematization and aggregation of data, which, when carrying out repeat orders, the occurrence of controversial situations or inconsistencies, can become key objects in the search for solutions. A solution is presented based on a basic digital model with recursion elements.

**Keywords:** quality, digital model, traceability, documentation

**For citation:** Korshunov G. I., Makarov E. D. Organization of traceability of electronic products at life cycle stages based on a basic digital model. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(1):12–16. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-06932024-1-12-16.

## Измерение параметров цвета элементов оптической системы экспериментальной колориметрической установкой

**Аннотация.** Работа затрагивает вопросы измерения параметров цвета элементов оптической системы экспериментальной колориметрической установкой. В научной практике колориметрические приборы и комплексы востребованы и дают возможность получить высокоточную и достоверную информацию о контролируемом объекте, поэтому работа актуальна и перспективна. Представлены внешний вид, функциональная схема и технические параметры экспериментальной установки. Получены экспериментальные результаты координат цветности светофильтров из цветного стекла разных производителей на цветовом треугольнике, проведен сравнительный анализ экспериментальных данных.

**Ключевые слова:** колориметрическая установка, цветовой треугольник, светофильтр, координата цветности, цветовая система координат, фотодиод

**Для цитирования:** Майоров Е. Е., Пушкина В. П., Гулиев Р. Б. Измерение параметров цвета элементов оптической системы экспериментальной колориметрической установкой // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 1. С. 17–21. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-1-17-21.

## Контроль качества медной руды с помощью метода лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии

**Аннотация.** Аналитические методы крайне востребованы в горнодобывающей отрасли, которая является одной из ключевых отраслей российской промышленности. Они выполняют важные функции мониторинга, измерения и контроля технологических процессов, которые необходимы для оптимальной работы. Одним из методов, который может помочь в определении качества сырья, является лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия (ЛИЭС). В данной работе предлагается использовать ЛИЭС-метод для определения присутствия меди в пробах горнодобывающей промышленности. Для этой задачи был собран экспериментальный макет, выбрана оптическая схема эксперимента и определены параметры лазерного излучения. Были изготовлены таблетки из гипсовой основы с включениями меди, проведены тестовые

## Measurement of the color parameters of the elements of the optical system by an experimental colorimetric installation

**Abstract.** The work touches upon the issues of measuring the color parameters of the elements of the optical system with an experimental colorimetric installation. In scientific practice, colorimetric devices and complexes are in demand and make it possible to obtain high-precision, informative and reliable information about the controlled object, so the work is relevant and promising. The article presents the appearance, functional scheme and technical parameters of the experimental installation. Experimental results of chromaticity coordinates of colored glass filters from different manufacturers on a color triangle were obtained, a comparative analysis of experimental data was carried out.

**Keywords:** colorimetric installation, color triangle, light filter, chromaticity coordinate, color coordinate system, photodiode

**For citation:** Maiorov E. E., Pushkina V. P., Guliyev R. B. Measurement of the color parameters of the elements of the optical system by an experimental colorimetric installation. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(1):17–21. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-1-17-21.

## Quality control of copper ore using laser-induced breakdown spectroscopy technique

**Abstract.** Analytical methods are highly demanded in the mining industry, which is one of the key sectors. They fulfil an important function of monitoring, measuring and controlling the processes that are necessary for optimal operation. One of the methods that can help in determining the quality of raw materials is of laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS). This paper proposes to use the LIBS method to determine the presence of copper in mining samples. For this task, an experimental layout was assembled, the optical scheme of the experiment was selected and the parameters of laser radiation were determined. Tablets from gypsum base with copper inclusions were made, test measurements of plasma spectra formed on the surface of tablets were carried out and copper (Cu(II)) was determined at wavelengths of 324.7 and 327.3 nm.

измерения спектров плазмы, образующейся на поверхности таблеток, и была определена медь (Cu(I)) на длине волны 324,7 и 327,3 нм.

**Ключевые слова:** лазерно-искровая эмиссионная спектрометрия, спектральная характеристика, спектральный анализ, медь

**Для цитирования:** Мисникова Т. С. Контроль качества медной руды с помощью метода лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 1. С. 22–27. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-1-22-27.

## Эксперименты по контролю количества объектов на поверхности на основе обработки лазерных данных и методов распознавания с борта малых летательных аппаратов

**Аннотация.** Объектом научного исследования является алгоритм обнаружения и выделения объектов на основе обработки лазерных данных – облака точек, полученного с помощью интеллектуальной оптико-электронной системы оперативного мониторинга земной поверхности, реализуемой на базе малых летательных аппаратов. Научная работа имеет весомое практическое значение для разработки программы автоматизированного обнаружения и выделения объектов на наблюдаемой поверхности. Разработка алгоритма позволит проводить более эффективное и точное распознавание объектов на наблюдаемой поверхности, что может быть полезно в различных сферах, таких как геодезия, картография, мониторинг природных ресурсов, охрана окружающей среды, обеспечение безопасности и т. д. Для достижения поставленной цели используются методы лазерного сканирования земной поверхности, методы глубокого обучения и извлечения признаков для классификации обнаруженных объектов на поверхности.

Проведены эксперименты по обнаружению объектов на облаке точек. В рамках экспериментов были использованы облака точек, полученные с оптико-электронных систем оперативного мониторинга земной поверхности на базе беспилотной авиационной системы (БАС). В процессе исследования разработана программа по контролю количества объектов на основе методов распознавания объектов. Приведены результаты по обработке лазерных данных облака точек, реализуемых на базе малых БАС, что является логичным продолжением и развитием данного направления.

**Keywords:** Laser-induced breakdown spectroscopy, spectral characterisation, spectral analysis, copper

**For citation:** Misnikova T. S. Quality control of copper ore using laser-induced breakdown spectroscopy technique. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(1):22–27. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-1-22-27.

## Experiments to control the number of objects on the surface based on laser data processing and recognition methods on board small aircraft

**Abstract.** The object of scientific research is an algorithm for detecting and highlighting objects based on processing laser data – a cloud of points obtained using an intelligent optical-electronic system for operational monitoring of the earth's surface, implemented on the basis of small aircraft. Scientific work has significant practical significance for the development of a program for automated detection and selection of objects on the observed surface. The development of the algorithm will allow for more efficient and accurate recognition of objects on the observed surface, which can be useful in various fields, such as geodesy, cartography, monitoring of natural resources, environmental protection, security, etc. To achieve this goal, methods of laser scanning of the earth's surface, deep learning and feature extraction methods are used to classify detected objects on the surface.

Experiments were carried out on object detection based on processing laser data – point clouds. As part of these experiments, point clouds obtained from optical-electronic systems for operational monitoring of the earth's surface based on UAS were used. As part of the study, a program was developed to control the number of objects based on object recognition methods.

The presented results on processing laser point cloud data implemented on the basis of small naval aircraft are a logical continuation and development of this direction.

**Keywords:** laser data, observed surface, object detection, small aircraft, point cloud, unmanned aviation system

**For citation:** Afanasyeva V. I., Zalischuk A. A., Nenashev V. A., Grigorov M. Yu., Morozov A. V. Experiments to control the number of objects on the surface based on laser data processing and recognition methods on board small aircraft. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(1):28–35. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-1-28-35.

**Ключевые слова:** лазерные данные, наблюдаемая поверхность, обнаружение объектов, малый летательный аппарат, облако точек, беспилотная авиационная система

**Для цитирования:** Афанасьева В. И., Залищук А. А., Ненашев В. А., Григоров М. Ю., Морозов А. В. Эксперименты по контролю количества объектов на поверхности на основе обработки лазерных данных и методов распознавания с борта малых летательных аппаратов // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 1. С. 28–35. DOI: 10.31799/2949-0693-20241-28-35.

## Интегрированная система контроля технического состояния авиационного двигателя на базе спектроскопических измерений

**Аннотация.** Внедрение встроенных систем контроля технического состояния планера самолета, силовой установки и бортовых систем играет ключевую роль в повышении безопасности полетов и сокращении расходов на техническое обслуживание. Эти системы позволяют обнаруживать износ и повреждения авиационных двигателей, контролировать использование ресурса и оценивать состояние компонентов. Однако существующие методы диагностики износа двигателей недостаточно учитывают влияние внешних факторов на их состояние, а с увеличением сложности конструкции и требований к техническому обслуживанию необходимо разработать более надежные и продвинутое системы контроля технического состояния. Датчики различных видов собирают информацию о работе двигателя, включая температуру, давление газа, вибрацию, скорость вращения ротора, наличие твердых частиц в масле, расход топлива и воздуха, концевой зазор лопаток и другие параметры. Эти данные могут быть использованы совместно с контрольно-измерительной аппаратурой других систем двигателя, таких как автоматическое управление и противопожарная система. Предлагается использовать многоальтернативную систему контроля технического состояния авиационного двигателя с применением брэгговской решетки в качестве измерительного устройства. Применение встроенных систем контроля имеет важное значение для обеспечения безопасности и снижения затрат на обслуживание.

**Ключевые слова:** многоальтернативная система контроля, контроль технического состояния авиационного двигателя, силовые устройства, брэгговская решетка, спектральный анализ

**Для цитирования:** Сердюк К. В. Интегрированная система контроля технического состояния авиационного двигателя на базе спектроскопических измерений //

## Integrated system of aircraft engine technical condition control based on spectroscopic measurements

**Abstract.** The implementation of in-built condition monitoring systems for aircraft airframe, propulsion and onboard systems plays a key role in improving flight safety and reducing maintenance costs. These systems can detect wear and damage to aircraft engines, monitor service life utilisation and assess the condition of components. However, existing engine wear diagnosis methods do not sufficiently account for the influence of external factors on engine condition, and with increasing design complexity and maintenance requirements, more reliable and advanced condition monitoring systems need to be developed. Sensors of various kinds collect information about engine operation, including temperature, gas pressure, vibration, rotor speed, solids in oil, fuel and air flow, blade end clearance, and other parameters. This data can be used in conjunction with instrumentation of other engine systems such as automatic controls and fire protection system. It is proposed to use a multi-alternative system for monitoring the technical condition of an aircraft engine using a Bragg grating as a measuring device. The use of inbuilt monitoring systems is important to ensure safety and reduce maintenance costs.

**Keywords:** multi-alternative control system, aircraft engine technical condition control, power devices, Bragg grating, spectral analysis **For citation:** Serdiuk K. V. Integrated system of aircraft engine technical condition control based on spectroscopic measurements. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(1):36–41 (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-1-36-41.

## Применение волоконной оптики в спектроскопических системах контроля физических и технологических процессов

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию особенностей применения волоконно-оптической системы передачи (ВОСП) анализируемых сигналов в системах дистанционной оптической спектроскопии. Целью исследования являлась разработка математических моделей и методик расчета искажений и энергетических потерь, возникающих при передаче оптических сигналов по волокну, линзовому блоку ввода излучения и системе согласования ВОСП с входной апертурой спектрального прибора. Проведено исследование искажений аппаратной функции спектрального прибора при применении оптического волокна для оптического спектрального прибора с дифракционной решеткой. На основе выполненного компьютерного моделирования получена оценка уширения аппаратной функции спектрального прибора с дифракционной решеткой при использовании одномодового и многомодового оптических волокон. Исследованы энергетические потери оптического излучения в системе согласования ВОСП с входной апертурой спектрального прибора: предложена математическая модель и на ее основе рассчитаны величины энергетических потерь. Предложенная математическая модель позволяет при заданных входных параметрах спектрального прибора осуществлять расчеты параметров оптических элементов для минимизации энергетических потерь. Разработанные методики расчета, предложенные математические модели и результаты компьютерного моделирования могут быть применены и использованы при разработке и расчете систем дистанционной оптической спектроскопии для контроля физических, физико-химических и технологических процессов.

**Ключевые слова:** оптика, спектроскопия, оптическое волокно, аппаратная функция спектрального прибора, системы контроля, дифракционная решетка, энергетические потери

**Для цитирования:** Казаков В. И., Китаев В. В. Применение волоконной оптики в спектроскопических системах контроля физических и технологических процессов // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 1. С. 42–50. DOI: 10.31799/29490693-2024-1-42-50.

## Application of fibre optics in spectroscopic systems of control of physical and technological processes

**Abstract.** The work is devoted to the study of the peculiarities of application of fibre-optic transmission system (FOTS) of analysed signals in remote optical spectroscopy systems. The aim of the study was to develop mathematical models and methods of calculation of distortions and energy losses arising during the transmission of optical signals through a fibre, a lenticular radiation input unit and a system for matching the VOSP with the input aperture of a spectral instrument. The study of distortions of the hardware function of the spectral instrument when using optical fibre for an optical spectral instrument with a diffraction grating has been carried out. On the basis of the performed computer modelling the estimation of the broadening of the hardware function of the spectral device with a diffraction grating when using single-mode and multimode optical fibres has been obtained. The energy losses of optical radiation in the system of matching of FOSS with the input aperture of a spectral device are investigated: a mathematical model is proposed and the values of energy losses are calculated on its basis. The proposed mathematical model allows, given the input parameters of the spectral device, to calculate the parameters of optical elements to minimise the energy losses. The developed calculation methods, proposed mathematical models and results of computer modelling can be applied and used in the development and calculation of remote optical spectroscopy systems for control of physical, physical-chemical and technological processes.

**Keywords:** optics, spectroscopy, optical fibre, spectral instrument hardware function, control systems, diffraction grating, energy losses

**For citation:** Kazakov V. I., Kitaev V. V. Application of fibre optics in spectroscopic systems of control of physical and technological processes. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(1):42–50. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-06932024-1-42-50.

## Подбор оптимального режима работы датчика измерения вакуума Пирани

**Аннотация.** Проведено изучение работы датчика Пирани в широком интервале давлений  $1000 \div 10^{-2}$  мбар в атмосфере воздуха и азота. Показано, что как в режиме стабилизации тока, так и в режиме стабилизации температуры наблюдается существенный унос мощности нагревателя при изменении давления газа в камере. В режиме стабилизации температуры удалось уменьшить рабочую температуру нагревателя до  $1000 \div 200$  °С, что позволило применять в качестве материала нагревателя датчика вольфрам.

**Ключевые слова:** измерение вакуума, датчик Пирани, вольфрам, азот, воздух  
**Для цитирования:** Рутков Е. В., Новикова Ю. А., Казаев А. А. Подбор оптимального режима работы датчика измерения вакуума Пирани // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 1. С. 51–55. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-1-51-55.

## Автоматизированная система для сканирования пространственной структуры плазменной струи методом оптической эмиссионной спектроскопии

**Аннотация.** Описан разработанный программно-аппаратный комплекс для регистрации спектральной пространственной информации о быстропотекающих процессах в конденсированных средах с высоким временным и пространственным разрешением. Представлены данные измерений полей распределения температуры в тонкой плазменной струе в потоке гелия и аргона при помощи данного комплекса.

**Ключевые слова:** оптическая эмиссионная спектроскопия, обработка данных, автоматизация измерений

**Для цитирования:** Дьяченко А. А., Пинчук М. Э. Автоматизированная система для сканирования пространственной структуры плазменной струи методом оптической эмиссионной спектроскопии // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 1. С. 56–62. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-1-56-62.

## Optimization of operating conditions for a Pirani vacuum gauge

**Abstract.** A study of the Pirani sensor operation in a wide pressure range of  $1000 \div 10^{-2}$  mbar in air and nitrogen atmospheres has been carried out. It is shown that both in the heating current stabilization mode and in the temperature stabilization mode, a significant heating power loss is observed when the gas pressure in the chamber changes. In temperature stabilization mode, it was possible to reduce the operating temperature of the heater up to  $1000 \div 200$  °C, which made it possible to use tungsten as the sensor heater material.

**Keywords:** vacuum measurement, Pirani sensor, tungsten, nitrogen, air

**For citation:** Rutkov E. V., Novikova Yu. A., Kazaev A. A. Optimization of operating conditions for a Pirani vacuum gauge. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(1):51–55. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-1-51-55.

## Automated system for scanning the spatial structure of a plasma jet using optical emission spectroscopy

**Abstract.** The developed software and hardware complex for recording a two-dimensional spectral pattern is described. The temperature space distribution in a thin plasma jet in helium and argon using the system are presented.

**Keywords:** optical emission spectroscopy, data analysis, automation of measurements

**For citation:** Dyachenko A. A., Pinchuk M. E. Automated system for scanning the spatial structure of a plasma jet using optical emission spectroscopy. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(1):56–62. (In Russ.). DOI: 10.31799/29490693-2024-1-56-62.

## Исследование возможности применения одновиткового вихретокового датчика для измерения дефектов формы

**Аннотация.** На кругломере RoundTest RA-120P с целью импортозамещения и предотвращения постепенного истирания щупа были проведены эксперименты с бесконтактными датчиками – датчиком вихретокового типа и датчиком лазерным гелиево-ионного типа – с целью создания сдвоенной головки для определения дефектов формы. Рассмотрены результаты эксперимента с различными типами бесконтактных датчиков, также систематизированы различные способы обработки выходных сигналов на основе библиографического и патентного анализа передовых разработок в области измерения дефектов формы. Сформулированы направления дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** вихретоковый датчик, оптический лазерный датчик, анализ дефектов детали, круглость, радиальное биение, обработка сигналов, формирование круглограммы, бесконтактные измерения

**Для цитирования:** Епифанцев К. В., Петров Г. А., Белопухов В. Н., Заякин О. А. Исследование возможности применения одновиткового вихретокового датчика для измерения дефектов формы // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, № 1. С. 63–76. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-1-63-76.

## Сетевые калькуляторы на основе временных автоматов для оценки характеристик вычислительных сетей с возможностью динамической реконфигурации

**Аннотация.** Многие вычислительные сети должны обеспечивать одновременную передачу большого количества потоков данных, для каждого из которых должны обеспечиваться различные параметры качества сервиса, изоляция от других потоков данных. Для обозначения этого класса сетей в настоящее время часто используется термин «сети, чувствительные ко времени» (Time Sensitive Networks, TSN). Количество передаваемых потоков данных, пути их передачи, необходимые параметры потоков, требуемые характеристики могут меняться во времени вследствие изменения режимов функционирования системы, наборов решаемых задач, фаз вычислительного процесса, структуры сети (штатно или в результате отказов оборудования). Для оценки характеристик вычислительных сетей, прежде всего максимального времени

## Study of the possibility of using a single-turn eddy current sensor for measurement of mold defects

**Abstract.** Experiments with non-contact sensors were carried out on the RoundTest RA-120P roundmeter in order to import substitution and prevent gradual abrasion of the probe: an eddy current sensor and a laser sensor of the helium-ion type in order to create a double head for determining shape defects. The article considers the results of an experiment with various types of contactless sensors, and systematizes various methods of processing output signals based on a bibliographic and patent analysis of advanced developments in the field of measuring shape defects. The directions of further research are formulated.

**Keywords:** eddy current sensor, optical laser sensor, part defect analysis, roundness, radial runout, signal processing, circular pattern formation, non-contact measurements

**For citation:** Epifancev K. V., Petrov G. A., Belopukhov V. N., Zayakin O. A. Study of the possibility of using a single-turn eddy current sensor for measurement of mold defects. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(1):63–76. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-1-63-76.

## Network calculus based on timed automata for the characteristics evaluation of computer networks with the dynamic reconfiguration

**Abstract.** Many computer networks must provide simultaneous transmission of a large number of data flows (streams), for each of which different quality of service parameters and isolation from other data streams must be provided. The number of transmitted data streams, their transmission paths, parameters, required characteristics can change over time due to changes in system operating modes, sets of tasks to be solved, phases of the computation process, network structure (planned or as a result of terminal nodes and routers failures). Network calculators based on (min, +) or (max, +) algebras are most often used to evaluate the characteristics of computer networks, primarily the maximum data delivery time. However, there are a number of serious limitations when using such network calculators for this class of networks. In this article,



доставки данных, чаще всего используются сетевые калькуляторы на базе (min, +) или (max, +)-алгебр. Однако существует ряд серьезных ограничений при использовании таких сетевых калькуляторов для данного класса сетей. В данной статье мы рассматриваем возможности по формированию сетевых калькуляторов на основе временных автоматов для данного класса систем, показываем преимущества этого подхода.

**Ключевые слова:** сетевые калькуляторы, временные автоматы, локальные вычислительные сети, механизмы обеспечения качества сервиса, динамическая реконфигурация, SpaceFibre

**Для цитирования:** Суворова Е. А. Сетевые калькуляторы на основе временных автоматов для оценки характеристик вычислительных сетей с возможностью динамической реконфигурации // Инновационное приборостроение. 2024. Т. 3, No 1. С. 77–88. DOI: 10.31799/2949-0693-2024-1-77-88.

*we consider the possibilities of creating network calculators based on timed automata for this class of systems, and show the advantages of this approach.*

**Keywords:** network calculus, timed automata, local area networks, quality of service mechanisms, dynamic reconfiguration, SpaceFibre

**Acknowledgements.** *The paper was prepared with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, grant agreement no. FSRF-2023-0003 “Fundamental principles of building of noise-immune systems for space and satellite communications, relative navigation, technical vision and aerospace monitoring”.*

**For citation:** Suvorova E. A. Network calculus based on timed automata for the characteristics evaluation of computer networks with the dynamic reconfiguration. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2024;3(1):77–88. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2024-1-77-88.

## Разработка методики управления устареванием на основе эффективного использования компонентов производственной системы с применением цикла Деминга – Шухарта

**Аннотация.** Проведен анализ причин возникновения и последствий морального и технологического устаревания элементов производства, а также составлена методика управления устареванием в соответствии с ГОСТ Р 70383-2022.

Представленный алгоритм управления процессом устаревания основан на циклической модели управления PDCA и включает в себя вариативные действия, отраженные в миссии предприятия. Предложенная методика позволяет осуществлять управление техническим потенциалом продукта и предотвращать производственные потери.

**Ключевые слова:** производство, продукт, устаревание, управление устареванием, подход, качество

**Для цитирования:** Митягина М. Н., Назаревич С. А. Разработка методики управления устареванием на основе эффективного использования компонентов производственной системы с применением цикла Деминга – Шухарта // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, № 6. С. 5–10. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-5-10.

## Качество текстуры поверхности и механические свойства материалов аддитивного производства с армированными углеродными волокнами производства FDM

**Аннотация.** Представлены результаты механических испытаний моделей, изготовленных с использованием двух технологий 3D-печати – методом послойного наплавления (FDM) и непрерывным углеродным волокном (CFF). В обеих технологиях используются материалы на основе полилактида (PLA) или нейлона (PA), армированные углеродными волокнами. Работа включает в себя как испытания исследуемых материалов на одноосное растяжение, так и метрологические измерения поверхностей, полученных с помощью двух технологий 3D-печати. Результаты испытаний показали значительное влияние типа технологии на прочность

## Development of obsolescence management methodology based on the effective use of production system components using the Deming – Shewhart cycle

**Abstract.** The article analyzes the causes and consequences of moral and technological obsolescence of production elements, and also compiled the methodology of obsolescence management has been compiled in accordance with GOST R 70383-2022. The presented algorithm for managing the obsolescence process is based on the cyclic PDCA management model and includes variable actions reflected in the mission of the enterprise. The proposed method allows you to manage the technical potential of the product and prevent production losses.

**Keywords:** production, product, obsolescence, obsolescence management, approach, quality

**For citation:** Mityagina M. N., Nazarevich S. A. Development of obsolescence management methodology based on the effective use of production system components using the Deming – Shewhart cycle. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(6):5–10. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-5-10.

## Surface texture quality and mechanical properties of materials of additive manufacturing with carbon fiber reinforced FDM-production

**Abstract.** The article presents the results of mechanical tests of models manufactured using two 3D-printing technologies, FDM and CFF. Both technologies use PLA or PA based materials reinforced with carbon fibers. The work includes both uniaxial tensile testing of the materials under study and metrological measurements of surfaces obtained using two 3D-printing technologies. The test results showed a significant influence of the type of technology on the strength of the constructed models and on the quality of the technological surface layer. After analyzing the parameters of the primary profile, roughness and waviness, it can be clearly stated that the quality of the technological surface layer is much better for models manufactured using

построенных моделей и на качество технологического поверхностного слоя. После анализа параметров первичного профиля, шероховатости и волнистости можно четко заявить, что качество технологического поверхностного слоя намного лучше у моделей, изготовленных по технологии CFF, по сравнению с технологией FDM. Кроме того, прочность на разрыв моделей, изготовленных из материала, обогащенного углеродными волокнами, намного выше для образцов, изготовленных по технологии CFF, по сравнению с FDM.

**Ключевые слова:** 3D-печать, углеродные волокна, полимеры, FDM, CFF, механические свойства

**Для цитирования:** Чабаненко А. В. Качество текстуры поверхности и механические свойства материалов аддитивного производства с армированными углеродными волокнами производства FDM // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, № 6. С. 11–16. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-11-16.

## Улучшение процессов согласования технической документации в рамках системы менеджмента качества наукоемкого производства

**Аннотация.** Предлагается подход к улучшению процессов согласования технической документации с учетом ограничений системы менеджмента качества наукоемкого производства. Рассмотрена и проанализирована система технического документооборота с помощью элементов теории искусственных нейронных сетей. Выявлены причины возникновения несоответствий в процессе производства изделий и предложена альтернатива по улучшению процессов технического документооборота в условиях отсутствия цифровой связи цикла разработки с производством. Предложена улучшенная модель маршрута согласования технической документации в среде автоматизированной системы предприятия, не противоречащая требованиям системы менеджмента качества организации и позволяющая улучшить качество процессов согласования технической документации наукоемкого производства.

**Ключевые слова:** система, имитационная модель, искусственная нейронная сеть, технический документооборот, несоответствие, техническая документация, качество, модернизация, улучшение, наукоемкое производство, организация, система менеджмента качества

CFF-technology compared to FDM-technology. In addition, the tensile strength of models made from carbon fiber enriched material is much higher for CFF-models compared to FDM.

**Keywords:** 3D-printing, carbon fibers, polymers, FDM, CFF, mechanical properties

**For citation:** Chabanenko A. V. Surface texture quality and mechanical properties of materials of additive manufacturing with carbon fiber reinforced FDM-production. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(6):11–16. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-11-16.

## Improvement of the engineering documentation approval processes in accordance with the quality management system of high-technology production

**Abstract.** An approach is proposed to improve the engineering documentation approval processes, taking into account the limitations of the quality management system of high-technology production. The engineering document flow system is analyzed using elements of the artificial neural networks theory. The causes of nonconformities have been identified in the production process and proposed an alternative to improve engineering document flow processes in the absence of a digital connection between the development cycle and production. An improved model of the route for approving engineering documentation in the environment of an product lifecycle management system is proposed, which does not contradict the requirements of the organization's quality management system and makes it possible to improve the quality of the processes for approving engineering documentation of high-tech production.

**Keywords:** system, simulation model, artificial neural network, engineering document flow, nonconformity, engineering documentation, quality, modernization, improvement, high-technology production, organization, quality management system

**For citation:** Ivanov M. V. Improvement of the engineering documentation approval processes in accordance with the quality management system of high-technology production. *Innovacionnoe*

**Для цитирования:** Иванов М. В. Улучшение процессов согласования технической документации в рамках системы менеджмента качества наукоемкого производства // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 6. С. 17–24. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-17-24.

## Разработка концептуальной модели оценки качества бренда

**Аннотация.** Рассмотрены основные проблемы влияния бренда на имидж компании. Предложен набор показателей, которые позволят создать модель для оценки и измерения качества бренда.

**Ключевые слова:** бренд, имидж, SERVQUAL

**Для цитирования:** Удахина С. В., Рахматуллина П. Л. Разработка концептуальной модели оценки качества бренда // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 6. С. 25–35. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-25-35.

## Анализ необходимости применения методов технического творчества с целью инициации инновационной деятельности

**Аннотация.** Техническое творчество может быть связано как со введением новых технологических решений, так и с их усовершенствованием или переработкой уже существующих. В этом случае мы можем говорить о том, что технические разработки могут включать в себя не только инновационные идеи, но также и эффективное использование известных методов и принципов.

Научно-техническая новизна исследований и изысканий заключается в создании новых знаний, которые позволяют внести изменения в области науки и техники. Это могут быть достижение совершенства в определенной области, открытие новых физических явлений или появление новых материалов. Научные исследования часто ведутся на основе теоретических предпосылок, однако результаты этих исследований должны соответствовать проверенным фактам и доказательствам. Связь технического творчества и научно-технической новизны требует отдельного анализа.

priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2023;2(6):17–24. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-17-24.

## Development of a conceptual model quality assessment of company's brand

**Abstract.** The article discusses the main problems of brand influence on the company's image. Also proposes a set of indicators that will create a model for assessing and measuring brand quality.

**Keywords:** company's brand, image, SERVQUAL

**For citation:** Udakhina S. V., Rakhmatullina P. L. Development of a conceptual model quality assessment of company's brand. Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2023;2(6):25–35. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-25-35.

## Analysis of the need of applying methods of technical creativity in order to initiate innovative activity

**Abstract.** Technical creativity can be related both to the introduction of new technological solutions and to their improvement or reworking of existing ones. In this case, we can say that technical developments can include not only innovative ideas, but also the effective use of known methods and principles.

Scientific and technical novelty, on the other hand, consists in the creation of new knowledge that makes it possible to make changes in the field of science and technology. It may be the achievement of excellence in a particular field, the discovery of new physical phenomena, or the emergence of new materials. Scientific research is often conducted on the basis of theoretical assumptions, but the results of this research must be consistent with verified facts and evidence. The relationship between technical creativity and scientific and technical novelty requires a separate analysis.

**Keywords:** scientific and technical novelty, technical creativity, vepol analysis, types of novelty

**For citation:** Verkhovskaya A. I. Analysis of the need of applying methods of technical creativity in order to initiate innovative activity. Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2023;2(6):36–40. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-36-40.

**Ключевые слова:** научно-техническая новизна, техническое творчество, вепольный анализ, типы новизны

**Для цитирования:** Верховская А. И. Анализ необходимости применения методов технического творчества с целью инициации инновационной деятельности // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 6. С. 36–40. DOI: 10.31799/29490693-2023-6-36-40.

## Контроль качества ИТ-продукта через метрики здоровья

**Аннотация.** Рассмотрены характеристики процессов разработки программного обеспечения, влияющие на качество продукта, такие как метрики качества кодовой базы, метрики здоровья процессов разработки и метрики здоровья автоматизации. Указаны основания для применения метрики и приведены правила для ее оценки. Представлен расчет здоровья продукта и оценки его качества на основе метрик.

**Ключевые слова:** разработка программного обеспечения, качество, процессы, метрики здоровья

**Для цитирования:** Курицын К. А. Контроль качества ИТ-продукта через метрики здоровья // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 6. С. 41–45. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-41-45.

## Применение метода fuzzy DEMATEL для выявления оптимальных инициатив использования инструментов бережливого производства на предприятиях

**Аннотация.** Приведено описание метода fuzzy DEMATEL, применяемого для приоритизации предложений экспертов по улучшению производственного процесса, с использованием инструментов бережливого производства, а также для выявления взаимосвязи между предлагаемыми инициативами. Представлен пример использования метода fuzzy DEMATEL, описана последовательность выполняемых расчетов, проведен анализ полученных результатов.

**Ключевые слова:** fuzzy DEMATEL, треугольные нечеткие числа, инструменты бережливого производства, бережливое производство

## Health metric based quality control of IT-product

**Abstract.** The article describes characteristics of software development processes that affect product quality. Metrics of source code health, development and automatization processes are considered. Reasons and rules for applying each health metric are presented. Calculation of product health based on metrics is made and some conclusions on its quality is also made.

**Keywords:** software development, quality, processes, health metrics

**For citation:** Kuritsyn K. A. Health metric based quality control of IT-product. Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2023;2(6):41–45. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-41-45.

## Application of the fuzzy DEMATEL method to identify optimal initiatives for applying lean tools at enterprises

**Abstract.** The description of the fuzzy DEMATEL method is given, which is used for prioritisation of experts' proposals for improvement of the production process, using lean tools, as well as for revealing the relationship between the proposed initiatives. An example of using the fuzzy DEMATEL method is presented, the sequence of calculations performed is described, and the results obtained are analysed.

**Keywords:** fuzzy DEMATEL, triangular fuzzy numbers, lean tools, lean manufacturing

**For citation:** Zolotukhin K. V. Application of the fuzzy DEMATEL method to identify optimal initiatives for applying lean tools at enterprises. Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2023;2(6):46–51. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-06932023-6-46-51.

**Для цитирования:** Золотухин К. В. Применение метода fuzzy DEMATEL для выявления оптимальных инициатив использования инструментов бережливого производства на предприятиях // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 6. С. 46–51. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-46-51.

## Методика визуализации комплексного показателя качества с использованием свободного программного обеспечения

**Аннотация.** Рассматривается методика построения древовидной структуры комплексного показателя качества с использованием свободного программного обеспечения (LibreOffice и graphviz). Предлагается новация по визуализации узлов доминирующих и компенсируемых показателей.

**Ключевые слова:** комплексный показатель качества, доминирующие показатели, компенсируемые показатели, граф, дерево

**Для цитирования:** Тушавин В. А., Фролова Е. А., Тур А. С. Методика визуализации комплексного показателя качества с использованием свободного программного обеспечения // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 6. С. 52–57. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-52-57.

## Влияние радиуса матрицы на процесс выворота труб в холодном состоянии

**Аннотация.** Рассматривается влияние геометрических характеристик штамповой оснастки на возможность проведения операции выворота трубчатых заготовок в холодном состоянии. На основе использования модели течения материала в очаге деформации предложена зависимость по определению максимальных сжимающих напряжений и сил, а также приведены результаты экспериментальных данных, полученных при вывороте труб.

**Ключевые слова:** выворот труб, очаг деформации, радиус матрицы, сжимающие напряжения

**Для цитирования:** Сакова Н. В. Влияние радиуса матрицы на процесс выворота труб в холодном состоянии // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 6. С. 58–62. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-58-62.

## Visualization technique for complex quality indicator using free software

**Abstract.** The methodology of drawing a tree structure of a complex quality indicator using free software (LibreOffice and graphviz) is considered. An innovation of visualization of nodes of dominant and compensated indicators is proposed.

**Keywords:** complex quality indicator, dominant indicators, compensated indicators, graph, tree

**For citation:** Tushavin V. A., Frolova E. A., Tur A. S. Visualization technique for complex quality indicator using free software. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(6):52–57. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-52-57.

## Influence of the matrix radius on the tube eversion process in the cold state

**Abstract.** The paper examines the influence of geometrical characteristics of stamping tooling on the feasibility of tube billets eversion in cold state. Based on the model of the flow of material in the focal point of deformation, the author proposes the function for determining the maximum compressive loads and forces, and presents the experimental data obtained during the tube eversion process.

**Keywords:** tube eversion, focal point of deformation, matrix radius, compressive loads

**For citation:** Sakova N. V. Influence of the matrix radius on the tube eversion process in the cold state. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(6):58–62. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-58-62.

## К вопросу о контроле движения объекта экспериментальной голографической установкой

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию движения объекта методом голографической интерферометрии по схеме проходящего лазерного пучка. Оптические измерения занимают одно из ведущих мест в авиационном приборостроении, машиностроении, а также в различных научных практиках, так как являются высокоинформативным, достоверным и высокоточным инструментом контроля объектов и сред разного агрегатного состояния, поэтому данная работа актуальна и перспективна. Приведены внешний вид, оптическая схема и технические параметры экспериментальной голографической интерференционной установки. Показаны интерференционные поля для различных видов движений, а также схема воспроизведения голограммы после записанных перемещений объекта. Получены результаты перемещений изображения объекта по оси  $OX$  на 100 мкм и по оси  $OZ$  на 150 мкм и определена относительная погрешность определения  $dx$  и  $dz$ , которая не превышает 5 %.

**Ключевые слова:** голограмма, фотографические высокоразрешающие пластинки, фокальная плоскость линзы, относительная погрешность, интерференционная полоса

**Для цитирования:** Майоров Е. Е., Арефьев А. В., Афанасьева О. В. К вопросу о контроле движения объекта экспериментальной голографической установкой // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 6. С. 63–69. DOI: 10.31799/29490693-2023-6-63-69.

## Применение нечеткого регулятора для улучшения качества переходного процесса автомата тяги

**Аннотация.** Рассмотрен принцип построения систем управления с нечеткими регуляторами на примере системы управления (САУ, ACS, Automatic Control System) путевой скорости летательного аппарата – автомата тяги. В рамках исследования рассматривается линеаризованная (безынерционная) модель САУ, в которой использованы линейные алгоритмы управления и упрощенные математические модели звеньев передаточных функций блоков задания параметров и динамической обратной связи, усилителей и возмущающих воздействий, а также не учитываются внешние случайные помехи. Исследование является демонстрацией преимуществ использования нечеткого регулятора (контроллера) по сравнению со звеном

## On the issue of controlling the movement of an object by an experimental holographic installation

**Abstract.** The work to the study of the motion of an object by the method of holographic interferometry according to the scheme of a passing laser beam is devoted. Optical measurements occupy one of the leading places in aviation instrumentation, mechanical engineering, as well as in various scientific practices, as they are a highly informative, reliable and high-precision instrument for monitoring objects and media of different aggregate state, therefore this work is relevant and promising. The appearance, optical scheme and technical parameters of an experimental holographic interference installation are given. Interference fields for various types of movements are shown, as well as a scheme for reproducing a hologram after recorded object movements. The results of moving the object image along the  $OX$  axis by 100  $\mu\text{m}$  and along the  $OZ$  axis by 150  $\mu\text{m}$  were obtained and the relative error of determining  $dx$  and  $dz$ , which does not exceed 5 %, was determined.

**Keywords:** hologram, photographic high-resolution plates, focal plane of the lens, relative error, interference fringe

**For citation:** Maiorov E. E., Arefyev A. V., Afanaseva O. V. On the issue of controlling the movement of an object by an experimental holographic installation. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(6):63–69. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-63-69.

## Use of the fuzzy controller to improve the quality of the transient process of the traction machine

**Abstract.** The principle of construction of control systems with fuzzy controllers is considered on the example of the control system (ACS) of the ground speed of an aircraft – traction machine. The study considers a linearized (inertia-free) ACS model, which uses linear control algorithms and simplified mathematical models of links: transfer functions of parameter setting blocks and dynamic feedback, amplifiers and disturbing influences, and also does not take into account external random noise. This research is a demonstration of the advantages of using a fuzzy controller in comparison with a dynamic feedback link to maintain the stability of the system. The fuzzy controller is based on one of the methods of artificial intelligence – fuzzy logic. Simulation of the operation of all systems was performed using MatLab Simulink and Fuzzy Logic Toolbox packages.

динамической обратной связи для поддержания устойчивости системы. Нечеткий регулятор построен на основе одного из методов искусственного интеллекта – нечеткой логике. Моделирование работы всех систем произведено с помощью пакетов MatLab – Simulink и Fuzzy Logic Toolbox.

**Ключевые слова:** автомат тяги, путевая скорость, безынерционная система, искусственный интеллект, система автоматического управления, нечеткий регулятор, переходный процесс

**Для цитирования:** Иванов М. Е. Применение нечеткого регулятора для улучшения качества переходного процесса автомата тяги // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 6. С. 70–75. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-70-75.

## Концептуальные аспекты категорирования промышленных предприятий по уровню аэротехногенной опасности

**Аннотация.** Кратко охарактеризованы концепции категорирования промышленных предприятий, основанные на многообразных регламентированных и иных показателях загрязнения приземного слоя атмосферы. Представлены понятия, цели, задачи, приоритеты и дискуссионные аспекты действующих регламентов категорирования. В качестве доступного рабочего информационно-аналитического инструмента предложен прием построения карты распределения источников выбросов, позволяющей повысить осведомленность специалистов о риске аварийных ситуаций и первоочередных мерах их профилактики.

**Ключевые слова:** атмосфера, воздухоохраные регламенты, источник выброса, зона влияния, предельно допустимые концентрации, нормативно допустимые выбросы, категория опасности, аэротехногенный риск, ущерб

**Для цитирования:** Киприянова Е. Н., Крупина Н. Н. Концептуальные аспекты категорирования промышленных предприятий по уровню аэротехногенной опасности // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 6. С. 76–84. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-76-84.

## Устранение искажений на изображениях, получаемых системой технического зрения

**Keywords:** traction machine, ground speed, inertia-free system, artificial intelligence, automatic control system, fuzzy controller, transient process

**For citation:** Ivanov M. E. Use of the fuzzy controller to improve the quality of the transient process of the traction machine. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(6):70–75. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-70-75.

## Conceptual aspects of categoring industrial enterprises by the level of aerotechnogenic hazard

**Abstract.** The concepts of categorization of industrial enterprises based on a variety of regulated and other indicators of pollution of the surface layer of the atmosphere are briefly characterized. The concepts, goals, objectives, priorities and debatable aspects of the current categorization regulations are presented. As an accessible working information and analytical tool, a technique for constructing a map of the distribution of emission sources is proposed, which makes it possible to increase the awareness of specialists about the risk of accidents and priority measures for their prevention.

**Keywords:** atmosphere, air protection regulations, source of release, zone of influence, emission limit, hazard category, aerotechnogenic risk, damage

**For citation:** Kipriyanova E. N., Krupina N. N. Conceptual aspects of categoring industrial enterprises by the level of aerotechnogenic hazard. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(6):76–84. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-76-84.

## Eliminating distortions in images obtained by a technical vision systems



**Аннотация.** Смоделирован процесс коррекции изображения системы технического зрения, содержащего смазы на отдельных участках. Разработана экспериментальная установка, предназначенная для получения изображений движущихся объектов. Разработан и реализован алгоритм коррекции смазов в программной среде Spyder. Проведен анализ результатов обработки изображений.

**Ключевые слова:** системы технического зрения, смаз, коррекция изображений, контроль качества

**Для цитирования:** Филимонов С. Д., Булатов В. В. Устранение искажений на изображениях, получаемых системой технического зрения // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, № 6. С. 85–89. Doi: 10.31799/2949-0693-2023-6-85-89.

## Применение искусственного интеллекта в анализе сосудистых патологий мозга

**Аннотация.** Рассматривается применение искусственного интеллекта для анализа синхронизации вейвлетных спектров сверхмедленных ритмов электроэнцефалограмм и электрокардиограмм у пациентов с различными сосудистыми патологиями мозга. Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки современных методов анализа сосудистых патологий мозга и эффективного мониторинга состояния здоровья пациентов. Предложенный в работе индекс сходства позволяет выделить временные интервалы синхронизации между биоэлектрической активностью мозга и сердечно-сосудистой системой и получить визуальные характеристики частотного спектра.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, индекс сходства, электроэнцефалограмма, вариабельность сердечного ритма, непрерывное вейвлет-преобразование

**Для цитирования:** Титов В. Е., Дик О. Е., Арефьев А. В., Власова А. О. Применение искусственного интеллекта в анализе сосудистых патологий мозга // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, № 6. С. 90–97. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-90-97.

## Построение гибких образовательных процессов в высших учебных заведениях

**Аннотация.** Рассматривается технология использования гибкой методологии управления для разработки и построения курсов и смысловых связей дисциплин высшего образования для подготовки специалистов инженерных направлений.

**Abstract.** The article simulates the process of correcting an image of a technical vision system containing blur in certain areas. An experimental setup has been developed for obtaining images of moving objects. An algorithm for correcting smears has been developed and implemented in the Spyder software environment. The results of image processing were analyzed.

**Keywords:** technical vision systems, lubrication, image correction, quality control

**For citation:** Filimonov S. D., Bulatov V. V. Eliminating distortions in images obtained by a technical vision systems. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(6):85–89. (In Russ.). Doi: 10.31799/2949-0693-2023-6-85-89.

## Application of artificial intelligence in the analysis of cerebral vascular pathologies

**Abstract.** This paper deals with the application of artificial intelligence to analyze the synchronization of wavelet spectra of ultra-slow rhythms of electroencephalogram and electrocardiogram in patients with different degrees of cerebral vascular pathology. The actuality of the work is determined by the need to develop modern methods of analyzing cerebral vascular pathology and effective monitoring of patients' health status. The similarity index proposed in the work allows us to identify time intervals of synchronization between bioelectrical activity of the brain and cardiovascular system.

**Keywords:** artificial intelligence, similarity index, electroencephalogram, heart rate variability, continuous wavelet transform

**For citation:** Titov V. E., Dick O. E., Arefyev A. V., Vlasova A. O. Application of artificial intelligence in the analysis of cerebral vascular pathologies. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(6):90–97. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-90-97.

## Building flexible educational processes in higher education institutions

**Abstract.** The article deals with the technology of using flexible management methodology for the development and construction of courses and semantic links of higher education disciplines for training specialists in engineering fields.

**Ключевые слова:** образовательная деятельность, системный подход, качество обучения, гибкое управление

**Для цитирования:** Антохина Ю. А. Построение гибких образовательных процессов в высших учебных заведениях // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 6. С. 98–101. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-98-101.

## Метод построения конечнозонных эллиптических потенциалов оператора Дирака

**Аннотация.** Предлагается метод построения эллиптических конечнозонных потенциалов оператора Дирака, выражающихся через собственные функции оператора Шредингера с эллиптическим конечнозонным потенциалом. Показано, что по каждому  $g$ -зонному эллиптическому потенциалу оператора Шредингера можно построить  $2g+1$  различных  $(2g-1)$ -зонных эллиптических потенциалов оператора Дирака.

**Ключевые слова:** оператор Шредингера, оператор Дирака, спектральная кривая, конечнозонное решение, матрица монодромии, эллиптический потенциал

**Для цитирования:** Смирнов А. О. Метод построения конечнозонных эллиптических потенциалов оператора Дирака // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 6. С. 102–111. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-102-111.

**Keywords:** educational activities, systemic approach, quality of learning, flexible management

**For citation:** Antokhina Yu. A. Building flexible educational processes in higher education institutions. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(6):98–101. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-98-101.

## A method for constructing finite-gap elliptic potentials of the Dirac operator

**Abstract.** The paper proposes a method for constructing elliptic finite-gap potentials of the Dirac operator expressed in terms of eigenfunctions of the Schrödinger operator with an elliptic finite-gap potential. It is shown that for each  $g$ -gap elliptic potential of the Schrödinger operator, it is possible to construct  $2g+1$  different  $(2g-1)$ -gap elliptic potentials of the Dirac operator.

**Keywords:** Schrödinger operator, Dirac operator, spectral curve, finite-gap solution, monodromy matrix, elliptic potential

**For citation:** Smirnov A. O. A method for constructing finite-gap elliptic potentials of the Dirac operator. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(6):102–111. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-6-102-111.

## Проблемы настройки датчиков RoundTest RA-120P по углу наклона и по высотным параметрам

**Аннотация.** Представлены результаты исследования влияния на точность измерений угла наклона щупа с различным шагом. Также проведен эксперимент по зависимости результата центрирования от взаимного расположения первого и второго касания детали щупом кругломера (по нормативу калибровки обязательны две точки касания). Получены результаты, однозначно определяющие оптимальные значения двух параметров при проведении центрирования/нивелирования. Полученные результаты будут полезны при калибровке и юстировке кругломера RoundTest RA-120P.

**Ключевые слова:** кругломер, центрирование, нивелирование, отклонения формы, щуп  
**Для цитирования:** Епифанцев К. В. Проблемы настройки датчиков RoundTest RA-120P по углу наклона и по высотным параметрам // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 5. С. 5–10. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-5-10.

## Универсальный финитно-временной оптимальный метод фильтрации дискретных сигналов информационно-измерительных систем

**Аннотация.** Рассматриваются оптимальные финитно-временные без обратной и с обратной связью методы обработки в общем случае немарковских и негауссовских сигналов на фоне произвольных помех измерения, обеспечивающие универсальность применения и упрощение алгоритмов работы информационно-измерительных систем.

**Ключевые слова:** оптимальные финитно-временные методы фильтрации дискретных сигналов, произвольные модели сигналов и помех измерения, оценка качества алгоритмов обработки сигналов, математический аппарат на основе теорем ортогонального проецирования и Дуба

## Problems with setting up RoundTest RA-120P sensors by inclination angle and height parameters

**Abstract.** The paper presents the results of a study of the influence of two factors on the accuracy of measurements – the angle of inclination of the probe with different pitches, and also an experiment was conducted on the dependence of the centering result on the relative position of the first and second contact of the part with the caliper probe (according to the calibration standard, two points of contact are required). Results were obtained that clearly determine the optimal values of two parameters when performing centering/leveling. The results obtained will be useful when calibrating and adjusting the RoundTest RA-120P roundness meter.

**Keywords:** roundmeter, centering, leveling, shape deviation, probe

**For citation:** Epifancev K. V. Problems with setting up RoundTest RA-120P sensors by inclination angle and height parameters. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(5):5–10. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-20235-5-10.

## Universal finite-time optimal method of filtering discrete signals of information and measurement systems

**Abstract.** The paper considers optimal finite-time methods without feedback and with feedback for processing, in general, non-Markov and non-Gaussian signals against the background of arbitrary measurement interference, providing versatility of application and simplification of algorithms for the operation of information and measurement systems.

**Keywords:** optimal finite-time methods of filtering discrete signals, arbitrary models of measurement signals and interference, evaluation of the quality of signal processing algorithms, mathematical apparatus based on orthogonal projection theorems and Doob

**Для цитирования:** Иванов Ю. П. Универсальный финитно-временной оптимальный метод фильтрации дискретных сигналов информационно-измерительных систем // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 5. С. 11–17. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-11-17.

## Разработка структуры вероятностной модели для многономенклатурного производства

**Аннотация.** Описывается процесс разработки структуры вероятностной модели для многономенклатурного производства. Предлагается использовать вероятностные модели для определения оптимальной структуры производства. Вероятностные модели основаны на вероятностных методах и позволяют учесть различные факторы и неопределенности, которые могут возникнуть в процессе производства и которые могут быть переменными в зависимости от особенностей организации. Таким образом, статья имеет практическое значение для предприятий, занимающихся многономенклатурным производством, и может быть использована для разработки оптимальной структуры производства на основе вероятностных моделей.

**Ключевые слова:** вероятностные модели, многономенклатурное производство, хронотраж операций, переналадочные процессы, процессы приработки

**Для цитирования:** Винниченко А. В. Разработка структуры вероятностной модели для многономенклатурного производства // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 5. С. 18–22. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-18-22.

## Оценка результативности потока создания ценности

**Аннотация.** Рассмотрены проблемы оценки результативности потока создания ценности на производстве. Предлагаются комплексная модель оценки, ее интерпретация и последующее возможное развитие, основанное на комбинации методов SERQUAL, освоенного объема и метода анализа иерархий.

**Ключевые слова:** поток создания ценности, освоенный объем, SERQUAL

**Для цитирования:** Мабхеш М., Тушавин В. А. Оценка результативности потока

**For citation:** Ivanov Yu. P. Universal finite-time optimal method of filtering discrete signals of information and measurement systems. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(5):11–17. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-11-17.

## Development of a probabilistic model structure for multi-nomenclature production

**Abstract.** The paper describes the process of developing the structure of a probabilistic model for multi-nomenclature production. It is proposed to use probabilistic models to determine the optimal structure of production. Probabilistic models are based on probabilistic methods and allow considering various factors and uncertainties that may arise in the production process and which may be variable depending on the characteristics of the organization.

Thus, this article is of practical importance for enterprises engaged in multi-nomenclature production and can be used to develop an optimal production structure based on probabilistic models.

**Keywords:** probabilistic models, multi-nomenclature production, timing of operations, changeover processes, run-in processes

**For citation:** Vinnichenko A. V. Development of a probabilistic model structure for multi-nomenclature production. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(5):18–22. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-18-22.

## Evaluating the performance of the value creation stream

**Abstract.** The article deals with the problems of evaluating the performance of the value creation flow in manufacturing. A complex model of evaluation, its interpretation and its further possible development based on the combination of SERQUAL, mastered volume and hierarchy analysis methods are proposed.

**Keywords:** value stream, earned value, SERQUAL

создания ценности // *Инновационное приборостроение*. 2023. Т. 2, No 5. С. 23–26. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-23-26.

## Исследование влияния климатических факторов на процесс филаментизации при прототипировании аддитивных изделий

**Аннотация.** Описаны результаты исследования по выявлению влияния пиковых изменений температуры и влажности в лабораторном или производственном пространстве на процесс филаментизации при прототипировании аддитивных изделий в рамках замкнутого цикла реверсивного инжиниринга изделий. В целях повышения качества процесса филаментизации при прототипировании аддитивных изделий в лабораторном или производственном пространстве выдвинуты гипотезы о влиянии внешних температурных факторов на процесс 3D-печати и результирующее качество создаваемых путем реверсивного инжиниринга изделий. Допусковые параметры исходного изделия являются эталон-образцом для аддитивного изделия, поэтому оценка факторов влияния микроклимата в лабораторном или производственном пространстве на протекание процесса послойного синтеза является актуальной задачей. По результатам исследования предложен субоптимальный климатический режим для лаборатории или производственного пространства, обеспечивающий малодефектное протекание процесса прототипирования.

**Ключевые слова:** аддитивное производство, филаментизация PLA-пластика, 3D-технологии, FFF-устройства, климатические режимы

**Для цитирования:** Назаревич С. А., Свириденко А. В. Исследование влияния климатических факторов на процесс филаментизации при прототипировании аддитивных изделий // *Инновационное приборостроение*. 2023. Т. 2, No 5. С. 27–31. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-27-31.

## Формирование архитектуры системы Интернета вещей

**Аннотация.** Рассмотрены некоторые архитектуры Интернета вещей из известных источников, сформированы критерии к стандартизированному представлению системы Интернета вещей. Построена модель Интернета вещей с применением

**For citation:** Mabhash M., Tushavin V. A. Evaluating the performance of the value creation stream. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(5):23–26. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-23-26.

## Study of the influence of climatic factors on the filamentization process during prototyping of additive products

**Abstract.** The article describes the results of a study to identify the influence of peak changes in temperature and humidity in a laboratory or production space on the process of filamentization during prototyping of additive products within a closed cycle of reverse engineering of products. In order to improve the quality of the filamentization process when prototyping additive products in a laboratory or production space, hypotheses have been put forward about the influence of external temperature factors on the 3D-printing process and the resulting quality of products created through reverse engineering. The tolerance parameters of the initial product are the reference standard for the additive product, therefore, assessing the influence of the microclimate in a laboratory or production space on the course of the layer-by-layer synthesis process is an urgent task. Based on the results of the study, a suboptimal climate regime for a laboratory or production space was proposed, ensuring a low-defect prototyping process.

**Keywords:** additive manufacturing, filamentization of PLA plastic, 3D-technologies, FFF-device, climatic regimes

**For citation:** Nazarevich S. A., Sviridenko A. V. Study of the influence of climatic factors on the filamentization process during prototyping of additive products. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(5):27–31. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-27-31.

## Forming the architecture of the Internet of things system

**Abstract.** The article considers some architectures of the Internet of things from well-known sources, forms criteria for a standardized representation of the IoT system. A model of the Internet of things has been built using the theory of automatic control, taking into account the requirements for representing the ways of interaction of all elements of the structure.

теории автоматического управления с учетом требований представления способов взаимодействия всех элементов структуры.

**Ключевые слова:** информационные технологии, Интернет вещей, информационные системы, система автоматического управления, информационная безопасность, IoT-A

**Для цитирования:** Мастеров А. П., Белай В. Е., Выграновская А. В., Солёный С. В. Формирование архитектуры системы Интернета вещей // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, № 5. С. 32–42. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-32-42.

## Визионерская инноватика как инструмент цифровой трансформации

**Аннотация.** Настоящая статья посвящена новому направлению – визионерской инноватике. Представлен концептуальный образ нового мышления при обучении студентов направления «Инноватика». Визионерская инноватика – это процесс разработки и внедрения новаторских и революционных идей, концепций, продуктов или услуг на основе визионерского мышления. Визионеры – это люди, которые видят и понимают потенциал будущих изменений, возможностей и работают над созданием инноваций. Визионерская инноватика предполагает умение предсказывать и анализировать будущие тенденции и потребности рынка, исследовать новые технологии и разрабатывать стратегии, чтобы предложить новые и уникальные решения, включая обеспечение жизненных циклов, работу над созданием новых продуктов, услуг или бизнес-моделей, которые могут полностью изменить существующие отрасли или создать совершенно новые.

**Ключевые слова:** визионерская инноватика, визионерство, визионер-инноватик  
**Для цитирования:** Назаревич С. А., Пашина Е. А. Визионерская инноватика как инструмент цифровой трансформации // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, № 5. С. 43–48. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-43-48.

## Спектральный анализ и простейшие решения модифицированного уравнения Кортевега – де Фриза

**Аннотация.** В работе с помощью метода матрицы монодромии строится иерархия интегрируемых нелинейных дифференциальных уравнений и исследуются спектральные кривые, ассоциированные с многофазными решениями. Приведены примеры простейших

**Keywords:** information technology, Internet of things, information systems, automatic control system, information security, IoT-A

**For citation:** Masterov A. P., Belay V. E., Vygranovskaya A. V., Solyonyj S. V. Forming the architecture of the Internet of things system. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(5):32–42. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-32-42.

## Visionary innovation as a tool for digital transformation

**Abstract.** This article is devoted to such a new field as visionary innovation. A conceptual image of new thinking when teaching students in the areas of innovation is presented. Visionary innovation is the process of developing and implementing innovative and revolutionary ideas, concepts, products or services based on visionary thinking. Visionaries are people who see and understand the potential for future change, opportunity and work to create innovation. Visionary innovation involves the ability to predict and analyze future trends and market needs, explore new technologies and develop strategies to offer new and unique solutions. This includes life cycle support, working to create new products, services or business models that can completely disrupt existing industries or create entirely new ones.

**Keywords:** visionary innovation, visionaryism, visionary-innovator

**For citation:** Nazarevich S. A., Pashina E. A. Visionary innovation as a tool for digital transformation. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(5):43–48. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-43-48.

## Spectral analysis and simplest solutions of the modified Korteweg – de Vries equation

**Abstract.** Using the monodromy matrix method, a hierarchy of integrable nonlinear differential equations is constructed and spectral curves associated with multiphase solutions are investigated. Examples of the simplest nontrivial solutions of the modified Korteweg – de Vries equation and their spectral curves are given.

нетривиальных решений модифицированного уравнения Кортевега – де Фриза и соответствующие им спектральные кривые.

**Ключевые слова:** нелинейное уравнение, спектральная кривая, солитон, кинк, многофазное решение, матрица монодромии

**Для цитирования:** Смирнов А. О. Спектральный анализ и простейшие решения модифицированного уравнения Кортевега – де Фриза // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, № 5. С. 49–55. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-49-55.

## Геоинформационное моделирование и искусственный интеллект

**Аннотация.** Рассматриваются возможности и перспективы интеграции технологии геоинформационного моделирования. Описываются преимущества применения каждой из технологий и возможности применения технологий при их интеграции. Приведены примеры отдельных компонент визуальных составляющих технологий геоинформационного моделирования. Описаны возможное развитие рассматриваемых технологий в обозримом будущем и их совместная интеграция.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, геоинформационное моделирование, инфокоммуникационные системы

**Для цитирования:** Вагизов М. Р. Геоинформационное моделирование и искусственный интеллект // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, № 5. С. 56–60. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-56-60.

## Модульная структура системы управления характеристиками пены калийной флотомашины

**Аннотация.** Предложена модульная структура информационной обработки данных об изменениях в ячейке калийной флотомашины по данным технического зрения, повышающая надежность и производительность системы сигнализации.

**Ключевые слова:** калийная промышленность, флотация, техническое зрение, управление

**Для цитирования:** Федосеева К. А. Модульная структура системы управления

**Keywords:** nonlinear equation, spectral curve, soliton, kink, multiphase solution, monodromy matrix

**For citation:** Smirnov A. O. Spectral analysis and simplest solutions of the modified Korteweg – de Vries equation. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(5):49–55. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-49-55.

## Geoinformation modeling and artificial intelligence

**Abstract.** The article discusses the possibilities and prospects for integrating geographic information modeling technology. The advantages of using each technology separately and the possibility of using technologies when integrating them are described. Examples of individual components of each technology and their visual components are given. The possible development of these technologies in the near future is indicated.

**Keywords:** artificial intelligence, geoinformation modeling, infocommunication systems

**For citation:** Vagizov M. R. Geoinformation modeling and artificial intelligence. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(5):56–60. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-56-60.

## Modular structure of a foam characteristics control system for potassium flotation machine

**Abstract.** A modular structure for information processing of data on changes in a potassium flotation machine cell according to technical vision data has been proposed, increasing the reliability and performance of the alarm system.

**Keywords:** potash industry, flotation, technical vision, control

характеристиками пены калийной флотомашины // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 5. С. 61–65. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-61-65.

## Влияние пандемии COVID-19 на степень употребления легальных нейростимулирующих веществ на примере Финляндии

**Аннотация.** Рассматривается воздействие легальных нейростимулирующих веществ в период пандемии COVID-19 на жителей Финляндии. С использованием наборов перестановки частных критериев были проведены анализы, позволяющие оценить возможное влияние пандемии COVID-19 на употребление нейростимулирующих веществ. При этом были установлены оптимальные веса частных критериев, которые обеспечивают наибольшую плавность допустимой оценки. Это позволило построить модель оценки эффективности покупательской способности и прогнозировать ее изменения. Проведенные анализы и сравнение фактических и расчетных значений за период пандемии COVID-19 показали, что данный метод имеет высокую точность и позволяет получать достаточно хорошие результаты.

**Ключевые слова:** Финляндия, веса частных критериев, легальные нейростимулирующие вещества, постпрогноз, пандемия, COVID-19, модель оценки эффективности, модель

**Для цитирования:** Шаклеина П. А., Измайлова Е. В. Влияние пандемии COVID-19 на степень употребления легальных нейростимулирующих веществ на примере Финляндии // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 5. С. 66–73. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-66-73.

## Модельное исследование влияния пандемии COVID-19 на состояние железнодорожного транспорта Германии

**Аннотация.** Статья посвящена определению влияния пандемии COVID-19 на состояние железнодорожного транспорта Федеративной Республики Германия. Конкретные критерии и факторы, влияющие на систему, были выбраны из общедоступных ежегодных статистических данных. Рассчитаны нормированные значения критериев и

**For citation:** Fedoseeva K. A. Modular structure of a foam characteristics control system for potassium flotation machine. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(5):61–65. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-61-65.

## Impact of the COVID-19 pandemic on the extent of exposure to legal neurostimulant substances using Finland as a case study

**Abstract.** This article examines the effects of legal neurostimulant substances during a pandemic on Finnish residents. Using permutation sets of private criteria, analyses were conducted to assess the possible impact of the COVID-19 pandemic on exposure to neurostimulant substances. In doing so, the optimal weights of the private criteria were established that provided the greatest smoothness of acceptable estimation. This made it possible to build a model for assessing the effectiveness of purchasing power and to predict its changes. The conducted analyses and comparison of actual and estimated values for the period of the COVID-19 pandemic showed that this method has high accuracy and allows obtaining quite good results.

**Keywords:** Finland, private criterion weights, legal neurostimulant substances, postforecast, pandemic, COVID-19, performance evaluation model, model

**For citation:** Shakleina P. A., Izmaylova E. V. Impact of the COVID-19 pandemic on the extent of exposure to legal neurostimulant substances using Finland as a case study. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(5):66–73. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-66-73.

## Model study of the impact of the COVID-19 pandemic on the state of railway transport in Germany

**Abstract.** The article is devoted to determining the impact of Covid-19 pandemic on the state of railway transport in Germany. Specific criteria and factors influencing the system were selected from publicly available annual statistics. The normalized values of the criteria and factors were calculated. Linear multifactor and finite-difference models of the 1st and 2nd orders were



факторов. Построены линейная многофакторная и конечно-разностные модели первого и второго порядков. По наиболее адекватной модели получен прогноз изменения системы на период пандемии.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, COVID-19, моделирование, прогнозирование

**Для цитирования:** Плехов П. В., Чекулаева В. А. Модельное исследование влияния пандемии COVID-19 на состояние железнодорожного транспорта Германии // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 5. С. 74–79. DOI: 10.31799/29490693-2023-5-74-79.

## Совершенствование методов обращения с твердыми бытовыми отходами в Арктике с учетом климатических изменений

**Аннотация.** Глобальное изменение климата привело к увеличению среднего показателя температуры на Земле на 1 °C от показателей начала XX в. Анализ последних климатических трендов показывает, что это вызывает изменение эволюционно сложившейся природной экосистемы Арктики. В связи с этим привычные способы утилизации твердых бытовых отходов в Арктической зоне Российской Федерации могут оказаться неэффективными в условиях изменяющегося климата. В данной статье рассмотрены существующие методы утилизации отходов в Арктике. Представлен анализ последних климатических трендов. Введено понятие природно-технической геосистемы «полигон – окружающая среда». Предложена методика мониторинга природно-технической геосистемы и даны рекомендации по совершенствованию системы обращения с твердыми бытовыми отходами в условиях изменения климата Крайнего Севера.

**Ключевые слова:** твердые бытовые отходы, Арктика, климат, вечная мерзлота, глобальное изменение климата

**Для цитирования:** Жильникова Н. А., Минкинен Е. А. Совершенствование методов обращения с твердыми бытовыми отходами в Арктике с учетом климатических изменений // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 5. С. 80–90. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-80-90.

constructed. Using the most adequate model, a forecast of changes in the system for the period of the pandemic was obtained.

**Keywords:** railway transport, COVID-19, modeling, forecasting

**For citation:** Plekhov P. V., Chekulaeva V. A. Model study of the impact of the COVID-19 pandemic on the state of railway transport in Germany. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(5):74–79. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-06932023-5-74-79.

## Improvement of waste disposal methods with regard to climate change in Arctic

**Abstract.** Global climate change has already led to a 1°C increase in the average temperature of the planet from pre-industrial levels. An analysis of recent climate trends shows. This leads to changes in the evolutionarily established natural ecosystem of the Arctic. In this regard, the usual methods of solid waste disposal in the Arctic may be ineffective in a changing climate. This article reviews the available methods of municipal solid waste disposal. An analysis of recent climate trends is given. It offers recommendations for improving the MSW management system in a changing climate in the Arctic.

**Keywords:** municipal solid waste, Arctic, climate, permafrost, global climate change

**For citation:** Zhilnikova N. A., Minkinen E. A. Improvement of waste disposal methods with regard to climate change in Arctic. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(5):80–90. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-5-80-90.

## Проектирование системы управления активного фильтра гармоник

**Аннотация.** В настоящее время особое внимание уделяется проблеме обеспечения качества заданных параметров электрической сети, в результате чего все большее распространение в электросетях получают активные фильтры подавления высокочастотных гармоник, являющиеся преобразователями электрической энергии. На рынке значительное распространение получили преобразователи импортного производителя, что связано с отсутствием конкурентоспособного отечественного предложения. Проектирование активного фильтра гармоник является комплексной задачей оптимизации программной и аппаратной частей. В процессе разработки устройства существует высокая вероятность допустить ряд технических ошибок, что может повлиять на снижение эффективности и срока службы изделия. Для решения описанных проблем необходимо использовать комплексный подход к проектированию преобразователя с учетом оптимизации программной и аппаратной частей устройства. Целью исследования является повышение эффективности работы активного фильтра гармоник путем разработки оптимизированной системы управления для поддержания заданных качественных параметров городской электросети переменного трехфазного напряжения. При проведении исследований использованы методы структурного и математического анализа, построения моделей в среде динамического моделирования. Результатом исследования является модель системы управления активным фильтром гармоник с учетом процессов, включающих работу аппаратной части.

**Ключевые слова:** система управления, активный фильтр, аппаратная часть, ток, напряжение, микроконтроллер, ПИД-регулятор, моделирование

**Для цитирования:** Третьяков Н. К., Кузьменко В. П., Солёная О. Я. Проектирование системы управления активного фильтра гармоник // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 4. С. 5–10. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-5-10.

## Методы анализа качества в прогнозировании моделей машинного обучения

**Аннотация.** Исследуются методы, используемые для определения качества и надежности результатов прогнозирования разных моделей машинного обучения

## Designing an active harmonic filter control system

**Abstract.** At present, special attention is paid to the problem of ensuring the quality of the specified parameters of the electrical network, because of which active filters for suppressing high-frequency harmonics, which are electrical energy converters, are becoming more widespread in power networks. In the market, converters of an imported manufacturer have become widespread due to the lack of domestic supply. Designing an active harmonic filter is a complex task of optimizing software and hardware in accordance. During the development of the device, there is a high probability of making several technical errors, which can affect the efficiency and service life of the product. To solve the described difficulties, it is necessary to use a hierarchical approach to the design of the converter, considering the optimization of the software and hardware of the device. The aim of the study is to increase the efficiency of the active harmonic filter by developing an optimized control system to maintain the specified quality parameters of the urban three-phase AC voltage network. When conducting research, methods of structural and mathematical analysis, building models in the dynamic modeling environment were used. The result of the study is a model of the active harmonic filter control system, considering the processes, including the operation of the hardware.

**Keywords:** control system, active filter, hardware, current, voltage, microcontroller, PID controller, simulation

**For citation:** Tretiakov N. K., Kuzmenko V. P., Solenaya O. Ya. Designing an active harmonic filter control system. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(4):5–10. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-5-10.

## Methods of quality analysis in predicting machine learning models

**Abstract.** The methods used to determine the quality and reliability of the prediction results of various machine learning models are carried out (linear regression, decision forest and decision

(линейная регрессия, лес решений и дерево решений), путем определения альфы Кронбаха, t-критерия Стьюдента, коэффициента конкордации, критерия Фишера для данных по объему инновационных товаров, работ, услуг и данных по вновь внедренным или подвергавшимся значительным технологическим изменениям в течение последних трех лет инновационным товарам, работам, услугам.

**Ключевые слова:** альфа Кронбаха, надежность, машинное обучение, прогнозирование, статистический анализ

**Для цитирования:** Винниченко А. В., Истомина Ю. П. Методы анализа качества в прогнозировании моделей машинного обучения // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, № 4. С. 11–15. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-11-15.

## Проблемы применения показателей результативности и ключевых показателей эффективности для организационной системы

**Аннотация.** Представлены проблемы применения показателей результативности; рассматриваются вопросы, возникающие в процессе механистического применения показателей результативности для контроля процессов и технологических операций в организационных системах. Приведены распространенные несоответствия и ошибки в сборке ключевых показателей эффективности и результативности и выявлены основные различия между ними. Представлены несколько форм для совершенствования методического аппарата по учету и администрированию показателей результативности и ключевых показателей эффективности, проведен анализ распространенности и упоминания в научных работах ключевых показателей эффективности с помощью анализа ключевых слов в научной базе Scopus.

**Ключевые слова:** результативность, ключевые показатели эффективности, организационная система, качество, процессы, проблемы выбора

**Для цитирования:** Назаревич С. А. Проблемы применения показателей результативности и ключевых показателей эффективности для организационной системы // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, № 4. С. 16–22. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-16-22.

## Повышение производительности веб-приложений на Asp.NETCore

(tree), by determining the Cronbach's alpha, Student's t-criterion, concordance coefficient, Fisher criterion for data on the volume of innovative goods, works, services and data of innovative goods, works, services, newly introduced or subjected to significant technological changes over the past three years.

**Keywords:** Cronbach's alpha, reliability, machine learning, forecasting, statistical analysis

**For citation:** Vinnichenko A. V., Istomina Yu. P. Methods of quality analysis in predicting machine learning models. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(4):11–15. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-11-15.

## Problems of application of performance indicators and key performance indicators for an organizational system

**Abstract.** The article presents the problems of applying performance indicators, discusses issues arising in the process of mechanistic application of performance indicators to control processes and technological operations in organizational systems. Common inconsistencies and errors in the assembly of key performance and performance indicators are given and the main differences between them are identified. Several forms are presented for improving the methodological apparatus for recording and administering performance indicators and key performance indicators, an analysis was made of the prevalence and mention of key performance indicators in scientific papers using keyword analysis in the Scopus scientific database.

**Keywords:** performance, key performance indicators, organizational system, quality, processes, choice problems

**For citation:** Nazarevich S. A. Problems of application of performance indicators and key performance indicators for an organizational system. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(4):16–22. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-16-22.

## Improving the performance of Asp.NETCore web applications

**Аннотация.** Приводятся рекомендации по разработке веб-приложений, которые помогут улучшить производительность и качество продукта. Рассматриваются особенности языка программирования C# и фреймворка Asp.NETCore, влияющие на быстродействие приложения. Проводится тестирование и сравнение рассматриваемых методов с помощью RestAPI – для реализации рассматриваемых методов, Postman – для взаимодействия с API и сравнения полученных результатов по времени отклика.

**Ключевые слова:** RestAPI, C#, Asp.NETCore, брокер сообщений, производительность веб-приложения

**Для цитирования:** Солёный С. В., Воропаев И. А., Давиденко М. Н. Повышение производительности веб-приложений на Asp.NETCore // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 4. С. 23–29. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-23-29.

## Амплитудный метод определения параметров движения малоразмерных роботизированных комплексов

**Аннотация.** Рассмотрена задача обнаружения малоразмерного робототехнического комплекса с использованием недорогого мобильного малогабаритного средства обнаружения с поворотной антенной. Целью исследования явилось определение параметров движения и координат малоразмерного робототехнического комплекса по результатам последовательной оценки пеленгов на него. Разработан метод определения курса движения малоразмерного робототехнического комплекса по трем пеленгам, последовательно получаемым наиболее простым и помехозащищенным амплитудным способом. Сформировано трансцендентное уравнение и приведено его решение. По полученному курсу в результате решения уравнения определены скорость и координаты положения малоразмерного робототехнического комплекса в моменты его обнаружения. Для тестирования разработанного метода сформирована математическая имитационная модель функционирования поворотной антенны, движения робототехнического комплекса и обработки информации с реализацией разработанного метода. Результаты численного эксперимента показали работоспособность предложенного метода определения курса робототехнического комплекса. Для снижения ошибки определения курса предложено использовать фильтр Калмана, что позволило сократить погрешность определения курса в три раза. Предложенный метод позволяет как усилить защиту наземного охраняемого объекта, так и обеспечить безопасность морского автономного необитаемого подводного аппарата дальнего плавания от малоразмерных морских робототехнических комплексов.

**Abstract.** The article contents advices for developing a web application that will help improve the performance and quality of the product. Introduces the features of the C# programming language and the Asp.NETCore framework that affect the performance of the application. The methods of optimisation shown in this article were tested and compared on the architecture of RestAPI. Postman was used for comparison of time of the responses fulfilment. Postman also used for the generation of responses to the RestAPI.

**Keywords:** RestAPI, C#, Asp.NETCore, message broker, web application performance

**For citation:** Solyonyj S. V., Voropaev I. A., Davidenko M. N. Improving the performance of Asp.NETCore web applications. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(4):23–29. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-23-29.

## Amplitude method for determining the motion parameters of small-sized robotic systems

**Abstract.** The problem of detecting a small-sized robotic complex using an inexpensive mobile small-sized detection tool with a rotary antenna is considered. The aim of the study was to determine the motion parameters and coordinates of a small-sized robotic complex based on the results of a consistent assessment of bearings for it. A method has been developed for determining the course of movement of a small-sized robotic complex using three bearings, successively obtained by the simplest and noise-free amplitude method. A transcendental equation is formed and its solution is given. Based on the course obtained as a result of solving the equation, the speed and position coordinates of the small-sized robotic complex at the moments of its detection are determined. To test the developed method, a mathematical simulation model of the functioning of the rotary antenna, the movement of the robotic complex and information processing was formed with the implementation of the developed method. The results of the numerical experiment proved the operability of the proposed method for determining the course of the robotic complex. To reduce the error in determining the course, it is proposed to use the Kalman filter, which made it possible to reduce the error in determining the course by three times. The proposed method makes it possible to enhance the protection of both a ground protected facility and ensure the safety of a marine autonomous long-range uninhabited underwater vehicle from small-sized marine robotic systems.

**Keywords:** small-sized robotic complex, detection range, object safety, rotary antenna, noise direction finding mode, amplitude method

**For citation:** Lantsov K. V., Lantsov V. V., Koryakin A. V., Martynova L. A. Amplitude method for determining the motion parameters of small-sized robotic systems. *Innovacionnoe*

**Ключевые слова:** малоразмерный робототехнический комплекс, дальность обнаружения, безопасность объекта, поворотная антенна, режим шумопеленгования, амплитудный метод

**Для цитирования:** Ланцов К. В., Ланцов В. В., Корякин А. В., Мартынова Л. А. Амплитудный метод определения параметров движения малоразмерных роботизированных комплексов // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 4. С. 30–40. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-30-40.

## Технология построения в Hugin Lite наивного байесовского классификатора на основе исходного набора данных

**Аннотация.** На базе простейшего набора данных рассматривается реализованная в Hugin Lite технология построения наивного байесовского классификатора. Дано подробное описание последовательности шагов по построению структуры байесовской сети на базе исходного набора данных, ее обучения и использования для прогноза. Рассмотрены разные подходы к настройке сети в случае, когда переменные в исходной выборке являются дискретными (символьными, числовыми, интервальными) или непрерывными. Показана возможность оценки качества настройки сети при использовании интервальных переменных. Для построения классификатора были использованы реализованные в Hugin Lite алгоритм NPC (Necessary Path Condition) для построения структуры и алгоритм EM (Expectation Maximization) для обучения сети.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, байесовские сети, классификация, прогноз, экспертные системы

**Для цитирования:** Вагизов М. Р., Хабаров С. П., Потапов А. П. Технология построения в Hugin Lite наивного байесовского классификатора на основе исходного набора данных // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 4. С. 41–50. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-41-50.

## Исследование температурных режимов филаментизации PLA-пластика при прототипировании

priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2023;2(4):30–40. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-30-40.

## Technology for building a naive Bayes classifier in Hugin Lite based on the original dataset

**Abstract.** Based on the simplest dataset, the article discusses the technology of building a naive Bayes classifier implemented in Hugin Lite. A detailed description of the sequence of steps for building a Bayesian network structure based on the initial dataset, its training and use for forecasting is given. Different approaches to setting up the network are considered in the case when the variables in the initial sample are discrete (symbolic, numeric, interval) or continuous. The possibility of assessing the quality of network tuning using interval variables is shown. To build the classifier, the following implemented in Hugin Lite were used: the NPC (Necessary Path Condition) algorithm to build the structure and the EM (Expectation Maximization) algorithm to train the network.

**Keywords:** artificial intelligence, Bayesian networks, classification, forecast, expert systems

**For citation:** Vagizov M. R., Khabarov S. P., Potapov A. P. Technology for building a naive Bayes classifier in Hugin Lite based on the original dataset. Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2023;2(4):41–50. (In Russ.). DOI: 10.31799/29490693-2023-4-41-50.

## Research of temperature regimes of filamentation of PLA plastic during prototyping

**Abstract.** The article examines the degree of influence of the temperature regime on the prototyping process using PLA plastic, in particular, on the appearance of defects in the printed product.

**Аннотация.** Рассматривается степень влияния температурного режима на процесс прототипирования с использованием PLA-пластика, в частности, на появление дефектов в напечатанном изделии.

**Ключевые слова:** аддитивное производство, филаментизация PLA-пластика, 3D-технологии, FFF-устройства, инфракрасная термография

**Для цитирования:** Назаревич С. А., Свириденко А. В. Исследование температурных режимов филаментизации PLA-пластика при прототипировании // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 4. С. 51–55. DOI: 10.31799/2949-06932023-4-51-55.

## Оценка технического состояния воздушных линий электропередачи

**Аннотация.** Рассматривается задача интегральной оценки воздушных линий электропередачи. Проанализирована процедура диагностики и анализа отказов, основанная на методах искусственного интеллекта. Предложена возможность использования робототехнических средств на базе автономных мобильных роботов. Рассмотрена идея создания автономной роботизированной интеллектуальной системы оценки воздушных линий электропередач, включающей в себя беспилотные аппараты, комплекс диагностических средств и серверы интеллектуальной обработки информации.

**Ключевые слова:** надежность электроснабжения, техническое состояние электрооборудования, аварийное отключение, каскадные аварии, системы электроснабжения, диагностика электрооборудования

**Для цитирования:** Рысин А. В., Солёный С. В. Оценка технического состояния воздушных линий электропередачи // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 4. С. 56–60. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-56-60.

## Сравнительный анализ классической и интеллектуальной систем автоматического управления углом крена низколетящего аппарата

**Аннотация.** Проведен сравнительный анализ системы управления углом крена летательного аппарата, устойчивость которой обеспечивается классическими методами оптимизации передаточной функции и звеньями обратной связи, и

**Keywords:** additive manufacturing, filamentation of PLA plastic, 3D technologies, FFF-devices, infrared thermography

**For citation:** Nazarevich S. A., Sviridenko A. V. Research of temperature regimes of filamentation of PLA plastic during prototyping. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(4):51–55. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-51-55.

## Assessment of the technical condition of overhead power lines

**Abstract.** The article deals with the problem of integral assessment of overhead power lines. The procedure for diagnostics and failure analysis based on artificial intelligence methods is considered. The possibility of using robotic means based on autonomous mobile robots is proposed. The possibility of creating an autonomous robotic intelligent assessment of overhead power lines, including unmanned vehicles, a set of diagnostic tools and servers for intelligent information processing, is considered.

**Keywords:** reliability of power supply, technical condition of electrical equipment, emergency shutdown, cascade accidents, power supply systems, diagnostics of electrical equipment

**For citation:** Rysin A. V., Solonyj S. V. Assessment of the technical condition of overhead power lines. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(4):56–60. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-56-60.

## Comparative analysis of classical and intelligent systems of automatic roll angle control of a low-flying vehicle

**Abstract.** A comparative analysis of the roll angle control system of the aircraft, the stability of which is provided by classical methods of optimizing the transfer function and astatic links, and a similar system, the stability of which is achieved by using a fuzzy controller. This regulator is

аналогичной системы, устойчивость которой достигнута применением фаззи-регулятора. Синтез регулятора произведен с применением одного из методов искусственного интеллекта – нечеткой логики. Моделирование работы всех систем произведено с помощью пакетов MatLab R2015a – Simulink и Fuzzy Logic Toolbox.

**Ключевые слова:** сравнительный анализ, искусственный интеллект, система автоматического управления, нечеткий регулятор, переходный процесс

**Для цитирования:** Иванов М. Е., Езерский В. В., Беляков А. А. Сравнительный анализ классической и интеллектуальной систем автоматического управления углом крена низколетящего аппарата // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 4. С. 61–67. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-61-67.

## Оценка синхронизации временных рядов для анализа дезадаптационных расстройств

**Аннотация.** Метод синхросжатого вейвлетного преобразования применен к определению возможной синхронизации временных рядов, полученных из реактивных паттернов электроэнцефалограмм при ответах мозга на периодические стимулы разных частот. Обнаружены различия в порядках синхронизации этих паттернов в двух группах лиц – здоровых и с дезадаптационными расстройствами.

**Ключевые слова:** вейвлеты, электроэнцефалограмма, синхронизация

**Для цитирования:** Смирнов А. О., Дик О. Е., Фролова Е. А., Титов В. Е. Оценка синхронизации временных рядов для анализа дезадаптационных расстройств // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 4. С. 68–75. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-68-75.

## Видимость малых возгораний сквозь кроны деревьев: некоторые результаты натуральных исследований на территории Ленинградской области

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы мониторинга малых возгораний в лесах с воздуха. Для получения оценок видимости очагов горения сквозь кроны деревьев выполнен комплекс полевых и камеральных работ, в том числе осуществлено моделирование геометрии визирования, поставлены натурные эксперименты на тестовом участке на

based on one of the methods of artificial intelligence – fuzzy logic. Simulation of all systems was performed using MatLab R2015a – Simulink and Fuzzy Logic Toolbox packages.

**Keywords:** comparative analysis, artificial intelligence, automatic control system, fuzzy controller, transient process

**For citation:** Ivanov M. E., Ezerskiy V. V., Belyakov A. A. Comparative analysis of classical and intelligent systems of automatic roll angle control of a low-flying vehicle. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(4):61–67. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-61-67.

## Evaluation of time series synchronization for the analysis of disadaptation disorders

**Abstract.** The method of the synchrosqueezed wavelet transform is applied to determine the possible synchronization of time series obtained from reactive patterns of electroencephalograms during the brain responses to periodic stimuli of different frequencies. Differences in the synchronization orders of these patterns were found in two groups of individuals: healthy persons and persons with disadaptation disorders.

**Keywords:** wavelets, electroencephalogram, synchronization

**For citation:** Smirnov A. O., Dick O. E., Frolova E. A., Titov V. E. Evaluation of time series synchronization for the analysis of disadaptation disorders. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(4):68–75. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-68-75.

## Visibility of small fires through tree crowns: some results of field studies in the Leningrad region

**Abstract.** The issues of air-based monitoring of small-size fires in forests are considered. To estimate the visibility of fires through tree crowns, a complex of field and office work was carried out, including modeling of the sensing geometry, field experiments on a test site in the Leningrad region, an analysis of the collected heterogeneous data. Recommendations for the implementation of forest fires monitoring were made.

территории Ленинградской области, проведен анализ собранных разнородных данных. Составлены рекомендации для реализации мониторинга возгораний в лесах.

**Ключевые слова:** видимость пламени, детектирование пламени, дистанционный мониторинг, кроны деревьев, лесной полог, лесные пожары

**Для цитирования:** Мателенок И. В. Видимость малых возгораний сквозь кроны деревьев: некоторые результаты натурных исследований на территории Ленинградской области // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 4. С. 76–83. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-76-83.

## Особенности унификации количества нормативно-технической документации в структурном подразделении на основании принципов функциональной ценности

**Аннотация.** Описаны проблематика документооборота в современной организации и способы анализа текущей документации с целью перевода в цифровую форму, что позволит сократить трудозатраты и повысить производительность труда персонала организации.

**Ключевые слова:** документооборот, структурирование функции качества, цифровизация

**Для цитирования:** Шашмулин А. А. Особенности унификации количества нормативно-технической документации в структурном подразделении на основании принципов функциональной ценности // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 4. С. 84–87. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-84-87.

## Корреляционная матрица для сложноструктурированных поведенческих факторов и параметров технологического процесса

**Аннотация.** Представлены результаты анализа связей между поведенческими факторами оператора технологической линии и параметрами технологического

**Keywords:** flame detection, flame visibility, forest canopy, forest fires, remote sensing, tree crowns .

**For citation:** Matelenok I. V. Visibility of small fires through tree crowns: some results of field studies in the Leningrad region. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(4):76–83. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-76-83.

## Features of unification of the quality of normative and technical documentation in a structural division on the basis of the principles of functional value

**Abstract.** The article describes the problems of the workflow of a modern organization and ways to analyze the existing documentation in order to convert it into digital form, which reduces labor costs and increases the productivity of the organization's personnel.

**Keywords:** workflow, structuring the quality function, digitalization

**For citation:** Shashmurin A. A. Features of unification of the quality of normative and technical documentation in a structural division on the basis of the principles of functional value. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(4):84– 87. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-84-87.

## Correlation matrix for complex structured behavioral factors and process parameters

**Abstract.** The results of the analysis of the links between the behavioral factors of the operator of the technological line and the parameters of the technological process are presented. Groups of indicators have been identified, which are assigned ranked weighting coefficients by the expert method. Based on these data, a correlation matrix is calculated and formed, which allows to identify the most significant parameters that can be used to control and control the



процесса. Выявлены группы показателей, которым присваиваются ранжированные весовые коэффициенты экспертным методом. На основе этих данных рассчитывается и формируется корреляционная матрица, позволяющая выделить наиболее значимые параметры, которые могут быть использованы для управления и контроля технологического процесса. Кроме того, анализ полученных результатов может выделить стратегические задачи для улучшения качества продукции, оптимизации производственных процессов и повышения эффективности производства.

**Ключевые слова:** корреляционная матрица, поведенческие факторы оператора, технологический процесс, влияние факторов производства

**Для цитирования:** Винниченко А. В. Корреляционная матрица для сложноструктурированных поведенческих факторов и параметров технологического процесса // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, № 4. С. 88–92. DOI: 10.31799/29490693-2023-4-88-92.

technological process. In addition, the analysis of the results obtained can highlight strategic objectives for improving product quality, optimizing production processes and increasing production efficiency.

**Keywords:** correlation matrix, behavioral factors of the operator, technological process, influence of production factors

**For citation:** Vinnichenko A. V. Correlation matrix for complex structured behavioral factors and process parameters. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(4):88–92. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-4-88-92.

## Исследование влияния скорости трассировки на точность измерения шероховатости профилометром SurfTest SJ-410

**Аннотация.** В условиях непрерывного развития промышленности, разработки более точных приборов, машин в области электроэнергетики, авиационных высокоскоростных двигателей и преобразования различных видов энергии для повышения коэффициента полезного действия необходимо использование более низких параметров шероховатости кинематических элементов, находящихся в зоне непосредственного контакта. Следовательно, необходимо совершенствовать приборы для измерения шероховатости. Для расширения точности и диапазонов измерений данных приборов нужно развивать эталонную базу профилометров, увеличивая реализуемость поверочной схемы за счет применения эталонов российского производства. В настоящее время приборы для измерения шероховатости «привязаны» к нескольким стандартам: в России данные методы регулируются межгосударственными и национальными стандартами, зарубежные стандарты используются в составе иностранного программного обеспечения – это стандарты ISO, ANSI, JIS. Данная группа европейских, американских, японских стандартов традиционно имеет небольшую разностную интерпретацию в области определения параметров шероховатости, скорости прохождения щупа, порядка отображения полученной информации. В связи с этим необходимо более подробно представить порядок проведения измерений на профилометре с различными типами настроек.

**Ключевые слова:** профилометр, настройки трассировки, результат измерения, погрешность измерения

**Для цитирования:** Епифанцев К. В., Ефремов Н. Ю. Исследование влияния скорости трассировки на точность измерения шероховатости профилометром SurfTest SJ-410 // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 3. С. 5–11. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-5-11.

## Автоматизация системы поисковой оптимизации веб-ресурса

## Investigation of the effect of tracing speed on the accuracy of roughness measurement profilometer SurfTest SJ-410

**Abstract.** In the conditions of continuous development of industry, the development of more precise instruments, machines in the field of electric power, high-speed aircraft engines and conversion of various types of energy to increase efficiency, it is necessary to use lower roughness parameters of kinematic elements located in the zone of direct contact. Therefore, it is necessary to improve the devices for measuring roughness. To expand the accuracy and measurement ranges of these devices, it is necessary to develop the reference base of profilometers, increasing the feasibility of the verification scheme through the use of Russian-made standards. Currently, devices for measuring roughness are tied to several standards: in Russia, these methods are regulated by interstate and national standards, foreign standards are used as part of foreign software, these are ISO, ANSI, JIS standards. This group of European, American, and Japanese standards traditionally have a small difference interpretation in the field of determining the roughness parameters, the speed of the probe passage, and the order of displaying the information received. In connection with this, it is necessary to present in more detail the order of measurements on this device with different types of settings.

**Keywords:** profilometer, trace settings, measurement result, measurement error

**For citation:** Epifancev K. V., Efremov N. Yu. Investigation of the effect of tracing speed on the accuracy of roughness measurement profilometer SurfTest SJ-410. Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2023;2(3):5–11. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-5-11.

## Automation of the system of search engine optimization of a web resource

**Аннотация.** Исследуется область конкурентного продвижения коммерческих веб-ресурсов. Сформулированы критерии заинтересованных сторон по отношению к веб-ресурсу. Анализируются способы разработки сайта и выбирается лучший. Разработан алгоритм оптимизации веб-ресурса.

**Ключевые слова:** веб-ресурс, оптимизация, информационные технологии, критерии  
**Для цитирования:** Комаров Т. И., Чабаненко А. В. Автоматизация системы поисковой оптимизации веб-ресурса // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, № 3. С. 12–16. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-12-16.

## Метод машинного зрения для контроля качества продукции

**Аннотация.** Рассмотрены возможности машинного зрения для контроля качества продукции на производстве. Описан метод реализации и построения алгоритмов обработки изображений с помощью машинного обучения.

**Ключевые слова:** машинное зрение, машинное обучение, контроль качества, визуальный контроль  
**Для цитирования:** Чупринова О. В., Степашкина А. С., Помазан Е. В. Метод машинного зрения для контроля качества

продукции // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, № 3. С. 17–20. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-17-20.

## Анализ платформ для обучения основам информационной безопасности

**Аннотация.** В современном мире с использованием информационных технологий в дистанционном обучении и образовании в учебных заведениях начали применять систему онлайн-образования. Онлайн-платформа для обучения – это основанная на программном обеспечении онлайн-инфраструктура, которая позволяет пользователям обучаться по уже готовым учебным материалам и публиковать свои учебные пособия или курсы. На данный момент такой вид обучения является таким же результативным, как и очное обучение, и имеет преимущества в виде меньших временных затрат. В статье будет приведен анализ курсов по информационной безопасности на наиболее популярных российских онлайнплатформах для обучения – «Яндекс.Практикум», «Нетология», Stepik, Skillspace, MOOC, iSpringLearn.

**Abstract.** The article explores the area of competitive promotion of commercial web resources. Stakeholder criteria are formulated and applied to the web resource. Website development methods are analyzed and the best one is selected. An algorithm for optimizing a web resource is being developed.

**Keywords:** web resource, optimization, IT, criteria

**For citation:** Komarov T. I., Chabanenko A. V. Automation of the system of search engine optimization of a web resource. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(3):12–16. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-12-16.

## Machine vision method for product quality control

**Abstract.** The possibilities of machine vision for product quality control in production are considered. The method of implementation using machine learning and the construction of image processing algorithms is also described.

**Keywords:** machine vision, machine learning, quality control, visual control

**For citation:** Chuprinova O. V., Stepashkina A. S., Pomazan E. V. Machine vision method for product quality control. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(3):17–20. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-17-20.

## Analysis of the platform for teaching the basics of information security

**Abstract.** In the modern world in educational facilities began to apply the online education system with the use of information technology in distance learning and education. Online learning platform is a software-based online infrastructure, which allows users to learn from ready-made training materials, and publish their tutorials or courses. For now, this type of training is just as effective as full-time training and has the advantage of less time consuming. This article makes a brief review of IS courses on most popular Russian online learning platforms (Practicum.yandex.ru, Netology.ru, Skillspace.ru, MOOC.org, iSpring Learn).

**Ключевые слова:** онлайн-обучение, автоматизированное обучение, дистанционное обучение, информационная безопасность, монетизация

**Для цитирования:** Солёный С. В., Воропаев И. А., Прожирко Е. А. Анализ платформ для обучения основам информационной безопасности // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 3. С. 21–27. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-21-27.

## Сравнительный анализ программного обеспечения, применяемого для решения электроэнергетических задач

**Аннотация.** Приводится анализ программных комплексов, предназначенных для решения электроэнергетических задач. Проведен обзор их возможностей, обозначены преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** анализ, программный комплекс, режим работы электросети, ток короткого замыкания

**Для цитирования:** Солёная О. Я., Стекленёв А. Ю. Сравнительный анализ программного обеспечения, применяемого для решения электроэнергетических задач // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 3. С. 28–35. DOI: 10.31799/29490693-2023-3-28-35.

## Вопросы безопасности интеллектуальных систем

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы безопасности интеллектуальных систем и классы возможных атак. Более детально проанализирован класс атак, направленный на нарушение целостности данных, и показаны способы защиты от данного класса атак на примере кодов, исправляющих ошибки.

**Ключевые слова:** интеллектуальные системы, безопасность, криптография, теория кодирования, атаки

**Для цитирования:** Куприянов М. С., Левина А. Б. Вопросы безопасности интеллектуальных систем // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 3. С. 36–40. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-36-40.

**Keywords:** online learning, automated learning, distance learning, information security, monetization

**For citation:** Solyonyj S. V., Prozhirko E. A., Voropaev I. A. Analysis of the platform for teaching the basics of information security. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(3):21–27. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-21-27.

## Comparative analysis of software for electrical power tasks

**Abstract.** The article provides an analysis of software packages designed to perform electrical energy tasks. A review of its functional, advantages and disadvantages is given in this article.

**Keywords:** analysis, software package, short-circuit current, electrical power grid mode

**For citation:** Solenaya O. Ya., Steklenev A. Yu. Comparative analysis of software for electrical power tasks. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(3):28–35. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-28-35.

## Security issues of intelligent systems

**Abstract.** This article briefly discusses the security issues of intelligent systems, analyzes classes of possible attacks. A class of attacks aimed at violating data integrity is considered in more details, and ways to protect systems against this class of attacks are shown on the example of error-correcting codes.

**Keywords:** intelligent systems, security, cryptography, coding theory, attacks

**For citation:** Kuprianov M. S., Levina A. B. Security issues of intelligent systems. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(3):36–40. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-36-40.

## Анализ состояния рынка искусственного интеллекта в России

**Аннотация.** Проведен анализ состояния российского рынка искусственного интеллекта. Рассмотрены структура, объем и доли рынка, процессы инвестирования и финансирования в технологии искусственного интеллекта в Российской Федерации. Выполнен обзор основных конкурентов и потребителей на рынке.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, анализ рынка, технологии, российский рынок, тенденции развития

**Для цитирования:** Буйчик Д. Д., Солёная О. Я. Анализ состояния рынка искусственного интеллекта в России // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 3. С. 41–47. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-41-47.

## Концепция робототехнической системы для диагностики электрических машин при ремонте и техническом обслуживании

**Аннотация.** Рассмотрены и проанализированы робототехнические системы, использующиеся для диагностики узлов электрических машин. Выявлена проблема использования робототехнических систем для повышения качества и ускорения процессов диагностики электрических машин в условиях производства, а также во время ремонтов на площадках заказчика. Рассмотрена методология применения датчика вибрации в робототехнической системе для определения плотности заклинки пазов статора генератора.

**Ключевые слова:** электрические машины, генератор, ремонт, робототехническая система, испытания, автоматизация

**Для цитирования:** Лач С. Ю., Солёный С. В. Концепция робототехнической системы для диагностики электрических машин при ремонте и техническом обслуживании // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 3. С. 48–53. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-48-53.

## The analysis of the state of the artificial Intelligence market in Russia

**Abstract.** In the given article the analysis of a condition of the Russian market of an artificial intellect has been carried out. The structure, volume and shares of the market, processes of investment and financing in the Russian Federation have been considered. A review of the main competitors and consumers in the market is performed.

**Keywords:** artificial intelligence, market analysis, technology, Russian market, development trends

**For citation:** Buichik D. D., Solenaya O. Ya. The analysis of the state of the artificial Intelligence market in Russia. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(3):41–47. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-41-47.

## The concept of a robotic system for diagnosing electrical machines during repair and maintenance

**Abstract.** The robotic systems used for diagnosing the units of electrical machines are considered and analyzed. The problem of using robotic systems to improve the quality and speed up the diagnostics of electrical machines in production conditions, as well as during repairs at customer sites, is presented. The methodology for using a vibration sensor in a robotic system to determine the wedging density of the generator stator slots is considered.

**Keywords:** electrical machines, generator, repair, robotic system, testing, automation

**For citation:** Lach S. Yu., Solyonyj S. V. The concept of a robotic system for diagnosing electrical machines during repair and maintenance. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(3):48–53. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-06932023-3-48-53.

## Исследование способов применения технологий виртуальной и дополненной реальности в образовательной и промышленной областях

**Аннотация.** Виртуальной реальностью называют интерактивный мир, созданный с использованием современных компьютерных программ, который воспринимается человеком через основные органы чувств. Задача технологии заключается в погружении человека в созданную среду с использованием датчиков сенсорики. Дополненная реальность, в отличие от виртуальной, дополняет реальный мир цифровыми объектами в виде аудио, графики, текста в режиме реального времени с возможностью взаимодействия. Данная технология используется для обеспечения нового уровня взаимодействия пользователей с окружающим миром. Изучено применение технологий виртуальной реальности и дополненной реальности в образовательной сфере. Проведено исследование компаний, предоставляющих готовые решения, а также запросы на создание приложений виртуальной реальности для промышленных и образовательных учреждений.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, дополненная реальность, иммерсионные технологии, образование, промышленность

**Для цитирования:** Бобрышов Д. П., Романенко В. В., Кузьменко Ю. П., Кузьменко В. П., Солёный С. В. Исследование способов применения технологий виртуальной и дополненной реальности в образовательной и промышленной областях // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 3. С. 54–61. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-54-61.

## Формальная идентификация периодических явлений в числовых рядах

**Аннотация.** Рассматриваются проблема идентификации периодических явлений во временных рядах; понятие временного ряда, основные описывающие его математические модели, различные методы и гипотезы, применяемые в теории временных рядов. Также исследуются методы, применяемые в различных областях знаний, направленные на поиск и выявление периодической компоненты. Так как данные методы обладают определенными недостатками, для решения указанной проблемы предлагается применение модификации метода эмпирической модовой декомпозиции. Производится реализация данного алгоритма в виде программы и производится

## Research of ways of using virtual and augmented reality technology in educational and industrial fields

**Abstract.** Virtual reality is an interactive world created with the use of modern computer programs, which is perceived by a person through the basic senses. The task of technology is to immerse people in the created environment, using sensors sensorica. Augmented reality, unlike virtual reality, augments the real world with digital objects in the form of audio, graphics and text in real time with the possibility of interaction. This technology is used to provide a new level of interaction between users and the world around them. This article aims to study the application of virtual reality and augmented reality technologies in the educational sphere. The research of the companies providing ready-made solutions, as well as requests of industrial and educational institutions in this technology was made.

**Keywords:** virtual reality, augmented reality, immersion technologies, education, industry

**For citation:** Bobryshov D. P., Romanenko V. V., Kuzmenko Yu. P., Kuzmenko V. P., Solyonyj S. V. Research of ways of using virtual and augmented reality technology in educational and industrial fields. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(3):54–61. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-54-61.

## Formal identification of periodic oscillations in numeral series

**Abstract.** We use the problem of identifying patterns of growth in time series. The main mathematical models that describe it, various methods and conclusions used in the theory of time series are considered. The methods used in various manifestations aimed at searching and identifying the periodic component are also considered. Since the data detects occurrences, a modification of the empirical mode decomposition method is used to solve this problem. The implementation of this algorithm in the form of a program was made and its performance was

проверка ее работоспособности. Помимо этого, сравнивается эффективность работы предложенного модифицированного алгоритма с классическим вариантом.

**Ключевые слова:** временной ряд, периодические колебания, сезонность, цикличность, эмпирическая модовая декомпозиция, кубический сплайн, сплайн Акимы

**Для цитирования:** Плехов П. В., Кудрева А. Р., Гусев А. А. Формальная идентификация периодических явлений в числовых рядах // *Инновационное приборостроение*. 2023. Т. 2, No 3. С. 62–66. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-62-66.

## Идентификация пользователя на основе клавиатурного почерка

**Аннотация.** Выдвигается гипотеза о том, что у каждого человека индивидуальный подход к набору текста на клавиатуре. Таким образом, можно сделать предположение, что данный параметр можно использовать для идентификации пользователей как биометрический показатель. Среди методов биометрической аутентификации предложенный подход относится к категории динамических методов, что затрудняет хищение шаблона почерка пользователя. В работе кратко описаны существующие методы и способы идентификации пользователей по клавиатурному почерку и выполнено исследование применения оценочного параметра времени удержания клавиш для определения пользователя. В результате исследования доказано, что время удержания клавиш способно идентифицировать пользователей в 85 % случаев.

**Ключевые слова:** аутентификация, идентификация, защита информации, клавиатурный почерк

**Для цитирования:** Варламова С. А., Вавилина Е. А. Идентификация пользователя на основе клавиатурного почерка // *Инновационное приборостроение*. 2023. Т. 2, No 3. С. 67–71. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-67-71.

## Метод голосовой идентификации диктора

**Аннотация.** Предложен новый подход к формированию векторов признаков, основанный на семантических особенностях речи диктора. Отличительной особенностью предложенного метода является то, что, помимо анализа голосовых характеристик диктора, также анализируются и речевые – особенности построения предложений, их семантика, словарный запас и т. д. Разработан программный модуль идентификации личности на основе предложенного метода и проведено сравнение с традиционно используемым при решении задачи идентификации дикторов методом, основанным на мел-частотных кепстральных коэффициентах. Сравнительный анализ показал, что

checked. In addition, the efficiency of the proposed modified algorithm is compared with the classical application.

**Keywords:** time series, forthcoming, seasonality, cyclicity, empirical mode decomposition, cubic spline, Akima's spline

**For citation:** Plekhov P. V., Kudreva A. R., Gusev A. A. Formal identification of periodic oscillations in numeral series. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(3):62–66. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-62-66.

## User identification based on keypad handwriting

**Abstract.** The paper suggests that each person has an individual approach to typing on the keyboard. Thus, it can be assumed that this parameter can be used to identify users as a biometric indicator. Among the biometric authentication methods, the proposed approach belongs to the category of dynamic methods, which makes it difficult to steal the user's handwriting template. The paper briefly describes the existing methods and methods for identifying users by keyboard handwriting and a study of the use of the estimated key holding time parameter to determine the user. As a result of the study, it was proved that the key hold time is able to identify users in 85 % of cases.

**Keywords:** authentication, identification, information security, keyboard handwriting

**For citation:** Varlamova S. A., Vavilina E. A. User identification based on keypad handwriting. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(3):67–71. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-67-71.

## The method of voice identification of the speaker

**Abstract.** In this paper, a new approach to the formation of feature vectors based on the semantic features of the speaker's speech is proposed. A distinctive feature of the proposed method is that in addition to analyzing the speaker's voice characteristics, speech characteristics are also analyzed: features of sentence construction, their semantics, vocabulary, etc. A software module for identification of a person based on the proposed method has been developed, and a comparison has been made with the method traditionally used in solving the speaker identification problem based on mel-frequency cepstrum coefficients. Comparative analysis has

рассматриваемый подход позволяет увеличить точность идентификации личности, однако при этом он требует бóльших временных затрат.

**Ключевые слова:** распознавание голоса, искусственный интеллект, машинное обучение, аутентификация, морфологический анализ, нейронные сети

**Для цитирования:** Шамакова Е. С., Коломойцев В. С. Метод голосовой идентификации диктора // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 3. С. 72–76. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-72-76.

## Формульный метод аутентификации пользователя

**Аннотация.** Изучены вопросы применения многофакторной аутентификации как метода повышения защиты данных от несанкционированного доступа в процессе их хранения и передачи. Рассмотрены наиболее популярные методы многофакторной аутентификации, выявлены их достоинства и недостатки. Предложен метод многофакторной аутентификации, лишенный части имеющихся недостатков в исследуемых методах, – формульный метод аутентификации пользователей. Метод позволяет без существенных технических изменений и увеличения нагрузки на систему проводить безопасную аутентификацию пользователей.

**Ключевые слова:** многофакторная аутентификация, защита информации, несанкционированный доступ, информационные системы, биометрика, пароль

**Для цитирования:** Коломойцев В. С., Марковский Е. С., Дубровина Д. А. Формульный метод аутентификации пользователя // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 3. С. 77–83. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-77-83.

## Моделирование работы следящего электропривода с учетом температуры окружающей среды

**Аннотация.** Рассматривается влияние температуры окружающей среды на динамические свойства следящего электропривода.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, электродвигатель, динамические характеристики

shown that the considered approach allows to increase the accuracy of identification of a person, but at the same time it requires more time.

**Keywords:** voice recognition, artificial intelligence, machine learning, authentication, morphological analysis, neural networks

**For citation:** Shamakova E. S., Kolomoitcev V. S. The method of voice identification of the speaker. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(3):72–76. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-72-76.

## Formulaic user authentication method

**Abstract.** The work discusses the use of multi-factor authentication as a method of increasing data protection from unauthorized access during their storage and transmission. Several of the most popular methods of multi-factor authentication are considered and their advantages and disadvantages are revealed. A method of multi-factor authentication is proposed, which solves part of the existing shortcomings in the methods under study, – the formulaic method of user authentication. The method allows for secure authentication of users without significant technical changes and an increase in the load on the system.

**Keywords:** multi-factor authentication, information protection, unauthorized access, information systems, biometrics, password

**For citation:** Kolomoitcev V. S., Markovskiy Eu. S., Dubrovina D. A. Formulaic user authentication method. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(3):77–83. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-77-83.

## Modeling of the operation of a tracking electric drive taking into account the ambient temperature

**Abstract.** The influence of ambient temperature on the dynamic properties of a tracking electric drive is considered.

**Keywords:** mathematical modeling, electric motor, dynamic characteristics

**For citation:** Krylov Yu. M., Agapov A. A., Litvinenko A. M. Modeling of the operation of a tracking electric drive taking into account the ambient temperature. *Innovacionnoe*



**Для цитирования:** Крылов Ю. М., Агапов А. А., Литвиненко А. М. Моделирование работы следящего электропривода с учетом температуры окружающей среды // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 3. С. 84–90. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-84-90.

## Подходы к организации производства конкурентоспособной электронной продукции с учетом типа организационной структуры и технологических возможностей предприятия

**Аннотация.** Предложены апробированные на предприятии среднего бизнеса подходы к созданию структуры, обеспечивающей гибкое и своевременное управление технологическими и другими ресурсами. Для обеспечения конкурентоспособности электронной и приборной продукции использованы оптимизационные модели Парето и Нэша. Эти модели оптимизируют выбор заказчика, распределение ресурсов в условиях неполной определенности, равные условия конкурентоспособности всех видов продукции и услуг. Приведенная ретроспектива структур от малого до среднего бизнеса получена на основе опыта и не затрагивает известные типы структур.

**Ключевые слова:** структура, средний бизнес, электронная продукция, конкурентоспособность, оптимизация

**Для цитирования:** Иванов И. А., Коршунов Г. И. Подходы к организации производства конкурентоспособной электронной продукции с учетом типа организационной структуры и технологических возможностей предприятия // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 3. С. 91–96. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-91-96.

*priboestroenie = Innovative Instrumentation. 2023;2(3):84–90. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-84-90.*

## Approaches to organizing the production of competitive electronic products, taking into account the type of organizational structure and technological capabilities of the enterprise

**Abstract.** Approved at a medium-sized enterprise, approaches to creating a structure that provides flexible and timely management of technological and other resources are proposed. Pareto and Nash optimization models were used to ensure the competitiveness of electronic and instrumentation products. These models optimize the choice of the customer, the distribution of resources in conditions of incomplete certainty, equal conditions for the competitiveness of all types of products and services. This retrospective of SME structures is based on experience and does not use known types of structures.

**Keywords:** structure, medium business, electronic products, competitiveness, optimization

**For citation:** Ivanov I. A., Korshunov G. I. Approaches to organizing the production of competitive electronic products, taking into account the type of organizational structure and technological capabilities of the enterprise. *Innovacionnoe priboestroenie = Innovative Instrumentation. 2023;2(3):91–96. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-3-91-96.*

## Синтез антенных систем с квазипараболическими рефлекторами

**Аннотация.** Представлен аналитический обзор о методе синтеза рефлекторов параболического типа с заданными параметрами. Приведены основные выражения, характеризующие взаимосвязь геометрических параметров параболоидов. Показана взаимосвязь электрических и геометрических параметров синтезируемых антенных систем. Приведены графические материалы, поясняющие сущность рассматриваемых физических явлений. Демонстрируются качественные отличия реальных антенных систем от синтезируемых аналитических моделей. Представлен пример компьютерного моделирования антенной системы с квазипараболическим рефлектором и продольным неточечным облучателем. Приведен анализ полученных результатов.

**Ключевые слова:** параболические рефлекторы, синтез зеркальных антенн, электрические параметры антенн, геометрическая структура отражателей, пассивный рефлектор

**Для цитирования:** Оводенко А. А. Синтез антенных систем с квазипараболическими рефлекторами // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 2. С. 5–10. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-5-10.

## Исследование возможности повышения эффективности производственных процессов в приборостроении за счет использования коллаборативных роботов

**Аннотация.** В данной работе исследуется возможность применения технологии совместной работы человека и робота в процессе производства радиоэлектронной продукции. Рассматриваются технологии распознавания движений человека-оператора для реализации совместной работы человека и робота при монтаже печатных плат в радиоэлектронном приборостроении с целью максимизации положительного синергетического эффекта от совместной работы человека и робота. Даны

## Synthesis of antenna systems with quasi-parabolic reflectors

**Abstract.** An analytical review of the method for the synthesis of parabolic type reflectors with given parameters is presented. The main expressions characterizing the relationship of the geometric parameters of paraboloids are given. The relationship between the electrical and geometric parameters of the synthesized antenna systems is shown. Graphic materials explaining the essence of the considered physical phenomena are given. The qualitative differences between real antenna systems and synthesized analytical models are demonstrated. An example of computer simulation of an antenna system with a quasi-parabolic reflector and a longitudinal non-point feed is presented. An analysis of the obtained results is given.

**Keywords:** parabolic reflectors, synthesis of mirror antennas, electrical parameters of antennas, geometric structure of reflectors, passive reflector

**For citation:** Ovodenko A. A. Synthesis of antenna systems with quasi-parabolic reflectors. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(2):5–10. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-5-10.

## The research of production processes efficiency increasing possibility in instrumentation through the use of collaborative robots

**Abstract.** In this paper, the possibility of applying the human and robot collaboration technology in the production of electronic products is investigated. The technologies of recognition of human operator movements for the implementation of human and a robot collaboration during the printed circuit boards installation in electronic instrumentation in order to maximize the positive synergetic effect of human and a robot collaboration are considered. Recommendations on the implementation of engineering solutions based on the technologies considered in the article are given.

рекомендации по реализации инженерных решений на базе рассматриваемых в статье технологий.

**Ключевые слова:** человек, робот, совместная работа, эффективность, Индустрия 5.0

**Для цитирования:** Смещук Е. А., Щеников Я. А. Исследование возможности повышения эффективности производственных процессов в приборостроении за счет использования коллаборативных роботов // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 2. С. 11–19. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-11-19.

## Организационная робастность как особенность эволюции иерархических структур управления

**Аннотация.** Описываются риски, создаваемые внешней средой, оказывающие влияние на ход протекания технологических процессов в структурном подразделении. Аргументирована необходимость применения инструментов хронометрии с целью расчета устойчивости организационных структур управления к дестабилизирующим факторам на основе ортогонального массива Тагучи.

**Ключевые слова:** робастность, ортогональные массивы, организационная структура  
**Для цитирования:** Назаревич С. А., Меркулова А. Ю. Организационная робастность как особенность эволюции иерархических структур управления // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 2. С. 20–24. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-20-24.

## Автоматизация системы контроля качества при производстве лакокрасочных изделий

**Аннотация.** Рассматриваются потенциальные направления автоматизации метода анализа распределения по размерам частиц тонкого помола. Разрабатывается алгоритм процесса. Предлагаются возможности для его усовершенствования.

**Ключевые слова:** лазерная дифракция, усовершенствование метода, лакокрасочные изделия, частицы тонкого помола

**Для цитирования:** Пузырева В. С., Чабаненко А. В. Автоматизация системы контроля качества при производстве лакокрасочных изделий // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 2. С. 25–29. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-25-29.

**Keywords:** man, robot, collaboration, collaboration, efficiency, Industry 5.0

**For citation:** Smeshchuk E. A., Shchenikov Ya. A. The research of production processes efficiency increasing possibility in instrumentation through the use of collaborative robots. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(2):11–19. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-11-19.

## Organizational robust as a feature evolutions of hierarchical management structures

**Abstract.** The article describes the risks created by the external environment that affect the course of technological processes in a structural unit. The necessity of using chronometry tools to calculate the stability of organizational management structures to destabilizing factors based on the Taguchi orthogonal array is argued.

**Keywords:** robustness, orthogonal arrays, organizational structure

**For citation:** Nazarevich S. A., Merkulova A. Yu. Organizational robust as a feature evolutions of hierarchical management structures. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(2):20–24. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-20-24.

## Automation of the quality control system in the production of paint and varnish products

**Abstract.** The article discusses potential directions for improving and automating the method for analyzing the size distribution of particles of fine grinding. The process algorithm is being developed. Opportunities for improvement are offered.

**Keywords:** laser diffraction, improvement of the method, paint and varnish products, fine particles

**For citation:** Puzyreva V. S., Chabanenko A. V. Automation of the quality control system in the production of paint and varnish products. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(2):25–29. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-25-29.

## Обеспечение контроля качества стабилизации положения объектов на основе инновационного технического и метрологического обеспечения

**Аннотация.** Рассмотрены особенности применения полупроводниковых датчиков, спроектированных по технологии MEMS, для решения задач стабилизации положения объектов. Предложена методика оценки качества работы системы стабилизации на основе комплексного критерия качества. Предложена информационная структура, направленная на повышение качества контроля стабилизации путем минимизации времени передачи информации.

**Ключевые слова:** стабилизация положения, качество, информационная структура, MEMS-гироскоп, параллельная синхронная передача информации

**Для цитирования:** Макаров Е. Д. Обеспечение контроля качества стабилизации положения объектов на основе инновационного технического и метрологического обеспечения // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 2. С. 30–35. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-30-35.

## Исследование динамических характеристик в вычислительных сетях с червячной коммутацией

**Аннотация.** Рассматривается проблема изучения динамических характеристик информационных потоков. Производится оценка актуальности исследований и разработок, рассматриваются последние достижения и работы в области проектирования и изучения характеристик различных сетей. Ставится цель определения динамических характеристик информационных потоков в беступиковых маршрутах вычислительных сетей с червячной коммутацией. Краткий обзор технологии червячной коммутации и беступиковой маршрутизации помогает детальнее рассмотреть предлагаемую для изучения область. Описываются основные механизмы, достоинства и области применения рассматриваемой технологии. Предлагается набор характеристик для изменения параметров беступиковых маршрутов в сетях с червячной коммутацией. Каждая из них подробно описывается.

## Ensuring quality control of stabilization of the position of objects based on innovative technical and metrological support

**Abstract.** The study investigated features of the application of semiconductor sensors designed using MEMS technology to solve problems of stabilizing the position of objects. A methodics for assessing the quality of the stabilization system is proposed, based on a comprehensive quality criterion. Proposed information structure aimed at improving the quality of stabilization control by minimizing the time of information transfer.

**Keywords:** position stabilization, quality, information structure, MEMS gyroscope, parallel synchronous information transfer

**For citation:** Makarov E. D. Ensuring quality control of stabilization of the position of objects based on innovative technical and metrological support. *Innovacionnoe priboroostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(2):30–35. (In Russ.). DOI: 10.31799/29490693-2023-2-30-35.

## Investigation of dynamic characteristics in computer networks with wormhole networks

**Abstract.** Current paper deals with the problem of studying the dynamic characteristics of information flows. The relevance of research and development is assessed, the latest achievements and work in the field of design and study of the characteristics of various networks are considered. The purpose of the paper is to determine the dynamic characteristics of information flows in deadlock-free routes of computer networks with wormhole routing. A brief overview of the technology of wormhole routing and deadlock-free routing helps to consider in more detail the area proposed for study. The main mechanisms, advantages and areas of application of the considered technology are described. A set of characteristics is proposed for changing the parameters of deadlock-free routes in networks with wormhole routing. Each of them is described in detail. Three network topologies are proposed for practical research. For the study, the results of the theory of networks and the theory of control systems are used.

**Keywords:** wormhole routing, dynamics, networks, characteristics, routes

Для практических исследований предлагаются три сетевые топологии. Для исследования используются результаты теории сетей и теории систем управления.

**Ключевые слова:** червячная коммутация, динамика, сети, характеристики, маршруты

**Для цитирования:** Карандашев А. А., Оленев В. Л. Исследование динамических характеристик в вычислительных сетях с червячной коммутацией // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 2. С. 36–44. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-236-44.

## Метод нелинейной оптимальной спектрально-финитной фильтрации навигационных сигналов в условиях априорной неопределенности

**Аннотация.** В работе рассматривается метод оптимальной нелинейной фильтрации дискретных сигналов на основе использования спектрально-финитного представления оцениваемого сигнала и принципа максимального правдоподобия на фоне аддитивных с одномодальным законом распределения помех измерения для широкого класса моделей измерения и сигналов.

**Ключевые слова:** оптимальная нелинейная оценка, спектрально-финитное представление сигнала, разложение Карунена – Лозэва, принцип максимального правдоподобия

**Для цитирования:** Иванов Ю. П. Метод нелинейной оптимальной спектрально-финитной фильтрации навигационных сигналов в условиях априорной неопределенности // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 2. С. 45–51. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-45-51.

## Разработка методов получения прикладной имитационной модели бортовой сети на основе ее формального описания

**Аннотация.** Рассматриваются существующие подходы к разработке, тестированию и верификации современных бортовых протоколов и показан прототип программного обеспечения, которое на основе формальной модели сети создает прикладную модель. На основе анализа существующих решений сформированы требования к программному

**For citation:** Karandashev A. A., Olenev V. L. Investigation of dynamic characteristics in computer networks with wormhole networks. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(2):36–44. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-36-44.

## The method of nonlinear optimal spectral-finite filtering of navigation signals under conditions of a priori uncertainty

**Abstract.** The paper considers a method of optimal nonlinear filtering of discrete signals based on the use of a spectral-finite representation of the estimated signal and the maximum likelihood principle against the background of additive with a single-modal distribution law of measurement interference for a wide class of measurement models and signals.

**Keywords:** optimal nonlinear estimation, spectral-finite representation of the signal, Karunen – Loev decomposition, maximum likelihood principle

**For citation:** Ivanov Yu. P. The method of nonlinear optimal spectral-finite filtering of navigation signals under conditions of a priori uncertainty. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(2):45–51. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-45-51.

## Development of methods for obtaining an applied simulation model of the onboard network based on its formal description

**Abstract.** The development, testing and verification of modern on-board protocols is a very knowledge-intensive task. It is necessary to develop a different range of models for each stage of new standard development to decide finally to verify and validate the new protocol. All this requires a lot of time. To reduce the development time, it is necessary to optimize the process of preparing the models. To do this it is necessary to transform the formal model of the new

обеспечению, которое должно осуществлять данный переход. Сформулированы проблемы, которые планируется решить в ходе дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** бортовые сети, коммуникационные протоколы, SystemC, сеть Петри, имитационное моделирование

**Для цитирования:** Синёв Н. И., Оленев В. Л. Разработка методов получения прикладной имитационной модели бортовой сети на основе ее формального описания // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 2. С. 52–63. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-52-63.

## Исследование предиктивной аналитики на базе микроконтроллера с применением методов TinyML

**Аннотация.** Стремительный рост миниатюризации маломощных встраиваемых устройств и прогресс в оптимизации алгоритмов машинного обучения (ML) открыли новые перспективы для Интернета вещей. Это реализация алгоритма ML в устройствах Интернета вещей. Фреймворк TinyML был создан с этой целью. Способность обеспечивать надежную работу устройств Интернета вещей без постоянного доступа к облачным сервисам при одновременной работе ML делает его многообещающим вариантом для приложений Интернета вещей, ищущих экономически эффективные решения. Raspberry Pi Pico – это плата микроконтроллера, которая хорошо подходит для использования в TinyML и других приложениях, требующих низкого энергопотребления и небольшого форм-фактора. В этом исследовании рассматриваются характеристики устройства Raspberry Pi Pico W и возможности TinyML, реализуя прогностическую модель на этом устройстве с использованием модели нейронной сети.

**Ключевые слова:** TinyML, Raspberry pico, модели искусственного интеллекта, микроконтроллер

**Для цитирования:** До Ф. Х., Ле Ч. Д., Зуйков М. А., Берёзкин А. А., Киричек Р. В. Исследование предиктивной аналитики на базе микроконтроллера с применением методов TinyML // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 2. С. 64–75. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-64-75.

## Проблемы обеспечения интероперабельности при интеграции действующих

standard into an applied one. In this article the existing approaches will be considered and the prototype of software, which on the basis of formal network model creates an applied network model, will be shown.

**Keywords:** on-board networks, communication protocols, SystemC, Petri net, simulation modeling

**For citation:** Sinyov N. I., Olenev V. L. Development of methods for obtaining an applied simulation model of the onboard network based on its formal description. Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2023;2(2):52–63. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-52-63.

## Predictive analytics research based on a microcontroller using TinyML methods

**Abstract.** The rapid growth in the miniaturization of low-power embedded devices and advancement in the optimization of machine learning (ML) algorithms have opened up a new prospect for the Internet of Things (IoT). It is the implementation of the ML algorithm within the IoT device. TinyML framework was born with that purpose. Its ability to empower the IoT device to function reliably without consistent access to cloud services while delivering accurate ML services makes it a promising option for IoT applications seeking cost-effective solutions. The Raspberry Pi Pico is a microcontroller board which is well suited for use in TinyML and other applications that require low power consumption and a small form factor. In this study, we review the characteristics of the Raspberry Pi Pico W device and the ability of TinyML by implementing a predictive model on that device using a Neural Network model.

**Keywords:** TinyML, Raspberry pico, AI models, microcontroller

**For citation:** Do P. H., Le T. D., Zuykov M. A., Beryozkin A. A., Kirichek R. V. Predictive analytics research based on a microcontroller using TinyML methods. Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2023;2(2):64–75. (In Russ.). DOI: 10.31799/29490693-2023-2-64-75.

## Problems of ensuring interoperability in the integration

## автоматизированных систем управления и информационных систем

**Аннотация.** Рассматривается специфика обеспечения interoperability действующих и модернизируемых автоматизированных систем управления (АСУ) и информационных систем (ИС). Показано, что перспективы обеспечения interoperability лежат в основе применения интеллектуальных систем, ядром которых является модель предметной области. В качестве ключевых элементов обеспечения interoperability анализируются онтологические системы как способ интеграции данных и знаний и единое информационное пространство как практическое воплощение interoperability. Для обеспечения реализации такого подхода в основу функциональности АСУ и ИС должны быть положены принципы декларативного проектирования прикладного программного обеспечения и реализации исполнительных систем, осуществляющих вычисления по заложенным в систему знаниям.

**Ключевые слова:** interoperability, модель предметной области, онтология, данные, знания, единое информационное пространство, прикладное программное обеспечение, искусственный интеллект

**Для цитирования:** Охтилев М. Ю., Соколов Б. В., Коромысличенко В. Н., Охтилев П. А., Зянчурин А. Э. Проблемы обеспечения interoperability при интеграции действующих автоматизированных систем управления и информационных систем // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 2. С. 76–83. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-76-83.

## Сравнительный анализ концепций построения тяжелых экранопланов Pelican ULTRA, Liberty Lifter и «Орлан»

**Аннотация.** В статье критически анализируются три концепции построения больших экранопланов – двух американских и одного российского. Сравниваются их достоинства и недостатки по критериям топливной экономичности, скорости движения, регулярности рейсов, показателям мореходности, требованиям к инфраструктуре. Рассматриваются варианты колесного шасси, снижающие требуемую для взлета мощность стартовых двигателей, а также взлет с воды и посадка на воду. Предлагается и обоснуется перечень новых миссий, которые тяжелый экраноплан может выполнить лучше других транспортных аппаратов. Исследуется инновационная привлекательность экранопланов. Обоснуется необходимость

## of existing automated control systems and information systems

**Abstract.** The article discusses the specifics of ensuring the interoperability of existing and modernized automated control systems and information systems. It is shown that the prospects for ensuring interoperability underlie the use of intelligent systems, the core of which is the domain model. As a key element of ensuring interoperability, ontological systems are analyzed as a way of integrating data and knowledge, and a unified information domain as a practical embodiment of interoperability. To ensure the implementation of such an approach, the principles of declarative design of application software and the implementation of executive systems that perform calculations based on the knowledge embedded in the system should be based on the functionality of automated control systems and information systems.

**Keywords:** interoperability, domain model, ontology, data, knowledge, unified information domain, applied software, Artificial Intelligence

**For citation:** Okhtilev M. Yu., Sokolov B. V., Koromyslichenko V. N., Okhtilev P. A., Zyanchurin A. E. Problems of ensuring interoperability in the integration of existing automated control systems and information systems. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(2):76–83. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-76-83.

## Comparative analysis of the concepts of heavy ekranoplanes Pelican ULTRA, Liberty Lifter and «Orlan» construction

**Abstract.** The article critically analyzes three concepts of building large ekranoplanes – two American and one Russian. Their advantages and disadvantages are compared according to the criteria of fuel efficiency, cruise and maximal speed, regularity of flights, seaworthiness indicators and infrastructure requirements. Variants of a wheeled chassis are considering, which reduce the required power (trust) of the starting engines required for take-off, especially for take-off from water and landing on water. A list of new missions that a heavy ekranoplane can perform better than other transport vehicles is justified. The innovative attractiveness of ekranoplanes is investigated. The necessity of installing an intelligent automatic motion control system, which prototype was created 40 years ago, is substantiated. According to the experience

установки на тяжелом экраноплане интеллектуальной системы автоматического управления движением, прототип которой был создан 40 лет назад. По опыту прошлых лет утверждается, что для создания совершенной системы автоматического управления финансирование должно составлять не менее 1/10 от общего объема финансирования создания экраноплана.

**Ключевые слова:** экраноплан, зона экранного эффекта, технико-экономическая транспортная эффективность

**Для цитирования:** Небылов А. В., Небылов В. А. Сравнительный анализ концепций построения тяжелых экранопланов Pelican ULTRA, Liberty Lifter и «Орлан» // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 2. С. 84–97. DOI: 10.31799/29490693-2023-2-84-97.

## Использование полигона распределения для синтеза алгоритмов моделирования числовых информационных потоков

**Аннотация.** При проектировании сложных систем широко используются методы имитационного моделирования, в частности моделирования входных информационных потоков данных. Часто статистические характеристики этих данных неизвестны, но имеется ограниченное число реальных записей входных информационных потоков. В этом случае для проведения статистических экспериментов необходимо расширить количество подобных записей, а для решения этой задачи используется методология синтеза алгоритмов моделирования статистических эквивалентов исходных потоков, которые, как правило, синтезируются на основе гистограмм распределений. В данной работе синтезированы алгоритмы статистических эквивалентов, использующих полигоны распределений, построенные на основе имеющихся гистограмм, что повышает точность воспроизведения статистических характеристик входных потоков данных.

**Ключевые слова:** сложная система, алгоритм моделирования, информационный поток, статистический эквивалент, синтез, гистограмма, полигон распределения

**Для цитирования:** Тюринова В. А., Лапшин К. В., Шепета А. П. Использование полигона распределения для синтеза алгоритмов моделирования числовых информационных потоков // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 2. С. 98–103. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-98-103.

of past years, in order to create a perfect automatic control system, funding should be not less than 1/10 of the total funding for the creation of heavy ekranoplane.

**Keywords:** ekranoplane, ground effect zone, technical and economic transport efficiency

**For citation:** Nebylov A. V., Nebylov V. A., Comparative analysis of the concepts of heavy ekranoplanes Pelican ULTRA, Liberty Lifter and «Orlan» construction. Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2023;2(2):84–97. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-84-97.

## The use of the polygon distribution for the synthesis of numerical information flow modeling algorithms

**Abstract.** When designing complex systems widely used simulation methods, in particular, modeling input information data flows. Often the statistical characteristics of these data are unknown, but there is a limited number of real entries of input information flows. In this case, for statistical experiments it is necessary to expand the number of such records to solve this problem used methodology for synthesizing algorithms and modeling statistical equivalents of initial flows, which, as a rule, are synthesized on the basis of distribution histograms. In this paper, algorithms of statistical equivalents are synthesized and using distribution polygons. Based on available histograms, which improves the accuracy of the statistical characteristics reproduction incoming data streams.

**Keywords:** complex system, modeling algorithm, information flow, statistical equivalent, synthesis, histogram, polygon distribution

**For citation:** Tyurinova V. A., Lapshin K. V., Shepeta A. P. The use of the polygon distribution for the synthesis of numerical information flow modeling algorithms. Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2023;2(2):98–103. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-98-103.



## Газовая хроматография как метод оценки баланса полиненасыщенных и насыщенных жирных кислот в маслах и жирах природного происхождения

**Аннотация.** Приведены сведения о хроматографическом исследовании масел и жиров различного происхождения и описание их полезных для человеческого организма свойств с точки зрения жирнокислотного состава. Масла характеризуются высоким содержанием жирных кислот различных видов, как насыщенных, так и ненасыщенных кислот омега-3, омега-6 и омега-9.

Хроматографический метод анализа позволяет оценить количественные соотношения компонентов. Выбор пищевых масел и жиров, применяемых в качестве биологически активных добавок и лекарственных средств для различных целей, необходимо осуществлять на основании методических рекомендаций «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации», пользуясь результатами исследования с использованием хроматографа «Кристалл 5000.2».

**Ключевые слова:** хроматографический анализ, жирные кислоты

**Для цитирования:** Фомичева Т. И., Колужникова Е. В. Газовая хроматография как метод оценки баланса полиненасыщенных и насыщенных жирных кислот в маслах и жирах природного происхождения // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 2. С. 104–109. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-104-109.

## Корреляционная обработка пачек импульсов с неизвестными параметрами

**Аннотация.** Разработан способ измерения длительностей импульсов по результатам обработки функций взаимной корреляции с эталонным сигналом. Обоснован выбор параметров эталонных импульсов и условий проведения процедур, необходимых для расчета функций взаимной корреляции. Получено аналитическое выражение, позволяющее оценить с точностью до длительности эталонного сигнала временные параметры импульсов в обрабатываемой пачке. Представлены результаты примера аналитического моделирования пачки, содержащей импульсы с неизвестными параметрами. Сформулированы предложения по практической реализации

## The gas chromatography as a method to evaluate polyunsaturated and saturated fatty acids balance in oils and fats of natural origin

**Abstract.** The article provides information on the chromatographic study of oils and fats of various origins and a description of their beneficial properties for the human body in terms of fatty acid composition. The oils are characterized by a high content of fatty acids of various types, both saturated and unsaturated omega-3, omega-6 and omega-9. The chromatographic method of analysis allows us to evaluate the quantitative ratios of the components. The selection of edible oils and fats used as biologically active additives and medicines for various purposes should be carried out on the basis of the “Norms of physiological energy and nutritional needs for various groups of the population of the Russian Federation”, using the results of the study on the Crystal 5000.2 chromatograph.

**Keywords:** chromatographic analysis, fatty acids

**For citation:** Fomicheva T. I., Koluzhnikova E. V. The gas chromatography as a method to evaluate polyunsaturated and saturated fatty acids balance in oils and fats of natural origin. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(2):104–109. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-104-109.

## Correlation processing of pulses with unknown parameters

**Abstract.** A method has been developed for measuring pulse durations based on the results of processing cross-correlation functions with a reference signal. The choice of the reference impulses by the parameter and the conditions for carrying out the procedures necessary for calculating the cross-correlation functions is substantiated. An analytical expression has been obtained that makes it possible to estimate, up to the duration of the reference signal, the temporal parameters of pulses in the processed packet. The results of an example of analytical modeling of a burst containing pulses with unknown parameters are presented. Proposals for the practical implementation of the developed approach are formulated. The assumptions

разработанного подхода. Определены допущения, характеризующие точность получаемых оценок. Сформулированы направления дальнейшего исследования.

**Ключевые слова:** функция взаимной корреляции, измерение длительностей импульсов, корреляционная обработка сигналов

**Для цитирования:** Оводенко А. А., Дворников С. В., Крячко А. Ф., Дворников С. С. Корреляционная обработка пачек импульсов с неизвестными параметрами // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 2. С. 110–115. DOI: 10.31799/29490693-2023-2-110-115.

characterizing the accuracy of the obtained estimates are determined. Directions for further research are formulated.

**Keywords:** cross-correlation function, measurement of pulse durations, correlation signal processing

**For citation:** Ovodenko A. A., Dvornikov S. V., Kryachko A. F., Dvornikov S. S. Correlation processing of pulses with unknown parameters.

*Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation.* 2023;2(2):110–115. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-2-110-115.

## Сравнительный анализ сигналов, используемых в многоканальных системах радиосвязи

**Аннотация.** Приведены результаты исследования сигналов дифференциальной квадратурной фазовой модуляции и частотной модуляции с минимальным сдвигом по показателям спектральной эффективности и помехоустойчивости их приема при когерентной обработке. Рассмотрены особенности применения разделения каналов в зависимости от используемого диапазона частот. Обоснованы пути снижения негативных последствий при переходе к ограниченной полосе частот радиоканала в многоканальных системах радиосвязи. Предложен выбор вида модуляции сигнала исходя из обеспечения минимальной занимаемой полосы частот при сохранении допустимого уровня энергетических потерь при приеме. Представлен аналитический аппарат оценки спектральной эффективности сигнальных конструкций. Демонстрируются результаты сравнительной оценки спектральной эффективности сигналов дифференциальной квадратурной фазовой модуляции и частотной модуляции с минимальным сдвигом при различных ограничениях в спектральном пространстве. Дана сравнительная оценка скорости спада уровня энергетических составляющих в спектре в зависимости от контролируемой полосы. Проведено сравнение результатов оценки помехоустойчивости когерентного приема сигналов дифференциальной квадратурной фазовой модуляции и частотной модуляции с минимальным сдвигом по показателю значения корреляционного интеграла, рассчитываемого для фрагментов, определяющих противоположные информационные символы. Сформулированы направления дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** спектральная эффективность сигналов, помехоустойчивость приема, способы уплотнения каналов, сигналы частотной модуляции с минимальным сдвигом, сигналы дифференциальной квадратурной фазовой модуляции

**Для цитирования:** Антохин Е. А., Дворников С. В., Бестугин А. Р., Киршина И. А., Дворников С. С. Сравнительный анализ сигналов, используемых в многоканальных системах радиосвязи // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 1. С. 6–14. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-6-14.

## Comparative analysis of signals used in multichannel radio communication systems

**Abstract.** The results of the study of signals of differential quadrature phase modulation and frequency modulation with a minimum shift in terms of spectral efficiency and noise immunity of their reception during coherent processing are presented. The features of the use of channel separation depending on the used frequency range are considered. The ways of reducing the negative consequences during the transition to a limited frequency band of the radio channel in multichannel radio communication systems are substantiated. The choice of the type of signal modulation is proposed, based on ensuring the minimum occupied frequency band while maintaining an acceptable level of energy loss during reception. An analytical apparatus for estimating the spectral efficiency of signal structures is presented. The results of a comparative evaluation of the spectral efficiency of signals of differential quadrature phase modulation and frequency modulation with a minimum shift under various constraints in the spectral space are demonstrated. The results of a comparative assessment of the rate of decline in the level of energy components in the spectrum, depending on the controlled band, are presented. A comparison has been made of the results of the assessment of the noise immunity of the coherent reception of differential quadrature phase modulation and frequency modulation signals with a minimum shift in the value of the correlation integral calculated for the fragments defining the opposite information symbols. Directions for further research are formulated.

**Keywords:** spectral efficiency of signals, noise immunity of reception, channel multiplexing methods, frequency modulation signals with minimum shift, differential quadrature phase modulation signals

**For citation:** Antokhin E. A., Dvornikov S. V., Bestugin A. R., Kirshina I. A., Dvornikov S. S. Comparative analysis of signals used in multichannel radio communication systems. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(1):6–14. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-6-14.

## Методы оценки и устранения узких мест, снижающих пропускную способность мостов SpaceFibre-Ethernet

**Аннотация.** Стандарт SpaceFibre был разработан специально для бортовых вычислительных сетей с учетом их требований и особенностей. Однако, поскольку данный стандарт был разработан совсем недавно, существует большое количество оборудования, не имеющего данного интерфейса, которое необходимо подключать к сетям SpaceFibre. Актуальной задачей является подключение к сети SpaceFibre персонального компьютера (ПК). ПК может использоваться в целях отладки, генерации тестовых потоков данных, мониторинга работы сети. Большинство современных ПК имеют интерфейс Ethernet. В данной статье предлагается протокол Eth-SpFi 1.0, предназначенный для решения этой задачи. Представлены вариант аппаратной реализации протокола и математическая модель для оценки характеристик передачи данных, достижимых при использовании этого протокола. С использованием этих моделей выполнена оценка характеристик, определены рекомендованные значения параметров, влияющих на достижимые характеристики.

**Ключевые слова:** сеть Ethernet, сеть SpaceFibre, аппаратная реализация протокола, математическая модель протокола, оценка характеристик протокола

**Для цитирования:** Виноградов А. Ю., Суворова Е. А., Сыщиков А. Ю. Методы оценки и устранения узких мест, снижающих пропускную способность мостов SpaceFibre-Ethernet // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 1. С. 15–24. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-15-24.

## Архитектура базы данных для автоматизированных измерений

**Аннотация.** Рассмотрен вариант архитектуры базы данных для производственных предприятий. Основными целями создания базы данных являются ускорение процессов обработки и анализа данных, повышение эффективности производственных процессов. Описаны основные программы для реализации.

**Ключевые слова:** автоматизация производства, базы данных, цифровые измерения, «умные» средства измерений

## Methods for detecting and eliminating bottlenecks that reduce the bandwidth of SpaceFibre-Ethernet bridges

**Abstract.** The SpaceFibre standard was developed specifically for on-board local networks, taking into account their requirements and features. However, since this standard was developed quite recently, there is a large number of equipment that does not have this interface but that needs to be connected to SpaceFibre networks. An actual task is to connect a personal computer (PC) to the SpaceFibre network. The PC can be used for debugging, for generating test data streams, for monitoring network operation. Most modern PCs have an Ethernet interface. This paper proposes the Eth-SpFi 1.0 protocol designed to solve this problem. The paper presents a variant of the hardware implementation of the protocol and a mathematical model for evaluating the characteristics of data transmission achievable with using this protocol. Using these models, the characteristics of the protocol were evaluated, the recommended values of parameters affecting the achievable characteristics were determined.

**Keywords:** Ethernet network, SpaceFibre network, hardware implementation of the protocol, mathematical model of the protocol, evaluation of protocol characteristics

**For citation:** Vinogradov A. Yu., Suvorova E. A., Syschikov A. Yu. Methods for detecting and eliminating bottlenecks that reduce the bandwidth of SpaceFibre-Ethernet bridges. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(1):15–24. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-15-24.

## Database architecture for automated measurements

**Abstract.** A variant of the database architecture for manufacturing enterprises is considered. The main purpose of the creation is to accelerate the processes of data processing and analysis, to increase the efficiency of production processes. The main programs for implementation are described.

**Keywords:** production automation, databases, digital measurements, smart measuring instruments

**Для цитирования:** Чупринова О. В., Степашкина А. С. Архитектура базы данных для автоматизированных измерений //

Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 1. С. 25–28. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-25-28.

## Проблемы проектирования коммуникационных протоколов нового поколения

**Аннотация.** Описан подход, который поможет автоматизировать и формализовать процесс проектирования современных коммуникационных протоколов. Проведен краткий анализ существующих подходов к разработке протоколов. Предложена новая методология, которая охватывает весь процесс разработки, начиная от сбора технических требований и заканчивая созданием окончательной спецификации протокола и его прототипов. Методология позволяет обнаружить все ошибки и несоответствия в протоколах до этапа аппаратной реализации, поэтому ее применение снижает стоимость и время разработки, что решает все основные проблемы проектирования коммуникационных протоколов нового поколения. Разработка в соответствии с методологией успешно заканчивается реализацией спецификации протокола.

**Ключевые слова:** протоколы, сети, проблемы проектирования, методология, спецификация протокола

**Для цитирования:** Оленев В. Л. Проблемы проектирования коммуникационных протоколов нового поколения // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 1. С. 29–36. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-29-36.

## Контроллер нечеткой логики для размещения данных в многоуровневом хранилище

**Аннотация.** Предлагается алгоритм размещения файлов по уровням иерархического хранилища данных. Суть алгоритма заключается в учете метрик, указывающих на требования к хранению и выбору уровня системы хранения данных, соответствующего выполнению требований. Алгоритм реализуется в виде контроллера нечеткой логики, который интегрируется в работу системы хранения данных до процесса записи нового файла. Показан пример работы контроллера нечеткой логики для файлов с разными метрическими характеристиками.

**For citation:** Chuprinova O. V., Stepashkina A. S. Database architecture for automated measurements. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(1):25–28. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-25-28.

## Problems of new generation communication protocols design

**Abstract.** The article describes an approach that helps to automate and formalize the process of designing of modern communication protocols. A brief analysis of existing approaches to the development of protocols was carried out. The article proposes a new methodology that covers the entire development process, from the gathering of technical requirements to the creation of the final specification of the protocol and its prototypes. The methodology makes possible detection of all errors and inconsistencies in protocols before the hardware implementation stage, therefore its application reduces the cost and development time, which solves all the main problems of designing new generation communication protocols. Development in accordance with the methodology successfully ends with the implementation of the protocol specification.

**Keywords:** protocols, networks, design problems, methodology, protocol specification

**For citation:** Olenev V. L. Problems of new generation communication protocols design. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(1):29–36. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-29-36.

## Fuzzy logic controller for placing data in multi-level storage

**Abstract.** An algorithm for arranging files by levels of a hierarchical data warehouse is proposed. The essence of the algorithm is to take into account the metrics that indicate the requirements for storage and select the level of the data storage system that corresponds to the fulfillment of the requirements. The algorithm is implemented as a fuzzy logic controller, which is integrated into the operation of the data storage system before the process of writing a new file. An example of the operation of the fuzzy logic controller for files with different metric characteristics is shown.

**Ключевые слова:** большие данные, многоуровневая система хранения данных, требования к хранению, метрики файлов, контроллер нечеткой логики, организация рационального хранения

**Для цитирования:** Советов Б. Я., Татарникова Т. М. Контроллер нечеткой логики для размещения данных в многоуровневом хранилище // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 1. С. 37–42. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-37-42.

## Формализация требований к характеристикам сети IEEE 802.11 на основе предварительного обследования

**Аннотация.** При проектировании сети IEEE 802.11 важнейшим шагом является постановка задачи, включающая в себя множество требований к характеристикам беспроводной сети, основным среди которых является уровень мощности принимаемого сигнала на покрываемой площади. При этом, применяя специализированные программно-аппаратные комплексы по моделированию и радиообследованию беспроводной сети, инженер оперирует модельными значениями уровня мощности сигнала. Вместе с тем реальное клиентское устройство, работу которого необходимо обеспечить, имеет отличный от измерительной приставки уровень чувствительности, а потому на практике необходимо вносить соответствующую поправку. Такая поправка является одним из основных параметров, которые необходимо определить на этапе предварительного обследования, и именно его определению посвящена данная работа.

**Ключевые слова:** IEEE 802.11, Wi-Fi, радиообследование, проектирование, требования к покрытию, уровень приема сигнала

**Для цитирования:** Викулов А. С., Парамонов А. И. Формализация требований к характеристикам сети IEEE 802.11 на основе предварительного обследования // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 1. С. 43–53. DOI: 10.31799/29490693-2023-1-43-53.

## Нелинейный формирующий фильтр для имитации флуктуаций локационных сигналов, отраженных от береговой линии

**Аннотация.** При моделировании флуктуаций локационных сигналов, отраженных от береговой линии, необходимо моделировать флуктуации амплитуд или мощностей

**Keywords:** big data, tiered data storage system, storage requirements, file metrics, fuzzy logic controller, rational storage organization

**For citation:** Sovetov B. Ya., Tatarnikova T. M. Fuzzy logic controller for placing data in multi-level storage. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(1):37–42. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-37-42.

## Determination of IEEE 802.11 network coverage requirements based on preliminary site-survey

**Abstract.** While IEEE 802.11 network design process an important step is the problem formulation, which includes many different requirements to the wireless local area network characteristics. One of the most important WLAN characteristics is signal strength. Working within specialized software for design and site survey an engineer is operating with the modelled signal strength level. At the same time the real client device that should work within the environment has different sensitivity than specialized measuring device, and thus a corresponding offset must be taken into consideration. Such offset is one of the key parameters that must be defined during the preliminary site-survey. In the present work its determination will be considered in a more detailed way.

**Keywords:** IEEE 802.11, Wi-Fi, site survey, design, coverage requirements, signal strength

**For citation:** Vikulov A. S., Paramonov A. I. Determination of IEEE 802.11 network coverage requirements based on preliminary sitesurvey. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(1):43–53. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-143-53.

## The nonlinier forming filter for simulating fluctuations of location signals reflected from the shoreline

**Abstract.** When simulating fluctuations of location signals reflected from the coastline, it is necessary to simulate fluctuations in the amplitudes or powers of the echo signal. It is a vector

эхо-сигнала, представляющего собой модуль вектора, образованного отражениями от подстилающей поверхности земли и подстилающей поверхности моря.

Статистические характеристики отражений от этих подстилающих поверхностей аппроксимируются распределениями Вэйбулла и логарифмически-нормальным распределением соответственно. Нелинейный формирующий фильтр воспроизводит эти флуктуации с учетом условий наблюдения элемента разрешения, содержащего отражения от земли и от моря, что позволяет использовать его непосредственно при имитационном моделировании процесса мониторинга изменения очертаний береговой линии.

**Ключевые слова:** алгоритм моделирования, модуль вектора, логарифмически-нормальное распределение, распределение Вэйбулла, формирующий фильтр, береговая линия

**Для цитирования:** Ваттимена Г. М., Исаков В. И., Шепета Д. А. Нелинейный формирующий фильтр для имитации флуктуаций локационных сигналов, отраженных от береговой линии // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 1. С. 54–60. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-54-60.

## Атаки на обучающие выборки в системах машинного обучения и защита от них

**Аннотация.** Рассматриваются наиболее актуальные виды атак на обучающие и тестовые выборки для нейронных сетей. Представлен обзор возможных методов защиты от известных атак на обучающие выборки.

**Ключевые слова:** нейронные сети, обучающие выборки, атаки на нейронные сети, защита нейронных сетей, машинное обучение

**Для цитирования:** Беззатеев С. В., Афанасьева А. В., Супрун А. Ф. Атаки на обучающие выборки в системах машинного обучения и защита от них // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 1. С. 61–71. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-161-71.

## Искусственный интеллект в управлении инновациями

**Аннотация.** Искусственный интеллект изменяет работу организации и управление инновациями в ней. Быстрое технологическое развитие и замена человеческой деятельности искусственным интеллектом действительно могут заставить

modulus formed by reflections from the underlying surface of the earth and the underlying surface of the sea. The statistical characteristics of the reflections from these underlying surfaces are approximated by the Weibull distributions and the logarithmic-normal distribution. The nonlinear forming filter reproduces these fluctuations. It takes into account for the observation conditions of the resolution element containing reflections from the land and the sea. Ultimately, it is possible to use it directly in the simulation modeling and monitoring the change process in coastal outlines.

**Keywords:** modeling algorithm, vector module, logarithmic-normal distribution, Weibull distribution, forming filter, coastline

**For citation:** Wattimena G. M., Isakov V. I., Shepeta D. A. The nonlinear forming filter for simulating fluctuations of location signals reflected from the shoreline. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(1):54–60. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-54-60.

## Attacks on data sets in machine learning systems and protection against them

**Abstract.** The most actual types of attacks on training and test data sets for neural networks are considered. A review of possible

methods of protection against known attacks on training data sets is presented.

**Keywords:** neural networks, training data sets, attacks on neural networks, neural network protection, machine learning

**For citation:** Bezzateev S. V., Afanasyeva A. V., Suprun A. F. Attacks on data sets in machine learning systems and protection against them. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(1):61–71. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-161-71.

## Artificial intelligence in innovation management

**Abstract.** Artificial intelligence is changing how organizations work and manage innovation. In line with the rapid technological development and the replacement of human activity, artificial intelligence can indeed force the management to rethink the entire innovation process of the organization. The paper describes the areas of using artificial intelligence in the development of

руководство переосмыслить весь инновационный процесс организации. В работе описаны области использования искусственного интеллекта при разработке инноваций в организации. Методы машинного обучения, являющиеся составной частью искусственного интеллекта, были разработаны для анализа данных с целью классификации, прогнозирования и принятия решений, основанных на фактических данных, новыми способами. Для демонстрации возможностей искусственного интеллекта рассмотрена задача оценки цифровой зрелости организации с использованием методов машинного обучения. Необходимая для формирования модели база примеров создана посредством генерации выбранных факторов, участвующих в построении оценки. Одной из лучших подобранных по базе примеров моделей оказалась глубокая нейронная сеть с четырьмя скрытыми слоями, показавшая точность классификации, равную 95 %. Продемонстрирована возможность определения класса цифровой зрелости по выбранной модели.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, управление инновациями, цифровая зрелость организации, глубокая нейронная сеть

**Для цитирования:** Антохина Ю. А., Кричевский М. Л., Оводенко А. А. Искусственный интеллект в управлении инновациями // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 1. С. 72–79. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-72-79.

## Исследование особенностей применения аддитивных технологий в производственных процессах

**Аннотация.** Затрагивается тема внедрения аддитивных технологий в производственный процесс, дальнейшего развития, а также возможности воспроизведения изделий из различных материалов. Исследуются особенности и условия, которые необходимо учитывать при изготовлении изделия методами аддитивных технологий.

**Ключевые слова:** автоматизация, аддитивные технологии, аддитивное производство, селективное лазерное спекание, производственный процесс

**Для цитирования:** Солёный С. В., Создателева М. Э., Рысин А. В. Исследование особенностей применения аддитивных технологий в производственных процессах // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 1. С. 80–84. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-80-84.

innovations in the organization. Machine learning methods, an integral part of artificial intelligence, have been developed to analyze data in order to classify, predict and make decisions based on evidence in new ways. To demonstrate the capabilities of artificial intelligence, the problem of assessing the digital maturity of an organization using machine learning methods is considered. The database of examples necessary for the formation of the model was created by generating the selected factors involved in the construction of the assessment. One of the best examples of models matched from the database turned out to be a deep neural network with four hidden layers, which showed a classification accuracy of 95 %. The possibility of determining the class of digital maturity according to the selected model is demonstrated.

**Keywords:** artificial intelligence, innovation management, digital maturity of organization, deep neural network

**For citation:** Antokhina Yu. A., Krichevsky M. L., Ovodenko A. A. Artificial intelligence in innovation management. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(1):72–79. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-72-79.

## Research of the specific application of additive technologies in production processes

**Abstract.** The publication touches on the introduction of additive technologies into the production process, considers further development, as well as the possibility of reproduction of products from various materials. Studies features and conditions, which should be considered in the manufacture of the product by methods of additive technologies.

**Keywords:** automation, additive technologies, additive production, selective laser sintering, manufacturing process

**For citation:** Solyonyj S. V., Sozdateleva M. E., Rysin A. V. Research of the specific application of additive technologies in production processes. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(1):80–84. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-06932023-1-80-84.



## Оптимизация графических изображений в системе Adobe Photoshop

**Аннотация.** В настоящее время широко распространено использование графических изображений для предоставления информации на различных информационных ресурсах, таких как web-сервисы. При осуществлении глобальных проектов количество мультимедиа в информационной системе увеличивается и скорость загрузки web-страницы повышается. В данной статье рассматриваются варианты оптимизации графики в программе Adobe Photoshop для ускорения работы web-сервисов.

**Ключевые слова:** графические изображения, оптимизация графики, дизайн, JPEG, GIF, мультимедиа, Adobe Photoshop, коэффициент сжатия, формат файла, качество изображения, параметры сжатия, сжатие для web

**Для цитирования:** Федосеева С. Н., Майоров Е. Е. Оптимизация графических изображений в системе Adobe Photoshop // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 1. С. 85–93. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-85-93.

## Модели биохимического окисления органических веществ в сточных водах сульфат-целлюлозного предприятия

**Аннотация.** Приведен аналитический обзор теорий и методов расчета параметров биохимического окисления органических веществ в водной среде. Предложен новый подход к оценке параметров трехкомпонентной модели биохимического окисления органических веществ, разработанной на основе рассмотренной методологии.

**Ключевые слова:** математические модели, скорость окисления, биохимическое окисление органических веществ, сульфат-целлюлозное предприятие

**Для цитирования:** Стрганова М. С., Жильникова Н. А. Модели биохимического окисления органических веществ в сточных водах сульфат-целлюлозного предприятия // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 1. С. 94–99. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-94-99.

## Optimization of graphic images in the system Adobe Photoshop

**Abstract.** Currently, the use of graphic images to provide information on various information resources, such as web services, is widespread. When implementing global projects, the amount of multimedia in the information system increases and the speed of loading a web page significantly increases. This article discusses options for optimizing graphics in Adobe Photoshop to speed up the work of web services.

**Keywords:** graphic images, graphics optimization, dithering, JPEG, GIF, multimedia, Adobe Photoshop, compression ratio, file format, image quality, compression parameters, compression for the web

**For citation:** Fedoseeva S. N., Mayorov E. E. Optimization of graphic images in the system Adobe Photoshop. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(1):85–93. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-85-93.

## Models of biochemical oxidation of organic substances in wastewater of sulfate-pulp plant

**Abstract.** The analytical review of theories and methods for calculating parameters of biochemical oxidation of organic substances in an aquatic system are considered in the article. A new approach to the estimation of three-component model parameters of biochemical oxidation of organic substances developed based on the considered approaches is proposed.

**Keywords:** mathematical models, oxidation rate, biochemical oxidation of organic substances, sulfate-pulp plant

**For citation:** Stroganova M. S., Zhilnikova N. A. Models of biochemical oxidation of organic substances in wastewater of sulfate-pulp plant. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(1):94–99. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-194-99.

## Технологии искусственного интеллекта для проверки и корректировки нормативной и технической документации

**Аннотация.** Подготовка технической и нормативной документации является важным элементом производственного процесса. Целью работы является создание критериев качества разрабатываемой технической и нормативной дисциплины, особое внимание уделяется проверке соответствия содержания документов не только по форме, но и по содержанию. Приведены критерии результативности процесса разработки технической и нормативной документации, предложен способ повышения качества документации, приведены модели, позволяющие автоматизировать процесс ее проверки на соответствие содержательной части. В качестве инструмента используются методы обработки естественного языка и машинного обучения. Проблему качества документации можно решить при внедрении специализированных автоматизированных интеллектуальных систем, позволяющих не только генерировать соответствующие шаблоны для технической и нормативной документации, но и проверять внутреннее содержание документов.

**Ключевые слова:** техническая документация, нормативная документация, оценка качества, методика проверки, измерения

**Для цитирования:** Антохина Ю. А., Окрепилов В. В., Фролова Е. А., Степашкина А. С. Технологии искусственного интеллекта для проверки и корректировки нормативной и технической документации // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, No 1. С. 100–107. DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-100-107.

## Artificial intelligence technologies for checking and correcting regulatory and technical documentation

**Abstract.** Preparation of technical and regulatory documentation is an important element of the production process. The purpose of the work is to design quality criteria for the developed technical and regulatory discipline, special attention is paid to checking the compliance of the document not only in form but also in content. The paper presents the criteria for the effectiveness of the developing process of technical and regulatory documentation. The method for improving the quality of documentation is proposed, models are given. It allows to automate the process of checking documentation for compliance with the content. As a tool natural language processing and machine learning methods are used. The problem of documentation quality can be solved by introducing specialized automated intelligent systems that allow not only generating appropriate templates for technical and regulatory documentation but also checking the internal content of documents.

**Keywords:** technical documentation, normative documentation, quality assessment, verification technique, measurements

**For citation:** Antokhina Yu. A., Okrepilov V. V., Frolova E. A., Stepashkina A. S. Artificial intelligence technologies for checking and correcting regulatory and technical documentation. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2023;2(1): 100–107. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2023-1-100-107.

## Влияние автоматизации процесса поверки контрольно-измерительных приборов на оценку погрешности поверяемых средств измерений

**Аннотация.** Главная задача автоматизации любого процесса заключается в сокращении материальных и временных затрат на осуществление той или иной операции. В результате проведения мероприятий, оптимизации производственных процессов осуществляется снижение процента возникновения ошибок, приводящих к некорректному результату, требующему проведения доработок. Цифровые технологии, благодаря своему быстрому развитию, способствуют технизации и оптимизации производственных процессов. В настоящее время для обеспечения автоматизации применяются различного рода компьютерные и мехатронные технологии, функционирующие совместно в единой системе, в рамках выполнения определенной производственной задачи. Каждая отдельная цифровая технология несет в себе собственный процент погрешности, отражающийся на выполняемой комплексной системой задаче.

**Ключевые слова:** автоматизация, контрольно-измерительный прибор, цифровые технологии, компьютерные технологии, компьютерное зрение, погрешность, измерительное устройство

**Для цитирования:** Бобрышов А. П., Солёный С. В. Влияние автоматизации процесса поверки контрольно-измерительных приборов на оценку погрешности поверяемых средств измерений // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 2. С. 6–11. DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-6-11.

## Методика оценивания результативности и эффективности системы управления качеством изделий оборонной продукции

**Аннотация.** Представлены результаты анализа организационных структур и процессов функционирования системы управления качеством изделий оборонной продукции, создаваемой в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских

## Influence of automation of verification process of control and measuring instruments on error estimation of verifiable measuring instruments

**Abstract.** The main task of automation of any process is to reduce material and time costs for carrying out this or that task, accompanied by decreasing the percentage of arising errors leading to incorrect results that require revision. Digital technology, thanks to its rapid development, contributes to the technicalization and optimization of production processes. At present, various types of computer and mechatronic technologies are used to provide automation, functioning together in a single system, within the framework of a specific production task. Each individual digital technology carries in itself its own percentage of error reflected in the performed, complex system, the problem.

**Keywords:** automation, instrumentation, digital technology, computer technology, computer vision, error, measuring device

**For citation:** Bobryshov A. P., Solony S. V. Influence of automation of verification process of control and measuring instruments on error estimation of verifiable measuring instruments. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(2):6–11. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-6-11.

## Methodology for evaluating the effectiveness and efficiency of the quality management system of defense products

**Abstract.** The results of the analysis of organizational structures and processes of functioning of the quality management system of defense products created within the framework of research and development work are presented. The shortcomings were identified and proposals were

работ. Определены недостатки и разработаны предложения по совершенствованию существующего порядка и используемых методик оценивания результативности и эффективности системы управления качеством. Разработана и представлена структурно-функциональная модель системы и процессов управления качеством оборонной продукции, создаваемой в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, которая дополняет и детализирует используемую в настоящее время посредством подробного описания целей, задач, исполнителей, результатов, ресурсов и других артефактов производственных и управленческих процессов. Обоснован состав показателей результативности и эффективности процессов и системы управления качеством оборонной продукции. Разработаны методики измерения, расчета и оценивания этих показателей как непосредственно на текущих этапах создания изделий, так и апостериорно на следующих этапах. Использование рассмотренного в статье модельного, алгоритмического и методического обеспечения позволит повысить оперативность и точность оценивания качества функционирования системы управления, а также реализовать ее систематическое и целенаправленное совершенствование.

**Ключевые слова:** изделия оборонной продукции, процессный подход, показатели результативности и эффективности, система менеджмента качества

**Для цитирования:** Самонов А. В., Ткаченко Т. Л. Методика оценивания результативности и эффективности системы управления качеством изделий оборонной продукции // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 2. С. 12–19. DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-12-19.

## Сбор и анализ данных параметров и характеристик воздушных линий электропередач с целью повышения надежности систем электроснабжения

**Аннотация.** Передача электроэнергии на большие расстояния осуществляется преимущественно при помощи воздушных линий электропередач. Опоры, провода и прочие элементы испытывают не только электрические нагрузки, но и механические. Учет всех видов воздействий на линии электропередачи позволяет точно определять техническое состояние электрооборудования и остаточный ресурс. Сбор информации может осуществляться множеством методов, с помощью которых анализируется база данных, которая включает в себя данные по силе тока, напряжению, частоте, величине провиса провода, его температуре, амплитуде колебаний под воздействием ветровых нагрузок, воздействию излучений разных спектров, длительности и величине перегрузок на линиях и др. Все эти данные используются в эмпирических и

developed to improve the existing procedure and the methods used to assess the effectiveness and efficiency of the quality management system. A structural and functional model of the system and processes of quality management of defense products created within the framework of research and development works has been developed and presented, which complements and details the currently used one through a detailed description of goals, tasks, performers, results, resources and other artifacts of production and management processes. The composition of indicators of the effectiveness and efficiency of processes and the quality management system of defense products is substantiated. Methods of measuring, calculating and evaluating these indicators have been developed, both directly at the current stages of products creation, and a posteriori at the following stages. The use of the model, algorithmic and methodological support considered in the article will increase the efficiency and accuracy of assessing the quality of the functioning of the management system, as well as implement its systematic and purposeful improvement.

**Keywords:** defense products, process approach, performance and efficiency indicators, quality management system

**For citation:** Samonov A. V., Tkachenko T. L. Methodology for evaluating the effectiveness and efficiency of the quality management system of defense products. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(2):12–19. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-12-19.

## Collection and analysis of data on parameters and characteristics of overhead power lines in order to improve the reliability of power supply systems

**Abstract.** The transmission of electricity over long distances is carried out mainly with the help of overhead power lines. Supports, wires and other elements experience not only electrical loads, but also mechanical ones. Accounting for all types of impacts on power lines allows you to accurately determine the technical condition of electrical equipment and residual life. The collection of information can be carried out by a variety of methods, as a result of which a database is analyzed, consisting of the current flowing through the conductor, the voltage and frequency of the network, the amount of wire sag, its temperature, the amplitude of oscillations under the influence of wind loads, the impact of radiation of different spectra, duration and magnitude overloads on lines and other parameters. All these data are used in empirical and

вероятностных моделях, результаты работы которых позволяют определить техническое состояние электрооборудования и прогнозировать поведение электротехнической системы.

**Ключевые слова:** система электроснабжения, надежность, воздушные линии электропередачи, параметры энергетических систем, киберфизические системы в электроэнергетике

**Для цитирования:** Рысин А. В., Солёная О. Я., Создателева М. Э. Сбор и анализ данных параметров и характеристик воздушных линий электропередач с целью повышения надежности систем электроснабжения // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 2. С. 20–25. DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-20-25.

## Комплексный метод адаптивной оптимальной фильтрации произвольных дискретных сигналов в условиях флуктуационных и регулярных помех измерения

**Аннотация.** Рассматривается метод адаптивной оптимально-инвариантной финитно-временной линейной дискретной фильтрации произвольных сигналов в условиях флуктуационных и регулярного типа помех, присущих инерциальным системам навигации и измерительным системам летательного аппарата. Исследуемый метод обработки сигналов в условиях параметрической априорной неопределенности обеспечивает более точную оценку сигналов на основе использования оптимального оператора фильтрации входного сигнала с помехой регулярного типа, в отличие от используемого в настоящее время оператора обработки информации на основе обеспечения астатизма заданного порядка или коррекции показаний измерительных систем.

**Ключевые слова:** финитно-временная комплексная оптимальная оценка, параметрическая априорная неопределенность, адаптивная фильтрация, дискретные произвольные сигналы, флуктуационные и регулярного типа помехи, комплексные оценки с обеспечением астатизма

**Для цитирования:** Иванов Ю. П. Комплексный метод адаптивной оптимальной фильтрации произвольных дискретных сигналов в условиях флуктуационных и регулярных помех измерения // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 2. С. 26–32. DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-26-32.

probabilistic models, the solution results of which allow the technical condition of electrical equipment.

**Keywords:** power supply system, reliability, overhead power lines, parameters of energy systems, cyber-physical systems in the power industry

**For citation:** Rysin A. V., Solenaya O. Ya., Sozdateleva M. E. Collection and analysis of data on parameters and characteristics of overhead power lines in order to improve the reliability of power supply systems. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(2):20–25. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-20-25.

## A complex method for adaptive optimal filtering of arbitrary discrete signals under conditions of fluctuating and regular measurement noise

**Abstract.** A method is considered for adaptive optimal-invariant finite-time linear discrete filtering of arbitrary signals under conditions of fluctuating and regular type of interference inherent in inertial navigation systems and measuring systems of an aircraft. The studied method of signal processing under the conditions of parametric a priori uncertainty provides a more accurate assessment of signals relative to the classical approach of processing evaluation information based on providing astatism of a given order or correcting the readings of measuring systems.

**Keywords:** finite-time complex optimal estimate, parametric a priori uncertainty, adaptive filtering, discrete arbitrary signals, fluctuation and regular type noise, complex, estimates with astatism

**For citation:** Ivanov Yu. P. A complex method for adaptive optimal filtering of arbitrary discrete signals under conditions of fluctuating and regular measurement noise. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(2):26–32. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-26-32.

## Методика расчета датчиков на поверхностных акустических волнах с помощью эквивалентных схем

**Аннотация.** В настоящее время перспективным направлением в измерительной технике, используемой в составе бортовых аэрокосмических систем, является создание датчиков, передающих информацию об измеряемом параметре при помощи радиоканала. В данной статье предлагаются новые алгоритмы расчета характеристик пассивного чувствительного элемента на поверхностных акустических волнах (ПАВ), предназначенного для измерения неоднородных механических деформаций (или напряжений). С этой целью приводится математическая модель расчета встречно-штыревого преобразователя чувствительного элемента на ПАВ на базе системы электроакустических аналогов с использованием модели эквивалентных схем на базе шестиполосников. Аналогично разработана математическая модель для выполнения расчетов характеристик отражающей структуры. Объединение указанных моделей позволяет производить расчет параметров чувствительного элемента в целом.

**Ключевые слова:** алгоритм расчета датчика, поверхностные акустические волны, математическая модель, отражающая структура

**Для цитирования:** Богословский С. В., Перлюк В. В. Методика расчета датчиков на поверхностных акустических волнах с помощью эквивалентных схем // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 2. С. 33–40. DOI: 10.31799/2949-06932022-2-33-40.

## Динамическое управление и фильтрация потоков данных в транзитных маршрутизаторах сетей SpaceFibre

**Аннотация.** Многие современные локальные вычислительные сети аэрокосмического назначения представляют собой большие распределенные параллельные вычислительные системы. Такие системы могут состоять из подсистем (подсетей) и включать в себя десятки и сотни терминальных узлов. Соответственно, такие сети должны обеспечивать передачу большого количества потоков данных, обеспечивать для них различные параметры качества сервиса. В ходе функционирования сети может меняться режим функционирования системы, могут появляться и завершаться, перемещаться на другие терминальные узлы задачи. В результате сбоев и отказов сетевое оборудование может переставать функционировать или функционировать

## Method for calculating sensors on surface acoustic waves using equivalent circuits

**Abstract.** At present, a promising direction in measuring technology used as part of onboard aerospace systems is the creation of sensors that transmit information about the measured parameter using a radio channel. This article proposes new algorithms for calculating the characteristics of a passive sensitive element on surface acoustic waves (SAW), designed to measure inhomogeneous mechanical deformations (or stresses). For this purpose, a mathematical model for calculating an interdigital transducer of a SAW sensitive element based on a system of electroacoustic analogs is presented using a model of equivalent circuits based on six-terminal networks. Similarly, a mathematical model has been developed to perform calculations of the characteristics of a reflective structure. Combining these models makes it possible to calculate the parameters of the sensitive element as a whole.

**Keywords:** sensor calculation algorithm, Surface acoustic waves, Mathematical model, Reflective structure

**For citation:** Bogoslovsky S. V., Perlyuk V. V. Method for calculating sensors on surface acoustic waves using equivalent circuits. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(2):33–40. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-33-40.

## Dynamic control and filtering of data flows in transit routers of SpaceFibre networks

**Abstract.** Many modern aerospace local area networks are large distributed parallel computing systems. Such systems may consist of subsystems (subnetworks) and include dozens and hundreds of terminal nodes. Accordingly, such networks must ensure the transmission of a large number of data flows (streams) with various quality of service (QoS) parameters. During the live of the network, the mode of the system may change, tasks may appear and finish, move to other terminal nodes. As a result of failures and faults, network devices may stop functioning or function incorrectly. Therefore, the network must provide dynamic control and filtering of data flows. In this paper we review the capabilities and limitations of the SpaceFibre standard to provide this functionality.

некорректно. В соответствии с этим, в сети должно обеспечиваться динамическое управление потоками данных, их фильтрация.

В данной статье мы рассматриваем возможности и ограничения стандарта SpaceFibre для обеспечения этой функциональности. Мы предлагаем подход на базе концепции программно-конфигурируемых сетей, позволяющий устранить ряд ограничений стандарта SpaceFibre.

**Ключевые слова:** локальные вычислительные сети аэрокосмического назначения, механизмы обеспечения качества сервиса, динамическая реконфигурация, SpaceFibre

**Для цитирования:** Суворова Е. А. Динамическое управление и фильтрация потоков данных в транзитных маршрутизаторах сетей SpaceFibre // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 2. С. 41–50. DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-41-50.

## Архитектурные особенности построения стека протоколов детерминированной оптической сети реального времени

**Аннотация.** Статья посвящена вопросу построения стека протоколов для сетей реального времени. Проведен анализ детерминированных систем реального времени, рассмотрены их архитектура и применяемые протоколы. Далее описаны механизмы, позволяющие достигать необходимых характеристик обеспечения доставки данных для подобных сетей. Рассмотрены концептуальные принципы построения детерминированных оптических сетей реального времени, основанных на технологии спектрального уплотнения каналов. Приведено подробное описание разрабатываемого стека протоколов для детерминированной оптической сети реального времени, его поуровневая архитектура и задачи, решаемые протоколами каждого из уровней стека. Разрабатываемые подходы к построению сетей позволят повысить эффективность комплексов бортового оборудования российской авиации.

**Ключевые слова:** стек протоколов, детерминизм, оптические сети, спектральное уплотнение, авиация

**Для цитирования:** Косьянчук В. В., Сельвесюк Н. И., Зыбин Е. Ю., Новиков В. М., Оленев В. Л. Архитектурные особенности построения стека протоколов детерминированной оптической сети реального времени // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 2. С. 51–64. DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-51-64.

We propose an approach based on the concept of software-defined networks (SDN) that eliminates a number of limitations of the SpaceFibre standard.

**Keywords:** aerospace local area networks, quality of service mechanisms, dynamic reconfiguration, SpaceFibre

**For citation:** Suvorova E. A. Dynamic control and filtering of data flows in transit routers of SpaceFibre networks. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(2):41–50. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-41-50.

## Architectural features of a protocol stack design for a deterministic real-time optical network

**Abstract.** Current paper is devoted to the issue of building a protocol stack for real-time networks. Authors provide the analysis of deterministic real-time systems; consider their architecture and protocols used. Also paper describes mechanisms to achieve the necessary data delivery performance for such networks. The conceptual principles of constructing deterministic real-time optical networks based on the technology of spectral multiplexing are considered. In conclusion, a detailed description of the protocol stack being developed for a deterministic real-time optical network, its layer-by-layer architecture and tasks solved by the protocols of each of the stack layer is given. The developed approaches to the building of networks will improve the efficiency of on-board equipment for Russian aviation.

**Keywords:** protocol stack, determinism, optical networks, wavelength division multiplexing, aviation

**For citation:** Kosyanchuk V. V., Selvesuk N. I., Zybin E. Yu., Novikov V. M., Olenev V. L. Architectural features of a protocol stack design for a deterministic real-time optical network. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(2):51–64. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-51-64.

## Применение алгоритма взвешенного циклического перебора для многоканальной передачи

**Аннотация.** Методы многоканальной передачи данных – способ увеличить пропускную способность без качественного изменения физических компонентов каналов за счет увеличения числа каналов. В статье рассматривается один из способов улучшить существующие методы за счет применения взвешенного циклического перебора.

**Ключевые слова:** многоканальная передача, сети связи, взвешенный циклический перебор

**Для цитирования:** Степанов В. Е. Применение алгоритма взвешенного циклического перебора для многоканальной передачи // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, № 2. С. 65–70. DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-65-70.

## Обеспечение динамического реконfigurирования мостов SpaceFibre-Ethernet

**Аннотация.** В ходе функционирования систем на базе локальных вычислительных сетей могут меняться их режимы функционирования. Соответственно, изменяются и потоки передаваемых данных. В связи с этим используемое сетевое оборудование должно поддерживать возможность динамической реконfigurации – реконfigurации, выполняемой без прекращения передачи потоков данных. В данной статье мы рассматриваем, как может быть обеспечена возможность динамической реконfigurации мостов SpaceFibre-Ethernet. Рассматриваются проблемы, возникающие в процессе динамической реконfigurации, и предлагаются пути их решения.

**Ключевые слова:** локальные вычислительные сети аэрокосмического назначения, механизмы обеспечения качества сервиса, динамическая реконfigurация, SpaceFibre, Ethernet

**Для цитирования:** Суворова Е. А., Виноградов А. Ю. Обеспечение динамического реконfigurирования мостов SpaceFibreEthernet // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, № 2. С. 71–80. DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-71-80.

## Application of the weighted Round Robin algorithm for multichannel transmission

**Abstract.** Multichannel data transmission methods are a way to increase bandwidth without qualitatively changing the physical components of channels, by increasing the number of channels. The article discusses one of the ways to improve existing methods by using weighted Round Robin.

**Keywords:** multichannel transmission, communication networks, weighted Round Robin

**For citation:** Stepanov V. E. Application of the weighted Round Robin algorithm for multichannel transmission. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(2):65–70. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-65-70.

## Ensuring dynamic reconfiguration of SpaceFibre-Ethernet bridges

**Abstract.** During the operation of systems based on local area networks, their modes may change. Accordingly, the flows (streams) of transmitted data also change. In this regard, the network equipment used must support the possibility of dynamic reconfiguration – reconfiguration performed without stopping the transmission of data streams. In this paper, we consider how the possibility of dynamic reconfiguration of SpaceFibre-Ethernet bridges can be provided. The problems arising in the process of dynamic reconfiguration are considered and ways to solve them are proposed.

**Keywords:** aerospace local area networks, quality of service mechanisms, dynamic reconfiguration, SpaceFibre, Ethernet

**For citation:** Suvorova E. A., Vinogradov A. Yu. Ensuring dynamic reconfiguration of SpaceFibre-Ethernet bridges. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(2):71–80. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-71-80.



## Применение сетей Петри для анализа таблиц расписания коммуникационных протоколов

**Аннотация.** На работу бортовых вычислительных сетей напрямую влияет правильное распределение канальных ресурсов. Механизм планирования, реализуемый в различных коммуникационных протоколах, позволяет осуществлять данное распределение при помощи таблиц расписания. При проектировании бортовых сетей необходимо составить корректную таблицу расписания. Поэтому важными задачами являются анализ и проверка корректности таблиц расписания. В данной статье представлен подход к анализу и проверке таблиц расписания с применением такого инструмента исследования систем, как сети Петри.

**Ключевые слова:** бортовые сети, SpaceWire, коммуникационные протоколы, СТП-ИСС, сеть Петри, моделирование

**Для цитирования:** Чумакова Н. Ю., Оленев В. Л. Применение сетей Петри для анализа таблиц расписания коммуникационных протоколов // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, № 2. С. 81–90. DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-81-90.

## Метод определения прочностных характеристик композиционных материалов

**Аннотация.** Описан метод определения показателей прочности и упругости полимерных композиционных материалов на основе полиуретанового связующего с различными мелкодисперсными наполнителями. Приведены результаты при испытаниях на сжатие.

**Ключевые слова:** композиционный материал, полимерное связующее, полиуретан, упругость полимеров

**Для цитирования:** Степашкина А. С., Гущина Е. А. Метод определения прочностных характеристик композиционных материалов // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, № 2. С. 91–95. DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-91-95.

## О проблемах совместного оценивания параметров плотности распределения вероятностей нормального случайного процесса

## Application of Petri nets for the analysis of schedule tables of communication protocols

**Abstract.** The correct distribution of channel resources directly affects the operation of on-board computer networks. The scheduling mechanism implemented in various communication protocols allows this distribution to be carried out using scheduling tables. In the design of onboard networks, it is extremely important to draw up a correct schedule table. Therefore, an important task is the analysis and verification of the schedule tables. This article presents an approach to the analysis and verification of schedule tables using such a system research tool as Petri nets.

**Keywords:** on-board networks, SpaceWire, communication protocols, STP-ISS, Petri net, modeling

**For citation:** Chumakova N. Yu., Olenev V. L. Application of Petri nets for the analysis of schedule tables of communication protocols. *Innovacionnoe priboroostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(2):81–90. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-81-90.

## Method for determining the strength characteristics of composite materials

**Abstract.** The paper describes a method for determining the strength and elasticity of polymer composite materials based on a polyurethane binder with various fine fillers. The results of tests during compression tests are given.

**Keywords:** composite material, polymeric binder, polyurethane, elasticity of polymers

**For citation:** Stepashkina A. S., Gushchina E. A. Method for determining the strength characteristics of composite materials. *Innovacionnoe priboroostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(2):91–95. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-91-95.

## On the problems of joint estimation of probability density distribution parameters of a gaussian process

**Аннотация.** Рассматривается возможность получения некоррелированных совместных оценок параметров нормального случайного процесса методом максимального правдоподобия на основе комплексной модели вышеописанного сигнала. Приводятся полученные авторами ранее результаты для двух пар взаимно некоррелированных оценок, предпринимается попытка распространения полученных результатов на все три основных параметра аналитического сигнала, делается вывод о физической нереализуемости полученной системы некоррелированных оценок.

**Ключевые слова:** совместное оценивание параметров, некоррелированные оценки, нормальный случайный процесс

**Для цитирования:** Анодина-Андреевская Е. М., Виноградова Е. П. О проблемах совместного оценивания параметров плотности распределения вероятностей нормального случайного процесса // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 2. С. 96–101. DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-96-101.

## Функциональная совместимость комплекса авиационно-технических средств и систем корабля с вертолетами различного назначения

**Аннотация.** Наличие авиационного вооружения на корабле придает ему ряд значительных новых качеств. Авиационное вооружение этих кораблей предназначено для решения следующих типовых задач: участие в ближнем воздушном противолодочном охранении; нанесение ударов по кораблям и катерам противника; участие в уничтожении объектов инфраструктуры системы базирования военно-морских сил и других важных наземных объектов и морских сооружений; участие в десантных операциях; поиск и спасение экипажей летательных аппаратов, терпящих бедствие. Практически ни один корабль современной постройки не лишен в той или иной мере авиационного вооружения. Если ресурсы водоизмещения корабля столь малы, что не могут обеспечить базирование пилотируемых вертолетных комплексов, применяются робототехнические средства дистанционно пилотируемых летательных аппаратов.

Платой за возможность иметь авиационное вооружение является потребность в размещении на корабле комплекса авиационно-технических средств, обеспечивающих его боевое применение и подготовку к нему, а также определенного набора материальных средств. Функциональная совместимость авиационно-технических средств корабля с вертолетами различного целевого назначения является предметом нашего рассмотрения.

**Abstract.** The paper considers the possibility of obtaining uncorrelated joint estimates of the parameters of a gaussian process by the maximum likelihood method based on a complex model of the signal. The results obtained by the authors earlier for two pairs of mutually uncorrelated estimates are presented, an attempt is made to extend the results obtained to all three main parameters of the analytical signal, and a conclusion is made about the physical impossibility of the obtained system of uncorrelated estimates.

**Keywords:** joint parameter estimation, uncorrelated estimates, gaussian process

**For citation:** Anodina-Andrievskaya E. M., Vinogradova E. P. On the problems of joint estimation of probability density distribution parameters of a gaussian process. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(2):96–101. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-96-101.

## Functional compatibility of the complex of aviation technical means and ship systems with helicopters for various purposes

**Abstract.** The presence of aviation weapons on the ship gives it a number of significant new qualities. The aircraft armament of these ships is designed to solve the following typical tasks: participation in close air anti-submarine escort; strikes against enemy ships and boats; participation in the destruction of infrastructure facilities of the naval base system and other important land facilities and offshore structures; participation in landing operations; search and rescue of aircraft crews in distress. Almost no ship of modern construction is deprived to some extent of aviation weapons. If the displacement resources of the ship are so small that they cannot provide the basing of manned helicopter systems, robotic means of remotely piloted aircraft are used.

The payment for the opportunity to have aviation weapons is the need to place on the ship a complex of aviation technical means, ensuring its combat use and training for it, as well as a certain set of materiel. Functional compatibility of aircraft and technical means of the ship with helicopters of various purposes is the subject of this review.

**Keywords:** aircraft carrier, ship's helicopter, ship's aviation equipment, flight deck, hangar, transportation, displacement resources

**For citation:** Ovchinnikova N. A., Golosiy A. S. Functional compatibility of the complex of aviation technical means and ship systems with helicopters for various purposes. *Innovacionnoe*

**Ключевые слова:** авианесущий корабль, вертолет корабельный, авиационно-технические средства корабля, полетная палуба, ангар, транспортировка, ресурсы водоизмещения

**Для цитирования:** Овчинникова Н. А., Голосий А. С. Функциональная совместимость комплекса авиационно-технических средств и систем корабля с вертолетами различного назначения // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 2. С. 102–108. DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-102-108.

## Управление организацией онлайн-обучения

**Аннотация.** В современном мире большинство людей получают образование онлайн, обретая при этом соответствующие дипломы и сертификаты. На рынке образовательных услуг существует ряд информационных систем, предоставляющих пользователям курсы по обучению специальностям информационных технологий и приносящих немалый доход своим владельцам. Для открытия собственной организации по управлению информационной системой курсов необходимо четкое представление организационной структуры компании и бизнес-процессов ее подразделений. В данной статье подробно рассмотрена организация управления информационной системой обучающих курсов.

**Ключевые слова:** организационная структура, диаграмма, бизнес-процесс, курсы, технологии, организация, сайт, база данных

**Для цитирования:** Федосеева С. Н., Майоров Е. Е. Управление организацией онлайн-обучения // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 2. С. 109–115. DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-109-115.

## Управление рисками производственного предприятия методами системной инженерии

**Аннотация.** Рассматривается подход к управлению рисками на основе бережливой цифровизации и системного подхода процессов управления рисками производственного предприятия. Проанализированы недостатки существующих подходов, даются рекомендации по развитию системы управления рисками производственного предприятия.

**Ключевые слова:** риски, системный подход, системная инженерия, бережливая цифровизация

*priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2022;1(2):102–108. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-102-108.*

## Managing the organization of online training

**Abstract.** In the modern world, most people receive education online, while acquiring the appropriate diplomas and certificates. In the market of educational services, there are a number of information systems that provide users with courses in information technology specialties, and bring not a small income to their owners. To open your own organization for managing the information system of courses, you need a clear formulation of the organizational structure of the company and the business processes of its divisions. This article provides a detailed introduction to the organization of the management of the information system of training courses.

**Keywords:** organizational structure, diagram, business process, courses, technologies, organization, website, database

**For citation:** Fedoseeva S. N., Mayorov E. E. Managing the organization of online training. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2022;1(2):109–115. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-109-115.*

## Enterprise risk management by systems engineering methods

**Abstract.** The article considers the approach to risk management on the basis of lean digitalization and system approach of risk management processes of the production enterprise. The disadvantages of existing approaches are considered, recommendations for the development of the risk management system of the production enterprise are given.

**Keywords:** risks, systems approach, systems engineering, lean digitalization

**Для цитирования:** Антохина Ю. А., Тушавин В. А., Фролова Е. А. Управление рисками производственного предприятия методами системной инженерии // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 2. С. 116–123. DOI: 10.31799/29490693-2022-2-116-123.

**For citation:** Antokhina Yu. A., Tushavin V. A., Frolova E. A. Enterprise risk management by systems engineering methods. Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation. 2022;1(2):116–123. (In Russ.). DOI: 10.31799/2949-0693-2022-2-116-123.

## Развитие цифровой метрологии – путь в новое качество экономики

**Аннотация.** Рассматривается зарубежный и отечественный опыт становления цифровой метрологии как важнейшего направления в процессе цифровизации экономики. Представлены подходы к развитию цифровой метрологии в организационной, законодательной, методической и технической сферах. Особый акцент сделан на обеспечении качества, общедоступности и безопасности цифровых метрологических услуг для бизнеса и населения.

**Ключевые слова:** цифровизация экономики, цифровая метрология, цифровая платформа, облачные технологии, Метрологическая академия

**Для цитирования:** Окрепилов В. В. Развитие цифровой метрологии – путь в новое качество экономики // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 1. С. 7–16.

## Революция в метрологии как отражение цифровизации в приборостроении

**Аннотация.** Рассмотрены новые задачи в области приборостроения, связанные с экспоненциальным нарастанием количества датчиков в окружающей среде, насыщенной различными информационными и управляющими системами, а также с цифровизацией. Особое внимание уделено близкой перспективе широкого использования сильного искусственного интеллекта в технических комплексах разнообразного назначения. Показаны новые методы и средства, которые потребуются для метрологического обслуживания средств и систем измерений, в том числе использующих искусственный интеллект, в течение их срока службы. Отмечена необходимость качественного изменения требований к подготовке специалистов с высшим образованием, которым предстоит участвовать в разработке и метрологическом обеспечении перспективных средств и систем.

## The development of digital metrology is the way to a new quality of the economy

**Abstract.** The article examines the foreign and domestic experience of the formation of digital metrology as the most important direction in the process of digitalization of the economy. Approaches to the development of digital metrology in organizational, legislative, methodological and technical spheres are presented. Special emphasis is placed on ensuring the quality, accessibility and safety of digital metrological services for business and the public.

**Keywords:** digitalization of the economy, digital metrology, digital platform, cloud technologies, Metrological Academy

**For citation:** Okrepilov V. V. The development of digital metrology is the way to a new quality of the economy. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(1):7–16. (In Russ.).

## The metrology revolution as a reflection of digitalisation in instrumentation

**Abstract.** New challenges in the field of instrumentation related to the exponential growth of the sensor number in an environment saturated with various information and control systems, as well as to digitalisation, are considered. Particular attention is paid to the near-term prospect concerning the widespread application of strong artificial intelligence in various technical complexes. New methods and means required for metrological maintenance of measuring instruments and systems during their service life, including those using artificial intelligence, are shown. The necessity of qualitative changes in the requirements for training specialists with higher education, who will take part in the development and metrological assurance of prospective instruments and systems, has been noted.

**Keywords:** metrology, digitilisation, metrological self-check, digital twins, virtual tests, expert assessments, measurements of multidimensional quantities

**For citation:** Pronin A. N., Sapozhnikova K. V., Taymanov R. E. The metrology revolution as a reflection of digitalisation in instrumentation. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(1):17–26. (In Russ.).

**Ключевые слова:** метрология, цифровизация, метрологический самоконтроль, цифровые двойники, виртуальные испытания, экспертные оценки, измерение многопараметрических величин

**Для цитирования:** Пронин А. Н., Сапожникова К. В., Тайманов Р. Е. Революция в метрологии как отражение цифровизации в приборостроении // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 1. С. 17–26.

## Искусственный интеллект как один из элементов цифровой трансформации в метрологии

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы цифровизации в метрологии, а также применения технологий искусственного интеллекта, в частности нейронных сетей, для восстановления функции измерения при решении метрологических задач. Приведен пример решения практической задачи измерения дебита нефтяных скважин с помощью средства измерений с элементами искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** цифровизация, искусственный интеллект, искусственная нейронная сеть, функция измерений, многофазный расходомер

**Для цитирования:** Кузин А. Ю., Крошкин А. Н. Искусственный интеллект как один из элементов цифровой трансформации в метрологии // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 1. С. 27–35.

## Цифровая трансформация информационной составляющей метрологии

**Аннотация.** Рассмотрена цифровая трансформация информационной составляющей обеспечения единства измерений, ее текущее состояние и перспективы развития. Приведены приоритетные направления развития информационной системы, предназначенной для создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений.

**Ключевые слова:** цифровизация, Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, информационная составляющая

## Artificial intelligence as one of the elements of digital transformation in metrology

**Abstract.** The aspects of digitalization in metrology is considered, as well as the use of artificial intelligence technologies, in particular neural networks, to restore the measurement function when solving metrological tasks. An example of solving a practical problem of measuring the flow rate of oil wells by means of measuring instrument with elements of artificial intelligence is given.

**Keywords:** digitalization, artificial intelligence, artificial neural network, measurement function, multiphase flowmeter

**For citation:** Kuzin A. Yu., Kroshkin A. N. Artificial intelligence as one of the elements of digital transformation in metrology. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(1):27–35. (In Russ.).

## Digital transformation of the information component of metrology

**Abstract.** The article deals with the digital transformation of the information component of measurement assurance, its current state and development perspectives. The priority directions of development of information system intended for creation and maintaining the Federal information fund on assuring the uniformity of measurements are given.

**Keywords:** digitalization, Federal Information Fund on Uniformity of Measurements, information component

**For citation:** Denisenko S. A., Kuzin A. Yu., Krasavin I. V., Frolova Ju. L. Digital transformation of the information component of metrology. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(1):36–43. (In Russ.).

**Для цитирования:** Денисенко С. А., Кузин А. Ю., Красавин И. В., Фролова Ю. Л. Цифровая трансформация информационной составляющей метрологии // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 1. С. 36–43.

## Бережливая цифровизация организационных систем

**Аннотация.** Представлен содержательный взгляд на смысловой дрейф парадигмы технологической организации функционирования производственных систем от механистической организации функционирования производственных систем от механистической индустриализации к цифровой трансформации и Индустрии 4.0. Сформирован оригинальный ракурс использования бережливой идеологии для развертывания процессов цифровой трансформации организационных систем и жизненных циклов создания ценности, уточнены некоторые особенности восприятия уровня зрелости основных процессов и меры их готовности к изменениям. Сформировано описание документального основания для осуществления формализации процесса перехода на новую технологическую концепцию цифровой трансформации, описаны нормативно-правовые документы, регламентирующие содержание Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Рассмотрены вопросы корпоративной коллизии между стейкхолдерами от различных методологий управления процессами, содержательно описаны конфликты применения традиционного инструментария TQM (Total Quality Management – «всеобщее управление качеством») и LEAN (Lean production – «бережливое производство») в организационных системах. Управление изменениями как важный процесс инновационного поведения организационных систем опирается на формализованные инструменты менеджмента рисков, включая стратегические риски миграции кадрового персонала. Замещение рутинных процессов предлагаемыми цифровыми решениями может привести к утрате организационного знания в реализуемых процессах, что отразится на уровне зрелости процессов, повысит сопротивление персонала изменениям и увеличит депрессивность корпоративной культуры.

Представлены возможные подходы к нивелированию внутренних конфликтов в процессах управления изменениями организационных систем с помощью инструментов бережливой цифровой трансформации.

**Ключевые слова:** бережливая цифровизация, организационные системы, жизненные циклы, уровни зрелости, инновации, управление изменениями, бережливая идеология, национальные программы, цифровая трансформация

**Для цитирования:** Назаревич С. А., Тушавин В. А., Фролова Е. А. Бережливая цифровизация организационных систем // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 1. С. 44–53.

## Lean digitalization of organizational systems

**Abstract.** The article presents a meaningful look at the semantic drift of the paradigm of the technological organization of the functioning of production systems from mechanistic industrialization to digital transformation and Industry 4.0. An original perspective on the use of lean ideology for deploying the processes of digital transformation of organizational systems and life cycles of value creation is presented, some features of the perception of the level of maturity of the main processes and the measure of their readiness for change are clarified. A description of the documentary basis for the implementation of the formalization of the process of transition to a new technological concept of digital transformation has been formed, and legal documents regulating the content of the National program «Digital Economy of the Russian Federation» have been described. The issues of corporate conflict between stakeholders from various process management methodologies are considered, the conflicts of using traditional TQM (Total Quality Management) and LEAN (Lean production – «lean production») tools in organizational systems are described in detail. Change management as an important process of innovative behavior of organizational systems relies on formalized risk management tools, including the strategic risks of personnel migration. Replacing routine processes with proposed digital solutions can lead to a loss of organizational knowledge in the processes being implemented, which will affect the level of process maturity, increase staff resistance to change and increase the depressiveness of the corporate culture. Possible approaches to leveling internal conflicts in the processes of managing changes in organizational systems using the tools of lean digital transformation are presented.

**Keywords:** lean digitalization, organizational systems, life cycles, maturity levels, innovation, change management, lean ideology, national programs, digital transformation

**For citation:** Nazarevich S. A., Tushavin V. A., Frolova E. A. Lean digitalization of organizational systems. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(1):44–53. (In Russ.).

## Исследование метрологических характеристик инновационного ультразвукового плотномера газа Turbo Flow UDM

**Аннотация.** Рассмотрена проблема измерения расхода газа на узлах учета средней и малой производительности, а именно: из-за динамически меняющегося компонентного состава газа, вследствие смешивания газа из различных месторождений, возникает несоответствие периодически вносимого в вычислитель расходомера компонентного состава и реального состава газа в трубопроводе. Согласно последним техническим требованиям, узлы учета газа должны выполнять функции автоматического определения компонентного состава газа и плотности газа при стандартных условиях. Это приводит к значительному удорожанию строительства новых и реконструкции существующих узлов учета. В статье описаны модификации разработанного инновационного измерителя плотности газа Turbo Flow UDM, а также акустический метод измерения плотности, положенный в его основу. В основе лежит измерение скорости звука ультразвуковым преобразователем расхода газа и ее пересчет при известных температуре и давлении в значение плотности газа в зависимости от концентрации компонентов газовой смеси. В результате проведения теоретических и экспериментальных исследований рассчитаны погрешности, вносимые в результат измерения плотности газа от влияющих входных величин – температуры, давления и скорости звука в газе.

Экспериментальным путем установлены погрешности определения компонентного состава природного газа с помощью разработанного акустического метода, реализованного в исследуемом плотномере в условиях подконтрольной эксплуатации на узле учета газа. Относительная погрешность определения основного компонента природного газа – метана, в сравнении с показаниями хроматографического анализа предварительно отобранных проб газа, – составляет не более 0,26 % за временной период 2 месяца. При этом относительная погрешность определения плотности газа, приведенная к стандартным условиям за этот же период, не превышает 0,176 %.

**Ключевые слова:** скорость звука, плотность газа, ультразвуковой плотномер, природный газ, компонентный состав, относительная погрешность

**Для цитирования:** Соломичев Р. И., Соломичева С. В. Исследование метрологических характеристик инновационного ультразвукового плотномера газа Turbo Flow UDM // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 1. С. 54–64.

## Metrological characteristics investigation of innovative ultrasonic gas density meter Turbo Flow UDM

**Abstract.** The gas flow measurement problem at metering stations of medium and low productivity is considered, namely: due to the dynamically changing gas component composition, due to the gas mixing from various fields, there is a discrepancy between the component composition periodically entered into the flowmeter computer and the actual gas composition in the pipeline. According to the latest technical requirements, gas metering units must perform the functions of automatically determining the gas composition and gas density under standard conditions. This leads to a significant increase in the cost of building new and reconstructing existing metering stations. The article describes the modifications of the developed innovative gas density meter Turbo Flow UDM, as well as the acoustic method of density measurement, which is its basis. It is based on the measurement of the sound speed with an ultrasonic gas flow transducer and its conversion at known temperature and pressure into the value of the gas density depending on the gas mixture components concentration. As a result of theoretical and experimental studies, the errors introduced into the result of measuring the gas density from the influencing input quantities – temperature, pressure and sound velocity in the gas – are calculated. The errors in determining the component composition of natural gas were experimentally established using the developed acoustic method implemented in the density meter under study under controlled operation conditions at the gas metering unit. The relative error in determining the main component of natural gas – methane, in comparison with the readings of the chromatographic analysis of pre-selected gas samples – is no more than 0.26 % over a time period of 2 months. In this case, the relative error in determining the gas density, reduced to standard conditions for the same period, does not exceed 0.176 %.

**Keywords:** sound speed, gas density, ultrasonic density meter, natural gas, component composition, relative error

**For citation:** Solomichev R. I., Solomicheva S. V. Metrological characteristics investigation of innovative ultrasonic gas density meter Turbo Flow UDM. *Innovationnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(1):54–64. (In Russ.).



## Концепция морской горизонтальной посадки крыльевого космического аппарата путем стыковки с экранопланом

**Аннотация.** Государственные расходы на развитие космонавтики составляют значительную часть бюджета многих стран, в том числе нескольких развивающихся. Значительное снижение удельной стоимости космических запусков, безусловно, является одной из важнейших задач космонавтики. Ясно, что эффективным способом снижения стоимости запусков и посадок является обеспечение существенной многократности использования всех ступеней и элементов космической техники. Причем стремиться нужно не к минимальному двойному использованию, а к десятикратному и большему. В настоящей публикации, имеющей отчасти обзорный характер, анализируется и углубляется концепция интегрированной транспортной системы, включающей в себя воздушно-космический самолет (ВКС) и экраноплан, используемый как разгонщик при запуске, и подвижную посадочную платформу при посадке. Посадка заключается в стыковке ВКС и экраноплана на заключительном этапе снижения и выравнивания скоростей. Колесное шасси не требуется ни при взлете, ни при посадке, что позволяет повысить полезную нагрузку.

**Ключевые слова:** стоимость космических запусков, многократность, интегрированная транспортная система, воздушно-космический самолет, экраноплан, стыковка двух крыльевых аппаратов

**Для цитирования:** Небылов А. В., Небылов В. А., Панферов А. И. Концепция морской горизонтальной посадки крыльевого космического аппарата путем стыковки с экранопланом // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 1. С. 65–81.

## Поддержка принятия решений по построению систем эксплуатации авиатехники на базе интерактивных электронных технических руководств и методов компьютерного моделирования

**Аннотация.** Эффективность применения, развертывания, построения систем эксплуатации авиационной техники (СЭАТ) в значительной степени зависит от компетентности и своевременности решений, принимаемых техническим персоналом баз наземного обслуживания. Именно поэтому в исторической ретроспективе

## The concept of winged space vehicle marine horizontal landing by docking with ekranoplan

**Abstract.** Government spending on the development of astronautics makes up a significant part of the budget of many countries, including several developing ones. A significant reduction in the unit cost of space launches is certainly one of the most important tasks of astronautics. It is clear that an effective way to reduce the cost of launches and landings is to ensure a significant reusability of all stages and elements of space technology. Moreover, you need to strive not for the minimum double use, but for tenfold and more. This publication, which is somewhat of an overview, analyzes and deepens the concept of an integrated transport system, including an aerospace plane (ASP) and an ekranoplan (EK), used as an accelerator during launch, and a mobile landing platform during landing. The landing consists in the docking of the ASP and EK at the final stage of descent and equalization of speeds. No wheeled undercarriage is required for either takeoff or landing, allowing for higher payloads.

**Keywords:** space launch cost, reusability, integrated transport system, aerospace plane, ekranoplan, docking of two winged vehicles

**For citation:** Nebylov A. V., Nebylov V. A., Panferov A. I. The concept of winged space vehicle marine horizontal landing by docking with ekranoplan. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(1):65–81. (In Russ.).

## Decision support for building systems of aircraft operation based on interactive electronic technical manuals and computer modeling methods

**Abstract.** The efficiency of application, deployment, and construction of aircraft equipment operation systems (AEOS) largely depends on the competence and timeliness of decisions made by the technical personnel of ground maintenance bases. That is why, in a historical retrospective, the development of appropriate complexes, ground handling facilities was accompanied by the development of adequate decision support tools for their application, for optimal (rational) construction of aircraft maintenance systems on the basis of such facilities. This article analyzes the experience of improving such tools, presents the role of interactive

*развитие соответствующих комплексов, средств наземного обслуживания сопровождалось разработкой адекватного инструментария поддержки принятия решений по их применению, оптимальному (рациональному) построению систем эксплуатации авиатехники на базе таких средств. Анализ опыта совершенствования такого инструментария, представлению роли интерактивных электронных технических руководств, методов компьютерного моделирования в современном процессе обоснования решений по построению указанных систем и определению путей развития методов компьютерного моделирования в интересах СЭАТ посвящена данная статья.*

**Ключевые слова:** системы эксплуатации авиационной техники, интерактивные электронные технические руководства, построение системы, поддержка принятия решений, компьютерное моделирование, имитационное моделирование

**Для цитирования:** Ивакин Я. А., Фролова Е. А. Поддержка принятия решений по построению систем эксплуатации авиатехники на базе интерактивных электронных технических руководств и методов компьютерного моделирования // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, No 1. С. 82–89.

*electronic technical manuals, computer modeling methods in the modern process of justifying decisions on the construction of these systems and identifies ways of developing computer modeling methods in the interests of AEOS.*

**Keywords:** aircraft operation systems, interactive electronic technical manuals, system construction, decision support, computer modeling, simulation modeling

**For citation:** Ivakin Y. A., Frolova E. A. Decision support for building systems of aircraft equipment operation on the basis of interactive electronic technical manuals and computer modeling methods. *Innovacionnoe priborostroenie = Innovative Instrumentation*. 2022;1(1):82–89. (In Russ.).