

АНОТАЦІЇ ТА ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ ДО СТАТЕЙ

ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА НАВІГАЦІЙНИХ ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ

УДК 629.7

С. Л. Лакоза, В. В. Мелешко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ПОБУДОВА КУРСОВЕРТИКАЛІ З РОЗДІЛЕННЯМ КАНАЛІВ КОРЕКЦІЇ. ЧАСТИНА 2: АЛГОРИТМИ КОРЕКЦІЇ

На основі теоретичних викладок, приведених у першій частині статті приведено два методи розділення каналів корекції. Розроблено алгоритми безплатформної курсовертикалі, де реалізовані запропоновані методи. Перший алгоритм розроблено з використанням матриці напрямних косинусів. Другий алгоритм у якості параметрів орієнтації використовує кватерніон. Для розділення каналів використовується інформація про орієнтацію, отримана на першому етапі корекції. У першому алгоритмі розділення реалізовано шляхом віднімання вертикальної складової магнітного поля та вибору корекції для відповідних стовпчиків матриці напрямних косинусів. У другому – шляхом спеціального алгоритмічного обнулення вертикальної складової магнітного поля Землі у вимірюваннях магнітометрів та модифікації опорного вектору.

Ключові слова: безплатформна курсовертикаль, корекція, розділення каналів корекції, кватерніони.

С. Л. Лакоза, В. В. Мелешко

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

ПОСТРОЕНИЕ КУРСОВЕРТИКАЛИ С РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ КОРРЕКЦИИ. ЧАСТЬ 2: АЛГОРИТМЫ КОРРЕКЦИИ.

На основе теоретических выкладок, описанных в первой части статьи приведены два метода разделения каналов коррекции. Разработаны алгоритмы бесплатформенной курсовертикали, где реализованы предложенные методы. Первый алгоритм разработан с использованием матрицы направляющих косинусов. Второй алгоритм в качестве параметров ориентации использует кватернионы. Для разделения каналов используется информация об ориентации, полученная на первом этапе коррекции. В первом алгоритме разделения реализовано путем вычитания вертикальной составляющей магнитного поля и выбора коррекции для соответствующих столбцов матрицы направляющих косинусов. Во втором - путем специального алгоритмического обнуления вертикальной составляющей магнитного поля Земли в измерениях магнитометров и модификации опорного вектора.

Ключевые слова: бесплатформенная курсовертикаль, коррекция, разделение каналов коррекции, кватернионы.

S. L. Lakoza, V. V. Meleshko

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»; Kyiv, Ukraine

ATTITUDE AND HEADING REFERENCE SYSTEM CONSTRUCTING WITH CORRECTION CHANNELS SEPARATION. PART 2. ALGORITHMS OF CORRECTION

Two methods of separation from cross-linking between correction channels are given. They are based on theoretical explanation, resulted in first part of paper. Proposed methods are implemented into two attitude and heading reference system algorithms. The first one uses direction cosine matrix as kinematic parameters. The second algorithm works with kinematic parameters of

quaternion. Separation from cross-linking between correction channels is made with information obtained on the first stage of attitude and heading reference system's correction. In the first AHRS algorithm it is implemented by subtracting the vertical component of the magnetic field and selecting the appropriate correction to the column of direction cosine matrix. In the second it's realized by special algorithmic zeroing of vertical component of the geomagnetic field in the magnetometer measurements. Also, second algorithm modifies reference vector of magnetic field.

Keywords: Attitude and heading reference system, correction, channel correction separation, quaternions.

Література

1. Лакоза С. Л. Побудова курсовертикалі з розділенням каналів корекції. Частина 1: Теоретичні основи розділення каналів корекції / С. Л. Лакоза, В. В. Мелешко // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2013. – Вип. 46. – с. 5-13.
2. Rehbinder H. Drift-free attitude estimation for accelerated rigid bodies/ H. Rehbinder, Xiaoming Hu // Automatica. – 2004. – Vol. 40, issue 4. – pp. 653-659.
3. Мелешко В. В. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы: учебное пособие/ В. В. Мелешко, О. И. Нестеренко. – Кировоград: Полимед-Сервис, 2011. – 172 с.
4. Choukroun, Daniel. 2003. Novel methods for attitude determination using vector observations. Thesis (Ph.D.) – Technion - Israel Institute of Technology, Faculty of Aerospace Engineering, 2003.

References

1. Lakoza Sergiy, and Vladislav Meleshko. "Attitude and heading reference system constructing with correction channels separation. Part 1. Theoretical basis of correction channels separation." *Bulletin of the NTUU "KPI", Series Instrument making*, 2013, Issue 46, pp. 5-13. (In Ukrainian).
2. Rehbinder Henrik, and Xiaoming Hu. "Drift-free Attitude Estimation For Accelerated Rigid Bodies." *Automatica*, 2004, vol. 40, issue 4, pp. 653-659.
3. Meleshko Vladislav, and Oleg Nesterenko. *Besplatformennye inercial'nye navigacionnye sistemy [Strapdown Inertial Navigation Systems]*. Kirovograd, Polimed-Servis Publ., 2011. (In Russian).
4. Choukroun Daniel. Novel methods for attitude determination using vector observations. Thesis (Ph.D.) - Technion - Israel Institute of Technology, Faculty of Aerospace Engineering, 2003.

Надійшла до редакції
03 червня 2014 року

© Лакоза С. Л., Мелешко В. В., 2014

УДК 531.383

В. В. Аврутов, С. В. Головач

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

СКАЛЯРНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТИКИ ІНЕРЦІАЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНОГО МОДУЛЮ

Розглянуто скалярний метод контролю та діагностики інерціально-вимірювального модулю, який складається з блоку гіроскопів і акселерометрів, що входять до складу безплатформової інерціальної навігаційної системи. В основі методу лежить скалярний спосіб калібрування. Згідно з методом, будуються алгоритми контролю та діагностики. В результаті перевірки алгоритму контролю здійснюється контроль працездатності всього блоку гіроскопів та акселерометрів, а на підставі алгоритму діагностики відбувається визначення відмовив елемента та з'ясовується причина його відмови.

Процес перевірок складається в порівнянні обчислених оцінок значень нульових сигналів, похибок масштабних коефіцієнтів і кутів неортогональностей датчиків з їх відповідними паспортними параметрами з урахуванням допусків на ці параметри, що зберігаються у

внутрішній пам'яті БІНС. В результаті порівняння робиться висновок про працездатність датчиків, а також визначається, в якому датчику БІНС сталася відмова.

Ключові слова: інерціально-вимірвальний модуль, гіроскопи, акселерометри, контроль, діагностика.

В. В. Аврутов, С. В. Головач

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

СКАЛЯРНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ИНЕРЦИАЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ

Рассмотрен скалярный метод контроля и диагностики блока гироскопов и акселерометров, входящих в состав бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС). В основе метода лежит скалярный способ калибровки. Согласно методу, строятся алгоритмы контроля и диагностики. В результате проверки алгоритма контроля осуществляется контроль работоспособности всего блока гироскопов или акселерометров, а на основании алгоритма диагностики происходит определение отказавшего элемента и выясняется причина его отказа.

Процесс проверок состоит в сравнении вычисленных оценок значений нулевых сигналов, погрешностей масштабных коэффициентов и углов неортогональностей датчиков с их соответствующими паспортными параметрами с учетом допусков к этим параметрам, хранящимися во внутренней памяти БИНС. В результате сравнения делается вывод о работоспособности датчиков, а также определяется, в каком датчике БИНС произошел отказ.

Ключевые слова: инерциально-измерительный модуль, гироскопы, акселерометры, контроль, диагностика.

V. Avrutov, S. Golovach

National technical university of Ukraine “Kyiv polytechnic institute”, Kyiv, Ukraine

THE SCALAR METHOD OF QUALITY MONITORING AND DIAGNOSTICS OF THE INERTIAL MEASUREMENT UNIT

The scalar method of quality monitoring and diagnostics of the inertial measurement unit is described. All inertial navigation systems consist of such IMU. The scalar calibration method is a base of the scalar method of quality monitoring and diagnostics. In accordance with scalar calibration method algorithms of quality monitoring and diagnostics are developed. In result of quality monitoring algorithm verification is implemented the working capacity monitoring of IMU. A failure element determination is based in diagnostics algorithm verification and after that the reason of such failure is cleared.

The process of verifications consists of comparison of the calculated estimations of biases, scale factor errors and misalignments angles of sensors to their data sheet certificate, which kept in internal memory of computer. In result of such comparison the conclusion for working capacity of each one IMU sensor can be made and also the failure sensor can be determined.

Keywords: inertial measurement unit, gyroscopes, accelerometers, control, diagnostics.

Література

1. Аврутов В. В., Надежность и диагностика приборов и систем / В. В. Аврутов, Н. И. Бурау. – Киев: НТУУ «КПИ», 2014. – 156 с. Электронный ресурс: <http://kafpson.kpi.ua/Arhiv/Method/diagnost.pdf>
2. Дмитриев С. П. Информационная надежность, контроль и диагностика навигационных систем / С. П. Дмитриев, Н. В. Колесов, А. В. Осипов. – СПб.: ГНЦ РФ – ЦНИИ «Электроприбор», 2003. – 207 с.
3. Кулик А. С. Диагностирование бесплатформенной инерциальной системы беспилотного летательного аппарата с глубиной до места отказа / А. С. Кулик, С. Н. Фирсов, До Куок

Туан, О. Ю. Златкин // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2008. – № 1 (28). – С. 75 – 81 .

4. Измайлов Е. А. Скалярный способ калибровки и балансировки бесплатформенных инерциальных навигационных систем / Е. А. Измайлов, С. Н. Лепе, А. В. Молчанов, Е. Ф. Поликовский. / XV Международная конференция по интегрированным навигационным системам, СПб. 2008, С. 145-154.
5. Аврутов В. В. О скалярной калибровке блока гироскопов и акселерометров // Вісник НТУУ «КПІ», Серія приладобудування. – 2010. – Вип. 40. – С. 10–17.
6. Аврутов В. В. Влияние погрешности поворота стенда на точность калибровки блока гироскопов и акселерометров / В. В. Аврутов, Т. Ю. Мазепа // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2012. – Вип. 43. – С. 5 – 10.

References

1. Avrutov V. V., Burau N. I. Nadezhnost' i diagnostika priborov i sistem. Kiev, NTUU «KPI», 2014. 156 p. Available at: <http://kafpson.kpi.ua/Arhiv/Method/diagnost.pdf> (In Russian)
2. Dmitriev S. P., Kolesov N. V., Osipov A. V. Informatsionnâiâ nadezhnost', kontrol' i diagnostika navigatsionnykh sistem. SPb.: GNTS RF – TSNI «Elektropribor», 2003. 207 p. (In Russian)
3. Kulik A. S., Firsov S. N., Do Kuok Tuan, Zlatkin O. IŮ. Diagnostirovanie besplatformennoï inertsiãl'noï sistemy bespilotnogo letatel'nogo apparata s glubinoï do mesta otkaza. *Radioelektronni i komp'iuĕrni sistemi*, 2008, no 1 (28), pp. 75 – 81. (In Russian)
4. Izmaïlov E. A., Lepe S. N., Molchanov A. V., Polikovskii E. F. Skaliãrnyĕ sposob kalibrovki i balansirovki besplatformennykh inertsiãl'nykh navigatsionnykh sistem. *XV Mezhdunarodnâiâ konferentsiã po integrirovannym navigatsionnym sistemam*. SPb. 2008, pp. 145-154. (In Russian)
5. Avrutov V. V. O skaliãrnoï kalibrovke bloka giroskopov i akselerometrov. *Bulletin of NTUU "KPI". Series Instrument making*, 2010, Issue 40, pp. 10 – 17. (In Russian)
6. Avrutov V. V., Mazepa T. IŮ. Vliãnie pogreshnosti povorota stenda na tochnost' kalibrovki bloka giroskopov i akselerometrov. *Bulletin of NTUU "KPI". Series Instrument making*, 2012, Issue 43, pp. 5 – 10. (In Russian)

Надійшла до редакції
07 жовтня 2014 року

© Аврутов В. В., Головач С. В., 2014

УДК 629.05

М. С. Капиця, В. В. Мелешко, С. Л. Лакоза

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ОЦІНКА МЕТОДИК ВИРОБНИЧОЇ КАЛІБРОВКИ МІКРОМЕХАНІЧНИХ АКСЕЛЕРОМЕТРІВ

Визначена модель вихідного сигналу за методом групового урахування аргументів (МГУА). Розглянуто дві основні методики виробничого калібрування: методика тестових поворотів та методика на основі методу найменших квадратів (МНК). Виконано порівняння ефективності методик калібрування для структури моделі, обраної за допомогою МГУА.

Проаналізовано переваги та недоліки методик. Для ідентифікованої моделі датчиків наведені дані калібрування для акселерометрів Colibrys MS 9002.d. Оцінені похибки датчиків.

Ключові слова: калібровка, метод найменших квадратів, методика тестових поворотів, методика групового урахування аргументів.

М. С. Капиця, В. В. Мелешко, С. Л. Лакоза

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
г. Киев, Украина*

ОЦЕНКА МЕТОДИК ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ КАЛИБРОВКИ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ

Существует два направления в калибровке: калибровка на производстве и калибровка на подвижных объектах в процессе работы. В данной работе рассматриваются и сравниваются две основные методики производственной калибровки: методика на основе метода наименьших квадратов и методика тестовых поворотов.

В работе была определена оптимальная по критерию регулярности модель сигнала акселерометров. Для этого была использована методика группового учета аргументов (МГУА), которая применяется для идентификации структуры модели по результатам наблюдений.

В работе проанализированы преимущества и недостатки методик. Выполнено сравнение эффективности методик калибровки для структуры модели, выбранной с помощью МГУА на примере акселерометров Colibrys MS 9002.d. При использовании методики тестовых поворотов в сравнении с методикой МНК, оценка исходных значений менее смещена, дисперсия погрешности выходного сигнала меньше.

Ключевые слова: калибровка, МНК, МГУА, методика тестовых поворотов.

M. S. Kapitsa, V. V. Meleshko, S. L. Lakoza

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

EVALUATION OF MANUFACTURING CALIBRATING METHODS OF MICROMECHANICAL ACCELEROMETER

Calibration can be divided into two big branches: manufacturing calibration and prestart calibration. It is known a lot of different calibrating methods. This paper is dedicated for comparison of two manufacturing calibration methods: calibration based on using least squares method (CLSM) and method of test turns (MTT).

Group method of data handling (GMDH) is described in paper. GMDH is used for choosing optimal sensor data model. GMDH can be done with various selection criterions. In our work we use regularity criterion because it provides minimum size model.

The next principle is basis of CLSM: most possible value which can be got from same accuracy measurements is value which minimizes least squares problem. When you use MTT you should put accelerometers in predefined positions. After mathematical operations with sensor's signals are done you can get accelerometer's bias and scale factor. The research of described methods was performed using data from accelerometers Colibrys MS 9002d.

The value of the error standard deviation and mathematical expectation defined by chosen methods are practically identical. We should notice that CLSM gives little greater errors contrary MTT.

Keywords: calibration, calibration based on using least squares method (CLSM), method of test turns (MTT), MGDH.

Література

1. Аврутов В. В. Мікромеханічні акселерометри та їх випробування: навч. посібник / В. В. Аврутов, П. М. Бондар, В. В. Мелешко; Міністерство освіти і науки України, НТУУ "КПІ". – К.: Корнійчук, 2008. – 62 с.
2. Зайченко Ю. П. Основи проектування інтелектуальних систем: навч. посібник / Ю. П. Зайченко. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2004. – 35 с.
3. Таланчук П. М. Основы теории и проектирования измерительных приборов: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Приборостроение" / П. М. Таланчук, В. Т. Рущенко. – К.: Выща школа, 1989. – 454 с.

References

1. Avrutov V. V., Bondar P. M., Meleshko V. V. *Mikromexanichni akselerometri ta yich viprobuvannya: navch. posibnik* [Micromechanical accelerometers and their testing: tutorial]. Kyiv, Kornijchuk Publ., 2008, 62 p. (In Ukrainian)
2. Zajchenko Yu. P. *Osnovi proektuvannya intelektual'nix sistem: navchal'nij posibnik* [Fundamentals of intelligent systems: tutorial]. Kyiv, Vidavnichij Dim «Slovo» Publ., 2004, 35 p. (In Ukrainian)
3. Talanchuk P. M., Rushhenko V. T. *Osnovy teorii i proektirovaniya izmeritel'nyx priborov: uchebnoe posobie dlya studentov vuzov, obuchayushhixsya po special'nosti "Priborostroenie"* [Fundamentals of the measurement devices theory and design: tutorial]. Kyiv, Vishha shkola Publ., 1989, 454 p. (In Russian)

Надійшла до редакції
20 березня 2014 року

© Капиця М. С., Мелешко В. В., Лакоза С. Л., 2014

МЕТОДИ І СИСТЕМИ ОПТИЧНО-ЕЛЕКТРОННОЇ ТА ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

УДК 621.7

¹К. В. Добровольська, ²В. Г. Колобродов, ¹М. І. Лихоліт, ¹В. М. Тягур

¹Казенне підприємство спеціального приладобудування «Арсенал», м. Київ, Україна;

²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ПРИЛАДУ СПОСТЕРЕЖЕННЯ З МІКРОБОЛОМЕТРИЧНОЮ МАТРИЦЕЮ

Тепловізійні прилади спостереження використовуються для вирішення широкого кола задач військового призначення, тому при їх розробці оцінка характеристик грає важливу роль. Метою статті є розробка математичної моделі процесу формування сигналу на виході мікроболометричної матриці тепловізійного приладу спостереження, що враховує параметри об'єкту, фону, атмосфери, оптичної системи і приймача випромінювання. На основі отриманої моделі виконується розрахунок основних узагальнених характеристик приладу: еквівалентної шуму різниці температур, мінімальної роздільної різниці температур і мінімальної виявлювальної різниці температур.

Аналіз результатів досліджень показав, що покращити характеристики тепловізійного приладу можна використанням чутливої мікроболометричної матриці та зменшення її частоти кадрів. Також для покращення просторової та енергетичної роздільної здатності тепловізійного приладу доцільно зменшувати розмір пікселя мікроболометричної матриці.

Ключові слова: мінімальна роздільна різниця температур, мінімальна виявлювальна різниця температур, мікроболометрична матриця.

¹Е. В. Добровольская, ²В. Г. Колобродов, ¹Н. И. Лихолит, ¹В. М. Тягур

¹Казенное предприятие специального приборостроения «Арсенал», г. Киев, Украина;

²Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВИЗИОННОГО ПРИБОРА НАБЛЮДЕНИЯ С МИКРОБОЛОМЕТРИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕЙ

Тепловизионные приборы наблюдения используются для решения широкого круга задач военного назначения, поэтому при их разработке оценка характеристик играет важную роль.

Целью статьи является разработка математической модели процесса формирования сигнала

на выходе микроболометрической матрицы тепловизионного прибора наблюдения, учитывающая параметры объекта, фона, атмосферы, оптической системы и приемника излучения. На основе полученной модели необходимо рассчитать основные обобщенные характеристики прибора: эквивалентной шуму разности температур, минимальной разрешаемой разности температур и минимальной обнаруживаемой разности температур.

Анализ результатов исследований показал, что улучшить характеристики тепловизионного прибора наблюдения можно за счет использования чувствительной микроболометрической матрицы и уменьшения частоты кадров. Также для улучшения пространственного и энергетического разрешения тепловизионного прибора наблюдения целесообразно уменьшать размер пикселя микроболометрической матрицы.

Ключевые слова: минимальная разрешаемая разность температур, минимальная обнаруживаемая разность температур, микроболометрическая матрица.

¹⁾К. V. Dobrovolska, ²⁾V. G. Kolobrodov, ¹⁾N. I. Likholit, ¹⁾V. M. Tiagur

¹⁾SDP SE «Arsenal», Kyiv, Ukraine;

²⁾National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

MATHEMATICAL MODELING OF THERMAL IMAGER FOR OBSERVATION WITH MICROBOLOMETER ARRAY

Thermal imagers are used for problem solving in many different military aspects, so imager's characteristics assessment is very important during the design process. The article objective is construction of microbolometer array signal formation mathematical model for thermal imager to consider parameters of target, background, atmosphere, optical system and detector. On the basis of developed model the calculation of main generalized characteristics of thermal imager are carried out: noise equivalent temperature difference, minimum resolvable temperature difference, minimum detectable temperature difference.

According to research results, one can improve thermal imager characteristics by using sensitive microbolometer array and reduction of detector's frame rate. One can thermal imager spatial and energy resolution by using microbolometer array with smaller pixel size too.

Keywords: minimum resolvable temperature difference, minimum detectable temperature difference, microbolometer array.

Литература

1. Козинцев В. И. Оптико-электронные системы экологического мониторинга природной среды: Учеб. пособие для вузов / В. И. Козинцев, В. М. Орлов, М. Л. Белов. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 528 с.
2. Tissot J. L. IR detection with uncooled focal plane arrays. State-of-the-art and trends // Opto-electronics review. – 2004. – №12 (1). – P. 105-109.
3. Колобродов В. Г. Проектування тепловізійних і телевізійних систем спостереження: Підручник / В. Г. Колобродов, М. І. Лихоліт. – К.: НТУУ «КПІ». – 2007. – 364 с.
4. Wolf W. L. Introduction to Infrared System Design. – SPIE Optical Engineering Press. – 1996. – 132 p.
5. Holst G. C. Electro-optical imaging system performance. – JCD Publishing, Winter Park, Florida USA. – 2000. – 454 p.

References

1. Kozintsev V. I., Orlov V. M., Belov M. L., Gorodnichev V. A., Strelkov B. V. *Optiko-elektronnye sistemy ekologicheskogo monitoringa prirodnoi sredy* [Optical-electronic systems of environmental monitoring of the natural environment]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2002. 528 p. (In Russian)
2. J. L. Tissot. IR detection with uncooled focal plane arrays. State-of-the art and trends. Opto-Electron. Rev., 2004, no 12, pp. 105-109.

3. Kolobrodov V. G., Likholit M. I. Proektyvann'a teploviziyunh ta televiziynuh sistem sposterejenn'a: Tutorial, K.: NTUU "KPI", 2007. –364 p. (In Ukrainian)
4. W. L. Wolf, Introduction to Infrared System Design., SPIE Optical Engineering Press, 1996, 132 p.
5. G. C. Holst, Electro-optical imaging system performance, 2nd ed. Winter Park, Florida: JCD Publishing, 2000, 438 p.

Надійшла до редакції
08 жовтня 2014 року

© Добровольская Е. В., Колобродов В. Г., Лихолит Н. И., Тягур В. М., 2014

УДК 623.4.027

В. І. Гордієнко

Науково-виробничий комплекс «Фотоприлад», м. Черкаси, Україна

МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ КЛИНІВ В ОГЛЯДОВИХ СИСТЕМАХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Встановлено, що при кутах сканування в оптико-електронних системах спостереження (ОЕСС) більших 20° відносно осі об'єктива розміри оптико-механічної системи сканування плоским дзеркалом починають значно зростати пропорційно тангенсу кута сканування. Тому для зменшення габаритів оптико-механічної системи сканування, підвищення точності сканування, зменшення впливу вібрацій в даній статті пропонується сканування (огляд) простору здійснювати не коливаючим дзеркалом, а оптичними відхиляючими клинами. Розроблено метод визначення максимально допустимих кутів сканування системи оптичних клинів, які забезпечують вимоги по кутам візування в сучасних оптико-електронних системах спостереження (ОЕСС) Запропонований метод ґрунтується на максимально допустимому хроматизму клинів. Розглянуті приклади розрахунку максимально допустимих кутів візування оптико-механічних систем сканування для телевізійних і тепловізійних каналів систем спостереження. Отримані кути візування повністю задовольняють вимогам до сучасних наземних і повітряних ОЕСС.

Ключові слова: система спостереження, сканування, оптичний клин.

В. И. Гордиенко

Научно-производственный комплекс «Фотоприбор», г. Черкассы, Украина

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ КЛИНЬЕВ В ОБЗОРНЫХ СИСТЕМАХ НАБЛЮДЕНИЯ

Установлено, что при углах сканирования в оптико-электронных системах наблюдения (ОЭСН) более чем 20° относительно оси объектива, размеры оптико-механической системы сканирования плоским дзеркалом начинают резко возрастать пропорционально тангенсу угла сканирования. Поэтому для уменьшения габаритов оптико-механической системы сканирования, повышения точности сканирования, уменьшения влияния вибраций в данной статье предлагается сканирование (обзор) пространства проводить не качающимся зеркалом, а оптическими отклоняющими клиньями. Разработан метод определения максимально допустимых углов сканирования системы оптических клиньев, которые обеспечивают требования по углам визирования в современных ОЭСН. В основу метода положен максимально допустимый хроматизм клиньев. Рассмотрены примеры расчета максимальных углов визирования оптико-механических систем сканирования для телевизионных и тепловизионных каналов систем наблюдения. Полученные углы визирования полностью удовлетворяют требованиям к современным наземным и воздушным ОЭСН.

Ключевые слова: система наблюдения, сканирование, оптический клин.

V. Gordienko

Research-and-production complex «Photoprylad», Cherkasy, Ukraine

POSSIBILITY OF THE USE OF WEDGES IN OVERVIEW SURVEILLANCE SYSTEMS

It is known that at the corners of the optoelectronic surveillance system's (OSS) more than 20° relative to the axis of the lens, the flat mirror optical-mechanical scanning system's size sharply increases proportionally to the scanning angle tangent. Therefore, to reduce the dimensions of opto-mechanical scanning system, improve the accuracy of scans, reduce the impact of vibrations there were suggested to browse space with optical deflector wedges instead of swinging mirror. A method for determining the maximum allowable angles of scanning optical wedges, which provides requirements for the angles of the sightings in modern OSS, was developed. The method is based on the maximum allowable chromatic scale wedges. Examples of calculating the maximum viewing angles of opto-mechanical scanning systems for imaging surveillance TV and infrared channel were considered. The angles of sight and fully meet the requirements of a modern land and air OSS.

Keywords: surveillance systems, scanning, optical wedge.

Литература

1. Глущенко А. Р. Танковые ночные системы и приборы наблюдения / А. Р. Глущенко, В. И. Гордиенко, А. В. Бурак, А. Ю. Денисенко. – Черкассы: ПП Чабаненко Ю. А., 2007. – 442 с.
2. Филатов Г. Развитие подвижных наземных комплексов оптико-электронных средств разведки СВ за рубежом / Г. Филатов, С. Якобсон, Н. Беглова // Зарубежное военное обозрение. – 2002. – № 1. – С. 17 – 19.
3. Колобродов В. Г. Проектування тепловізійних і телевізійних систем спостереження: Підручник / В. Г. Колобродов, М. І. Лихоліт. – К.: НТУУ “КПІ”, 2007. – 364 с.
4. Справочник конструктора оптико-механических приборов / В. А. Панов, М.Я. Кругер, В. В. Кулагин и др. Под общ. ред. В. А. Панова. – Л.: Машиностроение, 1980. – 742 с.
5. Вычислительная оптика: Справочник / М. М. Русинов, А. П. Грамматин, П. Д. Иванов и др. / Под. общ. ред. М. М. Русинова. – Л.: Машиностроение, 1984. – 423 с.

References

1. Glushchenko A. R., Gordienko V. I., Burak A. V., Denisenko A. IŮ. Tankovye nochnye sistemy i pribory nabliŮdeniia. Cherkassy: PP Chabanenko IŮ. A., 2007. 442 p. (In Russian)
2. Filatov G., IŮkobson S., Beglova N. Razvitie podvizhnykh nazemnykh kompleksov optiko-Ůelektronnykh sredstv razvedki SV za rubezhom. *Zarubezhnoe voennoe obozrenie*, 2002, no 1, pp. 17 – 19. (In Russian)
3. Kolobrodov V. H., Lykholit M. I. *Proektuvanniâ teploviziĭnykh i televiziĭnykh system sposterezĭhenniâ: Pidruchnyk*. Kyiv, NTUU “KPI” Publ., 2007. 364 p. (In Ukrainian)
4. Panov V. A., Kruger M. IŮ., Kulagin V. V. i dr. *Spravochnik konstruktora optiko-mekhanicheskikh priborov*. Pod obshch. red. V. A. Panova. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1980. 742 p. (In Russian)
5. Rusinov M. M., Grammatin A. P., Ivanov P. D. i dr. *Vychislitel'naiâ optika: Spravochnik*. Pod. obshch. red. M. M. Rusinova. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1984. 423 p. (In Russian)

*Надійшла до редакції
27 вересня 2014 року*

© Гордиенко В. И., 2014

УДК 621.384.3

В. І. Микитенко, М. М. Балтабаєв, О. А. Пономаренко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

КОМПЛЕКСУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ У ЦІЛОДОВОВИХ ДВОКАНАЛЬНИХ СИСТЕМАХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

На сучасному етапі розвитку оптико-електронного приладобудування найбільш актуальними є двоканальні оптико-електронні системи спостереження (ОЕСС) у складі ТВ та ТПВ каналів, в яких для об'єднання інформації обох каналів використовують різні методи комплексування. Наразі недостатньо дослідженою є ефективність запропонованих методів комплексування для однієї й тієї ж ОЕСС за різних умов функціонування. Більшість методів комплексування зовсім або частково не враховують поточну задачу спостереження, зовнішні умови функціонування чи характеристики кінцевого споживача інформації – оператора. Метою даної роботи є аналіз умов функціонування для визначення визначити можливості використання однакових методів комплексування зображень за різних умов в одній і тій самій системі, та для розробки рекомендацій щодо комбінування різних методів комплексування в ОЕСС в залежності від зовнішніх умов функціонування ОЕСС. Були розраховані параметри вхідних сигналів ТВ і ТПВ каналів ОЕСС для моделі спостереження алюмінієвої пластини на фоні піску за різних умов функціонування. Показано, що при майже незмінних контрастах в ТВ каналі, контраст в ТПВ сигналі може зазнавати різких змін, що потребує зміни алгоритмів комплексування при різних зовнішніх умовах.

Ключові слова: комплексування зображень, діапазон вхідних сигналів, телевізійний та тепловізійний канал.

В. И. Микитенко, Н. Н. Балтабаев, О. А. Пономаренко

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В КРУГЛОСУТОЧНЫХ ДВУХКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ НАБЛЮДЕНИЯ

На современном этапе развития оптико - электронного приборостроения наиболее актуальны двухканальные оптико - электронные системы наблюдения (ОЕСС) в составе ТВ и ИК каналов, в которых для объединения информации обоих каналов используют различные методы комплексирования. Пока недостаточно исследованной является эффективность предложенных методов комплексирования для одной и той же ОЕСС при различных условиях функционирования. Большинство методов комплексирования совсем или частично не учитывают текущую задачу наблюдения, внешние условия функционирования или характеристики конечного потребителя информации - оператора. Целью данной работы является анализ условий функционирования для определения возможности использования одинаковых методов комплексирования изображений при разных условиях в одной и той же системе, и для разработки рекомендаций по комбинированию различных методов комплексирования в ОЕСС в зависимости от внешних условий функционирования ОЕСС. Были рассчитаны параметры входных сигналов ТВ и ИК каналов ОЕСС для модели наблюдения алюминиевой пластины на фоне песка при различных условиях функционирования. Показано, что при почти неизменных контрастах в ТВ канале, контраст в ИК сигнале может подвергаться резким изменениям, что требует изменения алгоритмов комплексирования при различных внешних условиях.

Ключевые слова: комплексирование изображений, диапазон входных сигналов, телевизионный и тепловизионный канал.

V. Mikitenko, N. Baltabaiev, O. Ponomarenko

National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

INTEGRATION IMAGES AT ALL DAY AND NIGHT DUAL CHANNEL OBSERVATION SYSTEMS

At the present stage of development of optical - electronic instrument most relevant two-channel optical - electronic surveillance systems comprising IR and TV channels in which to integrate information both channels use different methods of aggregation. While under-investigated is the

effectiveness of the proposed methods for interconnecting the same optical - electronic surveillance systems at different operating conditions. Most methods of interconnecting completely or partially account for the current task of monitoring, external operating conditions or characteristics of the final consumer information - operator. The aim of this work is to analyze the modalities for determining the possibility of using the same methods of interconnecting images under different conditions in the same system, and to develop recommendations for combining different methods of interconnecting in optical - electronic surveillance systems depending on external conditions optical - electronic surveillance systems functioning. Were calculated input parameters and IR TV channels optical - electronic surveillance systems for observation model of an aluminum plate on the background of sand at various operating conditions. It is shown that for almost constant contrasts in a TV channel, the contrast in the IR signal may undergo drastic changes, changes that require aggregation algorithms under different external conditions.

Keywords: integration images, input range signals, television and thermal channel.

Література

1. Коротаев В. В. Основы тепловидения: Учебное пособие / В. В. Коротаев, Г. С. Мельников, С. В. Михеев. – СПб: Национальный исследовательский университет, 2012. – 109 с.
2. Тарасов В. В. Двух- и многодиапазонные оптико-электронные системы с матричными приемниками излучения: / В. В. Тарасов, Ю. Г. Якушенков. – М. : Университетская книга; Логос, 2007. – 192 с.
3. Young S. S. Signal processing and performance analysis for imaging systems / S. S. Young, R. G. Driggers, E. L. Jacobs. – Artech House Publisher, New York, 2008. – 304 p.

References

1. Korotaev V. V. Osnovy teplovideniya / V. V. Korotaev, G. S. Mel'nikov, S. V. Miheev. – Uchebnoe posobie. Nacional'nyj issledovatel'skij universitet; Sankt-Peterburg, 2012. 109 p.
2. Tarasov V. V. Dvuh- i mnogodiapazonnye optiko-jelektronnye sistemy s matrichnymi priemnikami izlucheniya: / V. V. Tarasov, Ju. G. Jakushenkov. Moscow, Universitetskaja kniga; Logos, 2007. 192 p.
3. Young S. S. Signal processing and performance analysis for imaging systems / S. S. Young, R. G. Driggers, E. L. Jacobs. Artech House Publisher, New York, 2008. 304 p.

*Надійшла до редакції
16 червня 2014 року*

© Микитенко В. І., Балтабаєв М. М., Пономаренко О. А., 2014

УДК 681.7.067

¹⁾**В. М. Сокурєнко**, ^{1,2)}**Т. А. Парпів**

¹⁾*Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ, Україна*

²⁾*Університет Мена, Ле Ман, Франція*

РОЗРОБКА ОБ'ЄКТИВА ЗІ ЗМІННОЮ ФОКУСНОЮ ВІДСТАННЮ, ЩО МІСТИТЬ РІДИННІ ЛІНЗИ

За допомогою спеціального програмного забезпечення в автоматизованому режимі було спроектовано малогабаритну панкреатичну оптичну систему без механічних рухомих елементів з використанням рідинних лінз. Отримані абераційні характеристики цілком задовольняють вимоги до об'єктивів такого класу та дозволяють використовувати розроблену оптичну систему з існуючими матричними приймачами випромінювання. Автоматизацію розрахунку було забезпечено застосуванням одного з алгоритмів глобальної оптимізації, які в цілому, є потужними інструментами, що дозволяють здійснити автоматизований параметричний синтез складних оптичних систем. Час, витрачений на проектування об'єктива, є прийнятним, оскільки не перевищує декількох годин. Ефективність синтезу значною мірою залежить від формування оціночної функції на стадії

введення вихідних даних, зокрема, від встановлення прийнятних конструктивних обмежень та діапазону зміни збільшення.

Ключові слова: рідка лінза, панкреатична система, автоматизований розрахунок, глобальна оптимізація.

¹⁾**В. М. Сокурєнко,** ^{1,2)}**Т. А. Парпєєв**

¹⁾*Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев, Украина*

²⁾*Университет Мэна, Ле Ман, Франция*

РАЗРАБОТКА ОБЪЕКТИВА СО СМЕННЫМ ФОКУСНЫМ РАССТОЯНИЕМ, В СОСТАВ КОТОРОГО ВХОДЯТ ЖИДКИЕ ЛИНЗЫ

С помощью специального программного обеспечения в автоматизированном режиме была спроектирована малогабаритная панкреатическая оптическая система без механических подвижных элементов с использованием жидкостных линз. Полученные аберрационные характеристики полностью удовлетворяют требованиям к объективам такого класса и позволяют использовать разработанную оптическую систему с существующими матричными приемниками излучения. Автоматизацию расчета было обеспечено применением одного из алгоритмов глобальной оптимизации, которые в целом, являются мощным инструментом, позволяющим осуществить автоматизированный параметрический синтез сложных оптических систем. Время, затраченное на проектирование объектива, является приемлемым, поскольку не превышает нескольких часов. Эффективность синтеза в значительной степени зависит от формирования оценочной функции на стадии ввода исходных данных, в частности, от установления приемлемых конструктивных ограничений и диапазона изменения увеличения.

Ключевые слова: жидкая линза, панкреатическая система, автоматизированный расчет, глобальная оптимизация.

¹⁾**V. Sokurenko,** ^{1,2)}**T. Parpiiev**

¹⁾*National Technical University of Ukraine "KPI", Kyiv, Ukraine*

²⁾*L'université du Maine, Le Mans, France*

DEVELOPING OF ZOOM OPTICAL SYSTEM HAVING LIQUID LENSES

In this paper, a small-sized zoom optical system without mechanical moving elements and using liquid lenses has been developed in automatic mode with the help of special software. Residual aberration characteristics meet the requirements for this class of lenses and enable to use the designed optical system with existing matrix detectors. Automation of a computation process was achieved using one of global optimization algorithms, which, in general, are powerful tools to implement the automated synthesis of complex lenses. Time, elapsed onto designing the lens, is acceptable, since it does not exceed several hours. The efficiency of synthesis is essentially dependent on formation of merit function at data input stage, in particular, on setting suitable design constraints and a zoom range value. Further researches should be directed to the use of liquid lenses of other types, such as those with a different sign of focal lengths, airless environment inside the lenses and greater range of variation of optical power.

Keywords: liquid lens, zoom lens, automated calculation, global optimization.

Література

1. US patent Application 2007/0247727 A1 (2007). Zoom optical system having liquid lens/ Samsung Electro-Mechanics Co., LTD. – 2007. – 31 p.
2. US patent 8154805 B2 (2012) Variable power optical system/Blackeye Optics, LLC. – 2012. – 14 p.
3. Arctic 316 Product Datasheet [Website]. – Access mode: <http://www.varioptic.com/products/variable-focus/arctic-316/>. – The name from the screen. – Date of treatment: 20.04.14.

4. Liquid Lens Technology [Website]. – Access mode: <http://www.cognex.com/liquid-lens.aspx?pageid=11382&langtype=1033>. – The name from the screen. – Date of treatment: 30.04.14.
5. Пантелеев А. В. Метаэвристические алгоритмы поиска глобального экстремума. – М.: MAI-PRINT, 2009. – 160 с.
6. Bertsimas G and Tsitsiklis J. Simulated Annealing. *Statistical Science*, 1993. Vol. 8, No. 1, pp. 10-15.
7. Haupt R. and Haupt S. *Practical Genetic Algorithms*. 2004. 253 p.
8. Storn R., Price K. Differential Evolution - a Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces, *Journal of Global Optimization*, Kluwer Academic Publishers. 1997, Vol. 11, pp. 341-359.
9. Feoktistov V. *Differential Evolution In Search of Solutions*. Series: [Springer Optimization and Its Applications](#). 2006. Vol. 5. 195 p.
10. Kumar P., Pant M., and Singh V. P. Two Self-Adaptive Variants of Differential Evolution Algorithm for Global Optimization // *International Journal of Applied Mathematics and Mechanics*. 2012, Vol. 8, No. 3, pp. 22-34.
11. Huang Zh., Wang Ch, and Ma M. A Robust Archived Differential Evolution Algorithm for Global Optimization Problems. *Journal of Computers*, 2009, Vol. 4, No. 2, pp. 160-167.
12. Peng L. et al. A Novel Differential Evolution with Uniform Design for Continuous Global Optimization. *Journal of Computers*, 2012, Vol. 7, No. 1, pp. 3-10.
13. Fast electrically tunable lens EL-10-30 [Website]. – Access mode: <http://www.optotune.com/products/focus-tunable-lenses/electrical-lens-el-10-30-37>. The name from the screen. – Date of treatment: 10.04.14.

References

1. US patent Application 2007/0247727 A1 (2007). Zoom optical system having liquid lens/ Samsung Electro-Mechanics Co., LTD. – 2007. – 31p.
2. US patent 8154805 B2 (2012) Variable power optical system/BlackeyeOptics, LLC. – 2012. – 14 p.
3. Arctic 316 Product Datasheet [Website]. – Access mode: <http://www.varioptic.com/products/variable-focus/arctic-316/>. – The name from the screen. – Date of treatment: 20.04.14.
4. Liquid Lens Technology [Website]. – Access mode: <http://www.cognex.com/liquid-lens.aspx?pageid=11382&langtype=1033>. – The name from the screen. – Date of treatment: 30.04.14.
5. *Panteleev A.V. Metajevristicheskie algoritmy poiska global'nogo jekstremuma*. M.: Izdatel'stvo MAI-PRINT, 2009. – 160 с.
6. *Bertsimas G and Tsitsiklis J. Simulated Annealing*. *Statistical Science*. – Vol. 8, No. 1. – 1993. – pp. 10-15.
7. *Haupt R. and Haupt S. Practical Genetic Algorithms*. – 2004. – 253 p.
8. *Storn R., Price K. Differential Evolution - a Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces*, *Journal of Global Optimization*, Kluwer Academic Publishers, Vol. 11, 1997.– pp. 341-359.
9. *Feoktistov V. Differential Evolution In Search of Solutions*. Series: [Springer Optimization and Its Applications](#), Vol. 5, 2006. – 195 p.
10. *Kumar P., Pant M., and Singh V.P. Two Self-Adaptive Variants of Differential Evolution Algorithm for Global Optimization*. *International Journal of Applied Mathematics and Mechanics*, Vol. 8, No. 3, 2012. – pp. 22-34.
11. *Huang Zh., Wang Ch, and Ma M. A Robust Archived Differential Evolution Algorithm for Global Optimization Problems*. *Journal of Computers*, Vol. 4, No. 2, 2009. – pp. 160-167.

12. Peng L. et al. A Novel Differential Evolution with Uniform Design for Continuous Global Optimization. Journal of Computers, Vol. 7, No. 1, 2012. – pp. 3-10.
13. Fast electrically tunable lens EL-10-30 [Website]. – Access mode: <http://www.optotune.com/products/focus-tunable-lenses/electrical-lens-el-10-30-37>. The name from the screen. – Date of treatment: 10.04.14.

*Надійшла до редакції
15 травня 2014 року*

© Сокурєнко В. М., Парпїєв Т. А., 2014

КОНТРОЛЬ І ДІАГНОСТИКА ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 620.17

Р. М. Галаган

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”,
м. Київ, Україна*

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ВІДКРИТОЇ МІКРОСКОПІЧНОЇ ПОРИСТОСТІ ФАРФОРОВИХ ІЗОЛЯТОРІВ

Розглянуті методи та засоби контролю фарфорових ізоляторів на наявність дефекту типу відкрита мікроскопічна пористість. Показано, що відкрита мікроскопічна пористість є найбільш небезпечним дефектом виробничого походження і є причиною більше 80% відмов фарфорових опорних стержневих ізоляторів. В результаті аналітичних досліджень виділено ультразвуковий метод неруйнівного контролю як найбільш придатний в умовах експлуатації фарфорових ізоляторів. Показані шляхи вдосконалення методики проведення ультразвукового контролю для підвищення його достовірності.

Ключові слова: фарфоровий ізолятор, відкрита мікроскопічна пористість, контроль.

Р. М. Галаган

*Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”,
г. Киев, Украина*

МЕТОДИ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ОТКРЫТОЙ МИКРОСКОПИЧЕСКОЙ ПОРИСТОСТИ ФАРФОРОВЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

Рассмотрены методы и средства контроля фарфоровых изоляторов на наличие дефекта типа открытая микроскопическая пористость. Показано, что открытая микроскопическая пористость является наиболее опасным дефектом производственного происхождения и является причиной более 80% отказов фарфоровых опорных стержневых изоляторов. Рассмотренные методы контроля разделены на две группы: разрушающие и неразрушающие. В результате аналитических исследований выделен ультразвуковой метод неразрушающего контроля как наиболее подходящий в условиях эксплуатации фарфоровых изоляторов. Показаны пути совершенствования методики проведения ультразвукового контроля изоляторов для повышения его достоверности.

Ключевые слова: фарфоровый изолятор, открытая микроскопическая пористость, контроль.

R. M. Galagan

National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

METHODS AND DEVICES FOR CONTROL OF OPEN MICROSCOPIC POROSITY OF PORCELAIN INSULATORS

Examined the methods and devices of control of porcelain insulators for presence of defects such as open microscopic porosity. It is shown that open microscopic porosity is the most dangerous defect

production origin and is responsible for over 80% of failures of porcelain support insulators. Considered methods of control are divided into two groups: destructive and non-destructive. For each method are highlighted their advantages and disadvantages. The analysis showed that most of the existing methods are destructive and require considerable time to implement them. As a result of analytical studies highlighted ultrasonic NDT method as the most suitable in conditions of porcelain insulators. Ultrasonic method has a good correlation between the results of the measured values of the velocity of ultrasound in porcelain insulators with the presence of open microscopic porosity. However, found that the methods of ultrasonic testing of porcelain insulators is rather complicated, unproductive and can cause the appearance of a large subjective error. Therefore shown the ways to improve methods of ultrasonic testing of insulators to improve its reliability.

Keywords: porcelain insulator, open microscopic porosity, control.

Література

1. Березин В. Б. Электротехнические материалы: Справочник / В. Б. Березин, Н. С. Прохоров, Г. А. Рыков, А. М. Хайкин. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 504 с.
2. ГОСТ 26093-84. Изоляторы керамические. Методы испытаний. – Взамен ГОСТ 5862-79; введ. 26.09.85. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 14 с.
3. ГОСТ Р 52034-2008. Изоляторы керамические опорные на напряжение свыше 1000 В. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ Р 52034-2003; введ. 18.12.2009. – М.: Стандартинформ, 2009. – 53 с.
4. Омельченко Ю. А. Контроль качества изделий из высоковольтного электрофарфора на монтаже и в эксплуатации / Ю. А. Омельченко, А. А. Шейкин // Диагностика технического состояния фарфоровых изоляторов высоковольтных коммутационных аппаратов: сборник материалов семинара. 27-29 октября 1999 г. – М., ВНИИЭ, 1999. – С. 54-61.
5. Матросова Ю. Н. Разработка устройства автоматизированного неразрушающего контроля физико-механических свойств пористых материалов с учётом размеров и технологии изготовления // Контроль. Диагностика. – 2010. – №10 (148). – С. 68 – 72.
6. Кинаш О. А. Вопросы контроля технического состояния линий среднего класса напряжений на опыте применения систем УФ-диагностики ООО «Энергонефть Томск» / О. А. Кинаш, С. И. Смирнов, Р. Ф. Харисов и др. // Территория NDT. – 2012. – №2. – С. 53 – 55.
7. Черемской П. Г. Поры в твердом теле / П. Г. Черемской, В. В. Слезов, В. И. Бетехтин. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 376 с.
8. Ультразвуковой контроль материалов: Справ. изд.: пер. с нем. / Й. Крауткремер, Г. Крауткремер. – М.: Металлургия, 1991. – 752 с.

References

1. Berezin, V. B., Prohorov, N. S., Rykov, G. A., Hajkin A. M. *Electrotechnical Materials Handbook [Jelektrotehničeskie materialy: Spravochnik]*. Moscow, Jenergoatomizdat Publ., 1993. (In Russian)
2. State Standard 26093-84. Ceramic insulators. Test methods. Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1985. (In Russian)
3. State Standard 52034-2008. Ceramic support insulators for voltage over 1000 V. General specifications. Moscow: Standartinform Publ., 2009. (In Russian)
4. Omel'chenko Ju. A., Shejkin A. A. "Quality control of high electroporcelain in installation and in operation." *Diagnostics of technical state of porcelain insulators of high voltage switching devices: Proc ["Kontrol' kachestva izdelij iz vysokovol'tnogo jelektrofarfora na montazhe i v jekspluatacii." Diagnostika tehničeskogo sostojanija farforovyh izoljatorov vysokovol'tnyh kommutacionnyh apparatov: sb. mat. sem.]*. Moscow, 1999; pp. 54-61. (In Russian)
5. Matrosova Ju. N. [Developing device for automated non-destructive testing of physical and mechanical properties of porous materials with regard to the size and manufacturing technology] *Control. Diagnostics*, 2010, no 10 (148), pp. 68 - 72. (In Russian).

6. Kinash O.A., Smirnov, S.I., Harisov, R.F. "Questions of technical state control medium voltage lines on the experience of the application of UV-diagnostic systems "Energoneft Tomsk Ltd." [Voprosy kontrolja tehničeskogo sostojanija linij srednego klassa naprjazhenij na opyte primenenija sistem UF-diagnostiki OOO «Jenergoneft' Tomsk».] *Territory of NDT*, 2012, no 2 pp. 53-55. (In Russian).
7. Cheremskoj P. G., Slezov V. V., Betehtin V. I. *Pores in the solid*. [Pory v tverdom tele.] Moscow: Jenergoatomizdat Publ., 1990. (In Russian)
8. Krautkremer J., Krautkremer G. *Ultrasonic testing of materials: B.R.* [Ul'trazvukovoj kontrol' materialov: Spravochnoe izdanie]. Moscow: Metallurgija Publ., 1991. (In Russian)

*Надійшла до редакції
05 травня 2014 року*

© Галаган Р. М., 2014

УДК 621.19

К. М. Серий

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ОПТИЧНАЯ СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ПЕРЕТВОРЮВАЧА З ВИКОРИСТАННЯМ ПЗЗ МАТРИЦЬ

У статті розглянуто метод визначення просторових координат вимірювального перетворювача дефектоскопа з використанням оптичних систем. В якості чутливих елементів оптичних систем запропоновано використати прилади з зарядовим зв'язком (ПЗЗ). Показано переваги використання цих приладів у оптичних системах, а також обґрунтовано їх просторове розташування відносно один одного. Проведені дослідження на експериментальному стенді дозволили визначити фактори, які впливають на похибку визначення просторових координат даним методом. Запропонований метод дозволяє автоматизувати процес контролю і сформувати в пам'яті портативного комп'ютера формуляр з відображенням картини виконаної операції в просторових координатах положення перетворювача дефектоскопа, а також відображувати місцезнаходження знайденого дефекту. Отримані незалежно від дефектоскопіста відображення виконаного контролю шляхом сканування поверхні об'єкту вимірювальним перетворювачем є об'єктивним документом, що підтверджує виконання контролю. Наявність такого документу дозволяє оцінити якість проведеного контролю та забезпечує об'єктивність оцінки отриманих результатів.

Ключові слова: просторові координати, фотоприймач, вимірювальний перетворювач.

К. Н. Серый

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЗС МАТРИЦ

В статье рассмотрен метод определения пространственных координат измерительного преобразователя дефектоскопа с использованием оптических систем. В качестве чувствительных элементов оптических систем предложено использовать приборы с зарядовой связью (ПЗС). Показано преимущества применения этих приборов в оптических системах, а также обосновано их пространственное расположение относительно друг друга. Проведенные исследования на экспериментальном стенде позволили определить факторы, влияющие на погрешность определения пространственных координат данным методом. Предложенный метод позволяет автоматизировать процесс контроля и сформировать в памяти портативного компьютера формуляр с отображением картины выполненной

операции в пространственных координатах положения преобразователя дефектоскопа, а также отображать месторасположения выявляемых дефектов. Полученные независимо от дефектоскописта отображения выполненного контроля путем сканирования поверхности объекта измерительным преобразователем является объективным документом, подтверждающим выполнение контроля. Наличие такого документа позволяет оценить качество проведенного контроля и обеспечивает объективность оценки полученных результатов.

Ключевые слова: пространственные координаты, фотоприёмник, измерительный преобразователь.

К. М. Syeryu

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

THE OPTICAL SYSTEM FOR DETERMINATION OF TRANSDUSER COORDINATES USING CCD MATRIX

In this article is considered the method for determination of spatial coordinates of the defectoscope measuring transducer using an optical system. It is proposed to use charge- coupled devices (CCD) as sensing elements in the optical system. It is demonstrated the advantages of these devices application in the optical system and reasoned their spatial position relative to one to another. The researches on the experimental desk permit to determine the factors which impact on the accuracy of spatial coordinate determination by the given method. Proposed method permits to automate a testing process and form the record card in a portable computer memory were the image of performed operation in spatial coordinates of defectoscope transducer position will be displayed. It also gives possibility to display location of the identifiable defect. The received images are objective document which confirms testing execution. Those images are received irrespective of an inspector scanning of an object's surface by the measuring transducer. The presence of such a record card allows estimating quality of the realized testing and provides with objectivity of the estimate of received results.

Keywords: spatial coordinates, photoreceiver, measuring transducer.

Литература

1. Albert S. Birks. *Nondestructive Testing Handbook*. Second / Albert S. Birks, Robert E. Green. – ASNTD 1991. – Edition. Vol. 7. – P. 451.
2. Гурин С. А. Сканы-дефектоскопы // В мире неразрушающего контроля. – 2004. – Т. 24, № 2. – С. 31 – 33.
3. Горбатов А. А. Акустические методы измерения расстояний в воздушной среде / А. А. Горбатов, Г. Е. Рудашевский. – М. Энергоиздат.1981. – С. 115 – 201.
4. Маєвський С. М. Безконтактна система визначення координат вимірювального перетворювача дефектоскопу / С. М. Маєвський, К. М. Серий // Технічна діагностика та неруйнівний контроль – К.: НАН України, ІЕЗ ім. Є. О. Патона. – 2012. – № 4. – С. 20 – 23.
5. Архангельский А. Я. Программирование в C++Builder 6. – М.: Издательство БИНОМ, 2003. – 467 с.

References

1. Albert S. Birks. *Nondestructive Testing Handbook*. Second / Albert S. Birks, Robert E. Green. – ASNTD 1991. – Edition. Vol. 7. – P. 451.
2. Gurin S. A. Skanery-defektoskopy. *V mire nerazrushajushhego kontrolja*, 2004, vol. 24, no 2, pp. 31–33. (In Russian)
3. Gorbатов A. A., Rudashevskij G. E. Akusticheskie metody izmerenija rasstojanij v vozdushnoj brede. Moscow, Jenergoizdat Publ., 1981, pp. 115 – 201. (In Russian)
4. Mayevs`ky`j S. M., Syeryu K. M. Bezkontaktna sy`stema vy`znachennya koordy`nat vy`miryval`nogo peretvoryuvacha defektoskopu // *Texnichna diagnosty`ka ta nerujnivny`j*

kontrol'. Kyiv, NAN Ukrayiny` Publ., Y`EZ im. Ye. O. Patona, 2012, no 4, pp. 20-23.
(In Ukrainian)

5. Arhangel'skij A.Ja. Programmirovaniye v C++Builder 6. – Moscow: BINOM Publ., 2003. 467 p.
(In Russian)

*Надійшла до редакції
18 жовтня 2014 року*

© Серый К. Н., 2014

УДК 53.083

А. Д. Єгоров, В. А. Єгоров, С. А. Єгоров, Л. І. Єленська, І. Є. Сінельніков

Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України, м. Харків, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ЕФЕКТІВ ПРИ РЕЄСТРАЦІЇ СПЕКТРІВ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИМИ ДЕТЕКТОРАМИ

В статті представлені результати дослідження деяких характеристик темного струму фотодетекторних лінійок спектрометрів в залежності від температури. Вони підтверджують можливість визначення температури фотодетекторів програмними методами на основі одержаних при елементному аналізі даних без змін та переробки електротехнічної частини вимірювальної системи. Це дозволить компенсувати вплив деяких зовнішніх факторів та покращити точність аналізів в лабораторних та заводських умовах.

Ключові слова: атомно-емісійна спектроскопія, темновий струм, CCD детектор, температурні дослідження.

А. Д. Егоров, В. А. Егоров, С. А. Егоров, Л. И. Еленская, И. Е. Синельников

Інститут радіофізики та електроніки ім. А.Я. Усикова НАН України, г. Харків, Україна

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЭФФЕКТОВ ПРИ РЕГИСТРАЦИИ СПЕКТРОВ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ДЕТЕКТОРАМИ

В статье представлены результаты исследования некоторых характеристик темного тока фотодетекторных линейек спектрометров в зависимости от температуры. Они свидетельствуют о возможности определения температуры фотодетекторов программными методами на основе получаемых при элементном анализе данных без переделки электротехнической части измерительной системы. Это позволяет компенсировать влияние мешающих факторов и повысить точность анализов в лабораторных и заводских условиях.

Ключевые слова: атомно-эмиссионная спектроскопия, темновой ток, CCD детектор, температурные исследования.

A. D. Yegorov, V. A. Yegorov, S. A. Yegorov, L. I. Yelenskaya, I. Ye. Sinelnikov

A. Ya. Usikov Institute Radiophysics and Electronics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkov, Ukraine

TEMPERATURE EFFECTS IN MONITORING OF SPECTRA WITH PHOTOELECTRIC SENSORS

The paper presents the results of the experimental research on the dark current characteristics of CCD detectors linear structure which are widely used on registration of optical spectra in devices of atomic emission analysis. These characteristics indicate the possibility of determination of the photosensor temperature using software methods based on the output data of element analysis without transformation of electrotechnical part of measurement system. The suggested technique of the temperature measurements is grounded on an extensive experimental material and provides a required for the practical spectral analysis accuracy. As a result of the photosensor dark current investigation, the acceptable range of working temperatures and exposures was identified during spectral photometric measurements. This allows us to specify requirements for operating conditions of the equipment within a laboratory and an industrial environment.

Keywords: atomic emission spectroscopy, dark current, CCD sensor, temperature research.

Литература

1. TOSHIBA CCD LINEAR IMAGE SENSOR TCD1304AP Datasheet.
2. Егоров В.А. Автоматизированный атомно-эмиссионный спектрометр / В.А. Егоров, С.А. Егоров // Київ: Академперіодика. Наука та інновації. – 2008. - Том.4. - № 2. - С.33-39.
3. Малышев В.И. Введение в экспериментальную спектроскопию.- М.: Наука, 1979 – 480 с.
4. Yegorov A. Subpixel detection in the registration of spectrum images by photodiode structures / A. Yegorov, V. Yegorov, S. Yegorov // Харьков: Радиофизика и радиоастрономия – 2009. - Т.14. - № 1. - С. 77-83.
5. Егоров А.Д. Фотометрирование эмиссионных оптических спектров фотодиодными линейками / А.Д. Егоров, В.А. Егоров, С.А. Егоров, Е.В. Здор // Харьков: Ин-т радиофизики и электроники НАН Украины. Радиофизика и электроника – 2002. - Том.7, №2. - С. 422-425.

References

1. TOSHIBA CCD LINEAR IMAGE SENSOR TCD1304AP Datasheet.
2. V.A. Yegorov, S.A. Yegorov. Automated atomic-emission spectrometer. Science and innovations. Kyiv. Akadempriodyka, v.4. №2. 2008, p.33-39. (in Russian)
3. I.Malyshch. Vvedenie v jeksperimental'nuju spektroskopiju. Moscow, Nauka, 1979. 480s. (in Russian)
4. A.Yegorov, V. Yegorov, S. Yegorov. Subpixel detection in the registration of spectrum images by photodiode structures. . "Radiophysics and Radioastronomy". Kharkov. Radioastronomical Institute of National Academy of Sciences of Ukraine. 2009, v.14, №1, p. 77-83
5. Yegorov A.D., Yegorov V.A., Yegorov S.A, Zdor E.V. The photometry of emission optical spectrum by line image sensors. "Radiophysics and Electronics". Kharkov, Institute Radiophysics and Electronics of National Academy of Sciences of Ukraine. 2002, v.7, №2, p.422-425. (in Russian)

*Надійшла до редакції
18 червня 2014 року*

© Егоров А. Д., Егоров В. А., Егоров С. А., Еленская Л. И., Синельников И. Е., 2014

АНАЛІТИЧНЕ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 621.307.13

В. А. Порєв, Г. В. Порєв

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ЗОНИ РОЗПЛАВУ В ТЕХНОЛОГІЇ ЗОННОЇ ПЛАВКИ КРЕМНІЮ

Проведено узагальнення експериментального матеріалу щодо особливостей формування поля яскравості зони розплаву кремнію на різних стадіях плавки. Експериментально встановлені особливості формування поля яскравості зони плавки. Запропоновано алгоритми адаптивного пошуку меж зони розплаву. Для поточного контролю висоти зони розплаву введено фактор розкиду значень висоти. Обґрунтовано принцип визначення відносної зміни рівня сигналу, який покладено в основу процедури виділення контуру зображення зони розплаву. Представлені аналітичні вирази для розрахунку яскравості власного випромінювання поверхні рідкої фази кремнію в функції поточного значення температури.

Ключові слова: зона розплаву, зонна плавка, контроль.

В. А. Порєв, Г. В. Порєв

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
м. Киев, Украина*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ЗОНЫ РАСПЛАВА В ТЕХНОЛОГИИ ЗОННОЙ ПЛАВКИ

Проведено обобщение экспериментального материала относительно особенностей формирования поля яркости зоны расплава кремния на различных стадиях плавки. Экспериментально установлены особенности формирования поля яркости зоны плавки, заключающиеся в наличии твёрдой фазы и расплавленной зоны. Для исследования особенностей формирования поля яркости зоны плавки предложены алгоритмы определения яркости собственного излучения. Предложены алгоритмы адаптивного поиска границ зоны расплава на основе сканирующего маркера. Для текущего контроля высоты зоны расплава введен фактор разброса значений высоты. Обоснован принцип определения относительного изменения уровня сигнала, который положен в основу процедуры выделения контура изображения зоны расплава. Представлены аналитические выражения для расчета яркости собственного излучения поверхности жидкой фазы кремния в функции текущего значения температуры.

Ключевые слова: зона расплава, зонная плавка, контроль.

V. A. Poryev, G. V. Poryev

National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

RESEARCH ON THE PROCESS OF MELTED ZONE FORMATION IN THE ZONED MELTING TECHNOLOGY

The experimental materials concerning the specifics of the formation of the brightness field on the melted zone during the different stages of melting are generalized and substantiated. Experimental results showed some specifics in the brightness field formation of the melted zone, the specifics being the presence of the solid phase on the margins of the liquid phase. To evaluate the specifics of the brightness field formation in zoned melting an algorithm to determine the brightness of the proper radiation are proposed. Also, a new algorithm for the adaptive zone margin search was proposed. A new factor for the zone height dispersion is introduced for the immediate evaluation of the height of the melted zone. The new principle for the determination of the relative level change that was used as a basis for the contour detection routines on the image of the melted zone was substantiated. The analytical expressions for the calculation of the own brightness of the surface of the liquid phase of the silicon in the functions of the immediate temperature were represented.

Keywords: melted zone, zoned melting, control.

Література

1. Allen F.G. Emissivity at 0.65 Micron of Silicon and Germanium at High Temperatures // Journal of Applied Optics. – 1957. – № 12. – P. 1510 – 1511.
2. The Mathematical Simulation for the Temperature Fields Research / V. Porev, O. Kulikova // Proceedings of fourth Ukraine-Russia-China Symposium on Space Science and Technology. – Kyiv: NSAU. – 1996. – P. 788 – 790.

References

1. Allen F. G. Emissivity at 0.65 Micron of Silicon and Germanium at High Temperatures. *Journal of Applied Optics*, 1957, no 12, pp. 1510 – 1511.
2. Porev V., Kulikova O. The Mathematical Simulation for the Temperature Fields Research [Proceedings of fourth Ukraine-Russia-China Symposium on Space Science and Technology]. Kyiv, NSAU Publ., 1996, pp. 788 – 790.

*Надійшла до редакції
23 вересня 2014 року*

НАУКОВІ ТА ПРАКТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ВИРОБНИЦТВА ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ

УДК 532.528; 620.193.16

¹⁾В. А. Порєв, ²⁾А. А. Троц

¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна

²⁾Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», м. Київ, Україна

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО ВИТОКУ НАДЛИШКОВОСТІ СЕРЕДОВИЩА ЧЕРЕЗ ДИФУЗОР

В сучасній газовій та рідинній динаміці існує проблема забезпечення регульованих газових та рідинних витоків через дифузор малої енергоємності. Це стосується систем аналізу та систем забезпечення процесів у пневмо гідравліці та в сфері створення рушіїв малої потужності. На основі аналізу стану процесу витoku надлишкового середовища із обмеженого об'єму через дифузор рекомендовано методику розрахунку дифузора оптимального обтікання потоком. Проаналізовані універсальні конструкції регульованих сопел. Запропоновано конструктивне рішення регулювання процесу витoku надлишкового середовища формою та розмірами дифузору. Розроблено оптимальний дифузор з універсальним регулятором-подовжувачем витoku на базі комбінованого дифузора-напівсопла.

Ключові слова: метод регулювання; дифузор; дифузор оптимального обтікання потоком; реактивний двигун.

¹⁾В. А. Порєв, ²⁾А. А. Троц

¹⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

²⁾Открытый международный университет развития человека «Украина», г. Киев, Украина

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО ИСТОКА ИЗБЫТОЧНОСТИ СРЕДЫ ЧЕРЕЗ ДИФУЗОР

В современной газовой и жидкостной динамике существует проблема обеспечения регулируемых газовых и жидкостных утечек через диффузор малой энергоёмкости. Это касается систем анализа и систем обеспечения процессов в пневмо гидравлике и в сфере создания двигателей малой мощности. На основе анализа состояния процесса утечки избыточной среды с ограниченного объема через диффузор рекомендуется методика расчета диффузора оптимального обтекания потоком. Предложено конструктивное решение регулирования процесса утечки избыточной среды формой и размерами диффузора. Проанализированы универсальные конструкции регулируемых сопел. Предложено конструктивное решение регулирования процесса утечки избыточной среды формой и размерами диффузора. Разработан оптимальный диффузор с универсальным регулятором-удлинителем утечки на базе комбинированного диффузора-полусопла.

Ключевые слова: метод регулирования; диффузор; диффузор оптимального обтекания потоком; регулятор-удлинитель утечки.

¹⁾V. A. Poryev, ²⁾A. A. Trots

¹⁾National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

²⁾Open International University of Human Development "Ukraine", Kyiv, Ukraine

MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMAL LEAKAGE REDUNDANCY ENVIRONMENT THROUGH DIFFUSER

In modern gas and liquid dynamics, there is the problem of regulated gas and liquid leaks through the diffuser low intensity. This applies to systems analysis and systems to ensure processes and

hydraulics stump in creating low-power engines. Based on the analysis of the process of excessive leakage protection with limited volume through the diffuser recommended method for calculating the optimum diffuser flow stream. A constructive solution to regulation of excessive leakage protection form and size of the diffuser. Analyzed universal design adjustable nozzles. A constructive solution to regulation of excessive leakage protection form and size of the diffuser. The optimum diffuser with universal controller extension leakage based on combined cone-napivsopla.

Keywords: method of regulation; diffuser; diffuser optimal flow stream; controller extension leaks.

Література

1. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. Издание 5-е / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М., 2006. – Т. VI: Гидродинамика. – 736 с.
2. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М. О. Штейнберга. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 284 с.
3. Абианц Л. П. Реактивные двигатели и высокие скорости. – М.: Машиностроение, 1978. – 178 с.
4. Иванова Т. М. Теплотехнические измерения и приборы / Т. М. Иванова, И. Д. Кузнецов, В. С. Чистяков. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 250 с.
5. Чистяков С. Ф. Теплотехнические измерения и приборы / С. Ф. Чистяков, Д. В. Радун. – М.: Энергия, 1972. – 327 с.

References

1. Landau L. D., Lifshits E. M. Teoreticheskaiâ fizika. Izdanie 5-e. □ T. VI. Gidrodinamika. 2006. 736 s. (In Russian)
2. Idel'chik I. E. Spravochnik po gidravlicheskim soprotivleniiâm / Pod red. M. O. Shteinberga. 3-e izd., pererab. i dop. □ Moscow, Mashinostroenie Publ., 1992. 284 p. (In Russian)
3. Abiant L. P. Reaktivnye dvigateli i vysokie skorosti. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1978. 178 p. (In Russian)
4. Ivanova T. M., Kuznetsov I. D., Chistiakov V. S. Teplotekhnicheskie izmereniia i pribory. Moscow Energoatomizdat Publ., 1984. 250 p. (In Russian)
5. Chistiakov S. F., Radun D. V. Teplotekhnicheskie izmereniia i pribory. Moscow Energiia Publ., 1972. 327 p. (In Russian)

*Надійшла до редакції
11 вересня 2014 року*

© Порєв В. А., Троц А. А., 2014

УДК 681.121

І. В. Коробко

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”,
м. Київ, Україна*

ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ НЕОДНОРІДНОСТІ ПОТОКУ РІДИНИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕРЕЖАХ

Запропонована методика оцінювання гідродинамічних характеристик потоку вимірюваного середовища за наявної його неоднорідності та розроблені нові принципи визначення ступеня асиметричності набігаючого потоку по розсіянню енергії, яка дозволяє визначати кількісно і якісно розвиток асиметрії течій рідини при проходженні крізь локальні гідравлічні опори різної просторової конфігурації, що входять до складу вузлів вимірювання витрати та кількості рідиннофазних середовищ технологічних мереж. Це надає можливість окреслювати обмеження на місце монтажу лічильників та визначати їх доцільне розташування в технологічних мережах з урахуванням стратегічного впливу кінематичних і силових чинників їх локального позиціонування.

Ключові слова: витрата, рідиннофазні потоки, асиметрія потоків.

И. В. Коробко

*Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”,
г. Киев, Украина*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОТОКА ЖИДКОСТИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Предложена методика оценки гидродинамических характеристик потока измеряемой среды при его неоднородности и разработаны новые принципы определения степени асимметричности набегающего потока по рассеянию энергии, которая позволяет определять количественно и качественно развитие асимметрии потоков жидкости при прохождении через локальные гидравлические сопротивления различной пространственной конфигурации, входящих в состав узлов измерения расхода и количества жидкофазных сред технологических сетей. Неоднородность течений оказывает влияние на метрологические характеристики измерительных преобразователей расхода. Поэтому, при исследованиях расходомеров и счетчиков необходимо рассматривать разные гидромеханические явления, которые сопровождаются как основные так и дополнительные течения. Это позволяет очерчивать ограничения на место монтажа измерительных преобразователей и определять их целесообразное расположение в технологических сетях с учетом стратегического влияния кинематических и силовых факторов их локального позиционирования.

Ключевые слова: расход, жидкофазные потоки, асимметричность потоков.

I. V. Korobko

National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnical Institute”, Kyiv, Ukraine

HETEROGENEITY RATIO DETERMINATION OF LIQUID FLOW IN THE TECHNOLOGICAL NETWORKS

The proposed method is for evaluating the hydrodynamic characteristics of flow measurement environment for its existing heterogeneity. Developed new principles for determining the asymmetry rate of the incoming flow by energy dissipation which allows determining quantitatively and qualitatively the asymmetry progress in the fluid flow passing through the local hydraulic resistance of different spatial configurations that are part of flow rate measurement units and quantity of liquid-phase mediums technology networks. Flow heterogeneous affects on the metrological characteristics of the flow transducers. Therefore at the flow meters and water meters research should be consider different hydromechanical effect which accompanied both basic and additional flow. This allows define restrictions on the meters installation site and determine their appropriate positioning in the technological networks based on strategic impact kinematics and power factors of their local positioning.

Keywords: flow rate, liquid-phase flows, flow asymmetry.

Література

1. Пістун Є. П. Нормування витратомірів змінного перепаду тиску. [Текст]: монографія/ Є. П. Пістун, Л. В. Лессовой. – Львів. Видавництво ЗАТ «Інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв», 2006. – 576 с.
2. Коробко І. В. Оцінка асиметрії потоку рідини при вимірюванні її витрати та кількості [Текст] / І. В. Коробко, Я. В. Волинська // Вісн. НТУУ ”КПІ”. Сер. Приладобудування. – 2013. – Вип. 45. – С. 91 – 98.
3. Кулінченко В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід [Текст]: підручник / В. Р. Кулінченко. – К.: Фірма «ІНКОС». Центр навчальної літератури, 2006. – 616 с.
4. Струтинський В. Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки [Текст]: підручник / В. Б. Струтинський. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 612 с.
5. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа [Текст]: учеб. для вузов/ Л. Г. Лойцянский – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.

6. Рычагов М. Н. Ультразвуковые измерения потоков в многоплоскостных измерительных модулях [Текст] / М. Н. Рычагов // Акустический журнал. – 1998. – Т. 44. – С. 792 – 799.
7. Launder B. E. The Numerical computation of turbulent flows [Text] / B. E. Launder, D. B. Spalding // Computer methods in applied mechanics and engineering. – 1974. – Vol. 3. – P. 269 – 289.

References

1. Pistun Є. P., Lesovoj L. V. Normuvannja vitratomiriv zminnogo perepadu tisku. L'viv, 2006. 576 p. (In Ukrainian)
2. Korobko I. V., Volins'ka Ya. V. *Bulletin of NTUU "KPI". Series Instrument making*, 2013, Issue 45, pp. 91 – 98. (In Ukrainian)
3. Kulichenko V. R. *Gidravlika, gidravlichni mashini i gidroprivid*, Kyiv, 2006. 616 p. (In Ukrainian)
4. Strutins'kij V. B. *Matematichne modeljuvannja procesiv ta sistem mehaniki*, Zhitomir, 2001, 612 p. (In Ukrainian)
5. Lojczanskij L. G. *Mehanika zhidkosti i gaza*. Moscow. 2003. 840 p. (In Russian)
6. Rychagov M. N. *Akusticheskij zhurnal*, 1998, no. 44, pp. 792– 799. (In Russian)
7. Launder B. E. *Computer methods in applied mechanics and engineering*, 1974, Vol. 3, pp. 269 - 289.

*Надійшла до редакції
16 жовтня 2014 року*

© Коробко І. В., 2014

УДК 681.7.066.35

І. В. Голюк, В. Г. Колобродов

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ПРОЕКТУВАННЯ ЛІНЗИ ФРЕНЕЛЯ НА ПОВЕРХНІ ДОВІЛЬНОЇ ФОРМИ

У роботі пропонується метод проектування лінзи Френеля на корпусі довільної форми, яка виконує роль оптичної системи приладу. Процес проектування оснований на використанні векторної форми закону Снеліуса для визначення геометричних параметрів внутрішньої поверхні. Отримані вирази для розрахунку одиничних векторів нормалі плоских сегментів, розташованих на внутрішній поверхні корпусу. На основі даного методу був розрахований корпус, обмежений двома конічними поверхнями. Використовуючи метод, описаний у даній статті, можна значно покращити характеристики ряду оптико-електронних приладів, до яких належать датчики руху, концентратори сонячної енергії, освітлювальні прилади.

Ключові слова: лінзи Френеля, мікропрофіль, закон Снеліуса.

И. В. Голюк, В. Г. Колобродов

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИНЗЫ ФРЕНЕЛЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

Существующие методы расчета линз Френеля предусматривают их формирование на плоской (или сферической) поверхности. Это существенно уменьшает конструкторские возможности при проектировании оптико-электронных приборов.

В данной работе предлагается метод проектирования линзы Френеля на корпусе произвольной формы, которая играет роль оптической системы прибора. В основу метода положено преобразования параллельного пучка лучей в лучи, которые сходятся в заданном фокусе. Процесс проектирования базируется на использовании векторной формы закона Снеллиуса для определения геометрических параметров внутренней поверхности. Получены выражения для расчета единичных векторов нормали плоских сегментов, расположенных на

внутренней поверхности корпуса. На основе данного метода был рассчитан корпус, ограниченный двумя коническими поверхностями.

Используя метод, описанный в данной статье, можно значительно улучшить характеристики ряда оптико-электронных приборов, к которым относятся датчики движения, концентраторы солнечной энергии, осветительные приборы.

Ключевые слова: линзы Френеля, микропрофиль, закон Снеллиуса.

I. V. Goliuk, V. G. Kolobrodov

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

DESIGN OF FRESNEL LENS ON THE FREEFORM SURFACE

There are many devices that use optical radiation in any way today. However, the requirements to image quality are not very high. To be honest about it, the function of the optical system is reduced to focus the light in the point, segment, and circle. Such characteristics, like mass and size, reliability and simplicity in design, looks get much more requirements.

An effective problem-solving method is covering instrument's body (punching, diamond turning, photolithography) by special microprofile (so-called Fresnel lenses), which can refract optical radiation according to the laws of geometrical optics, acting as the optical system of the device. Existing methods of calculating Fresnel lenses allows the forming on a flat (or spherical) surface. As a result of this, design opportunities are limited.

In this paper, we propose a method for Fresnel lens designing on the optional form body used as optical system. Design process is based on using Snell's law's vector form for determination of geometric parameters of inner surfaces. Obtained expressions for unit vectors of flat segments located on the inner surface of the shell. This method was used in design of shell bounded by two conical surfaces. By this method we can significantly improve the characteristics of different optoelectronic devices, which include solar thermal collectors, motion detectors, and lighting instruments.

Keywords: Fresnel lens, microprofile, Snell's law.

Література

1. Fang Jian-Shuen Path-dependent human identification using a pyroelectric infrared sensor and Fresnel lens arrays / Jian-Shuen Fang, Qi Hao, David J. Brady, Mohan Shankar, Bob D. Guenther, Nikos P. Pitsianis, Ken Y. Hsu // OPTICS EXPRESS. – 2006. – V. 14, № 2. – P. 609-616.
2. Jing Lei Design of Novel Compound Fresnel Lens for High-Performance Photovoltaic Concentrator / Lei Jing, Hua Liu, Huifu Zhao, Zhenwu Lu, Hongsheng Wu, He Wang, Jialin Xu // International Journal of Photoenergy. – 2012.
3. Kim Byungwook Reverse functional design of discontinuous refractive optics using an extended light source for flat illuminance distributions and high color uniformity / Byungwook Kim, Hokwan Kim, Shinill Kang // OPTICS EXPRESS. – 2011. – V. 19, № 3. – P. 1794-1807.
4. Chen Fei Design method of high-efficient LED headlamp lens / Fei Chen, Kai Wang, Zong Qin, Dan Wu, Xiaobing Luo, Sheng Liu // OPTICS EXPRESS. – 2010. – V. 18, № 20. – P. 20926-20938.
5. Chen Fei Design of compact freeform lens for application specific light-emitting diode packaging / Fei Chen, Kai Wang, Zong Qin, Dan Wu, Xiaobing Luo, Sheng Liu // OPTICS EXPRESS. – 2010. – V. 18, № 2. – P. 413-425.
6. Erismann F. Design of a plastic aspheric Fresnel lens with a spherical shape / Fernando Erismann // Optical Engineering. - 1997. - Vol. 36, № 4. - P. 988-991.
7. Голюк І. В. Проектування пластикових лінз Френеля зі сферичним профілем / І. В. Голюк, В. Г. Колобродов, Є. Г. Балінський // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. – № 1. – С. 66 – 70.

References

1. Fang, Jian-Shuen, Qi Hao, David J. Brady, Mohan Shankar, Bob D. Guenther, Nikos P. Pitsianis, and Ken Y. Hsu. "Path-dependent Human Identification Using a Pyroelectric Infrared Sensor and Fresnel Lens Arrays." *Optics Express* 14.2 (2006): 609-16. Web.
2. Jing, Lei, Hua Liu, Huifu Zhao, Zhenwu Lu, Hongsheng Wu, He Wang, and Jialin Xu. "Design of Novel Compound Fresnel Lens for High-Performance Photovoltaic Concentrator." *International Journal of Photoenergy* 2012 (2012): 1-7. Web.
3. Kim, Byungwook, Hokwan Kim, and Shinill Kang. "Reverse Functional Design of Discontinuous Refractive Optics Using an Extended Light Source for Flat Illuminance Distributions and High Color Uniformity." *Optics Express* 19.3 (2011): 1794. Web.
4. Chen, Fei, Kai Wang, Zong Qin, Dan Wu, Xiaobing Luo, and Sheng Liu. "Design Method of High-efficient LED Headlamp Lens." *Optics Express* 18.20 (2010): 20926-0938. Web.
5. Wang, Kai, Fei Chen, Zongyuan Liu, Xiaobing Luo, and Sheng Liu. "Design of Compact Freeform Lens for Application Specific Light-emitting Diode Packaging." *Optics Express* 18.2 (2010): 413-25. Web.
6. Erismann, Fernando. "Design of a Plastic Aspheric Fresnel Lens with a Spherical Shape." *Optical Engineering* 36.4 (1997): 988-91. Web.
7. Goliuk I. V., Kolobrodov V. G. [Designing of plastic Fresnel lenses on spherical surfaces] *Measuring and computing devices in technological processes*, 2013, no 1, pp. 66-70. (In Ukrainian).

Надійшла до редакції
01 жовтня 2014 року

©Голюк І. В., Колобродов В. Г., 2014

УДК 681.2:535.853

В. І. Скицюк, Т. Р. Ключко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ПІДГРУНТЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАНДАННИХ ЗОН АБСТРАКТНОЇ СУТНОСТІ. ЧАСТИНА 1. ОСНОВНІ ТИПИ ПАНДАННИХ ЗОН

У роботі йдеться про засади визначення впливу зовнішніх подразників на зміни, які відбуваються в структурах взаємодії об'єктів як абстрактних сутностей (АС) у процесі їх життєдіяльності, зокрема біотехнічних об'єктів (БТО), фармакологічних речовин, впливу фізичних полів обладнання тощо.

Внаслідок проведених досліджень запропоновано засадні поняття щодо теоретичних підходів до технології інформаційної діагностики стану БТО, що базуються на визначенні панданних зон (ПЗ) кожної АС за умови певної взаємодії, яка супроводжується певними змінами їх польових структур. Надано класифікацію панданних зон АС. Результати досліджень можуть бути покладені в основу принципів застосування новітніх систем технічних, біологічних і медичних досліджень та діагностики або систем іншого призначення, тобто враховується вплив випромінювання медичного або технічного обладнання, а також лікарських засобів, які діють на об'єкт.

Ключові слова: панданна зона, об'єкт, абстрактна сутність.

В. И. Скицюк, Т. Р. Ключко

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПАНДАННЫХ ЗОН АБСТРАКТНЫХ СУЩНОСТЕЙ. ЧАСТЬ 1. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПАНДАННЫХ ЗОН

В работе описаны принципы определения влияния внешних раздражителей на изменения, которые происходят в структурах взаимодействия объектов как абстрактных сущностей (АС)

в процессе их жизнедеятельности, в том числе биотехнических объектов (БТО), фармакологических веществ, воздействия физических полей оборудования.

Вследствие проведенных исследований предложены основные понятия теоретических подходов к технологии информационной диагностики текущего состояния БТО, основанные на определении панданных зон каждой АС при определенных типах взаимодействия и сопровождаются соответствующими изменениями их полевых структур. Представлена классификация панданных зон АС, которая предназначена для выбора типа системы диагностики и контроля текущего состояния БТО. Результаты исследований могут быть положены в основу принципов построения и применения новейших систем технических, биологических и медицинских исследований и диагностики или систем другого назначения, которые учитывают влияние излучений медицинского или технического оборудования, а также лекарственных средств и иных факторов, действующих на объект.

Ключевые слова: панданная зона, объект, абстрактная сущность.

V. I. Skytsiouk, T. R. Klotchko

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnical Institute", Kyiv, Ukraine

BASICS OF INFORMATION PROPERTIES PANDAN ZONES OF ABSTRACT ENTITIES.

PART 1: MAIN TYPES OF PANDAN ZONES

The paper refers to the basics to determine the influence of external stimuli on the changes taking place in the structure of the interaction of objects as abstract entities in the course of their life, including biotechnical objects, pharmacological agents, the effects by field equipment and so on. As a result of the research proposed concept ambush on theoretical approaches to information technology biotechnical objects diagnosis of the condition based on the determination pandan zones each provided abstract entities particular interaction and are accompanied by certain changes in their field structures. The classification pandan zones of abstract entities is offered. The research results can be the basis for the application of the principles of advanced systems engineering, biological and medical research and diagnosis systems or other purposes, that takes into account the effects of radiation or medical technical equipment and drugs acting on the object.

Keywords: pandan zones, object, abstract entities.

Література

1. Quality Control Method For Powder Melted Tool Plates / O. Babchenko // XIII International PhD Workshop OWD 2011. Polish-Japanese Institute of Information Technology, Warsaw. – 2011. – P. 523 – 528.
2. Контроль и диагностика в ГПС: монография; под ред. Б. И. Черпакова. Кн. 7. – М.: Высшая школа, 1989. – С. 30 - 80.
3. Яненко О. П. Електронна апаратура лікувально-діагностичних технологій : навчальний посібник / О. П. Яненко, В. П. Куценко, С. М. Перегудов. – Донецьк : ІПШ «Наука і освіта», 2011. – 212 с.
4. Klotchko T. R. Formalized model of the zone presence of structures of the biological objects, Microwave & Telecommunication Technology (CriMiKo'2011), 2011, Vol. 2, pp. 1036-1037.
5. Скицюк В.І. Особливості характеристик абстрактних сутностей у процесі їх взаємодії. Частина 1 / В. І. Скицюк, Т. Р. Ключко // Вісник НТУУ «КПІ». Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ. – 2013. – Вип. 45. – С. 198 – 203.
6. Тимчик Г. С. Польові структури біотехнічних систем: монографія / Г. С. Тимчик, В. І. Скицюк, Т. Р. Ключко. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 384 с.
7. Скицюк В. І. Технологічний фантом / В. І. Скицюк, М. В. Скицюк // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2002. – Вип. 24. – С. 149 - 155.

References

1. Babchenko O. Quality Control Method For Powder Melted Tool Plates. *XIII International PhD Workshop OWD 2011*. Polish-Japanese Institute of Information Technology, Warsaw, 2011, pp. 523 – 528.
2. Kontrol' i diagnostika v GPS [Monitoring and Diagnostics in flexible manufacturing systems]; edit. by B. I. Cherpakov. Kn. 7. Moscow, Vysshaiâ shkola Publ., 1989, pp. 30 – 80 (in Russian)
3. Іаненко О. Р., Кутсенко В. Р., Пєрехудов С. М. Електронна апаратура лікувал'но-діагностичних технологій: навчальний посібник. Донецьк, ІPShI «Наука і освіта» Publ., 2011. 212 p. (in Ukrainian)
4. Klotchko T. R. Formalized model of the zone presence of structures of the biological objects. *Microwave & Telecommunication Technology (CriMiKo '2011)*, 2011, Vol.2: pp. 1036 - 37.
5. Skytsiouk V. I., Klotchko T. R. Peculiar properties of descriptions of abstract entities in the process of their interaction (Part 1). *Bulletin of NTUU «KPI». Series Instrument Making*, 2013, Issue 45, pp. 198 – 203. (in Ukrainian)
6. Tymchyk Gr. S., Skytsiouk V. I., Klotchko T. R. Pol'ovi struktury biotekhnichnykh system. Kyiv, NTUU «KPI» Publ., 2013, 384 p. (in Ukrainian)
7. Skytsiouk V. I., Skytsiouk M. V. Technologic Fantom. *Bulletin of NTUU «KPI». Series Instrument Making*, 2002, Issue 24, pp. 149 – 155 (in Ukrainian)

Надійшла до редакції
22 жовтня 2014 року

© Скицюк В. І., Клочко Т. Р., 2014

УДК 621.831.7

О.М. Зосик

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕТАМАТЕРІАЛІВ ТА АНАЛІЗ ЇХ ОПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

У даній роботі досліджувалися сітчасті метаматеріали з розробленою геометрією одиничної комірки на основі фішнет метаматеріала. В ході роботи були визначені смуги негативного показника заломлення в ближньому інфрачервоному та видимому діапазоні. Спостерігалось лінійне зміщення спектральних особливостей в довгохвильову область із збільшенням порядку фрактального розбиття. Отримані при математичному моделюванні лінійні залежності пікових значень негативного показника заломлення (НПЗ) від геометричних параметрів метаматеріалів можуть використовуватися для коректування спектральних позицій оптичних функцій у постановці сітчастих метаматеріалів з даними функціональними характеристиками. Обговорювалися перспективи застосування розглянутих метаматеріалів в оптичних пристроях - фільтрах, лінзах, модуляторах і т. д., а також високочутливих датчиках тиску, біологічних і хімічних сенсорах з можливістю дистанційного перешкодостійкого управління.

Ключові слова: негативний показник заломлення, лівосторонні метаматеріали, фрактальне розбиття

О.М. Зосик

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАМАТЕРИАЛОВ И АНАЛИЗ ИХ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

В данной работе исследовались сетчатые метаматериалы с разработанной геометрией единичной ячейки на основе фишнет метаматериала. В ходе работы были определены полосы отрицательного показателя преломления в ближнем инфракрасном и видимом

диапазоне. Наблюдалось линейное смещение спектральных особенностей в длинноволновую область с увеличением порядка фрактального разбиения. Полученные при математическом моделировании линейные зависимости пиковых позиций отрицательного показателя преломления (ОПЗ) от геометрических параметров метаматериалов могут использоваться для корректирования спектральных позиций оптических функций в постановке сетчатых метаматериалов с данными функциональными характеристиками. Обсуждались перспективы применения рассмотренных метаматериалов в оптических устройствах- фильтрах, линзах, модуляторах и т. д., а также высокочувствительных датчиках давления, биологических и химических сенсорах с возможностью дистанционного помехоустойчивого управления.

Ключевые слова: отрицательный показатель преломления, левосторонние метаматериалы, фрактальное разбиение

О.М. Zosyk

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

MATHEMATICAL MODELLING OF METAMATERIALS AND ANALYSIS OF THEIR OPTICAL PROPERTIES

In this work were studied fishnet metamaterials with proposed meshy structure. The spectral bands with negative refractive index were discovered in near infrared and visible regions. The linear red shift of spectral features was observed with the increasing partition order of fractal. These optical features of discussed metamaterials could find possible applications in optical devices (filters, lenses, modulators etc.), high-sensitive pressure sensor meters and other devices. Obtained in math modeling linear dependences of the peak positions of NRI from geometric parameters of metamaterials can be used to adjust the spectral position of optical features in the production of meshy metamaterials with given functional characteristics. In the work were discussed prospects of use of the considered metamaterials in optical devices such as filters, lenses, modulators, etc., as well as highly sensitive pressure sensors, biological and chemical sensors with anti-interference remote control.

Keywords: metamaterials, negative refractive index, fractals, optical metamaterial, fishnet meshy metamaterial, fractal partition.

References

1. Xiao, S. et al. Yellow-light negative-index metamaterials. *Optics letters*. 2009, Vol. 34, №22, pp. 3478–3480.
2. Johnson, P.B. & Christy, R.W. Optical Constants of the Noble Metals. *Physical Review B*. 1972. Vol. 6, №12, pp. 4370–4379.
3. Drachev, V.P. et al. The Ag dielectric function in plasmonic metamaterials. *Optics express*. 2008, Vol. 16, №2, pp. 1186–1195.
4. Smith, D.R. et al. Electromagnetic parameter retrieval from inhomogeneous metamaterials. *Physical Review E*. 2005, Vol. 71, №3, pp. 036617.
5. Chen, X. et al. Robust method to retrieve the constitutive effective parameters of metamaterials. *Physical Review E*. 2004, Vol. 70, №1, pp. 016608.
6. García-Meca, C. et al. Double-negative polarization-independent fishnet metamaterial in the visible spectrum. *Optics letters*. 2009, Vol. 34, №10, pp. 1603–1605.
7. Nikolaenko, A.E. et al. Carbon Nanotubes in a Photonic Metamaterial. *Physical Review Letters*. 2010, Vol. 104, №15, pp. 153902.
8. Penciu, R.S. et al. Magnetic response of nanoscale left-handed metamaterials. *Physical Review B*. 2010, Vol. 81, №23, pp. 1–11.

*Надійшла до редакції
10 травня 2014 року*

УДК 528.7, 629.78

Л. А. Міхеснко, Н. В. Анікієнко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИФУЗНОГО ВИПРОМІНЮВАЧА ЗМІННОЇ ЯСКРАВОСТІ

В статті розглянуто проблему покращення метрологічних характеристик дифузного випромінювача змінної яскравості на законі зворотних квадратів. Запропоновано схему дифузного випромінювача, де в ролі джерела випромінювання використовується матриця з галогенних ламп, а в якості розсіювача – матоване кварцове скло. Представлена математична модель дифузного випромінювача з матричним джерелом випромінювання. По приведеній математичній моделі зроблені розрахунки основних вихідних характеристик дифузного випромінювача з матричним джерелом випромінювання та проведений аналіз результатів.

Ключові слова: дифузний випромінювач змінної яскравості, матричне джерело випромінювання.

Л. А. Михеенко, Н. В. Анিকেенко

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИФФУЗНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОЙ ЯРКОСТИ

В статье рассмотрено проблему улучшения метрологических характеристик диффузного излучателя переменной яркости на законе обратных квадратов. Предложено схему диффузного излучателя, где в роли источника излучения используется матрица с галогенных ламп, а рассеиватель – матированное кварцевое стекло. Представлена математическая модель диффузного излучателя с матричным источником излучения. По приведенной математической модели сделаны расчеты выходных характеристик диффузного излучателя с матричным источником излучения и проведен анализ результатов. Показано, что, используя матированное кварцевое стекло, можно расширить спектральный диапазон диффузного излучателя до 0.2-5 мкм. Анализ полученных результатов показывает возможность создания системы радиометрической калибровки широкого класса высокоапертурных оптико-электронных измерительных приборов, которые работают у видимой и ближней инфракрасной областях спектра.

Ключевые слова: диффузный излучатель переменной яркости, матричный источник излучения.

L. A. Mikheenko, N. V. Anikienko

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

THE METHODS OF IMPROVING THE METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF DIFFUSE EMITTER OF VARIABLE BRIGHTNESS

The paper considers the problem of improving the metrological characteristics of the diffuse emitter variable brightness on the law of inverse squares. Proposed scheme diffuse emitter, where the role of the radiation source used matrix with halogen lamps and diffuser - frosted quartz glass. A mathematical model of diffuse source with a radiation source matrix is presented. At the present mathematical model calculations are made calculation of the output characteristics of the diffuse source with matrix source of radiation and the analysis of results. It is shown that using the frosted quartz glass, you can extend the spectral range of diffuse emitter to 0.2-5 microns. Analysis of the results shows the possibility of creating a system of radiometric calibration of a wide class of optoelectronic measuring devices with high aperture that operate in the visible and near infrared spectral regions.

Keywords: diffuse emitter of variable brightness, matrix radiation source.

Література

1. Воропай Е. С. Техника фотометрии высокого амплитудного разрешения / Е. С. Воропай, П. А. Торпачев. – Минск: Университетское, 1988. – 223 с.
2. Эпштейн М. И. Измерения оптического излучения в электронике. – М.: Радио и связь, 1990. – 254 с.
3. Измерение параметров приемников оптического излучения / Под ред. Л. Н. Курбатова, Н. В. Васильченко. – М.: Радио и связь, 1983. – 320 с.
4. Колобродов В. Г. Стендовая аппаратура для вимірювання енергетичних характеристик оптико-електронних приладів космічного базування / В. Г. Колобродов, В. І. Микитенко, Л. А. Міхеєнко // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2003. - №3. – С. 98 – 104.
5. Міхеєнко Л. А. Абсолютизація вимірювань енергетичних характеристик багатоелементних приймачів випромінювання і пристроїв на їх основі / Міхеєнко Л. А. // Приладобудування 2007: підсумки і перспективи: науково-технічна конференція, 24 – 25 квітня 2007 р.: тези доп. – К. 2007. – С. 70 – 71.
6. Микитенко В. І. Дослідження та вибір схеми каліброваного випромінювача зі змінною яскравістю для прецизійної фотометрії / В. І. Микитенко, Л. А. Міхеєнко, Л. А. Петрущенко // Вісник НТУУ «КПІ». Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ. – 2006. - №31. – С. 156 – 163.
7. Міхеєнко Л. А. Теория и расчет диффузного излучателя переменной яркости на законе обратных квадратов / Л. А. Міхеєнко, В. Н. Боровицкий // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2006. - №1. – С. 73 – 80.
8. Міхеєнко Л. А. Фізико-математична модель випромінювача з розсіюючим елементом / Л. А. Міхеєнко, А. В. Коваленко // Вісник НТУУ «КПІ». – Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ. – 2008. – Вип. 36. – С. 31 – 37.
9. Міхеєнко Л. А. Вторичный эталон яркости на базе галогенной лампы накаливания / Л. А. Міхеєнко, В. Н. Боровицкий // Технология и конструирование радиоэлектронной аппаратуры. – 2008. - №3 (75). – С. 61–64.
10. Міхеєнко Л. А. Дослідження характеристик розсіювання молочного і матового скла / Л. А. Міхеєнко, А. В. Коваленко // Вісник НТУУ «КПІ». Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ. – 2007. - №33. – С. 36 – 41.

References

1. Voropay E. S., Torpachov P. A. Technique of photometry with high amplitude resolution. Minsk, Universytetskoe, 1988. 223 p. (in Russian)
2. Epstein M. I. Measurement of optical radiation in electronics. Moscow, Energy Publ., 1990. – 254 p. (in Russian)
3. Kurbatov L. N., Vasilchenko N. V. Measurement of parameters of optical radiation detectors. Moscow, Radio and communication Publ., 1983. 320 p. (in Russian)]
4. Kolobrodov V. H., Mykytenko V. I., Miheenko L. A. Stand equipment for measuring power characteristics of optical-electrical devises of cosmic bases. *Scientific News NTUU «KPI»*. 2003, №3, pp. 98–104. (in Ukrainian)
5. Mikheenko L. A. Absolutization of measuring energy characteristics of multiple-radiation detectors and devices based on them. INSTRUMENT MAKING 2007: totals and perspectives: scientific-technical conference, 24-25 April 2007: theses of reports. Kyiv, 2007. pp. 70-71. (in Ukrainian)
6. Mykytenko V. I., Miheenko L. A., Petruschenko L. A. Research and selection of calibration emitter circuit with variable brightness for precision photometry. *BULLETIN of National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute” Series INSTRUMENT MAKING*. 2006, .Is. 31, pp. 156-163. (in Ukrainian)

7. Mikheenko L. A., Borovytsky V. N. Theory and evaluation of diffusive illumination unit with radiance variation based on inverse quadrate law. *Technology and engineering in electronic equipment*. 2006, №1, pp. 73-80. (in Russian)
8. Miheenko L. A., Kovalenko A. V. Physical and mathematical model of radiator with dissipating element. *BULLETIN of National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" Series INSTRUMENT MAKING*. 2007, Is. 33, pp. 36-41. (in Ukrainian)
9. Mikheenko L. A., Borovytsky V. N. Secondary radiance etalon source based on halogen lamp. *Technology and engineering in electronic equipment*. 2008, №3 (75), pp. 61-64. (in Russian)
10. Miheenko L. A., Kovalenko A. V. Research on characteristics of diffusion of lactic and frosted glass. *BULLETIN of National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" Series INSTRUMENT MAKING*. 2007, Is. 33, pp. 36-41. (in Ukrainian)

*Надійшла до редакції
10 квітня 2014 року*

© Міхеєнко Л. А., Анікієнко Н. В., 2014

ВИСОКОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 519.718.2

¹**В. О. Андрієнко, ¹В. В. Іванченко, ¹А. В. Гончаров, ¹Є. В. Скорина, ²В. С. Антонюк**

¹*Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна*

²*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕРМІНУ НАДІЙНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ІНТЕГРАЛЬНИХ МІКРОСХЕМ РАДІОТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ

Запропонована методика верифікації інтегральних мікросхем на прикладі елементів пам'яті з використанням тестів, що добре корелює з побудованою математичною залежністю безвідмовності роботи від часу експлуатації таких елементів. Встановлено, що виникнення помилок в роботі пам'яті пов'язано з виникненням дефектів, сколів і погіршення стану поверхні елементів пам'яті. Визначена залежність часу надійної експлуатації інтегральних мікросхем радіотехнічних пристроїв від умов їх експлуатації, стану поверхні кремнієвого чипу та впливів зовнішнього середовища. Показана необхідність високоточного та довготривалого прогнозування часу надійної експлуатації інтегральних мікросхем, які знайшли застосування у пристроях, що експлуатуються в позаштатному режимі в екстремальних умовах (системах керування атомних електростанцій, літаків, космічних станцій тощо). Наведена перевага використання методу атомно-силової мікроскопії у прогнозуванні часу експлуатації в порівнянні з традиційними методами програмного тестування.

Ключові слова: верифікація елементів пам'яті, строк служби, інтегральні мікросхеми, прогнозування, атомно-силова мікроскопія.

¹**В. А. Андриенко, ¹В. В. Иванченко, ¹А. В. Гончаров, ¹Е. В. Скорина, ²В. С. Антонюк**

¹*Черкасский государственный технологический университет, г. Черкассы, Украина*

²*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ НАДЕЖНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Разработана методика верификации интегральных микросхем на примере ячеек памяти с использованием тестов, хорошо коррелирующими с построенной математической зависимостью безотказности работы от времени эксплуатации таких элементов.

Установлено, что возникновение ошибок в работе памяти связано с возникновением дефектов, сколов и ухудшения состояния поверхности ячеек памяти. Определена зависимость времени надежной эксплуатации интегральных микросхем радиотехнических устройств от условий их эксплуатации, состояния поверхности кремниевого чипа и влияний внешней среды. Показанная необходимость высокоточного и долговременного прогнозирования времени надежной эксплуатации интегральных микросхем, нашедших применение в устройствах, эксплуатирующихся во внештатном режиме в экстремальных условиях (системах управления атомных электростанций, самолетов, космических станций и тому подобное). Приведено преимущество использования метода атомно-силовой микроскопии в прогнозировании времени эксплуатации по сравнению с традиционными методами программного тестирования.

Ключевые слова: верификация ячеек памяти, срок службы, интегральные микросхемы, прогнозирование, атомно-силовая микроскопия.

¹V. O. Andrienko, ¹V. V. Ivanchenko, ¹A. V. Goncharov, ¹E. V. Skorina, ²V. S. Antonjuk

¹*Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine*

²*National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine*

PROGNOSTICATION OF TIME OF RELIABLE EXPLOITATION OF INTEGRAL MICROCIRCUITS OF RADIOTECHNICAL DEVICES

Purpose. Determination and prognostication of time of reliable exploitation of integral microchips of radiotechnical devices on the example of memory cells by realization of tests and exposure of reasons of its refuse by the method of atomic-force microscopy.

Design/methodology/approach. First for the analysis of surface of integral microchips on the example of memory and prognostication of time cells its reliable exploitation the method of atomic-force microscopy, that allowed on the initial stage exploitations to determine the hidden microflaws (microcracks, pores and others like that) and diminishing of reliability of review, that can not be certain other analytical methods, is used.

Findings. By means of the worked out complex of verify tests, time of faultless exploitation of memory (three years) cells is investigational, and the results of its tests present a permissible error with a mathematical model.

Originality/value. Certain dependence of time of reliable exploitation of integral microchips of radiotechnical devices is on its external, state of surface of silicic chip and influences of environment environments. It is shown that during exploitation of integral microchips in extreme terms takes place an increase over of mean values of inequalities, development of cracks that bring to the premature exit its from a line-up, that, in turn, results in worsening of functional properties of its elements.

Keywords: verification of memory cells, tenure of employment, integral microchips, prognostication, atomic-force microscopy.

Література

1. Микроскопія в нанотехнологіях / [Антонюк В. С., Тимчик Г. С., Верцанова О. В. та ін.] – К.: НТУУ «КПІ», 2014 – 260 с.
2. Пьезоэлектрические преобразователи. Справочное пособие / Шарапов В. М. [и др.]. Под ред. Шарапова В. М. – Черкассы: ЧГТУ, 2004. – 435 с.
3. Андриенко В. А. Метод и средства повышения надежности запоминающих устройств путем замещения модулей памяти / В. А. Андриенко, В. Г. Рябцев, Т. Ю. Уткина // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – № 6 (25). – С. 192 – 195.
4. Атомно-силовой микроскоп NT-206: новые возможности / А. А. Суслов [и др.] // БелСЗМ-6: Сборник докладов 6-го Белорусского семинара по сканирующей зондовой микроскопии, 12-15 октября 2004 г. – г. Минск. – 2004. – С. 123 – 130.

5. Общество с дополнительной ответственностью «Микротестмашины»: [Электронный ресурс]. 2006-2013. URL: <http://microtm.com/> (Дата обращения: 21.11.2014)
6. Бондаренко М. А. Изучение механизма образования переходной зоны в поверхностном слое пьезокерамических изделий нанотехники / М. А. Бондаренко, В. С. Антонюк, В. А. Ващенко, Ю. Ю. Бондаренко, П. В. Петлеваний // Наноинженерия. М. Машиностроение. – 2011. – № 6. – С. 25 – 29.
7. Logitech: »: [Электронный ресурс]. 2014 URL: <http://logitech.com/> (Дата обращения: 21.11.2014)
8. Фролов В. А. Анализ и оптимизация в прикладных задачах конструирования РЭС. – К.: Выща школа, 1991. – 310 с.

References

1. Antonjuk V. S., Tymchyk Gr. S., Vercanova O. V. ta in. *Mikroskopija v nanotehnologijah.* Kyiv, NTUU «KPI», 2014. 260 p. (In Ukrainian)
2. Sharapov V.M. [i dr.]. *P'ezoelektricheskie preobrazovateli. Spravochnoe posobie* [Piezoelectric transformers. Certificate manual] / Pod red. Sharapova V. M. Cherkassy, ChGTU Publ., 2004. 435 p. (In Russian)
3. Andrienko V. A., Rjabcev V. G., Utkina T. Ju. Metod i sredstva povyshenija nadezhnosti zapominajushhih ustrojstv putem zameshhenija modulej pamjati [Method and facilities of increase of reliability of storages of data by substituting for the modules of memory]. *Radioelektronni i komp'juterni sistemi*, 2007, no 6 (25), pp. 192-195. (In Russian)
4. Suslov A. A. [i dr.] Atomno-silovoj mikroskop NT-206: novye vozmozhnosti [Atomic-force microscope of NT-206: new possibilities] // *BelSZM-6: Sbornik dokladov 6-go Belorusskogo seminaru po skanirujushhej zondovoj mikroskopii*, 2004. Minsk, pp. 123-130.
5. Obshestvo s dopolnitel'noj otvetstvennost'ju «Mikrotestmashiny» [Society with additional responsibility of «Mikrotestmashiny»]. 2006-2013. Available at: <http://microtm.com/> (accessed: 21.11.2014).
6. Bondarenko M. A., Antonjuk V. S., Vashhenko V. A., Bondarenko Ju. Ju., Petlevanyj P. V. Izuchenie mehanizma obrazovanija perehodoj zony v poverhnostnom sloe p'ezokeramicheskikh izdelij nanotehniky. *Nanoinzhenerija*, 2011, no 6, pp. 25 – 29. (In Russian)
7. **Logitech: »: [Jelektronnyj resurs]**. 2014 URL: <http://logitech.com/> (accessed: 21.11.2014)
8. Frolov V. A. Analiz i optimizacija v prikladnyh zadachah konstruirovaniya RJeS [An analysis and optimization are in the applied tasks of constructing of REC]. Kyiv, Vyshha shkola Publ., 1991. 310 p. (In Russian)

*Надійшла до редакції
25 вересня 2014 року*

© Андрієнко В. О., Іванченко В. В., Гончаров А. В., Скорина Є. В., Антонюк В. С., 2014

УДК 532.2

А. В. Молодик, О. А. Пономаренко, М. М. Балтабасв

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИМОГ ДО ФОТОПРИЙМАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ІНФРАЧЕРВОНОГО ДІАПАЗОНУ НА ОСНОВІ СТРУКТУР З КВАНТОВИМИ ЯМАМИ

Вже багато років за кордоном приділяють особливу увагу розробці нових та перспективних фотоприймачів. Зокрема, фотоприймачі для довгохвильового діапазону знаходяться в активній стадії розробки вже понад 20 років. Варто відзначити, що отримані результати стали можливими завдяки молекулярно – променевої епітаксії (МПЕ), що дозволяє створювати структури з квантовими ямами (СКЯ) з високою однорідністю параметрів на великій площі. Мабуть, основним недоліком МПЕ на сьогодні є її низька продуктивність та, як наслідок, відносно висока вартість одержуваних з її допомогою СКЯ. Це і стало головним

акцентом обраного напрямку досліджень, а саме – вибору методу МОС-гідридної епітаксії (МОСГЕ) для вирощування СКЯ. З допомогою МОСГЕ можна вирощувати епітаксіальні плівки в декілька моноатомних шарів з високою точністю, забезпечуючи значно більш високу продуктивність чим з допомогою МПЕ. На основі проведених досліджень можна зробити важливий висновок, що існує цілком реальна можливість для вирощування методом МОСГЕ СКЯ з двома активними областями, кожна з яких має чутливість в заданій області спектра, наприклад 3-5 та 8-12 мкм. На основі таких СКЯ можуть бути виготовлені монолітні двоспектральні фотоприймачі.

Ключові слова: фотоприймачі довгохвильового діапазону, структури с квантовими ямами, МОС - гідридна епітаксія.

А. В. Молодык, А. А. Пономаренко, Н. Н. Балтабаев

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ФОТОПРИЕМНОМУ УСТРОЙСТВУ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА НА ОСНОВЕ СТРУКТУР С КВАНТОВЫМИ ЯМАМИ

Уже многие годы за рубежом уделяется особое внимание разработке новых и перспективных фотоприемников. В частности, фотоприемники для длинноволнового диапазона находятся в активной стадии разработки уже свыше 20 лет. Стоит отметить, что полученные результаты во многом стали возможны благодаря молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ), которая позволяет создавать структуры с квантовыми ямами (СКЯ) с высокой однородностью параметров на большой площади. Пожалуй, основным недостатком МЛЭ на сегодня является ее низкая производительность и, как следствие, относительно высокая стоимость получаемых с ее помощью СКЯ. Это и стало главным акцентом выбранного направления исследований, а именно – выбор метода МОС-гидридной эпитаксии (МОСГЭ) для выращивания СКЯ. С помощью МОСГЭ можно выращивать эпитаксиальные пленки в несколько моноатомных слоев с высокой точностью, обеспечивая значительно более высокую производительность чем с помощью МЛЭ. На основе проведенных исследований можно сделать важное заключение, что существует вполне реальная возможность для выращивания методом МОСГЭ СКЯ с двумя активными областями, каждая из которых обладает чувствительностью в заданной области спектра, например 3-5 и 8-12 мкм. На основе таких СКЯ могут быть изготовлены монолитные двухспектральные фотоприемники.

Ключевые слова: фотоприемники длинноволнового диапазона, структуры с квантовыми ямами, МОС-гидридная эпитаксия.

A. V. Molodik, A. A. Ponomarenko, N. N. Baltabaev

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnical Institute», Kyiv, Ukraine

RESEARCH OF TECHNOLOGICAL REQUIREMENTS FOR INFRARED PHOTODETECTOR BASED ON QUANTUM WALL STRUCTURES (QWS)

For many years abroad pays special attention to the development of new and promising photodetectors. Specifically, the photodetectors for long-wavelength range is in an active stage of development for over 20 years. It should be noted that the results largely made possible by molecular beam epitaxy (MBE), which allows to create QWS with high uniformity parameters over a large area. Perhaps the main drawback MBE today is its low productivity and, as a consequence, the relatively high cost produced QWS. This was the main focus of the selected areas of research namely the choice of method Metalorganic chemical vapour deposition (MOCVD) for growing QWS. With MOCVD epitaxial films can be grown by several monoatomic layers with high accuracy, providing significantly higher performance than by using MBE. Through research can draw an important conclusion that there is a real opportunity for growing by MOCVD QWS with

two active regions, each of which is sensitive to a given spectral range, for example 3-5 and 8-12 microns. Based on these QWS can be made monolithic dual-range photodetector.

Keywords: long-wavelength range photodetectors, quantum wall structures, Metalorganic chemical vapour deposition.

Литература

1. Завадский Ю.И., Кузнецов Ю.А., Чернокожий В.В., Белоконев В.М., Дегтярев Е.В. Факторы, ограничивающие пороговые характеристики матричных фотоприемников длинноволнового инфракрасного диапазона // Тез. докл. Совещ. «Актуальные проблемы полупроводниковой фотоэлектроники. Фотоника-2003».- Новосибирск. - 2003. - С. 40.
2. S.D.Gunapala, V.Bandara, J.K.Liu, et.al., IEEE Trans. El. Dev., v.45, N9, pp. 1890-1895.
3. M.Z.Tidrow, J.C.Ciang, S.S.Li, K.Bacher, Proc SPIE, V3061, pp. 772-780, 1997.
4. M.Sundaram, S.C.Wang, Proc.SPIE, V.4028, pp. 311-316, 2000.
5. I.D.Zalevsky, V.B.Kulikov, G.H.Avetisyan et.al., Proc SPIE, V.2397, pp.733-744, 1995.
6. В.Б.Куликов, И.В.Будкин, Тезисы докладов XVII Международной научно-технической конференции по фотоэлектронике и приборам ночного видения, май 2002г., г.Москва.
7. Y.Zhang, N.Baruh, W.I.Wang, Electr.Lett., v.29, N2, pp213-214. (1993)
8. W.E.Hagston, T.Stimer, F.Rasul, J.Appl.Phys., v.89, N2, pp 1087-1100, (2001).
9. D.G.Deppe, N.Holonyak, J.Appl.Phys., v.64, N12, R93-R113 (1988).
10. А.Я.Шик., ФТП, Т.20, в.9, С. 1598-1603 (1986).

References

1. Zavadskij Ju.I., Kuznecov Ju.A., Chernokozhij V.V., Belokonev V.M., Degtjarev E.V. Faktory, ogranichivajushhie porogovye harakteristiki matrichnyh fopriemnikov dlinnovolnovogo infrakrasnogo diapazona. Tez. dokl. Soveshh. «Aktual'nye problemy poluprovodnikovoj fotojelektroniki. Fotonika-2003». Novosibirsk. 2003, p. 40. (In Russian)
2. S.D.Gunapala, V.Bandara, J.K.Liu, et.al., IEEE Trans. El. Dev. v.45, N9, pp. 1890-1895.
3. M.Z.Tidrow, J.C.Ciang, S.S.Li, K.Bacher, Proc SPIE, V3061, pp. 772-780, 1997.
4. M.Sundaram, S.C.Wang, Proc.SPIE, V.4028, pp. 311-316, 2000.
5. I.D.Zalevsky, V.B.Kulikov, G.H.Avetisyan et.al., Proc SPIE, V.2397, pp. 733-744, 1995.
6. V.B.Kulikov, I.V.Budkin, Tez. Dokl. XVII Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii po fotojelektronike i priboram nochnogo videnija, maj, 2002, Moscow. (In Russian)
7. Y.Zhang, N.Baruh, W.I.Wang, Electr.Lett., v.29, N2, pp213-214. (1993)
8. W.E.Hagston, T.Stimer, F.Rasul, J.Appl.Phys., v.89, N2, pp 1087-1100, (2001).
9. D.G.Deppe, N.Holonyak, J.Appl.Phys., v.64, N12, R93-R113 (1988).
10. A.Ja.Shik., FTP , V.20, is.9, pp. 1598-1603 (1986). (In Russian)

*Надійшла до редакції
20 квітня 2014 року*

© Молодык А. В., Пономаренко А. А., Балтабаев Н. Н., 2014

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 681.5.013

М. В. Наконечний, Ю. Б. Гірняк, О. В. Івахів, Т. М. Репетило

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ З НЕЙРОКОНТРОЛЕРОМ

Здебільшого динаміка об'єктів систем автоматичного керування описується нелінійними рівняннями. Зокрема, електропривід руки робота, виконавчим механізмом якого є електричний двигун постійного струму, – це один з таких прикладів. На сьогодні апарат теорії нейронних мереж дозволяє враховувати такі нелінійності. Використовуючи методологію теорії цифрового фільтрування, запропоновано цілеспрямовано формувати

структуру вхідного кола контролера, яке визначається вибраним законом керування, в нашому випадку - пропорційно-інтегрально-диференціальним.

В статті, виходячи з бажаної динаміки процесу, обґрунтовано вибір математичної моделі еталона, описано навчання нейронної мережі з використанням алгоритму оберненого розповсюдження похибки. Для забезпечення потрібних динамічних показників процесу керування була запропонована модифікація вхідних кіл нейронного контролера – розділення входів. В цьому випадку на вхід контролера замість традиційної різниці між вихідним сигналом об'єкта та вхідним сигналом еталона кожен із цих сигналів подавався на свій окремий вхід нейроконтролера і збіжність вихідних сигналів об'єкта та еталона виявилась кращою.

Для дослідження стійкості системи з пропонованим нейроконтролером його структуру було переформатовано в еквівалентну замкнену систему, охоплену від'ємним зворотнім зв'язком. Імітаційне моделювання в середовищі Simulink підтвердило стійкість такої системи керування.

Ключові слова: нейронний контролер, динамічний об'єкт, нейронні мережі, нелінійна система.

М. В. Наконэчный, Ю. Б. Гирняк, О. В. Ивахив, Т. М. Рэпэтыло

Національний університет "Львівська політехніка", г. Львов, Україна

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ С НЕЙРОКОНТРОЛЛЕРОМ

В основном динамика объектов систем автоматического управления описывается нелинейными уравнениями. В частности, электропривод руки робота, исполнительным механизмом которого является электрический двигатель постоянного тока - это один из таких примеров. На сегодня аппарат теории нейронных сетей позволяет учитывать такие нелинейности. Используя методологию теории цифрового фильтрования, предложено целенаправленно формировать структуру входной цепи контроллера, которое определяется выбранным законом управления, в нашем случае - пропорционально-интегрально-дифференциальным.

В статье, исходя из желаемой динамики процесса, обоснован выбор математической модели эталона, описано обучения нейронной сети с использованием алгоритма обратного распространения погрешности. Для обеспечения требуемых динамических показателей процесса управления была предложена модификация входных цепей нейронного контроллера - разделение входов. В этом случае на вход контроллера вместо традиционной разницы между выходным сигналом объекта и входным сигналом эталона каждый из этих сигналов подавался на свой отдельный вход нейроконтроллера и сходимость выходных сигналов объекта и образца оказалась лучшей.

Для исследования устойчивости системы с предлагаемым нейроконтроллером, его структуру переформатировано в эквивалентную замкнутую систему, охваченную отрицательной обратной связью. Имитационное моделирование в среде Simulink подтвердило устойчивость такой системы управления.

Ключевые слова: нейронный контроллер, динамический объект, нейронные сети, нелинейная система.

М. Nakonechnyi, Y. Hirnyak, O. Ivakhiv, T. Repetylo

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

STABILITY RESEARCH of a SYSTEM with NEUROCONTROLLER

In most cases, the dynamics of objects of automatic control systems described by nonlinear equations. In particular, one of such example is electric robot arm with an electric DC motor as an actuator. Today the neuron networks theory takes into account such nonlinearity. It is proposed to form (by using the methodology of the theory of digital filtering) specifically the structure of the

input range of the controller, which is determined by the selected control law, in our case this is the proportional integral differential law. Based on the desired dynamics of the process, the article is justified choice of the mathematical model of etalon, described neural network training using back propagation algorithm. To provide the required dynamic of the control process it was proposed the modification of the input circuits of neurocontroller (the separation of inputs). In this case, instead of the traditional difference between the object output signal and the etalon input signal each of these signals fed to a separate input of the neurocontroller and output signals convergence of the object and the etalon was better.

To investigate the stability of the system with proposed neurocontroller its structure was reformatted into an equivalent closed system covered by negative feedback. Simulation in the *Simulink* environment confirmed the stability of this control system.

Keywords: neural controller, dynamic object, neural networks, nonlinear systems.

Література

1. Ильясов Б. Г. Автономные наземные транспортные средства как объекты автоматического управления / Б. Г. Ильясов, Ю. В. Старцев, К. Э. Головацкий, Р. Р. Альмухамедов, Б. М. Белалов // *Мехатроника*. – 2001. – № 6. – С. 3 – 5.
2. Fu K. S. Robotics: Control, Sensing / Fu K. S., Gonzalez R.C., Lee C.S.G // Vis. McGraw-Hill Education (India) Pvt Limited, 1988, 580 p.
3. Goodwin F. C. Control System Design. / F. C. Goodwin, S. F. Fraebe, M. E. Salgado // Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2001.
4. Попович М. Г. Теорія автоматичного регулювання: Підручник / М. Г. Попович, О. В. Ковальчук. – К.: Либідь, 2007. – 544 с.
5. Norgaard M. Neural Networks for Modelling and Control of Dynamic Systems / Norgaard M., Ravn O., Poulsen N., Hansen L. // Springer, London, 2000.
6. Руденко О. Г. Штучні нейронні мережі: Навч. посібник / О. Г. Руденко, Є. В. Бодяньський. – Харків: ТОВ “Компанія СМІТ”, 2006. – 404 с.
7. Медведев В. С. Нейронные сети / В. С. Медведев, В. Г. Потемкин. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 426 с.
8. Neural Network Toolbox Documentation [Online] The MathWorks, inc. Available at: <http://www.mathworks.com/help/nnet/index.html>
9. Івахів О. Побудова контролерів з різними конфігураціями навчальних послідовностей / Орест Івахів, Маркіян Наконечний, Юрій Наконечний, Богдан Стадник // *Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Nr 200, Elektrotechnika, z.24, Metody i technika przetwarzania sygnalów w pomiarach fizycznych. Materiały X Międzynarodowego Seminarium Metrologów, (23-25.10. 2006, Rzeszow), Rzeszow, 2006, s. 69-74.*
10. Івахів О. В. Система нейронного керування роботом з використанням адаптивних методів навчання / О. В. Івахів, М. В. Наконечний, Т. М. Репетило // *Методи та прилади контролю якості*. – 2013. – № 1 (30). – С. 64 – 71.
11. Hirnyak Yu. Control System of Robot Movement / Yu. Hirnyak, O. Ivakhiv, M. Nakonechnyi, T. Repetylo // *The 7th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications*. – 12-14 September 2013, Berlin, Germany, P. 334-337.

References

1. Ilyasov B. G., Startsev Yu. V., Golovatskii K. E., Al'mukhamedov R. R., Belalov B. M. *Autonomnye nazemnye transportnye sredstva kak ob'ekty avtomaticheskogo upravleniia. Mekhatronika*, 2001, no 6, pp. 3 – 5. (In Russian)
2. Fu K. S., Gonzalez R.C., Lee C.S.G *Robotics: Control, Sensing*. Vis. McGraw-Hill Education (India) Pvt Limited, 1988, 580 p.
3. F. C. Goodwin, S. F. Fraebe, M. E. Salgado. *Control System Design*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2001.

4. Popovych M. H., Koval'chuk O. V. *Teoriia avtomatichnoho rehulivannia*: Pidruchnyk. Kyiv, Lybid' Publ., 2007. 544 p. (In Ukrainian)
5. Norgaard M., Ravn O., Poulsen N., Hansen L. *Neural Networks for Modelling and Control of Dynamic Systems*. Springer, London, 2000.
6. Rudenko O. H., Bodiāns'kyi Iē. V. *Shtuchni neironni merezhi*: Navch. posibnyk. Kharkiv, TOV "Kompaniia SMIT", 2006. 404 p. (In Ukrainian)
7. Medvedev V. S., Potemkin V. G. *Neironnye seti*. Moscow, DIALOG-MIFI Publ., 2002. 426 p. (In Russian)
8. Neural Network Toolbox Documentation [Online] The MathWorks, inc. Available at: <http://www.mathworks.com/help/nnet/index.html>
9. Orest Ivakhiv, Markiiān Nakonechnyi, Iurii Nakonechnyi, Bohdan Stadnyk *Pobudova kontroleriv z riznymi konfiguracyiamy navchal'nykh poslidovnostei*. *Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Nr 200, Elektrotechnika, z.24, Metody I technika prsetwarzania sygnalow w pomiarach fizycznych. Materiały X Międzynarodowego Seminarium Metrologów, Rzeszów, 2006*, pp. 69-74.
10. Ivakhiv O. V., Nakonechnyi M. V., Repetylo T. M. *Systema neironnoho keruvannia robotom z vykorystanniam adaptyvnykh metodiv navchannia*. *Metody ta pryklady kontroliu iakosti*, 2013, no 1 (30), pp. 64 – 71. (In Ukrainian)
11. Hirnyak Yu., Ivakhiv O., Nakonechnyi M., Repetylo T. *Control System of Robot Movement [The 7th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications]*. 2013, Berlin, pp. 334-337.

*Надійшла до редакції
26 квітня 2014 року*

© Наконечний М. В., Гірняк Ю. Б., Івахів О. В., Репетило Т. М., 2014

ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ БІОМЕДИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

УДК 617.007; 617.721; 612.014

¹В. Й. Котовський, ²В. І. Дунаєвський, ¹М. М. Коваленко, ²Е. Ф. Венгер,

¹С. С. Назарчук

¹Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна

²Інститут фізики напівпровідників ім. В. Е. Лашкарьова НАНУ, м. Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ДИСТАНЦІЙНОЇ ІНФРАЧЕРВОНОЇ ТЕРМОГРАФІЇ В ОФТАЛЬМОЛОГІЇ

В роботі наводяться результати дослідження можливості застосування дистанційної інфрачервоної термографії для діагностики очних захворювань, пов'язаних з травмами різного походження.

Показано, що використання термографії дозволяє виявляти зміни на склері очей, оцінювати ефективність проведеного лікування. Травми очей згодом стають однією з причин таких важких захворювань як глаукома, зниження гостроти зору, а також є однією з причин головних болів.

Термографія дозволяє в динаміці спостерігати зміни, пов'язані з травмами, впродовж тривалого періоду часу без шкоди для здоров'я пацієнтів.

Ключові слова: термограф, дистанційна інфрачервона термографія, захворювання очей, травми очей.

¹В. И. Котовский, ²В. И. Дунаевский, ¹Н. Н. Коваленко, ²Е. Ф. Венгер, ¹С. С. Назарчук

¹⁾Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

²⁾Институт физики полупроводников им. В. Е. Лашкарева НАНУ, г. Киев, Украина

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ДИСТАНЦИОННОЙ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОГРАФИИ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ

В работе приводятся результаты исследования возможности применения дистанционной инфракрасной термографии для диагностики глазных заболеваний, связанных с травмами различного происхождения.

Показано, что использование термографии позволяет выявлять изменения на склере глаз, оценивать эффективность проводимого лечения. Травмы глаз впоследствии становятся одной из причин таких тяжелых заболеваний как глаукома, снижение остроты зрения, а также являются одной из причин головных болей.

Термография позволяет в динамике наблюдать изменения, связанные с травмами, на протяжении длительного периода времени без ущерба для здоровья пациентов.

Ключевые слова: термограф, дистанционная инфракрасная термография, глазные болезни, травмы глаз.

¹⁾Vitaliy Kotovskyi, ²⁾Vadim Dunaevsky, ¹⁾Nicolay Kovalenko, ²⁾Evgenij Venger, ¹⁾Svetlana Nazarchuk

¹⁾National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

²⁾Institute of Semiconductors Physics named after V.E. Laschkarev of NASU, Kyiv, Ukraine

FEATURES USING REMOTE INFRARED THERMOGRAPHY IN OPHTHALMOLOGY

The paper presents the results of research applications of remote infrared thermography for the diagnosis of ocular diseases associated with injuries of different origin.

It is shown that the use of thermography can detect changes in the sclera of the eye, to assess the effectiveness of the treatment. Eye injuries subsequently become one of the causes of serious diseases like glaucoma, reduced visual acuity, as well as one of the causes of headaches.

Thermography allows to observe the dynamics of change associated with injuries over a long period of time without harm to patient health.

Keywords: thermography, remote infrared thermography, eye diseases, eye injuries.

Литература

1. Камао Т. Screening for dry eye with newly developed ocular surface thermograph / Т. Камао, М. Yamaguchi, Sh. Kawasaki, et al // Am. J. Ophthalmol. – 2011. – Vol.151. – P.782–791.
2. Розенфельд Л. Г. Дистанційний інфрачервоний термограф з матричним фотоприймачем та досвід його використання у клінічній лікарні / Л.Г. Розенфельд, Є. Ф. Венгер, Т. В. Лобода, А. В. Самохін, М. М. Колотілов, О. Г. Коллюх, В. І. Дунаєвський, В. О. Кравченко // Укр. радіолог. журнал. – 2006. – № 4. – С. 450 – 456.
3. Тимофеев А. А. Дистанционная инфракрасная термодиагностика при заболеваниях челюстно-лицевой области / А. А. Тимофеев, И. Б. Киндрась, Е. Ф. Венгер, А. Г. Коллюх, В. И. Дунаевский, В. И. Котовский // Электроника и связь. – 2009. – Тем. выпуск "Электроника и нанотехнологии", ч. 2. – С. 236 – 240.
4. Лопатинская Н. Р. Дистанционная термография и анализ зрачковых реакций в диагностике первичной открытоугольной глаукомы / Н. Р. Лопатинская, Т. Г. Каменских, Д. А. Усанов и др. // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2012. – Т. 8. – № 2. – С. 266 – 270.
5. Пантелеева О. Г. Компьютерная термография в диагностике злокачественных образований опухолей глаза и орбиты // Русский медицинский журнал. – 2001. – Т. 2. – № 1. – С. 346–349.

6. Иваницкий Г. Р. Особенности температурных распределений в области глаз / Г. Р. Иваницкий, А. А. Деев, И. Б. Крестьева и др. // Доклады РАН. – 2004. – Т. 395. – № 5. – С. 240 – 245.
7. Иваницкий Г. Р. Тепловидение в медицине // Вестник российской академии наук. – 2006. – Т. 76. – № 1. – С. 48 – 62.
8. Коваленко Н. Н. Возможности современной термографии в диагностике травм органов зрения / Н. Н. Коваленко, В. И. Дунаевский, В. И. Котовский, Е. Ф. Венгер, С. С. Назарчук // Матеріали ІХ Міжнародної конференції "Актуальні питання біологічної фізики та хімії". – Севастополь. – 2013. – С. 28 – 29.
9. Ковальчук И. С. Возможности дистанционной инфракрасной термографии в диагностике заболеваний молочных желез / И. С. Ковальчук, В. И. Дунаевский, Е. Ф. Венгер, В. И. Котовский, С. С. Назарчук // Укр. медичний часопис. – 2013. – № 3. – С. 165 – 169.

References

1. Камао Т., Yamaguchi M., Kawasaki Sh., et al. Screening for dry eye with newly developed ocular surface thermograph. *Am. J. Ophthalmol*, 2011, Vol. 151, pp.782 - 791.
2. Rozenfel'd L. G., Venger E. F., Loboda T. V., Samohin A. V., Kolotilov M. M., Kolljuh O. G., Dunaevsky V. I., Kravchenko V. O. Distancijnij infrachervonij termograf z matrichnim fotoprijmachem ta dosvid jogo vikoristannja u klinichnij likarni. *Ukr. radiolog. Zhurnal*, 2006, no 4, pp. 450-456. (In Ukrainian)
3. Timofeev A. A., Kindras' I. B., Venger E. F., Kolljuh A. G., Dunaevsky V. I., Kotovskyi V. I. Distancionnaja infrakrasnaja termodiagnostika pri zabolovanijah cheljustno-licevoj oblasti. *Elektronika i svjaz'*, 2009. Tem. vypusk "Elektronika i nanotehnologii", Pt. 2, pp. 236-240. (In Russian)
4. Lopatinskaja N. R., Kamenskih T. G., Usanov D. A. i dr. Distancionnaja termografija i analiz zrachkovyh reakcij v diagnostike pervichnoj otkrytougol'noj glaukomy. *Saratovskij nauchno-meditsinskij zhurnal*, 2012, vol. 8, no 2, pp. 266 - 270. (In Russian)
5. Panteleeva O. G. Komp'juternaja termografija v diagnostike zlokachestvennyh obrazovanij opuholej glaza i orbity. *Russkij medicinskij zhurnal*, 2001, vol. 2, no 1, pp. 346 - 349. (In Russian)
6. Ivanickij G. R., Deev A. A., Krest'eva I. B. i dr. Osobennosti temperaturnyh raspredelenij v oblasti glaz. *Doklady RAN*, 2004, vol. 395, no 5, pp. 240 - 245. (In Russian)
7. Ivanickij G. R. Teplovidenie v medicine. *Vestnik rossijskoj akademii nauk*, 2006, vol. 76, no 1, pp. 48 - 62. (In Russian)
8. Kovalenko N. N., Dunaevsky V. I., Kotovskyi V. I., Venger E. F., Nazarchuk S. S. Vozmozhnosti sovremennoj termografii v diagnostike travm organov zrenija. *Materiali IH Mizhnarodnoї konferencії "Aktual'ni pitannja biologichnoї fiziki ta himii"*. Sevastopol, 2013, pp. 28 - 29. (In Russian)
9. Koval'chuk I. S., Dunaevsky V. I., Venger E. F., Kotovskyi V. I., Nazarchuk S. S. Vozmozhnosti distancionnoj infrakrasnoj termografii v diagnostike zabolovanij molochnyh zhelez. *Ukr. medichnij chasopis*, 2013, no 3, pp. 165 - 169. (In Russian)

Надійшла до редакції
04 червня 2014 року

©Котовский В. И., Дунаевский В. И., Коваленко Н. М., Венгер Е. Ф., Назарчук С. С., 2014

УДК 621.384.6: 539.1.07: 539.1.047

^{1,2)} **О. В. Овсієнко**

¹⁾Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

²⁾Київський міський клінічний онкологічний центр, Центр ядерної медицини, м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК «МАЛИХ» ПОЛІВ ОПРОМІНЕННЯ У ПРОМЕНЕВІЙ ТЕРАПІЇ

З поширенням променевої терапії для лікування онкозахворювань та більш ефективного лікування з'являються нові вдосконалені технології, такі як променева терапія з модульованою інтенсивністю, об'ємна дугова терапія та стереотаксична радіохірургія. Всі ці методики дозволяють підводити дозу «малими» полями опромінення з розмірами менше $3 \times 3 \text{ см}^2$, коли досягається гомогенний розподіл дози по всій пухлині та максимально зберігають критичні органи. В роботі експериментально досліджено «мали» поля опромінення та визначено типи детекторів, що забезпечують найкращу точність вимірювань при різних енергіях фотонів.

Ключові слова: «мали» поля опромінення, детектори, променева терапія з модульованою інтенсивністю (IMRT), об'ємна дугова терапія (ОДТ), стереотаксична радіохірургія (СРХ).

^{1,2}**О. В. Овсиенко**

¹*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, г. Київ, Україна*

²*Київський городської клінічний онкологічний центр, Центр ядерної медицини, г. Київ, Україна*

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК «МАЛЫХ» ПОЛЕЙ ОБЛУЧЕНИЯ В ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

С распространением лучевой терапии для лечения онкозаболеваний и более эффективного лечения появляются новые усовершенствованные технологии, такие как лучевая терапия с модулированной интенсивностью, объемная дуговая терапия и стереотаксическая радиохirurgия. Все эти методики позволяют подводить дозу «малыми» полями облучения с размерами менее $3 \times 3 \text{ см}^2$, когда достигается гомогенное распределение дозы по всей опухоли и максимально сохраняются критические органы.

Дозиметрия «малых» полей облучения является одной из основных задач для медицинских физиков для планировании лечения пациентов в лучевой терапии, при применении линейные ускорителей. Суть проблемы заключается в правильности выбора дозиметра для измерений характеристик «малых» полей облучения. В работе экспериментально исследованы «малые» поля облучения и определены типы детекторов, обеспечивающих лучшую точность измерений при различных энергиях фотонов.

Ключевые слова: «малые» поля облучения, детекторы, лучевая терапия с модулированной интенсивностью (IMRT), объёмная дуговая терапия (ОДТ), стереотаксическая радиохirurgия (СРХ).

^{1,2}**O. Vsviienko**

¹*Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine*

²*Kyiv city clinical oncology centre, Centre of nuclear medicine, Kyiv, Ukraine*

STUDYING THE CHARACTERISTICS OF "SMALL" RADIATION FIELDS IN RADIOTHERAPY

With the increasing need of radiation therapy in the treatment of cancer and for better treatment new methods of dose delivery to the tumor began to appear, such as IMRT (intensity modulated radiotherapy), VMAT (volumetric arc therapy), SRS (stereotactic radiosurgery).

All of these techniques allow to deliver dose with "small" radiation fields smaller than $3 \times 3 \text{ cm}^2$, while homogeneous dose distribution throughout the tumor achieved and organs at risk are most retained.

Dosimetry of "small" radiation fields is one of the major problems for medical physicists in treatment planning during radiation therapy that uses linear accelerators. The complicity in measurement characteristics of "small" radiation fields is in the correct choice of dosimeter. In this article "small" radiation fields are experimentally investigated although defined types of detectors that provide the best precision measurements at different photon energies.

Keywords: "small" radiation fields, detectors, intensity modulated radiotherapy (IMRT), volumetric arc therapy (VMAT), stereotactic radiosurgery (SRS).

Література

1. Das I. J. Small fields: nonequilibrium radiation dosimetry. / I. J. Das, G. X. Ding, A. Ahnesjo // *Med. Phys.* 2008. Vol. 35. P. 206-215.
2. Alfonso R. A new formalism for reference dosimetry of small and nonstandard fields. / R. Alfonso et al // *Med. Phys.* 35 (2008), 5179.
3. Crop F. The influence of small field sizes, penumbra, spot size and measurement depth on perturbation factors for microionization chambers. / F. Crop et al. // *Phys. Med. Biol.* 54 (2009) 2951
4. DETECTORS catalogue, 2012/2013, PTW-Freiburg. Available at: <http://www.ptw.de/>
5. Овсієнко О. В. Дозиметри для радіотерапевтичних апаратів: переваги та недоліки / О. В. Овсієнко, М. М. Будник // *Медична фізика - сучасний стан, проблеми, шляхи розвитку. Новітні технології*: зб. праць 3-го Міжн. семінару, Київ, 6-7 червня 2013, КНУ ім. Тараса Шевченка. – С. 121-125.
6. Buccilioni M. Diamond detector versus silicon diode and ion in photon beams of different energy and field size. / M. Buccilioni, F. B. Buonamici, S. Mazzocchi, C. D. Angelis, S. Onori and G.A.P. Cirrone // *Med. Phys.* 2003, 2149-2154.
7. Laub W. The volume effect of detectors in the dosimetry of small fields used in IMRT. / W. Laub and T. Wong // *Med. Phys.* 2003, 30.
8. Martens C. The value of the PinPoint ion chamber for characterization of small field segments used in intensity-modulated radiotherapy / C. Martens, C. D. Wagter and W. D. Neve // *Phys. Med. Biol.* 2000, 45, 2519-2530.
9. Pappas E. Experimental determination of the effect of detector size on profile measurements in narrow photon beams. / E. Pappas, T. G. Maris, A. Papadakis, F. Zacharopoulou, J. Damilakis, N. Papanikolaous and N. Gourtsoyiannis // *Med. Phys.* 2006, 33, 3700-3710.
10. Wuerfel J. U. Dose measurements in small fields. // *Med. Phys. Intern.* 2013, № 1, P. 81-90.

References

1. Das I. J., Ding G. X., Ahnesjo A., Small fields: nonequilibrium radiation dosimetry. *Med. Phys.* . 2008. .Vol. 35. P. 206-215.
2. R. Alfonso et al, A new formalism for reference dosimetry of small and nonstandard fields, *Med. Phys.* 35 (2008), 5179.
3. F. Crop et al, The influence of small field sizes, penumbra, spot size and measurement depth on perturbation factors for microionization chambers, *Phys. Med. Biol.* 54 (2009) 2951
4. DETECTORS catalogue, 2012/2013, PTW-Freiburg. Available at: <http://www.ptw.de/>
5. Ovsiienko O., Budnyk M., Dosimeters for radiotherapeutic apparatus: advantages and drawbacks, Proc. of 3rd Int. Seminar “Medical Physics: state-of-art, problems, ways of development, novel technologies”, Kyiv, 2013. *Shevchenko Natl. Univ. of Kyiv*, pp. 121-125. (In Ukrainian)
6. M. Buccilioni, F. B. Buonamici, S. Mazzocchi, C. D. Angelis, S. Onori and G.A.P. Cirrone, Diamond detector versus silicon diode and ion in photon beams of different energy and field size, *Med. Phys.* 2003, 2149-2154.
7. W. Laub and T. Wong, The volume effect of detectors in the dosimetry of small fields used in IMRT, *Med. Phys.* 2003, 30.
8. C. Martens, C. D. Wagter and W. D. Neve, The value of the PinPoint ion chamber for characterization of small field segments used in intensity-modulated radiotherapy, *Phys. Med. Biol.* 2000, 45, 2519-2530.
9. E. Pappas, T. G. Maris, A. Papadakis, F. Zacharopoulou, J. Damilakis, N Papanikolaous and N. Gourtsoyiannis, Experimental determination of the effect of detector size on profile measurements in narrow photon beams, *Med. Phys.* 2006, 33, 3700-3710.
10. J. U. Wuerfel, Dose measurements in small fields, *Med. Phys. Intern.* 2013, № 1, pp. 81 – 90.

Надійшла до редакції
07 вересня 2014 року

© Овсієнко О. В., 2014

УДК 611.814.1:615.84

І. О. Запорожко, В. І. Зубчук

*Национальний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

ДИАГНОСТИКА АДАПТИВНЫХ РЕЗЕРВОВ ЛЮДИНЫ ЗА ДАНИМИ ПУЛЬСОМЕТРИИ

Проаналізовані критерії кількісної оцінки функціонального стану людини. Обґрунтована необхідність комплексного критерія з урахуванням параметрів мікроциркуляторної системи кровообігу на засадах пульсометрії. Описана архітектура комплексу. Запропонований метод реєстрації та обробки даних пульсометрії. Запропонований кількісний критерій оцінки функціонального стану серцево-судинної системи – індекс форми пульсової хвилі (ІФПХ). Наведені результати досліджень ІФПХ для груп обстежуваних різного віку і статі. Запропонований кількісний критерій R для оцінки адаптивних резервів обстежуваних. Наведені норми R з урахуванням віку і статі людини.

Ключові слова: діагностика, функціональний стан, пульсова хвиля, біологічний вік, індекс форми.

И. А. Запорожко, В. И. Зубчук

*Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт",
г. Киев, Украина*

ДИАГНОСТИКА АДАПТИВНЫХ РЕЗЕРВОВ ЧЕЛОВЕКА ПО ДАННЫМ ПУЛЬСОМЕТРИИ

Проаналізовані критерії кількісної оцінки функціонального стану людини. Обґрунтована необхідність комплексного критерія з урахуванням параметрів мікроциркуляторної системи кровообігу на засадах пульсометрії. Описана архітектура програмно-апаратного комплексу. Приведен метод реєстрації та обробки даних пульсометрії. Проведено дослідження груп людей з реєстрацією даних пульсометрії, тонометрії та антропометрії. Отримані дані оброблені за допомогою нейронних технологій. Виявлені закономірності вікових змін фізіологічних параметрів людини. Предложено кількісний критерій F оцінки функціонального стану серцево-судинної системи за даними пульсометрії – індекс форми пульсової хвилі (ІФПХ). Приведені результати досліджень ІФПХ для груп людей різного віку і статі, що дозволяє оцінити біологічний вік людини. Предложено кількісний критерій R для оцінки адаптивних резервів обстежуваних. Приведені норми R з урахуванням віку і статі людини.

Ключевые слова: диагностика, функциональное состояние, пульсовая волна, биологический возраст, индекс формы.

I. A. Zaporozhko, V. I. Zubchuk

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

DIAGNOSTIC OF ADAPTIVE RESERVES OF PEOPLE BY ACCORDING PULSOMETRY

The criteria for quantifying the functional state of the person are analyzed. The necessity of complex criterion within the parameters of microcirculatory blood circulation system according pulsometry is based. The architecture of the hardware-software complex is described. Method of data recording and processing pulsometry is proposed. The study involved groups of people to the registration data pulsometry, tonometry and anthropometry are made. The obtained data were processed using neural network technology. The regularities of the age-related changes physiological parameters made known. The quantitative criterion for evaluating the functional state of the cardiovascular system according pulsometry - the index of the pulse wave (IFPV) is

proposed. The results of studies IFPV for groups of people of different age and sex, for assessing the biological age of the person are given. The quantitative criterion for evaluating R adaptive reserves surveyed. The norm R, taking into account the age and sex of the individual are given.

Keywords: diagnostic, functional state, pulse wave, biological age, index of form.

Література

1. Амосов Н. М. Моя система здоровья. – К.: Здоров'я, 1977. – 56 с.
2. Kerdo I. Ein aus Daten der Blutzirkulation Kalkulierter Index zur Beurteilung der Vegetativen Tonuslage // *Acta neyrovegetativa*. – 1966. – Bd. 29. – № 2, pp. 250 – 268 (in German).
3. Аринчин Н. И. Микронасосная деятельность скелетных мышц при их растяжении / Н. И. Аринчин, Г. Ф. Борисевич. – Мн.: Наука и техника, 1986. – 112 с.
4. Цыдыпов Ч. Ц. и др. Пульсовая диагностика тибетской медицины. – Новосибирск: Наука, 1988. – 133 с.
5. Зубчук В. И. Информационное обеспечение пульсодиагностики / В. И. Зубчук, М. Делавар-Касмай, В. А. Крещук // *Электроника и связь. Тематический выпуск «Проблемы электроники»*, ч. 2. – 2005. – С. 120 – 124.
6. Zaporozhko I. A., Zubchuk V. I., Nastenko E. A. Plethysmography analysis according to age and genders. *Proceedings of 7th Annual Conference "Science and Art for Advancement in Medicine*, March 30 – April 1, Budapest, Hungary, 2012.

References

1. Amosov N. M. *Moya sistema zdorovya*. [My Health System]. Kyiv, Zdorovya Publ., 1977, 85 p. (in Russian).
2. Kerdo I. Ein aus Daten der Blutzirkulation Kalkulierter Index zur Beurteilung der Vegetativen Tonuslage. *Acta neyrovegetativa*. – 1966. – Bd. 29. – № 2, pp. 250 – 268 (in German).
3. Arinchin N. I., Borisevich G. F. [Mikropump activity of skeletal muscle in their tension], *Mikronasosnaya deyatelnost skeletnykh myshc pri ikh rastyazhenii*. Minsk, Science and technique Publ. 112 p. (in Russian).
4. Tsydyпов Ch. C. and oth. *Pulsovaya diagnostika tibetskoy medicyny*. [Pulse wave diagnostic of Tibet medicine]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1988, 133 p. (in Russian).
5. Zubchuk V. I., Delavar-Kasmai M., Kreshchuk V. A. [Information support of pulse wave diagnostic]. *Informacionnoe obespechenie pulsodiagnostiki*. Electronics and communication. The thematic issue of "Problems of electronics" Part 2, 2005, pp. 120 – 124. (in Russian).
6. Zaporozhko I. A., Zubchuk V. I., Nastenko E. A. Plethysmography analysis according to age and genders. *Proceedings of 7th Annual Conference "Science and Art for Advancement in Medicine*, March 30 – April 1, 2012. Budapest, Hungary.

Надійшла до редакції
12 червня 2014 року

© Запорожко І. О., Зубчук В. І., 2014

УДК 621.317

¹⁾В. П. Куценко, ²⁾О. П. Яненко, ³⁾С. В. Удовиченко

¹⁾Донецький державний технічний університет, м. Донецьк, Україна

²⁾Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна

³⁾КП «Клініка квантової медицини», м. Константинівка, Україна

ПОЄДНАНЕ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОХВИЛЬОВОЇ РЕЗОНАНСНОЇ ТЕРАПІЇ (МРТ) І ПОЛЯРИЗОВАНОГО СВІТЛА ПРИ ЛІКУВАННІ ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ II ТИПУ

В роботі проаналізовані результати використання МРТ, а також поєданого застосування МРТ та поляризованого світла в комплексній терапії 60 хворих з діагнозом цукровий діабет II типу. Курс лікування складав 12-15 сеансів. Для лікування використовувались шумові генератори LAD АММ 2101» і «Порог-3» (Україна) та лампа поляризованого світла

«Биоптрон» (Швейцарія). Вплив МРТ проводився на біологічно активні точки на меридіанах печінки, шлунку, мочевого міхура, селезінки, підшлункової залози.

З IV-V сеансів загальний стан пацієнтів покращився, відмічалось підсилення пульсового кровотоку, припинення судом, незначне збільшення рухливості ніг, проходило відторгнення ділянок некрозу в області ішемічних виразок, купіровались запальні явища навкруги них – набряк тканин, гіперемія шкіри, біль, інфільтрація.

На кінець лікування у 8 хворих (26,6%) основної групи (при лікуванні МРТ+ поляризоване світло) знизився рівень цукру крові від 11,4 ммоль/л до 8,7 ммоль/л і у 8 пацієнтів із 10, відібраних з ішемічними виразками повне заживлення з переходом в фазу регенерації. В контрольній групі хворих (МРТ) у 5 пацієнтів (16,6%) зниження рівня цукру крові від 11,6 ммоль/л до 9,1 ммоль/л, а заживлення виразки у 5 пацієнтів із 30 (16,6%), 3 хворих із контрольної групи та 1 пацієнта із основної було направлено на хірургічне лікування.

Відмічено, що поєднане використання МРТ та поляризованого світла підсилює лікувальний ефект в 2-3 рази, скорочує час лікування на 4-5 днів, значно прискорюються регенеративні процеси.

Ключові слова: мікрохвильова резонансна терапія, поляризоване світло, цукровий діабет 11 типу, апарати, мікрохвильовий радіометр.

1)В. П. Куценко, 2)А. Ф Яненко, 3)С. В. Удовиченко

1)Донецкий государственный технический университет, г. Донецк, Украина

2)Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев, Украина

3)КП «Клиника квантовой медицины», г. Константиновка, Украина

СОЧЕТАННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОВОЛНОВОЙ РЕЗОНАНСНОЙ ТЕРАПИИ (МРТ) И ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ ПОЛИНЕЙРОПАТИИ
В работе проанализированы результаты применения МРТ, а также сочетанного применения МРТ и поляризованного света в комплексной терапии 60 больных с диагнозом сахарный диабет II типа. Курс лечения составлял 12-15 сеансов. Использовались шумовые генераторы «LAD АММ 2101» и «Порог-3» (Украина) и лампа поляризованного света «Биоптрон» (Швейцария). Воздействие МРТ осуществлялось на биологически активные точки на меридианах печени, желудка, мочевого пузыря, задне-срединного, селезенки, поджелудочной железы. С IV-V сеансов общее состояние пациентов улучшалось, отмечалось увеличение пульсового кровотока, исчезновение судорог, незначительное увеличение подвижности ног, происходило отторжение участков некроза в области ишемических язв, купировались воспалительные явления вокруг них – отечность тканей, гиперемия кожи, боль, инфильтрация. К концу лечения у 8 (26,6%) больных основной группы (МРТ + поляризованный свет) снизился уровень сахара крови от 11,4 ммоль/л до 8,7 ммоль/л и у 8 пациентов (из 10 отобранных) произошло полное заживление язвы с переходом в фазу регенерации. В контрольной группе больных (МРТ) – у 5 пациентов (16,6%) снижение уровня сахара крови от 11,6 ммоль/л до 9,1 ммоль/л и заживление язв произошло у 5 человек из 30 (16,6%), 3 больных из контрольной группы и 1 пациент из основной были направлены на хирургическое лечение. Отмечено, что сочетательное применение МРТ и поляризованного света усиливает лечебный эффект в 2-3 раза, сокращает сроки лечения на 4-5 дней, значительно ускоряет регенеративные процессы.

Ключевые слова: микроволновая резонансная терапия, поляризованный свет, сахарный диабет 11 типа, аппараты, микроволновый радиометр.

1)V. P. Kutsenko, 2)A. F. Yanenko 3)S. V. Udovichenko

1)Donetsk national technical university, Donetsk, Ukraine

2) National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

3)KP "Clinic of Quantum Medicine", Konstantinovka, Donetsk Region, Ukraine

COMBINED APPLICATION OF THE MICROWAVE RESONANT THERAPY (MRT) AND POLARIZED LIGHT AT DIABETES TREATMENT II TYPE

Paper presents results of application of MRT and the combined application of MRT and polarized light in complex therapy of 60 patients with the diagnosis diabetes II type. The course of treatment had 12-15 sessions. Noise generators "LAD AMM 2101" and "Porog-3" (Ukraine) and lamp of polarized light "Bioptron" (Switzerland) were used. Influence of MRT was carried out on biologically active points on meridians of liver, stomach, bladder, back and median, spleen and pancreas.

From the IV-V sessions the general condition of patients improved, increase in a pulse blood-groove was noted, disappearance of spasms, insignificant increase in mobility of feet, there was a rejection of sites of a necrosis in the field of ischemic ulcers, the inflammatory phenomena round them – puffiness of fabrics, a skin hiperemiya, pain, an infiltration were stopped.

By the end of treatment, 8 patients (26,6%) of the main group (MRT + polarized light) had their level of blood sugar from 11,4 mmol/l decreased to 8,7 mmol/l and 8 patients iz 10 had a full healing of an ulcer to transition to a regeneration phase. In control group of sick (MRT) – at 5 patients (16,6%) decrease in level of sugar of blood went from 11,6 mmol/l to 9.1 mmol/l and healing of ulcers happened to 5 people iz 30 (16,6%) 3 patients from control group and 1 patient from the main were directed to a surgical treatment.

It is noted that combinative application of MRT and polarized light strengthens medical effect by 2-3 times, reduces treatment terms by 4-5 days, considerably accelerates regenerative processes.

Keywords: microwave resonance therapy, polarized light; diabetes mellitus type II, apparatus, microwave radiometry.

Литература

1. Ситько С. П., Мкртчян Л. Н. Введение в квантовую медицину. – К.: Паттерн. – 1994. – 146 с.
2. Ефимов А. С., Влияние МРТ на некоторые клинические и метаболические показатели у больных сахарным диабетом / А. С. Ефимов, Б. Н. Угаров, Е. В. Эпштейн, Д. А. Ефимов // Тер. архив. – 1991. – № 10. – С. 51 – 54.
3. Ефимов Д. А. Исследование механизма действия МРТ у больных с диабетическими ангионейропатиями // Физика живого. – 1999. – Т. 7. – № 2. – С. 66 – 69.
4. Зубкова С. Т. Некоторые аспекты диагностики и лечения диабетических ангиопатий. – К.: Институт эндокринологии и обмена веществ АМН Украины. – 2003.
5. Ситько С. П. Аппаратурное обеспечение современных технологий квантовой медицины / С. П. Ситько, Ю. А. Скрипник, А. Ф. Яненко. – К.: ФАДА, ЛТД. – 1999. – 199 с.
6. Яненко О. П. Электронна апаратура лікувально-діагностичних технологій: Навчальний посібник / О. П. Яненко, В. П. Куценко, С. М. Перегудов. – Донецьк: ППШ «Наука і освіта», 2011. – 212 с.
7. Гуляр С. А., Аналгетические эффекты БИОПТРОН–ПАЙЛЕР-света / С. А. Гуляр, Ю. Л. Лиманский, З. А. Тамарова // Журнал “Практика лікаря”. – 1999. – № 4. – С. 21 – 23.
8. Гуляр С. А., Наличие микроволновой компоненты в излучении светотерапевтических аппаратов / С. А. Гуляр, В. П. Куценко, Ю. П. Лиманский, А. П. Мацибура, З. А. Тамарова, И. В. Руденко, А. Ф. Яненко // Материалы 14-ой международной конференции „СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии” (КрыМико-2004). – Севастополь: „Вебер”, 2004. – С. 719-720.
9. Колесник Ю. М. Архив патологии / Ю. М. Колесник, А. В. Абрамов, Г. В. Василенко. – 1992.
10. Вартанян Н. Л. Проблемы эндокринологии / Н. Л. Вартанян, А. А. Соломина. – 2000.
11. Новости медицины и фармации. – 2003. – № 4.
12. Здоровье Украины. – 2003.

References

1. Sitko S. P., Mkrтчyan L. N. *Vvedenie v kvantovuyu meditsinu*. Kiev, Pattern Publ., 1994. 146 p. (In Russian)

2. Efimov A. S., Ugarov B. N., Epshteyn E. V., Efimov D. A. Vliyanie MRT na nekotoryie klinicheskie i metabolicheskie pokazateli u bolnyih saharnym diabetom. *Ter. Arhiv*, 1991, no 10, pp. 51-54. (In Russian)
3. Efimov D. A. Issledovanie mehanizma deystviya MRT u bolnyih s diabeticheskimi angioneuropatyiymi. *Fizika zhivogo*, 1999, vol. 7, no 2, pp.66-69. (In Russian)
4. Zubkova S. T. *Nekotoryie aspekty diagnostiki i lecheniya diabeticheskikh angiopatii*. Kyiv: Institut endokrinologii i obmena veschestv AMN Ukrainyi. – 2003.
5. Sitko S. P., Skripnik Yu. A., Yanenko A. F. *Apparaturnoe obespechenie sovremennyih tehnologiy kvantovoy meditsiny*. Kyiv, FADA, LTD Publ., 1999. 199 p. (In Russian)
6. Yanenko O. P., Kutsenko V. P., Peregudov S. M. *Elektronna aparatura lkuvalno-dagnostichnih tehnologiy: navchalniy poslbnik*. Donetsk, IPSHi Nauka i osvita Publ., 2011. 212 p. (In Ukrainian)
7. Gulyar S. A., Limanskiy Yu. L., Tamarova Z. A. Analgeticheskie efektyi BIOPTRON–PAYLER-sveta. *Praktika ltkarya*, 1999, no 4, pp. 21-23. (In Russian)
8. Gulyar S. A., Kutsenko V. P., Limanskiy Yu. P., Matsibura A. P., Tamarova Z. A., Rudenko I. V., Yanenko A. F. Nalichie mikrovolnovoy komponentyi v izluchenii svetoterapevticheskikh apparatov. *Materialyi 14-oy mezhdunarodnoy konferentsii „SVCh-tehnika i telekommunikatsionnyie tehnologii” (KryiMiko-2004)*. Sevastopol, 2004. pp. 719-720. (In Russian)
9. Kolesnik Yu. M., Abramov A. V., Vasilenko G. V. *Arhiv patologii*, 1992. (In Russian)
10. Vartanyan N. L., Solomina A. A. *Problemyi endokrinologii*, 2000. (In Russian)
11. *Novosti meditsiny i farmatsii*, 2003, no 4. (In Russian)
12. *Zdorove Ukrainyi*, 2003. (In Russian)

*Надійшла до редакції
23 вересня 2014 року*

©Куценко В. П., Яненко А. Ф., Удовиченко С. В., 2014

УДК 612.16

Г. С. Тимчик, О. В. Осадчий, Б. С. Чупіка

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

ВИЗНАЧЕННЯ ІНФОРМАТИВНИХ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ ПРИ ЛАЗЕРОТЕРАПІЇ

Лазеротерапія має особливе місце серед немедикаментозних методів лікування. Важливою характеристикою при такому впливі є оцінка фізіологічного стану людини. В статті наведено основні показники, а саме ступінь кровонаповнення забезпечуючих органи і тканини мікросудини. Метою роботи є підвищення ефективності визначення рівня лазерної чутливості, шляхом аналізу структурних та спектральних характеристик фотоплетизмограми. В результаті досліджень було запропоновано алгоритм проведення процедури, створено математичну модель дослідження, що дозволяє адекватно аналізувати фотоплетизмографічні показники будь якого характеру.

Ключові слова: лазеротерапія, фотоплетизмограма, фізіологічний стан, пульсова хвиля, кардіоцикл.

Г. С. Тимчик, А. В. Осадчий, Б. С. Чупіка

*Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт",
г. Киев, Украина*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ЛАЗЕРОТЕРАПИИ

Данная статья посвящена определению информативных показателей функционального состояния (ИПФС) человека при лазеротерапии. В качестве основных показателей были выбраны степень кровенаполнения микрососудов, обеспечивающих органы и ткани. За

основной метод исследования был принят метод фотоплетизмограммы. Были описаны основные характеристики ИПФС. Предложен алгоритм проведения процедуры и алгоритм расчета параметров фотоплетизмограммы. Для отделения точки минимума функции от точки инцизуры предложено использовать максимальное допустимое значение минимума функции, значение которого эмпирически установлено на основе анализа фотоплетизмограмм. В результате была создана математическая модель, которая позволяет адекватно анализировать фотоплетизмографические показатели любого характера.

Ключевые слова: лазеротерапия, фотоплетизмограмма, физиологическое состояние, пульсовая волна, кардиоцикл.

Gr. S. Tymchyk, O. V. Osadchiy, B. C. Chupika

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

DEFINITION INFORMATIVE INDICATORS OF HUMAN FUNCTIONAL STATE DURING LASER THERAPY

This article is about determination informative indicators of human functional state at laser therapy. Laser therapy occupies a special place among non-drug treatments. An important characteristic of such an impact is to assess the physiological state of man. The aim is to determine the efficiency of laser sensitivity by analyzing the structural and spectral characteristics of photoplethysmogram. The article describes the main indicators, namely the degree of blood supply providing organs and tissues microvessels. For the basic method of research was adopted the photoplethysmography. For separating the minimum point and the incisure point has been proposed use the maximum allowable value of the minimum function value on the basis of empirical analysis photoplethysmogram. As a result of research has been proposed the algorithm of the procedures, created the mathematical model of the studies that can adequately analyze the photoplethysmographic signals any kind.

Keywords: laser, photoplethysmogram, physiological state, pulse wave, cardiac cycle.

Література

1. Апанасенко Г. Л. Охрана здоровья здоровых: некоторые проблемы теории и практики валеологии [Текст] // Диагностика, средства и практика обеспечения здоровья: сб. научных трудов. Вып. 1. Санкт-Петербург: Наука, 1993. — 49-60 с.
2. Арканникова Г. А. Результаты применения магнито-лазерной терапии в условиях кардиологического отделения [Текст] / Г. А. Арканникова, Л. И. Рудан, Е. А. Липницкая // Матер. II Всероссийской научно-практической конференции по МИЛ-терапии. – М., 1996. – 51-52 с.
3. Асюленская Л. В. Способ оценки адаптационных возможностей детского организма [Текст] / Л. В. Асюленская, В. П. Самохвалоиа, Г. Н. Разживихина и др. // Вопр. охр. мат. и детства. – 1989. – № 6. – 50-54 с.
4. Гаркави Л. Х. Антистрессорные реакции и активационная терапия [Текст]. – М.: Имедис, 1998. – 556 с.
5. Загускин С. Л. Лазерная и биоуправляемая квантовая терапия [Текст] / С. Л. Загускин, С. С. Загускина. – М.: «Квантовая медицина», 2005. – 220 с.
6. Малиновский Е. Л. Тест-прогнозирование индивидуальной реакции больных на курсовую низкоинтенсивную лазерную терапию [Текст]. Т. 10. / Е. Л. Малиновский, А. В. Картелишев, А. Р. Евстигнеев // Ж. Лазерн. мед. – 2006. – С.14 – 21.

References

1. Apanasenko G. L. [Health protection of healthy: Some problems of theory and practice valeology]. *Diagnostika, sredstva i praktika obespecheniya zdorov'ya: sb. nauchnykh trudov. Vyp.* [Diagnostics, tools and practices for health: Collection of scientific papers. Vol. 1]. St. Petersburg: Nauka, 1993, pp. 49-60. (in Russian)
2. Arkannikova G. A., Rudan L. I., Lipnitskaya E. A., [The results of the application of magneto-laser therapy in cardiology department]. *Materialy II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy*

konferentsii po MIL-terapii. [Materials of II Russian Scientific-Practical Conference on MIL-therapy]. Moscow, 1996, pp. 51-52. (in Russian)

3. Asyulenskaya L. V., Samohvalova V. P., Razzhivihina G. N., and others. A method of evaluating adaptation options the child's body. *Vopr. okhr. mat. i detstva*, 1989, no. 6, pp. 50-54 (in Russian)
4. Garkavi L. Kh. *Antistressornyye reaktsii i aktivatsionnaya terapiya* [Antistress reactions and activation therapy]. Moscow, Imedis Publ., 1998. 556 p.
5. Zaguskin S. L., Zaguskina S. S. *Lazernaya i bioupravlyayemaya kvantovaya terapiya* [Laser and biocontrolled quantum therapy]. Moscow, Kvantovaya meditsina Publ., 2005. 220 p.
6. Malinowski E. L., Kartelishv A. V., Yevstigneev A. R. Test forecasting individual patient's response to low-intensity laser therapy coursework. *Lazernaya meditsina*, V. 10, 2006, pp. 14 – 21 (in Russian)

*Надійшла до редакції
12 вересня 2014 року*

© Тимчик Г. С., Осадчий О. В., Чупіка Б. С., 2014

УДК 612.172

А.Л. Іваницька, М.Ф. Терещенко, С.П. Вислоух, М.В. Філіппова

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РУХУ НИЖНІХ КІНЦІВОК ЛЮДИНИ

Розглядається питання створення моделі динаміки руху нижньої кінцівки людини. Для отримання цієї моделі побудована система диференціальних рівнянь, з використанням загальних формул динаміки, що моделюють двоногу ходу п'ятиланкового стрижневого механізму з деформуючими елементами структури. Наближене рішення зворотної задачі динаміки дозволяє шукати рішення задачі керованого руху (прямої задачі), використовуючи знайдені оцінки. Щоб отримати модель, подібну реальній системі, враховується деформація ланок, час та моменти інерції. Розроблена методика графічної візуалізації рухів людини при ходьбі з використанням сучасних методів. Розглянуто приклад розв'язання даної задачі з використанням пакету «Mathematica 7.0». На основі проведеного аналізу зроблено висновок про можливість використання запропонованого методу для моделювання динаміки руху нижніх кінцівок.

Ключові слова: моделювання, нижні кінцівки, рівняння руху, пружні деформації, графічна візуалізація.

А. Л. Иваницкая, Н. Ф. Терещенко, С. П. Вислоух, М. В. Филиппова

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА

Рассматривается вопрос создания модели динамики движения нижней конечности человека. Для получения этой модели построена система дифференциальных уравнений, с использованием общих формул динамики, моделирующие двуногую ходьбу пятизвенного стержневого механизма с деформирующими элементами структуры. Приближенное решение обратной задачи динамики позволяет искать решение задачи управляемого движения (прямой задачи), используя найденные оценки. Чтобы получить модель, подобную реальной системе, учитывается деформация звеньев, время и моменты инерции. Разработана методика графической визуализации движений человека при ходьбе с использованием современных методов. Рассмотрен пример решения данной задачи с использованием пакета «Mathematica 7.0». На основе проведенного анализа сделан вывод о возможности использования предложенного метода для моделирования динамики движения нижних конечностей.

Ключевые слова: моделирование, нижние конечности, уравнения движения, упругие деформации, графическая визуализация.

A. L. Ivanytska, M. F. Tereshchenko, S. P. Vyslouh, M. V. Filippova

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

DYNAMIC SIMULATION OF HUMAN LOWER EXTREMITY MOVEMENT

The subject matter concerns the creation of the dynamic model of human lower extremity movement. To obtain this model, a system of differential equations was built, using general formulas dynamics, which model the bipedal gait of the five-bar linkage mechanism with deforming structural elements. The approximate solution of the inverse dynamics problem allows to seek a solution for the motion control problem (direct problem), using determined values. In order to obtain a model similar to the real-world system, link deformation, time and the mass moments of inertia are considered. The method of graphical visualization of human walking motions was developed with the help of modern techniques. As an example, a solution to this problem was given using the package "Mathematica 7.0". Based on the conducted analysis, a conclusion was made on the possibility of the implementation of the suggested method for the dynamic simulation of human lower limb movement.

Keywords: simulation (modeling), lower extremities (limbs), motion equations, elastic deformations, graphical visualization.

Література

1. Бернштейн Н. А. Избранные труды по биомеханике и кибернетике. – М.: СпортАкадемПресс, 2001. – 296 с.
2. Новожилов И. В. Математическое моделирование сгибательно-разгибательных движений нижних конечностей при изменении вертикальной позы человека / И. В. Новожилов, П. А. Кручинин, И. А. Копылов. – М.: Изд-во механико-математического факультета, 2001. – 52 с.
3. Чигарев А. В. Биомеханика / А. В. Чигарев, Г. И. Михасев, А. В. Борисов. – Минск: Изд-во Гревцова, 2010. – 284 с.
4. Борисов А. В. Моделирование опорно-двигательного аппарата человека и применение полученных результатов для разработки модели антропоморфного робота / А. В. Борисов. – М.: Спутник +, 2009. – 212 с.

References

1. Bernshtein, N.A. (2001), Izbrannyye trudy po biomekhanike i kibernetike [Selected papers on biomechanics and cybernetics], SportAkademPress, Moscow, Russia. (in Russian)
2. Novozhilov, I.V., Kruchinin, P.A., Kopylov, I.A. (2001), Matematicheskoe modelirovanie sgitatel'no-razgitatel'nykh dvizhenii nizhnikh konechnostei pri izmenenii vertikal'noi pozy cheloveka [Mathematical modeling of flexion-extension movements of the lower limbs when the human vertical posture], Izd-vo mekhaniko-matematicheskogo fakul'teta, Moscow, Russia. (in Russian)
3. Chigarev, A.V., Myhasev, G.Y., Borisov, A.V (2010), Byomehanyka [Biomechanics], Izd Grevtsova, Minsk, Belarus. (in Russian)
4. Borisov, A.V. (2009), Modelirovanie oporno-dvigatel'nogo apparata cheloveka i primeneniye poluchenykh rezul'tatov dlya razrabotki modeli antropomorfного робота [Design of locomotorium of man and application of the got results for development of model of anthropomorphous robot], Sputnik +, Moscow, Russia. (in Russian)

*Надійшла до редакції
17 червня 2014 року*

© Іваницька А. Л., Терещенко М. Ф., Вислоух С. П., Філіппова М. В., 2014

УДК 615.847.8

М. Ф. Терещенко, О. С. Кос

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ТА СТРУКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОГО МАГНІТОТЕРАПЕВТИЧНОГО АПАРАТУ

Розглядаються питання розробки та особливості структури автоматизованого магнітотерапевтичного апарату (АМА) з можливостями широкого керування параметрами магнітного поля (магнітної індукції, частоти, тривалості імпульсів та форми поля). Були проведені дослідження розподілення постійної та змінної складових магнітного поля в самому індукторі та комплексі «індуктор-біологічний об'єкт» в магнітотерапевтичних апаратах (МТА) «ПОЛЮС-4», «МИТ-11» та виконано їх порівняння.

На основі експериментальних і теоретичних досліджень запропонований спосіб імпульсної магнітотерапії та структура автоматизованого магнітотерапевтичного апарату з точно нормованими параметрами магнітного поля та заданими параметрами впливу в робочій зоні індуктора, контролем ефективності дії фізіотерапевтичної процедури.

Ключові слова: автоматизований магнітотерапевтичний апарат, керування параметрами, контроль ефективності процедури.

Н. Ф. Терещенко, А. С. Кос

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

ОСОБЕННОСТИ И СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МАГНИТОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО АППАРАТА

Рассматриваются вопросы разработки и особенности структуры автоматизированного магнитотерапевтического аппарата (АМА) с возможностями широкого управления параметрами магнитного поля (магнитной индукции, частоты, длительности импульсов и формы поля). Были проведены исследования распределения постоянной и переменной составляющих магнитного поля в самом индукторе и комплексе «индуктор-биологический объект» в магнитотерапевтических аппаратах «ПОЛЮС-4», «МИТ-11» и выполнено их сравнение. На основе экспериментальных и теоретических исследований предложен способ импульсной магнитотерапии и структура автоматизированного магнитотерапевтического аппарата с точно нормированными параметрами магнитного поля и заданными параметрами воздействия в рабочей зоне индуктора, контролем эффективности действия физиотерапевтической процедуры.

Ключевые слова: автоматизированный аппарат, управление параметрами, контроль эффективности.

M. F. Tereshchenko, O. S. Kos

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

FEATURES AND STRUCTURE OF AUTOMATED MAGNETOTHERAPY APPARATUSES

The questions of development and feature of structure of the automated magnetotherapy apparatus (AMA) are examined with possibilities of wide management of magnetic-field (magnetic induction, frequency, duration of impulses and field form) parameters. There were undertaken studies of distribution of permanent and variable constituents of magnetic-field in an inductor and complex "inductor-biological object" in the magnetotherapy apparatus (MTA) of "POLUS-4", "MIT-11" and performed their comparison. On the basis of experimental and theoretical researches an offer method of impulsive magnetotherapy and structure of the automated magnetotherapy apparatuses are with the exactly rationed parameters of magnetic-field and preset parameter of influence in the working zone of inductor, by control of efficiency of action of physical therapy procedure. A new method and the principle of automated magnetotherapy apparatus to control output parameters:

magnetic induction, frequency, form fields, pulse duration.

Keywords: automated apparatus, control parameters, control effectiveness.

Література

1. Соловьева Г. Р. Магнитотерапевтическая аппаратура. – М.: Медицина, 1991. – 176 с.
2. Викторов В. А. Основы разработки аппаратуры для магнитотерапии и аппараты системы "Полюс" / В. А. Викторов, Ю. В. Малков // Медицинская техника. – 1994. – № 3. – С. 26-32.
3. Малков Ю. В. Аппарат для магнитотерапии и магнитофореза "Полюс-3" / Ю. В. Малков, А. И. Коробков, Н. А. Петрова // Мед.техника. – 1993. – № 2. – С. 46-48.
4. Соловьева Г. Р. Аппарат для низкочастотной магнитотерапии "Полюс-1" / Г.Р. Соловьева, В. А. Еремин, Р. Р. Горзон // Медицинская техника. – 1973. – № 5. – С. 29-33.
5. Еремин В. А. Переносный аппарат для низкочастотной магнитотерапии "Полюс-101" / В. А. Еремин, Г. Р. Соловьева, В. А. Шишков // Медицинская техника. – 1986. – № 5. – С. 56-58.
6. Улащик В. С. Низкочастотная магнитотерапия // Медицинские знания. – 2006. – № 6. – С. 28-30.
7. Системы комплексной электромагнитотерапии / А. М. Беркутов, В. И. Жулев, Г. А. Кураев, С. М. Прошина. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2000. – 376 с.
8. Тимчик Г. С. Система температурного контролю в магнитотерапии / Г. С. Тимчик, М.Ф. Терещенко, В.Ю. Рудик // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2013. – № 1(87) – С. 111 – 116.
9. Прецизионные источники изменяющихся магнитных полей. Терещенко Н. Ф. ВАК, спец. 05.11.05 Приборы и методы измерения электрических и магнитных величин, канд. техн. наук, Киев, 1991.
10. Патент 82553 України, МПК А 61N 2/04. Спосіб імпульсної магнітотерапії / Терещенко М. Ф., Кос О. С., Терещенко С. М. Заявка № u 2013 03973. Пріоритет 01.04.2013 р. Опубл. 12.08.2013 р. Бюл. № 15.
11. Заявка на корисну модель України № 2014 02471 МПК(7) А 61N 2/04. Автоматизований апарат для магнітометрії / М. Ф. Терещенко, О. С. Кос. Пріоритет 12.03.2014 р. Рішення 19.05.2014 р.

References

1. Solov'eva G. R. Magnitoterapevticheskaja apparatura [Magnetotherapy apparatus]. Moscow, Medicina, 1991. 176 p. (in Russian)
2. Viktorov V. A., Malkov Ju. V. Osnovy razrabotki apparatury dlja magnitoterapii i apparaty sistemy "Poljus". *Medicinskaja tehnika*, 1994, no. 3, pp. 26-32. (in Russian)
3. Malkov Ju. V., Korobkov A. I., Petrova N. A. Apparat dlja magnitoterapii i magnitoforeza "Poljus-3". *Medicinskaja tehnika*, 1993, no.2, pp. 46-48. (in Russian)
4. Solov'eva G. R., Eremin V. A., Gorzon P. P. Apparat dlja nizkochastotnoj magnitoterapii "Poljus-1". *Medicinskaja tehnika*, 1973, no. 5, pp. 29-33. (in Russian)
5. Eremin V. A., Solov'eva G. R., Shishkov V. A. i dr. Perenosnyj apparat dlja nizkochastotnoj magnitoterapii "Poljus-101". *Medicinskaja tehnika*, 1986, no. 5, pp. 56-58. (in Russian)
6. Ulashhik V. S. Nizkochastotnajamagnitoterapija. *Medical knowledge*, 2006, no. 6, pp. 28-30. (in Russian)
7. Berkutov A. M., Zhulev V. I., Kuraev G. A., Proshina S. M. Sistemy kompleksnoj elektromagnitoterapii [Complex systems electromagnetic terapii]. Moscow, Laboratorija Bazovyh Znanij, 2000, 376 p. (in Russian)
8. Timchik G. S., Tereshhenko M. F., Rudik V. Ju. Sistema temperaturnogo kontrolju v magnitoterapii. *Bulletin of NTUU «KPI». Series Instrument Making*, 2013, no 1(87), pp. 111–116. (in Russian)

9. Tereshhenko N. F. Precizionnye istochniki izmenjajushhihsja magnitnyh polej: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. tehn. nauk: spec. 05.11.05 Pribory i metody izmerenija jelektricheskikh i magnitnyh velichin. Kiev, 1991, 19 p. (in Russian)
10. Tereshhenko M. F., Kos O. S., Tereshhenko S. M *Sposib impul'snoi magnitoterapii* [The method of pulsed magnetic] Pat. Ua., no 82553, 2013. (in Ukrainian)
11. Tereshhenko M. F., Kos O. S *Avtomatizovanijapararat dlja magnetometrii* [Automated device for magnetometry] Zajavka na korisnu model'. Ua., no 2014 02471. vid 12.03 2014. (in Ukrainian)

*Надійшла до редакції
30 травня 2014 року*

© Терещенко М. Ф., Кос О. С., 2014

ГІПОТЕЗИ. НЕСТАНДАРТНІ МЕТОДИ РІШЕННЯ НАУКОВИХ ТА ІНЖЕНЕРНИХ ПРОБЛЕМ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

¹**В. І. Скицюк, ²А. А. Троц**

¹*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

²*Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», м. Київ, Україна*

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕВНОГО ФІЗИЧНОГО ОБ'ЄКТУ

В практиці науково-технічного аналізу, особливо багатокomпонентного аналізу, реалізуються методи аналізу і в подальшому контролю, оснований на використанні найбільш близьких до об'єкту досліджень фізичних теорій з метою побудови разової математичної моделі об'єкту досліджень з подальшим підтвердженням її загальними або спеціальними технічними засобами контролю.

Подані основні положення методики визначення точності використаних теоретичних положень в процесі дослідження конкретного фізичного об'єкту на основі розробленої теорії виникнення матеріальної енергетичної надлишковості та її розвитку при прагненні до рівня середовища. Розглянута теоретична необхідність введення прогресуючого простору як основного при викладенні методу визначення точності процесу теоретичного та експериментального дослідження заданого фізичного процесу або об'єкту.

Ключові слова: метод аналізу, фізична теорія, об'єкт досліджень, метод визначення похибки.

¹**В. И. Скицюк, ²А. А. Троц**

¹*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

²*Открытый международный университет развития человека «Украина», г. Киев, Украина*

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ДАННОГО ФИЗИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

В практике научно-технического анализа, особенно многокомпонентного анализа, реализуются методы анализа и в дальнейшем контроля, основанные на использовании наиболее близких к объекту исследований физических теорий с целью построения разовой математической модели объекта исследований с последующим подтверждением его общими или специальными техническими средствами контроля.

Представлены основные положения методики определения точности использованных теоретических положений в процессе исследования конкретного физического объекта на основе разработанной теории возникновения материальной энергетической избыточности и ее развития при стремлении к уровню среды. Рассмотрена теоретическая необходимость введения прогрессирующего пространства как основного при изложении метода

определения точности процесса теоретического и экспериментального исследования заданного физического процесса или объекта.

Ключевые слова: метод анализа, физическая теория, объект исследований, метод определения погрешности.

¹⁾V. I. Skytsiouk, ²⁾A. A. Trots

¹⁾ National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

²⁾ Open International University of Human Development "Ukraine", Kyiv, Ukraine

METHOD FOR DETERMINING THE ERRORS OF RESEARCH PHYSICAL OBJECTS

In practice, scientific and technical analysis, especially the multi-analysis, analysis methods are implemented to further control the base of the closest to the object of research fizochnyh theory to build a mathematical model of a single object studies with subsequent confirmation of its general or special technical means control.

The basic methodology for determining the position accuracy of theoretical positions used in the study of a particular physical object on the basis of the theory of financial power redundancy and its development tends to level environment. The theoretical need to introduce progressive space as the main presentation method in determining the accuracy of the process of theoretical and experimental investigation of a given physical process or object.

Keywords: method of analysis, physical theory, research object, the method of determining the error.

Література

1. Таланчук П. М. Основы теории проектирования измерительных приборов: Учеб.пособие / П. М. Таланчук, В. Т. Рущенко. – К.: Выща школа. Головное изд-во, 1989. – 454 с., ил.
2. Конюхов А. Г. Метрологическое обеспечение в приборостроении. Аспекты управления. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 208 с., ил.
3. Методы синтеза нелинейных систем автоматического управления. Под ред. д.т.н., проф. С. М.Федорова. – М.: Наука, 1986. – 210 с.
4. Засоби вимірювання автоматичного зрівноваження: Навч.посібник. За ред. П. М. Таланчука. – К.: Либідь, 1994. – 288 с.
5. Троц А. А. Основы математического опису теорії Дірака-Реаліума. Нац.техн.ун-т України "Київ.політехн. ін-т", - Київ, 1995, - 38 с.: іл. – Бібліогр.: 5 назв. – Рос. – Деп. в ДНТБ України 20.12.95 № 130-Ук96.
6. Кокаровцев В. В. Фізичні аспекти теорії Дірака-Реаліума / В. В. Кокаровцев, А. А. Троц. Нац.техн. ун-т України "Київ.політехн. ін-т", Київ, 1995, 50 с.: іл. – Бібліогр.: 6 назв. – Рос. – Деп в ДНТБ України 20.12.95 № 129-Ук96.
7. Таланчук П. М. Дифференциальное уравнение причинно-следственных связей / П. М. Таланчук, В. А. Остафьев, А. А. Троц, К. Г. Махмудов, А. А. Мирзаев, Ю. Б. Глушенко // Вестник КПИ. Приборостроение. – 1995. – Вып. 25. – С. 3-19.
8. Бояринов В. А. Синтез математической модели средств измерений индуктивным методом самоорганизации на ЭВМ / В. А. Бояринов, В. Т. Рущенко // Вестн. Киев. политехн. ин-та. Приборостроение. – 1985. – Вып. 15.

References

1. Talanchuk P. M., Rushchenko V. T. *Osnovy teorii proektirovaniia izmeritel'nykh priborov: Ucheb.posobie*. Kyiv, Vyshcha shkola, 1989. 454 p. (in Russian)
2. Koniukhov A. G. *Metrologicheskoe obespechenie v priborostroenii. Aspekty upravleniia*. Moscow, Izd-vo standartov, 1990. 208 p. (in Russian)
3. *Metody sinteza nelineinykh sistem avtomaticheskogo upravleniia*. Pod red. d.t.n.,prof. S. M. Fedorova. Moscow, Nauka Publ., 1986. 210 p. (in Russian)
4. *Zasoby vymiriuvannia avtomatichnoho zrivnovazhennia*: Navch.posibnyk. Za red. P. M. Talanchuka. K. yiv, Lybid' Publ., 1994. 288 p.(in Ukrainian)

5. Trots A. A. Osnovy matematychnoho opysu teorii Diraka-Realiuma. *Nats.tekhn.un-t Ukraïny "Kyïv.politekhn. in-t"*, - Kyïv, 1995, - 38 s.: il. – Bibliohr.: 5 nazv. – Ros. – Dep. v DNTB Ukraïny 20.12.95 # 130-Uk96. (in Ukrainian)
6. Kokarovtsev V. V., Trots A. A. Fizychni aspekty teorii Diraka-Realiuma. *Nats.tekhn. un-t Ukraïny "Kyïv.politekhn. in-t"*, 1995, - 50 p.: il. – Bibliohr.: 6 nazv. – Ros. – Dep v DNTB Ukraïny 20.12.95 # 129-Uk96. (in Ukrainian)
7. Talanchuk P. M., Ostafev V. A., Trots A. A., Makhmudov K. G., Mirzaev A. A., Glushenko I. V. Differenttsional'noe uravnenie prichinno-sledstvennykh sviäzeï. *Vestnik KPI. Priborostroenie*, 1995, Vyp. 25, pp. 3-19. (in Russian)
8. Boïarinov V. A., Rushchenko V. T. Sintez matematicheskoi modeli sredstv izmereniï induktivnym metodom samoorganizatsii na ÈVM. *Vestn. Kiev. politekhn. in-ta. Priborostroenie*, 1985, Vyp. 15. (in Russian)

*Надійшла до редакції
15 червня 2014 року*

© Скицюк В. І., Троц А. А., 2014