

## Аннотации статей, опубликованных в сетевом издании «Электроника, фотоника и киберфизические системы в 2022-2023 г.г.

2022. Т.2. №1

<p>ИНСТИТУТУ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ, ФОТОНИКИ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - 70 ЛЕТ <i>А.Ф. Надеев, Д.П. Данилаев, О.Г. Морозов, А.Р. Насыбуллин, Р.Р. Файзуллин, Д.В. Шахтурин</i></p> <p><b>Аннотация.</b> Внедрение радиоэлектроники, фотоники, инфокоммуникационных технологий во все сферы человеческой деятельности обеспечило стремительные изменения нашего общества за последние десятилетия. Умные электронные устройства, мобильная связь, высокоскоростной интернет стали неотъемлемой частью повседневной жизни и ключевым фактором развития. Существенный вклад в их развитие, с момента основания в 1952 году, вносит институт радиоэлектроники, фотоники и цифровых технологий. <b>Ключевые слова:</b> Радиоэлектроника, фотоника, инфокоммуникационные технологии, цифровые технологии.</p>	<p>INSTITUTE OF RADIOELECTRONICS, PHOTONICS AND DIGITAL TECHNOLOGIES - 70 th ANNIVERSARY <i>A.F.Nadeev, D.P. Danilaev, O.G.Morozov, Nasybullin A.R., Faizullin R.R., Shakhturin D.V.</i></p> <p><b>Abstract.</b> The implementation of radio electronics, photonics, infocommunication technologies in all spheres of human activity has provided rapid changes in our society over the past decades. Smart electronic devices, mobile communications, high-speed Internet have become an integral part of everyday life and a key factor in development. A significant contribution to the solution of these problems, since its foundation in 1952, has been made by the Institute of Radio Electronics, Photonics and Digital Technologies. <b>Keywords:</b> Radio electronics, photonics, infocommunication technologies, digital technologies.</p>
<p>КАФЕДРЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ КНИТУ-КАИ – 70 лет <i>А.Ф. Надеев, Г.И. Щербakov, Ю.Е. Седельников</i></p> <p><b>Аннотация.</b> Дана общая характеристика учебно-педагогической и научной деятельности кафедры радиоэлектронных и телекоммуникационных систем со времени ее образования и до сегодняшних дней. Представлены некоторые результаты научных исследований, выполнявшихся совместно с другими структурными подразделениями КНИТУ-КАИ по заказу промышленных предприятий радиоэлектронной, космической и авиационной отраслей. <b>Ключевые слова:</b> радиоэлектроника, телекоммуникации, антенны, информационные системы, обработка сигналов.</p>	<p>DEPARTMENT OF RADIO-ELECTRONIC AND TELECOMMUNICATION SYSTEMS KNRTU-KAI – 70th ANNIVERSARY <i>A.F. Nadeev, G.I. Shcherbakov, Yu.E. Sedelnikov</i></p> <p><b>Annotation.</b> A general description of the educational, pedagogical and scientific activities of the Department of Radioelectronic and Telecommunication Systems from the time of its formation to the present day is given. Some results of scientific research carried out jointly with other structural subdivisions of KNITU-KAI by order of industrial enterprises of the radio-electronic, space and aviation industries are presented. <b>Key words:</b> radio electronics, telecommunications, antennas, information systems, signal processing.</p>

<p style="text-align: center;">ОТ МИНИМАЛИЗМА КАФЕДРЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ И МУЛЬТИ-МЕДИЙНЫХ СИСТЕМ К ЭКОСИСТЕМЕ КАФЕДРЫ РАДИОФОТОНИКИ И МИКРОВОЛНОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: 2022 – СМЕНА ПОКОЛЕНИЙ <i>О.Г. Морозов</i></p> <p><b>Аннотация.</b> Дана общая характеристика учебно-педагогической и научной деятельности кафедры радиопhotоники и микроволновых технологий в отдельные периоды ее развития. Представлены некоторые результаты проводящихся и постановки задач перспективных научных исследований, выполняющихся в кооперации с другими структурными подразделениями КНИТУ-КАИ, образовавшими экосистему кафедры: трехуровневое образование – фундаментальная и прикладная наука – научно-промышленный и образовательный консорциум организаций партнеров.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> телевидение, мультимедийные системы, радиопhotоника, микроволновые технологии, волоконная сенсорика, СВЧ-сенсорика, квантовые технологии.</p>	<p style="text-align: center;">FROM THE MINIMALISM OF THE DEPARTMENT OF TELEVISION AND MULTIMEDIA SYSTEMS TO THE ECOSYSTEM OF THE DEPARTMENT OF RADIO-PHOTONICS AND MICROWAVE TECHNOLOGIES: 2022 - GENERATION CHANGE <i>O.G. Morozov</i></p> <p><b>Annotation.</b> A general description of the educational, pedagogical and scientific activities of the Department of Radiophotonics and Microwave Technologies in certain periods of its development is given. Some results of the ongoing and setting of tasks for promising scientific research are presented, carried out in cooperation with other structural divisions of KNRTU-KAI, which formed the ecosystem of the department: three-level education - fundamental and applied science - scientific, industrial and educational consortium of partner organizations.</p> <p><b>Keywords:</b> television, multimedia systems, radio photonics, microwave technologies, fiber sensing, microwave sensing, quantum technologies.</p>
<p style="text-align: center;">КАФЕДРА «НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОНИКЕ» <i>Р.Р. Файзуллин, А.А. Мальцев, З.Р. Идиатуллов</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В статье дается общая характеристика учебно-педагогической и научно-исследовательской деятельности кафедры «Нанотехнологии в электронике», прослеживаются ключевые моменты развития кафедры. Отмечены основные направления научно-исследовательской деятельности. Представлены наиболее значимые результаты научных исследований.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> микроэлектроника, радиотехника, нанотехнологии.</p>	<p style="text-align: center;">"NANOTECHNOLOGIES IN ELECTRONICS" DEPARTMENT R.R. Faizullin, A.A. Maltsev, Z.R. Idiatullof</p> <p><b>Annotation.</b> The article gives a general description of the educational, pedagogical and science research activities of the Department of Nanotechnology in Electronics, traces the key points in the department development. The main directions of science research activity are marked. The most significant scientific research results are presented.</p> <p><b>Keywords:</b> microelectronics, radio engineering, nanotechnologies.</p>
<p style="text-align: center;">ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ДАТЧИКА ФАБРИ-ПЕРО ДЛЯ КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ <i>А.Ж. Сахабутдинов, В.А. Анфиногентов, О.Г. Морозов, Ю.А. Тунакова, М.П. Данилаев, И.И. Нуреев, А.А. Кузнецов, К.А. Липатников, А.Р. Шагидуллин, К.Г. Каримов, С.М.Р.Х. Хуссейн, Б.И. Валеев</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В работе представлена математическая модель оптоволоконного датчика Фабри-Перо, реализованного на торце оптического волокна путем нанесения тонкой полимерной пленки с чувствительностью к концентрации</p>	<p style="text-align: center;">DIGITAL TWIN OF THE FABRY-PEROT SENSOR FOR GREENHOUSE GAS CONCENTRATION MONITORING <i>A.Zh. Sakhabutdinov, V.A. Anfinogentov, O.G. Morozov, Yu.A. Tunakova, M.P. Danilaev, I.I. Nureev, A.A. Kuznetsov, K.A. Lipatnikov, A.R. Shagidullin, K.G. Karimov, S.M.R.H. Hussein, B.I. Valeev</i></p> <p><b>Annotation.</b> The paper presents a mathematical model of a Fabry-Perot fiber-optic sensor implemented at the end of an optical fiber by depositing a thin polymer film sensitive to the concentration of greenhouse gases. Verification</p>

парниковых газов. Проведена верификация математической модели с результатами натуральных экспериментов и данными других авторов с целью использования ее в качестве цифрового двойника чувствительного элемента датчика. Проведенные численные и натурные эксперименты позволили сделать вывод о перспективах применения оптоволоконных датчиков Фабри-Перо для контроля и анализа концентрации парниковых газов (углекислый газ, метан и закись азота), в атмосфере при соответствующем выборе поглощающего материала чувствительного элемента. Показано, что реально достижимый предел разрешающей способности позволяет определять изменение диэлектрической проницаемости полимерной пленки в четвертом знаке после запятой.

**Ключевые слова:** оптоволоконная сенсорная система; интерферометр Фабри-Перо; анализ концентрации парниковых газов; математическая модель; цифровой двойник.

of the mathematical model with the results of full-scale experiments and data of other authors was carried out in order to use it as a digital twin of the sensitive element of the sensor. The numerical and natural experiments carried out made it possible to draw a conclusion about the prospects for the use of fiber-optic Fabry-Perot sensors for monitoring and analyzing the concentration of greenhouse gases (carbon dioxide, methane and nitrous oxide) in the atmosphere with an appropriate choice of the absorbing material of the sensitive element. It is shown that the really achievable limit of resolution makes it possible to determine the change in the dielectric constant of a polymer film in the fourth decimal place.

**Key words:** fiber optic sensor system; Fabry-Perot interferometer; greenhouse gas concentration analysis; mathematical model; digital twin.

#### ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ НАНОЧАСТИЦ ПО ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ СЕДИМЕНТАЦИИ

*Хуссейн Сафаа Мохаммед Ридха Хуссейн, К.Г. Каримов, Б.И. Валеев,  
Мохаммед Р. Т. М. Кайд, М.Ш. Салахутдинов, А.Ж. Сахабутдинов*

**Аннотация.** В статье предложена математическая модель измерения плотности полимерных частиц, используемых в качестве наполнителя в композитных материалах. Математическая модель описывает связь между постоянной времени седиментации, плотностью и вязкостью жидкости, плотностью и размерами частиц в процессе их седиментации. Модель учитывает влияние сил тяжести, гидростатической подъемной силы, сил сопротивления движению. Концентрация частиц оценивается на основе моделирования рэлеевского рассеяния. Получены аналитические зависимости, позволяющие оценить плотность частиц при известных размерах частиц или размеры частиц при известной их плотности на основе экспериментально определяемой постоянной времени седиментации.

**Ключевые слова:** седиментация, осаждение частиц в жидкости, измерение молекулярной массы, измерение наночастиц, измерение концентрации, рэлеевское рассеяние.

#### OPTICAL METHOD FOR NANOPARTICLES DENSITY DETERMINATION BY SEDIMENTATION TIME CONSTANT

*Hussein Safaa Mohammed Ridha Hussein, K.G. Karimov, B.I. Valeev,  
Mohammed R.T.M. Kaid, M.Sh. Salakhutdinov, A.Zh. Sakhabutdinov*

**Annotation.** The article proposes a mathematical model for measuring the density of polymer particles used as a filler in composite materials. The mathematical model describes the relationship between the sedimentation time constant, the density and viscosity of the liquid, the density and size of particles in the process of their sedimentation. The model takes into account the influence of gravity, hydrostatic lift, and resistance to movement. The particle concentration is estimated based on the simulation of Rayleigh scattering. Analytical dependences have been obtained that make it possible to estimate the density of particles at known particle sizes or particle sizes at a known density based on the experimentally determined sedimentation time constant.

**Key words:** sedimentation, sedimentation of particles in liquid, measurement of molecular weight, measurement of nanoparticles, measurement of concentration, Rayleigh scattering.

<p style="text-align: center;">ИНТЕГРАЛЬНАЯ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА С НАГРЕВАТЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ НА ОСНОВЕ ПОЛИСИЛОКСАНОВОЙ КОМПОЗИЦИИ <i>М.П. Данилаев, Н.В. Дорогов, С. А. Карандашов, В.А. Куклин</i></p> <p>Ключевые слова: интегральная противобледенительная система, энергоэффективность, полисилоксановая композиция.          Аннотация. Получены характеристики интегральной противобледенительной системы с нагревательным элементом, выполненным на основе полисилоксановой композиции. Показано, что такой нагревательный элемент позволяет обеспечить высокие механические характеристики (стойкость к истиранию, адгезия к углепластику) в широком диапазоне температур [-50÷100]оС. Удельная средняя мощность обогрева такого нагревательного элемента сопоставима с соответствующим значением для нагревательного элемента, выполненного из фторопласта марки Ф-4 CSC 1.2.</p>	<p style="text-align: center;">INTEGRAL ANTI-ICE SYSTEM WITH HEATING ELEMENTS BASED ON POLYSILOXONE COMPOSITION <i>M.P. Danilaev, N.V. Dorogov, S.A. Karandashov, V.A. Kuklin</i></p> <p>Key words: integrated anti-icing system, energy efficiency, polysiloxane composition.          Abstract. The characteristics of an integral anti-icing system with a heating element made on the basis of a polysiloxane composition are considered in that paper. It is shown that the heating element from polysiloxane composition has the high mechanical properties (abrasion resistance, adhesion to carbon fiber) in a wide temperature range [-50÷100]°C. The experimental results are showing that the average heating power of such a heating element is comparable to the corresponding value of the heating element from F-4 CSC 1.2 fluoroplast.</p>
<p style="text-align: center;">ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАНОЛА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ <i>Л.Г. Кесель, В.А. Милочкин, Б.А.Кесель</i></p> <p><b>Аннотация:</b> В работе выполнена оценка энергоэффективности процесса получения метанола из природного газа под действием лазерного излучения и сравнение с энергоэффективностью проведения подобных процессов традиционными методами.  <b>Ключевые слова:</b> природный газ, метанол, термохимические реакции, лазерное излучение, квантово-химический реактор, энергоэффективность технологического процесса.</p>	<p style="text-align: center;">PROCESS FOR PRODUCING METHANOL FROM NATURAL GAS UNDER THE INFLUENCE OF LASER RADIATION <i>L.G. Kesel I, V.A. MilochkinI, B.A. Kesel</i></p> <p><b>Abstract:</b> The paper assesses the energy efficiency of the process of obtaining methanol from natural gas under the action of laser radiation and compares it with the energy efficiency of carrying out such processes by traditional methods.  <b>Key words:</b> natural gas, methanol, thermochemical reactions, laser radiation, quantum-chemical reactor, energy efficiency of the technological process.</p>
<p><b>2022. Т.2. №2</b></p>	
<p style="text-align: center;">КАФЕДРА РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА <i>Ю.К. Евдокимов</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В статье изложена история кафедры РИИТ, которая со времени основания обеспечивает преподавание дисциплин, закладывающих профессиональный фундамент подготовки радиоинженеров, - основы теории цепей, радиотехнические цепи и сигналы, электронные приборы и основы</p>	<p style="text-align: center;">DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS AND INFORMATION- MEASURING EQUIPMENT: YESTERDAY, TODAY, TOMORROW <i>Yu.K. Evdokimov</i></p> <p><b>Annotation.</b> The article describes the history of the RIIT department, which since its foundation provides teaching of disciplines that lay the professional foundation for the training of radio engineers - the basics of circuit theory, radio circuits and signals, electronic devices and the basics of microelectronics,</p>

<p>микроэлектроники, электроника и радиоэлектроника, метрология и радиоизмерения и др. Рассматриваются научные достижения, высокий научный и образовательный потенциал кафедры РИИТ, позволяющие ее коллективу уверенно двигаться вперед в динамичный завтрашний день, связывая свое дальнейшее развитие в образовательной и научной деятельности с областью создания киберфизических и интеллектуальных систем на основе микроволновой и квантовой обработки сигналов.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> радиотехника, радиоэлектроника, информационно-измерительная техника.</p>	<p>electronics and radio electronics, metrology and radio measurements, etc. Scientific achievements are considered. , high scientific and educational potential of the RIIT department, allowing its team to confidently move forward into a dynamic tomorrow, linking their further development in educational and scientific activities with the creation of cyber-physical and intelligent systems based on microwave and quantum signal processing.</p> <p><b>Key words:</b> radio engineering, radio electronics, information-measuring equipment.</p>
<p style="text-align: center;"><b>ДИНАМИКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ КАФЕДРЫ ЭЛЕКТРОННЫХ И КВАНТОВЫХ СРЕДСТВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ</b> <i>Д.П. Данилаев, М.П. Данилаев</i></p> <p><b>Аннотация.</b> Дана общая характеристика учебно-педагогической деятельности кафедры электронных и квантовых средств передачи информации с учетом тенденций развития радиоэлектроники, фотоники, квантовых и цифровых технологий. Представлены некоторые результаты трансформации образовательной деятельности и описаны задачи, решение которых предстоит научно-педагогическому коллективу кафедры, совместно со студентами, обучающимися по образовательным программам кафедры. Намечены перспективы дальнейшего развития.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> цифровая бионика, биотехнические устройства, умные устройства, цифровая и аналоговая схемотехника.</p>	<p style="text-align: center;"><b>THE DEPARTMENT OF ELECTRONIC AND QUANTUM DEVICES FOR INFORMATION TRANSMISSION: THE EDUCATIONAL TRAJECTORIES DYNAMICS</b> <i>D.P. Danilaev, M.P. Danilaev</i></p> <p><b>Annotation.</b> A the educational and pedagogical activities general description of the department of electronic and quantum devices for information transmission is given, taking into account the development trends of radio electronics, photonics, quantum and digital technologies. Some results of the educational activities transformation are presented and tasks are described that will be solved by the scientific and pedagogical staff of the department, together with students enrolled in the educational programs of the department. Prospects for further development are outlined.</p> <p><b>Keywords:</b> digital bionics, biotechnical devices, smart devices, digital and analog circuitry.</p>
<p style="text-align: center;"><b>КАФЕДРА «КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ»</b> <i>М.Ю. Застела, А.А. Мальцев</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В статье прослеживается история преемственности научных исследований кафедры конструирования и технологии производства электронных средств, отмечены основные моменты развития научных школ, направлений. Описан вклад большого количества сотрудников института, внесших огромный вклад в развитие науки на кафедре, факультете, в</p>	<p style="text-align: center;"><b>DEPARTMENT "DESIGN AND TECHNOLOGY PRODUCTION OF ELECTRONIC MEANS»</b> <i>M.Yu. Zastela, A.A. Maltsev</i></p> <p><b>Annotation.</b> The article traces the history of the continuity of scientific research of the Department of Design and Production of Electronic Means, highlights the main points in the development of scientific schools, directions. The contribution of a large number of employees of the institute, who made a huge contribution to the development of science at the department, faculty, and</p>

институте, а также современное состояние образовательной и научно-исследовательской деятельности кафедры.

**Ключевые слова:** конструирование, производство, электронные средства.

institute, is described. The current state of educational and research activities of the department.

**Key words:** design, production, electronic means.

ПРОХОЖДЕНИЕ СМЕСИ РАДИОИМПУЛЬСА И УЗКОПОЛОСНОГО ШУМА ЧЕРЕЗ ФАЗОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА БАЗЕ ФАЗОВОГО ДЕТЕКТОРА  
*А.Г. Ильин, А.С. Хафаджа*

**Аннотация.** Быстрое развитие систем передачи цифровой информации с использованием радиосигналов привело к необходимости совершенствования приемных систем. Особенно это актуально при использовании метода приема сигнала в районах, удаленных от городов и не имеющих развитой структуры интернет-соединения. Однако задача цифровой передачи весьма сложна. Когда отношение сигнал/шум низкое, актуален поиск новых методов для решения данной проблемы. Известно, что суть задачи обнаружения заключается в том, чтобы принять решение о наличии или отсутствии полезного сигнала на фоне помех и шумов, избавиться от которых принципиально невозможно. Доказано, что за счет использования структурных отличий смеси полезного сигнала и шума и просто узкополосного шума, можно существенно увеличить достоверность приема цифрового сигнала в области малых отношений сигнал/шум. В работе рассмотрены варианты построения детекторов на базе фазового детектора, а также приведены временные диаграммы функционирования. В данной статье представлены результаты математического моделирования прохождения смеси радиоимпульса и узкополосного шума через фазовый детектор.

**Ключевые слова:** фазовый детектор, помехоустойчивость, радиоимпульс, узкополосный шум.

PASSAGE OF A MIXTURE OF RADIO PULSES AND NARROW-BAND NOISE THROUGH A PHASE CONVERTER BASED ON A PHASE DETECTOR  
*A.G. Ilyin, A.S. Khafaga*

**Abstract:** The rapid development of digital information transmission systems using radio signals has led to the need to improve receiving systems. Especially when using the signal reception method in areas remote from cities that do not have a developed Internet connection structure. However, the task of digital transmission is very difficult. When the signal-to-noise ratio is low, the search for new methods to solve this problem is relevant. It is known that the essence of the detection problem is to make a decision about the presence or absence of a useful signal against the background of interference and noise, which is fundamentally impossible to get rid of. It is shown that due to the use of structural differences between the mixture of useful signal and noise and just narrow-band noise, it is possible to significantly increase the reliability of digital signal reception in the region of low signal-to-noise ratios. This paper considers options for constructing detectors based on a phase detector are considered, and time diagrams of operation are given. This article discusses the results of mathematical modeling the passage of a mixture of a radio pulse and narrow-band noise through a phase detector.

**Keywords:** Phase detector, noise immunity, radio pulse, narrowband noise.

КОМБИНИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВ  
*О.В. Никитшина, Г.А. Морозов*

**Аннотация.** В статье представлен обзор применения микроволновых технологий в области земледелия для рекультивации почв. Предложена оптимальная частота воздействия на среду. Показано воздействие СВЧ-

COMBINED SOIL TREATMENT METHODS  
*O.V. Nikishina, G.A. Morozov*

**Annotation.** The article presents an overview of the use of microwave technologies in the field of agriculture for soil reclamation. The optimal frequency of impact on the environment is proposed. The impact of the

диапазона на биологические объекты и воздействие КВЧ- диапазона на живые системы. Рассмотрены комбинированные методы воздействия на почву.  
**Ключевые слова:** микроволновые технологии, рекультивация почвы, СВЧ-диапазон, КВЧ-диапазон, комбинированные микроволновые технологии, азотфиксирующие бактерии, сельское хозяйство, инактивация организмов, обеззараживание, стимуляция.

microwave range on biological objects and the impact of the EHF range on living systems are shown. The combined methods of impact on the soil are considered.  
**Key words:** microwave technologies, soil reclamation, microwave range, EHF range, combined microwave technologies, nitrogen-fixing bacteria, agriculture, inactivation of organisms, disinfection, stimulation.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАКОПЛЕНИЯ АЗОТОБАКТЕРИИ В ПОЧВЕ  
НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ИННОПОЛИС  
*О.В. Никишина, Г.А. Морозов*

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF ACCUMULATION  
OF AZOTOBACTERIA IN THE SOIL ON  
THE EXAMPLE OF THE CITY OF INNOPOLIS  
*O.V. Nikishina, G.A. Morozov*

**Аннотация.** В статье изложены результаты исследования пространственной неоднородности почвы города Иннополис, определения ее механического и химического состава. Описан процесс выращивания почвенных образцов, исследования микроскопических образцов бактерий, выявления накопления полимеров в бактериях.  
**Ключевые слова:** азотобактер, механический и химический состав почвы, микроскопическое исследование образцов, нитраты, кислотность почвы, полимеры, карбонаты.

**Abstract.** The study of the spatial heterogeneity of the soil of the city of Innopolis, its mechanical and chemical compositions were determined. Soil samples were grown. Microscopic samples of bacteria were examined. Detection of polymer accumulation in bacteria.  
**Keywords:** Azotobacter, mechanical and chemical composition of soil, microscopic examination of samples. Nitrates, soil acidity, polymers, carbonates.

КВАЗИРАСПРЕДЕЛЕННАЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКАЯ  
СЕНСОРНАЯ СЕТЬ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
ИНТЕНСИВНОСТИ ЭМП И ТЕМПЕРАТУРЫ  
В ЗАКРЫТОЙ РАБОЧЕЙ СВЧ-КАМЕРЕ  
МОДЕРНИЗИРОВАННЫМ КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ  
*Н.Е. Кувшинов, Рин.Ш. Мисбахов, Рус.Ш. Мисбахов,  
Г.А. Морозов, О.Г. Морозов*

QUASI-DISTRIBUTED FIBER-OPTIC  
SENSOR NETWORK FOR DISTRIBUTION CONTROL  
EMF INTENSITY AND TEMPERATURE  
IN A CLOSED WORKING MICROWAVE CHAMBER  
MODERNIZED CALORIMETRIC METHOD  
*N.E. Kuvshinov, Rin.Sh. Misbakhov, Rus.Sh. Misbakhov,  
G.A. Morozov, O.G. Morozov*

**Аннотация.** В статье выполнен сравнительный анализ различных технологий измерения распределения интенсивности электромагнитного поля (ЭМП) (на стадии проектирования закрытых рабочих СВЧ-камер) и температуры (на стадии контроля реализации термической СВЧ-обработки материальных сред) при реализации модернизированного калориметрического метода с использованием в качестве датчика

**Annotation.** The article presents a comparative analysis of various technologies for measuring the distribution of electromagnetic field (EMF) intensity (at the stage of designing closed working microwave chambers) and temperature (at the stage of monitoring the implementation of thermal microwave processing of material media) when implementing a modernized calorimetric method using as temperature sensor of fiber Bragg structures in

<p>температуры волоконных брэгговских структур в их разных вариациях, что определяется как конкретной постановкой задачи научного эксперимента по микроволновой обработке материальных сред, так и требованиями по точности измерения температуры, стоимости и эксплуатационным параметрам ее реализации. Для этого в статью включен углубленный анализ волоконных брэгговских структур с целью полной оценки наиболее информационной топологии их включения и поиска наиболее точного, быстрodeйствующего и дешевого интеррогатора для их опроса. В заключение производится анализ применимости рассмотренных вариантов для решения различных задач мониторинга СВЧ-процессов термической обработки материальных сред и построения для них закрытых рабочих камер.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> волоконно-оптическая сенсорная сеть, электромагнитное поле, квазираспределенные безадресные, квазиадресные и адресные волоконные брэгговские структуры.</p>	<p>their different variations, which is determined both by the specific formulation of the problem of a scientific experiment on microwave processing of material media, and by the requirements for temperature measurement accuracy, cost and operational parameters of its implementation. For this purpose, the article includes an in-depth analysis of fiber Bragg structures in order to fully evaluate the most informational topology of their inclusion and search for the most accurate, fast and cheap interrogator for their interrogation. In conclusion, an analysis is made of the applicability of the considered options for solving various problems of monitoring microwave processes of heat treatment of material media and building closed working chambers for them.</p> <p><b>Keywords:</b> fiber-optic sensor network, electromagnetic field, quasi-distributed non-addressed, quasi-addressed and addressable fiber Bragg structures.</p>
<p style="text-align: center;"><b>КВАНТОВАЯ ГОЛОГРАФИЯ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ. ОБЗОР</b>  <i>Н.К. Павлычева, Э.Р. Муслимов, Н.А. Петрановский,  А.Р. Насыбуллин, И.И. Нуреев, О.Г. Морозов</i></p> <p><b>Аннотация.</b> Голографию определяют как метод записи и восстановления волновых полей, основанный на регистрации и восстановлении интерференционной картины, формируемой волнами, исходящими от объекта и опорного луча. Зарегистрированную интерференционную картину называют голограммой. Ключевым свойством голографии является когерентность, которая требуется для извлечения информации о фазе посредством интерференции с опорным лучом. Без когерентности голография невозможна. Квантовая голография обладает всеми преимуществами голографии, однако в ней присутствуют и эффекты, позволяющие создавать голограммы принципиально новыми методами. Квантовую голографию можно использовать не только для построения изображений, но и для получения характеристик квантовых состояний. Квантовая запутанность (а не когерентность) является источником квантового голографического пространства. Цель настоящей статьи заключается в попытке отразить развитие квантовой голографии за последние двадцать лет и понять, как квантовая голография и ее приложения</p>	<p style="text-align: center;"><b>QUANTUM HOLOGRAPHY AND ITS APPLICATIONS. REVIEW</b>  <i>N.K. Pavlycheva, E.R. Muslimov, N.A. Petranovsky,  A.R. Nasybullin, I.I. Nureev, O.G. Morozov</i></p> <p><b>Annotation.</b> Holography is defined as a method of recording and restoring wave fields based on the registration and restoration of an interference pattern formed by waves emanating from an object and a reference beam. The registered interference pattern is called a hologram. A key property of holography is coherence, which is required to extract phase information through interference with the reference beam. Holography is impossible without coherence. Quantum holography has all the advantages of holography, but it also contains effects that make it possible to create holograms using fundamentally new methods. Quantum holography can be used not only to construct images, but also to characterize quantum states. Quantum entanglement, not coherence is the source of the quantum holographic space. The purpose of this article is to try to reflect the development of quantum holography over the past twenty years and understand how quantum holography and its applications will solve the problem of developing new methods and means of quantum cryptography,</p>



<p>позволят решить задачи разработки новых методов и средств квантовой криптографии, телекоммуникаций и сенсорики для реализации многосенсорных распределенных квантовых измерений.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> квантовая голография, квантовые изображения, квантовая память, голографическая телепортация, квантовая стеганография изображений, квантовая метрология, квантовые голограммы, трансферт технологий.</p>	<p>telecommunications and sensorics for the implementation of multisensor distributed measurements.</p> <p><b>Keywords:</b> quantum holography, quantum images, quantum memory, holographic teleportation, quantum image steganography, quantum metrology, quantum holograms, technology transfer</p>
<p style="text-align: center;"><b>ТВОРЧЕСКИЙ И ЖИЗНЕННЫЙ ПУТЬ УЧЕНОГО, РЕКТОРА, ЧЕЛОВЕКА</b> <i>И.А. Дружинина</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В статье освящается творческий путь известного ученого, ректора КАИ – Нигматуллина Рашида Шакировича. Публикуются сведения из архивных документов музея КАИ.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> ученый, ректор, полярография, теоретическая радиотехника, электроника.</p>	<p style="text-align: center;"><b>CREATIVE AND LIFE WAY OF A SCIENTIST, RECTOR, PERSON</b> <i>I.A. Druzhinina</i></p> <p><b>Annotation.</b> The article consecrates the creative path of the famous scientist, rector of KAI - Nigmatullin Rashid Shakirovich. Archival documents of the KAI Museum are published.</p> <p><b>Keywords:</b> scientist, rector, polarography, theoretical radio engineering, electronics.</p>
<b>2022. Т.2. №3</b>	
<p style="text-align: center;"><b>ВАРИАНТ СОЗДАНИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ СУБТЕРАГЕРЦОВОГО ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА</b> <i>М.В. Андреянов, В.В. Бирюков, В.Л. Вакс, А.П. Лискович, В.А. Малахов, А.Н. Панин, С.И. Приползин, А.С. Раевский, В.В. Щербakov, А.М. Щитов</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В работе описан макет приемопередающего устройства (200–220 ГГц) на основе современных полупроводниковых приборов. Экспериментально показана возможность передачи цифровых сигналов со скоростью до 1 Гбит/с. Согласно расчётам, мощности на выходе передатчика в несколько сотен микроватт достаточно для передачи данных на расстояние до 1,5 км при коэффициенте усиления антенны не менее 50 дБ. Особое внимание уделено организации приема-передачи данных с использованием цифрового модуля, работающего совместно со специальным программным обеспечением.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> субтерагерцовый диапазон, беспроводная линия связи, программируемая логическая интегральная схема, цифровая связь.</p>	<p style="text-align: center;"><b>OPTION FOR CREATING A WIRELESS COMMUNICATION LINE IN THE SUBTERAHERTZ FREQUENCY BAND</b> <i>M.V. Andreyanov, V.V. Biryukov, V.L. Vaks, A.P. Liskovich, V.A. Malakhov, A.N. Panin, S.I. Pripolzin, A.S. Raevsky, V.V. Shcherbakov, A.M. Shitov</i></p> <p><b>Annotation.</b> The paper describes a model of a transceiver device (200-220 GHz) based on modern semiconductor devices. The possibility of transmitting digital signals at speeds up to 1 Gbit/s has been experimentally shown. According to calculations, the output power of the transmitter of several hundred microwatts is sufficient to transmit data over a distance of up to 1.5 km with an antenna gain of at least 50 dB. Special attention is paid to the organization of data transmission reception using a digital module working in conjunction with special software.</p> <p><b>Keywords:</b> sub-terahertz band, wireless communication line, programmable logic integrated circuit,</p>

<p style="text-align: center;">СОСТОЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДСИСТЕМЫ В МЕТАЛЛАХ С УЧЕТОМ СИЛЫ РЕАКЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ <i>М.П. Данилаев, С.А. Карандашов, А.В. Куклин, В.А. Куклин</i></p> <p><b>Аннотация:</b> Показано, что скорость поступательного движения электронов, по крайней мере, валентных, при переходе в основное состояние, в атомах металлов с кристаллической решеткой ГЦК (гранецентрированного кубического) и ОЦК (объемно-центрированного кубического) типов, приближается к скорости света за счет конкуренции силы притяжения к ядру с силой реакции излучения. В проводимости металлов участвует только часть валентных электронов, скорость которых превышает некоторый порог. Физический смысл данного порогового значения скорости аналогичен понятиям химического потенциала или энергии Ферми. Величина порога в адиабатическом приближении не зависит от температуры и определяется только параметрами кристаллической решетки и валентным состоянием атомов.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> скорость движения электрона, классическая электродинамика, энергия Ферми, реакция излучения, самоускорение.</p>	<p style="text-align: center;">ELECTRONIC SUBSYSTEM STATE IN METALS WITH RADIATION REACTION FORCE TAKING INTO ACCOUNT <i>M.P. Danilaev, S.A. Karandashov, A.V. Kuklin, V.A. Kuklin</i></p> <p><b>Abstract.</b> It is shown that the electrons translational motion rate during the transition to the ground state is maintained to the light rate due to the competition between the nucleus attraction force and the reaction radiation force in atoms in metals with face-centered cubic and body-centered cubic lattice. The metal conductivity is determined by valence electrons, which rate is exceeds a certain threshold. The physical meaning of this threshold rate is similar to the chemical potential or Fermi energy. The threshold rate in the adiabatic approximation is depending on the metal crystal lattice parameters and atoms valence state.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> electron velocity, classical electrodynamics, Fermi energy, radiation reaction, self-acceleration.</p>
<p style="text-align: center;">ДЕФЕКТЫ НАНОТРУБОК ДЛЯ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ: СРОСТКИ <i>З.Я. Халитов, Р.Р. Файзуллин, Д.Н. Валеева, В.Л. Одинцов, В.А. Воронина</i></p> <p><b>Аннотация.</b> Рассмотрена задача о высокочастотных осцилляциях профилей интенсивности рефлексов микродифракционных картин отдельных нанотрубок вдоль слоевых линий. Рассмотрены возможные структуры продольных сrostков нанотрубок с различными внешними и внутренними радиусами, идентификация которых необходима при выборке нанотрубок для изделий нанoeлектроники. Проведен сравнительный математический анализ осцилляций в случаях обычных кристаллов (сателлиты) и многослойных коаксиальных нанотрубок, а также двух случаев цилиндрических сrostков. Показано, что, как и в случае обычных кристаллов, осцилляции в области крыльев рефлексов определяются размерами кристалла (толщиной стенки трубки), в то время как специфические осцилляции их главных максимумов – внутренним диаметром нанотрубки.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> нанотрубки, микродифракционные картины, осцилляция базальных рефлексов.</p>	<p style="text-align: center;">DEFECTS OF NANOTUBES FOR NANOELECTRONICS: SPLICES <i>Z.Ya. Khalitov, R.R. Fayzullin, D.N. Valeeva, V.L. Odintsov, V.A. Voronina</i></p> <p><b>Annotation.</b> The problem of high-frequency oscillations of reflex intensity profiles of microdiffraction patterns of individual nanotubes along layer lines is considered. Possible structures of longitudinal splices of nanotubes with different external and internal radii, the identification of which is necessary when sampling nanotubes for nanoelectronics products, are considered. A comparative mathematical analysis of the oscillations in the cases of ordinary crystals (satellites) and multilayer coaxial nanotubes, as well as two cases of cylindrical accretions was carried out. It is shown that, as in the case of ordinary crystals, the oscillations in the region of the wings of the reflexes are determined by the size of the crystal (the thickness of the tube wall), while the specific oscillations of their main maxima are determined by the inner diameter of the nanotube.</p> <p><b>Keywords:</b> nanotubes, microdiffraction patterns, basal reflex oscillation.</p>

## КВАНТОВЫЙ ТЕРМОМЕТР С РАДИОФОТОННЫМ ОПРОСОМ

*О.Г. Морозов, А.А. Кузнецов*

**Аннотация.** Квантовый датчик с азот-замещённой вакансией в алмазе (NV-центр) – потенциальный высокоточный наноразмерный термометр на основе сенсорных технологий, свойства которых основаны на преимуществах квантовой физики. NV-центры обладают непарными электронными спинами в решетке алмаза, которые могут быть обнаружены оптически, методом оптически детектируемого магнитного резонанса (ОДМР). Частота расщепления ОДМР D при нулевом магнитном поле примерно равна 2,87 ГГц. В настоящей статье обзорно рассмотрены протоколы измерения температуры, применяемые при анализе смещения частоты D ОДМР в алмазных кристаллах с азот-замещённой вакансией, показаны их достоинства и недостатки, предложены варианты их модернизации на основе радиофотонных подходов. Использование радиофотонных подходов по методам Ильина-Морозова и сверхузкополосного пакета дискретных частот позволяет значительно упростить структуру квантовых термометров и не использовать достаточно мощные СВЧ- и РФ-генераторы, которые могут создавать существенную помеховую картину. Из приведенных результатов обзорного анализа сделан вывод, что радиофотонные подходы на основе указанных методов для формирования микроволнового и радиочастотного излучения и зондирования ими спектра ОДМР, являются перспективными и требуют дальнейших исследований, в том числе, в рамках программы Приоритет-2030. Кроме того, их применение подводит разработчиков к возможности решения задачи создания полностью оптической структуры квантового термометра, например, с использованием эффекта электромагнитно-индуцированной прозрачности.

**Ключевые слова:** квантовый датчик с азот-замещённой вакансией в алмазе, NV-центр, оптически детектируемый магнитный резонанс, измерение температуры, радиофотонный опрос, эффект электромагнитно-индуцированной прозрачности.

## QUANTUM THERMOMETER WITH MICROWAVE PHOTONIC ACQUISITION

*O.G. Morozov, A.A. Kuznetsov*

**Abstract.** Quantum sensor with a nitrogen-substituted vacancy in diamond (NV-center) - a potential high-precision nanoscale thermometer based on sensor technologies, the properties of which are based on the advantages of quantum physics. NV-centers have unpaired electron spins in the diamond lattice, which can be detected optically by optically detectable magnetic resonance (ODMR). The ODMR splitting frequency D at zero magnetic field is approximately equal to 2.87 GHz. In this article, the temperature measurement protocols used in the analysis of the frequency shift D ODMR in diamond crystals with a nitrogen-substituted vacancy are reviewed, their advantages and disadvantages are shown, and options for their modernization based on microwave photonics approaches are proposed. The use of microwave photonics approaches based on the Ilyin-Morozov's and an ultra-narrow-band discrete frequency package methods make it possible to significantly simplify the structure of quantum thermometers and not to use sufficiently powerful microwave and RF generators, which can create a significant interference pattern. Based on the results of the review analysis, it was concluded that microwave photonics approaches based on these methods for the formation of microwave and radio-frequency radiation and their probing of the ODMR spectrum are promising and require further research, including within the framework of the Priority-2030 program. In addition, their application leads developers to the possibility of solving the problem of creating a completely optical structure of a quantum thermometer, for example, using the effect of electromagnetically induced transparency.

**Keywords:** quantum sensor with a nitrogen-substituted vacancy in diamond, NV-center, optically detected magnetic resonance, temperature measurement, microwave photonics acquisition, electromagnetically induced transparency effect.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРА ОТРАЖЕНИЯ  
ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК  
КАК СТРУКТУРНОГО ЭЛЕМЕНТА КОМБИНИРОВАННЫХ  
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

*Т.А. Аглиуллин, В.И. Анфиногентов, Б.И. Валеев, А.И. Садыкова, А.Ж. Сахабутдинов*

**Аннотация.** В работе исследуются и сравниваются методы формирования спектрального отклика ВБР, основанные на методе определения коэффициентов отражения и прохождения плоских волн через слоистые структуры, результатом которой является решение системы линейных уравнений относительно коэффициентов прохождения и отражения в каждом слое методом прогонки. Исследованы методы, основанные на построении матриц передач для ВБР в целом, вывод формы записи которой различается или не полон во множестве источников. Для сравнительного анализа выбраны две зависимости коэффициента отражения от длины волны для однородной ВБР, как часто приводимые в различных публикациях. Из рассмотрения исключены те зависимости коэффициентов отражения ВБР, которые формируются на основе матрицы передачи, имеющей в своей структуре полиномы Чебышева второго рода. Варианты моделирования по рекуррентным соотношениям, включающие в себя необходимость вычисления полиномов Чебышева, намеренно были исключены из рассмотрения, поскольку они не выигрывают в производительности в сравнении с методом коэффициентов прохождения и отражения. Предложена и исследована модификация метода коэффициентов отражения и прохождения, которая предполагает моделирование ВБР слоистой структурой, представляющей ВБР как совокупность «светлых» и «темных» слоев и позволяет редуцировать количество слоев моделируемой слоистой структуры до количества полупериодов ВБР, и сводится к последовательному перемножению двумерных матриц.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, волоконные брэгговские структуры, матрица передачи, плоские волны в неоднородной среде.

SIMULATION OF THE REFLECTION SPECTRUM  
OF FIBER BRAGG GRATINGS AS A STRUCTURAL ELEMENT  
OF COMBINED FIBER-OPTIC SENSORS

*T.A. Agliullin, V.I. Anfinogentov, B.I. Valeev, A.I. Sadykova, A.Zh. Sakhabutdinov*

**Annotation.** The paper investigates and compares methods for forming the spectral response of a fiber Bragg grating (FBG), based on determining the reflection and transmission coefficients of plane waves through layered structures, followed by solving a system of linear equations for the transmission and reflection coefficients in each layer by the sweep method. Methods based on the construction of transfer matrices for the FBG as a whole, the output of the recording form of which differs or is not complete in a variety of sources, are studied. For a comparative analysis, two dependencies of the reflection coefficient on the wavelength for a homogeneous FBG, as often cited in various publications, are chosen. The dependencies of the FBG reflection coefficients, which are formed on the basis of the transmission matrix, which has Chebyshev polynomials of the second kind in its structure, are excluded from consideration. Modeling options based on recurrence relations, including the need to calculate Chebyshev polynomials, were deliberately excluded from consideration, since they do not benefit in performance compared to the method of transmission and reflection coefficients. A modification of the method of reflection and transmission coefficients has been proposed and studied, which involves modeling FBGs by a layered structure, representing FBGs as a set of "light" and "dark" layers, allows reducing the number of layers of the simulated layered structure to the number of FBG half-periods, and is reduced to successive multiplication of two-dimensional matrices.

**Keywords:** mathematical modeling, fiber Bragg structures, transfer matrix, plane waves in an inhomogeneous medium.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ ДЕМОНСТРАТОР  
СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КВАНТОВЫХ КЛЮЧЕЙ  
ДЛЯ ЮНОШЕСКИХ ЧЕМПИОНАТОВ WORLDSKILLS

*И.М. Габдулхаков, Е.А. Громов*  
(научные руководители: *О.Г. Морозов, профессор КНИТУ-КАИ;*  
*И.И. Нуреев, профессор КНИТУ-КАИ)*

**Аннотация.** В статье рассмотрен аппаратно-программный демонстратор для исследования характеристик системы квантового распределения ключей с частотным кодированием на основе тандемного амплитудно-фазового модуляционного преобразования оптической несущей и подготовки специалистов по их эксплуатации. Демонстратор является хорошим кандидатом для импортозамещения при использовании в ходе соревнований юношеских чемпионатов WorldSkills. Кроме того, предложенный демонстратор, встраиваемый в настольный компьютер, может выполнять функции устройств доступа, которые можно подключить к терминалу, совмещенному с узлом квантовой сети, для пополнения хранилища секретных ключей, которое затем можно использовать для шифрования повседневной деятельности на обычных платформах, таких как Интернет.

**Ключевые слова:** система квантового распределения ключей с частотным кодированием, тандемное амплитудно-фазовое модуляционное преобразование оптической несущей, аппаратно-программный демонстратор, импортозамещение, научно-исследовательская и образовательные платформы, юношеский чемпионат WorldSkills, устройство доступа в Интернет.

HARDWARE AND SOFTWARE DEMONSTRATION  
QUANTUM KEY DISTRIBUTION SYSTEMS  
FOR YOUTH WORLDSKILLS CHAMPIONSHIPS

*I.M. Gabdulkhakov, E.A. Gromov*  
(Supervisors: *O.G. Morozov, professor KNRTU-KAI;*  
*I.I. Nureev, professor KNRTU-KAI)*

**Annotation.** The article discusses a hardware-software demonstrator for studying the characteristics of a quantum key distribution system with frequency coding based on tandem numerical-phase modulation conversion of an optical carrier and prepared by specialists in their operation. The demonstrator is a good candidate for import substitution during the WorldSkills Junior Championships. In addition, the proposed demonstrator, embedded in a desktop computer, can launch access to a terminal that can be connected to a terminal co-located with a quantum network node to store a secret key store that can be used to use the functions of daily activities on common platforms such as the Internet. .

**Keywords:** frequency-coded key distribution calculation system, tandem amplitude-phase modulation conversion of optical initiative, hardware-software demonstrator, import-substituting, research and educational platforms, WorldSkills youth championship, Internet access.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГНИТНЫХ  
И МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ  
В БИМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

*Д.В. Самигуллин, А.Ю. Архипов, Г.В. Сибгатуллина*

**Аннотация.** В обзоре описаны способы использования магнитных наночастиц (МНЧ) и магнитоэлектрических наночастиц (МЭНЧ) в фундаментальных биологических и медицинских исследованиях. Основное внимание уделено освещению методов неинвазивного влияния на клеточную активность, путем активации наночастиц с помощью магнитных полей.

PERSPECTIVES FOR THE USE OF MAGNETIC  
AND MAGNETOELECTRIC NANOPARTICLES IN BIOMEDICAL  
RESEARCH

*D.V. Samigullin, A.Y. Arkhipov, G.V. Sibgatullina*

**Abstract.** The review describes methods of using magnetic nanoparticles (MNPs) and magnetoelectric nanoparticles (MENPs) in fundamental biological and medical research. The main attention is paid to the coverage of methods of non-invasive influence on cellular activity, through the activation of nanoparticles using magnetic fields.

<p><b>Ключевые слова:</b> наночастицы, магнитные наночастицы, магнитоэлектрические наночастицы.</p>	<p><b>Keywords:</b> nanoparticles, magnetic nanoparticles, magnetoelectric nanoparticles.</p>
<p>ПРОЦЕДУРЫ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПОИСКА И РАСПОЗНАВАНИЯ ГРУЗОВЫХ КОНТЕЙНЕРОВ  <i>Р.А. Макаров</i>  <i>(научный руководитель: О.Г. Морозов, профессор КНИТУ-КАИ)</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В данной статье описывается обучение нейронной сети Faster Rcnн Resnet 50 для поиска и распознавания грузового контейнера на изображении. Для обучения модели необходимо собрать данные для обучения, а также разметить их соответствующим образом. Обучение нейронной сети производилось на языке программирования Python с использованием библиотеки Tensorflow.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> изображение, грузовой контейнер, поиск, распознавание, нейронная сеть.</p>	<p>NEURAL NETWORK TRAINING PROCEDURES FOR SEARCHING AND RECOGNIZING CARGO CONTAINERS  <i>R.A. Makarov</i>  <i>(Supervisor: G.A. Morozov, professor KNRTU-KAI)</i></p> <p><b>Annotation.</b> This article describes training a Faster Rcnн Resnet 50 neural network to search and recognize a cargo container in an image. To train the model, you need to collect training data and label it appropriately. The neural network was trained in the Python programming language using the Tensorflow library.</p> <p><b>Keywords:</b> image, cargo container, search, recognition, neural network.</p>
<p>СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРИЛОЖЕНИЯХ ОБРАБОТКИ ОДНОМЕРНЫХ СИГНАЛОВ    Б.И. Валеев, А.И. Садыкова, А.Н. Салахутдинова,  А.А. Сахабутдинова, Л.А. Сахабутдинова  <i>(научный руководитель: Аглиуллин Т.А., доцент КНИТУ-КАИ)</i></p> <p><b>Аннотация.</b> За последнее десятилетие сверточные нейронные сети (CNN, англ. Convolutional Neural Networks) стали по факту стандартом для различных операций компьютерного зрения (Computer Vision, англ.) и машинного обучения (Machine Learning, англ.). Сверточные нейронные сети представляют собой искусственные нейронные сети (ANN, англ. Artificial Neural Networks) с прямой связью, чередующимися слоями свертки и субдискретизации. Глубокие двумерные сверточные нейронные сети (2D CNN) со многими скрытыми слоями и миллионами параметров имеют возможность обрабатывать сложные объекты и шаблоны при условии, что их можно обучать на базе данных большого размера с метками достоверности. При должном обучении, эта уникальная способность делает их основным инструментом в различных инженерных приложениях для анализа двумерных сигналов, таких как изображения и видеокadres. Тем не менее, это может быть неприемлемым вариантом во многих приложениях с</p>	<p>CURRENT STATE OF MACHINE LEARNING TECHNIQUES IN ONE-DIMENSIONAL SIGNAL PROCESSING APPLICATIONS    <i>B.I. Valeev, A.I. Sadykova, A.N. Salakhutdinova,</i>  <i>A.A. Sakhabutdinova, L.A. Sakhabutdinova</i>  <i>(Supervisor: Agliullin T.A. associate professor KNRTU-KAI)</i></p> <p><b>Annotation.</b> During the last decade, Convolutional Neural Networks (CNNs) have become the de factostandard for various Computer Vision and Machine Learning operations. CNNs are feedforward Artificial Neural Networks (ANNs) with alternating convolutional and subsampling layers. Deep 2D CNNs with many hidden layers and millions of parameters have the ability to learn complex objects and patterns providing that they can be trained on a massive size visual database with ground-truth labels. With a proper training, this unique ability makes them the primary tool for various engineering applications for 2D signals such as images and video frames. However, this may not be a viable option in numerous applications over 1D signals especially when the training data is scarce or application specific. To address this issue, 1D CNNs have recently been proposed and immediately achieved the state-of-theart performance levels in several applications such as personalized biomedical data classification and early diagnosis, structural</p>

<p>одномерными сигналами, особенно когда обучающих данных недостаточно или они специфичны для конкретного приложения. Чтобы решить эту проблему, были предложены одномерные сверточные нейронные сети (1D CNN), которые сразу же достигли самых современных уровней производительности в многих применениях, например, таких областях как персонализированная классификация биомедицинских данных и ранняя диагностика, мониторинг состояния конструкций, обнаружение и идентификация аномалий в силовой электронике, или обнаружение неисправностей электродвигателей. Еще одно важное их преимущество заключается в том, что возможна недорогая аппаратная реализация в режиме реального времени благодаря простой и компактной конфигурации одномерных нейронных сетей, которые выполняют только скалярные умножения и сложения. Современность одномерных сверточных нейронных сетей подчеркивается их колоссальной уникальной производительностью. Проведем обзор общей принципов одномерных сверточных нейронных сетей, а также их основных инженерных приложений, уделив особое внимание достижениям в этой области.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> искусственные нейронные сети, машинное обучение, сверточные нейронные сети.</p>	<p>health monitoring, anomaly detection and identification in power electronics and electrical motor fault detection. Another major advantage is that a real-time and low-cost hardware implementation is feasible due to the simple and compact configuration of 1D CNNs that perform only 1D convolutions (scalar multiplications and additions). This paper presents a comprehensive review of the general architecture and principals of 1D CNNs along with their major engineering applications, especially focused on the recent progress in this field. Their state-of-the-art performance is highlighted concluding with their unique properties. The benchmark datasets and the principal 1D CNN software used in those applications are also publicly shared in a dedicated website.</p> <p>While there has not been a paper on the review of 1D CNNs and its applications in the literature, this paper fulfills this gap.</p> <p><b>Keywords:</b> artificial neural networks, machine learning, convolutional neural networks.</p>
<p><b>2022. Т.2. №4</b></p>	
<p style="text-align: center;"><i>КОНТРОЛЬ УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ ЧЕЛОВЕКА, СТРАДАЮЩЕГО САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ, С ПОМОЩЬЮ СВЧ МЕТОДА</i></p> <p style="text-align: center;"><i>А.А. Силантьева, О.Г. Морозов, С.В. Смирнов, В.И. Артемьев, Г.Д. Марданов</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В работе предложен метод контроля уровня глюкозы в крови человека с помощью кольцевого резонаторного датчика на основе симметричной полосковой линии. Данный вид полосковых линий позволяет избавиться от недостатков, существующих СВЧ-датчиков на основе микрополосковых линий за счет наличия двух экранирующих поверхностей. В программе CST Microwave Studio было проведено моделирование кольцевого резонаторного датчика, смоделированного на</p>	<p style="text-align: center;">CONTROL OF THE LEVEL OF GLUCOSE IN THE BLOOD OF A HUMAN WITH DIABETES MELLITUS USING THE MICROWAVE METHOD</p> <p style="text-align: center;"><i>A.A. Silantieva, O.G. Morozov, S.V. Smirnov, V.I. Artemiev, G.D. Mardanov</i></p> <p><b>Annotation.</b> The work proposes a method for controlling the level of glucose in the human blood using a ring resonator sensor based on a symmetrical strip line. This type of strip lines allows you to get rid of the disadvantages existing microwave sensors based on microstrip lines due to the presence of two shielding surfaces. In the CST Microwave Studio program, modeling of a ring resonator sensor was simulated on the basis of preliminary numerical calculation of its parameters, and a further analysis of measurements with various properties of the object.</p>

<p>основе предварительного численного расчета его параметров, и дальнейшим анализом измерений при различных свойствах объекта.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> диабет, глюкометр, кольцевой резонаторный датчик, диэлектрическая проницаемость, симметричная полосковая линия, микрополосковая линия.</p>	<p><b>Keywords:</b> diabetes, glucometer, ring resonator sensor, dielectric constant, symmetrical strip line, microstrip line.</p>
<p style="text-align: center;"><b>МАЛОГАБАРИТНЫЕ СПЕКТРАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ</b> <i>Р.Р. Ахметгалева, Н.К. Павлычева</i></p> <p><b>Аннотация.</b> Представлен комплекс малогабаритных приборов, состоящий из спектрофлуориметра и спектрофотометра. Определены оптимальные технические характеристики. Оптические схемы приборов (спектрограф с плоским полем и S-образный спектрограф) основаны на голограммных дифракционных решетках с коррекцией аберраций и отличаются достаточно высоким спектральным и пространственным разрешением, минимальными габаритами, большим относительным отверстием, конструктивной простотой, надежностью функционирования. Приведены результаты компьютерного моделирования и экспериментальные данные, полученные на макетных образцах приборов.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> спектрограф, спектроанализатор, спектрофлуориметр, спектрофотометр, вогнутая голограммная дифракционная решетка, аберрационная функция, коррекция аберраций.</p>	<p style="text-align: center;"><b>COMPACT SPECTRAL DEVICES</b> <i>R.R. Akhmetgaleeva, N.K. Pavlycheva</i></p> <p><b>Abstract.</b> A complex of small-sized devices consisting of a spectrofluorimeter and a spectrophotometer are presented. Optimal technical characteristics are determined. The optical schemes of the devices (a flat-field spectrograph and an S-shaped spectrograph) are based on hologram diffraction gratings with correction of aberration and they are characterized by sufficiently high spectral and spatial resolution, minimal dimensions, large relative aperture, structural simplicity, and reliability of operation. The results of computer simulation and experimental data obtained on prototype models of devices are presented.</p> <p><b>Keywords:</b> spectrograph, spectrum analyzer, spectrofluorometer, spectrophotometer, concave hologram diffraction grating, aberration function, aberration correction.</p>
<p style="text-align: center;"><b>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МИКРОВОЛНОВОГО НАГРЕВА СОСНОВЫХ ШИШЕК ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ИЗ НИХ СЕМЯН ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА</b> <i>А.З. Петрова, Г.А. Морозов, И.Т. Шарипов</i></p> <p><b>Аннотация:</b> Цель исследования – оценить влияние микроволнового облучения шишек сосны на качество получаемых семян. Шишки подвергались воздействию микроволнового излучения, производимого генератором мощностью 700-800 Вт. Исследование проводилось в нескольких режимах, в которых переменным параметром являлась продолжительность микроволнового облучения. Распределение температуры на поверхности и внутри конусов определяли с помощью специального термометра. Оценивали также энергию (жизнеспособность) и всхожесть (класс качества) семян, обработанных микроволновым излучением.</p>	<p style="text-align: center;"><b>INVESTIGATION OF THE PINE CONES MICROWAVE HEATING PROCESS TO EXTRACT HIGH QUALITY SEEDS FROM THEM</b> <i>A.Z. Petrova, G.A. Morozov, I.T. Sharipov</i></p> <p><b>Abstract:</b> The purpose of the study is to evaluate the effect of microwave irradiation of pine cones on the quality of the seeds obtained. The cones were exposed to microwave radiation produced by a generator with a power of 700-800 W. The study was carried out in several modes, in which the duration of microwave irradiation was a variable parameter. The temperature distribution on the surface and inside the cones was determined using the special termometr. The energy (viability) and germination (quality class) of seeds treated with microwave radiation were also evaluated. The results of the research made it possible to state that with the accepted process parameters, it</p>



<p>Результаты исследований позволили констатировать, что при принятых параметрах процесса возможно получение семян второго класса качества после воздействия микроволн в течение 6 с. При увеличении времени облучения свыше 6 с жизнеспособность семян снижалась, а их качество было неудовлетворительным.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> сосна обыкновенная; семена; электромагнитное излучение; температура; класс качества семян; всхожесть.</p>	<p>is possible to obtain seeds of the second quality class after exposure to microwaves for 6 s. With an increase in irradiation time over 6 s, the viability of the seeds decreased, and their quality was unsatisfactory.</p> <p><b>Keywords:</b> pine; seeds; electromagnetic radiation; temperature; seed quality class; germination.</p>
<p style="text-align: center;"><b>ОДИН ИЗ ВАРИАНТОВ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ ЦИФРОВЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ С QUASI-QAM</b> <i>А.Ф. Гильфанова, Д.А. Веденькин</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В статье представлены результаты оценки повышения потенциала помехоустойчивости канала связи с применением quasi-QAM (Quadrature Amplitude Modulation-квадратурная модуляция) модуляции. Произведен анализ существующих технических решений и методик обеспечения помехозащищенности канала связи. Предложен один из вариантов повышения помехозащищенности с изменением сигнального созвездия по методу quasi-QAM. В статье обсуждаются результаты математического моделирования цифрового канала связи с различными видами шумов (белый, розовый, красный, синий и фиолетовый).</p> <p><b>Ключевые слова:</b> математическое моделирование, модуляция, квадратурная амплитудная модуляция, сигнальное созвездие, белый шум, цветной шум.</p>	<p style="text-align: center;"><b>ONE OF THE VARIANTS OF INCREASING THE IMMUNITY OF DIGITAL COMMUNICATION CHANNELS WITH QUASI-QAM</b> <i>A.F. Gilfanova, D.A. Vedenkin</i></p> <p><b>Annotation.</b> The article presents the results of assessing the increase in the noise immunity potential of a communication channel using quasi-QAM modulation. An analysis of existing technical solutions and methods for ensuring the noise immunity of the communication channel was made. One of the options for increasing noise immunity with a change in the signal constellation using the quasi-QAM method is proposed. The article discusses the results of mathematical modeling of a digital communication channel with various types of noise (white, pink, red, blue and violet).</p> <p><b>Keywords:</b> mathematical modeling, modulation, quadrature amplitude modulation, signal constellation, white noise, colored noise.</p>
<p style="text-align: center;"><b>ИЗМЕРЕНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПОЛИКАРБОНАТА АВТОГЕНЕРАТОРНЫМ МЕТОДОМ</b> <i>Е.А. Бобина, С.А. Карандашов</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В статье рассматривается автогенераторный метод измерения пьезонапряжения поликарбоната. Показано, что диапазон частот автогенераторов, используемых для измерения пьезонапряжения, лежит в пределах 4÷9 МГц. Проведены экспериментальные исследования, направленные на подтверждение правильности моделирования. Показано, что для контроля предела прочности поликарбоната достаточно стабильности частоты опорного и измерительного автогенераторов <math>\sim 10^{-2}</math>.</p>	<p style="text-align: center;"><b>PIEZOELECTRIC VOLTAGE MEASUREMENT OF POLYCARBONATE USING THE AUTOGENERATING METHOD</b> <i>E.A. Bobina, S.A. Karandashov</i></p> <p><b>Annotation.</b> The article deals with the autogenerating method of measuring the piezoelectric voltage of polycarbonate. It is shown that the frequency range of autogenerators used to measure piezoelectric voltage lies within 4÷9 MHz. Experimental studies aimed at confirming the correctness of the simulation were carried out. It is shown that for controlling the strength limit of polycarbonate the frequency stability of the reference and measuring autogenerators <math>\sim 10^{-2}</math> is sufficient.</p> <p><b>Keywords:</b> autogenerating method, piezoelectric effect, polycarbonate, piezo-voltage measurement.</p>

<p><b>Ключевые слова:</b> автогенераторный метод, пьезоэлектрический эффект, поликарбонат, измерение пьезонапряжения.</p>	
<p style="text-align: center;">МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ОБЪЕКТЕ ДОБЫЧИ ГОРНЫХ ПОРОД <i>Е.В. Муравьева, В.Д. Дорофеева</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В статье проводится расчет необходимого количества пожарной техники, личного состава пожарных подразделений для локализации очагов пожара на складе взрывчатых материалов подземного комплекса Талицкого горно-обогатительный комплекса. В процессе работы разработаны и предложены мероприятия и технические решения, направленные на предотвращение возникновения и распространения пожара. Предлагаемые технические решения могут быть использованы на предприятии АО «Верхнекамская калийная компания».</p> <p><b>Ключевые слова:</b> опасные производственные объекты; безопасность путей эвакуации; взрывчатые вещества; критическое время пожара; план действий при пожаре, горно-обогатительный комплекс, опасный производственный объект, ликвидация пожара, эвакуация персонала, пожароспасательная техника, околоствольный двор.</p>	<p style="text-align: center;">SIMULATION OF AN EMERGENCY SITUATION AT A MINING FACILITY <i>E.V. Muraveva, V.D. Dorofeeva</i></p> <p><b>Abstract.</b> The article calculates the required number of fire equipment, personnel of fire departments for the localization of fire foci in the warehouse of explosive materials of the underground complex of the Talitsky mining and processing complex. In the process of work, measures and technical solutions aimed at preventing the occurrence and spread of fire have been developed and proposed. The proposed technical solutions can be used at the enterprise of JSC Verkhnekamsk Potash Company.</p> <p><b>Keywords:</b> mining and processing complex, hazardous production facility, fire elimination, evacuation of personnel, fire rescue equipment, near-barreled yard.</p>
<p style="text-align: center;">КОМПЛЕКС УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭМС РЭС» В ВУЗАХ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ <i>Ю.Е. Седельников</i></p> <p><b>Аннотация.</b> Дана характеристика текущего состояния материалов для изучения дисциплины ЭМС РЭС студентами вузов радиотехнического профиля. Разработан комплекс учебно-методических материалов, соответствующих актуальным требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования. Комплекс состоит из пособий по теоретическому курсу и практическим занятиям и электронного конспекта лекций.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> электромагнитная совместимость, учебно-методические материалы, учебное пособие, электронный конспект лекций.</p>	<p style="text-align: center;">COMPLEX OF EDUCATIONAL AND METHODOLOGICAL MATERIALS FOR THE STUDY DISCIPLINE “EMC“ BY STUDENTS OF UNIVERSITIES OF RADIO ENGINEERING PROFILE <i>Yu.E. Sedelnikov</i></p> <p><b>Annotation.</b> A description of the current state and goals of materials for the study of the EMS RES discipline by students of universities of radio engineering profile is given. A set of educational and methodological materials that meet the current requirements of the federal state educational standard of higher education has been developed. The complex consists of manuals on the theoretical course and practical exercises and electronic lecture notes.</p> <p><b>Key words:</b> electromagnetic compatibility, teaching materials, textbook, electronic lecture notes.</p>

<p>РАЗРАБОТКА МАКЕТА ФАЗОВОГО ПЕЛЕНГАТОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ РАДИОФОТОНИКИ <i>К. Б. Мартиросов</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В работе предложена методика определения пеленга на источник радиоизлучения с использованием двухэлементной антенной решетки. Особенностью схемы является использование двух каналов, каждый из которых включает в себя двухпортовый модулятор Маха-Цендера, оптический полосовой фильтр и фотодетектор. Отношение амплитуд сигналов на выходах каналов пропорционально разности фаз сигналов, принятых элементами решетки и не зависит от амплитуды входного сигнала.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> радиофотоника; радиолокация; фазовый пеленг; модулятор Маха-Цендера; двухпортовый модулятор; интегральные фотонные схемы.</p>	<p>DEVELOPMENT OF A LAYOUT OF A PHASE DIRECTION FINDER WITH THE APPLICATION OF RADIO PHOTONICS TECHNOLOGY <i>K. B. Martirosov</i></p> <p><b>Annotation.</b> The paper proposes a method for determining the bearing to a radio emission source using a two-element antenna array. A feature of the scheme is the use of two channels, each of which includes a two-port Mach-Zehnder modulator, an optical band-pass filter, and a photodetector. The ratio of the amplitudes of the signals at the outputs of the channels is proportional to the phase difference of the signals received by the elements of the array and does not depend on the amplitude of the input signal.</p> <p><b>Keywords:</b> radio photonics; radar; phase bearing; Mach-Zander modulator; two-port modulator; integrated photonic circuits.</p>
<p>КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ И ГЕОМЕТРИИ ШИН ОБМОТОК СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ <i>Иваненко В.А., Нуреев И.И., Сахабутдинов А.Ж., Мисбахов Рус.Ш., Артемьев В.А., Телишев А.М.</i></p> <p><b>Аннотация:</b> Силовые трансформаторы (СТ) играют основополагающую роль в системах передачи электроэнергии от источника до потребителя и относятся к классу наиболее важного и дорогостоящего оборудования, используемым в электроэнергетике. В связи с этим диагностика их дефектов и контроль параметров на месте дает множество преимуществ для обеспечения надежной передачи электроэнергии. Невосприимчивость к электромагнитным помехам, изоляционная стойкость, высокая чувствительность и разрешающая способность, а также малые габариты волоконно-оптических датчиков (ВОД) делают их очень привлекательными для применения в системах мониторинга параметров надежности СТ. Наиболее широкий спектр приложений в СТ нашли ВОД температуры, влажности и деформации обмоток. В статье представлен краткий анализ ВОД температуры и контроля геометрии обмоток СТ, отмечены их достоинства и недостатки, и поставлена задача научных исследований для разработки нового типа датчиков с радиофотонным адресным опросом –</p>	<p>MONITORING OF THE TEMPERATURE AND GEOMETRY OF THE POWER TRANSFORMER WINDINGS. FORMULATION OF THE PROBLEM OF SCIENTIFIC RESEARCH <i>Ivanenko V.A., Nureev I.I., Sakhabutdinov A.Zh., Misbakhov Rus.Sh., Artemyev V.A., Telishev A.M.</i></p> <p><b>Abstract.</b> Power transformers (PT) play a fundamental role in power transmission systems from source to consumer and belong to the class of the most important and expensive equipment used in the power industry. In this regard, diagnosing their defects and monitoring parameters on site provides many advantages to ensure reliable transmission of electricity. Immunity to electromagnetic interference, insulation resistance, high sensitivity and resolution, as well as small dimensions of fiber optic sensors (FOS) make them very attractive for use in systems for monitoring the reliability parameters of PT. The widest range of applications in PT found FOS of temperature, humidity and winding deformation. The article presents a brief analysis of FOS of temperature and control of the geometry of the PT windings, their advantages and disadvantages are noted, and the task of scientific research is set for the development of a new type of sensors with microwave photonic address interrogation - combined addressed fiber Bragg structures (AFBS) of phase-wave type and temperature control and the geometry of the windings</p>

<p>комбинированных адресных волоконных брэгговских структурах (АВБС) фазового типа и систем контроля температуры и геометрии шин обмоток на их основе. Определены направления научных исследований для достижения цели исследований - улучшение метрологических и технико-экономических характеристик волоконно-оптических многосенсорных систем контроля температуры и изменения геометрии шин обмоток силовых трансформаторов на основе использования в них АВБС комбинированного типа как чувствительных элементов и элементов мультиплексирования.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> радиофотоника; энергетика; силовые трансформаторы, обмотка, контроль сжатия, волоконно-оптический датчик, адресные волоконные брэгговские структуры фазового, волнового и фазового типа, обработка в радиодиапазоне полученной в оптическом диапазоне частотной информации.</p>	<p>monitoring systems based on them. The directions of scientific research are determined to achieve the research goal - improving the metrological and technical and economic characteristics of fiber-optic multi-sensor systems for temperature control and changing the geometry of power transformer windings based on the use of combined type AFBS in them as sensitive elements and multiplexing elements.</p> <p><b>Keywords:</b> microwave photonics; energy; power transformers, winding, compression monitoring, fiber optic sensor, addressed fiber Bragg structures of phase, wave and phase-wave types, processing in the radio range of frequency information received in the optical range.</p>
<p style="text-align: center;">НИИ «ПРИКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ, ФОТОНИКИ И ЖИВЫХ СИСТЕМ»: НАУЧНАЯ ШКОЛА «МИКРОВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИИ И КОМПЛЕКСЫ» <i>Г.А. Морозов</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В работе приводится краткий обзор результатов фундаментальных и прикладных исследований, выполненных за последние десять лет в НИИ прикладной электродинамики, фотоники и живых систем представителями научной школы «Микроволновые процессы, технологии и комплексы» Казанского национально исследовательского технического университета имени А.Н. Туполева (КНИТУ-КАИ).</p> <p><b>Ключевые слова:</b> микроволновые процессы, технологии и комплексы, математическое моделирование, метрология, техническая электродинамика, радиофотоника.</p>	<p style="text-align: center;">RESEARCH INSTITUTE "APPLIED ELECTRODYNAMICS, PHOTONICS AND LIVING SYSTEMS": SCIENTIFIC SCHOOL «MICROWAVE PROCESSES, TECHNOLOGIES AND COMPLEXES» <i>G.A. Morozov</i></p> <p><b>Annotation.</b> The paper provides a brief overview of the results of fundamental and applied research carried out over the past ten years at the Research Institute of Applied Electrodynamics, Photonics and Living Systems by representatives of the scientific school "Microwave Processes, Technologies and Complexes" of Kazan National Research Technical University named after A.I. N. Tupolev (KNRTU-KAI).</p> <p><b>Keywords:</b> microwave processes, technologies and complexes, mathematical modeling, metrology, technical electrodynamics, radio photonics.</p>

АКТИВНО-ПАССИВНЫЙ РАДИОСЕНСОР  
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КВ-СВЯЗИ

*Д. В. Иванов, В. А. Иванов, Н.В. Рябова, Р.Р. Бельгибаев, А.А. Елсуков,  
А.А. Кислицын, В.В. Овчинников*

**Аннотация.** Представлен созданный на основе современных технологий SDR, DSA, ML интеллектуальный радиосенсор, позволяющий исследовать прикладные задачи ионосферного распространения волновых пакетов с полосой частот от 3 кГц до 1 МГц в интересах дальней КВ-связи. Развита методы: зондирования ионосферы на предельно малых мощностях и за минимальное время; оценки доступности парциальных КВ-каналов; коррекции негативных эффектов внутримодовой дисперсии в КВ-каналах с полосой 1 МГц.

**Ключевые слова:** радиосенсор, ионосфера, КВ-связь.

ACTIVE-PASSIVE RADIO SENSOR FOR INCREASING  
THE EFFICIENCY OF HF COMMUNICATION

*D. V. Ivanov, V. A. Ivanov, N. V. Ryabova, R.R. Belgibaev, A.A. Elsukov,  
A.A. Kislitsyn, V.V. Ovchinnikov*

**Annotation.** An intelligent radio sensor developed on the basis of modern SDR, DSA, ML technologies is presented. Methods have been developed: sounding the ionosphere at extremely low powers and in the minimum time; assessing the availability of partial HF channels; correction of the negative effects of intramode dispersion in HF channels with a bandwidth of 1 MHz.

**Keywords:** radio sensor, ionosphere, HF communication.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СПЕКТРА  
ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК

*Т.А. Аглиуллин, В.И. Анфиногентов, О.Г. Морозов, А.Ж. Сахабутдинов,  
Б.И. Валеев, В.К. Закамский, Н.А. Казаков, К.Д. Царегородцев*

**Аннотация:** Работа посвящена сравнительному анализу следующих методов моделирования спектрального отклика волоконной брэгговской решетки (ВБР). Метод однородных слоев основан на определении коэффициентов отражения и пропускания для плоских волн, распространяющихся через слоистые структуры, с последующим решением системы линейных уравнений для коэффициентов пропускания и отражения каждого слоя методом прогонки. Другой рассматриваемый метод основан на определении матриц передачи (МП) для всей ВБР в целом. Представлены результаты моделирования однородной ВБР обоими методами в сравнении со спектром, полученным с помощью специализированного программного пакета. Кроме того, представлены результаты моделирования ВБР с фазовым  $\pi$ -сдвигом. Для обеих моделей ВБР исследуется влияние интервала разбиения метода однородных слоев на результирующий

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR MODELING  
THE SPECTRUM OF FIBER BRAGG GRATINGS

*T.A. Agliullin, V.I. Anfinogentov, O.G. Morozov, A.J. Sakhabutdinov,  
B.I. Valeev, V.K. Zakamsky, N.A. Kazakov, K.D. Tsaregorodtsev*

**Abstract.** The work is dedicated to a comparative analysis of the following methods for modeling the spectral response of a fiber Bragg grating (FBG). The method of homogeneous layers is based on the determination of the reflection and transmission coefficients for plane waves propagating through layered structures, followed by the solution of a system of linear equations for the transmission and reflection coefficients of each layer by the sweep method. Another method under consideration is based on the determination of transfer matrices (TM) for the entire FBG as a whole. The results of modeling a homogeneous FBG by both methods are presented in comparison with the spectrum obtained using a specialized software package. In addition, the results of modeling FBGs with a phase  $\pi$ -shift are presented. For both FBG models, the influence of the splitting interval of the homogeneous layers method on the resulting spectrum is studied. Based on the analysis of

<p>спектр. На основе анализа данных моделирования сформулированы дополнительные условия для моделирования ВБР с фазовым сдвигом, повышающие точность моделирования методом однородных слоев.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> математическое моделирование, волоконная брэгговская решетка, матрица передачи, плоские волны в неоднородной среде.</p>	<p>simulation data, additional conditions for modeling FBGs with a phase shift are formulated, which increase the accuracy of modeling by the method of homogeneous layers.</p> <p><b>Keywords:</b> mathematical modeling, fiber Bragg structures, transfer matrix, plane waves in an inhomogeneous medium.</p>
<p>ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ РАСХОДОМЕРЫ НА ДВУХ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТКАХ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ</p> <p><i>A.A. Potanin</i></p> <p><b>Аннотация:</b> В работе проанализированы структуры и характеристики типовых и нетиповых расходомеров жидкостей, основанные на измерении дифференциального давления волоконными брэгговскими решетками и обработке информации оптико-электронными спектральными методами. Дана постановка задач определения направления и расхода потока с помощью радиофотонных подходов, как один из вариантов развития расходомеров. Рассмотрена универсальная математическая модель для радиофотонного решения задач определения расхода и направления потока, определены требования к выбору их элементной базы, отличной от классических ВБР. Обсуждены возможности применения как датчиков расходомеров ВБР с фазовым <math>\pi</math>-сдвигом и адресных волоконных брэгговских структур, которые на первый взгляд могли бы улучшить метрологические характеристики, но широко для этого не применяются. В заключении обсуждены полученные результаты и определены пути развития и совершенствования волоконно-оптических расходомеров.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> расходомерия жидкостей; волоконно-оптический расходомер; волоконная брэгговская решетка; дифференциальный метод измерений; радиофотоника; волоконная брэгговская решетка с фазовым сдвигом; адресные волоконные брэгговские структуры; обработка в радиодиапазоне полученной в оптическом диапазоне информации о расходе и направлении потока жидкости.</p>	<p>FIBER-OPTIC DIFFERENTIAL FLOWMETER ON TWO FIBER BRAGG GRATINGS. DETERMINATION OF DIRECTIONS FOR DEVELOPMENT</p> <p><i>A.A. Potanin</i></p> <p><b>Abstract:</b> The paper analyzes the structures and characteristics of typical and non-typical liquid flowmeters based on the measurement of differential pressure by fiber Bragg gratings and information processing by optoelectronic spectral methods. The formulation of the problems of determining the direction and flow rate using radiophoton approaches is given as one of the options for the development of flowmeters. A universal mathematical model for the radiophoton solution of the problems of determining the flow rate and flow direction is considered, the requirements for choosing their element base, different from the classical FBGs, are determined. The possibilities of using FBG flowmeters with a phase <math>\pi</math>-shift and addressable fiber Bragg structures as sensors, which at first glance could improve the metrological characteristics, but are not widely used for this, are discussed. In conclusion, the obtained results are discussed and the ways of development and improvement of fiber-optic flowmeters are determined.</p> <p><b>Key words:</b> flow measurement of liquids; fiber optic flowmeter; fiber Bragg grating; differential measurement method; radio photonics; fiber-optic Bragg grating with a phase shift; targeted fiber Bragg structures; processing in the radio range of information received in the optical range about the flow rate and direction of the fluid flow.</p>

АДРЕСНЫЕ ВОЛОКОННЫЕ БРЭГГОВСКИЕ РЕШЕТКИ  
ДЛЯ КОНТРОЛЯ СКОРОСТИ ФРОНТА УДАРНОЙ ВОЛНЫ  
В ТРУБОПРОВОДАХ

*Е.В. Куликов*

**Аннотация.** В статье представлена малосенсорная радиофотонная система на основе адресных волоконных брэгговских структур (АВБС) для обеспечения контроля скорости движения ударной волны в трубопроводе в реальном масштабе времени. Данная система лишена недостатков, обусловленных применением в аналогичных системах дорогостоящих оптико-электронных интеррогаторов и широкополосных прямых детекторов видеоимпульсов, соответствующих кольцевому воздействию ударной волны на деформацию трубы в зоне установки датчика, как правило, волоконной брэгговской решетки (ВБР). Определены рекомендации по выбору метода измерения скорости – базного; конструкции датчика – петлеобразной, как наиболее рациональной с возможностью простой установки; обсуждены преимущества замены ВБР на ВБР с фазовым  $\pi$ -сдвигом или АВБС. Разработана структурная схема системы с измерениями по трем базам. Показано, что при использовании АВБС достигаемая погрешность измерения давления и времени составляет 0,01 %, а по скорости 0,08 м/с. Дополнительно проводится анализ применимости рассмотренных методов и средств для решения задач контроля скорости фронта в условиях шумовой, акустической и температурной нестабильностей, а также контроля давления, создаваемого ударной волной.

**Ключевые слова:** контроль скорости движения ударной волны в трубопроводе, волоконная брэгговская решетка, адресная волоконная брэгговская структура, трехбазная малосенсорная радиофотонная система, контроль давления в трубопроводе

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ДЛИНЫ ВОЛНЫ  
В ЗАДАЧАХ ОПТОВОЛОКОННОЙ СЕНСОРИКИ

*Т.А. Аглиуллин, В.И. Анфиногентов, Б.И. Валеев, А.Ж. Сахабутдинов*

**Аннотация.** В работе рассмотрены практические аспекты применения нейросетевых алгоритмов в применении определения центральной длины

TO CONTROL THE SHOCK WAVE FRONT VELOCITY  
IN PIPELINES

*E.V. Kulikov*

**Annotation.** The article presents a low-sensor radio-photon system based on addressable fiber Bragg structures (AFBS) for real-time control of the shock wave velocity in a pipeline. This system is devoid of disadvantages caused by the use in similar systems of expensive optoelectronic interrogators and broadband direct video pulse detectors corresponding to the annular effect of a shock wave on the pipe deformation in the sensor installation area, as a rule, a fiber Bragg grating (FBG). Recommendations for choosing the method of measuring the speed - the base one, the design of the sensor - loop-shaped, as the most rational with the possibility of simple installation, are determined, the advantages of replacing the FBG with the FBG with a phase  $\pi$ -shift or AFBS are discussed. A block diagram of the system with measurements on three bases has been developed. It is shown that when using AGBS, the achieved error in measuring pressure and time is 0.01%, and in terms of velocity 0.08 m/s. Additionally, an analysis is made of the applicability of the considered methods and means for solving the problems of front speed control under conditions of noise, acoustic and temperature instabilities, as well as control of pressure generated by a shock wave.

**Keywords:** shock wave speed control in a pipeline, fiber Bragg grating, addressable fiber Bragg structure, three-base low-sensor radiophotonic system, pressure control in a pipeline.

APPLICATION OF NEURAL NETWORK ALGORITHMS  
TO DETERMINE THE CENTRAL WAVE LENGTH  
IN PROBLEMS OF FIBER-OPTIC SENSORICS

*T.A. Agliullin, V.I. Anfinogentov, B.I. Valeev, A.Zh. Sakhabutdinov*

**Annotation.** The paper considers the practical aspects of the use of neural network algorithms in the application of determining the central wavelength

<p>волны волоконных решеток Брэгга, используемых в качестве чувствительных элементов датчиков оптоволоконных сенсорных сетей. Задача сформулирована для определения центральной длины волны одиночного датчика, параметры которого получены на анализаторе спектра с низким разрешением. Определены конфигурация нейронной сети, алгоритм формирования обучающего и контрольного набора данных. Результаты обучения нейронной сети выбранной конфигурации показали, что предложенный подход позволяет определить положение центральной длины волны с разрешающей способностью на два с половиной порядка превышающей ту разрешающую способность, с которой произведена дискретизация исходных данных.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> определение частотного сдвига спектра, нейронная сеть, стохастическая оптимизация, метод оптимизации Adam, искусственный интеллект, волоконно-оптические сенсорные сети, волоконные брэгговские решетки, метод определения центральной длины волны.</p>	<p>of fiber Bragg gratings used as sensitive elements of sensors in fiber optic sensor networks. The problem was formulated to determine the central wavelength of a single sensor, the parameters of which were obtained on a low-resolution spectrum analyzer. The configuration of the neural network, the algorithm for the formation of the training and control data set are determined. The results of training the neural network of the chosen configuration showed that the proposed approach allows determining the position of the central wavelength with a resolution of two and a half orders of magnitude higher than the resolution with which the initial data was discretized.</p> <p><b>Keywords:</b> determining the spectrum frequency shift, neural network, stochastic optimization, Adam optimization method, artificial intellect, fiber optics sensor networks, fiber Bragg gratings, central wavelength determination methods.</p>
<p style="text-align: center;"><b>НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ</b> <i>А.С. Камасёв, Д.В. Камасёва, А.А. Сибгатуллин</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В работе рассмотрено решение задачи оценки функционального состояния водителей на основе построения и исследования нейросетевой модели. Проанализированы типовые методы оценки функциональных состояний. Для решения задачи обоснована целесообразность использования пупиллометрии, как эффективного метода объективного контроля функционального состояния человека на основе анализа реакции его зрачков на световой импульс. Для анализа значений параметров пупиллограмм, таких как начальный и конечный диаметр зрачка, время его сужения и расширения, предложено использовать нейросетевую модель. В качестве исходных данных для анализа и нейросетевого моделирования использована собственная база пупиллограмм, полученная ранее в результате экспериментальных исследований оценки функционального состояния усталости здорового человека. Число пупиллограмм, соответствующих «норме» (состоянию бодрствования человека), составило 236, а «отклонению» (состоянию сильного переутомления) – 266. Исходные данные</p>	<p style="text-align: center;"><b>NEURAL NETWORK MODEL FOR ASSESSING THE FUNCTIONAL STATE OF DRIVERS IN TRANSPORT SAFETY SYSTEMS</b> <i>A.S. Katasev, D.V. Kataseva, A.A. Sibgatullin</i></p> <p><b>Annotation.</b> The paper considers the solution of the problem of assessing the functional state of drivers based on the construction and study of a neural network model. Typical methods for assessing functional states are analyzed. To solve the problem, the expediency of using pupillometry as an effective method of objective control of the functional state of a person based on the analysis of the reaction of his pupils to a light pulse is substantiated. To analyze the values of the pupillogram parameters, such as the initial and final pupillary diameter, the time of its constriction and expansion, it is proposed to use a neural network model. As initial data for analysis and neural network modeling, we used our own database of pupillograms, obtained earlier as a result of experimental studies of assessing the functional state of fatigue in a healthy person. The number of pupillograms corresponding to the "norm" (a state of wakefulness of a person) was 236, and "deviation" (a state of severe overwork) - 266. The initial data were presented in text form as a sequence of values of the diameters of a person's pupil within 3 seconds after the onset pupillary response every 0.04 seconds. According to the initial data, the</p>



были представлены в текстовом виде, как последовательности значений диаметров зрачка человека в течение 3-х секунд после начала зрачковой реакции через каждые 0,04 секунды. По исходным данным рассчитаны значения 12 параметров пупиллограмм с получением единой таблицы данных для анализа. Описан процесс подготовки данных к анализу и моделированию. На базе аналитической платформы Deductor произведена оценка качества данных, редактирование выбросов и экстремальных значений, разбиение данных на обучающее и тестовое множества, а также построение и исследование нейросетевой модели в виде однослойного перцептрона, состоящего из 12 входных нейронов, 1 выходного нейрона и 10 нейронов скрытого слоя. Для оценки эффективности построенной модели произведена серия исследований: оценка влияния вариантов разбиения данных для обучения и тестирования, типа функции активации и режима обучения нейросетевой модели на ее точность. Результаты исследований показали, что построенная модель является эффективной и может быть использована в составе интеллектуальной системы оценки функционального состояния усталости водителей транспортных средств.

**Ключевые слова:** нейросетевая модель, функциональное состояние водителя, пупиллометрия, моделирование, транспортная безопасность.

values of 12 pupillogram parameters were calculated to obtain a single data table for analysis. The process of preparing data for analysis and modeling is described. On the basis of the Deductor analytical platform, data quality was assessed, outliers and extreme values were edited, data was split into training and test sets, as well as the construction and study of a neural network model in the form of a single-layer perceptron, consisting of 12 input neurons, 1 output neuron and 10 hidden layer neurons. To evaluate the effectiveness of the constructed model, a series of studies was carried out: an assessment of the influence of data partitioning options for training and testing, the type of activation function and the learning mode of the neural network model on its accuracy. The results of the research showed that the constructed model is effective and can be used as part of an intelligent system for assessing the functional state of fatigue of vehicle drivers.

**Keywords:** neural network model, functional state of the driver, pupillometry, modeling, transport security.

РАДИОФОТОННАЯ СИСТЕМА БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР В ОБРАБАТЫВАЕМОМ МАТЕРИАЛЕ  
В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОЙ РАБОЧЕЙ КАМЕРЫ ЛАБОРАТОРНОЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ  
СВЧ-ДИАПАЗОНА

*Н.Е. Кувшинов, Рин.Ш. Мисбахов, Рус.Ш. Мисбахов,  
О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, А.Р. Насыбуллин, Джердави Дахам,  
М.Ю. Застела, Ю.И. Чони, А.М. Петрова*

**Аннотация:** В статье предложен новый этап модернизации calorиметрического метода бесконтактного измерения распределения температур в обрабатываемой среде, расположенной в рабочей камере лабораторной СВЧ технологической установки, на базе матрицы дискретных термопреобразователей из поглощающего материала. На данном этапе термопреобразователи расположены не только на нижней, но

RADIO-PHOTON SYSTEM FOR CONTACTLESS MEASUREMENT  
OF THE TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE PROCESSED  
MATERIAL UNDER THE CONDITIONS OF A CLOSED WORKING  
CHAMBER OF A LABORATORY TECHNOLOGICAL  
INSTALLATION MICROWAVE

*N.E Kuvshinov, Rin.Sh. Misbakhov, Rus.Sh. Misbakhov,  
O.G. Morozov, G.A. Morozov, A.R. Nasybullin, Jerdavi Daham,  
M.Yu. Zastela, Yu.I. Choni, A.M. Petrova*

**Abstract:** The article proposes a new stage in the modernization of the calorimetric method for non-contact measurement of temperature distribution in the processed medium, located in the working chamber of a laboratory microwave technological installation, based on a matrix of discrete thermal converters made of absorbing material. At this stage, thermal converters are located not only on the bottom, but also on the top wall of the working

<p>и на верхней стенке рабочей камеры. После измерения поля температур термопреобразователей оно может быть пересчитано в распределение поля температур в обрабатываемой среде, поскольку верхняя матрица датчиков будет учитывать отраженную составляющую мощности ЭМП, а нижняя – прошедшую, учитывая пропорциональность приращения их температур мощностям, которые воздействуют на каждый из термопреобразователей определенный период времени. Для решения вопроса удешевления системы опроса термопреобразователей, ее конструктивного упрощения и улучшения ее метрологических характеристик предложено использовать адресные волоконные брэгговские структуры нового комбинированного типа, встраиваемые в каждый термопреобразователь, и радиофотонные системы опроса полученной последовательности термопреобразователей-датчиков, соединенных оптическим волокном, которые кроме высокой чувствительности и высокой скорости отклика на изменение температуры, обеспечивают оператора информацией о номере опрашиваемого элемента матрицы (адресе). Показана универсальность применения таких датчиков как на пропускание, так и на отражение, что упрощает систему в целом и позволяет резервировать измерительные каналы, охватывающие в целом более 100 датчиков сверху и снизу.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> рабочая СВЧ-камера; распределение температур в обрабатываемой среде; бесконтактный калориметрический метод; матрица термопреобразователей; встроенные комбинированные адресные волоконные брэгговские структуры; радиофотонная система измерений.</p>	<p>chamber. After measuring the temperature field of thermal converters, it can be recalculated into the distribution of the temperature field in the medium being processed, since the upper matrix of sensors will take into account the reflected component of the EMF power, and the lower one will take into account the transmitted component, taking into account the proportionality of the increase in their temperatures to the powers that act on each of the thermal converters for a certain period of time. To solve the issue of reducing the cost of the system for interrogating thermal converters, its constructive simplification and improving its metrological characteristics, it is proposed to use addressable fiber Bragg structures of a new combined type, built into each thermal converter, and radio-photon systems for interrogating the obtained sequence of thermal converters-sensors connected by an optical fiber, which, in addition to high sensitivity and high speed response to temperature changes, provide the operator with information about the number of the matrix element being polled (address). The versatility of the use of such sensors for both transmission and reflection is shown, which simplifies the system as a whole and allows redundant measuring channels covering more than 100 sensors from above and below.</p> <p><b>Key words:</b> working microwave chamber; temperature distribution in the processed medium; contactless calorimetric method; matrix of thermal converters; built-in combined addressable fiber Bragg structures; radiophoton measurement system.</p>
<p style="text-align: center;">СИСТЕМА НЕИНВАЗИВНОГО КОНТРОЛЯ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА И ЖИЗНЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАЦИЕНТОВ НА ОСНОВЕ СМАРТ-МАТРАСА С ВСТРОЕННЫМИ ВОЛОКОННО- ОПТИЧЕСКИМИ АДРЕСНЫМИ СТРУКТУРАМИ <i>Р.М. Муратов</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В статье предлагается система мониторинга жизненных показателей пациентов на основе адресных волоконных брэгговских структур (АВБС) для ухода за больными в домах-интернатах для престарелых и инвалидов. Система может отслеживать жизненно важные показатели, например, точно измерить частоту пульса и частоту дыхания со средней погрешностью менее 1 удара в минуту, обнаружить внезапное</p>	<p style="text-align: center;">NON-INVASIVE CONTROL OF BODY MOVEMENT AND VITAL SIGNS OF PATIENTS BASED ON SMART MATTRESS WITH BUILT-IN FIBER OPTIC ADDRESS STRUCTURES <i>R.M. Muratov</i></p> <p><b>Abstract:</b> The article proposes a system for monitoring the well-being of patients based on targeted fiber Bragg structures (AVBS) for patient care in residential homes for the elderly and disabled. The system can monitor vital signs such as pulse, respiratory rate, temperature, movement, i.e. it is able to accurately measure the pulse rate and respiratory rate with an average error of less than 1 beat per minute, detect sudden temperature rise and unexpected rise</p>

повышение температуры и неожиданный подъем пациента с постели ночью, что имеет решающее значение для поддержания высокого качества лечения больного. В основе сенсорной части системы используются датчики давления на основе адресных волоконных брэгговских решеток. В отличие от дорогостоящих оптико-электронных интеррогаторов в системе применен радиопотонный интеррогатор, построенный на одном фотоприемнике для регистрации отраженных от решеток ЛЧМ-излучений на частотах биений, лежащих в радиодиапазоне.

**Ключевые слова:** частота дыхания, давление тела на поверхность, матрас, подъем/падение с постели, адресные волоконные брэгговские структуры, мониторинг.

from bed at night, which is crucial to maintain a high quality of patient treatment. The sensor part of the system is based on pressure sensors based on addressable fiber Bragg gratings. Unlike expensive optoelectronic interrogators, the system uses a radiophoton interrogator built on a single photodetector to register reflected from the arrays of LFM radiation at the beat frequencies lying in the radio range.

**Keywords:** respiratory rate, body pressure, mattress, getting out of bed, targeted fiber Bragg structures, monitoring.

2023. Т.3. №2

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СВЧ-СТРУКТУР БРЭГГОВСКОГО ТИПА, ВЫПОЛНЕННЫХ В КОАКСИАЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

*Насыбуллин А.Р., Фархутдинов Р.В., Ишкаев Т.М., Голованов М.С., Евгеньев К.И.*

**Аннотация.** В статье представлен подход к математическому описанию электродинамических структур в виде каскадного соединения отрезков коаксиальных линий, различающихся формой поперечного сечения и диэлектрическим заполнением. Такие структуры можно отнести к классу периодических СВЧ-структур брэгговского типа, если выполняется условие соизмеримости рабочих длин волн с пространственным периодом. Они обладают широкими перспективами использования в качестве преобразовательных элементов в задачах измерения и контроля диэлектрических характеристик различных материалов и веществ, что объясняется характерным увеличением чувствительности преобразования на некоторых частотах и рядом других преимуществ по сравнению с существующими измерителями диэлектрических параметров в СВЧ диапазоне. Предлагаемый в статье метод, в основе которого лежит принцип замещающего моделирования, в силу особенностей формируемых математических выражений может быть применен на любом этапе анализа, синтеза, оптимизации

MATHEMATICAL MODELING OF PERIODIC BRAGG-TYPE MICROWAVE STRUCTURES MADE IN COAXIAL LINES

*Nasybullin A.R., Farkhutdinov R.V., Ishkaev T.M., Golovanov M.S., Evgeniev K.I.*

**Abstract.** The article presents an approach to the mathematical description of electrodynamic structures in the form of a cascade connection of segments of coaxial lines that differ in cross-sectional shape and dielectric filling. Such structures can be attributed to the class of periodic Bragg-type microwave structures if the condition of commensurability of the operating wavelengths with the spatial period is satisfied. They have broad prospects for use as transducer elements in the problems of measuring and controlling the dielectric characteristics of various materials and substances, which is explained by a characteristic increase in the conversion sensitivity at certain frequencies and a number of other advantages compared to existing sensors of dielectric parameters in the microwave range. The method proposed in the article, which is based on the principle of substitutive modeling, due to the peculiarities of the formed mathematical expressions, can be applied at any stage of analysis, synthesis, optimization of transducer elements and in the procedures for solving inverse measurement problems.

<p>преобразовательных элементов и в процедурах решения обратных измерительных задач.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> периодические СВЧ-структуры, комплексная диэлектрическая проницаемость, коаксиальные линии, неоднородности, нерегулярности, численные методы электродинамики, замещающее моделирование</p>	<p><b>Keywords:</b> periodic microwave structures, complex permittivity, coaxial lines, inhomogeneities, irregularities, numerical methods of electrodynamics, replacement modeling</p>
<p style="text-align: center;"><b>ПРИНЦИПИАЛЬНЫЙ ПОДХОД К РАЗВИТИЮ 3D-НАНОЭЛЕКТРОНИКИ</b></p> <p style="text-align: center;"><i>R.R. Faizullin, A.R. Nasybullin, Z.Ya. Khalitov, D.N. Valeeva</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В статье кратко охарактеризовано новое направление в наноэлектронике, открывающее возможность создания трехмерных интегральных устройств с высоким быстродействием, энергоэффективностью и высокой плотностью расположения структурных элементов. Ключевой базовой ячейкой, для построения элементов 3D-наноэлектроники, представляются нанотрубки, среди которых особо выделяются диэлектрические, как позволяющие получить структуры с довольно широким спектром электронных свойств.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> наноэлектроника, оптический интерфейс, коаксиальная нанотрубка, диэлектрические нанотрубки, хризотил.</p>	<p style="text-align: center;"><b>PRINCIPAL APPROACH TO DEVELOPMENT 3D-NANOELECTRONICS</b></p> <p style="text-align: center;"><i>R.R. Faizullin, A.R. Nasybullin, Z.Ya. Khalitov, D.N. Valeeva</i></p> <p><b>Annotation.</b> The article briefly characterizes a new direction in nanoelectronics, which opens up the possibility of creating three-dimensional integrated devices with high speed, energy efficiency and high density of structural elements. The key base cell for constructing elements of 3D nanoelectronics is represented by nanotubes, among which dielectric ones stand out, as they make it possible to obtain structures with a fairly wide range of electronic properties.</p> <p><b>Keywords:</b> nanoelectronics, optical interface, coaxial nanotube, dielectric nanotubes, chrysotile.</p>
<p style="text-align: center;"><b>ВЕКТОРНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ДОПЛЕРОВСКОГО СДВИГА ЧАСТОТЫ ЛОКАЦИОННОГО СИГНАЛА НА ОСНОВЕ ТАНДЕМНОЙ АМПЛИТУДНО-ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИИ И ВОЛОКОННОЙ БРЭГГОВСКОЙ РЕШЕТКИ, ПОДДЕРЖИВАЮЩЕЙ ПОЛЯРИЗАЦИЮ</b></p> <p style="text-align: center;"><i>A.A. Lustina, P.E. Denisenko, R.M. Shagvaliyev, A.A. Ivanov, O.G. Morozov, G.A. Morozov, K.V. Vikulov, K.A. Silakov</i></p> <p><b>Аннотация.</b> Для измерения доплеровского сдвига частоты (ДСЧ) локационного сигнала, необходимого для контроля параметров полета БПЛА при приближении к зоне, закрытой для воздушного движения, разработаны два основных радиофотонных метода: скалярного и векторного фотосмещения. В статье, после проведенного анализа и</p>	<p style="text-align: center;"><b>VECTOR METER DOPPLER FREQUENCY SHIFTS LOCATION SIGNAL BASED ON TANDEM AMPLITUDE-PHASE MODULATION AND A FIBER BRAGG GRATING SUPPORTING POLARIZATION</b></p> <p style="text-align: center;"><i>A.A. Lustina, P.E. Denisenko, R.M. Shagvaliyev, A.A. Ivanov, O.G. Morozov, G.A. Morozov, K.V. Vikulov, K.A. Silakov</i></p> <p><b>Annotation.</b> To measure the Doppler frequency shift (DFS) of the radar signal, which is necessary to control the UAV flight parameters when approaching an area closed to air traffic, two main radio photon methods have been developed: scalar and vector photomixing. In the article, after the analysis and determination of the advantages of the latter, the concept of constructing a radio-photon vector DFS meter based on tandem amplitude-</p>

определения преимуществ последнего, предлагается концепция построения радиопотонного векторного измерителя ДСЧ на основе тандемной амплитудно-фазовой модуляции (ТАФМ) локационным и отраженным сигналами оптической несущей и частотного дискриминатора доплеровского сдвига, построенного на волоконной брэгговской решетке, поддерживающей поляризацию (ВБР-ПП). В качестве прототипа векторного измерителя используется ранее предложенный радиопотонный скалярный измеритель ДСЧ на основе ТАФМ локационным, опорным и отраженным сигналами оптической несущей и частотного дискриминатора доплеровского сдвига на ВБР с равными средними значениями показателя преломления по основным осям волокна, в котором она была записана. По сравнению с прототипом предлагается отказаться от использования опорного сигнала, а базовую часть схемы на основе ТАФМ переформатировать в схему с возможностью реализации синфазного  $I(t)$  и квадратурного  $Q(t)$  обнаружения отраженного сигнала. Приведены структура и экспериментальный стенд радиопотонного векторного измерителя ДСЧ, описание принципов их работы и результаты первых экспериментов, подтвердивших возможность упрощения конструкции измерителя, повышения стабильности его работы при изменении внешних условий, методика определения величины и знака ДСЧ на основе амплитудно-фазового радиочастотного детектора с погрешностью измерения менее  $1^\circ$ . Достигнутая погрешность измерения ДСЧ составляет  $\pm 1$  Гц.

**Ключевые слова:** БПЛА, радиолокация, радиофотоника, доплеровский сдвиг частоты, скалярный измеритель, векторный измеритель, тандемная амплитудно-фазовая модуляция, волоконная брэгговская решетка, поддерживающая поляризацию, амплитудно-фазовый детектор.

phase modulation (TAPM) with the location and reflected signals of an optical carrier and a frequency Doppler shift discriminator built on a fiber Bragg grating that maintains polarization (FBG) is proposed. -PP). As a prototype of the vector meter, the previously proposed radiophoton scalar DFS meter based on TAFM is used with the location, reference and reflected signals of the optical carrier and the Doppler shift frequency discriminator on the FBG with equal average values of the refractive index along the main axes of the fiber in which it was recorded. Compared with the prototype, it is proposed to abandon the use of the reference signal, and reformat the basic part of the TAFM-based circuit into a circuit with the possibility of implementing in-phase  $I(t)$  and quadrature  $Q(t)$  reflected signal detection. The structure and experimental stand of the radiophoton vector DFS meter, a description of the principles of their operation and the results of the first experiments, which confirmed the possibility of simplifying the design of the meter, increasing the stability of its operation when external conditions change, a method for determining the magnitude and sign of the DFS based on an amplitude-phase radio frequency detector with a measurement error, are given. less than  $1^\circ$ . The achieved measurement error of the DFS is  $\pm 1$  Hz.

**Keywords:** UAV, radar, radio photonics, Doppler frequency shift, scalar meter, vector meter, tandem amplitude-phase modulation, polarization-maintaining fiber Bragg grating, amplitude-phase detector.

РАДИОФОТОННЫЙ ТРАКТ СИГНАЛОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ  
МНОГОЧАСТОТНОЙ МИКРОВОЛНОВОЙ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ  
СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

*И.Н. Ростокин, Е.В. Федосеева, Е.А. Ростокина, И.Ю. Холодов,  
М.А. Матюков, Н.В. Кокуров*

**Аннотация.** В работе представлены результаты экспериментальных исследований вариантов построения трактов промежуточной частоты микроволновых радиометрических систем, основанных на традиционной схеме построения с использованием медных коаксиальных линий передачи сигналов промежуточной частоты микроволновых радиометрических приемников и перспективной радиофотонной волоконно-оптической линии передачи микроволновых сигналов с внутренней модуляцией. Целью работы является оценка возможности реализации радиофотонного тракта для передачи сигналов промежуточной частоты в составе перспективных микроволновых радиометрических систем дистанционного зондирования атмосферы. Задачи работы - анализ характеристик радиофотонных передающих и приемных модулей в составе тракта промежуточной частоты многочастотной микроволновой радиометрической системы дистанционного зондирования атмосферы в сравнении с коаксиальной радиочастотной линией передачи.

**Ключевые слова:** радиофотоника, многочастотные микроволновые радиометрические системы, дистанционное зондирование, радиофотонные тракты передачи микроволновых сигналов.

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСИРОВАННОГО  
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА  
ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

*К.А. Ходжанепесов, А. Ниязгулыева,  
Д.Н. Матвеев, И.И. Нуреев, Э.В. Белов, Т.А. Аглиуллин, Рус.Ш. Мисбахов,  
В.Ю. Виноградов, Г.Д. Коверин*

**Аннотация.** В статье предлагается концепция построения комплексированного волоконно-оптического датчика для одновременного измерения относительной влажности и температуры

RADIOPHOTONIC PATH OF INTERMEDIATE FREQUENCY SIGNALS  
OF MULTI-FREQUENCY MICROWAVE RADIO METRIC SYSTEM FOR  
REMOTE SENSING OF THE ATMOSPHERE

*I.N. Rostokin, E.V. Fedoseeva, E.A. Rostokina, I.Y. Kholodov,  
M.A. Matyukov, N.V. Kokurov*

**Annotation.** The paper presents the results of experimental studies of variants of construction of intermediate frequency paths of microwave radiometric systems based on the traditional scheme of construction using copper coaxial transmission lines of intermediate frequency signals of microwave radiometric receivers and promising radiophotonic fiber-optic transmission line of microwave signals with internal modulation. The aim of the work is to evaluate the possibility of realization of the radiophotonic path for transmission of intermediate frequency signals as a part of perspective microwave radiometric systems for remote sensing of the atmosphere. The objectives of the work are to analyze the characteristics of radiophotonic transmitting and receiving modules as part of the intermediate frequency path of a multi-frequency microwave radiometric system for remote sensing of the atmosphere in comparison with a coaxial radio-frequency transmission line.

**Keywords:** radiophotonics, multi-frequency microwave radiometric systems, remote sensing, radiophotonic microwave signal transmission paths.

THE CONCEPT OF BUILDING INTEGRATED FIBER OPTIC SENSOR  
FOR SOLAR MONITORING

*K.A. Khodjanepesov, A. Niyazgulyeva,  
D.N. Matveev, I.I. Nureev, E.V. Belov, T.A. Agliullin, Rus.Sh.  
Misbakhov, V.Yu. Vinogradov, G.D. Coverin*

**Annotation.** The article proposes the concept of building a complex fiber-optic sensor for simultaneous measurement of relative humidity and air temperature, as well as the temperature of a solar battery. The

воздуха, а также температуры солнечной батареи. Датчик представлен двойной структурой, состоящей из двухкаскадного интерферометра Фабри-Перо для измерения относительной влажности и температуры воздуха и двухкомпонентной волновой адресной волоконной брэгговской структуры для измерения температуры солнечной батареи. Датчик вставляется ортогонально плоскости фотоэлектрической панели солнечной батареи в сформированное в ней технологическое отверстие так, что расстояние между адресной волоконной брэгговской структурой и модулем интерферометров Фабри-Перо позволяет без перекрестных искажений одновременно измерять относительную влажность и температуру воздуха, а также температуру солнечной батареи. Изменение относительной влажности влияет только на показатель преломления внешнего интерферометра, тогда как изменение температуры воздуха влияет на показатель преломления обоих интерферометров. Изменение температуры солнечной батареи влияет только на центральную длину волны адресной волоконной брэгговской структуры. Решив систему уравнений по указанным параметрам, относительную влажность и температуру воздуха, а также температуру солнечной батареи можно контролировать одновременно. Приведены структура и конструкция комплексированного волоконно-оптического датчика, результаты первых экспериментов, подтвердившие возможность одновременного измерения рассматриваемых параметров, влияющих на эффективность работы солнечных батарей.

**Ключевые слова:** солнечная батарея, мониторинг эффективности преобразования, комплексированный волоконно-оптический датчик, двухслойный интерферометр Фабри-Перо, двухкомпонентная волновая адресная волоконная брэгговская структура, относительная влажность воздуха, температура воздуха, температуры солнечной батареи.

sensor is represented by a double structure, consisting of a two-stage Fabry-Perot interferometer for measuring relative humidity and air temperature and a two-component wave addressable fiber Bragg structure for measuring the temperature of a solar battery. The sensor is inserted orthogonally to the plane of the photovoltaic panel of the solar battery into the technological hole formed in it so that the distance between the addressable fiber Bragg structure(s) and the Fabry-Perot interferometer module allows, without cross-distortions, to simultaneously measure the relative humidity and air temperature, as well as the temperature of the solar battery. A change in relative humidity only affects the refractive index of the outer interferometer, while a change in air temperature affects the refractive index of both interferometers. Changing the temperature of the solar battery affects only the central wavelength of the addressable fiber Bragg structure. By solving the system of equations for the specified parameters, relative humidity and air temperature, as well as the temperature of the solar battery can be controlled simultaneously. The article presents the structure and design of a complex fiber-optic sensor and the results of the first experiments, which confirmed the possibility of simultaneous measurement of the considered parameters that affect the efficiency of solar batteries.

**Keywords:** solar cell, conversion efficiency monitoring, complex fiber-optic sensor, two-layer Fabry-Perot interferometer, two-component wave addressable fiber Bragg structure, relative air humidity, air temperature, solar battery temperature.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ  
УРОВНЯ ВОДЫ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ

*А.И. Шакирова, И.И. Ганибаев*

**Аннотация.** В работе рассматривается один из способов измерения уровня воды на гидротехнических сооружениях. Актуальность данной работы обусловлена увеличением количества чрезвычайных ситуаций

FIBER-OPTIC SENSOR SYSTEMS FOR MEASURING THE WATER  
LEVEL IN HYDRO-ENGINEERING STRUCTURES

*A.I. Shakirova, I.I. Ganibaev*

**Annotation.** The paper considers one of the methods for measuring the water level in hydraulic structures. Increasingly, emergency situations occur at hydraulic structures due to excessive overflow of

<p>на гидротехнических сооружениях, возникающих из-за чрезмерного переполнения водохранилища во время весеннего половодья и выпадения обильных осадков, тогда гидротехнические затворы не справляются с сверхнормативными объемами воды. Аварии на таких объектах могут возникать внезапно и представлять огромную опасность как для самих объектов, так и для близлежащих населенных пунктов, объектов экономики и сельскохозяйственных угодий. Поэтому требуется тщательное наблюдение за уровнем воды на гидротехнических сооружениях с целью выявления любых возможных чрезвычайных ситуаций. Повышение уровня воды в гидротехнических сооружениях можно измерить, внедрив систему из волоконно-оптических датчиков в гидротехнические затворы и таким образом считывать уровень воды в режиме реального времени.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> волоконно-оптические сенсорные системы, гидротехнические сооружения, затворы, уровень воды, чрезвычайные ситуации, аварии</p>	<p>the reservoir during the spring flood and heavy precipitation, then hydraulic gates cannot cope with excess volumes of water. The relevance of this work is due to the increase in the number of emergencies caused by floods. Accidents at such facilities can occur suddenly and pose a great danger both to the facilities themselves and to nearby settlements, economic facilities and agricultural land. Therefore, careful monitoring of the water level at hydraulic structures is required in order to identify any possible emergencies. Water level rise in waterworks can be measured by incorporating a system of fiber optic sensors into waterworks gates and thus reading the water level in real time.</p> <p><b>Key words:</b> fiber-optic sensor systems, hydraulic structures, gates, water level, emergencies, accidents.</p>
<p style="text-align: center;"><b>ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ВЫСОКОГО ПОРЯДКА КАК МЕТОД СУБПИКСЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ В ЗАДАЧАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ДЛИНЫ ВОЛНЫ</b> <i>Т.А. Аглиуллин, В.И. Анфиногентов, Б.И. Валеев, А.Ж. Сахабутдинов</i></p> <p><b>Аннотация.</b> Целью работы является внесение вклада в базу знаний о методах и средствах субпиксельной обработки одномерных дискретных спектров и сигналов, задачей которых является определение положения максимума в спектре (или сигнале) с точностью, превышающей на два и более порядка интервал дискретизации сигнала.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> определение частотного сдвига спектра, субпиксельная обработка сигналов, центральная длина волны спектра отражения, методы уточнения центральной длины волны.</p>	<p style="text-align: center;"><b>HIGH-ORDER INTERPOLATION AS A SUB-PIXEL PROCESSING METHOD IN CENTRAL WAVELENGTH ESTIMATION PROBLEMS</b> <i>T.A. Agliullin, V.I. Anfinogentov, B.I. Valeev, A.Zh. Sakhabutdinov</i></p> <p><b>Annotation:</b> The goal of the work is to contribute to the knowledge base of methods and tools for sub-pixel processing of one-dimensional discrete spectra and signals for determining the position of the maximum of the spectrum (or signal) with an accuracy exceeding by two or more orders of magnitude the signal sampling interval.</p> <p><b>Keywords:</b> frequency shift detection, subpixel signal processing, central wavelength of reflection spectrum, central wavelength refinement methods.</p>
<p style="text-align: center;"><b>МЕТОДЫ И СРЕДСТВА РЕАБИЛИТАЦИОННОЙ ПОМОЩИ. ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС «УМНАЯ ПАЛАТА»</b> <i>К.О.Бодров, А.Д.Зайнутдинов, О.Г.Бодров</i> <i>(Научный руководитель: Р.А.Бодрова, д.м.н., доц., зав. кафедрой реабилитологии и спортивной медицины)</i></p>	<p style="text-align: center;"><b>METHODS AND MEANS OF REHABILITATION ASSISTANCE. SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX "SMART ROOM"</b> <i>K.O. Bodrov, A.D. Zainutdinov, O.G. Bodrov</i> <i>(Supervisor: R.A. Bodrova<sup>2</sup>, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Rehabilitology and Sports Medicine)</i></p>



<p><b>Аннотация.</b> «Умная палата» – это аппаратно-программный комплекс, позволяющий пациенту с ограниченными возможностями выполнять базовые, бытовые действия, управляя приборами и устройствами при помощи движения глаз. Программно-аппаратный комплекс реализован на базе миникомпьютера. Перед пациентом устанавливается монитор и видеокамера, фиксирующая указания пациента, выполняемые при помощи движения зрачков глаз. С помощью специальной программы, считывающей движения зрачков глаз пациента, программный модуль «умной палаты» получает команду управления и приводит в действие те или иные механизмы. В оборудовании предусмотрен интерфейс управления освещенностью, шторами (открытие/закрытие) и пр.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> умная палата, средства реабилитации, нейросетевые алгоритмы, визуальный интерфейс управления.</p>	<p><b>Annotation.</b> "Smart ward" is a hardware and software complex that allows a patient with disabilities to perform basic, everyday activities, controlling instruments and devices with the help of eye movement. The software and hardware complex is implemented on the basis of a minicomputer; a monitor and a video camera are installed in front of the patient, which records the patient's instructions performed using the movement of the pupils of the eyes. With the help of a special program that reads the movements of the pupils of the patient's eyes, the "smart board" software module receives a control command and activates certain mechanisms. The equipment provides an interface for controlling lighting, curtains (opening / closing), etc.</p> <p><b>Key words:</b> smart ward, rehabilitation methods and tools, neural network algorithms, visual control interface.</p>
<p style="text-align: center;"><b>МЕТОД АУДИТА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ПАРОЛЕЙ НА БАЗЕ АРХИТЕКТУРЫ НЕЙРОННОЙ СЕТИ LSTM</b> <i>И.В. Аникин, Р.Р. Хаеров</i></p> <p><b>Аннотация.</b> Целью работы является повышение эффективности процедуры аудита «хорошо запоминаемых» пользовательских паролей за счет разработки метода реализации направленного их перебора от наиболее вероятных к наименее вероятным, с учетом вероятностей появления отдельных символов и их групп. Разработанный метод позволяет формировать списки паролей, упорядоченные согласно вероятности их встречаемости. Для этого использована архитектура нейронной сети LSTM (long short-term memory). Для оценки эффективности разработанного метода проведено сравнение позиций исследуемых паролей в эталонном (используемым при прямом переборе паролей) и упорядоченном (сформированном предложенным методом) списках. Показано, что предложенный метод аудита «хорошо запоминаемых» пользовательских паролей является более эффективным по сравнению с полным их перебором.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> аутентификация, пользовательский пароль, аудит, нейронная сеть, LSTM.</p>	<p style="text-align: center;"><b>METHOD FOR USER’S PASSWORDS AUDIT BASED ON LSTM NEURAL NETWORK</b> <i>I.V. Anikin, R.R. Haerov</i></p> <p><b>Annotation.</b> The aim of the work is to increase the efficiency of the audit procedure for “well-remembered” user passwords by developing a method for implementing their directed enumeration from the most probable to the least probable, taking into account the probabilities of occurrence of individual characters and their groups in them. The suggested method makes generates lists of passwords ordered according to their probability of occurrence. We used LSTM neural network for that. To evaluate the effectiveness of the suggested method, we compared the positions of passwords in the ordered (formed by the suggested method) and reference (used in brute-force) lists. We showed that the suggested method of auditing user passwords is more efficient than brute-force.</p> <p><b>Keywords:</b> authentication, password, audit, neural network, LSTM.</p>

A NOVEL METHOD FOR EXAMINING TEMPERATURE SENSOR NOISE:  
HOW CAN THE OPTIMAL DEVICE BE SELECTED USING THE  
CORRELATION OF IMPORTANT PARAMETERS?

*Nigmatullin Raoul R., Alexandrov Vadim S.*

**Abstract.** By comparing ten important parameters, the authors of this work present a novel method for determining which test measuring device is most similar to a particular reference sample: the comparative analysis of positive and negative fluctuations (CAPoNeF). In the absence of any potential outside influences, the output signals recorded from the available set of temperature sensors were used as the original data. Choosing the optimal sensor is not possible with the current treatment approaches. All the same, the issue can be resolved using the CAPoNeF approach, which makes it possible to choose the optimal element according to its features of fluctuation and noise.

The distribution of the "prizes" and selection of the best sensor among the suggested ones were made possible by the analysis of the reduced matrix  $N$  (number of local minima)  $\cong M$  (number of relevant parameters). When compared to the reference sample, which is the average of all recorded values across the temperature scale, analysis of the noise of temperature sensors across the manufacturer's specified temperature range revealed high data processing accuracy. As this method is developed further, it will be possible to analyze electronic components automatically and put in place as traffic light system.

**Keywords:** temperature, noise of measurements, optimal selection of sensor type, correlation of important parameters, comparative analysis of positive and negative fluctuations.

НОВЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ШУМОВ ДАТЧИКА  
ТЕМПЕРАТУРЫ: КАК ВЫБРАТЬ ОПТИМАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО  
ПО КОРРЕЛЯЦИИ ВАЖНЫХ ПАРАМЕТРОВ?

*Нигматуллин Равиль Р., Александров Вадим С.*

**Аннотация.** Сравнивая десять важных параметров, авторы данной работы представляют новый метод определения того, какой тестовый измерительный прибор наиболее близок к имеющемуся эталонному образцу – метод сравнительного анализа положительных и отрицательных флуктуаций (CAPoNeF). При отсутствии потенциальных внешних воздействий за исходные данные для сравнения использовались выходные сигналы, записанные с имеющегося набора датчиков температуры. Выбор оптимального датчика невозможен при существующих подходах к их обработке. Однако, вопрос можно решить, используя подход CAPoNeF, который позволяет выбрать оптимальный датчик по особенностям их флуктуаций и шумов.

Ранжирование датчиков и выбор лучшего из предложенных стали возможны, благодаря анализу приведенных матриц  $N$  (количество локальных минимумов)  $\cong M$  (количество значимых параметров). Анализ шумов датчиков температуры в заданном производителем температурном диапазоне по сравнению с эталонным образцом, представляющим собой среднее значение всех зафиксированных значений по температурной шкале, выявил высокую точность обработки данных. По мере дальнейшего развития этого метода появится возможность автоматически анализировать электронные компоненты и использовать их ранжирование по системе светофора.

**Ключевые слова:** температура, шум измерений, оптимальный выбор типа датчика, корреляция важных параметров, сравнительный анализ положительных и отрицательных флуктуаций.

MATHEMATICAL PRINCIPLES OF FRACTANCE APPROXIMATION  
CIRCUITS AND THEIR APPLICATIONS

*Yuan Xiao, Yu Bo*

**Abstract:** This article is written to commemorate the 100<sup>th</sup> anniversary of the birth of Rashid Shakirovich Nigmatullin. He first realized the fractal element performing the differentiation and integration operation of the half-order in electrochemistry in the early 1960s. In recent years, as the theory and application of fractional calculus has become a hot topic in many fields, the circuit modeling and mathematical modeling of complex fractional order phenomena and processes, as well as the physical realization and practical applications of fractional order circuits and systems are particularly important and urgent. Designing and constructing fractance approximation circuits (FACs) are an effective technique to realize fractional operators and fractional elements. In this article, we will introduce and discuss the research and development of FACs. The main contents are: 1) some pioneers in the research of FACs; 2) basic concepts of fractional-order circuit elements and FACs; 3) Oldham fractal chain circuits and their mathematical descriptions, some classical half-order fractal FACS; 4) mathematical basis of the frequency-domain analysis—frequency-domain characteristics and operational characteristics; 5) Liu-Kaplan fractal chain circuits and their mathematical descriptions; 6) scaling extension theory and irregular scaling equations.

**Keywords:** fractional element, fractional operator, fractance, fractor, fractal fractance approximation circuits, operational characteristics, analogical circuit modeling, mathematical rational approximation, scaling extension, irregular scaling equations.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМ  
ФРАКТАНСКОЙ АППРОКСИМАЦИИ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ

*Юань Сяо, Ю Бо*

**Аннотация:** Данная статья написана к 100-летию со дня рождения Рашида Шакировича Нигматуллина. В начале 1960-х годов он впервые реализовал фрактальный элемент, выполняющий операции дифференцирования и интегрирования половинного порядка в электрохимии. В последние годы, когда теория и применение дробного исчисления стали горячей темой во многих областях, схемное и математическое моделирование сложных явлений и процессов дробного порядка, а также их физическая реализация и практическое применение схем и систем дробного порядка являются особенно важными и востребованными. Проектирование и построение схем фрактансной аппроксимации (СФА) являются эффективным методом реализации дробных операторов и дробных элементов. В этой статье мы представили и обсудили исследования и разработки в области СФА по следующим направлениям: 1) пионеры в исследовании СФА; 2) основные понятия об элементах схем дробного порядка и СФА; 3) фрактальные цепочечные схемы Олдема и их математические описания, некоторые классические фрактальные СФА половинного порядка; 4) математические основы анализа в частотной области – характеристики в частотной области и рабочие характеристики; 5) фрактальные цепочки Лю-Каплана и их математические описания; 6) теория масштабного расширения и нерегулярные уравнения масштабирования.

**Ключевые слова:** фрактальный элемент, фрактальный оператор, фрактанс, фактор, фрактал, схемы фрактансной аппроксимации, рабочие характеристики, моделирование аналоговых схем, математическая рациональная аппроксимация, масштабное расширение, нерегулярные уравнения масштабирования.

DESIGN OF FRACTIONAL OSCILLATOR CIRCUIT  
FOR SENSING DIFFERENT TYPES OF LOSSY CAPACITORS:  
A NEW PERSPECTIVE ON STABILITY  
*Arpit Sourav Mohapatra, Karabi Biswas*

**Abstract.** This article explores the novel concept of modeling lossy capacitive sensors as fractional capacitors and leveraging fractional oscillators a signal conditioning circuit to enhance sensor performance. The fractional oscillator offers several distinct advantages, notably, detecting a wide range of leakage resistance and capacitance values, while also enabling determination of sensor location within the circuit. To address low leakage resistance sensing, the oscillator is designed at 100 kHz, with comprehensive considerations for non-idealities such as limited gain and gain-bandwidth product. A simplified theory for analyzing the stability of the oscillator is discussed in which the stability is determined by comparing imaginary frequency to oscillating frequency.

**Key words:** fractional order capacitor, fractional order oscillator, signal conditioning circuit, lossy capacitive sensors, theory for analyzing the stability

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ДРОБНОГО ГЕНЕРАТОРА  
ДЛЯ РАЗЛИЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК КОНДЕНСАТОРОВ  
С ПОТЕРЯМИ: НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА СТАБИЛЬНОСТЬ  
*Arpit Sourav Mohapatra, Karabi Biswas*

**Аннотация.** В этой статье исследуется новая концепция моделирования емкостных датчиков с потерями в виде дробных конденсаторов и применения дробных генераторов в качестве схем формирования сигналов для повышения качества различения их характеристик. Дробный генератор обладает несколькими явными преимуществами, в частности, обнаружением широкого диапазона значений сопротивления утечки и емкости, а также возможностью определять местоположение датчика внутри цепи. Для решения проблемы обнаружения с низким сопротивлением утечки генератор спроектирован на частоту 100 кГц с учетом всех неидеальностей, таких как ограниченные усиление и произведение усиления на полосу пропускания. Обсуждается упрощенная теория анализа стабильности генератора, в рамках которой стабильность определяется путем сравнения частоты колебаний с ее мнимой составляющей.

**Ключевые слова:** конденсатор дробного порядка, генератор дробного порядка, схема формирования сигнала, емкостные датчики с потерями, теория для анализа устойчивости генераторов.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЗОНДОВ МЕТОДОМ ПЕРЕТЯЖКИ  
*M.V. Dashkov, E.V. Belov, A.Zh. Sahabuddinov*

**Аннотация.** В работе приведены результаты сравнительного анализа вариантов изготовления волоконно-оптических зондов методом перетяжки, проведенного на основе экспериментальных исследований. Представлены результаты измерения передаточных характеристик волоконно-оптических зондов при использовании в качестве чувствительного элемента зонда интерферометра Фабри-Перо.

**Ключевые слова:** оптическое волокно, сенсор, интерферометр Фабри-Перо, перетяжка, передаточная характеристика.

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR MANUFACTURING  
FIBER OPTIC PROBES USING THE TAPERING TECHNIQUE  
*M.V. Dashkov, E.V. Belov, A.Zh. Sahabuddinov*

**Annotation.** The paper provides a comparative analysis of methods for manufacturing fiber-optic probes using the tapering technique based on experimental studies. The transfer characteristics of fiber-optic probes for application in Fabry-Perot interferometer were measured and results are presented.

**Keywords.** Optical fiber, sensor, Fabry-Perot interferometer, tapering, transfer characteristic.

ПОСТРОЕНИЕ И ОЦЕНКА НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ  
РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

*Р.М. Хусаинов, Н.Г. Талипов, А.С. Катасёв*

**Аннотация.** Целью исследования является решение задачи распознавания дорожных объектов с помощью нейросетевой модели. Для ее решения обоснована целесообразность использования сверточных нейронных сетей. Для построения модели использован набор данных из сети Интернет, представляющий собой изображения следующих дорожных объектов: дорожные знаки, дорожная разметка, светофоры. Для построения модели выбраны инструментальные средства: язык программирования Python и среда разработки IDLE. При написании программного кода применялись библиотеки: Open CV, Python Imaging Library, Tensorflow, Keras, Pandas, Sklearn, Matplotlib. В результате анализа существующих архитектур нейронных сетей для построения модели выбрана архитектура LeNet. В архитектуре использованы две функции активации: Relu и Softmax. Построенная модель состоит из четырех слоев свертки, двух слоев подвыборки и двух полносвязных слоев. В полносвязном слое используются три нейрона, которые относятся к классам дорожных объектов. Модель обучалась в течение 15 эпох. На собственной выборке данных, состоящей из 190 изображений, собранных на городских дорогах г. Казани с учетом различных факторов (сезонные и временные условия), проводилось тестирование модели. Точность распознавания дорожных объектов на обучающей выборке данных составила 91,44%, на тестовом наборе данных - 92%, что подтверждает адекватность построенной модели. Для оценки построенной модели спроектирована матрица ошибок, рассчитаны значения метрик precision, recall и f1-score. В перспективе планируется построение других видов моделей, расширение набора данных, а также разработка мобильного приложения для автоматического распознавания дорожных объектов.

**Ключевые слова:** нейронные сети, дорожные объекты, распознавание объектов, дорожно-транспортные происшествия, точность распознавания.

CONSTRUCTION AND EVALUATION OF A NEURAL NETWORK  
MODEL FOR ROAD OBJECT RECOGNITION

*R.M. Khusainov, N.G. Talipov, A.S. Katasev*

**Annotation.** The purpose of the study is to solve the problem of road objects recognition using a neural network model. To solve this problem, the feasibility of using convolutional neural networks is justified. To build the model, a data set from the Internet was used, which represents images of the following road objects: road signs, road markings, traffic lights. To build the model, the following tools were chosen: the Python programming language and the IDLE development environment. When writing the program code, the following libraries were used: Open CV, Python Imaging Library, Tensorflow, Keras, Pandas, Sklearn, Matplotlib. As a result of the analysis of existing neural network architectures, the LeNet architecture was chosen to build the model. The architecture uses two activation functions: Relu and Softmax. The constructed model consists of four convolution layers, two subsampling layers and two fully connected layers. The fully connected layer uses three neurons that belong to the classes of road objects. The model was trained for 15 epochs. The model was tested on our own data sample, consisting of 190 images collected on city roads in Kazan, taking into account various factors (seasonal and time conditions). The accuracy of recognition of road objects on the training data set was 91.44%, on the test data set - 92%, which confirms the adequacy of the constructed model. To evaluate the constructed model, an error matrix was designed, and the values of the metrics precision, recall and f1-score were calculated. In the future, it is planned to build other types of models, expand the data set, and also develop a mobile application for automatic recognition of road objects.

**Keywords:** neural networks, road objects, object recognition, road accidents, recognition accuracy

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ  
ПРОМЫШЛЕННОГО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА

*Белявская Т.В., Лукина С.В.*

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные особенности промышленного оптико-электронного производства. Представлен анализ особенностей зарубежных и отечественных систем оптико-электронного производства, а также их сравнение, позволившее, определить основные направления совершенствования российской производственной системы оптико-электронной отрасли.

**Ключевые слова:** оптико-электронное производство, оптоэлектронная промышленность, оптоэлектроника, промышленное производство, оптико-электронная отрасль, производственная система.

ANALYSIS OF MODERN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT  
INDUSTRIAL OPTICAL-ELECTRONIC PRODUCTION

*Belyavskaya T.V., Lukina S.V.*

**Annotation.** The article discusses the main features of industrial optical-electronic production. An analysis of the features of foreign and domestic optical-electronic production systems is presented, as well as their comparison, which made it possible to determine the main directions for improving the Russian production system of the optical-electronic industry.

**Keywords:** optoelectronic production, optoelectronic industry, optoelectronics, industrial production, optoelectronic industry, production system.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОФОТОННОГО УСТРОЙСТВА  
ФОРМИРОВАНИЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ПОМЕХ

*Д.Л. Хайруллина, И.И. Нуреев*

**Аннотация.** В работе приведен один из возможных методов формирования сверхширокополосных радиочастотных помех на основе применения тандемной амплитудно-фазовой модуляции оптической несущей. В статье рассмотрены основные понятия сверхширокополосных сигналов и преимущества технологии радиофотоники для их формирования в заданном диапазоне и с заданным функциональным назначением. Получены результаты моделирования предложенного устройства формирования и предложены варианты применения сверхширокополосных помех.

**Ключевые слова:** радиофотоника, сверхширокополосный сигнал, формирователь шумовых помех, тандемная амплитудно-фазовая модуляция, моделирование.

SIMULATION OF MICROWAVE PHOTONIC DEVICE  
FOR ULTRA-WIDEBAND INTERFERENCE FORMING

*D.L. Khairullina, I.I. Nureev*

**Annotation.** The paper presents one of the possible methods for implementing ultra-wideband radio frequency interference based on the use of tandem amplitude-phase modulation of an optical carrier. The article discusses the basic concepts of ultra-wideband signals and the advantages of radiophotonics technologies for their formation in a given range and with a given functional purpose. Simulation results of the proposed forming device were obtained and options for the use of ultra-wideband interference were proposed.

**Keywords:** radio photonics, ultra-wideband signal, noise generator, tandem amplitude-phase modulation, modeling.

ОБНАРУЖЕНИЕ ПЕШЕХОДОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ НА ОСНОВЕ  
МОДЕЛИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

*М.М. Ляшева, С.А. Ляшева, М.П. Шлеймович*

**Аннотация.** В работе рассмотрена задача обнаружения пешеходов на изображениях в интеллектуальных системах поддержки водителей транспортных средств. Решение указанной задачи имеет важное значение при разработке и внедрении интеллектуальных транспортных систем в рамках реализации концепции «Умный город». Целью работы является выбор метода обработки изображений для точного и быстрого обнаружения пешеходов при ограничении нагрузки на вычислительные ресурсы системы. Приведены основные классы решения задачи обнаружения объектов на изображениях. Показано, что традиционные методы обработки изображений являются менее требовательными и более быстрыми по сравнению с методами на основе глубокого обучения, но существенно уступают последним по точности. Выполнен анализ одноэтапных и двухэтапных моделей глубокого обучения, применяемых для обнаружения заданных объектов. По результатам анализа выбрана модель YOLOv4-tiny. На основе данной модели реализована программа, позволившая провести экспериментальные исследования по обнаружению пешеходов на изображениях. Предложенный подход показал свою эффективность и может быть использован для разработки интеллектуальных систем поддержки водителей транспортных систем.

**Ключевые слова:** умный город, интеллектуальная транспортная система, интеллектуальная система поддержки водителя транспортного средства, методы обнаружения объектов на изображениях, модели глубокого обучения для обнаружения объектов на изображениях.

PEDESTRIAN DETECTION IN IMAGES BASED ON DEEP LEARNING  
MODEL

*M.M. Lyasheva, S.A. Lyasheva, M.P. Shleymovich*

**Annotation.** The paper considers the problem of detecting pedestrians in images in intelligent vehicle driver support systems. The solution of this problem is important in the development and implementation of intelligent transport systems within the framework of the implementation of the "Smart City" concept. The aim of the work is to choose an image processing method for accurate and fast detection of pedestrians with limited computing resources of the system. The main classes of solving the problem of detecting objects in images are given. It is shown that traditional image processing methods are less demanding and faster than methods based on deep learning, but significantly inferior to the latter in accuracy. The analysis of one-stage and two-stage deep learning models used to detect specified objects is performed. Based on the results of the analysis, the YOLOv4-tiny model was selected. Based on this model, a program was implemented that allowed experimental studies to be carried out to detect pedestrians in images. The proposed approach has shown its effectiveness and can be used to develop intelligent vehicle driver support systems.

**Keywords:** smart city, intelligent transport system, intelligent vehicle driver support system, object detection methods in images, deep learning models for object detection in images.

РАСПОЗНАВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РУКОПИСНЫХ ПОДПИСЕЙ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ТЕОРИИ  
НЕЧЁТКИХ МНОЖЕСТВ

*Э.С. Анисимова, И.В. Аникин*

RECOGNITION OF DYNAMIC HANDWRITTEN SIGNATURES USING  
METHODS OF FUZZY SET THEORY

*E.S. Anisimova, I.V. Anikin*

**Аннотация.** Работа посвящена распознаванию рукописных подписей, введённых с помощью графического планшета. Предложена признаковая модель рукописной подписи, характеризующая особенности динамики написания подписи по различным каналам и использующая методы теории нечётких множеств. Предложен алгоритм создания эталонного шаблона рукописной подписи, использующий метод потенциалов для построения функций принадлежности признаков и работающий даже при небольшой обучающей выборке. Проведены исследования, в которых выявлены оптимальные значения степени компактности, используемой при построении функций принадлежности из эталонного шаблона, формы функций принадлежности термов лингвистических переменных, применяемых при построении признаковой модели, и, кроме того, получены рациональные составы признаков, минимизирующие ошибку распознавания. Предложена модульная структура программной системы распознавания рукописных подписей, введённых с помощью графического планшета. При найденных в результате исследований параметрах достигнуты значения показателя EER 0,36% и значение ошибки второго рода 0,2%.

**Ключевые слова:** динамическая рукописная подпись, динамическая характеристика, признаковая модель, эталонный шаблон.

**Annotation.** We devoted this work to the recognition of handwritten signatures entered using a graphics tablet. We proposed a feature model of a handwritten signature that characterizes the dynamics of signature writing through various channels and uses methods of fuzzy set theory. We proposed an algorithm for creating a reference template for a handwritten signature that uses the potential method to construct feature membership functions and works even with a small training sample. We conducted studies in which we identified the optimal values of the degree of compactness used in constructing membership functions from a reference template, the form of membership functions of terms of linguistic variables used in constructing a feature model, and, in addition, obtained rational compositions of features that minimize recognition error. We proposed a modular structure of a software system for recognizing handwritten signatures entered using a graphics tablet. With the parameters found as a result of the research, we obtained an EER value of 0.36% and a type II error value of 0.2%.

**Keywords:** dynamic handwritten signature, dynamic characteristic, feature model, reference template.

НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ РАСПОЗНАВАНИЯ  
ВЫРАЖЕНИЯ ЛИЦА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
УСТАЛОСТИ ЧЕЛОВЕКА

*Б. Курбанов, А.С. Катасёв, И.М. Шаяхметов, Б.Р. Зиннуров*

**Аннотация.** Статья посвящена использованию сверточной нейросетевой модели для определения усталости человека по выражению лица. Для этого используется архитектура сверточной нейронной сети ResNet50, которая обучается на изображениях и находит признаки, указывающие на усталость и бодрость человека. Подготовленный набор данных включает в себя 6000 изображений, из которых 3000 изображений соответствуют признакам усталого человека (на этих изображениях человек зевает или закрывает глаза) и 3000 изображений – признакам усталого человека. При создании нейросетевой модели ResNet50 использован язык программирования Python, платформа для разработки Jupyter Notebook и среда разработки Anaconda3.

NEURAL NETWORK MODEL OF FACIAL EXPRESSION  
RECOGNITION TO DETERMINE HUMAN FATIGUE  
*B. Kurbanov, A.S. Katasev, I.M. Shayahmetov, B.R. Zinnurov*

**Annotation.** The article is devoted to the use of a convolutional neural network model to determine a person's fatigue by facial expression. For this purpose, the architecture of the convolutional neural network ResNet50 is used, which is trained on images and finds signs indicating a person's fatigue and vigor. The prepared dataset includes 6000 images, of which 3000 images correspond to a tired person (in these images the person yawns or closes his eyes) and 3000 images correspond to a cheerful person. When creating the ResNet50 neural network model, the Python programming language, the Jupyter Notebook development platform and the Anaconda3 development environment were used. The neural network model was trained for 100 epochs, with each training example consisting of 32 elements. Thanks to the



Нейросетевая модель обучалась в течение 100 эпох, при этом каждый обучающий пример состоял из 32 элементов. Благодаря использованию алгоритма оптимизации Adam удалось обучить нейронную сеть для корректной классификации изображений на два класса: усталость и бодрость. При обучении нейросетевая модель достигла уровня точности классификации в 95%. В результате расчета значений метрик качества классификации Recall и Precision на тестовой выборке данных, используя матрицу ошибок, удалось получить высокие результаты. Для класса «усталый» значение метрики Recall составило 0.9426, а значение метрики Precision – 0.9587. Для класса «бодрый» значение метрики Recall составило 0.9576, а значение метрики Precision – 0.9417. Эти показатели свидетельствуют об адекватности построенной модели и возможности ее практического использования. В итоге можно сделать вывод, что проведенное исследование продемонстрировало успешное применение нейросетевой модели распознавания выражения лица для определения усталости человека с высокой степенью точности.

**Ключевые слова:** нейросетевая модель, сверточная нейронная сеть, определение усталости человека, выражение лица, ResNet50.

use of the Adam optimization algorithm, it was possible to train a neural network to correctly classify images into two classes: fatigue and vigor. During training, the neural network model achieved a classification accuracy level of 95%. As a result of calculating the values of classification quality metrics Recall and Precision on a test data sample using an error matrix, it was possible to obtain high results. For the “tired” class, the value of the Recall metric was 0.9426, and the Precision metric was 0.9587. For the “vigorous” class, the value of the Recall metric was 0.9576, and the Precision metric was 0.9417. These indicators indicate the adequacy of the constructed model and the possibility of its practical use. As a result, we can conclude that the study demonstrated the successful use of a neural network model for facial expression recognition to determine human fatigue with a high degree of accuracy.

**Keywords:** neural network model, convolutional neural network, human fatigue detection, facial expression, ResNet50.

#### ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ОКРАСКИ РЕЧИ

*Д.И. Карпенкова, А.С. Катасёв*

**Аннотация.** В работе рассмотрено решение задачи распознавания эмоциональной окраски речи на основе построения и исследования нейросетевой модели. Проанализированы типовые методы классификации эмоций. Для решения задачи обоснована целесообразность использования категориальной модели представления эмоций как наиболее эффективной. В качестве объекта исследований выступают аудиозаписи человеческой речи. Для анализа значений параметров аудиозаписей, таких как мел-кепстральные коэффициенты, спектрограммы и хроматограммы, предложено использовать нейросетевую модель. В качестве исходных данных для анализа и нейросетевого моделирования использовано несколько наборов англоязычных аудиоданных, найденных на платформе kaggle. Исходный набор данных выделяет семь классов (эмоций): счастье, удивление, нейтральная эмоция, гнев, печаль, страх, отвращение. Общее число

#### APPLICATION OF NEURAL NETWORK MODELS FOR SOLUTION TASKS OF SPEECH EMOTION RECOGNITION

*D.I. Karpenkova, A.S. Katasev*

**Annotation.** The paper considers the solution to the problem of speech emotion recognition (SER) based on the construction and research of a neural network model. Typical methods of emotion classification are analyzed. To solve the problem, the expediency of using a categorical model of representing emotions as the most effective is justified. Audio recordings of human speech are the object of research. It is proposed to use a neural network model to analyze the values of audio recording parameters, such as spectral coefficients, spectrograms and chromatograms. Several sets of English-language audio data found on the kaggle platform were used as source data for analysis and neural network modeling. The original dataset identifies seven classes (emotions): happiness, surprise, neutral emotion, anger, sadness, fear, disgust. The total number of audio recordings in the generated archive is 48,648. The initial data was presented in the form of audio recordings of various lengths. To train a

<p>аудиозаписей в сформированном наборе составляет 48648. Исходные данные были представлены в виде аудиозаписей различной длины. Для обучения нейросетевой модели из аудиозаписей были извлечены характерные признаки и проведена аугментация. По исходным данным рассчитаны значения 162 параметров аудиозаписей с получением единой таблицы данных для анализа. Описан процесс подготовки данных к анализу и моделированию. Проведено разбиение данных на обучающее и тестовое множества, а также построение и исследование нейросетевой модели в виде сверточной нейронной сети. Для оценки эффективности построенной модели произведена оценка точности, полноты и F-меры построенной модели. Результаты исследований показали, что построенная модель является достаточно эффективной и может быть использована в составе интеллектуальной системы поддержки принятия решений.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> нейросетевая модель, эмоциональная окраска речи, анализ аудиоданных, моделирование.</p>	<p>neural network model, characteristic features were extracted from audio recordings and augmentation was performed. Based on the initial data, the values of 162 parameters of audio recordings were calculated to obtain a single data table for analysis. The process of preparing data for analysis and modeling is described. The data was divided into training and test sets, as well as the construction and study of a neural network model in the form of a convolutional neural network. To assess the effectiveness of the constructed model, an assessment of the accuracy, completeness and F-measure of the constructed model was made. The research results have shown that the model is quite effective and can be used as part of an intelligent decision support system.</p> <p><b>Keywords:</b> neural network model, speech emotion, audio data analysis, modeling.</p>
<p style="text-align: center;"><b>ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫХ СТРУКТУР</b> <i>Л.Х. Сафиуллина, О.В. Красильников, А.А. Алексева</i></p> <p><b>Аннотация.</b> В статье рассматриваются вопросы разработки специализированного программного и математического обеспечения для автоматизированной системы управления в силовых структурах. Приведен краткий анализ отечественного программного обеспечения в силовых ведомствах и структурах, который показывает, что наиболее оптимальным для создания автоматизированной системы управления в силовых структурах с высоким уровнем безопасности и механизмами разграничения доступа будет являться программное обеспечение на основе ядра Linux. Для разработки качественно нового специализированного математического и программного обеспечения, позволяющего повысить результаты работы должностных лиц органов управления силовых структур и обеспечить сохранность циркулирующей в автоматизированных системах информации предложена структура программного обеспечения и головного модуля автоматизированной системы. Представленное решение позволяет</p>	<p style="text-align: center;"><b>FEATURES OF DEVELOPMENT OF SPECIAL MATHEMATICAL AND SOFTWARE FOR CONTROLS OF POWER STRUCTURES</b> <i>L.H. Safiullina, O.V. Krasilnikov, A.A. Alekseeva</i></p> <p><b>Annotation.</b> The article discusses the development of specialized software and mathematical support for an automated control system in law enforcement agencies. A brief analysis of domestic software in law enforcement agencies and structures is provided, which shows that the most optimal for creating an automated control system in law enforcement agencies with a high level of security and access control mechanisms will be software based on the Linux kernel. To develop qualitatively new specialized mathematical and software that will improve the performance of officials of law enforcement agencies and ensure the safety of information circulating in automated systems, the structure of the software and the head module of the automated system is proposed. The presented solution allows you to rebuild the composition of the automated control system of law enforcement agencies as a whole and each automated workstation separately.</p>

<p>перестраивать состав автоматизированной системы управления силовых структур в целом и каждого автоматизированного рабочего места в отдельности.</p> <p><b>Ключевые слова:</b> информационная безопасность; разработка ПО; база данных; силовые структуры; Astra Linux.</p>	<p><b>Key words:</b> information security; software development; database; strong structure; Astra Linux.</p>
<p>ГЕНЕРАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАЗМОНА НА ОПТОВОЛОКНЕ С ГРАФЕНОВЫМ ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ СЕНСОРНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ <i>И.Л. Виноградова, А.Р. Гизатулин, И.К. Мешков, Е.Ю. Головина</i></p> <p><b>Аннотация.</b> Данная статья посвящена вопросам генерации поверхностного плазмона на границе раздела «графеновое покрытие – кварцевое стекло», а также на поверхности круглой проводящей частицы. Такие плазмоны представляют интерес для создания сенсорных устройств в медицине и биологии ввиду нейтральности графеновых покрытий. Обсуждаются вопросы повышения чувствительности плазмонного сенсора, связанные с возможностью его усиления. Показано также, что наличие частиц с проводимостью в исследуемом веществе оказывает влияние на общий коэффициент преломления вещества и изменяет его даже при самой незначительной концентрации дополнительных веществ (аналитов).</p> <p><b>Ключевые слова:</b> поверхностный плазмон, графеновое покрытие, оптоволоконный сенсор, усиление плазмона, исследование аналитов.</p>	<p>SURFACE PLASMON GENERATION ON GRAPHENE-COATED OPTICAL FIBER FOR SENSOR APPLICATIONS <i>I.L. Vinogradova, A.R. Gizatulin, I.K. Meshkov, E.Yu. Golovina</i></p> <p><b>Abstract.</b> This article is devoted to the generation of surface plasmon at the interface “graphene coating – quartz glass”, as well as on the surface of a round conducting particle. Such plasmons are of interest for creating sensor devices in medicine and biology due to the neutrality of graphene coatings. Issues of increasing the sensitivity of a plasmonic sensor related to the possibility of its amplification are discussed. It has also been shown that the presence of conductive particles in the substance under study affects the overall refractive index of the substance and changes it even at the most insignificant concentration of additional substances (analytes).</p> <p><b>Keywords:</b> surface plasmon, graphene coating, fiber optic sensor, plasmon amplification, analyte study</p>

ГОЛОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ  
ИНФОРМАЦИИ

*А.Л. Тимофеев, А.Х. Султанов, И.К. Мешков, А.Р. Гизатулин*

**Аннотация.** В статье рассматриваются возможности организации каналов связи с параллельной передачей информации. При голографической обработке происходит преобразование сигнала, дающее возможность параллельной передачи – развертка информации во времени, используемая при последовательной передаче, заменяется разверткой в пространстве по площади голограммы, а во времени используются две локальные точки – момент формирования объекта и момент формирования голограммы. Одним из вариантов параллельной передачи информации является оптическая голография, в которой для увеличения дальности связи можно использовать в качестве элементов матрицы передатчика узконаправленные лазеры для повышения интенсивности интерференционной картины. Второй вариант – перенос голографии в радиодиапазон, третий – перевод информационного взаимодействия из области пространства-времени в область время-частота. Предложенные методы позволяют существенно повысить скорость передачи данных. Теоретическим пределом пропускной способности таких каналов связи является скорость передачи голограммы – объема информации, содержащейся в трехмерном изображении сложного объекта, в течение длительности одного периода волны электромагнитного излучения.

**Ключевые слова:** голографическая передача информации, параллельная передача, спектральная голо

HOLOGRAPHIC METHODS OF PARALLEL INFORMATION  
TRANSMISSION

*A. L. Timofeev, A. Kh. Sultanov, I. K. Meshkov, A. R. Gizatulin*

**Abstract.** The possibilities of organizing communication channels with parallel transmission of information are considered. During holographic transmission, a transformation of the space-time matrix occurs, which makes it possible for parallel transmission - the sweep of information in time, used in serial transmission, is replaced by a sweep in space over the area of the hologram, and two local points are used in time - the moment of formation of the object and the moment of formation of the hologram. One option is optical holography, in which, to increase the communication range, narrowly directed lasers can be used as elements of the transmitter matrix to increase the intensity of the interference pattern. The second option is the transfer of holography to the radio range, the third is the transfer of information interaction from the space-time region to the time-frequency region. The proposed methods can significantly increase the data transfer rate. The theoretical limit on the capacity of such communication channels is the transmission speed of a hologram - the amount of information contained in a three-dimensional image of a complex object, during one period of an electromagnetic radiation wave.

**Keywords:** holographic information transmission, parallel transmission, spectral holography.

## ОПТИЧЕСКОЕ РАДИО

*А.Л. Тимофеев, А.Х. Султанов, И.К. Мешков, А.Р. Гизатулин*

**Аннотация:** передача информации с помощью электромагнитного излучения происходит двумя основными способами – оптическим (в видимой части спектра) и радио (в длинноволновой части спектра). Эти способы принципиально отличаются друг от друга. На оптическом способе основано зрение живых существ и вся техника фиксирования изображений, начиная с фотографии. Хотя обычно зрение и фотографию не относят к процессу передачи информации, фактически это параллельная передача информации из области пространства, в которой расположен наблюдаемый объект, в область восприятия – на сетчатку глаза или фотоматрицу камеры. Радио способ – последовательная передача информации между двумя точками. Если в одной области пространства необходимо организовать несколько каналов связи, возникает проблема их интерференции в приемной антенне. Основным способом решения этой проблемы является частотное разделение, возможности которого всегда ограничены шириной выделенного диапазона частот. Для дальнейшего увеличения числа каналов в условиях дефицита частотного ресурса используется временное, фазовое и кодовое разделение каналов. Третий способ – оптическое радио. Оптическое радио – это использование законов геометрической оптики в радиодиапазоне. При переходе к другой длине волны изменяются только размеры линзы и размеры приемника (приемной матрицы). Основным элементом оптического радио является радиолинза, при этом в отличие от апертурной антенны традиционного радио она используется для формирования радиоизображения, проецируемого на массив элементарных антенн. Это дает возможность организовать в одном пространственном канале большое число радиоканалов, работающих на одной несущей с независимым выбором способов модуляции и ширины используемого спектра. Ограничением оптического радио является необходимость прямой видимости.

**Ключевые слова:** радиолинза, радиосвет, радиоизображение, оптическое радио

## OPTICAL RADIO

*A. L. Timofeev, A. Kh. Sultanov, I. K. Meshkov, A. R. Gizatulina*

**Abstract.** Transmission of information using electromagnetic radiation occurs in two main ways - optical (in the visible part of the spectrum) and radio (in the long-wave part of the spectrum). These methods are fundamentally different from each other. The vision of living beings and all image recording techniques, starting with photography, are based on the optical method. Although vision and photography are not usually referred to as the process of transmitting information, in fact it is a parallel transfer of information from the region of space in which the observed object is located to the region of perception - to the retina of the eye or the photo matrix of the camera. Radio method is the serial transmission of information between two points. If it is necessary to organize several communication channels in one area of space, the problem of their interference in the receiving antenna arises. The main way to solve this problem is frequency division, the capabilities of which are always limited by the width of the allocated frequency range. To further increase the number of channels in conditions of scarce frequency resources, time, phase and code division of channels is used. The third method is optical radio. Optical radio is the use of the laws of geometric optics in the radio range. When moving to another wavelength, only the dimensions of the lens and the dimensions of the receiver (receiving matrix) change. The main element of optical radio is the radio lens, and unlike the aperture antenna of a traditional radio, it is used to form a radio image projected onto an array of elementary antennas. This makes it possible to organize in one spatial channel a large number of radio channels operating on the same carrier with an independent choice of modulation methods and the width of the spectrum used. A limitation of optical radio is the need for line of sight.

**Keywords:** radio lens, radio light, radio image, optical radio.

СПОСОБ СОЗДАНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО КАНАЛА СВЯЗИ,  
ОСНОВАННОГО НА ВРЕМЕННЫХ АЗБУКАХ МОРЗЕ

*P.P. Nigmatullin*

**Аннотация.** В этой работе рассматриваются новые методы кодирования, базирующиеся на множествах, основанных на азбуках Морзе. Эти множества временных азбук Морзе (ВАМ) могут быть успешно применены (по мнению автора статьи) в диапазоне КВ и УКВ. Более того, эта двоичная система (основанная на точках и тире) расширяет возможности существующей двоичной системы. К этой системе можно присоединить бесконечные псевдослучайные последовательности, полученные из простых чисел. Таким образом, три множества: (а) неисчислимое множество простых чисел; (б) бесконечные множества псевдослучайных чисел, полученных из простых чисел извлечением произвольных корней (также образующих множество натуральных чисел); и (в) присоединённые к ним ВАМ дают в итоге достаточно надежную систему, защищенную от взлома примененного кода, приближающуюся к "идеальному" решению. Заметим также, что предлагаемая система имеет удобные для передачи короткие крипто-ключи и может быть частично использована в существующих системах криптографии для защиты, в частности, выделенных информационных блоков.

**Ключевые слова:** временные азбуки Морзе; множества простых чисел; множества иррациональных и трансцендентных чисел; компактные крипто-ключи; множества дополнительных каналов связи.

METHOD FOR CREATING AN ADDITIONAL COMMUNICATION  
CHANNEL, BASED ON TEMPORARY MORSE CODES

*R.R. Nigmatullin*

**Abstract.** This paper discusses new coding methods based on sets of Morse code. These sets of temporal Morse codes (TMC) can be successfully applied, according to the author of the paper in the SW and USW bands. Moreover, this binary system (based on dots and dashes) extends the capabilities of the existing binary system. Infinite pseudorandom sequences derived from prime numbers can be attached to this system. Thus, three sets: (a) an uncountable set of prime numbers, (b) infinite sets of pseudorandom numbers obtained from prime numbers by extraction of product roots (also forming a set of natural numbers), and (c) TMCs attached to them, give in the end a sufficiently reliable system, protected against code breaking, approaching the "ideal" solution. Note also that the proposed system has short crypto-keys convenient for transmission and can be partially used in existing cryptographic systems for protection, in particular, of selected information blocks.

**Keywords:** Temporal Morse code; Sets of prime numbers; Sets of irrational and transcendental numbers; Compact crypto-keys; Sets of complementary communication channels.