

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

МАТЕРІАЛИ  
XXV МІЖНАРОДНОГО МОЛОДІЖНОГО ФОРУМУ  
РАДІОЕЛЕКТРОНІКА  
ТА МОЛОДЬ  
У ХХІ СТОЛІТТІ



Том 1

Харків 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

МАТЕРІАЛИ 25-го МІЖНАРОДНОГО МОЛОДІЖНОГО ФОРУМУ

**«РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА МОЛОДЬ  
У ХХІ СТОЛІТТІ»**

20-22 квітня 2021 р.

Том 1

**КОНФЕРЕНЦІЯ  
«ЕЛЕКТРОННА, ЛАЗЕРНА ТА БІОТЕХНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ»**

Харків 2021

УДК 621.38+621.373.8+573.6](06)

25-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. матеріалів форуму. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ. 2021. – 192 с.

В збірник включені матеріали 25-го Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті».

Видання підготовлено факультетом електронної та біомедичної інженерії  
Харківського національного університету радіоелектроніки

61166 Україна, Харків, просп. Науки, 14  
тел./факс: (057) 7021397

E-mail: mref21@nure.ua

© Харківський  
національний університет  
радіоелектроніки (ХНУРЕ), 2021

## Програмний комітет конференції

- Аврунін О. Г.** д.т.н., проф., зав. каф. БМІ ХНУРЕ, лауреат Державної премії України в галузі освіти, м. Харків, Україна.
- Бондаренко І. М.** д.т.н., проф., зав. каф. МЕЕППІ ХНУРЕ, м. Харків, Україна.
- Васянович А.В.** канд. фіз.-мат. наук, проф, декан факультету ЕЛБІ, м. Харків, Україна.
- Вербицький В. Г.** проф., директор НДІ Мікроприладів, м. Київ, Україна.
- Гнатенко О.С.** канд. фіз.-мат. наук.,зав. каф. ФОЕТ ХНУРЕ, м. Харків, Україна.
- Кіпенський А.В.** д. т. н., проф., декан факультету соціально-гуманітарних технологій, проф. кафедри промислової і біомедичної електроніки НТУ«ХП», м. Харків, Україна.
- Максименко В. Б.** д.м.н., проф., зав. каф. БМІ НТУУ «КП», м. Київ, Україна.
- Мачулін В.Ф.** Академік НАН України, директор Інститута фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАНУ, м. Київ, Україна.
- Негрійко А. М.** член-кореспондент НАН України, заступник директора з наукової роботи інституту Фізики НАН України, м. Київ, Україна.
- Петлицький А.Н.** директор ДЦ «Белмікроаналіз», г. Мінск, Білорусь.
- Пятикоп В.О.** д. м. н., проф., зав. каф. нейрохірургії Харківського національного медичного університету, м. Харків, Україна.
- Стрількова Т.О** д.т.н., проф. кафедри МЕЕППІ ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

УДК 621.38:[621.38-025.53+621.38-022.532]

## Секція 1

### Електронні системи та технології, включаючи мікро- та наноелектронні

#### *Керівник секції*

Доктор технічних наук,  
професор кафедри Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв  
**Стрількова Тетяна Олександрівна**

#### *Координатори секції:*

Асистент кафедри Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв  
**Горбенко Євген Олександрович**

Асистент кафедри Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв  
**Калмиков Олександр Сергійович**

#### **Тематичні напрямки:**

1. Електронні прилади та системи прийому та передачі інформації.
2. Електронні/цифрові/оптичні методи та системи обробки сигналів та зображень.
3. Математичні, статистичні та програмні методи моделювання електронних систем, сигналів та завад, передавання, приймання та реєстрації інформації в електронних системах.
4. Електронні технології та засоби діагностики, управління та моніторингу.
5. Сучасна елементна база електроніки.
6. Прикладне програмування в електроніці.
7. Електронні системи енергозберігаючих технологій
8. Наноелектронні та нанооптичні технології.
9. Фізико-математичні основи електроніки, мікро- та наноелектроніки.
10. Інноваційні методи викладання у галузі електроніки, мікро- та наноелектроніки.

# ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ НАПРУЖЕНОСТІ І НАПРУГИ ПОЛОГО ЦИЛІНДРУ

Смолій Н.В.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Смолій В.М.

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля  
93416, Сєвєродонецьк, вул. Донецька, 43, каф. Електронних апаратів,  
тел. (06452) 5-19-88 e-mail: vmsmolij@ukr.net

The system of monitoring of electric tension and tension that consists of next components was in-process worked out : mathematical description (leans against the theorem of Gausse), design (including carries out verification of adequacy of an offer mathematical description) program and programmatic complex integrated in the system of monitoring.

Визначення параметрів електронних компонентів в процесі дії електромагнітного поля, як і вплив цього поля на можливість нормального функціонування електронних компонентів, є актуальною і водночас складною задачею [1]. Для вирішення цієї задачі було запропоновано розробити систему моніторингу електричної напруженості і напруги, яка складається з наступних компонент: математичне описання (спирається на теорему Гауса), програма моделювання (в тому числі здійснює перевірку адекватності запропонованого математичного описання) та програмний комплекс [2], інтегрований в систему моніторингу. Завдання було вирішено для об'єкту у вигляді полого циліндру нескінченної довжини (див. рис.1). Для рис. 1:  $\sigma$  - поверхнева густина заряду,  $\rho$  - густина заряду.

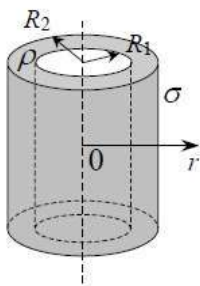


Рис. 1 - Полий  
циліндр нескінченної  
довжини

Якщо поверхнева густина є величиною постійною для всієї площини тіла, і існує закон розподілення заряду всередині тіла, можемо обрахувати напруженість електричного поля в будь-якій точці за формулою:

$$E = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0 S}, \quad (1)$$

де q обраховується за формулою:

$$q = \int_{R1}^{r>R1} \rho dV = \rho 2\pi h \int_{R1}^{r>R1} r dr = \rho 2\pi h (r^2 - R1^2) \quad (2)$$

У середовищі програмування Def-C++ на мові C було написано програму для обчислень напруженості і напруги полого циліндру. Далі було отримано значення напруженості та напруги для таких пар ( $R1 = 5$  см;  $R2 = 10$  см).

Для побудови графіків залежностей отриманих числових характеристик (рис. 2 та рис.3) було використано середовище технічних розрахунків MatLab.

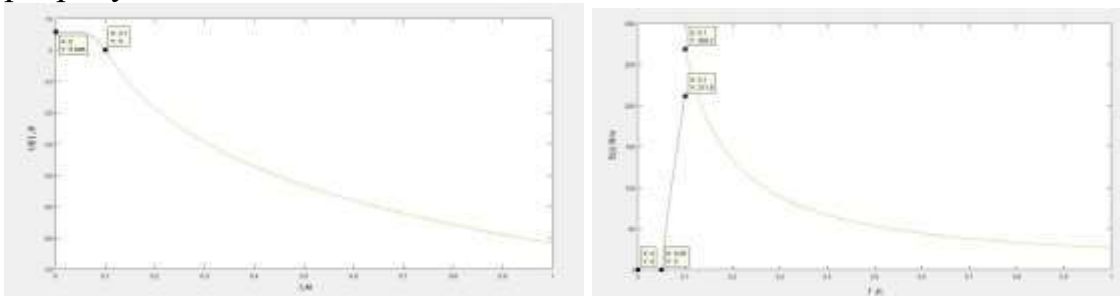


Рис. 2 - Значення напруженості та напруги для пар ( $R1 = 5$  см;  $R2 = 10$  см)

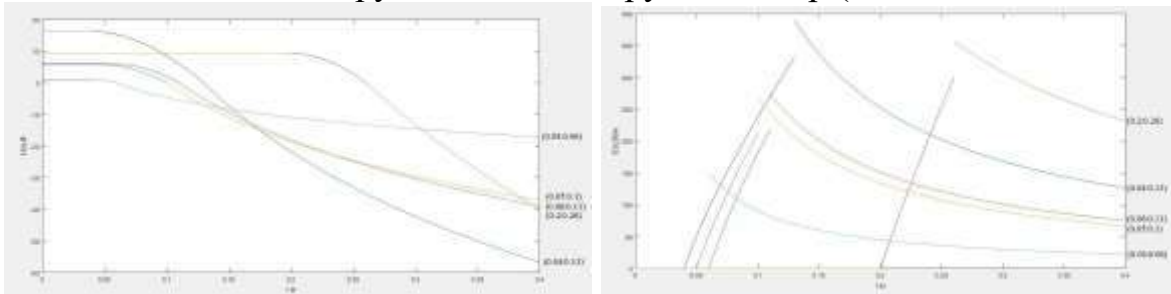


Рис. 3 – «Родини» значень напруженості та напруги

Була досліджена поведінка значень напруженості і напруги в залежності від значень внутрішнього і зовнішнього радіусу в полуму циліндрі нескінченної довжини і помічені наступні особливості: чим більша товщина «кільця» циліндра, тим більше напруга «розходить» від 0 на проміжку  $0:r_1$  (внутрішній радіус), але розходження на цьому проміжку не залежить від відстані внутрішнього кільця від осі циліндру. Напруженість не залежить від товщини циліндра і залежить від законів розподілення заряду в тілі. Оскільки закон мав вигляд  $a = \text{const}$ , то бачимо, що деякі криві накладаються одна на одну (пара  $(0.04:0.06)$  і  $(0.04:0.13)$ ) (рис.3). У роботі було розроблено систему моніторингу електричної напруженості і напруги, яка складається з наступних компонент: математичне описання (спирається на теорему Гауса), програма моделювання (в тому числі здійснює перевірку адекватності запропонованого математичного описання) та програмний комплекс, інтегрований в систему моніторингу.

#### Література:

1. Смолій В. М. Система підтримки прийняття рішень у радіоелектроніці: монографія / В. М. Смолій, О.І. Лісовиченко, З. Х. Борукаєв. – К.: ТОВ «Три К», 2020. – 211 с. – ISBN 978-966-7690-57-1.
2. Смолий В.Н. Показатели эффективности управления процесса производства электронных аппаратов// Адаптивні системи автоматичного управління. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – № 20(40). – С. 70 - 77.

# IMPEDANCE SPECTROSCOPY OF NANO SILICA PARTICLE UNDER THE IONIZATION IRRADIATION

Axundova S.R

Scientific leader – ph.d., senior scientist Huseynov E.M.

Baku State University, AZ1148, Z.Khalilov 23, Baku, Azerbaijan

tel. (050)-755-75-43, e-mail: [sadaahmudova@gmail.com](mailto:sadaahmudova@gmail.com)

A wide range of materials can be usefully characterized by impedance spectroscopy, namely, electrical and structural ceramics. The measurement techniques used to characterize materials are generally simpler than those used for electrode processes.

Over the past few years, nano SiO<sub>2</sub> (silica) and its mixtures have been at the focus of both, theoretical and experimental studies worldwide. Furthermore, silicon and its various compounds are widely applied as sorbent and radiation-resistant materials in electronics and for the detection of ionization [1-5]. In applications, an oxide layer, usually within nano size, is formed on silicon materials. Together with protecting the silicon from external damages, the surface oxide layer also has an artifact on its physical and surface physicochemical properties. On the other hand, due to its simple composition, easy availability, resistance to extreme conditions, the SiO<sub>2</sub> in nano sizes has a wide application in medicine and technology.

Determination of characteristic parameters of neutron-irradiation and neutron flux has been conducted with the methodology known from literature. Nano SiO<sub>2</sub> powder being pressed at 7kN/cm<sup>2</sup> pressure in special conditions at the laboratory, was made in the form of cylindrical tablet with 550 μm height and 5.5mm diameter and then placed in aluminium container according to the channels of the research reactor. The prepared samples have been continuously irradiated at central channel for 5, 10, 15 and 20 hours. After irradiation it has been fixed silver contacts on the surface of samples and examined its quality. Then the obtained samples have been placed in between two platinum plates and measurements taken. The main parameters (capacity and resistance) for calculation of electric properties of samples have been measured in “Novocontrol Alpha High Resolution Dielectric Analyzer” device for alternative current (~0,5V) at 0,09Hz – 2,26MHz range of frequency and 100-400 K temperature range. During the measurements storage accuracy of temperature in any degree was up to 0,01K and the accuracy was obtained with the method of bridge. All results obtained compatible with calculated values have been depicted in the form of graphic in “OriginPro 9.0” program.

We studied electric impedance of SiO<sub>2</sub> nanomaterial at its initial state and after being exposed to continuous ionization irradiation. Experimental investigation have been done while the frequency and temperature ranges amounted to 0,09 – 2.3 MHz and 100 – 400 K correspondingly. Analysis in terms of the Cole-Cole expression revealed that with increasing irradiation



period the polarization and relaxation times decrease as a result of combination of nanoparticles. Moreover, it is demonstrated that the electric conductivity of samples, on the other hand, increases with the increasing irradiation period. At low temperatures formations of clusters at three distinct states with different energies were resolved.

Mutual dependencies of real and imaginary parts of impedance have been studied at the values of 100K, 200K, 300K and 400K temperature, within initial state and for the values of 5, 10, 15 and 20 hours of neutron flux periods. It seen that with increase of frequency both values of impedance decrease and the form of curves shows the polarization to be chaotic at low temperatures in surface charges in the system (the reason for this case may be the clusters which we will discuss later). At 200K value of temperature the chaotic state almost disappears. In general at low temperatures (100K and 200K) both values of impedance decrease in the same tendency with increase of frequency and in these cases a very little effect of irradiation period is observed [2]. The effect of irradiation period is observed obviously at relatively high temperatures (300K and 400K). The results consistent with the ones obtained by us have been obtained for "liquid crystal" Hourri el at. "4-n-heptyl-4'-cyanobiphenyl" with content of SiO<sub>2</sub> mixture in different amounts

Summarizing, we studied the electric impedance of nano SiO<sub>2</sub> at different temperature values. Substantial changes in the dielectric properties of samples at higher temperatures have been observed. Indeed, our analysis of experimental data reveals that, at high temperatures (300-400K) the effect of irradiation on dielectric properties of samples becomes evident, while this is not the case for low temperatures. The relaxation times of samples were calculated using the Cole-Cole expression; with increasing irradiation period the polarization and relaxation times decrease as a result of combination of nanoparticles.

1. Elchin Huseynov, Anze Jazbec, Luka Snoj "Temperature vs. impedance dependencies of neutron-irradiated nanocrystalline silicon carbide (3C-SiC)" *Applied Physics A* 125, 91-98, 2019.

2. Elchin Huseynov, Eršte Andreja, et al. "Influence of neutron flux, frequency and temperature to electrical impedance of nano silica particles" *American Institute of Physics, Advances* 4, 117122 (2014).

3. Elchin Huseynov "Neutron irradiation and frequency effects on the electrical conductivity of nanocrystalline silicon carbide (3C-SiC)" *Physics Letters A* 380/38, 3086-3091, 2016.

4. Elchin Huseynov, Anze Jazbec "EPR spectroscopic studies of neutron-irradiated nanocrystalline silicon carbide (3C-SiC)" *Silicon* 11/4, 1801–1807, 2019.

5. Elchin Huseynov, Anze Jazbec "Trace elements study of high purity nanocrystalline silicon carbide (3C-SiC) using k<sub>0</sub>-INAA method" *Physica B: Condensed Matter* 517, 30–34, 2017.

# ДВУХФАЗНЫЙ СЕТЕВОЙ КОРРЕКТОР КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ (PFC) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРБИД-КРЕМНИЕВЫХ (SiC) СИЛОВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Бурковский Я. Ю.

Научный руководитель – Зиньковський Ю. Ф.

НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»

03056, г. Киев, ул. Политехническая 12, корп. 17 каф. КиПРА,

+38(044)204-83-87,

e-mail: [yaroslav0590@gmail.com](mailto:yaroslav0590@gmail.com)

This article proposes a 2-phase hybrid power factor corrector topology based on SiC MOSFET transistor as the main power switching element. Simply replacing silicon MOSFETs with SiC versions in typical design will improve efficiency, but the most significant gains come from rethinking designs completely. As the result, proposed 2-phase hybrid PFC provides lower total cost, higher switching frequencies, greater efficiency, a lighter and smaller design, higher reliability because of simpler overall topology (in comparison with totem-pole or interleaved PFC), and a more economical Bill of Material (BOM).

Создание компактных и эффективных преобразователей энергии является важной задачей современной электроники. Одним из требований к подобным системам является ограничение по искажениям формы потребляемого тока, описанные в стандарте IEEE 519-2014 [1]. Возможным решением подобной задачи является использование активных корректоров, коэффициента мощности (ККМ, PFC), построенных по топологии *boost* конвертера. Данный преобразователь обеспечивает синусоидальную форму тока потребления из сети и стабильное постоянное

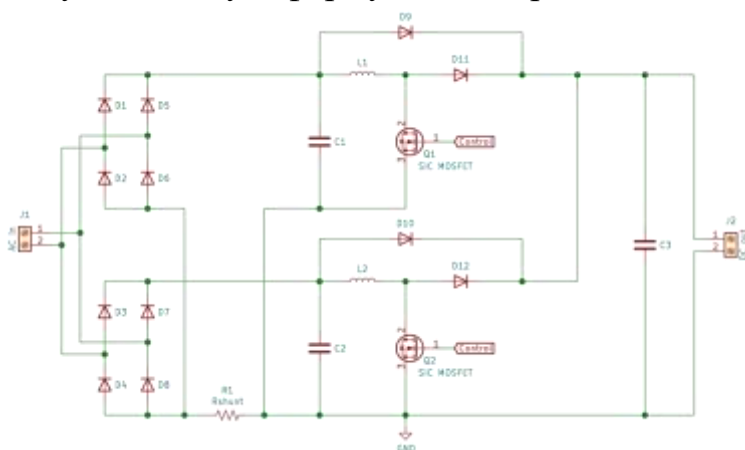


Рис. 1 Схема предложенного двухфазного корректора коэффициента мощности

напряжение для последующих модулей системы питания. Подобное решение отличается простотой реализации, однако, при создании PFC с мощностью более 2 кВт (ориентировочно) эта топология требует дополнительных систем защиты, хорошего охлаждения и применения дорогостоящих компонентов из-за высокой нагруженности силовых элементов. Одним из решений данной проблемы является использование

топологий *totem-pole PFC* и *interleaved PFC*, однако, при всех своих преимуществах, они сложнее и, зачастую, требуют написания программы управления т.к. готовые контроллеры под подобные топологии практически не выпускаются. В отличие от данных топологий в предложенном решении (рис. 1), управление транзисторами производится синхронно и это позволяет использовать готовые контроллеры управления для *PFC* в системах питания мощностью более 2-3кВт без необходимости использовать более сложные топологии.

Силовая часть преобразователя состоит из источника сетевого напряжения  $J1$ , двух диодных мостов, фильтрующих конденсаторов малой ёмкости  $C1/C2$ , *boost*-преобразователей, состоящих из дросселей  $L1/L2$ , силовых транзисторов  $Q1/Q2$ , диодов  $D11/D12$ , *bypass*-диодов  $D9/D10$  и выходного конденсатора  $C3$ . Ток в цепи транзисторов измеряется шунтом  $R1$ . Такое включение позволяет разделить нагрузку равномерно между двумя каналами инвертора, и следовательно, использовать относительно маломощные силовые элементы, равномерно распределять и рассеивать выделяемое тепло, повысить эффективность преобразователя, т.к. потери в элементах растут нелинейно по отношению к току через них. Кроме того, использование карбид-кремниевых выходных диодов и *MOSFET*-транзисторов позволяет уменьшить потери в силовой части, в среднем, ещё более чем в 2 раза [2]. Это связано с меньшим сопротивлением канала и лучшими динамическими параметрами *SiC* транзисторов, а также отсутствия заряда обратного восстановления у *SiC* диодов [3]. Более высокая возможная рабочая температура *SiC* элементов и меньшие паразитные ёмкости позволяют повысить рабочую частоту преобразователя, уменьшить размер радиаторов и индуктивности силовых дросселей, и, как следствие, значительно снизить стоимость и габариты *PFC* преобразователя.

### Литература:

1. IEEE 519-2014 - IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems [Электронный ресурс]. Режим доступа – <https://ieeexplore.ieee.org/document/6826459>
2. Бурковский Я. Ю., Зиньковский Ю. Ф. Моделирование сетевого корректора коэффициента мощности (PFC) с использованием карбид кремниевых (SiC) силовых транзисторов // IX Международная научно-техническая конференция "Радиотехнические поля, сигналы, аппараты и системы", 2020.
3. Zverev I., Kapels H., Rupp R., Herfurth M. Silicon Carbide Schottky Diodes. Novel devices require novel design rules. – Villach, Austria: Infineon Technologies Austria AG, 2011. – 16 p.

# АНАЛІЗ РІЗНИХ АСПЕКТІВ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗОНАТОРНИХ ЗОНДІВ В НВЧ ДІАГНОСТИЦІ

Шум А. В., Щербань І. М.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Гордієнко Ю.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки

(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. (057) 702-13-62)

e-mail: [ihor.shcherban@nure.ua](mailto:ihor.shcherban@nure.ua)

The report discusses the main methods of increasing the measurement sensitivity of objects with low dielectric losses when using aperture resonator probes with a retractable tip. In particular, it was shown that with this approach the tip can be immersed in the object or only close to its surface. It is shown that the sensitivity of the sensor in the studied modes will be very different. Quantitative data are presented that make it possible to assess the applicability of the considered aspects of the interaction of the resonator sensor with an object from the standpoint of increasing the measurement sensitivity.

Виходячи із сучасних вимог універсалізації засобів діагностики необхідна розробка універсальних сенсорів, здатних здійснювати контроль електрофізичних параметрів широкого спектру досліджуваних об'єктів. Одним з таких рішень може бути зміна робочої частоти резонатора [1]. Але, підвищувати частоту роботи коаксіального резонансного датчика на порядок або вище не завжди доцільно, через можливе виникнення вищих типів коливань. Альтернативним методом зміни чутливості сенсора на основі коаксіального резонатора зонда (РЗ) може бути зміна коефіцієнта включення зразка в електромагнітне поле резонатора [2] шляхом переміщення центрального зондоутворюючого провідника, відносно торця апертури такого датчика.

У даній роботі представлені результати дослідження основних режимів роботи РЗ з вістрям, яке може зміщуватись відносно площини апертури, з метою досягнення максимальної чутливості вимірювання об'єктів з низькими діелектричними параметрами.

Схематичне зображення апертурного вузла такого зонда з можливими режимами роботи показано на рис. 1.

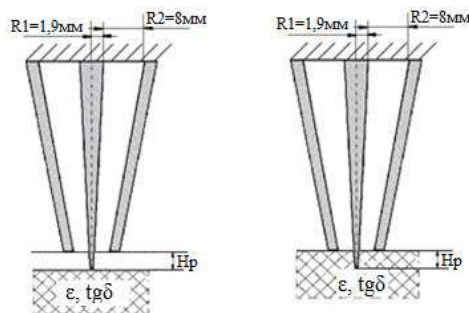


Рис. 1 – Схематичне зображення апертурного вузла РЗ з рухомих вістрям

Очевидно, що підвищення чутливості РЗ, зображеного на рис.1, відбувається при висуванні вістря за площину апертури. Однак, при цьому можливі два варіанти розташування об'єкта відносно вістря зонда. Вістря може як занурюватися в товщу об'єкта, так і бути висунутим до нього. Висування вістря до поверхні об'єкту, в якості прийому підвищення чутливості РЗ вже обговорювалося в роботі [3]. Однак, зміна енергетики поля при такому підході не досліджувалась. Результати чисельного дослідження зміни енергетики поля при висуванні вістря представлені на рис. 2, де  $H_p$  – величина зміщення вістря відносно перетину апертури зонда.

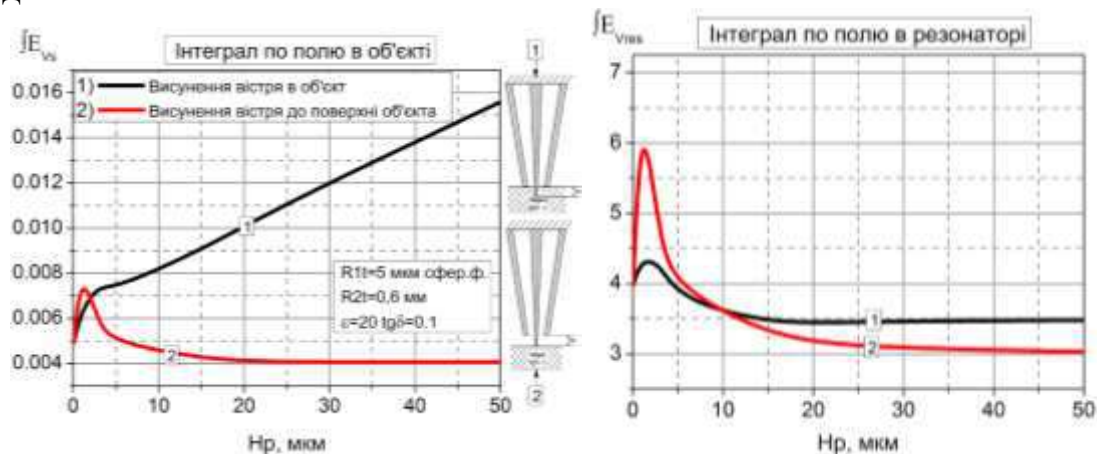


Рис. 2 – Зміна енергетики поля при двох варіантах висування вістря

Із представлених залежностей чітко видно, що висування вістря до поверхні об'єкта є ефективним лише на величину не більше половини радіуса вістря. При висуванні вістря в об'єкт залежність інтеграла, взятого по полю в об'єкті, від величини  $H_p$  носить практично лінійний характер.

Таким чином, із представлених результатів випливає, що для значного підвищення чутливості резонаторних зондів з коаксіальною апертурою при вимірюванні електрофізичних параметрів об'єктів рідкої або сипучої консистенції найбільш ефективним є висування вістря в об'єм досліджуваного зразка.

#### Список літератури:

1. Бойко В.В. Радиофизические основы и опыт применения СВЧ электромагнитных полей в хирургии / В.В. Бойко, В.К. Иванов, А.О. Силин, А.М. Стадник, Ю.В. Иванова, П.Н. Замятин, И.В. Гусак, В.П. Невзоров // Новое слово, 2009 – 166 с.
2. Gordienko Yu.Ye., Shcherban I.M., Diapason properties of resonant aperture sensors for microwave diagnostics of small objects / Telecommunication and Radio Engineering, Vol. 79 , № 9, 2020, pp. 793–801.
3. Бондаренко І. М. Напрями та проблеми мікрохвильових досліджень вологовмісних матеріалів та структур : монографія / І. М. Бондаренко, Ю. О. Гордієнко, О. Ю. Панченко; Харків: ФОП Панов А.М., 2019. - 320 с.

# НАКОПИЧУВАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕЗОНАТОРНИХ СТРУКТУР МІКРОХВИЛЬОВОГО ДІАПАЗОНУ

Горбенко Є.О.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Бондаренко І.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. мікроелектроніки, електронних приладів  
та пристроїв, тел. (057) 702-13-62,

E-mail: d\_meda@nure.ua

The analysis of the factors influencing the amount of energy that can accumulate in the cavity resonator structures of the microwave range is carried out. Possible directions of its increase are determined.

В останні десятиріччя проведено великий обсяг фізичних досліджень і розробок пристроїв формування потужних і надпотужних електромагнітних імпульсів [1-4]. Одним з напрямків таких досліджень є пристрої, засновані на накопиченні енергії в високодобротних резонансних обсягах з подальшим її швидким виведенням. При цьому можуть бути сформовані потужні НВЧ імпульси наносекундної тривалості при порівняно невисокій потужності джерела накачування і відносно малих габаритах пристрою в цілому. У той же час для ефективної роботи такого пристрою накопичувальний резонатор повинен мати якомога високу добротність. Добротність резонатора з повітряним або вакуумним заповненням (або оточенням) і стінками (або провідниками) з добре провідного матеріалу можна оцінити за допомогою наступного співвідношення [5]:

$$Q_0 = \omega_p \frac{W_{\text{зап}}}{W_{\text{рас}}} = \frac{\sqrt{\omega_p \mu_0} \int_V |\dot{H}|^2 dv}{\sqrt{\frac{\mu_0}{2\sigma_S}} \int_S |\dot{H}_\tau|^2 ds} = \frac{\omega_p \mu_0 \int_V |\dot{H}|^2 dv}{R_{\text{п}} \int_S |\dot{H}_\tau|^2 ds} = \frac{G}{R_{\text{п}}}$$

де  $\omega_p$  – резонансна частота;  $W_{\text{зап}}$  – енергія, запасена в резонаторі на резонансній частоті, величина якої залежить від конструкції резонатора і характеру (структури) коливань, збуджуваних в резонаторі;  $W_{\text{рас}}$  – енергія, що розсіюється в резонаторі, яка залежить від структури коливання, а також від значення поверхневого опору матеріалу стінок резонатора (об'ємні резонатори з провідними стінками), поверхневого опору, втрат в діелектрику, і втрат на випромінювання (металодіелектричні, полоскові та мікрополоскові резонатори), втрат в діелектрику і втрат на випромінювання (діелектричні резонатори) і т. д.;  $\mu_0$  – магнітна проникність вакууму;  $\sigma$  – провідність матеріалу стінок (або провідників) резонатора;  $R_{\text{п}}$  – поверхневий опір матеріалу стінок (або провідників)

$$G = \omega_p \mu_0 \int_V |\dot{H}|^2 dv / \int_S |\dot{H}_\tau|^2 ds$$

резонатора; - геометричний фактор, що залежить від геометрії і розмірів резонатора, а також від структури електромагнітних полів (виду коливань). Аналіз наведеного виразу показує, що максимальною добротністю будуть володіти такі резонансні структури НВЧ діапазону у яких: відсутні втрати на випромінювання, малі втрати в діелектриках або вони відсутні (закриті об'ємні резонатори з провідними стінками); мала величина поверхневого опору матеріалу стінок або провідників або вони відсутні (діелектричні резонатори, наприклад); велика величина геометричного фактора, пропорційного відношенню обсягу резонатора до його поверхні, а також залежного від виду коливань на якому відбувається резонанс (характеру розподілу електромагнітних полів в резонаторі і струмів на його поверхнях). Крім того, необхідно враховувати, що напруженість полів в резонаторі будуть зростати пропорційно добротності, а це, в свою чергу, може привести до пробою, автоелектронній емісії, теплового перегріву і т.п. Користуючись наведеною формулою, а також виразами для полів в резонаторі при обраному виді коливань можна оцінити щільність і, відповідно, досягну величину енергії для конкретної резонаторної структури.

#### Список літератури:

1. Диденко А.Н., Юшков Ю.Г. Мощные СВЧ-импульсы наносекундной длительности / М.: Энергоатомиздат, 1984. – 112 с.
2. Bondarenko I.N., Gorbenko E.A., Krasnoshok V.I. Microwave switch based on waveguide T-junction for compression resonant pulse former // Telecommunications and Radio Engineering. Begell Hous, Inc., NY, (USA). – 2017. – Vol. 76, N 6. pp. 469-475.
3. Bondarenko I.N., Gorbenko E.A., Krasnoshok V.I. Microwave switch based on a combined coaxial-waveguide tee for a cavity pulse shaper // Telecommunications and Radio Engineering. Begell Hous, Inc., NY, (USA). – 2018. – Vol. 77, N 5. pp. 391-397.
4. Bondarenko I.N., Gorbenko E.A. Formation of powerful microwave pulses using resonator storage // Telecommunications and Radio Engineering, vol. 77, 2018, N 15, pp.1311-1319.
5. Менде, Ф.Ф. Сверхпроводящие и охлаждаемые резонансные системы / Ф.Ф. Менде, И.Н. Бондаренко, А.В. Трубицын. – К.: Наук. думка, 1976. – 272 с.

## РОЗШИРЕННЯ СФЕРИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ LiFi ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

Падалко Є.О.

Науковий керівник – к.ф.-м.н., доц. Галат О.Б.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки,14, каф. Мікроелектроніки, електронних  
приладів та пристроїв, тел. (057) 702-13-62)  
e-mail: yevheniia.padalko@nure.ua, факс (057) 702-11-13

The article represents the main points about the use of LiFi technology for wireless communication and offers a basic review of its benefits. Experimental studies of the last ten years prove that LiFi technology have important advantages over Wi-Fi, such as ability to safely work in radiofrequency hostile zones, wider bandwidth and higher data density which can be an important step forward in enhancement of the wireless communication quality. The main objective of the work is to predict the ways to expand the scope of application of the said technology.

LiFi (Light Fidelity) - є безпроводною технологією передачі інформації, що використовує для передачі даних або видиме світло або ближній ІЧ/ближній УФ і, відповідно, відноситься до VLC (visible light communication) технологій. Технологію було представлено її розробником Харальдом Хаасом у 2011 році [1].

Технологія LiFi є спорідненою з Wi-Fi. Метою створення даної технології було вирішення таких проблем технології Wi-Fi, як неможливість її використання у зонах, чутливих до електромагнітного випромінювання та невелика ширина радіочастотного діапазону, що обмежує кількість переданої інформації. Так, оскільки LiFi не використовує радіочастотний діапазон, цю технологію можливо використовувати у госпіталях і під час рятувальних операцій. Також завдяки особливостям видимого спектру ця технологія є перспективним шляхом для вирішення проблем з запуском 5G зв'язку і конфіденційністю локальних безпроводних мереж [2]. Особливістю технології є використання для передачі інформації освітлювальних світлодіодів, які випромінюють у широкому діапазоні видимих частот та випромінювання яких не є когерентним, звідки впливає необхідність використання тільки амплітудної модуляції та дотримання умов прямої передачі. Існують два основні різновиди LiFi: PureLiFi і Big-Fi. PureLiFi є першою комерційною LiFi системою, перші прототипи якої були представлені ще у 2014 році. На даний момент PureLiFi вже введено в експлуатацію в деяких європейських госпіталях, школах і фірмах [2].

Big-Fi являє собою поєднання додатку для мобільного пристрою і пристрою IoT (Internet of Things) з датчиком кольору, мікроконтролером і вбудованим програмним забезпеченням. Зв'язок між цими пристроями здійснюється за допомогою світлодіодів.



Використання світлодіодів для зв'язку між приладами є досить розробленим напрямком, перспективи якого відзначались ще у 2003 році [3]. Основною перевагою такого рішення є можливість використання одного світлодіода як передавача і приймача інформації (що забезпечується високою світлочутливістю світлодіоду), що дозволяє зекономити місце на платі і значно спрощує схему приладу. Так, для можливості налагодження зв'язку між пристроями достатньо обладнати їх світлодіодами і мікроконтролерами з відповідним програмним забезпеченням. Сучасний підхід до використання зв'язку за допомогою світлодіодів зазвичай є зосередженим на роботі з білими люмінофорними світлодіодами, але кольорові світлодіоди також використовуються [4].

Метою даної роботи є дослідження перспектив розширення сфери використання для бездротової передачі інформації технології LiFi.

Основними проблемами при використанні такого способу зв'язку є, по-перше, те, що світлодіоди одночасно використовуються як джерела освітлення, і, оскільки передача інформації здійснюється шляхом амплітудної модуляції, необхідним є використання частот модуляції, які не можуть бути помічені людським оком (інакше використання світлодіодів як джерел освітлення під час передачі інформації не буде доцільним). По-друге, за умови використання амплітудної модуляції необхідно забезпечити низький показник мерехтіння світлодіоду, аби не виникали додаткові помилки при передачі сигналу. Також необхідним є врахування впливу навколишнього світла і розташованих поблизу інших подібних мереж [4].

Одним з найбільш цікавих напрямків досліджень у сфері LiFi є передача інформації у відбитому світлі. Сучасні офіси і госпіталі мають багато відбиваючих поверхонь у своїх приміщеннях, що може стати як перевагою (світло і, відповідно, інформація досягає місць, які не знаходяться у прямій видимості) так і недоліком - збільшується вірогідність помилки розпізнавання сигналу при перерозподілі перемінних складових світлового потоку по приміщенню [2].

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Harald Haas Wireless data from every light bulb // TEDGlobal 2011.
2. Tsonev D., Videv S., Haas H. Light fidelity (Li-Fi): towards all-optical networking // Proceedings Volume 9007, Broadband Access Communication Technologies VIII; 900702 (2014).
3. Dietz P., Yerazunis W., Leigh D. Very Low-Cost Sensing and Communication Using Bidirectional LEDs // UbiComp 2003, Seattle, Washington, October 12-15, 2003.
4. Giustiniano D., Tippenhauer N.O., Mangold S. Low-Complexity Visible Light Networking with LED-to-LED Communication // Disney Research, Zurich, Switzerland, 2015.

# РОЗРОБКА ТА ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ ШВИДКОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ БІО- ТА ХЕМІЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ

Калмиков О.С.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Стрілкова Т. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Мікроелектроніки, електронних  
приладів та пристроїв, тел. (057) 702 13 62

E-mail: oleksandr.kalmykov@nure.ua

The report discusses the possibility of using an algorithm for fast image analysis in order to determine the coordinates of the object under study on it. The use of this type of algorithms can be used to visualize processes in the luminescence analysis of biological systems.

**Вступ.** Цифрова обробка зображень з метою визначення позиціонування різноманітних об'єктів дослідження є невід'ємною частиною систем візуалізації біо- та хемілюмінісценції. Класичні алгоритми пошуку фрагмента зображення, де фрагмент, який спостерігається пересувається по зображенню для виявлення точки, де різниця двовимірних функцій яскравості зразка ( $J$ ) від зображення ( $I$ ) досягає свого мінімуму (1).

$$\sum_{i < w, j < h} |I(x + i, y + j) - J(i, j)| \quad (1)$$

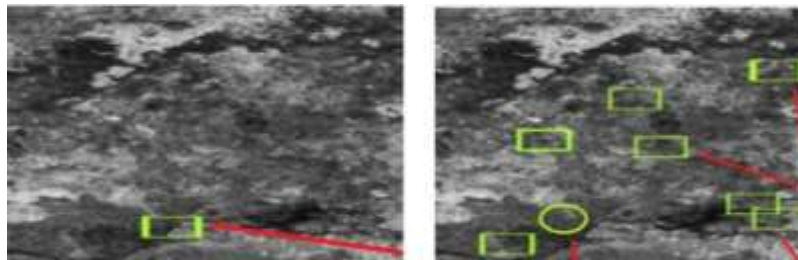
Однією з проблем даних методів є низька швидкість роботи – якщо потрібно виявити фрагмент  $n \times n$  на зображенні  $m \times m$ , то кількість операцій буде пропорційна  $n^2 \times (m-n)^2$ . Значне збільшення швидкості може бути досягнуто застосуванням обробки зображення в частотній області. Зменшення обчислювального навантаження в таких алгоритмах як MOSSE, ASEF до  $m \times n \times \log m \times n$  дозволяє одночасно проводити розрахунок збігу двох зображень при різних їх зсувах між собою. Активні розробки алгоритмів пошуку фрагмента зображення ведуться в просторової області, а саме застосування фільтрів Кенні і Собеля, складання дескрипторів зображення в тому числі і на основі фрактального аналізу, застосування статистичних властивостей для побудови характерних ознак фрагментів зображень [1]. Обробка зображення з високою роздільною здатністю істотно ускладнює процедуру пошуку об'єкта на повному кадрі. Суттєве зменшення кількості обчислень забезпечує сегментація зображення і пошук шуканого фрагмента в найбільш ймовірному пересказаному положенні об'єкта на основі міжкадрового аналізу відеопослідовності. Даний розрахунок, як правило, використовує дані про фізичні характеристики об'єкта та математичну модель його траєкторії, об'єднаних алгоритмом Калмана (2).

$$K_{k+1} = \frac{E e_k^2 + \sigma_\xi^2}{E e_k^2 + \sigma_\xi^2 + \sigma_\eta^2} \quad (2)$$

У разі обробки зображень з низьким відношенням сигнал / шум

можлива поява помилок прогнозування [2], що веде до похибок позиціонування об'єкта. Рішенням даної проблеми може бути високошвидкісна періодична обробка повного кадру відеопослідовності.

У доповіді обговорюється вирішення такого типу задач за допомогою алгоритму пошуку фрагмента зображення, в якому використовується метод порівняння спектра, отриманого на основі послідовності екстремумів функції яскравості зображення, що дозволяє значно знизити обчислювальне навантаження до  $n^2+2m^2$ . Даний метод було випробувано на різного типу зображеннях, де він показав високу стійкість до зміни масштабу і повороту фрагмента, який спостерігається на кут до 20 градусів.



а)

б)

Рисунок 1. а) правильне визначення розташування об'єкту;

б) множинні помилкові визначення розташування об'єкту.

При обертанні шуканого фрагменту на кут біль ніж 20 градусів даний алгоритм виявляється непридатним (рис 1.б). Однак низьке обчислювальне навантаження запропонованого методу дає можливість повторного аналізу зображення при різних кутах його обертання. Алгоритм такого типу може бути застосований в системах візуалізації слабкого світіння об'єктів в системах біомедичній діагностики. Вдосконалення алгоритмів візуалізації процесів, що відбуваються в біологічно активних системах сприяє збільшенню правдоподібності результатів за рахунок мінімального внесенням похибки в разі використання малоінтенсивних джерел випромінювання або невикористання їх взагалі.

Література.

1. Стрількова Т.О., Литюга О.П., Калмиков О.С., Кожушко Я.М. Метод обробки зображення для систем супроводження рухомих об'єктів / Оптикоелектронні інформаційні технології “Фотоніка ОДС – 2020”. Збірник тез доповідей дев'ятої Міжнародної науково-технічної конференції, м. Вінниця, 5-7 жовтня 2020 року. – Вінниця: Вид-во ПП “ТД Едельвейс і К”, 2020. – 117 с.

2. Т. О. Стрількова, О. П. Литюга, О. С. Калмиков, Г. М. Хорошун, А. О. Рязанцев, О. І. Рязанцев. Вплив моделі опису сигналів на розрахунки показників ефективності оптико-електронних систем // «Східно-Європейський журнал передових технологій» vol 4, № 5 (106), 2020, стр. 41-50.

## СТАНДАРТИ ФОТОБІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Падалко Є.О.

Науковий керівник – старший викл. Бендебєря Г.М.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166 Харків, пр. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел.:(057) 702-13-62  
e-mail: yevheniia.padalko@nure.ua

The main point of the theses is to determine the ways LED lamps radiation affects the health of people exposed to it to use that information in designing and improving of already existing LED light sources. In the article the short analysis of International and Ukrainian photo-biological safety standards of the non-directional light sources is represented in order to define the safety level of the LED sources having the gap in radiation spectrum on the specific wavelength.

Безпека освітлення в Україні регулюється національними стандартами України ДСТУ EN 62471:2017 (EN 62471:2008), IDT; IEC 62471:2006, MOD; ДСТУ IEC/PAS 62612:2012; ДСТУ-П IEC/PAS 62663-1:2015; ДСТУ-П IEC/PAS 62663-2:2014; ДСТУ-П IEC/PAS 62717:2014; ДСТУ IEC 62471. Ці норми обмежують допустимі значення світлової ефективності світлодіодних освітлюваних пристроїв та тривалості роботи LED ламп не спрямованого світла, коефіцієнту потужності і індексу передачі кольору.

Одним з основних положень у стандарті ДСТУ EN 62471:2017 є поняття граничних доз опромінювання, що являють собою умови, за яких майже кожна здорова людина може багаторазово зазнавати дії випромінювання без шкоди для здоров'я. У даному стандарті граничні дози застосовуються для джерел безперервного випромінювання за тривалості випромінювання не менше 0.01 мс і не більше 8 годин і використовуються у якості міри для контролю опромінювання. Міжнародний стандарт IEC62471:2006 містить чотирьохрівневу класифікацію ламп і систем освітлення, що випромінюють в діапазоні 200-3000 нм (таблиця 1).

Таблиця 1 - Класифікація ламп і систем освітлення

Група ризику	Обґрунтування
(0 група)	Фотобіолог. небезпеки не становить
I група	Фотобіолог. безпеки за допустимого часу дії не становить
II група	Не становить небезпеки через негативну реакцію на яскраве світло і тепловий дискомфорт
III група	Небезпечні навіть за миттєвої дії

При визначенні фотобіологічної безпеки джерела випромінювання враховують спектр від ближнього УФ до ближнього ІЧ діапазону (загалом від 200 нм до 1000 нм), оскільки живі тканини добре поглинають ці хвилі і виникає ризик пошкодження шкірних покривів та очей людини [1].

Розрізняють різні види біологічної реакції тканин при впливі на них

випромінювання різного роду - при опромінюванні УФ діапазоном виникають насамперед фотохімічні впливи, а при опромінюванні ІЧ - теплові. При фотохімічному впливі випромінювання порушує внутрішню структуру клітин, руйнуючи її. Наслідком цього може стати як руйнування ДНК, так і утворення вільних радикалів, які теж призводять до порушення або руйнування структури ДНК при взаємодії з нею, що загрожує появою ракових пухлин [1]. Фотохімічний вплив є наявним на різних ділянках спектру, міра його впливу визначається ваговими функціями небезпеки, які обернено пропорційні дозі випромінювання, що потрібна для кожної довжини хвилі. Тривале слабе випромінювання викликає пошкодження, еквівалентне короточасному, але потужному впливу (закон Бунзена-Роско). Теплові впливи виникають внаслідок поглинання клітинами випромінювання і підвищення температури на глибині поглинання, що призводить до денатурації білків і руйнування структури клітин. На відміну від фотохімічного, тепловий вплив є однаково небезпечним на всьому діапазоні ІЧ хвиль. Ступінь небезпеки впливу різних довжин хвиль на сітківку визначається ваговою функцією (рис. 1а) [1].

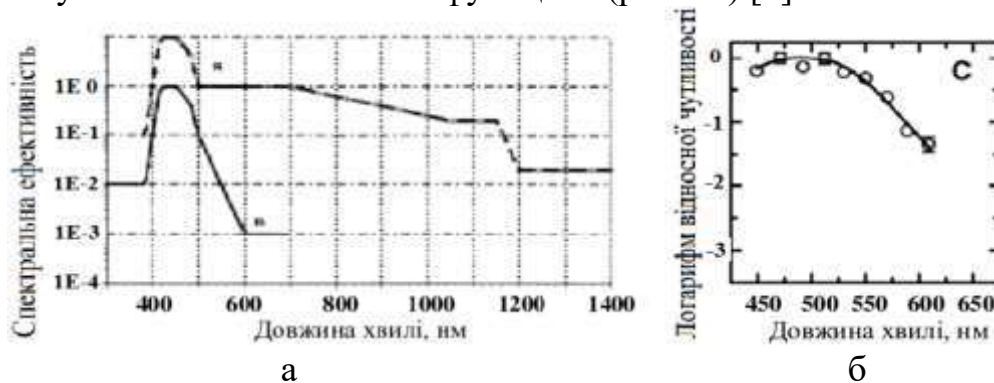


Рисунок 1 – Вагові функції небезпеки для сітківки (B - функція небезпеки синього кольору, R - функція небезпеки опіку) (а) [1]; Спектральна чутливість напівмаксимального звуження зіниці (б) [2]

При тривалому (довше 10 с) випромінюванням синього кольору є велика вірогідність виникнення пошкодження сітківки. Звуження зіниці є природною реакцією ока на збільшення яскравості. Існує залежність звуження зіниці від довжини хвилі випромінювання (рис. 1б), з якої видно, що цей механізм захисту є найбільш чутливим до світла з  $\lambda \approx 480\text{nm}$ , тобто за наявності широкого провалу спектральної характеристики близько цієї довжині хвилі зіниця майже не звужується.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ EN 62471:2017 (EN 62471:2008, IDT; IEC 62471:2006, MOD)
2. D. H. McDougal, P. D. Gamlin. The influence of intrinsically-photosensitive retinal ganglion cells on the spectral sensitivity and response dynamics of the human pupillary light reflex. Vision Research 50 (2010), с. 72 – 87.

# ЕЛЕКТРОДИНАМІКА ПАРЦІАЛЬНИХ МОД ВІДКРИТИХ ОПТИЧНИХ РЕЗОНАТОРІВ З НЕРЕГУЛЯРНИМИ ПО ДОВЖИНІ ПАРАМЕТРАМИ

Білоцерківська А. І.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Грицунов О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. (057) 702-13-62

e-mail: [anzhela.bilotserkivska@nure.ua](mailto:anzhela.bilotserkivska@nure.ua).

Prospective techniques for numerical modeling of nonlinear nonstationary interactions in irregular lengthy electrodynamic systems of the optical range with arbitrary longitudinal dependencies of typical electrodynamic parameters (dispersion characteristics, attenuations etc.) are described. The numerical method is based on the decomposition of the electromagnetic field of the optical resonance line in so-called partial modes. Due to the longitudinal localization of the partial modes, their field structure and electrodynamic parameters depend on the characteristic of a limited longitudinal part of the line. The results may be useful for development and optimization of new optoelectronic devices.

Теорія та техніка оптичних квантових генераторів (ОКГ) у наш час інтенсивно розвиваються у зв'язку як з військовими потребами, так і з загальносуспільними. У доповіді розглянуто методику та попередні результати моделювання електродинамічних процесів у відкритих оптичних резонаторах ОКГ [1] шляхом декомпозиції електромагнітного поля у так звані парціальні моди протяжної електродинамічної системи [2]. Особливістю такої декомпозиції є суттєва поздовжня локалізація базисних функцій, яка дає перевагу незалежності структури їхнього поля та електродинамічних параметрів від властивостей віддалених ділянок резонансної лінії. Це робить її можливою для розрахунку поздовжньо-неоднорідних систем. Для достатньої точності результатів лише обмежене число парціальних мод може бути враховане в рядах декомпозиції.

Відомо, що універсальним методом аналізу електромагнітного поля вимушених коливань з довільним спектром у протяжних нелінійних системах є прямий чисельний метод розв'язання неоднорідних хвильових рівнянь в об'ємі з заданими геометричними та самоузгодженими електрофізичними параметрами. Однак наявність відкритих меж у резонаторах субміліметрового та оптичного діапазонів робить таку методику занадто експансивною щодо обчислювальних ресурсів. Як альтернативу можна використати декомпозицію полів по парціальним функціями такої системи [2]. При належному виборі матриці форми вдається суттєво регуляризувати набір парціальних функцій для будь-якої поздовжньо-неоднорідної електродинамічної системи (порівняйте рис. 1 та рис. 2), що відповідно зменшує витрату вказаних ресурсів.

З'ясовано, що описана методика моделювання електромагнітних полів відкритих оптичних резонаторів шляхом їх декомпозиції у парціальні моди електродинамічної системи є достатньо точною, стійкою і надійною, отже, її можна ефективно використовувати в областях електродинамічних систем з нерегулярними по довжині параметрами. Розроблену методику доцільно застосовувати на практиці як складову частину алгоритмів аналізу та синтезу активних та пасивних приладів сучасної квантової та оптоелектроніки. Подальшим напрямком досліджень може бути декомпозиція полів у двох або трьох вимірах із застосуванням базису парціальних функцій електродинамічної системи [3].

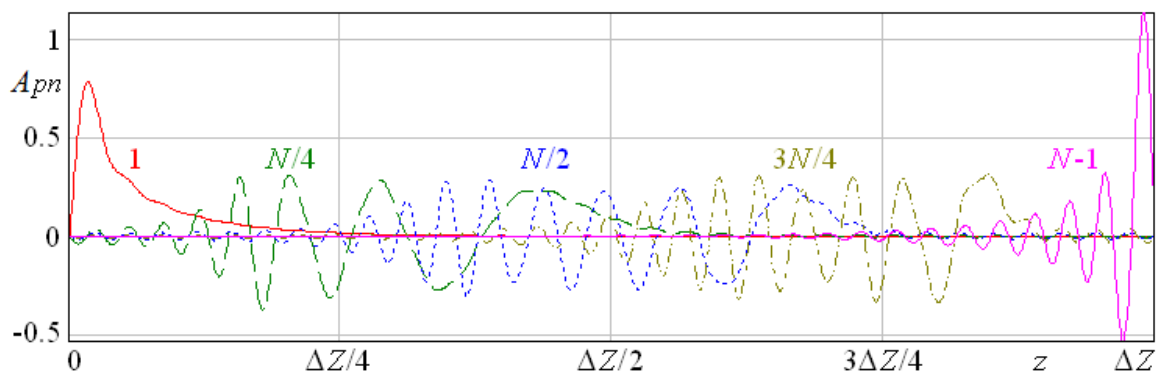


Рис. 1. Нерегуляризовані парціальні моди неоднорідної лінії

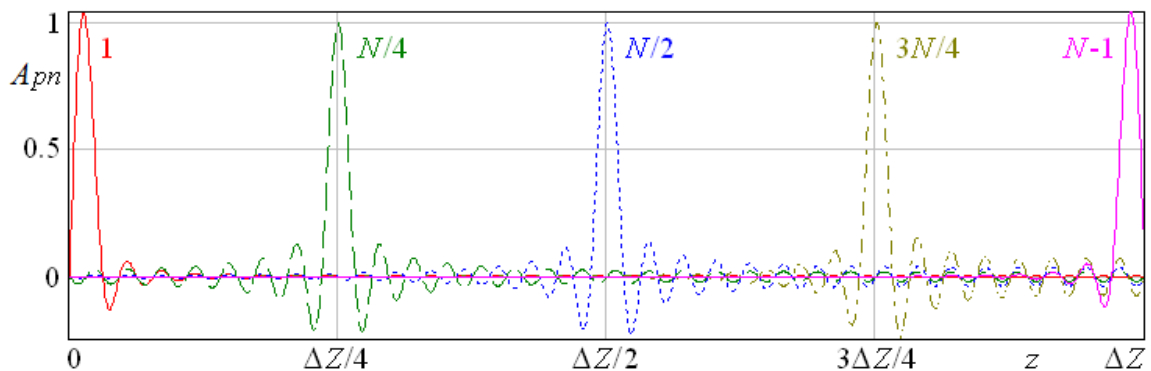


Рис. 2. Парціальні моди неоднорідної лінії після їх регуляризації

#### Література

1. Радина, Т. В., А. Ф. Станкевич. Резонансные и параметрические явления в задачах генерации и распространения лазерного излучения. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2009. – 231 с.
2. Грицунов, А. В. Методы расчета нестационарных негармонических полей в направляющих электродинамических системах // Радиотехника и электроника, 2007, т. 52, № 6. С. 645-661.
3. Грицунов, А. В. Разложение нестационарных электромагнитных потенциалов по парциальным функциям электродинамической системы // Известия ВУЗов. Радиоэлектроника, 2006, т. 49, № 7. С. 10-20.

## ДИФРАКЦІЙНІ ЕЛЕМЕНТИ МІКРОХВИЛЬОВОГО ДІАПАЗОНУ

Близнюк І.Ю.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Бондаренко І.М.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. Мікроелектроніки, електронних  
приладів та пристроїв, тел. (057) 702-13-62)  
e-mail: [inna.bliz@gmail.com](mailto:inna.bliz@gmail.com), тел. +380999451038

The possibilities of creating microwave elements based on the use of the effect of diffraction interaction of electromagnetic radiation with regular structures based on metamaterials are considered. Theoretical numerical modeling and estimation of expected characteristics for a simplified model regular structure are carried out.

У зв'язку з активним просуванням сучасних телекомунікаційних, зв'язкових і різних вимірювальних систем в область міліметрового і субміліметрового діапазонів довжин хвиль виникає проблема створення мініатюрних і мікромініатюрних елементів тракту, які могли б виконувати функції фільтрів, атенюаторів, фазообертачів і т. п. Оскільки розміри таких елементів повинні бути порівняні з робочою довжиною хвилі, то очевидним стає неминучість їх зменшення з укороченням довжини хвилі.

Сучасні технології мікроелектроніки забезпечують формування планарних мікро- і нанорозмірних структур. Однак зменшення геометричних розмірів веде одночасно до зниження величини робочої потужності відповідних пристроїв.

Можливе рішення може бути знайдено шляхом створення необхідних елементів тракту на основі не планарних, а об'ємних структур. Тим більше, що для цього вже є необхідні передумови.

В останні десятиліття активно розвиваються і освоюються технології створення метаматеріалів на основі комбінацій мікро- і нанорозмірних шарів і структур [1]. Отримувані при цьому матеріали можуть володіти самими різними фізичними властивостями і можуть використовуватися для створення НВЧ елементів за допомогою стандартних класичних підходів [2].

Для дослідження характеристик і структури таких матеріалів використовуються дифракційні методи. Оскільки нановключення і періоди структур, що створюються, мають розміри порядку  $10^{-8}$  см, для аналізу використовується рентгенівське або світлове когерентне випромінювання [3]. Аналіз дифракційного відгуку дозволяє судити про параметри досліджуваних матеріалів.

Зі сказаного вище можна зробити висновок про можливість створення елементів мікрохвильового діапазону на основі використання ефекту дифракційної взаємодії електромагнітного випромінювання з регулярними



структурами на основі метаматеріалів з розмірами, характерними для відповідного робочого діапазону частот.

Для цього було проведено теоретичне чисельне моделювання та оцінка очікуваних характеристик для спрощеної макетної регулярної структури. Вид макетної структури наведено на рис. 1, а характеристики сигналів на прохід і відбиття - на рис. 2, 3 і 4.

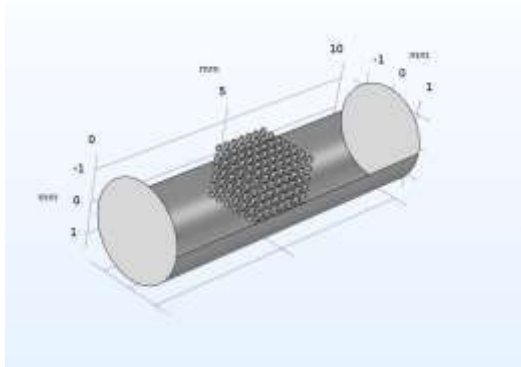


Рис.1 Вид макетної структури

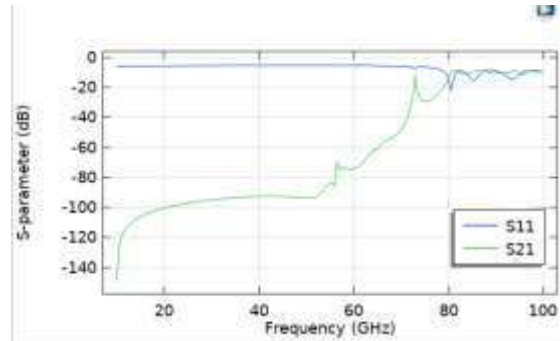


Рис. 2 Відстань між шариками 0,3 мм

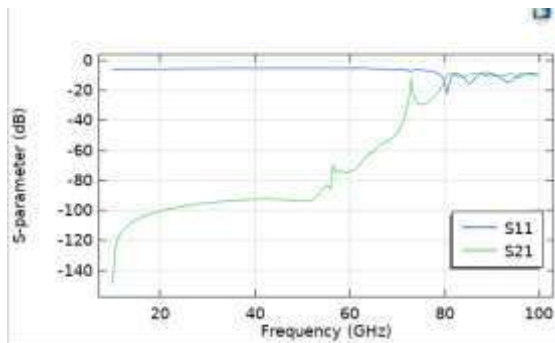


Рис.3 Відстань між шариками 0,5 мм

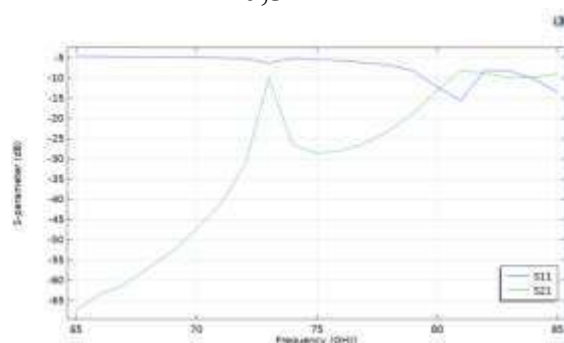


Рис. 4 Виділений участок рис. 2

З наведених рисунків видно, що навіть для спрощеної макетної структури спостерігаються характерні частотні варіації.

Список використаної літератури:

1. Наноматеріали і нанотехнології: навчальний посібник / Азаренков М. О., Неклюдов І. М., Береснєв В. М. та інші. – Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2014. – 316 с.

2. Вендик И.Б., Вендик О.Г. Метаматериалы и их применение в технике сверхвысоких частот (Обзор) // Журнал технической физики, 2013, том 83, вып. 1, с. 4-28.

3. Ушанов В.И., Чалдышев В.В., Преображенский В.В., Путьто М.А, Семягин Б.Р. Отражение света от брэгговской решетки металлических нановключений AsSb в матрице AlGaAs // Физика и техника полупроводников, 2013, том 47, вып. 8, с. 1043-1047.

# КОНТРОЛЬ СКЛАДУ ПЛАЗМИ МАГНЕТРОНОГО РАЗРЯДУ МЕТОДОМ АТОМНО-ЕМІСІЙНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ

Маковська О.Г.

Науковий керівник - д.ф.-м.н., проф. Бондаренко І.М.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166 Харків, пр. Науки, 14, каф. МЕРП, тел. : (057) 702-13-62  
e-mail: [d\\_meda@nure.ua](mailto:d_meda@nure.ua)

The schemes for measuring the relative emission spectra of the magnetron discharge plasma and the design of the adapter for inputting the optical signal into the measuring circuit to control the sputtering process have been developed. The design takes into account the high sensitivity of the spectrophotometer and protects the entrance window from contamination by sprayed material.

Метою роботи є розробка схеми вимірювання спектрів випромінювання плазми магнетронного розряду (МР) і конструкції адаптера для введення оптичного сигналу випромінювання плазми в вимірювальну схему.

В МР стан плазми, її елементний склад, що відображає її спектр випромінювання, залежать від величини і просторового розподілу магнітного поля, потужності і сили струму розряду, складу і тиску робочої суміші. Іонний склад плазми МР металів, що розпилюється, залежить від струму розряду. Зміна кількості іонів матеріалу в розрядному проміжку дозволяє гнучко регулювати властивості одержуваних плівок. Можливість контролювати спектр випромінювання плазми розряду *in situ* дозволяє оперативно керувати процесом нанесення плівок і аналізувати отримані результати, пов'язуючи їх з параметрами технологічного процесу. Емісійна спектроскопія розрядної плазми на початковому етапі розпилення дозволяє виявити наявність в ній десорбованих з поверхні мішені і оточуючого розряд оснащення реакційних по відношенню до матеріалу плівки газів і парів при контролі процесу попереднього очищення мішені. За отриманими з вимірювань даними можна розрахувати відносну концентрацію іонів елементів в плазмі, що важливо для управління електрофізичними або оптичними властивостями плівок.

Вихідні дані на розробку: спектральний діапазон вимірювань (від 300 до 1000 нм); компактність оптичної системи і її адаптація до розрядної камері; оперативність вимірів; можливість запам'ятовувати і обробляти спектри. В якості основи вимірювальної схеми використаний оптоволоконний USB спектрофотометр LR-1. Датчиком сигналу є фоточутлива ПЗС лінійка, спектральний діапазон його вимірів становить 300 ... 1100 Нм, розподільча здатність <math><3\text{ нм}</math>.

Структурна схема вимірювань наведена на рис.1а. Вона містить джерело живлення 8 і прилади контролю напруги 7 і струму 6 магнетрона 5, розміщеного у вакуумній камері 1; вакуумнощільний коліматор 9 для

введення потоку випромінювання плазми в оптоволокно 10, що приєднаний до вхідного вікна спектрофотометра 11, сигнал з якого обробляється комп'ютером 12.

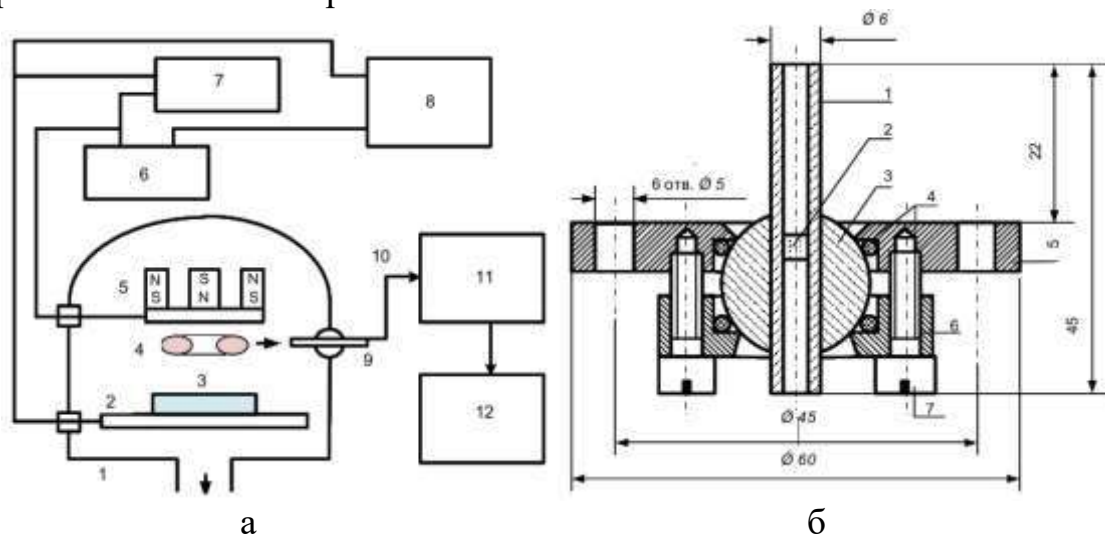


Рисунок 1 – Структурна схема вимірювань (а) і ескіз адаптера оптоволоконна (б)

Для виведення випромінювання з вакуумної камери розроблена конструкція вакуумнощільного адаптера (рис.1б), що дозволяє: герметично розділити вакуумну камеру і зовнішнє середовище з вимірювальної схемою; усунути забруднення матеріалом, що розпилюється, оптичних елементів схеми; контролювати випромінювання локальних ділянок розрядного проміжку, обмежуючи кут поля зору оптичного тракту (рис. 1б), коллиматором. В якості коллиматора використана трубка з нержавіючої сталі з внутрішнім діаметром 3 мм і довжиною внутрішньої ділянки 20 мм. Розрахункова величина тілесного кута поля зору вхідного вікна оптичної системи склала 0.07 стеррад. Елементом, що розділяє вакуум і атмосферу є скляне вікно 2, герметично вклеєні в трубку коллиматора 1. З зовнішнього боку в трубці фіксується оптоволокно. Таке рішення обумовлене високою чутливістю спектрофотометра і необхідністю захисту вхідного вікна від забруднення потоком розпорошеного матеріалу. Для дослідження різних ділянок розряду просторову орієнтацію коллиматора забезпечує сферичний шарнір 3 адаптера, який через кільцеві вакуумні ущільнення 4 за допомогою гвинтів 7 затискається між фланцями 5 і 6. Фланець 5 герметично кріпиться на фланці ілюмінатора вакуумної камери напилітельной установки ВУП-5М.

### Список літератури:

1. Очкин В. Н. «Спектроскопия низкотемпературной плазмы» М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 472 с. - ISBN 5-9221-0701-1.
2. Л.А. Луизова; «Оптические методы диагностики плазмы» Учеб.пособие ПетрГУ, - Петрозаводск, 2003 - 148

# **ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ШВИДКІСТЬ РОЗРЯДУ ЛІТІЙ-ПОЛІМЕРНОГО АКУМУЛЯТОРА**

Сухарєв Р. М.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Стрїлкова Т. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Мікроелектроніки, електронних  
приладів та пристроїв, тел. +380997670218,  
e-mail: [roman.sukhariev@nure.ua](mailto:roman.sukhariev@nure.ua)

N-rotor drones are being actively developed and implemented in various spheres of human activity. Their wide application is due to their speed, ease of deployment, the ability to hang, take off and land vertically, the ability to get into hard to reach places.

Актуальність теми. За останні декілька років з'явилося багато дронів й однією з проблем цих апаратів являється безпека польоту, що зокрема пов'язано з акумуляторами [1]. Неможливість людини точно визначити час ймовірного перебування дрона у повітрі несе загрозу завчасного падіння, що може завдати шкоди людині або дрону. Результати виконаної роботи та результати попередніх досліджень інших акумуляторів допоможуть зменшити ймовірність завчасного падіння, тому вибрана тема є досить актуальною.

Мета дослідження. Дослідити залежність швидкості розряду літій-полімерного акумулятора від температури навколишнього середовища.

Об'єкт дослідження. Процес розряду літій-полімерного акумулятору.

Предмет дослідження. Залежність швидкості розряду літій-полімерного акумулятора від температури навколишнього середовища.

Методи дослідження. У якості теоретичних методів дослідження обрані методи: індукції та дедукції, аналізу та синтезу. Використовуючи метод індукції та дедукції досліджені аналоги пристроїв, які використовують подібні методи. За допомогою аналізу та синтезу досліджені методи збільшення ємності акумулятору [2], [3]. У якості експериментального методу дослідження обраний штучний експеримент – лабораторні дослідження. За допомогою цього методу досліджені характеристики літій-полімерного акумулятору.

Основна частина. Оглядаючись на патент Анбукі [4], як на основний аналог, зроблено висновок, що при розрахунку поточного рівня заряду (або залишкового часу роботи) акумулятора не враховується зміна температури навколишнього середовища. Саме неточність визначення залишкового часу може призвести до влучання дрона у людину або його пошкодження у результаті падіння. Для поліпшення точності визначення залишкового часу розряду був створений метод, який враховує температуру. Для цього були проведені теоретичні й лабораторні дослідження.

У результаті проведення лабораторних досліджень, побудований

графік залежності швидкості розряду від температури навколишнього середовища (рис. 1).

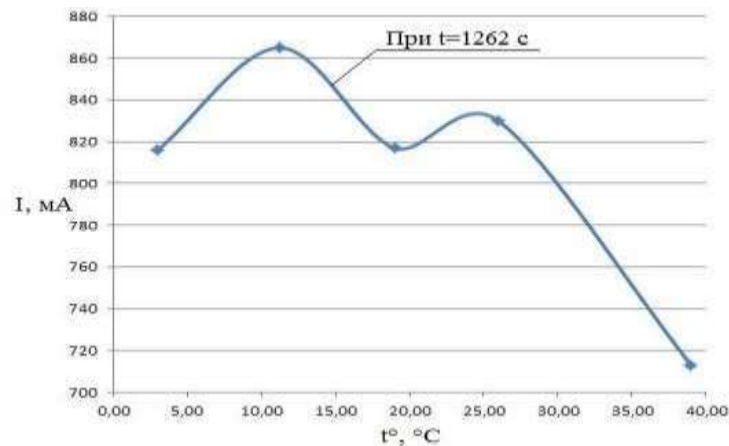


Рис. 1 – Графік залежності швидкості розряду акумулятора від температури

Ґрунтуючись на отриманому графіку залежності виведена формула розрахунку залишкового часу розряду акумулятора. Для реалізації методу розроблена система, яка представлена у вигляді функціональної схеми.

Висновки. Результати проведених досліджень містять: графіки залежності швидкості розряду від температури, метод зменшення похибки залишкового часу перебування дрона у повітрі (залишкового часу роботи акумулятора), методи збільшення ємності акумулятору та систему для зменшення похибки залишкового часу перебування дрона у повітрі.

Результати даної роботи допоможуть: зменшити ймовірність падіння дрону, а тобто, запобігти uszkodження дрона або влучання його у людину; збільшити функціональні можливості дрону; зменшити ймовірність погіршення характеристик акумулятора, внаслідок сильного розряду.

Серед можливих напрямів продовження досліджень можна виділити дослідження швидкості розряду в області від’ємних значень температури.

#### Список посилань.

1. А. П. Адамов, А. А. Адамова, Н. В. Герасимов, «Анализ эксплуатации мультикоптеров с позиции надежности и безопасности», НиКСС, №3 (19), с. 86-93, Бер. 2017.

2. D. V. Escolano, “Thermal analysis of a LiFePo<sub>4</sub> Battery”, Escola Tècnica Superior d’Enginyeria Industrial, Barcelona, 2015.

3. J. Lo, Effect of Temperature on Lithium-Iron Phosphate Battery Performance and Plug-in Hybrid Electric Vehicle Range, thesis, Univ. of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, 2013.

4. A. H. Anbuky, P. E. Pascoe, “Battery charge measurement and discharge reserve time prediction technique and apparatus”, US6469471B1, Oct. 22, 2002.

## МОДЕЛЮВАННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ МРС ВАКУУМНОЇ УСТАНОВКИ ВУП-5М

Падалко Є.О.

Науковий керівник – старший викл. Бендеберя Г.Н.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166 Харків, пр. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел.:(057) 702-13-62  
e-mail: yevheniia.padalko@nure.ua

The main objective of the article is modification of the laboratory vacuum plant in order to secure the stable work regime in high vacuum conditions. The article offers the analysis of various configurations of the magnetron sputtering systems executed by modeling the magnetic field distribution for each configuration using "ELCUT" and constructing graphs based on the obtained data. Obtained relationships between magnetic induction and the distance to the face of the magnet show the advantage of the modified device in aforementioned working conditions.

Технологія нанесення тонких плівок і покриттів широко застосовується у електроніці, оптиці, машинобудуванні. Однією з перспективних областей використання МРС (магнетронних розпилювальних систем) є створення об'ємних і тонкопліткових нанокмпозитних і наноструктурованих матеріалів. Перевагою магнетронних методів є їх керованість і висока відтворюваність результатів, низький рівень забруднень, що привносяться у плівку, та можливістю нанесення складних матеріалів заданої структури на будь-які підкладки [1].

Метою даної роботи є моделювання магнітного поля базової МРС лабораторної вакуумної установки ВУП-5М, яка призначена для осадження тонких плівок методом магнетронного розпилювання. Установка укомплектована трьома МРС [2].

Досвід експлуатації установки виявив недоліки у роботі установки, такі як підтримання стабільного режиму роботи лише за наявності тиску у камері більш ніж 2.5 Па (надто високий тиск), неконтрольований нагрів підкладки (що призводить до неоднорідної структури плівки на підкладці) через використаний в установці спрощений варіант магнітної системи (МС) магнетронів у вигляді самарій-кобальтового магніту, який створює значний потік вторинних електронів до підкладки. Такими недоліками можна знехтувати при нанесенні зразків, які не потребують високої точності нанесення, але використання установки для нанесення більш сучасних матеріалів потребує кращих показників, відповідно базова МС установки потребує модернізації.

Для моделювання магнітного поля було обрано декілька конфігурацій МС, одна з яких є базовою для МРС ВУП-5М (В1 на рис.1), а інші містять додаткові магнітні елементи. Для збалансованості МС площу торця зовнішнього кільцевого магніту прийнято у 2.13 разів більше за площу

перерізу центрального циліндричного магніту [1]. У якості матеріалу для постійних магнітів вибрано NdFeB, а для матеріалу магнітопроводу – сталь. Моделювання проведено за допомогою програми «ELCUT». Отримані розрахункові залежності магнітної індукції для чотирьох варіантів показані на рис. 1.

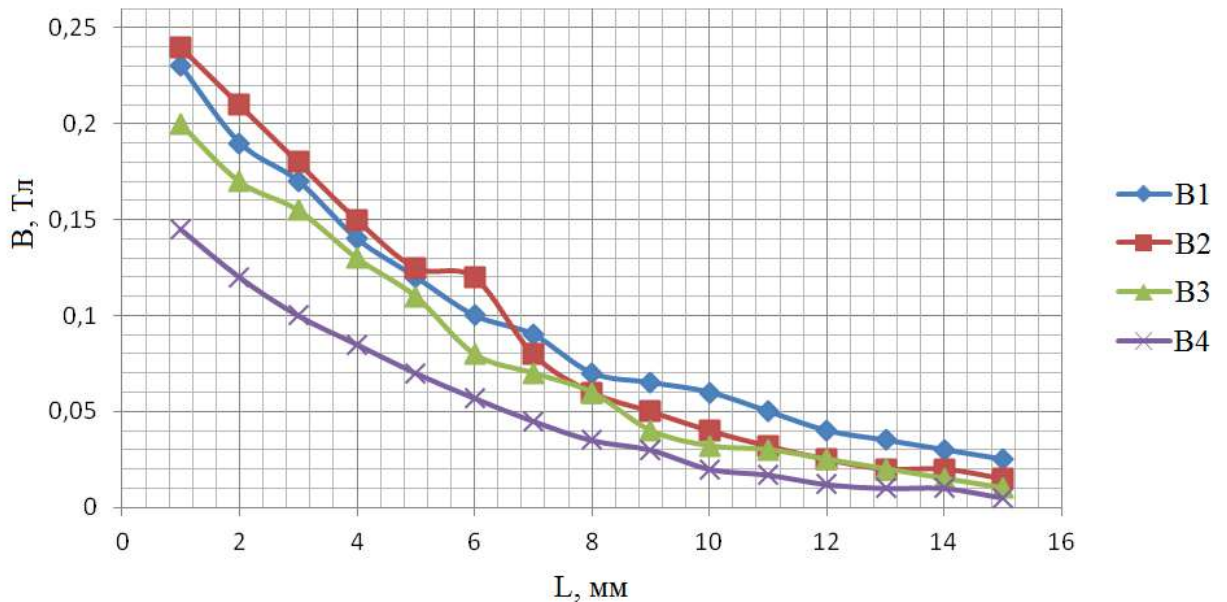


Рисунок 1 – Залежність магнітної індукції від відстані до торця магнітів для досліджених конфігурацій МС

Аналіз результатів моделювання доводить, що базова магнітна система є незбалансованою системою 2-го типу, чим пояснюється стабільне розпилення мішені тільки при достатньо високому робочому тиску.

З усіх варіантів досліджених конфігурацій магнітних систем максимальну крутизну спаду характеристики і величину магнітної індукції на поверхні мішені з заданою товщиною 2 мм, і, відповідно, найбільшу збалансованість має варіант В2. Передбачається, що магнетрон з такою магнітною системою здатен стабільно працювати при нижчому тиску робочого газу, ніж магнетрон із базовою конфігурацією МС.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кузьмичёв, А. И. Магнетронные распылительные системы [Текст] / К. Аверс, 2008 – 246с.
2. "SELMI". Пост вакуумный универсальный ВУП - 5М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 2.950.161 ТО1. 1996г. – 33с.

## ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ НАДПРОВІДНОСТІ

Григор'єв А.О.

Науковий керівник – учитель фізики Мезінова В.В.

Харківська загальноосвітня школа I-III ступенів № 167

61000, Харків, вулиця Гарібальді, 9, тел. (057) 266-20-73

e-mail: raketomodelist@gmail.com

It took more than a of half a century before the phenomenon for superconductivity began to emerge from the walls of laboratories on the way for practical application. This was due to several circumstances. The development for cryogenic technology, discovery of new quantum effects, as well as creation for superconducting materials with high critical parameters.

First of all, the phenomenon of superconductivity is used for obtaining strong magnetic fields, because when the strong jets, which create strong magnetic fields pass through the superconductor, thermal losses are absent, so this topic is quite urgent in our time. However, due to the fact that the magnetic field ruins the state of superconductivity, only other type of superconductors is used for obtaining strong magnetic fields. These are certain alloys, thin over-wire films. In such superconductors the magnetic fields, that exceeds the critical ones, penetrate into the substance in the form of threads, which penetrate through the sample. The fluid between the threads appears to be above the wire, and strong jets can lead to creation of overpowering magnetic fields.

Минуло майже півстоліття, перш ніж явище надпровідність почало виходити зі стін лабораторій на шлях практичного застосування. Цьому сприяли кілька обставин. Розвиток криогенної техніки, відкриття нових квантових ефектів, а також створення надпровідних матеріалів з високими критичними параметрами.

Перш за все явище надпровідності використовується для отримання сильних магнітних полів, оскільки при проходженні по надпровіднику сильних струмів, що створюють сильні магнітні поля, відсутні теплові втрати, тому ця тема доволі актуальна в наш час. Однак у зв'язку з тим, що магнітне поле руйнує стан надпровідності, для отримання сильних магнітних полів застосовуються тільки надпровідники другого роду. Це деякі сплави, тонкі надпровідні плівки. У такі надпровідники магнітні поля, що перевищують критичні, проникають в речовину у вигляді ниток, які пронизують зразок. Речовина між нитками виявляється надпровідною, і сильні струми можуть привести до створення надсильних магнітних полів.

Виявилось, що значення критичних струмів, отриманих на коротких зразках, не магнітних полів, є однією з серйозних проблем деградації дроту в соленоїдах та відтворюється на довгих відрізках і соленоїди дають інше, більш слабе поле.



Комерційного успіху досягли три типи надпровідникових пристроїв гелієвого рівня температур (НТНП): магніторезонансні томографи з надпровідними магнітами, надпровідникові сепаратори і малі індуктивні накопичувачі енергії. Завдяки хорошій якості діагностичної інформації, пов'язаній з високою індукцією магнітного поля, стабільністю в часі і просторовою однорідністю замороженого магнітного потоку надпровідного соленоїда.

Пізніше були відкриті високотемпературні надпровідники (ВТНП) з критичними температурами переходу в надпровідний стан що помітно перевищують 77.3 К, тобто температуру кипіння рідкого азоту, з'явилася можливість замість дорогого холодоагенту - рідкого гелію - використовувати рідкий азот. Створення технології струмонесучих елементів з ВТНП-матеріалів виявилось більш складним завданням, ніж технології надпровідних обмотувальних матеріалів гелієвого рівня температур. Технологія керамічних надпровідників все ще перебуває в стадії становлення через часткову нестабільності оксидних ВТНП-матеріалів, їх високою крихкості і анізотропії.

Використання високотемпературної надпровідності полегшить наше життя та збереже ресурсні властивості планети. Встановлення надпровідних кабелів в електричних мережах передачі, які потім можуть нести однакову кількість енергії з меншими енергетичними витратами. Це приносить користь навколишньому середовищу.

Проектування значно менших та легших двигунів, генераторів та трансформаторів, наприклад надпровідних двигунів для кораблів та турбін. Удосконалення обладнання для магнітно-резонансної томографії (МРТ) у лікарнях. Ці високопродуктивні електронні пристрої дозволяють виявляти дуже малі магнітні поля і використовувати в надзвичайно точних наукових приладах.

#### Література:

1. A. P. Drozdov, M. I. Erements, I. A. Troyan, V. Ksenofontov, S. I. Shylin. Conventional superconductivity at 203 kelvin at high pressures in the sulfur hydride system // Nature. – 2015. –V. 525, № 7567. – P. 3–6.
2. Edwin Cartlidge. Superconductivity record sparks wave of follow-up physics // Nature News. - Archived from the original on 18 August 2015.
3. Christoph Heil, Lilia Boeri. Influence of bonding on superconductivity in high-pressure hydrides // Phys Rev B. – 2015. –V. 92, № 6.
4. Wells, Frederick S.; Pan, Alexey V.; Wang, X. Renshaw; Fedoseev, Sergey A.; Hilgenkamp, Hans. Analysis of low-field isotropic vortex glass containing vortex groups in  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  thin films visualized by scanning SQUID microscopy // Scientific Reports. – 2015. – V.5.

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ  
ТЕРАГЕРЦЕВОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ МЕТОДОМ  
«НАКАЧУВАННЯ-ЗОНД»**

Вакула М. Б.

Науковий керівник – к.ф.-м.н., доцент каф. МЕЕПП Глухов О. В.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Мікроелектроніки, електронних  
приладів та пристроїв, тел. (057)702-14-84  
e-mail: mykhailo.vakula@nure.ua.

The principle of operation of terahertz spectroscopy for monitoring the properties of chromium-alloyed gallium arsenide (GaAs: Cr) was considered in this work. The diagram of the terahertz spectroscopy apparatus is presented and described. The scientific novelty of the work lies in the use of a new method for studying the relaxation mechanisms of charge carriers, including the determination of the parameters of defects (traps), such as the capture cross sections, concentration, and energy positions in semiconductors with different structures.

Сьогодні терагерцеві (ТГц) джерела є невід'ємною складовою людського життя: вони використовуються у медицині для виявлення пухлин у людському тілі, для ідентифікації біологічних і хімічних компонентів, у системах безпеки тощо. В електроніці також займають провідне місце – наприклад, для контролю властивостей напівпровідникових матеріалів. Проте створення ТГц джерел складне, що пов'язано з особливостями застосування методів генерації випромінювання на таких частотах. Оптичні генератори когерентного випромінювання (лазери) засновані на вимушених переходах електронів між рівнями. Через те, що еквівалентна температура кванту терагерцевого випромінювання частотою 1 ТГц становить всього 47,6 К, теплова релаксація лазерних рівнів при кімнатній температурі призводить до вирівнювання заселеності та швидкого знищення інверсії.

У даній роботі розглянуто метод терагерцевої pump-probe («накачування-зонд») спектроскопії як точний, що дає можливість визначити час життя нерівноважних носіїв заряду GaAs:Cr (який є основною у створенні детекторів рентгенівського випромінювання). Область частот від сотень гігагерц до декількох терагерц стала доступною для дослідження саме завдяки створенню терагерцевих джерел на основі впливу лазерним випромінюванням на речовину.

Принцип роботи методу полягає в наступному. Імпульс фемтосекундного лазера, проходячи через пластину, ділиться на два у відношенні приблизно 1:1 (рис. 1). Один з імпульсів ділиться ще однією світлоділильною пластиною на імпульс накачування (97% потужності), який використовується для генерації терагерцевого імпульсу оптичного

випрямлення в кристалі GaAs:Cr, і зондуєчий імпульс (3% потужності), необхідний для збудження у досліджуваному зразку нерівноважних носіїв заряду.

Таким чином, оптичний імпульс, що випускається фемтосекундним лазером, створює в досліджуваному зразку нерівноважний стан. Потім за допомогою лінії затримки з комп'ютерним управлінням в різні моменти часу здійснюється зміна часу між приходом на досліджуваний зразок збуджуючого оптичного імпульсу і проходженням через нього терагерцевого імпульсу, і таким чином вимірюють спектральні характеристики, що несуть інформацію про фото перетворення у зразку. Якщо цей час малий, то в зразку на момент проходження через нього терагерцевого імпульсу є велика концентрація нерівноважних носіїв заряду, і терагерцевий імпульс сильно послаблюється.

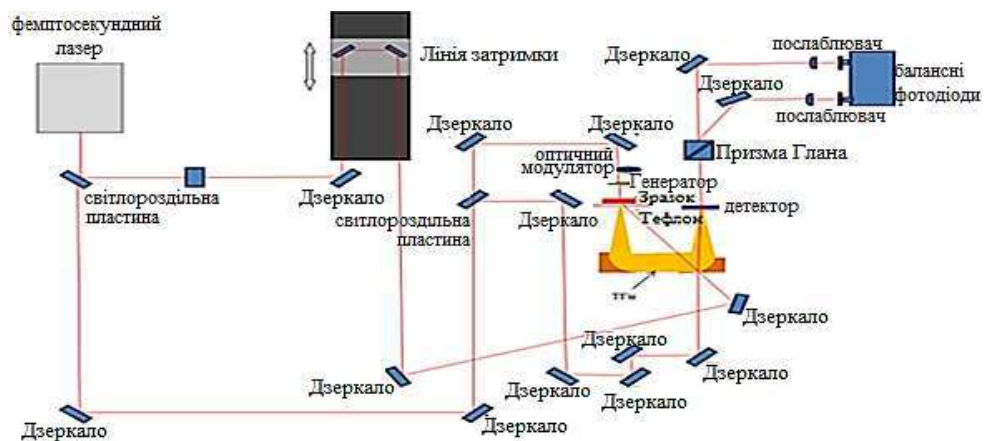


Рисунок 1 – Схема установки терагерцевої pump-probe спектроскопії [1]

Отже, було проаналізовано принцип роботи методу терагерцевої pump-probe спектроскопії, розглянуто метод опромінення напівпровідників за допомогою фемтосекундного лазера. Використаний метод є перспективним у дослідженні характеристик матеріалів, так як терагерцеве випромінювання має менше релєївське розсіювання, ніж випромінювання інфрачервоного та видимого діапазонів. У той же час, велика кількість середовищ володіє значно меншими коефіцієнтами поглинання в терагерцевому діапазоні в порівнянні з характеристиками ближнього інфрачервоного і видимого випромінювання, що і робить цей метод універсальним в дослідженні напівпровідників.

### Література:

1. Norikazu Fuse, Tsuguhiko Takahashi, Yoshimichi Ohki, Ryo Sato, Maya Mizuno, Kaori Fukumada // Terahertz spectroscopy as a new tool for insulating material analysis and condition monitoring // Insul. Mag v.27, p. 26-35, 2015.
2. Lei Liu, Arindam Das, // Terahertz shielding of carbon nanomaterials and their composites – A review and applications // Carbon v. 69, p. 1-16, 2014.

## ЛІХЕНОІНДИКАЦІЯ ЯК МЕТОД БІОІНДИКАЦІЇ СТАНУ АТМОСФЕРИ

Шалдишов Д.О.,

Сорочинський М.В., учитель - методист,

Гаєвська Л.О., учитель - методист,

Харківська загальноосвітня школа I-III ступенів № 167  
61000, Харків, вулиця Гарібальді, 9, тел. (057) 266-20-73  
e-mail:vlad.daniluk26@gmail.com

The atmosphere is the gas shell of our planet. Knowing its condition is very important. Lichen indication method is a modern bioindication method for determining the state of the atmosphere with the help of lichens. The technique allows to determine the degree of air pollution and its suitability for human life quite accurately. Conducted research confirms the assumption of a relationship between air quality and the number of greenery in the city.

Атмосфера – це легка газова оболонка, що оточує Землю. Атмосферне повітря - це джерело дихання людини, тварин і рослинності, сировина для процесів горіння та синтезу хімічних речовин; воно є матеріалом, застосовуваним для охолодження різних промислових і транспортних установок, а також середовищем, в яке викидаються відходи життєдіяльності людини, вищих і нижчих тварин і рослин. Атмосфера служить надійним захистом від шкідливих космічних випромінювань, визначає клімат місцевості і планети в цілому. Повітря атмосфери є одним з основних життєво важливих елементів навколишнього середовища, її життєдайним джерелом. Берегти його, зберігати в чистоті - значить зберігати життя на Землі. Усе життя на планеті залежить від стану повітря, яким ми дихаємо кожного дня. Саме тому однією з найбільш важливих екологічних проблем України і всього світу є забруднення атмосферного повітря. Щоб запобігти подальшому розвитку негативних процесів середовища, поліпшити екологічну ситуацію, необхідно мати достовірні дані про стан природних систем та їх антропогенні зміни. Сучасні технічні засоби контролю стану навколишнього середовища є трудомісткими та дорого вартісними. Альтернативою таким методам є біоіндикація – оцінка стану навколишнього середовища за станом біоти в природних умовах. Саме тому оцінка методом біоіндикації сучасного рівня забруднення атмосферного повітря населених пунктів є актуально [3].

Для аналізу стану атмосферного повітря було обрано дві ділянки, розташовані в межах міста Харкова. Особливістю цих ділянок є їх відносна близькість до кільцевої автомагістралі. Саме вона є джерелом забруднення, і тому робочою гіпотезою стало припущення, що повітря в районі кільцевої дороги та залізниці сильніше забруднене порівняно з ділянкою, яка віддалена від магістралі на 500 метрів та відділена від неї зеленими насадженнями.

В якості біоіндикаторів було взято епіфітні лишайники, що ростуть на корі дерев. Це *Physciaadscendens* – фісція висхідна. Та *Xanthoriaparietina* – ксанторія настінна. Мінеральні речовини у вигляді водних розчинів надходять у слань епіфітних лишайників з кори дерев. Однак набагато більшу кількість хімічних елементів лишайники отримують з атмосфери з опадами і пилом. Чим більше забруднюючих речовин у повітрі, тим слані лишайників стають товстими, компактними і майже зовсім втрачають плодові тіла. Подальше забруднення атмосфери призводить до того, що лопаті лишайників забарвлюються в білуватий, коричневий або фіолетовий колір, їх талломи зморщуються і рослини гинуть [1].

Важливий і той факт, що лишайники, на відміну від вищих рослин, мають здатність рости не тільки влітку, але і в інші періоди при негативних температурах повітря. Тому лишайники реагують на забруднення атмосфери раніше і сильніше, ніж вищі рослини, і за їх видовим складом і та станом можна судити про ступінь забрудненості повітря [2].

Після візуального аналізу стало зрозуміло, що ділянки відносяться до «зони пригнічення», із середнім показником забруднення повітря, але досить сильно відрізняються одна від одної в межах цієї зони [4].

Методом сіток-квадратів було визначено загальне покриття дерев лишайниками. Після чого було побудовано графіки та проведено аналіз стану забруднення обраних ділянок.

Проведене дослідження дозволяє зробити висновки про те, що в місті Харків є певні проблеми з якістю повітря, особливо в місцях проходження автомагістралей з інтенсивним рухом. Проте, наявність зелених насаджень впливає на якість повітря і допомагає знешкодити велику кількість шкідливих речовин, про що свідчать результати дослідження лишайників. Результати дозволяють зробити висновок про якість повітря, а також про його безпечність для людей у міських житлових масивах.

#### Література:

1. Алексєєва Т. М. Дослідження техногенного впливу на рослинний покрив міста Кременчука / Т. М. Алексєєва. // Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна. – 2013. – №1-2. – С. 127–134.

2. Боголюбов А. С. Оценка загрязнения воздуха методом лишеноиндикации. Методическое пособие / А. С. Боголюбов, М. В. Кравченко. – М.: Экосистема», 2001. – 15 с.

3. Клименко В. Г. Забруднення атмосферного повітря: Методична розробка для студентів-географів / В. Г. Клименко, О. Ю. Цигічко. – Харків: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2010. – 26 с.

4. Шульц Х. И. Биоиндикация и биомониторинг / Х. И. Шульц. – М.: Наука, 1991. – 70 с.

## СТРОБОСКОПІЧНИЙ ЕФЕКТ У ГОЛОГРАФІЧНИХ ДИСПЛЕЯХ

Колисниченко М.С.

Науковий керівник – доцент кафедри МЕЕПП Глухов О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. 057-702-13-62)

e-mail: [mykyta.kolysnychenko@nure.ua](mailto:mykyta.kolysnychenko@nure.ua)

Displays play an important role in the life of a modern human as a way of displaying information. The ubiquity of displays is due to their use as televisions, displays display information on a computer and laptop. Displays are used in outdoor advertising and signboards of various enterprises, as well as for monitoring the technical process in many enterprises. The display methods depend on the type of display used and there are many types. So as the display is very relevant and important, it may be straightforward to minimize vitrates when the display is ready and versatile.

Звичні тонкоплівкові дисплеї застосовуються всюди, де є необхідність відобразити інформацію: у якості проєкторів для зображення рекламних оголошень та вивісок у магазинах, аеропортах, торгових центрах, метро та кінотеатрах. Їх популярність обумовлена рядом переваг, таких як низька вартість виробництва, висока частота оновлення зображення та тривалий час роботи приладу. Проте існує ряд недоліків, а саме низький кут огляду, а також векторність зображення, що обумовлює необхідність вдосконалення голографічних дисплеїв.

У даній роботі реалізовано голографічний дисплей на базі стробоскопічного ефекту на Arduino Nano, який вирішує проблему невеликого куту огляду, властивого класичним дисплеям. Окрім цього перевагою такого пристрою є максимальне спрощення та здешевлення його конструкції, що також покращує відмовостійкість і розширює діапазон його застосування. Такий дисплей має наступні технічні переваги: великий термін служби світлодіодів, велику економію споживаної електроенергії, екологічну безпеку, не вимагає обслуговування протягом терміну служби [1]. Завдяки простоті виконання і відсутності елементів, що виходять з ладу, він має гарну вібростійкість та стійкість до механічних впливів. Це дозволяє використовувати його в місцях, де є вібрації і тряска, на рухомих об'єктах або на транспорті.

Робота такого голографічного дисплею (рис. 1) ґрунтується на наступному принципі. RGB світлодіодна стрічка робить оберт навколо своєї осі з частотою, достатньою для виникнення стробоскопічного ефекту [2]. Світлодіоди на RGB стрічці вмикаються і вимикаються згідно із програмою керованої Arduino модулем, і таким чином створюється бачення об'ємного зображення, що рухається. Таким чином можна проєціювати як статичні зображення, так і динамічні анімаційні.

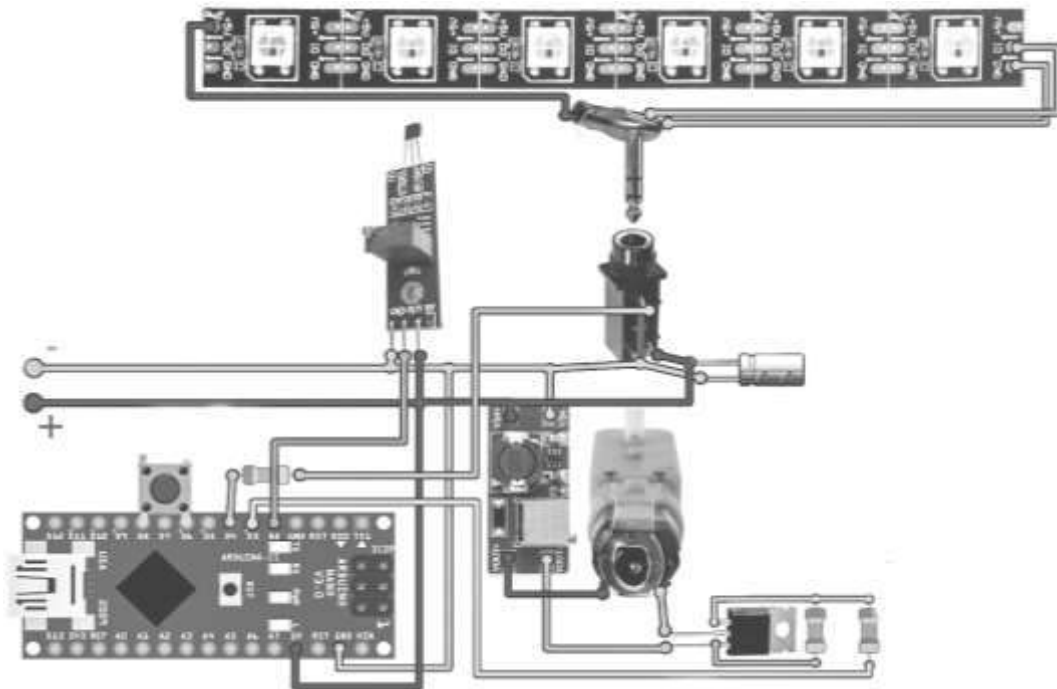


Рисунок 1 – Схема пристрою голографічного дисплею

Таким чином, в ході роботи був сконструйований макет компактного пристрою, який завдяки простоті схеми забезпечує підвищену надійність і не потребує специфічної технології виробництва. Також схема має мінімальні вимоги до мікроконтролера, що при конструюванні готового пристрою дозволить використовувати іншу мікросхему, що може ще більше зменшити його вартість і габарити.

#### **Література:**

1. Khan T.Q. LED Lighting: Technology and Perception / T.Q. Khan, P. Bodrogi, Q.T. Vinh, H. Winkler. – Wiley-VCH, 2015. – 520 p.
2. Perz M. Modeling the Visibility of the Stroboscopic Effect Occurring in Temporally Modulated Light Systems. Lighting Research and Technology / M. Perz and other. – Sage, 2015. – p. 281-300.

## СУЧАСНИЙ СТАН СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАФІОЛЕТОВИХ СВІТЛОДІОДІВ

Вишлавін І. Л.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Грицунов О. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. (057) 702-13-62  
e-mail: [illia.vyplavin@nure.ua](mailto:illia.vyplavin@nure.ua).

Ultraviolet irradiation is one of the most promising branches of science and technology in an effort of disinfection of living quarters and storage facilities. The use of ultraviolet energy is becoming increasingly important because it is one of the main methods of inactivation of viruses, bacteria and fungi. A promising area of this technology is the use of radiation with a wavelength of 200-220 nm (far-UVC), which is less dangerous for the human body while retaining disinfectant properties. Far-UVC sources are, commonly, KrCl excimer lamps, but modern far-UVC LEDs with aluminum nitride (AlN) may be the best solution in the long-range outlook.

Дезінфекція за допомогою ультрафіолетового (УФ) опромінення є однією з перспективних наукоємних технологій у галузі боротьби із зараженням приміщень вірусами і бактеріями [1]. Застосування ультрафіолетової енергії стає все більш актуальним, оскільки може бути одним з головних методів інактивації вірусів, бактерій і грибків. Перспективним напрямком розвитку цієї технології є використання випромінювання з довжиною хвилі 200-220 нм (far-UVC, за міжнародною класифікацією), яке, зберігаючи дезінфікуючі властивості, є менш небезпечним для організму людини. Джерелами far-UVC можуть бути ексимерні лампи на KrCl, але сучасні світлодіоди far-UVC з нітридом алюмінію (AlN) у довгостроковій перспективі можуть бути кращим рішенням.

У доповіді розглянуто методику та попередні результати дослідження властивостей та спектральних характеристик ультрафіолетового випромінювання, що емітується сучасними AlN світлодіодами. Вивчено питання прозорості типових середовищ для УФ випромінювання в різних діапазонах. Детально розглянуто принципи дезінфекції повітря та поверхонь в приміщеннях і типи дезінфікуючого обладнання. Наведено методи розрахунку дози дезінфікуючого випромінювання і одиниці вимірювання, що використовуються у розрахунках.

Зокрема зазначено, що бактерицидна дія УФ випромінювання ґрунтується на фотохімічних реакціях, в результаті яких відбуваються незворотні пошкодження ДНК. Крім ДНК, УФ промені діють і на інші структури клітин, зокрема на РНК, клітинні мембрани і т.д. Найбільш ефективну дезактивуючу дію має короткохвильове ультрафіолетове



випромінювання з довжиною хвилі 200-295 нм (так званий бактерицидний діапазон спектра, див. рис. 1).

Спроби створення світлодіодів, випромінюючих в УФ-діапазоні <360 нм, почалися з другої половини 1990-х рр. До теперішнього часу розроблено різні типи діодів, що випромінюють в діапазоні від 200 до 400 нм. При цьому роботи по створенню діодів ближнього УФ-діапазону (380-400 нм) на основі InGaN (квантові ями з GaN бар'єрами) виявилися вельми успішними, вже зараз вони можуть вважатися основними джерелами для застосування в цій спектральній області. Однак створити ефективний світлодіод для короткохвильової області виявилось значно складніше. AlGaN-структури вже непридатні, тому для покриття бактерицидного діапазону використовуються структури, що дозволяють, залежно від співвідношення нітридів AlN (210 нм в чистому вигляді) і GaN (365 нм в чистому вигляді), отримувати структури з різною шириною забороненої зони, і, відповідно, випромінювання від 210 нм до 365 нм. Максимум випромінювання може бути розташований довільно, але спектр завжди має одну і ту ж форму і напівширину близько 10 нм.

Показано, що використання far-UVC світлодіодів дозволяє вибірково впливати на віруси, не пошкоджуючи біологічні тканини людини, бо випромінювання з довжиною хвилі близько 220 нм повністю поглинається у слезовій плівці, не пошкоджуючи очі, або в межах відмерлого шару шкіри, не спричиняючи шкоди живим тканинам [2]. У той же час віруси з розмірами декілька десятків нм повністю поглинають деструктивний far-UVC. На сьогоднішній день середня ефективність світлодіодів становить 0,1...1 %, досягаючи у кращих лабораторних зразків значення 2 %. Типова потужність випромінювання одиничного діода – 1...10 мВт [3].

Доповідь присвячена сучасному рівню розвитку технології УФ світлодіодів, розглянуто їх характеристики та інтегральні параметри, сформульовано проблеми, які потребують розв'язання для підвищення конкурентоспроможності, зокрема, внутрішню квантову ефективність, вибір матеріалу контактних шарів і капсулюючого матеріалу.

## Література

1. Saifaddin, B. K., *et al.* AlGaN Deep-Ultraviolet Light-Emitting Diodes Grown on SiC Substrates. ACS Photonics 2020, 7, 554.
2. Welch, D., *et al.* Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases // Sci. Rep., 2018, v. 8, 2752.
3. Hirayama, Hideki. (2018). Recent Progress in AlGaN Deep-UV LEDs. 10.5772/intechopen.79936.

# АНАЛІЗ ЗМІНИ ОПТИЧНОЇ ЩІЛЬНОСТІ РОЗЧИНУ ЯК МЕТОД КІЛЬКІСНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ АСКОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ В СОКАХ ТА ФРУКТАХ

Овсянікова А.С., \*Пономаренко Г.О.

\*вчитель хімії, спеціаліст

Харківська загальноосвітня школа I-III ступенів №123

Харківської міської ради Харківської області

(61146, Харків, вулиця Академіка Павлова, 142а, тел. (057)7251644

e-mail: sch123@kharkivosvita.net.ua

The article is devoted to the problem of research of ascorbic acid. The article examines the chemical features and effects on the human body. Also the amount of ascorbic acid in fruits and juices of industrial production was analyzed.

Метою роботи є дослідження вмісту аскорбінової кислоти у фруктах (апельсин, лимон, яблуко) і соках промислового виробництва (соки “Садочок”, “Наш сік”, “Sandora”).

Зараз в Україні значна частина людей страждає захворюваннями, пов'язаними з недостатньою кількістю вітаміну С. Тому для посилення імунологічної стійкості людського організму в умовах підвищеного вмісту токсичних і радіоактивних речовин у навколишньому середовищі важливе значення має раціональне вживання продуктів багатих на вітамін С.

Дослідження вчених довели, що люди, які щоденно приймають по 75 г вітаміну С, хворіють набагато менше на простудні вірусні захворювання. За даними досліджень було виявлено, що люди у своїй більшості не отримують необхідну для життєдіяльності кількість вітамінів та мінералів. Особливо скрутна ситуація склалася з вітаміном С. За даними досліджень недостатність аскорбінової кислоти у 2 рази зменшує здатність лейкоцитів знищувати хвороботворні мікроорганізми, в результаті чого частота гострих респіраторних захворювань збільшується на 26-40%. На противагу цьому вживання вітамінів значно зменшує кількість випадків захворювання [1].

На полицях супермаркетів можна знайти безліч соків у привабливих та яскравих упаковках. Та чи містять вони необхідну кількість вітаміну С, який сік купувати, щоб збагатити організм необхідними вітамінами, чи краще купувати фрукти. Щоб дати відповідь на ці запитання, ми провели дослідження.

Вітамін С (аскорбінова кислота) біла кристалічна речовина, добре розчинна у воді, кисла на смак. Відіграє важливу роль в регуляції окиснювально-відновних процесів, вуглеводного обміну, згортання крові, регенерації тканин, сприяє підвищенню опірності організму. Аскорбінова кислота не утворюється в організмі людини, а надходять лише з їжею. При збалансованому та повноцінному харчуванні людина не відчуває дефіциту

в вітаміні С. Ознаки нестачі вітаміну С: утом та стомлюваність; слабкість і зниження працездатності; сонливість; депресія; синці на шкірі; часті застуди; погане загоєння ран; кровотечі і захворювання ясен; судоми м'язів; серцево-судинні захворювання; безпліддя у чоловіків через злипання сперматозоїдів. Дослідження вмісту вітамінів у складі харчових продуктів потребує в першу чергу, вибору точних методів якісного і кількісного аналізу, що дозволяє виявити той чи інший вітамін і виміряти його концентрацію в біологічних матеріалах, зокрема, в харчових продуктах, з яких вони і потрапляють в організм. Крім того, ці методи повинні бути доступні і дешеві.

Для проведення експерименту ми використовували метод титрування (йодометрії). Це процес визначення речовини X поступовим додаванням невеликих кількостей речовини Т, при якому певним способом визначають точку (момент), коли вся речовина X прореагувала. Титрування дозволяє знайти кількість речовини X за відомою кількістю речовини Т, доданої до цієї точки, враховуючи, що співвідношення у якому Т реагує з X відомо з стехіометрії або з іншого джерела [2].

Для такого типу реакцій визначення наявності обох реагентів визначають по зміні оптичної щільності розчину. Підвищення точності вимірювання лежить в використанні фотометричного методу, в основі якого лежить поглинання квантів електромагнітного випромінювання розчином, який аналізують.

Результати дослідів наведено на діаграмі (рисунок 1)

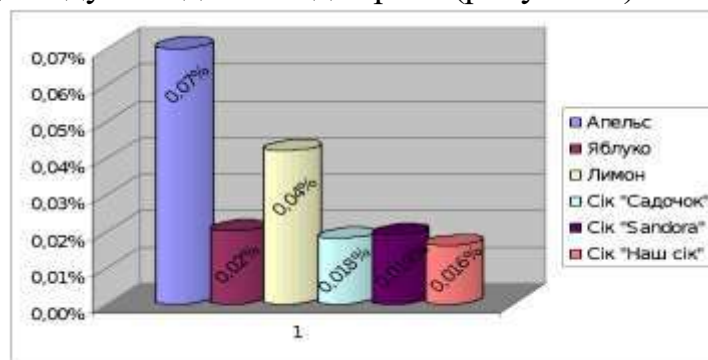


Рисунок 1. Розподіл кількості вітаміну С в продуктах

Використані джерела:

1. Коденцова В.М. Витаминизация пищевых продуктов массового потребления: история и перспективы / В.М. Коденцова, О.А. Вржесинская, А.А. Сокольников // Вопросы питания, 2012. – № 5. – С. 66–78
2. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (Аналитика). В 2 кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа: Учеб. для вузов. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2003. – 559с.

## МЕТОД КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЬНИМ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ ЗА ДОПОМОГОЮ ШІМ СИГНАЛІВ

Хроменко А.Г.

Науковий керівник – к.ф.- м.н, доц. каф. МЕЕПП, Глухов О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, пр. Науки,14, каф. МЕЕПП, тел. (057)702-14-84

e-mail: [artem.khromenko@nure.ua](mailto:artem.khromenko@nure.ua)

This paper describes a method for controlling rectified electric motors and drives based on them, using PWM signals generated by a microcontroller. The regulation algorithm is described, and the creation of a control unit based on this algorithm. The main advantages of this method are shown, the expediency and relevance of its use in the aviation industry, and electro-mechanical units with an increased degree of reliability are proved.

Одним із різновидів електродвигунів (ЕД) постійного струму є вентильний електродвигун [1]. Такі пристрої працюють від постійного струму. Їх головні переваги у тому, що вони зазвичай володіють більш високими економічними і технічними характеристиками в порівнянні з двигунами змінного струму. Вентильні електродвигуни мають значний пусковий момент, та головне, вони позбавлені щітково-колекторного вузла, застосування якого є недопустимим у деяких сферах, наприклад, авіабудуванні, через високу вірогідність виникнення іскрового розряду у разі виходу з ладу, або зношуванні механізму [2]. Головною проблемою у використанні даного типу двигунів є електронний блок керування, який розробляється індивідуально для кожного конкретного двигуна, враховуючі його параметри та сферу застосування.

У даній роботі проведено дослідження принципу роботи вентильних ЕД постійного струму. Досліджені відомі способи керування ЕД [1,2]. Поставлена задача розробки блоку керування вентильним електродвигуном постійного струму, враховуючі оптимізацію та доопрацювання вже існуючих методів [3], зокрема, метод ШІМ регулювання на сучасній компонентній базі, з урахуванням обмеження що накладаються на авіаційні агрегати.

Завдання реалізації оптимального способу управління вентильним ЕД вирішується за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШІМ), схеми з використанням якої, мають, теоретично, 100% ККД [1]. У даній роботі розглядається спосіб керування вентильним ЕД за датчиковою схемою, тобто використання датчиків положення ротора для керування режимами роботи ЕД [1,2].

Управління двигуном постійного струму зводиться до подачі на нього необхідного потенціалу напруги заданої полярності, так як величина напруги задає швидкість, а полярність – напрямок обертання. У роботі описано алгоритм роботи системи регулювання швидкості вентильного

двигуна на базі мікроконтролера PIC 33FJ128MC802. Метод регулювання – ШІМ [4]. У дослідженому алгоритмі використовується замкнена система регулювання – рисунок 1.

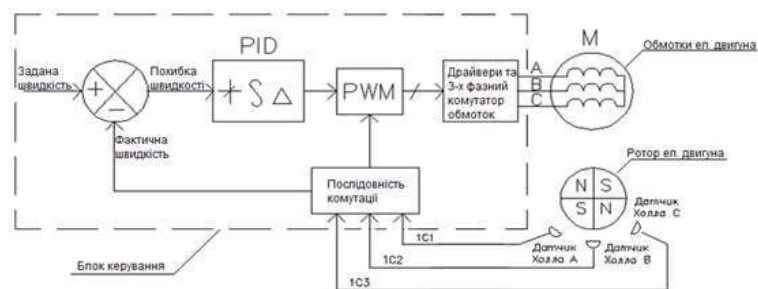


Рисунок 1 – Блок-схема системи регулювання

Алгоритм роботи блоку керування заснований, на періодичному опитуванні датчиків зворотних зв'язків – положення ротора (ДПР), які мають два стійких вихідних сигнали логічні "0" або "1". Зміна вихідного сигналу відбувається в момент зміни напрямку вектора магнітної індукції, що проходить через датчик. Отриманні від ДПР сигнали, про положення ротора, надходять на відповідні входи контролера. Вихідні канали PWM0 ÷ PWM5 формують сигнали управління драйверів вихідних ключів. Кожен з трьох каналів має свій програмований ШІМ – генератор, який отримує від процесора установку частоти і шпаруватості імпульсів та самостійно здійснює узгоджене управління роботою силових ключів. ШІМ сигнал потрапляє на мікросхему-драйвер, що керує комутацією, так званих, «ключів» – транзисторів верхніх та нижніх рівнів, які об'єднанні у «Н-місток». Комутуючі ключі забезпечують по чергове ввімкнення обмоток двигуна, залежно від положення його ротора, та відповідно зміну вектора магнітної індукції, що створює обертовий момент ротора.

#### Література:

1. Овчинников И.Е. Вентильные электродвигатели и привод на их основе: Курс лекций. Санкт – Петербург: Корона – Век, 2006. 336с.
2. Управление бесколлекторным двигателем с датчиками Холла (Sensored brushless motors): [Електроний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: https://blog.avislab.com/brushless03/](https://blog.avislab.com/brushless03/)
3. Электробайк. Контроллер двигателя своими руками: [Електроний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: https://m.habr.com/ru/company/mailru/blog/373397/](https://m.habr.com/ru/company/mailru/blog/373397/)
4. PIC33FJ32MC302. Data Sheets [Електроний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70291G.pdf](https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70291G.pdf) .

## ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТИПУ СЕНСОРУ ВИТРАТИ ПОВІТРЯ У АПАРАТУРІ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ НОСОВОГО ДИХАННЯ

Прісич О.Ю.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Аврунін О.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, просп. Науки, 14, кафедра мікроелектроніки,  
електронних приладів та пристроїв  
e-mail: [olena.prisych@nure.ua](mailto:olena.prisych@nure.ua)

The substantiation of the choice of the type of air flow sensor in the equipment for diagnostics of nasal breathing is considered. The main requirements for such sensors are accuracy, sensitivity, inertia, resistance to external influences, including sanitation, weight and size. Using resistive sensors in devices for testing of nasal breathing is proposed.

В медичних приладах, які пов'язані з діагностикою (спірометричні та риноманометричні прилади), або коригування (апаратура для штучної вентиляції легенів) функції зовнішнього дихання використовуються різноманітні вимірювальні перетворювачі для дослідження витрати повітряного потоку. Основними вимогами для таких сенсорів є точність, чутливість, інерційність, стійкість до зовнішніх впливів, у тому числі і до санітарної обробки, маса та розміри. Функціональне призначення приладу та режими виміру також мають суттєве значення. У зв'язку з пандемією Covid-19 та підвищеною актуальністю тестування респіраторно-нюхальних порушень актуальними є питання розробки відповідних діагностичних пристроїв та обґрунтованого вибору сенсорів до них [1, 2].

Найчастіше в апаратурі для функціональної діагностики дихання для виміру витрати повітря застосовуються сенсори змінного перепаду тиску, у яких використовують напівпровідникові тензорезистивні перетворювачі, що працюють на вигин, або ємкісні сенсори мембранного типу. Під час проходження потоку повітря через резистивний елемент на ньому виникає перепад тиску, який фіксується диференціальним перетворювачем тиску. До переваг таких сенсорів слід віднести високу чутливість і швидкодію, низьку похибку вимірювання, можливість визначення напрямку потоку повітря. Недоліками є не лінійність передавальної характеристики та низька стійкість до санітарної обробки [3, 4].

Також можливим рішенням для дослідження параметрів дихання є термокондуктометричні сенсори, які засновано на ефекті зміни електричного опору нагрітого терморезистора, що охолоджується потоком повітря. Але, поряд з низьким аеродинамічним опором, у таких сенсорів є високі інерційність та нелінійність передавальної характеристики, низькі чутливість і точність, відсутність можливості визначення напрямку потоку повітря та велика імовірність пошкоджень при санітарній обробці [3].

В апаратурі для індивідуального використання часто застосовуються турбінні тахометричні вимірювачі об'ємної швидкості, в яких повітряний потік призводить до обертання рухомого елемента. Частота обертання рухомого елемента пропорційна швидкості повітряного потоку, а кількість обертів – його об'єму. Недоліками таких перетворювачів є низька швидкодія і складність санітарної обробки [3], а перевагами: лінійність передавальної характеристики, висока точність вимірювань та можливість визначення напрямку потоку повітря, висока чутливість і низький пневматичний опір [3, 4].

Витратомір на основі сопла Вентурі заснований на використанні щільної конструкції з розташуванням у дифузорі перетворювача тиску диференціального типу, який вимірює перепад тисків між атмосферним та розрядженим у дифузорі повітряного тракту. Діаметр сопла витратоміра Вентурі вибирається виходячи з діючих витрат повітря та чутливості обраного перетворювача тиску. Основними їх недоліками є точність виготовлення геометрії сенсору та достатньо високий пневматичний опір, що ускладнює його використання при визначенні показників форсованого дихання в циклі видиху. Перевагою – є проста санітарна обробка [4].

При використанні в приладах для тестування носового дихання за сукупністю властивостей доцільно використовувати резистивні сенсори, які засновано на змінному перепаді тиску (резистивні та витратоміри типу сопло Вентурі), які мають високу чутливість, точність і швидкодію, а витратомір Вентурі додатково спрощену санітарну обробку, що важливо при скринінгових дослідженнях.

#### Перелік посилань

1. Особливості виникнення синусоназальної дизосмії, що асоційована з COVID-19 / Є. П. Слупська, Н. О. Шушляпіна, Абделхамід Ібрагім Юнусс, Я. В. Носова, О. Г. Аврунін // Шляхи розвитку науки в сучасних кризових умовах: тези доп. І міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 28-29 травня 2020 р. – Дніпро, 2020. – Т.2. – С.349-351.

2. Прісич О. Ю. Особливості дихання під час фізичних навантажень в різноманітних видах спорту / О. Ю. Прісич, А. П. Грохова // Матеріали 19-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів». – Кременчук. – 2020. – С. 34-36.

3. Аврунін О. Г. Методы и средства функциональной диагностики внешнего дыхания / О. Г. Аврунін, Р. С. Томашевский, Х. И. Фарук. – Харьков: ХНАДУ, 2015. – 208 с

4. Аврунін О. Г. Обоснование основных медико-технических требований для проектирования многофункционального риноманометра / О. Г. Аврунін, А. И. Бых, В. В. Семенец // Функциональная компонентная база микро-, опто- и наноэлектроники : сб. науч. тр. III Междунар. науч. конф., 28 сент. - 2 окт. 2010 г. – Х. ; Казивели : ХНУРЕ, 2010. – С. 280-281.

## СИСТЕМИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ В СКАНУЮЧІЙ ЗОНДОВІЙ МІКРОСКОПІЇ

Нікітін В. Р.

Науковий керівник – ст. викл. каф. МЕЕПП Карнаушенко В. П.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. (057) 702-13-62  
e-mail: [vladyslav.nikitin2@nure.ua](mailto:vladyslav.nikitin2@nure.ua)

Scanning probe microscopes (SPM) are a class of microscopes for obtaining an image of a surface and its local characteristics. The image construction process is based on scanning the surface with a probe. In the general case, it allows to obtain a three-dimensional image of the surface (topography) with high resolution.

Скануючі зондові мікроскопи (СЗМ) – клас мікроскопів для отримання зображення поверхні і її локальних характеристик. Процес побудови зображення заснований на скануванні поверхні зондом. У загальному випадку дозволяє отримати тривимірне зображення поверхні (топографію) з високою роздільною здатністю. Скануючий зондовий мікроскоп в сучасному вигляді винайдений (принципи цього класу приладів були закладені раніше іншими дослідниками) Гердом Карлом Бінніг і Генріхом Рорером в 1981 році. За цей винахід були удостоєні Нобелівської премії з фізики в 1986 році, яка була розділена між ними і винахідником просвічує електронного мікроскопа Е. Руска. Відмінною особливістю СЗМ є наявність:

- зонда,
- системи переміщення зонда щодо зразка двома (XY) або трьома (XYZ) координатам,
- системи реєстрації.

Реєструюча система фіксує значення функції, що залежить від відстані зонд–зразок. Зазвичай реєстроване значення обробляється системою зворотного зв'язку, яка керує положенням зразка або зонда по одній з координат (Z). В якості системи зворотного зв'язку найчастіше використовується ПД-регулятор.

Робота скануючого зондового мікроскопа заснована на взаємодії поверхні зразка з зондом (кантилевер, голка, НВЧ або оптичний зонд). При малій відстані між поверхнею і зондом дію сил взаємодії (відштовхування, тяжіння, і інших сил) і прояв різних ефектів (наприклад, туннелірование електронів) можна зафіксувати за допомогою сучасних засобів реєстрації. Для реєстрації використовують різні типи сенсорів, чутливість яких дозволяє зафіксувати малі за величиною обурення. Для отримання повноцінного растрового зображення використовують різні пристрої розгортки по осях X і Y (наприклад, п'єзотрубки, плоскопаралельні сканери).



Основні технічні складності при створенні скануючого зондового мікроскопа:

–Кінець зонда повинен мати розміри, порівнянні з досліджуваними об'єктами.

–Забезпечення механічної (в тому числі теплової та вібраційної) стабільності на рівні краще 1 ангстрема.

–Детектори повинні надійно фіксувати малі за величиною обурення реєстрованого параметра.

–Створення прецизійної системи розгортки.

–Забезпечення плавного зближення зонда з поверхнею.

Важливою частиною СЗМ є система позиціонування, що має забезпечувати переміщення зонду, або зразка один відносно іншого. Для виконання цієї функції найчастіше використовуються механізми на основі крокових двигунів. Але таке рішення далеке від оптимального внаслідок наявності люфту та малої роздільної здатності механізму.

Для підвищення роздільної здатності останнім часом використовуються комбіновані системи позиціонування із застосуванням крокових двигунів для грубого та актюаторів для прецизійного переміщення за заданими координатами.

Для розробки системи позиціонування необхідно вирішити безліч технічних проблем: як уникнути механічних вібрацій, що призводять до зіткнення зонду з поверхнею (м'яка підвіска), які сили діють між зразком і зондом, як уникнути теплових флуктуацій та інші.

Важливими факторами є нелінійність, гістерезис і повзучість п'єзокераміки актюатори, що також є причинами значних спотворень СЗМ-зображень. Крім того, частина спотворень виникає через взаємних паразитних зв'язків, що діють між X, Y, Z-маніпуляторами сканера. Для виправлення викривлень в реальному масштабі часу сучасні СЗМ використовують орієнтовано – орієнтоване програмне забезпечення або сканери, забезпечені замкнутими системами стеження, до складу яких входять лінійні сенсори положення. Деякі СЗМ замість сканера у вигляді п'єзотрубки використовують XY і Z-елементи, механічно незв'язані один з одним, що дозволяє виключити частину паразитних зв'язків. Однак в певних випадках, наприклад, при поєднанні з електронним мікроскопом або ультрамікротомами, конструктивно виправдане використання саме сканерів на п'єзотрубках.

Література

1. Миронов, В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии : учеб. по-собиє / В.Л. Миронов. - М.: Техносфера, 2009. – 144 с.

2. Справочник Шпрингера по нанотехнологиям : в 3-х т. / под ред. Б. Бхушана ; пер. с англ. под общ. ред. А. Н. Саурова. – М. : Техносфера, 2010. - Т. 2. - 1040 с.

## ПОРІВНЯННЯ РЕЗОНАТОРНИХ ТА ХВИЛЕВІДНИХ ДАТЧИКІВ В НВЧ ДІАГНОСТИЦІ

Бойко Б. Ю., Щербань І. М.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Гордієнко Ю.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. (057) 702-13-62)

e-mail: [ihor.shcherban@nure.ua](mailto:ihor.shcherban@nure.ua)

The report discusses the results of a numerical study of the electrodynamic properties of waveguide and resonator microwave sensors. It is shown that the achievable field strength in an object when using a resonator probe is an order of magnitude higher compared to a similar waveguide sensor. It has been established that the use of resonator sensors is more preferable because of the greater sensitivity, which is achieved by a much higher energy of the electromagnetic field concentrated in the resonator volume and in the object under study. Quantitative data are presented, convincing of the clear advantage of using resonator sensors in local microwave diagnostics.

Методи НВЧ діагностики здійснюються різними підходами до вирішення теоретичних завдань, методів вимірювань і конструкцій вимірювальних перетворювачів. За типом використовуваних в первинних вимірювальних перетворювачах фізичних явищ, НВЧ датчики можна розділити на хвилевідні та резонаторні [1]. У даній роботі досліджуються електродинамічні властивості резонаторних та хвилевідних НВЧ датчиків з метою визначення перспектив їх використання в локальній НВЧ діагностиці. Представлені результати, отримані чисельним методом [2] шляхом знаходження, рішення рівнянь Максвелла для встановлення розподілу поля в апертурі зондів та об'єкті.

На рис.1 представлено розподіл поля в досліджуваному об'єкті при використанні хвилевідного та резонаторного сенсорів.

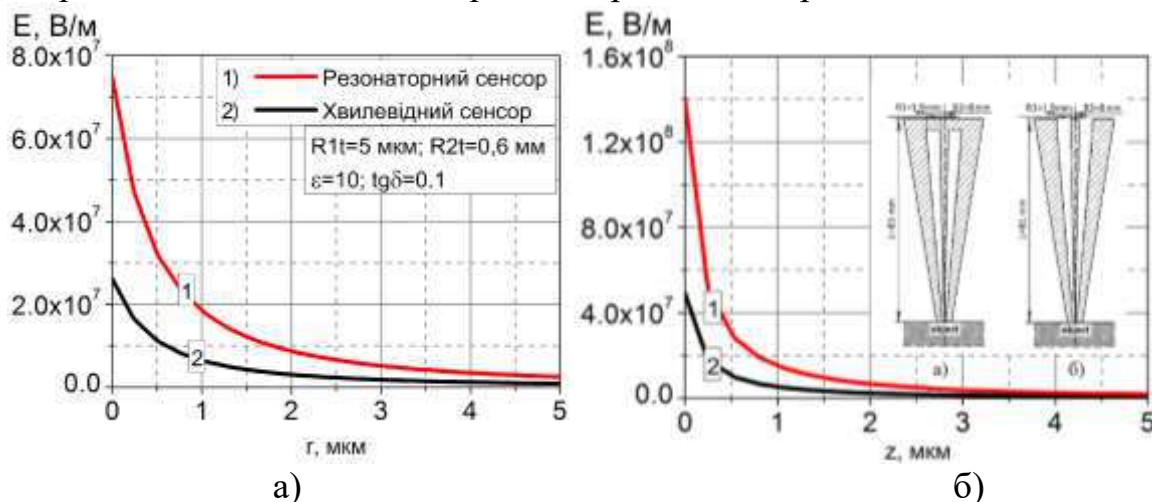


Рис.1 - Розподіл поля при використанні хвилевідного та резонаторного сенсорів по поверхні об'єкта (а) і по глибині (б)

На вставках рис.1, б) показано схематичне зображення досліджуваних а) резонаторного та б) хвилевідного зондів. Для можливості точного порівняння датчиків обрана однакова їх конструкція.

Як і очікувалося, напруженість поля в об'єкті, а відповідно і локальність при використанні резонаторного зонда на порядок вище в порівнянні з аналогічним хвилевідним датчиком. Фізична інтерпретація даного явища на нашу думку в першу чергу пов'язана з більш високим піком АЧХ при виникненні резонансу в такому сенсорі.

Дані, які дозволяють оцінити чутливість розглянутих датчиків представлені на рис.2.

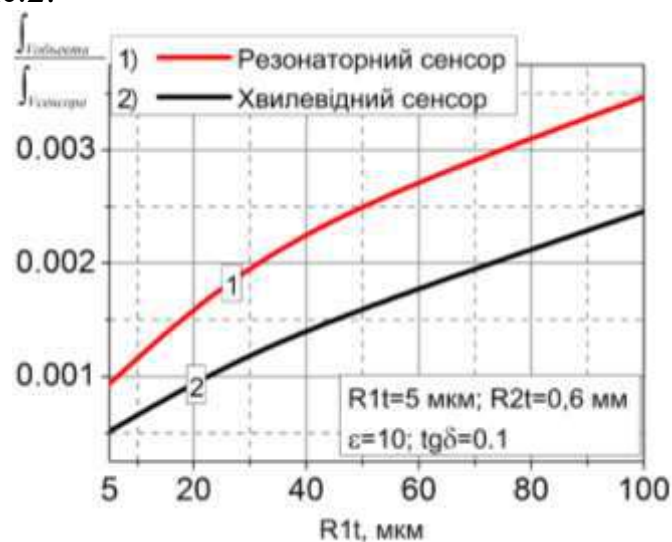


Рис. 2 – Енергетика поля при зміні радіуса вістря зонда

На рис. 2 представлені залежності енергетики поля, виражені в відношенні інтегралу по полю в об'ємі об'єкта до інтегралу по полю в резонаторі, від радіуса вістря зонда. В першу чергу необхідно відзначити, що енергетика поля при використанні як резонаторного, так і хвилевідного датчика однаково залежить від розміру вістря. Однак, вона набагато вище саме при використанні резонаторного датчика, що безсумнівно позначиться на чутливості при такому підході.

Таким чином, в роботі отримані кількісні дані, які переконують в явній перевазі використання в локальній НВЧ діагностиці резонаторних сенсорів.

Список літератури:

1. Гордієнко Ю.О. Скануюча мікрохвильова мікроскопія як інтелектуальна вимірювальна система / Інтелектуальні вимірювальні системи на основі мікроелектронних датчиків нового покоління: монографія // за ред. Я. І. Лепіха, В. О. Романова, Одеса: Астропринт, 2011. – С. 176-246.
2. Григорьев А.Д. Методы вычислительной электродинамики // М.: Физматлит, 2012. — 432 с.

## НВЧ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРАЗКІВ З МАЛИМИ ВТРАТАМИ

Лазуренко Д. Р.

Науковий керівник – к.ф.-м.н., ст.викл. Бабиченко О. Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Мікроелектроніки, електронних  
приладів та пристроїв, тел. (057) 702-13-62

e-mail: danylo.lazurenko@nure.ua

The paper presents a theoretical study of resonator and waveguide microwave measuring transducers for diagnostics of the electrophysical properties of materials with low losses. A computational experiment aimed at modeling a resonator and waveguide microwave sensor in the applied simulation package CST Microwave Studio was carried out.

НВЧ методи діагностики матеріалів є досить поширеними при використанні в дослідних лабораторіях та на лініях виробничого циклу. За їх допомогою можна здійснювати як неруйнівну діагностику технологічних матеріалів, об'єктів та середовищ, так і процес контролю якості продукції. Таке устаткування розробляється на стандартній елементній НВЧ базі та може бути виконане як на об'ємних хвилеводах, резонаторах, так і на мікрополоскових структурах.

За мету роботи ставиться теоретичне дослідження НВЧ вимірювальних перетворювачів (ВП) для діагностування електрофізичних властивостей матеріалів з малими втратами. Для досягнення поставленої мети були проаналізовані резонаторні та хвилеводні методи діагностики електрофізичних параметрів матеріалів, розглянуті чисельні методи, котрі можна використовувати при моделюванні, проведені розрахунки можуть допомогти при моделюванні НВЧ вимірювальних перетворювачів. Проводиться аналіз залежностей S-параметрів від різних параметрів електродинамічної системи резонаторний датчик (хвилевід) – зразок.

На рисунку 1 зображені моделі хвилеводного а) та резонаторного б) НВЧ вимірювального перетворювача в прикладному пакеті моделювання CST Microwave Studio.

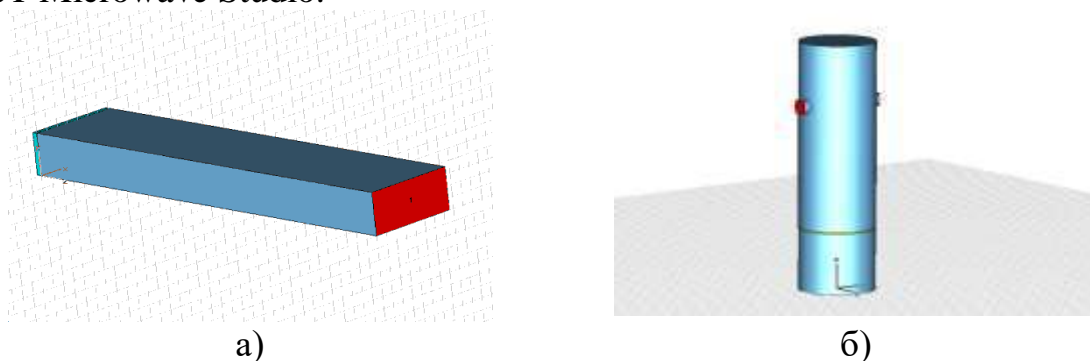


Рисунок 1 – Модель хвилеводного (а) та резонаторного (б) НВЧ ВП в пакеті моделювання CST Microwave Studio

На рисунку 2 наведені залежності S-параметрів хвилеводного (а, б) та резонаторного (в, г) НВЧ ВП від частоти при внесенні зразка з втратами ( $\text{tg}\delta=10^{-4}\dots 10^{-2}$ ).

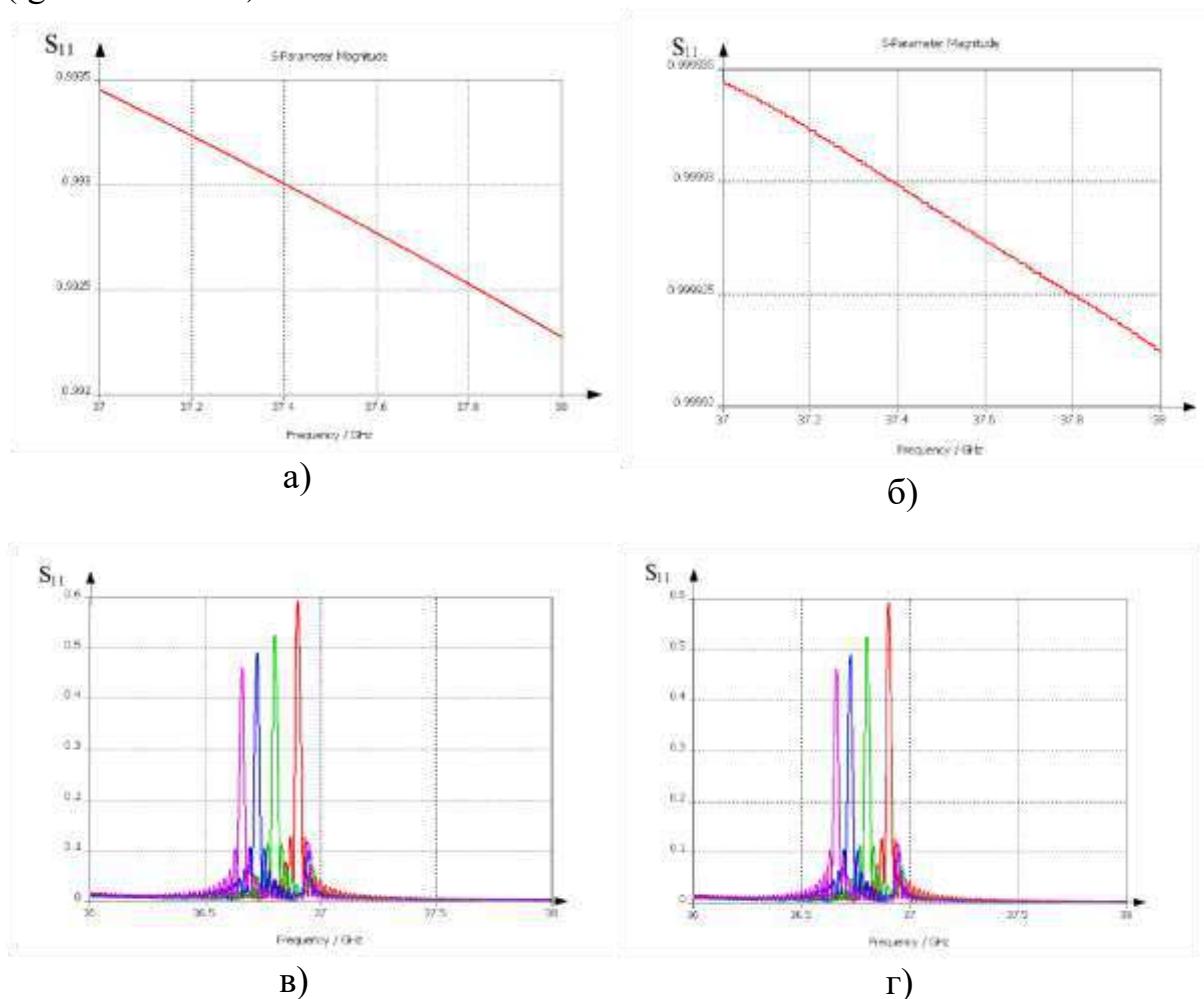


Рисунок 2 – Залежності S-параметрів

З залежностей видно, що при малих значеннях  $\text{tg}\delta=10^{-4}$ , сигнал на виході майже дорівнює вихідному сигналу хвилеводного ВП без зразка. Чутливість такої системи не дозволяє діагностувати матеріали з малим значенням тангенса кута втрат, відповідно для дослідження таких зразків потрібно використовувати резонаторні ВП.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бондаренко І. М. Мікрохвильові резонаторні апертурні сенсори: монографія / І. М. Бондаренко,; Харків: ФОП О.А. Мірошніченко, 2018. – 137 с.
2. Бондаренко И.Н. Экспериментальные исследования влияния зазора зонд-образец на выходные характеристики резонаторного измерительного преобразователя / И.Н. Бондаренко, А.В. Галич, С.И. Троицкий // Сб. научн. трудов 5 Международной научн. конф. «Функциональная база нанoeлектроники», Кацевели, 2012, 30.09.-5.10.2012. с. 66-69.

# ОПТИМІЗАЦІЯ СХЕМИ ЗНЯТТЯ ПОКАЗНИКІВ РЕЗИСТИВНИХ СЕНСОРІВ, МІНІМІЗАЦІЯ СПОЖИВАННЯ СТРУМУ

Левченко Є. В.

Науковий керівник – д.ф-м. н., проф. Бондаренко І. М.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. (057) 702-13-62  
e-mail: yevhenii.levchenko@nure.ua

This article presents an approach developed for collecting and processing data about the current stress state of a structural component of a technical product and to estimate its residual fatigue life in case of random dynamic loadings. As input data sensor values are being used from which the operating loads acting on a component are calculated.

Розроблений пристрій призначений для оцифровки сигналів датчиків в певних положеннях, ідентифікованих результатами моделювання, для збору цих даних у внутрішній пам'яті, для математичного аналізу цих даних в реальному часі, для паралельної обробки цих даних з метою ідентифікації характерною інформації, для відновлення напружений стан компонента і оцінка залишкової втомної довговічності [1].

Типовою схемою для зняття показників з резистивних сенсорів є напівмостова представлена на рис. 1 або четверть мостова схема вимірювання. Перша дає можливість зменшити вплив температури на вимірювальну величину.

Результати вимірювання за допомогою подібного методу можна знайти на рис 2.

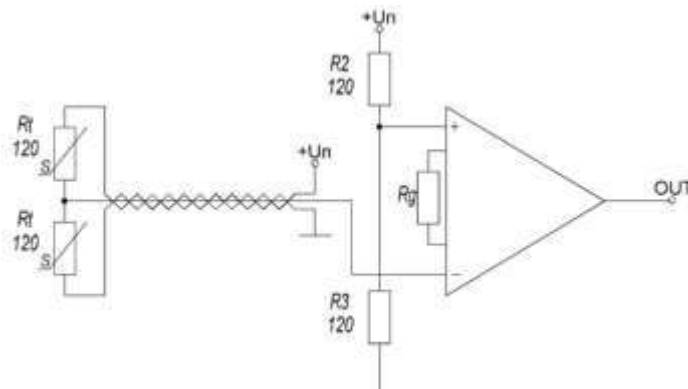


Рисунок 1 - 1/2 мостова схема вимірювання

Основною проблемою для зняття характеристик таким шляхом - необхідність безпосереднього підключення живлення та сигнальних дротів. Що не є досить сучасним рішенням.

Альтернативою є використання акумуляторних елементів живлення та bluetooth модуля для передачі даних. Основним показником, на котрий треба звернути увагу при виборі модуля бездротової передачі енергії, є споживання енергії.

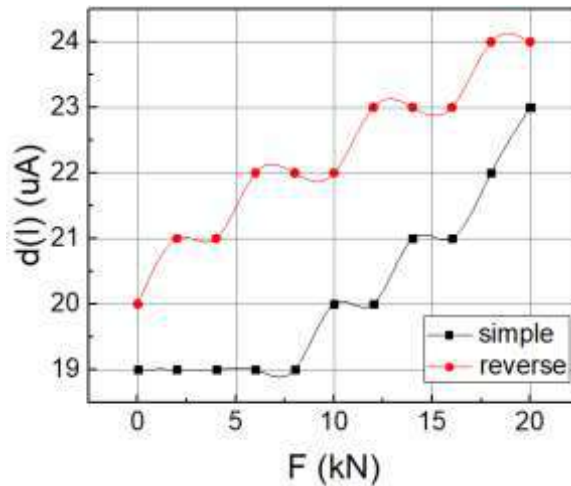


Рисунок 2 - Результати статичного експерименту

Порівняльна характеристика модулів за цією величиною приведена на рис 3.

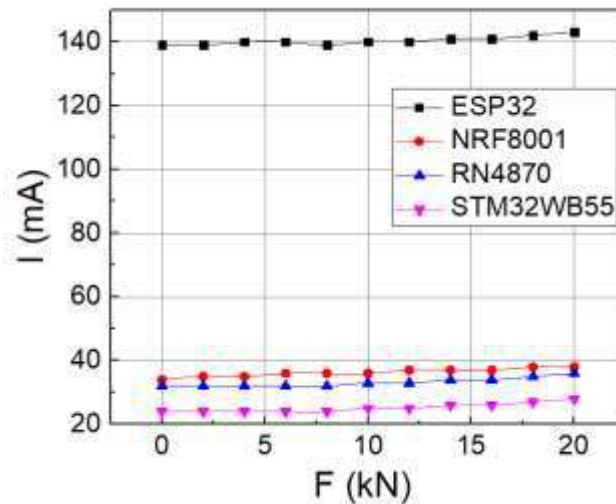


Рисунок 3 - Випробування bluetooth модулів

Дослідження показало, що найбільш ефективним є модуль STM32WB55 [2], він же, в свою чергу, може виступати в ролі мікроконтролера, оскільки він має найменшу величину споживання енергії в активному режимі роботи.

#### Література:

1. I. Mozgova, I. Yanchevskiy, M. Gerasymenko, and R. Lachmayer, "Mobile automated diagnostics of stress state and residual life prediction for a component under intensive random dynamic loads," *Procedia Manufacturing*, vol. 24, pp. 210 – 215, 2018.

2. Datasheet - STM32WB55xx. 2020. 193 p. [Электронный ресурс]. – Режим доступу:<https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32wb55rg>.

## БОРТОВА ДІАГНОСТИЧНА СИСТЕМА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Падалка О.С.

Науковий керівник – ст. викл. каф МЕЕПП Карнаушенко В.П.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. 057 702-13-62  
e-mail: [oleksandr.padalka@nure.ua](mailto:oleksandr.padalka@nure.ua)

A modern vehicle consists of four main units: engine, body, base and chassis. These units ensure the main function of vehicles - safe operation. But in order for the operation to be safe and comfortable, and the main units to work flawlessly, the vehicles are equipped with a fairly large number of various devices, which are commonly called on-board equipment.

Сучасний транспортний засіб складається з чотирьох основних агрегатів: двигуна, кузова, шасі і ходової частини. Ці агрегати забезпечують виконання головної функції транспортних засобів - безпечну експлуатацію. Але для того, щоб експлуатація була безпечною і комфортною, а основні агрегати працювали безвідмовно, транспортні засоби оснащені досить великим числом найрізноманітніших пристроїв, які прийнято називати бортовим обладнанням.

Бортове обладнання за функціональним призначенням і за місцем, яке воно займає, можна поділити на комфортне (внутрішнє обладнання кузова), навісне (обладнання двигуна) і функціональне (обладнання кузова, шасі і ходової частини).

До функціональним електроустаткування відносяться контрольно-вимірювальні прилади, водійський пульт управління, внутрішня світлова та звукова сигналізація, спідометр, тахометр, різні індикатори стану датчиків. Навісного устаткування складається з різних датчиків, системи управління двигуном і його агрегатами.

Метою даної роботи є розробка одного з елементів функціонального обладнання – вимірювача кількості оборотів двигуна – приладу, необхідного для контролю режимів роботи транспортного засобу.

Розробка даного пристрою досить актуальна, тому що сучасне транспортний засіб повинен бути економічним, екологічно чистим, високонадійним. Щоб забезпечити дані вимоги, в сучасних транспортних засобах, недостатньо класичного обладнання для реалізації вище перелічених вимог. Необхідно встановлювати новітні засоби автоматичного управління, контролю і регулювання.

Проектований пристрій є приладом, що виконує діагностичні, керуючі та інформаційні функції (функції бортовий діагностичної системи), тобто є засобом автоматичного контролю і управління. Пристрій також виконує дуже важливу функцію: реєстрацію часу напрацювання двигуна.

При розробці було враховано досвід побудови аналогічних пристроїв, на основі яких розроблено цифровий тахометр - багатофункціональний



контролер режимів роботи силового агрегату трактора. Пристрій одночасно виконує функції бортовий діагностичної системи. Точність вимірювання швидкості є вкрай важливою характеристикою для роботи трактора в режимі обробки землі. Були розроблені нові діагностичні засоби: бортові (встановлюються на транспортний засіб, що є частиною електронного блоку управління транспортного засобу – ЕБУ) і не бортові, тобто стаціонарні системи контролю параметрів транспортного засобу.

Умовно їх можна поділити на три категорії:

– стаціонарні (стендові) діагностичні системи. Вони не підключаються до бортового ЕБУ і, таким чином, незалежні від бортової діагностичної системи автомобіля. Ці пристрої зазвичай діагностують системи упорскування - запалювання, їх часто називають мотор-тестерами (діагностична програма, що дозволяє використовувати персональний комп'ютер у якості автомобільного сканера);

– при виявленні несправності ЕБУ вмикає і вимикає в певній послідовності цифровий або графічний індикатор на панелі. Світловий сигнал безпосередньо несе інформацію про несправності, або його можна розшифрувати за довідковими таблицями кодів несправностей. Бортове діагностичне програмне забезпечення, яке дозволяє відображати несправності відповідними кодами. Програмне забезпечення ЕБУ містить процедури, які можуть записувати в пам'ять реєстратора коди несправностей;–

– бортове діагностичне програмне забезпечення, для доступу до якого потрібно спеціальне додаткове діагностичне пристрій. Портативний діагностичний тестер підключається через спеціальний роз'єм на автомобілі до конкретного ЕБУ. Контрольовані параметри і коди несправностей зчитуються безпосередньо з ЕБУ і інтерпретуються фахівцями сервісу.

Література

1. Ходасевич, Т. И. Автоэлектроника. Устройства и приборы. [Текст] / Т.И. Ходасевич.– Москва.: НТ Пресс, 2005. – 325с.

2. Ходасевич, Т. И. Информационный обзор для автолюбителей [Текст] / Сост. Т. И. Ходасевич – М.: НТ Пресс, 2005. – 192 с.: ил.– (Автоэлектроника).

3. Акимов, С.В. Электрооборудование автомобилей [Текст] / С.В.Акимов Ю.П.Чижиков – ИНФА-М, 2010.– 302с.

4. Ходасевич, Т. И. Устройства и приборы для проверки и контроля электрооборудования автомобилей. Выпуск 3 [Текст] / Т.И.Ходасевич – М.: НТ Пресс, 2005. – 232 с.

5. Набоких. В.А. Диагностика электрооборудования автомобилей и тракторов. [Текст] / В.А Набоких – М.: ФОРУМ; ИНФА–М, 2013 – 208с.

## **МЕТОДИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВІМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДОМАШНЬОГО ПИЛУ В ПОВІТРІ**

Галушка Є.В., Назаренко Г.І., вчитель біології  
Харківська загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів №123  
Харківської міської ради Харківської області  
(61146, Харків, вулиця Академіка Павлова, 142 а, тел.725-16-44),  
e-mail: sch123@kharkivosvita.net.ua

This work is devoted to the study of the composition of house dust and its effect on the human body. Household dust is the subject of study. The work is divided into three sections. The article is intended for a wide range of readers.

Метою дослідження є вивчення домашнього пилу, його вплив на організм людини та методів аналізу його концентрації в повітрі.

Домашній пил - один з найпоширеніших причин алергічних реакцій, який може з часом призвести до виникнення повноцінного алергічного захворювання, наприклад, бронхіальної астми. Звичайно, в склад пилу входить безліч алергенів, але одним з найбільш значущих є кліщ домашнього пилу.

Актуальність полягає в тому, що пил небезпечний для здоров'я людини [1]. Вдихаючи повітря з високою концентрацією пилу настільки ж шкідлива для легень, як і цигарки. Та скільки б ти не прибирав пил, він все одно накопичується. Адже вивчення впливу різних зовнішніх факторів на наше здоров'я дуже важливе для сучасної науки. Домашній пил – сильний алерген, точніше ціла група алергенів.

Зменшення негативного впливу домашнього пилу на організм людини полягає в періодичному аналізі його концентрації в повітрі. Досягнення гранично допустимої концентрації є сигналом для початку прибирання оселі. Зазвичай таке вимірювання здійснюється «на глаз» жителями приміщення. Швидке розвинення технологій в галузі електроніка надає можливості автоматичного аналізу технічними засобами. На даний момент відомі такі методи вимірювання концентрації пилу- методи з виділенням дисперсної, фази з повітря, методи без попереднього виділення дисперсної фази.

Методи з виділенням дисперсної, фази полягають в наступному: проводиться відбір певного обсягу запиленого повітря, з цього обсягу осідають (виділяються) частинки пилу на поверхню, змащену липкою речовиною, після чого проводиться підрахунок пилинок, досліджується їх форма і розміри під мікроскопом. Концентрація пилу при використанні рахункового способу виражається числом пилинок в одному см<sup>3</sup> повітря. В основу вагового гравітаційного методу покладено виділення з пилогазового потоку частинок пилу і визначення маси пилового осаду шляхом зважування

Основний недолік даного підходу - труднощі здійснення циклічності вимірювання. До перспективних методів без попереднього виділення

дисперсної фази відносяться оптичні методи. Вони займають провідне місце серед інших при здійсненні безперервного пилового контролю викидів, так як є найбільш простими і надійними. В основу їх дії покладені два вимірювальних принципу: ослаблення інтенсивності світла при проходженні через запилену середовище; розсіювання світла на твердих частинках заснований на реєстрації розсіяного випромінювання з різною геометрією розташування джерела випромінювання і фотодетектора (рисунок 1).

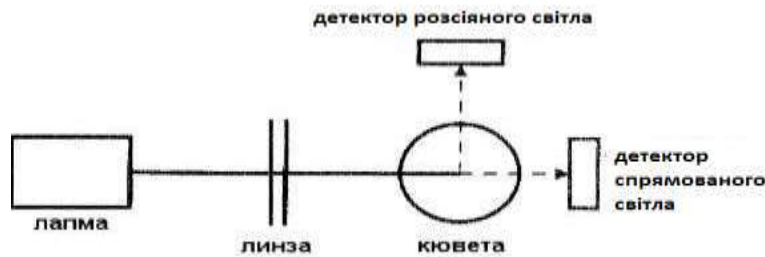


Рисунок 1. Нефеломітричний метод аналізу пилу [2].

Просторовий розподіл розсіяного світла визначається відношенням розміру частки до довжини хвилі. Частки розміром багато менше, ніж довжина хвилі падаючого світла дають майже симетричне розсіювання, кількість світла, випромінюваного вперед і назад, майже однаково. З ростом розміру часток світло, що випромінюється з різних місць частки, створює інтерференційні картини, які складаються в напрямку проходження падаючого світла. В результаті, інтенсивність світла, що розсіюється «вперед» більше, ніж інтенсивність світла, що розсіюється «назад» і по інших напрямках.

В доповіді обговорюються актуальність розробки та втілення такого типу автоматизованих систем аналізу повітря. З огляду на те, що гранично допустима концентрація є пропорційною електричним сигналам, які формує детектор прямого та розсіяного світла, даний пристрій може бути реалізований без використання цифрових електронних приладів.

Практичне значення роботи полягає в використанні результати досліджень для формування рекомендацій щодо частоти прибирання приміщень, внутрішнього оснащення як жилих так і промислових приміщень.

Використані джерела:

1. Желтикова Т.М., Антропова А.Б., Петрова-Никитина А.Д., Мокеєва В.Л., Биланенко Е.Н., Чекунова Л.Н. Экология жилых помещений и аллергия // Аллергология. – 2004. – № 3. – С. 20-28.

2. Латышенко, К. П. Технические измерения и приборы в 2 т. Том 2 в 2 кн. Книга 2 : учебник для среднего профессионального образования / К. П. Латышенко. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 232 с.

## АДАПТИВНА АВТОМОБІЛЬНА СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ

Афанасьєв Д.Р.

Науковий керівник – к.ф.-м.н., ст.викл. Бабиченко О.Ю.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, просп. Науки,14, каф. Мікроелектроніки, електронних  
приладів та пристроїв, тел. (057) 702-13-62  
e-mail: dmytro.afanasiev@nure.ua

The paper deals with one of the aspects of road safety in relation to the lighting of the road surface at night. The basic requirements for the basic functions and components of the vehicle lighting system are given. Also, the main automotive adaptive lighting systems are considered in the work.

З появою перших автомобілів виникла необхідність в гарній видимості під час поїздки. Навіть в наш час система освітлення ще далека від ідеалу. З цієї причини відомі фірми займаються розробкою нових оптимальних рішень.

Освітлення дороги безпосередньо впливає на безпеку руху. Існує декілька нюансів, коли мова йде про освітлення:

- ✓ освітлення дороги саме перед машиною на досить значну відстань;
- ✓ інтенсивність світла не повинна сліпити водіїв, які їдуть назустріч;
- ✓ необхідність освітлення дороги для своєчасного виявлення приближення пішоходів та тварин;
- ✓ освітлення в місті та за його межами повинно бути різним.

Класична система представлена ближнім та дальнім світлом, такий механізм передбачає перехід з одного на інший режим, однак фари світять лише в одному напрямку. Адаптивна система освітлення пропонує підлаштовуватися під різні умови. Адаптивні фари – це елемент освітлення, який автоматично підлаштовується під умови руху автомобіля – на поворотах та при зміні швидкості. При повороті в сторону світловий промінь буде слідувати за напрямом руля. До складу такої системи входять декілька складових:

1. пристрої, які будуть опрацьовувати дані, по яким можна зробити висновок в якому положенні знаходиться авто (такі показники як: кут – напрям руху, освітлення – яскравість, відеокамера – об'єкти, колесо – швидкість, повздовжнє прискорення – профіль дорожньої частини);
2. блок контролю та керування;
3. механізми, які приносять зміни.

Сигнали від вхідних пристроїв передаються в електронний блок керування, де за допомогою спеціального програмного забезпечення відбувається їх обробка. В результаті активуються відповідні виконуючі механізми – модулі фар. Модуль може повертатися як в горизонтальній,

так і в вертикальній площині. Між джерелом світла та лінзою розташовується екран, його форма та розмір дозволяють отримати світловий промінь з заданою світло-тіньовою границею. В ксеноновій фарі може встановлюватися додаткова галогенова лампа для кращого освітлення поворотів та узбіччя.

Широкого поширення набула система адаптивного освітлення AFS (Adapting Front Lightning System). Принцип роботи такої системи заключається в тому, що фари адаптивно змінюють своє положення. Комп'ютер реагує на зміну повороту руля, подає сигнал для того, щоб підлаштувалися фари. Кожна фара повинна повернутися під певним кутом: зовнішня на менший кут, а внутрішня – на більший. Необхідна зміна положення визначається за допомогою датчиків (положення руля, швидкість автомобіля, курсова стійкість).

Такий різновид системи адаптивного освітлення дороги як AFL (Adaptive Forward Lighting) відрізняється від попередньої тим, що носить більш комбінований характер. Це виражається в тому, що освітлення забезпечується не тільки зміною положення фар при повороті руля, а й додатковими лампами. Якщо автомобіль рухається з великою швидкістю, то головні елементи освітлення повертаються в залежності від положення руля. Якщо швидкість знижується (70 км/год), то AFL вмикає допоміжні лампи, основною задачею яких є забезпечення більш широкого кута освітлення. Це досить зручно при поворотах в вузьких місцях чи на перехрестях. До переваг такої системи можна віднести: зв'язок зі швидкістю – система не здійснює автозапуск при маневруванні, біксові фари світять з однаковою інтенсивністю на двох типах класичного освітлення, при цьому перемикавання відбувається автоматично.

В незалежності від того, яка з компаній розробила ту чи іншу технологію фари адаптивного освітлення мають ряд базових функцій:

1. освітлення в межах міста;
2. освітлення за межами міста;
3. освітлення на автомагістралі;
4. дальнє світло;
5. адаптивне освітлення поворотів;
6. освітлення в ускладнених погодних умовах.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Адаптивне освітлення автомобіля: детальний огляд // Сайт [concom.com.ua](https://concom.com.ua), 2019. URL: <https://concom.com.ua/adaptivne-osvitlennya-avtomobilya-detalniy-oglyad.html>.

2. Тенденції в автомобільному освітленні// Сайт OSRAM, 2019. URL: <https://www.osram.ua/am/specials/trendslighting-innovations/index.jsp>.

## НАПІВПРОВІДНИКОВІ ДЕТЕКТОРИ РАДІАЦІЇ З НВЧ ЗМІЩЕННЯМ

Лазуренко Д. Р.

Науковий керівник – ст. викл. каф. МЕЕПП Карнаушенко В.П.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. (057) 702-13-62)  
e-mail: [danylo.lazurenko@nure.ua](mailto:danylo.lazurenko@nure.ua)

As is known from the course of physics, almost all known chemical elements have several isotopes (nuclei with the same number of protons and different numbers of neutrons). Isotope nuclei are mostly unstable and spontaneously decay with the emission of particles.

Як відому з курсу фізики, майже в усіх відомих хімічних елементів існує декілька ізотопів (ядер з однаковою кількістю протонів та різною кількістю нейтронів). Найпоширенішими методами радіометрії є метод натуральної радіоактивності, радіоактиваційний аналіз і метод ізотопного розбавлення. Існує також метод радіометричного титрування та деякі інші.

Напівпровідникові детектори (НПД). Завдяки високій роздільній здатності за енергією, малому часу наростання сигналу для детектування у спектрометрії заряджених частинок та  $\gamma$ -квантів сьогодні широко застосовують твердотільний аналог іонізаційної камери, у якій унаслідок поглинання іонізуючих випромінювань утворюються носії заряду – електрони та дірки.

Для спектрометрії  $\gamma$ -квантів, яка вимагає високого розділення за енергією, переважно використовують напівпровідникові германієві детектори. Ефективність реєстрації  $\gamma$ -квантів такими детекторами значно вища, ніж кремнієвими, оскільки переріз фотоефекту пропорційний до протонного числа матеріалу. Використовують Ge(Li)-детектори, при виготовленні яких застосовуються дифузія і дрейф іонів Li, які компенсують домішкову провідність вихідного матеріалу і наближають його електричні властивості до властивостей власного напівпровідника, а останнім часом – детектори з надчистого германію (HPGe-детектори).

Застосування НВЧ зсуву у фото резистивних приймачах (ФРП) випромінювання почато ще у минулому столітті. Переваги НВЧ зсуву в порівнянні зі зсувом постійним струмом, які полягають, у першу чергу, у відсутності необхідності розробки технології виготовлення омичних контактів і виготовлення цих контактів, забезпечили подальший розвиток цього напрямку.

Загальноновизнаним є те, що НВЧ зсув, завдяки відсутності контактів і наявності умов для оптимальної взаємодії носіїв з електромагнітним полем, забезпечує підвищену чутливість і більш широку смугу пропускання у порівнянні із приймачами, що працюють на постійному струмі. Безконтактне вимірювання характеристик радіаційного датчика з

метою формування інформаційних сигналів щодо енергії, дії і характеру взаємодії матеріалу датчика з випромінюванням може бути реалізовано за допомогою резонаторних вимірювальних перетворювачів (РВП).

Як вимірювальний НВЧ генератор використовується твердотільний генератор з можливістю електронної перебудови і модуляцією частоти, який охоплений системою автоматичної настройки на резонансну частоту РВП модуляційного типа (виділено на схемі пунктирною лінією, рис.1).

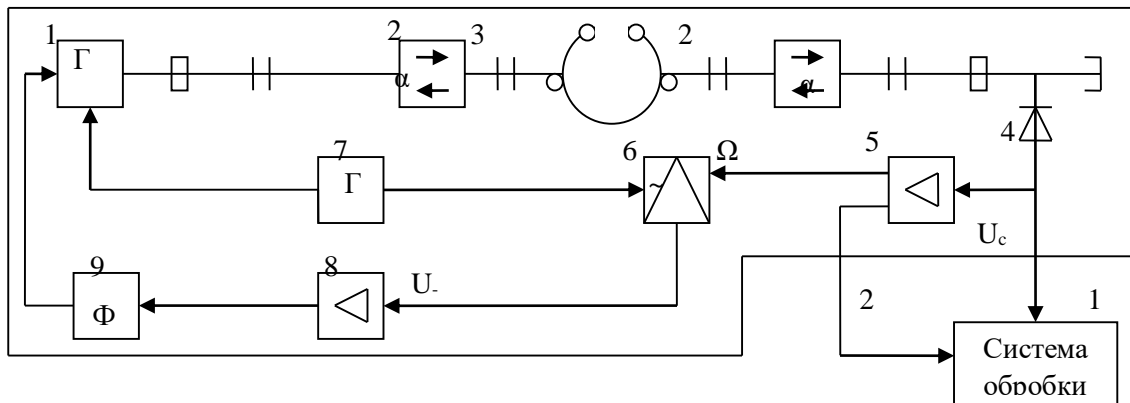


Рисунок 1 – Функціональна схема НВЧ системи: 1 – НВЧ генератор; 2 – феритові вентиля; 3 – вимірювальний перетворювач; 4 – детектор; 5 – підсилювач; 6 –; 7 – генератор моделюючої частоти; 8 – підсилювач сигналу помилки; 9 – фільтр; 10 – система обробки і виділення сигналу

Працює дана система АПЧ таким чином. З генератора модулюючої частоти 7 напруга подається на елемент, що управляє частотою генератора НВЧ 1, що стабілізується, для здійснення неглибокої частотної модуляції. Частотно-модульований сигнал через розв'язуючий пристрій – феритовий вентиль 2 поступає в резонатор 3, на виході якого через феритовий вентиль включений детектор 4. Після детектора сигнал посилюється в підсилювачі моделюючої частоти 5 і поступає на фазовий детектор 6, куди як опорна напруга подається напруга з генератора моделюючої частоти.

При середній частоті генератора, рівній резонансній частоті резонатора, напруга помилки на виході детектора відсутня. Чим більша різниця частот генератора і резонатора (близько  $f_0$ ), тим більше амплітуда напруги модулюючої частоти. При збільшенні  $\Delta f$  змінна напруга досягає максимуму, а потім зменшується. Фаза напруги проміжної частоти залежить від знаку  $\Delta f$ .

Використання системи АПЧ дозволяє значно понизити амплітудні і частотні флуктуації сигналу вимірювального генератора.

#### Література

1. Інтелектуальні вимірювальні системи на основі мікроелектронних датчиків нового покоління / Я. І. Лепіх, Ю. О. Гордієнко, С. В. Дзядевич; [та ін.]. – Одеса: Астропринт, 2011. – 351 с.

## **ЯКІСНИЙ ТА КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ ВІТАМІНІВ ГРУПИ В ОПТИЧНИМИ ТА ХІМІЧНИМИ МЕТОДАМИ**

Вербицький І.В., Пушкіна Т.Ю.

вчитель хімії, спеціаліст другої кваліфікаційної категорії

Харківська загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів №123

Харківської міської ради Харківської області

(61146, Харків, вулиця Академіка Павлова, 142 а, тел.725-16-44)

E-mail: tanyapushkina75@gmail.com

The article is devoted to the problem of detection B vitamins in the food samples, along with significance B vitamins for human well-being. The article discusses some features of chemical detection B vitamins using available equipment.

Метою роботи є теоретичне обґрунтування та практичне дослідження якісного аналізу вмісту вітамінів групи В у зразках харчових продуктів за допомогою оптичних методів. Об'єктом дослідження є біологічно активні речовини, що входять до складу харчових продуктів. Біологічно активні речовини можна дослідити, як за допомогою хімічних, так і за допомогою фотометричних, оптичних методів. Про застосуванні хімічних методів титрування змінюється оптична щільність зразка. Вітаміни – група низькомолекулярних органічних сполук небілкової природи, які не синтезуються, або синтезуються у недостатній кількості в організмі людини. Вітаміни відіграють важливу роль у забезпеченні процесів життєдіяльності та проявляють високу активність в малих концентраціях. Вітаміни відносяться до незамінних (есенціальних) харчових речовин. Вітаміни проявляють свою активність в якості коферментів різних ензимів, беруть участь у регуляції вуглеводного, білкового, жирового та мінерального обміну, а також у відіграють значну роль у збереженні клітинних структур. Вітаміни групи В – водорозчинні вітаміни, в організмі людини виконують наступні функції: участь у тканинному диханні та виробленні енергії, відіграють важливу роль у підтримці як фізичного, так і психічного здоров'я. Вітаміни групи В, за винятком ціанокобаламіну, не можна накопичити в організмі, тому їх слід поповнювати щодня. Всі ці вітаміни руйнуються алкоголем, рафінованими цукрами, ніотином і кофеїном, тому багато людей відчувають їх дефіцит (авітаміноз), тому підтримання їхнього оптимального рівня за допомогою належного харчування та відповідних харчових добавок є життєво важливим процесом. Важливо зауважити, що вітаміни групи В часто взаємодіють один з одним у біохімічних та фізіологічних процесах. А тому слід урахувати поняття «полідефіцит». В доповіді обговорюються основні особливості деяких вітамінів групи В, та якісні реакції для визначення присутності вітамінів групи В у досліджуваних зразках.



Вітамін В<sub>1</sub> – тіамін – відіграє центральну роль у вивільненні енергії з вуглеводнів, бере участь у відтворенні ДНК та РНК, є важливою речовиною для функціонування нервової системи. Вітамін В<sub>2</sub> – рибофлавін – відіграє важливу роль в енергетичному обміні та обміні жирних кислот. Вітамін В<sub>3</sub> – ніацин – є важливим компонентом обміну глюкози та жирів. Вітамін В<sub>6</sub> – піридоксин – є кофактором ензимових процесів та біосинтезі нейротрансмітерів. Підвищене дієтичне споживання вітаміну зменшує ризик розвитку непластичних процесів у прямій кишці у жінок і раку легенів у чоловіків [1]. Якісний аналіз присутності вітамінів групи В у досліджуваних зразках продуктів харчування має свої особливості, пов'язані невеликою кількістю цих речовин у зразках та наявністю інших речовин, які можуть вплинути на процес ідентифікації вітамінів групи В. В даній роботі використовуються хімічні методи дослідження із застосуванням чутливих специфічних реактивів та оптичні – фотометричні методи дослідження. Для виявлення вітаміну В<sub>1</sub> (тіаміну) застосовується реакція окислення тіаміну гексаціано-VI-фератом калію у лужному середовищі. Продукт реакції — пігмент жовтого кольору, демонструє інтенсивну флуоресценцію під ультрафіолетовими променями в розчині ізобутилового спирту. Вітамін В<sub>2</sub> (рибофлавін) — виявляється за допомогою якісної реакції відновлення рибофлавіну, який має жовтий колір, за допомогою водню, до червоного родофлавіну та далі до безбарвного лейкофлавіну. Для виявлення вітаміну В<sub>3</sub> (ніацину) використовується реакція з ацетатом міді в кислому середовищі, в результаті якої утворюється нерозчинний осад мідної солі вітаміну В<sub>3</sub> синього кольору. Присутність вітаміну В<sub>6</sub> (піридоксину) виявляється за допомогою реакції даного вітаміну з розчином хлориду заліза, в результаті якої утворюється комплексна сіль, яка обумовлює червоний колір розчину. Таким чином, кожен вітамін групи В має специфічну якісну реакцію, яка обумовлена особливостями хімічної будови молекули даного вітаміну, що дозволяє визначати їх присутність у досліджуваних зразках продуктів харчування. Підвищення якості аналізу лежить в використанні фотометричних методів, які включають візуальну фотометрію, колориметрію, фотоколориметрію і спектрофотометрію [2]. Перспективним напрямком є застосування хемілюменометрів.

Використані джерела:

1. Витамины и коферменты: учеб. пособ. Ч. 2 / В.А. Смирнов, Ю.Н. Климовкин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2008. – 91 с.
2. Инструментальные методы анализа. Смысловой модуль 4. Оптические методы анализа (конспект) : учебное пособие для студентов 2 курса заочной формы обучения специальностей «Фармация» и «Технология парфюмерно-косметических средств»/ сост. С. А. Васюк, А. С. Коржова. – Запорожье : [ЗГМУ], 2015. – 17 с.

## МЕТОДИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ У ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ

Ст. гр. ЕЕПС-17-1 Разумний А.О.

Науковий керівник – ст. викл. каф. МЕЕПП Карнаушенко В. П.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. (057) 702-13-62  
e-mail: [artem.razumnyi@nure.ua](mailto:artem.razumnyi@nure.ua)

Non-destructive testing is the verification of the reliability of an object, its individual elements and structure by gentle methods that do not require radical dismantling or temporary shutdown.

Неруйнівний контроль (НРК) – це перевірка надійності об'єкта, його окремих елементів та конструкції методами, які не потребують кардинального демонтажу або тимчасового вимкнення. НРК включає вивчення фізичних принципів, заснованих на методах та засобах контролю, які не погіршують зручність використання та не порушують цілісність об'єктів. Відповідно до ДСТУ залежно від основних фізичних процесів його поділяють на кілька типів: магнітний, що використовується при дефектоскопії феромагнітних матеріалів для фіксації магнітних полів та властивостей контрольованого об'єкта, електричний – фіксує електричні поля і характеристики, які утворюються в контрольованому об'єкті під зовнішнім впливом, візуально-вимірвальні (оптичні) – найбільш затребувані для контролю та виявлення найменших пошкоджень у прозорих виробках та матеріалах, тепловий – має на увазі моніторинг теплових полів, контрастів і потоків будь-яких матеріалів для виявлення несправностей і дефектів, радіаційний – побудований на взаємодії іонізуючого випромінювання з контрольованим об'єктом з будь-яких матеріалів і будь-яких габаритів, капілярний – застосовується для виявлення течії і мікропошкодження за допомогою наповнення індикаторним речовиною внутрішніх порожнин, контрольованого об'єкта, радіохвильовий – застосовується в контролі діелектриків, напівпровідникових і тонкостінних матеріалів, ультразвуковий – придатний до всіх матеріалів, що безперешкодно проводять звукові хвилі для вирішення задач контролю і діагностики, вібраційний – необхідний для пошуку дефектів в машинах і механізмах, вихрострумівий – застосовується в дефектоскопії електропровідних матеріалів, за допомогою дослідження неоднорідностей поверхневого вихрового поля об'єкта.

Метод управління вихровим струмом заснований на аналізі взаємодії зовнішнього електромагнітного поля з електромагнітним полем вихрових струмів, індукованих котушкою збудження в електропровідному об'єкті цього поля управління. Вперше вихрові струми були виявлені французьким ученим Араго (1786-1853) в 1824г. в мідному диску, розташованому на осі під магнітною стрілкою, яка обертається. За рахунок вихрових струмів диск приходив в обертання. Індуктор, який називається

перетворювачем, найчастіше використовується як джерело електромагнітних полів. Вихрострумний контроль в основному використовується для контролю якості електропровідних об'єктів: металів, сплавів, графіту, напівпровідників тощо. Пристрої та установки, що застосовують вихрострумний метод, широко використовуються для виявлення розривів матеріалу, контролю величини та параметрів, визначення фізико-механічних властивостей та стану конструкції, виявлення електропровідних об'єктів та для інших цілей. Вкрай важливим є контроль параметрів тонких плівок, що застосовуються в мікроелектроніці. Методи вихрових струмів застосовуються для неруйнівного вимірювання товщини непровідних покриттів на підкладках з кольорових металів. Тонка котушка дроту, яка проводить високочастотний змінний струм (біля 1 МГц), використовується для створення змінного магнітного поля на поверхні зонда пристрою. Коли зонд контактує з провідною поверхнею, змінне магнітне поле генерує вихрові струми в провіднику. Характеристики підкладки та відстань від зонду впливають на величину вихрових струмів. Вихрові струми створюють власне протилежне електромагнітне поле, яке можна спостерігати за допомогою котушки збудження або вимірювальної котушки. Область застосування вихретокового методу контролю:

– контроль товщини міжз'єднань у виробництві напівпровідникових приладів та інтегральних схем; – контроль товщини металевого покриття і тонкого листового металу, визначення корозійних пошкоджень, товщини захисних покриттів; – контроль дефектів в електропровідних магнітних та немагнітних матеріалах.

Класифікація вихрострумних перетворювачів: – за типом перетворення параметрів (параметричні, трансформаторні); – за типом взаємодії з об'єктом контролю (прохідні, накладні, комбіновані); – за способом отримання інформації (абсолютні, диференціальні); – за кількістю елементів (одноелементні, багатоелементні). Всі перетворювачі мають свої недоліки та переваги. Як результат, не виділяється жоден тип як основний. Для кожного виробництва або об'єкту контролю перетворювач обирається на основі аналізу матеріалу. Вихрострумний контроль забезпечує можливість пошуку дефектів та оцінки характеристик тонких плівок, що застосовуються в електроніці. Сучасне обладнання для управління вихровим струмом дозволяє обробляти та зберігати отримані дані, а автоматичні мультикоординатні системи сканування дозволяють візуалізувати об'єкти контролю з великою точністю.

#### Література

1. Глудкин О.П., Густов А.Е. Устройства и методы фотометрического контроля в технологии производства ИС. – М.: Радио и связь, 2001. – 112 с.
2. Булатов В.Н. Элементы и узлы информационных и управляющих систем. – Оренбург: ГОУ ВПО ОГУ, 2008. – 200 с.

# РОЗРОБКА ПІДСИЛЮВАЧА ПОТУЖНОСТІ ЗВУКОВОЇ ЧАСТОТИ

Таран О. С.

Науковий керівник – доцент кафедри МЕПП Бородін О. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

каф. Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв

61166, Харків, пр. Науки, 14, тел. +38(057) 702-13-62

E-mail: [oleksandr.taran@nure.ua](mailto:oleksandr.taran@nure.ua)

By using multiple speakers in a speaker system that reproduce specific ranges of sound frequencies, the sound quality can be improved to a great extent, which is not the case for a single-way system. In this case, you can use passive filters after the low-frequency power amplifier, but this solution is less effective than a system in which each speaker has its own active filter and amplifier. In the latter case, we get a significant reduction in power loss and an increase in sound quality, due to better stage matching and the use of operational amplifiers in active filters.

Для підвищення якості звучання акустичних систем застосовуються багато смугові акустичні системи, які містять декілька гучномовців. Кожен гучномовець випромінює акустичний сигнал у відповідній смузі частот. Для цього після вихідного підсилювача потужності низьких частот (ППЗЧ) ставляться пасивні частотні фільтри (рис. 1).

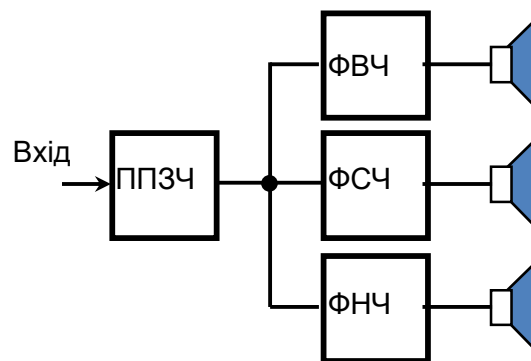


Рисунок 1 – Схема односмугового підсилювального акустичного комплексу

Основні недоліки схеми є підвищенні вимоги до електричних параметрів ППЗЧ; труднощі спряження фільтрів з гучномовцями у смузі частот; поява фазо- та амплітудно-частотних перекоєчень у смугах поділу та нерівномірність АЧХ по звуковому тиску; недостатнє демпфірування НЧ та СЧ гучномовців внаслідок активного опору фільтрів; втрати потужності у фільтрах; потреба у виготовленні великогабаритних індуктивностей та необхідність у конденсаторах великої ємності для фільтрів.

Ці проблеми вирішуються у великій мірі простіше, якщо застосувати схему багатоканального ППЗЧ з активними фільтрами (рис. 2). Багатосмуговий ППЗЧ за тією самою потужністю, що і широкосмуговий, дозволяє використовувати блоки живлення з більш низькою напругою. Внаслідок зменшується габарити блоку живлення і підвищується його надійність.

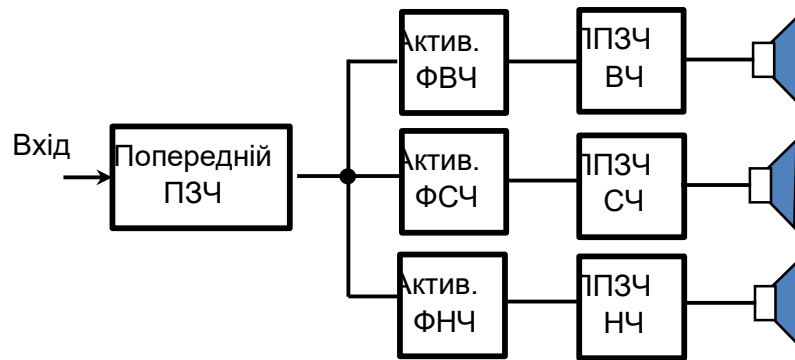


Рисунок 2 – Схема багатосмугового підсилювального акустичного комплексу

В багатосмугових ППЗЧ відсутні втрати потужності у відокремлюючих фільтрах, існують широкі можливості у реалізації активних фільтрів високих порядків, що мають рівномірну ФЧХ та сумарну АЧХ. Гучномовці безпосередньо з'єднуються з виходами підсилювачів, тому не виникають проблеми з їх електричним демпфіруванням та узгодженням по рівню звукового тиску у кожній смузі частот. Однаковий рівень звукового тиску встановлюють за допомогою потрібного коефіцієнта підсилення ППЗЧ. Це дозволяє застосовувати гучномовці, що мають різне значення стандартного звукового тиску та повного опору звукової котушки.

З урахуванням частотного спектра звукових сигналів потрібна потужність ППЗЧ у кожній смузі частот різна. Найбільша вона у НЧ ППЗЧ, а найменша у ВЧ ППЗЧ. Використовуючи сучасні мікросхеми ППЗЧ можливо створити звукопідсилюючий багатосмуговий комплекс з високими електроакустичними параметрами.

#### Література

1. Данілов А.О. Прецизионные усилители низкой частоты. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 352с;
2. Фрунзе А. О повышении качества звучания АС. - Радио, 1992, №12, с. 25-29.

## МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЗОНАНСНО-ТУНЕЛЬНОГО ДІОДУ

Яцун К.С.

Науковий керівник – к.ф.-м.н., доц. Пащенко О.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Мікроелектроніки  
електронних приладів та пристроїв, тел. (057) 702-13-62)

Email: [deadwoldi@gmail.com](mailto:deadwoldi@gmail.com) т. 0997630809

The work is devoted to methods for modeling the frequency characteristics of a GaAs composite semiconductor based on a resonant tunneling diode, presented in mathematical form with the aim of further constructing a theoretically calculated current-voltage characteristic of a diode in accordance with the experimental characteristic. In particular, the method of transfer matrices, which belongs to conditionally analytical methods for calculating electronic transparency, and the method of Green's function, which is a numerical method for calculating transparency, are considered.

Метод матриць перенесення [1]. Даний метод полягає в знаходженні матриці  $T$ , що зв'язує амплітуди  $A$  і  $B$  які поширюються у протилежні сторони.

Потенційний профіль розбивається на кінцеве число  $N-1$  малих ділянок з кроком  $a$ , потенціал в кожному з яких умовно вважається постійним для всього ділянки. У кожній з ділянок аналітично вирішується рівняння Шредінгера і на всьому просторі застосовуються умови безперервності і гладкості хвильової функції. Матриця переносу через кожен елементарну область складається з матриці безперервності і матриці поширення при проходженні ділянки між бар'єрами.

Матриця безперервності має вигляд:

$$d_{i-1,i} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 + \frac{k_i}{k_{i-1}} & 1 - \frac{k_i}{k_{i-1}} \\ 1 - \frac{k_i}{k_{i-1}} & 1 + \frac{k_i}{k_{i-1}} \end{pmatrix}.$$

Матриця поширення:

$$p_i = \begin{pmatrix} e^{-ik_i a} & 0 \\ 0 & e^{ik_i a} \end{pmatrix}.$$

Елементарна матриця переносу:

$$T_i = d_{i-1,i} p_i$$

Розгляд різних фізичних процесів, наприклад, розсіювання електронів в структурі, проводиться за допомогою спеціальних коефіцієнтів [2], які дозволяють привести теоретично розраховану ВАХ.

Метод функції Гріна є чисельним методом розрахунку прозорості [3]. Гамільтоніан в рівнянні Шредінгера приведений до матриці з використанням апроксимації другої похідної, а саме рівняння з урахуванням дискретного представлення хвильової функції і потенціалу записується також у матричному вигляді:

$$[EI - H]\{\psi\} = 0.$$

При розгляді системи «контакт-канал-контакт», де каналом є гетероструктура, рівняння Шредінгера має вигляд:

$$[EI - H - \Sigma_1 - \Sigma_2]\{\psi\} = \{S\}.$$

Функція Гріна є матрицею, на яку необхідно помножити вектор  $\{S\}$ , щоб отримати вектор хвильової функції  $\{\psi\}$ . Фізичний сенс функції Гріна проявляється в її тимчасовому відображенні і полягає в реакції на імпульсна збудження каналу електронами контактів.

Для обліку розсіювання носіїв в рамках когерентної середовища в модель гетероструктури вводяться проби Буттікера, що відображають «плаваючі зонди» - центри розсіювання електронів в різних точках каналу. Математично проби Буттікера виражаються як додаткові резервуари, приєднані до будь-якої точки структури і характеризуються своєю матрицею зв'язку  $\Sigma_i$ .

Ефективний коефіцієнт перенесення можливо визначити за умовною електричної схеми, що складається з контактів і провідників, поміщених між ними. Так як провідність пропорційна коефіцієнту переносу носіїв між контактами, ефективний коефіцієнт прозорості визначається з співвідношень для паралельно і послідовно з'єднаних провідників.

За допомогою цих методів математичного моделювання можливо побудувати N-образну ВАХ резонансно-тунельного діоду та розрахувати два важливі параметра, а саме струм піку ( $I_p$ ) та струм долини ( $I_d$ ) зміна яких впливає на активну область РТД.

#### Список джерел

1 Разжувалов А. Н. Гистерезис туннельного тока в двухбарьерных структурах w-GaN/AlGaIn(0001)/А.Н. Разжувалов – Физика и техника полупроводников, 2008. – Т.42. вып.5. С. 595–603.

2 Москалюк В. А., Тимофеев В. И., Федяй А. В. Сверхбыстродействующие приборы электроники: Учебное пособие / В. А. Москалюк – Киев: НТУУ «КПИ», 2012. – 479 с.

3 Ветрова Н. А., Скороходов Е. А., Шашурин В. Д. К вопросу о надежности радиоэлектронных средств на наноприборах / Н. А. Ветрова – Инженерный журнал: наука и инновации, 2013. — вып.6. С. 242-249.

## ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ЗАРЯДНИХ ПРИСТРОЇВ НА ТРАНЗИСТОРНИХ МОДУЛЯХ

Ст.гр. ЕЕПС-17-1 Березанський А.В.

Науковий керівник – ст. викл. каф МЕЕПП Карнаушенко В.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. 057 702-13-62  
e-mail: andrii.berezanskyi@nure.ua

This describes the features of the construction of chargers on transistor modules. Characteristics of high power chargers (HPC), types and kinds of charging stations and ports of connection to the electric car are presented. The principles of construction of fast chargers with high output power and peculiarities of their realization deserve considerable attention. The presented three-phase bridge converter is realized by means of the power transistor module, its design and the proposed elements for its creation are described.

При розробці «швидких» зарядних станцій для зарядки акумулятора електромобіля ідеально підійдуть транзисторні SiC-модулі. Якщо електромобіль на ніч залишається вдома, то його акумулятор встигне зарядитися навіть при використанні повільної зарядки. Проте, бажано, щоб під час далеких поїздок швидкість зарядки акумуляторів була б порівнянна зі швидкістю заправки традиційних автомобілів з двигуном внутрішнього згоряння. Стационарний домашній зарядний пристрій потужністю 22 кВт може за 120 хвилин забезпечити заряд, достатній для автономного пробігу близько 200 км. Для скорочення цього часу до семи хвилин буде потрібно зарядний пристрій потужністю 350 кВт. Для виконання всіх вимог, що пред'являються виробникам зарядних пристроїв необхідні системи модульного типу. Це дозволяє використовувати готові рішення, наприклад, корпус і концепцію охолодження, в той час як роз'єми, кабелі та силова електроніка можуть бути обрані відповідно до вимог цільового ринку.

*Особливості реалізації «швидких» зарядних пристроїв.* Для організації мережі станцій з «швидкими» зарядними пристроями потрібно створення спеціальної електричної інфраструктури малої або середньої напруги. В зарядному пристрої змінна напруга мережі перетворюється в постійну. Найчастіше для зменшення рівня завад використовуються трансформатори з подвійною вторинною обмоткою. При розробці зарядного пристрою в першу чергу потрібно вибрати тип вхідної напруги: змінна або постійна. При використанні змінної напруги вторинна обмотка трансформатора живить кілька AC/DC-перетворювачів, кожен з яких, в свою чергу, живить власний DC/DC-перетворювач. Перевага такого підходу полягає в спрощенні структури зарядного пристрою. Основним недоліком такого рішення стають габарити такого потужного вхідного перетворювача. Зарядні станції потужністю 2...3 МВт, як правило, будуються на базі загальної шини постійної напруги, яка використовується для живлення



шести-восьми потужних DC/DC-перетворювачів. Сучасні технології силових транзисторів в поєднанні з високопродуктивними мікроконтролерами і цифровою обробкою сигналів дозволяють створювати високоефективні схеми перетворювачів. Використання коректора коефіцієнта потужності виключає споживання реактивної потужності від мережі.

Однією з найбільш широко використовуваних структур є трифазний мостовий перетворювач. Він складається з шести силових ключів, зазвичай — IGBT або SiC-МОП-транзисторів, і вихідного конденсатора. Така схема дозволяє виконувати передачу потужності в двох напрямках і забезпечує повне регулювання коефіцієнта потужності. Управління силовими ключами здійснюється за допомогою ШІМ або векторного ШІМ-сигналу.

Трифазний мостовий перетворювач може бути легко реалізований за допомогою силового транзисторного IGBT модуля з рейтингом напруги 1200 В (рис. 1).

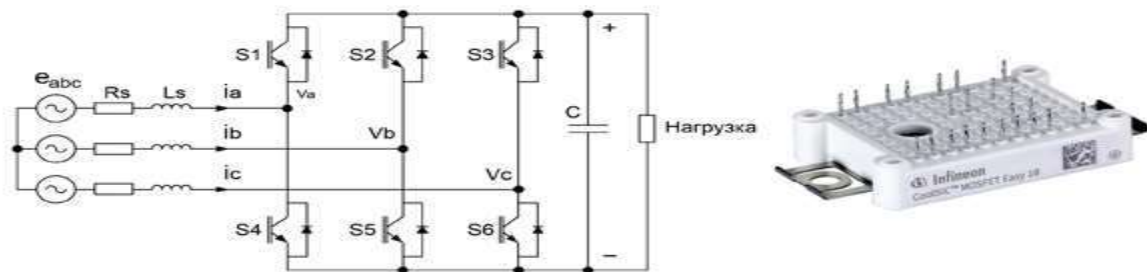


Рисунок 1. Вхідний IGBT каскад реалізований за допомогою одного модуля.

Модуль містить шість МОП-транзисторів, об'єднаних в загальному корпусі. Крім того, до складу модуля входить датчик температури. Модулі забезпечують вихідну потужність 60...100 кВт при частоті 25...45 кГц.

Якщо передача потужності в двох напрямках не потрібна, то найчастіше в якості AC/DC-перетворювача використовується трифазний трирівневий випрямляч з ШІМ-керуванням.

Кожен такий модуль містить два швидкодіючих випрямних діода з рейтингом напруги 1200 В, два повільних випрямних діода з рейтингом напруги 1600 В і два SiC-МОП-транзистора з робочою напругою 1200 В.

Значення SiC-пристроїв, в тому числі діодів і транзисторів, зростає. Ці силові компоненти використовуються як в випрямних каскадах, так і в складі DC/DC-перетворювачів, які забезпечують заряд акумуляторів.

#### Література

1. Perez M.A., Bernet S., Rodriguez J., Kouro S., Lizana R., Circuit Topologies, Modeling, Control Schemes, and Applications of Modular Multilevel Converters. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2015, vol.30, no.1, pp. 4-17.

# ВИКОРИСТАННЯ ТУНЕЛЬНОГО КОНТАКТУ В ПОЛЬОВОМУ ТРАНЗИСТОРІ НА ОСНОВІ ГРАФЕНУ

Ануфрієв В.В.

Науковий керівник – к.ф.-м.н, доц. каф МЕЕПП, Глухов О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел.: (057) 702-13-62

E-mail: valentyn.anufriiev@nure.ua

In a tunnelling transistor, unlike a conventional field-effect transistor the channel is controlled by the quantum tunnelling effect rather than by charge injection. The purpose of this article is to consider the design and features of a graphene-based tunnelling field-effect transistor.

Перший працездатний транзистор з'явився на світ у 1947 році, тим самим почалася нова епоха у сфері електроніки. Транзистори стали використовувати майже всюди, від слухових апаратів, до комп'ютерів. Але, з часом ріст потужностей сповільнився і новим етапом розвитку передбачається графеновий транзистор, який має більшу частоту з тією ж довжиною затвора. Головним недоліком графену є відсутність забороненої зони, тому матеріал веде себе як ідеальний провідник. Для вирішення даної проблеми було додано тунельний контакт в будову транзистору [1].

Висока рухливість електронів, підвищені робочі струми, хороша масштабованість і малий розмір – це одні з головних переваг транзисторів на графені. Проте для запобігання витоків струму і зниження паразитних впливів, проводячих ланцюгів, в чіпах потрібні схожі за характеристиками ізолюючі 2d-матеріали – тонкі, як графен, масштабовані та не пропускають електрони. Щоб подолати це обмеження було запропоновано додати тунельний контакт в канал транзистора [1]. При цьому провідність каналу може змінюватися при зміні напруги на затворі з декількох причин: завдяки зміні енергії Фермі та прозорості тунельного бар'єру в графені, що призводить до перемін щільності станів електронів, що тунелюють.

Тунельний контакт, в запропонованому варіанті [2], є контактом шару графена з діелектриком або напівпровідником. Для забезпечення великого струму (0.8 мА/мкм) відкритого стану тунельна прозорість бар'єру має бути досить високою ( $T \sim 0.1$ ), тобто бар'єр має бути або вузьким, або низьким ( $\sim 0.3$  eV). Висота бар'єру визначається матеріалом тунельного контакту. Відомо, що на межі "графен-гексагональний нітрид бору" висота складає  $h = 1.5$  eV для дірок і 4 eV для електронів [2]. Для зменшення роботи виходу в якості тунельного контакту можна використати напівпровідниковий матеріал (наприклад, SiO<sub>2</sub>), тоді висота

бар'єру дорівнює половині висоти забороненої зони ( $\Phi = \frac{E_g}{2}$ ). На рис. 1 зображено кремнієву вставку, що знаходиться в центрі провідникового каналу.



Рисунок 1 – Тунельний польовий транзистор на основі графену [1]

Використання гексагонального нітриду бору забезпечує високу рухливість носіїв заряду ( $\mu = 100\,000\text{см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ ). Головними особливостями гексагонального нітриду бору є висота бар'єру для тунелювання -  $3.07\text{eV}$ ,  $E_{\text{міц}} = 7.94\text{МВ/см}$  та  $E_g$  h-BN складає  $5.2\text{-}6.0\text{eV}$ , розходження в параметрах решітки h-BN та графена складає  $1.7\%$  (постійна решітки h-BN –  $2.5\text{Å}$ , а для графена –  $2.46\text{Å}$ ). Розміщення графена на підкладках hBN призводить до істотного збільшення рухливості носіїв в графені. Величина ефекту залежить від якості графена і hBN. Розрахункові залежності рухливості від температури, концентрації носіїв і типу підкладок з роботи представлені на рис. 2.

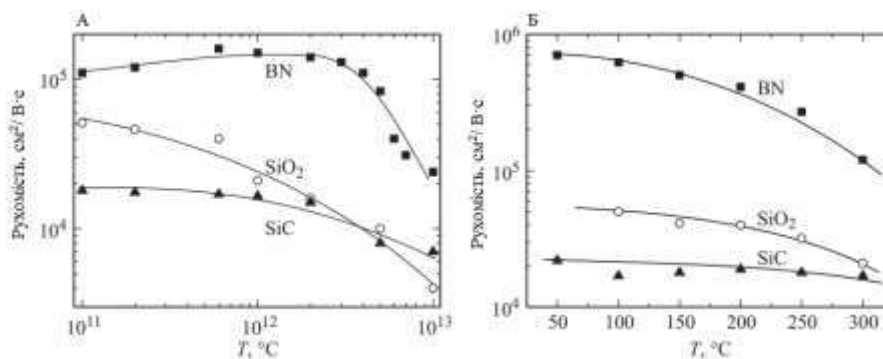


Рисунок 2 – Розрахункові залежності рухливості носіїв в графені, вироблених методом механічного розшарування (А) і методом CVD (Б)

Додання тунельного контакту та нітриду в будову графенового транзистора дає можливість перемикатися між відкритим і закритими станами при низьких напругах (менше  $0.5\text{В}$ ), суттєво збільшує рухливість носіїв заряду. Це означає, що транзистор має менше енергоспоживання та тепловиділення.

#### Література

1. Свінцов Д. А., Вьюрков В. В., Лукічов В.Ф., А.А., Буренков А., Охнер Р. Тунельні польові транзистори на основі графена : наукова стаття. Ерлаген : Інститут інтегральних схем суспільства Фраунгофера, 2013 р. 7 с.

2. Антонова И. В. Вертикальные гетероструктуры на основе графена и других монослойных материалов: научная статья. Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2015 р. 16 с.

# РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ EKF SLAM НА БАЗІ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ MATLAB

Чекубашева В.А.

Науковий керівник – к. ф.-м. н., доц. каф. МЕЕПП, Глухов О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. (057) 702-14-84

e-mail: [valeriia.chekubasheva@nure.ua](mailto:valeriia.chekubasheva@nure.ua)

The method of simultaneous localization and mapping (SLAM) of an unknown space considered in this article. Today, special attention is paid to the automation of complex, harmful, tedious and monotonous work in various fields. One of these is the study of unknown areas, where the penetration of people is impossible due to the mismatch of the microclimate, chemical/biological contamination or landslides etc. This implementation is based on the MATLAB program. The errors analysis graphs were obtained. They show errors that accumulate over time.

Сьогодні важливим напрямком розвитку робототехніки є розробка самостійних систем, здатних орієнтуватися у невідомому важкодоступному просторі, обробляти та передавати дані про нього оператору. Для реалізації задачі побудови карти або для її оновлення в заздалегідь відомому просторі з одночасним контролем поточного місцезнаходження використовується метод SLAM.

SLAM на фільтрі Калмана (EKF) використовує розширений вектор станів, який містить і положення робота  $x_t$ , і положення усіх елементів  $m_i$ . Невизначеність елементів на карті залежить від невизначеності, пов'язаної з положенням робота. Одночасно вона залежить від невизначеності інших елементів, які були використані для оновлення положення робота. Коли спостерігається новий елемент, корегується не лише оцінка положення робота, а й положення інших елементів на карті. Чим більше спостережень зроблено, тим більший ріст кореляції між елементами, тим краще рішення.

В процесі симуляції будується матриця значень, яка зберігає орієнтири та їх опис. При пошуку відповідників для кожного виявленого орієнтира шукається відповідність у цій структурі. Якщо її не знайдено, орієнтир просто додається в матрицю. Якщо було виявлено відповідність, то він використовується для обчислення положення та повторно не записується. Вигляд коваріаційної матриці наступний (1):

$$P_0 = \begin{bmatrix} P_x & P_{xm_0} & P_{xm_0} & \dots & P_{xm_{n-2}} & P_{xm_{n-1}} \\ P_{xm_0} & P_{m_0} & P_{m_0m_1} & \dots & P_{m_0m_{n-2}} & P_{m_0m_{n-1}} \\ P_{xm_1} & P_{m_0m_1} & P_{m_1} & \dots & P_{m_1m_{n-2}} & P_{m_1m_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{xm_{n-2}} & P_{m_0m_{n-2}} & P_{m_1m_{n-2}} & \dots & P_{m_{n-2}} & P_{m_1m_{n-1}} \\ P_{xm_{n-1}} & P_{m_0m_{n-1}} & P_{m_1m_{n-1}} & \dots & P_{m_{n-2}m_{n-1}} & P_{m_{n-1}} \end{bmatrix} \quad (1)$$

За допомогою програмного засобу MATLAB був змодельований рух робота для дослідження невідомого простору. На рис. 1, а чорними лініями позначено перешкоди, червоною – напрямок шляху (система робить рух до кінця карти та назад), а синіми плюсами – орієнтири.

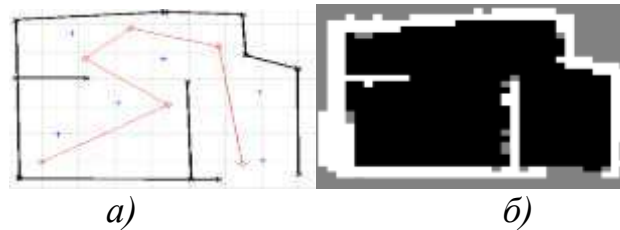


Рисунок 1 – Результати симуляції в пакеті MATLAB: а) карта досліджуваної локації; б) результат побудови карти досліджуваної локації

Графік на рис. 2, а демонструє, на скільки метрів щосекунди робот помиляється. З нього видно, що велика похибка проявляється на місцях крутих поворотів. Графік на рис. 2, б показує результат фільтрації. На рис. 2, а щосекунди з'являється похибка в 0.1-0.65 м, проте сумарна похибка невизначеності не перевищує 0.3 м (рис. 2, б).

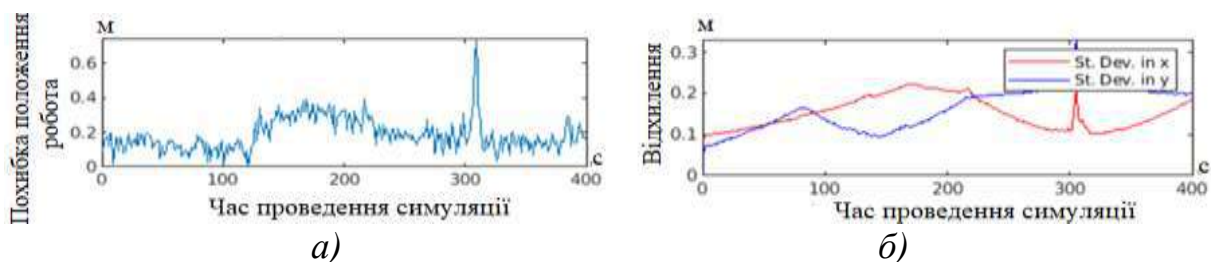


Рисунок 2 – Графіки помилок: а) графік помилок визначення позиції робота; б) графік передбачення позиції робота

Таким чином, використання програмного пакету MATLAB відкриває можливості для дослідження робота віддаленої присутності, здатного візуалізувати невідомий простір. Проведено симуляцію та побудовано карту та відповідні графіки аналізу помилок, що накопичуються з часом. Досліджено їх вплив на загальну невизначеність результатів побудови карти та одночасну локалізацію об'єкта. Для отриманих результатів було вирішено задачу по мінімізації похибки.

### Література:

1. Emharraf M. Mobile Robot: SLAM Implementation for Unknown Indoor Environment Exploration / M. Emharraf, M. Bourhaleb, M. Saber, M. Rahmoun. – Journal of Computer Science, No 2, 2016. – С. 106-112.
2. Welch, G. An Introduction to the Kalman Filter / G. Welch, G. Bishop. – North Carolina: Department of Computer Science University of North Carolina, 2006. – 35 p.

## СХЕМА ВИМІРЮВАННЯ ВАХ СОНЯЧНОГО ЕЛЕМЕНТА ЗА ДОПОМОГОЮ ARDUINO

Сухін В. В.

Науковий керівник – к.ф.-м.н., доц. Фролова Т. І.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, просп. Науки,14, каф. МЕЕПП, тел. (057) 702-13-61

e-mail: [viktor.sukhin@nure.ua](mailto:viktor.sukhin@nure.ua).

In this work, we consider the measurement of the solar element, which consists in adjusting their angle of inclination relative to the sun. it uses the VAC to determine the position of the sun; engines that rotate the solar element, and the Arduino platform, which acts as the main control element. the proposed design of the solar tracker significantly reduces the element base and its complexity in the assembly. it is also very important that with the help of VAC it is possible to clearly observe the degradation of the solar cell over a long period of operation.

В цій роботі буде розглянуто пристрій для керування положенням сонячного елемента [1], який буде функціонувати через вимірювання ВАХ фотоелектричного перетворювача та знаходження найбільш ефективного його значення, а також дозволить виявляти час початку деградації пристрою.

В доповіді розглядаються двовісний сонячний трекер за допомогою якого можна підвищити ефективність роботи фотоперетворювачів на 50 %, на відміну від одновісного при підвищенні на 15 – 17 %. На ринку є як фірмові, вартість яких залежить від їхніх технічних характеристик та комплектації, наприклад, трекери фірми ZRT (Китай) мають вартість починаючи з 2000 доларів, а фірми AS-Sunflower (Україна) – 5000 доларів і більше. Та є приватні збірки з використанням мікроконтролера Arduino та запрограмованої на мові C++ [2]. Зазвичай в цих схемах використовуються 4 фоторезистора, які пропонуємо замінити амперметром та вольтметром для зменшення елементної бази. За допомогою вимірювання ВАХ сонячного елемента стало можливим спостерігати його деградацію.

Полікристалічний сонячний елемент фірми АХІОМА energy має розміри 156x156 мм, потужність в 3.9 Вт, струм короткого замкнення 8.41 А, напругу холостого ходу 0.611 В, коефіцієнт заповнення 0.7, КПД 16 %, рівень деградації 0,7 % на рік, малий температурний коефіцієнт 0.39 %, так як напруга і потужність зменшуються при підвищенні температури.

Схема керування положенням сонячним елементом складається з платформи Arduino, 2 сервомотори SG90, 2 резистора 10 кОм, полікристалічний сонячний елемент та цифровий амперметр, вольтметр. Використання в схемі двох сервомоторів для руху сонячного елемента по

двом осям для максимального КПД. Уся схема буде запитуватися від 9 В батарейки яка входить в радіус напруги для плати Arduino від 7 до 12 В.

На рис. 1 наведена схема системи вимірювання ВАХ сонячного елемента на Arduino з використанням амперметра та вольтметра. Вона функціонує за рахунок обробки даних з вимірювальних приладів, а саме струму і напруги, якщо показники не максимальні, то контролер Arduino подає сигнал на сервомотори у напрямку положення джерела сонячного світла. Вся схема може керуватися дистанційно [1, 3].

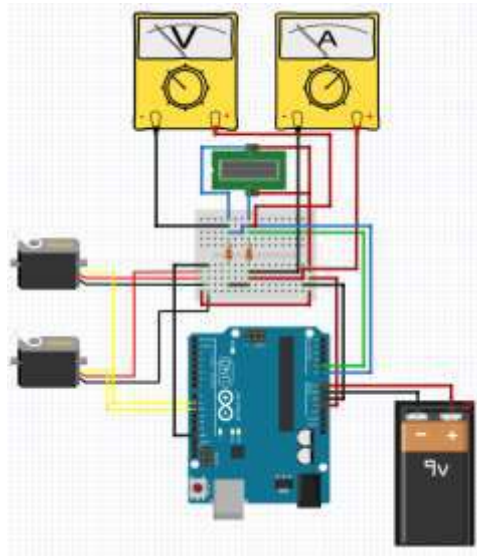


Рис. 1 – Схема вимірювання ВАХ сонячного елемента за допомогою Arduino

Запропонована конструкція сонячного трекеру значно зменшує елементу базу та складність її в збірці. Також дуже важливо те, що за допомогою ВАХ можна спостерігати за деградацією сонячного елемента під час експлуатації.

Список використаних джерел:

1. Сухін В. В., Фролова Т. И. Система керування сонячними панелями на базі ARDUINO, Матеріали 24-го Міжнародного молодіжного форуму "Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті", 7-9 квітня 2020 р., Конференція "Електронна, лазерна та біотехнічна інженерія". – Харків: ХНУРЕ. 2020 . – С. 47-48.

2. Петин В. А., Биняковский А. А, Практическая энциклопедия Arduino. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 152 с.

3. Чуприна А. А., Фролова Т. И. Применение умных технологий для тепличных комплексов на основе платформы ARDUINO, Матеріали 22-го Міжнародного молодіжного форуму "Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті", 17-19 квітня 2018 р., Конференція "Віртуальний та фізичний комп'ютеринг". – Харків: ХНУРЕ. 2018 . – С. 244-245.

## **ЗБІЛЬШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРОВСКІТНИХ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ЧЕРЕЗ ВИКОРИСТАННЯ ЙОДИДУ МІДІ**

Слюсаренко О. А.

Науковий керівник – к.ф.м.н., доц. Галат О.Б.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. (057) 702-13-62  
e-mail: oleksandr.sliusarenko@nure.ua.

Nickel oxide (NiO) is one of the most promising and high-performing Hole Transporting Layer (HTL) in inverted perovskite solar cells due to ideal band alignment with perovskite absorber, wide band gap, and high mobility of charges. At the same time, however, NiO does not provide good contact and trap-free junction for hole collection. In this paper, we examine this problem by developing a double hole transport configuration with a copper iodide (CuI) interlayer for efficient surface passivation.

Перовскітні сонячні елементи (ПСЕ) — це новітня технологія для фотоелектричних систем. Ця технологія має ряд переваг над кремнієвою що пов'язано з унікальними напівпровідниковими властивостями гібридних галогенідних перовскітів за рахунок більшої довжини дифузії носіїв заряду, поверхневої рекомбінації, амбіполярного переносу заряду та ширшого спектру поглинання. Більш того, перовскітні фотоперетворювачі використовують технологію обробки тонких плівок, що може бути реалізована з низькими витратами, як на жорстких, так і на гнучких підкладках. Наприклад, кремнієві сонячні батареї при товщині в 180 мкм поглинають стільки ж світла, скільки перовскіт поглине при товщині всього в 1 мкм.

Але ця технологія ще не набула розповсюдження через проблеми зі стабільністю пристроїв на її основі. Більш того, ефекти гістерезису в вольт-амперних характеристиках, що виникають із-за руху іонів і ефектів рекомбінації на кордонах розділу, погіршують точку максимальної потужності. Гістерезис характеристики сонячної панелі може бути зменшений за рахунок використання перевернутої планарної p-i-n структури без істотної втрати продуктивності.

Шар переносу дірок (ШПР) в інвертованому плоскому ПСЕ слід вибрати з урахуванням: вирівнювання рівнів валентної зони щодо перовскітового поглинача (близько -5,45 eV), широкої забороненої зони для зменшення паразитного поглинання та відповідний діапазон рухливості дірок, близький до галогенідного перовскіту  $10^{-3}$ - $10$  В · с/см<sup>2</sup>). Крім того, виготовлення ШПР має задовольняти деяким технологічним вимогам, таким як однорідність і площинність наплавленого ШПР та низькотемпературна обробка. Для цього завдання було розроблено кілька органічних і неорганічних матеріалів для перенесення дірок, і одним з найбільш багатообіцяючих кандидатів є оксид нікелю, який задовольняє



всім ключовим вимогам, перерахованим вище. Оксид нікелю (NiO) має ширину забороненої зони 3,6 eV, рівень валентної зони EV від -5,4 eV до -5,2 eV і рухливість дірок ( $\mu_h$ ) до  $10 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ .

У порівнянні з органічними ШПР, NiO має кілька переваг, таких як хороша стабільність межі розділу зі струмознімальними електродами [1]. Також його можна наносити різними способами: обробка розчину з використанням прекурсорів, дисперсії наночастинок, вакуумна обробка з магнетронним розпиленням та атомно-шарового осадження. До теперішнього часу р-і-n з NiO продемонстрували ефективність перетворення енергії, що перевищує 18% , при цьому все ще залишаються великі можливості для оптимізації. Однак власна, а не пасивована плівка NiO не забезпечує стабільного з'єднання з перовскитом, що вимагає відповідної модифікації.

У цій роботі ми демонструємо, що наявний у продажу йодид міді може діяти як ефективний пасивуючий матеріал для NiO. Проміжний шар з йодиду міді (CuI) був включений в структуру пристрою між перовскітним поглиначем і транспортним шаром NiO. До теперішнього часу йодид міді розглядався як ШПР для інвертованого ПСЕ з нижчою ефективністю, ніж у NiO. Однак в цій роботі ми показуємо, що основна перевага використання CuI полягає в поєднанні з NiO. Як показано в [2], прошарок CuI дозволяє швидко інжектувати дірки завдяки своїм непоганим транспортним властивостям, таким як висока рухливість дірок  $> 40 \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$  та великий термін служби зарядів. Виявлено, що оброблена в розчині CuI в конфігурації NiO / CuI може знизити рівень поверхневої рекомбінації, покращуючи властивості переносу заряду і зменшуючи динаміку деградації.

Більш того, ідеальне вирівнювання рівнів валентної зони між метіламмоній-йодидом свинцю перовскитів - CuI - NiO не створює перешкод для переносу заряду. Пасивація CuI покращує зміст летючих органічних сполук, яка збільшується з 1,02 В для чистого NiO до 1,07 В для NiO / CuI і знижує послідовний опір. Зразок на основі NiO / CuI має ефективність 15,26%, що відповідає збільшенню майже на 10% в порівнянні з NiO, та має кращі терміни експлуатації і стабільність.

#### Список використаної літератури

1. Sun, K.; Zhang, S.; Li, P.; Xia, Y.; Zhang, X.; Du, D.; Isikgor, F.H.; Ouyang, J. Review on Application of PEDOTs and PEDOT:PSS in Energy Conversion and Storage Devices. *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 2015, 26, 4438–4462.
2. Gotoh, K.; Cui, M.; Takahashi, I.; Kurokawa, Y.; Usami, N. Development of Spin-Coated Copper Iodide on Silicon for Use in Hole-Selective Contacts. *Energy Procedia* 2017, 124, 598–603.

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Мірошниченко О. І.

Науковий керівник – канд. фіз-мат. наук, доц. Фролова Т. І.

Харківський університет радіоелектроніки

61166, Харків, просп. Науки 14,

каф. Мікроелектроніки електронних приладів та пристроїв,

тел. (057) 702-13-62, email: [oleksii.miroshnychenko@nure.ua](mailto:oleksii.miroshnychenko@nure.ua).

This work is devoted to assessing the efficiency of solar panel, namely, orientation systems based on the position of the Sun. The basic designs of solar position monitoring systems were considered. A comparative calculation of the efficiency of single- and biaxial tracking systems relative to stationary solar panels for the geographical latitude of the city of Kharkiv is carried out. It has been found that the two-axle system is the most effective compared to other tracking systems, especially in winter.

З кожним роком все гостріше постає питання збільшення потужностей відновлюваних джерел енергії, так як традиційні джерела енергії не завжди безпечні для навколишнього середовища, та використовують досить дорогі ресурси. На нинішньому етапі розвитку електроенергетики найбільш перспективними джерелами отримання енергії є відновлювані джерела енергії, а саме вітрові та сонячні електростанції. Для використання сонячних фотоперетворювачів непотрібні спеціальні умови, тому їх широко використовують не тільки на великих електростанціях, а й в приватних будинках. Найбільша ефективність роботи сонячних панелей досягається при виконанні умови падіння сонячних променів на поверхню під кутом 90 градусів. Тому для збільшення ефективності перетворення сонячної енергії в електричну доцільно використовувати системи орієнтування.

Існує три метода контролю положення сонячних панелей:

- за допомогою керування вручну (оператор задає напрямок);
- пасивний спосіб – панелі направляються за допомогою заданого алгоритму;
- активний спосіб – відбувається за допомогою сенсора на максимальний потік світлового випромінювання.

Сонячний трекер складається з: несучої конструкції, системи позиціонування рухомої частини трекера, систему керування та інтерфейс, системи безпеки, інвертор [1]. Система контролю скеровує панелі в напрямку Сонця по денній та річній програмах, тому траєкторія переміщення Сонця на протязі кожного дня в році і являється вхідною характеристикою системи контролю.

Для розрахунку отриманої потужності сонячного випромінювання необхідно визначити кількість сонячної енергії що надходить на протязі дня. Потік прямої сонячної радіації  $S_{r_{np}}$  на поверхню, розташовану під

кутом  $\beta$  до цього потоку дорівнює:

$$S_{r_{пр}} = S_{r_{max}} \cdot K_{ат} \cdot \cos \cos \beta ,$$

де  $S_{r_{max}}$  – кількість сонячної радіації, що потрапляє на Землю, що дорівнює  $1325 \text{ Вт/м}^2$ . Під час розрахунків треба враховувати що близько 30-35% енергії Сонця відбивається від атмосфери, тому на поверхні Землі цей показник становить  $S_{r_{max}} = 925 \text{ Вт/м}^2$ ;  $\beta$  – приведений кут падіння променів Сонця на поверхню інсоляції;  $K_{ат}$  – коефіцієнт поправки на повітряну масу, яку проходять промені на шляху від Сонця до поверхні Землі [2].

Для оцінки ККД систем контролю необхідно порівняти потужності сонячних панелей, які працюють з використанням систем контролю положення, з потужностями панелей, що встановлені нерухомо. Проведено розрахунок для географічної широти міста Харкова для систем з двома та однією віссю, а також для стаціонарно встановлених сонячних панелей, який наведено на рисунку 1.

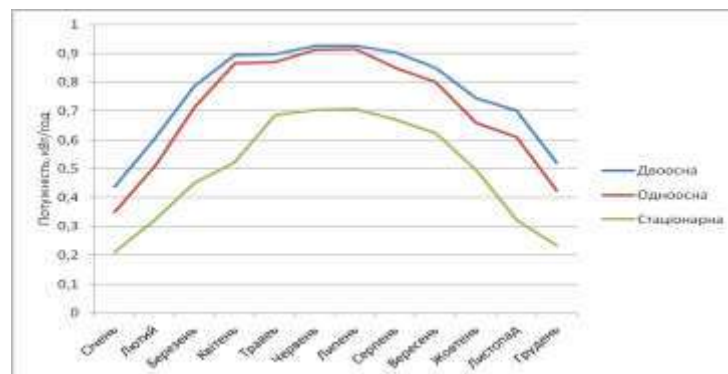


Рисунок 1 – Графік максимальної потужності сонячних панелей на  $1 \text{ м}^2$  в залежності від місяців року

В сумі одновісна система орієнтування за рік підвищує ефективність вироблення енергії на 51 %, а двовісна система – на 63 % в порівнянні з панелями, що встановлені стаціонарно.

Список використаних джерел:

1. Gay C.F., Wilson J.H. and Yerkes J.W. Performance advantages of two-axis tracking for large flat-plate photovoltaic energy systems // «Conf. Rec. IEEE Photovoltaic Spec. Conf». 1982. – p. 16.
2. Frolova Tetyana, Solar Simulator for Photovoltaic Devices Based on the Electrodeless Sulfur Lamp / Tetyana Frolova, Andrii Frolov // 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET'2018), Lviv-Slavske (Ukraine), 20-24 February, 2018. – PP. 785–789. DOI: 10.1109/TCSET.2018.8336316.

## **КОЕФІЦІЄНТ ПУЛЬСАЦІЙ ДЕЯКИХ СВІТЛОДІОДНИХ ЛАМП, НАЯВНИХ НА РИНКУ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ**

Падалко Є.О.

Науковий керівник – старший викл. Бендебєря Г.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166 Харків, пр. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел.:(057) 702-13-62  
e-mail: yevheniia.padalko@nure.ua

The article offers the basic review of the safety requirements that are imposed on LED lamps radiation and represents the main points about the way the LED lamp ripple factor influences the health and well-being of people exposed to the emitted radiation flux. The total number of four different lamps has been studied to determine their ripple ratios. Obtained results show the variance of the ripple ratios and its dependence on the quality of the power module.

Мета роботи – дослідження рівня пульсацій LED ламп, щодо їх відповідності санітарним нормам параметрів освітленості. Розширення ринку і сфер використання світлодіодних ламп обумовлює потребу у вивченні впливу їх освітлення на здоров'я людей.

Науково досліджено наявність шкідливого впливу спектру випромінювання світлодіодних ламп на зір і циркадні ритми людини у довгостроковій перспективі, а мерехтіння освітлення на самопочуття – вже у короткостроковій [1, 2]. Видимі пульсації частотою до 80 Гц розрізняються оком людини і негативно впливають на мозок, призводячи до зниження концентрації, дратівливості, швидкої втомлюваності. Мерехтіння в діапазоні від 80 Гц до 300 Гц не сприймаються безпосередньо оком, проте доведено, що зорові рецептори людини розрізняють ці коливання, що у результаті призводить до порушення нормальної роботи мозку.

Результати проведених раніше експериментів показали наступне [1]:

- мозок людини сприймає пульсації світла, що не відчуються візуально (як за частотою, так і за амплітудою);
- пульсації світла частотою вище 100Гц починають впливати на роботу мозку вже при глибині від 2% до 3%;
- пульсації, глибиною більше 20% мають той же ефект, що і 100%;
- при рівні мерехтінь від 5% до 8% з частотою 100Гц і більше, нормальна робота мозку порушується;
- мозок здатний засвоювати до чотирьох частот світлових пульсацій одночасно;
- мозок не сприймає пульсації світла частотою вище 300Гц.

Для обчислення коефіцієнта пульсацій різних LED ламп для порівняння їх безпеки для зору по параметру пульсацій було використано цифровий осцилограф RIGOL DS1204B, щоб спостерігати зміну світлового потоку в часі і вимірювати необхідні для розрахунку величини  $K_{п}$ . Вимірювання проводилися в темній кімнаті для мінімізації фону. Для збільшення фотосигналу, який є пропорційним освітленості, в якості фотодатчика було застосовано фотодіод з великою площею переходу типу ФД-24К. Для зниження наведень на вхідний сигнальний ланцюг фотодіод було підключено в режимі короткого замикання безпосередньо до вхідного роз'єму.

Коефіцієнт пульсації освітлення є показником глибини змін в часі світлового потоку і розраховується за формулою:

$$K_{п} = \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{rms}} \cdot 100\%,$$

де  $E_{max}$  і  $E_{min}$  – максимальна та мінімальна освітленість,  $E_{rms}$  – середньоквадратична величина освітленості за час вимірювання.

Результати розрахунків  $K_{п}$  наведені в табл.1. Перші три лампи укомплектовані якісними модулями живлення, тому їх  $K_{п}$  незначний і знаходиться в межах норми; у четвертої – простий модуль живлення, що складається з баластного ланцюга і випрямляючого моста з фільтром. Не зважаючи на малу потужність, пульсація світлового потоку у неї завищена.

Таблиця 1 – Результати розрахунку  $K_{п}$  протестованих ламп

Модель лампи	BIOM BT-509, 10Вт	ELM PA10L, 10Вт	MAXUS-2LED-561P 10Вт	DIOLUX FL-SMOLED-30-KW-220 1,5Вт
$K_{п}$ , %	2,8	2,75	1,36	17,8

Залежно від використовуваного у світлодіодних лампах джерела живлення їх пульсації можуть змінюватися від дуже малих до максимальних, за межами санітарних норм. Неякісні елементи і невдалі схеми технічні рішення призводять до підвищення коефіцієнту пульсацій. В деяких випадках мерехтіння світлодіодних ламп може з'явитися лише через певний час експлуатації, що також свідчить про низьку якість комплектуючих радіоелементів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шаракшанэ А.С., Мамаев С.В. Фактические значения пульсации освещенности, создаваемой современными источниками света // Научно-технический "Оптический журнал". – 2017. – №1. – С.41–47.

2. Ошурков И. Обоснованный подход к нормативам пульсаций светодиодного освещения//Современная электроника. – 2013. – №4. – С.11–16.

## ІМІТАТОР СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА СВІТЛОДІОДАХ

Позднякова А. О.

Науковий керівник – к.ф.-м.н., доц. Фролова Т. І.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Радіотехніки, тел. (057) 702-10-57

e-mail: [anna.pozdniakova@nure.com](mailto:anna.pozdniakova@nure.com)

Solar simulator is a fundamental instrument to characterize solar cells parameters, as they can reproduce the operating conditions under which the solar cells are going to work. The solar simulator provides a controllable indoor test facility for testing solar cells and photovoltaic modules under laboratory conditions by producing illumination approximating natural sunlight. This project focusses on matching the output spectrum of the simulator to the reference spectral distribution of sunlight in the visible spectral range at AM1.5G as defined in ASTM G173-03 standard.

Імітатор сонячного випромінювання (ІСВ), як правило, складається із штучного джерела світла, яке забезпечує спектральний та оптичний склад, аналогічний інтенсивності сонячного випромінювання. ІСВ створює потік імпульсного або безперервного оптичного випромінювання, спектральні характеристики якого близькі до параметрів сонячної радіації. ІСВ можна використовувати для різних цілей: наприклад, оцінка впливу сонячного світла на людину при вивченні біоритмів або відновлення після хвороб, а також в архітектурному освітленні, сільському господарстві (підвищення врожайності), тваринництві та рибальстві. Однак основна мета ІСВ – виміряти ефективність фотоелектричних елементів або перевірити радіаційну стійкість фарби, скла та інших матеріалів [1].

ІСВ може бути стаціонарним або імпульсним та його ефективність по кожній з трьох визначених категорій (спектральна відповідність, просторова неоднорідність і тимчасова нестабільність) може характеризуватись одним з трьох класів (А, В або С). ІСВ може бути віднесеним до декількох класів, залежно від його характеристик в кожній з категорій. При тестуванні характеристик сонячних батарей і фотоелектричних модулів використовуються ІСВ відповідного класу, які з високою точністю відтворюють сонячне випромінювання при умові АМ 1.5G (маса атмосфери на поверхні Землі) і АМ 0 (маса атмосфери для позаземної атмосфери) (рис. 1) [2].

Традиційно імітатори вироблялися із використанням ксенонових або металогалогенних газорозрядних ламп, однак в останнє десятиліття їх витіснили ІСВ на світлодіодах, які мають ряд переваг: точність контролю їх емісії як в часі, так і по інтенсивності через програмне забезпечення, швидке переключення і налаштування спектрального розподілу з використанням різних діапазонів для вивчення

різних фізичних і хімічних ефектів, а також екологічність через відсутність ртуті або важких металів.

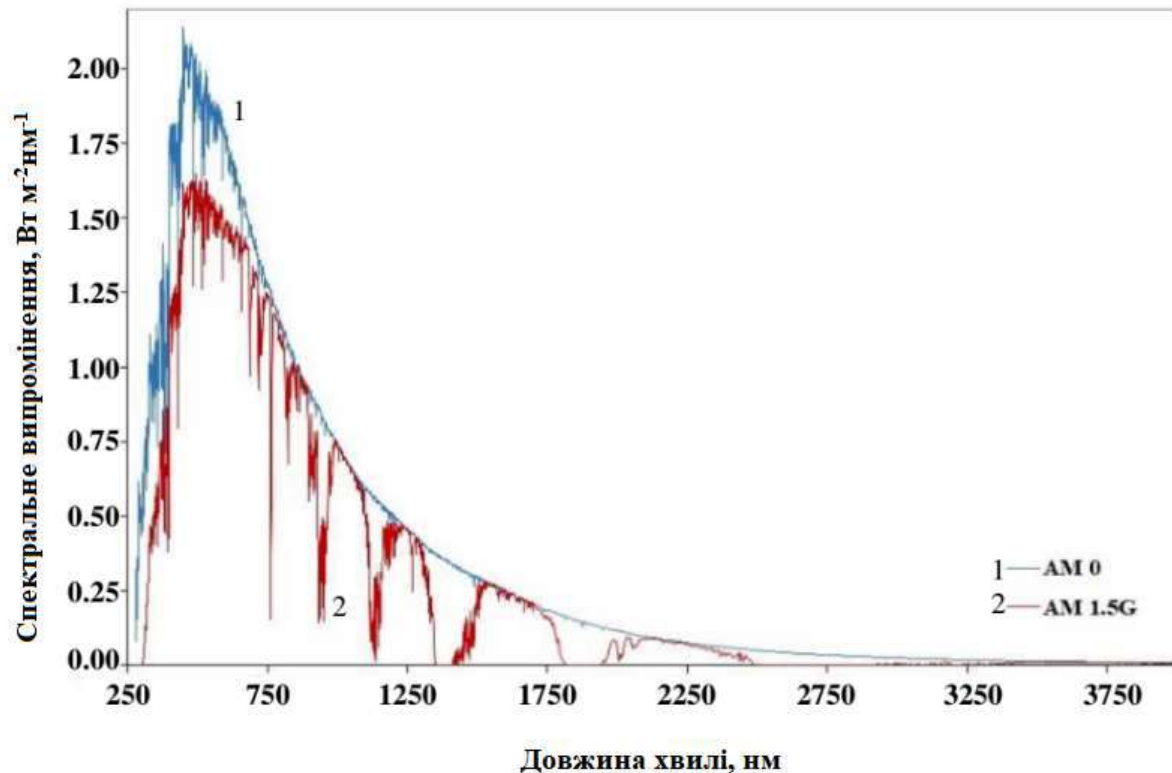


Рис. 1: AM 0 і AM 1.5G стандартні спектри згідно ASTM G 173-3 [1]

Для проектування та моделювання ІСВ на світлодіодах використовується програмний пакет Scilab. Особливістю дизайну буде освітленість кожного світлодіода, що проектується в площині зразка. Використовуючи значення випроміненої потужності кожного окремого світлодіода, скрипт програми повинен отримувати значення спектральної освітленості в кожній точці поверхні у площині зразка. Потім скрипт повинен інтегрувати спектральну освітленість у весь спектр для отримання значення енергетичної освітленості в кожній точці площини зразка [1].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Eduardo López-Fraguas , José M. Sánchez-Pena , Senior Member and Ricardo Vergaz, “A Low-Cost LED-Based Solar Simulator” in IEEE transactions on instrumentation and measurement, vol. 68, no. 12, december 2019.
2. T. Frolova and A. Frolov, “Analysis of a solar simulator based on the electrodeless sulfur lamp for photovoltaic devices” in Telecommunications and Radio Engineering, 77(6):525-539 (2018).

## НАНОПОЛИМЕРНЫЕ ОПТИЧЕСКИ ПРОЗРАЧНЫЕ КОМПОЗИТЫ

Кравченко А.В.

Научный руководитель - д.м.н., проф. Слипченко М. И.  
Институт сцинтилляционных материалов НАН Украины  
61072, г. Харьков, пр. Науки, 60, тел. (050) 591-24-55  
E-mail: [kravcenkoaleksandr671@gmail.com](mailto:kravcenkoaleksandr671@gmail.com)

This work is devoted to the current state and tendencies of development of transparent polymeric compositions containing nanosize fillers, which open new prospects for further improvement and efficiency of not only optical devices, but also products of scintillation technology, light engineering, photovoltaics, as well as applications in other fields of science and technology. The obtained stable colloidal solutions of titanium oxide  $\text{TiO}_2$  nanoparticles by sol-gel method.

К приоритетным активно развивающимся в последние годы научным направлениям относится создание прозрачных полимерных композиций, содержащих наноразмерные наполнители, которые также открывают новые перспективы перед оптическим и оптико-электронным приборостроением [1].

Высокотехнологичная и относительно дешевая полимерная оптика является средством для решения технических задач, связанных со снижением трудоемкости сборки, улучшением конструкций и надежности различных оптических приборов.

Полимерные нанокомпозиты - это полимерные материалы, которые наполнены частицами, имеющими хотя бы один из размеров в нанометровом диапазоне. При создании полимерных нанокомпозитов основной задачей полимерной матрицы является обеспечение совместности с наночастицами, обеспечение равномерности распределения наночастиц. В качестве наполнителя полимеров используется наночастицы благородных металлов или полупроводников размером 1-20 нм, в которых сильная пространственная локализация валентных электронов приводит к появлению свойств, отличных от свойств, как твердого тела, так и изолированных молекул. Наиболее перспективны для получения квантово-размерных эффектов частицы, размер которых не превышает 10 нм [2].

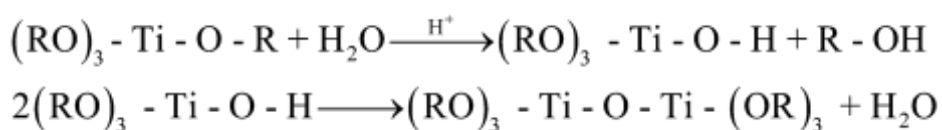
Наночастицы, встроенные в полимер не вызывают рассеяния света, если они распределены равномерно и их размер намного меньше длины волны излучения.

При большой концентрации наночастиц показатель преломления нанокомпозита со встроенными наночастицами может намного превышать показатель исходного материала, что увеличивает световыход светоизлучающих полупроводниковых светодиодов или светопропускание для полупроводниковых приемников света и оптических систем.



Среди большого числа нанодисперсных наполнителей полимерных матриц при получении композиционных материалов большим вниманием пользуется диоксид титана (TiO<sub>2</sub>). TiO<sub>2</sub> имеет полосу поглощения в ближнем УФ диапазоне длин волн, обеспечивая, таким образом, высокую дисперсию при желаемых длинах волн видимого диапазона без существенного поглощения.

На основе золь-гель метода [3, 4, 5] был получен устойчивый коллоидный раствор наночастиц TiO<sub>2</sub>, в основе которого протекание каталитически зависимо процесса гидролиза алкоксида титана (IV) с последующей конденсацией продуктов гидролиза, по уравнениям химических реакций [3]:



В результате был получен водный агрегативно-устойчивый коллоидный раствор наночастиц TiO<sub>2</sub> с концентрацией 20 г / л. Наночастицы TiO<sub>2</sub> имели размеры 3-5 нм, что в среднем в два раза меньше размеров наночастиц TiO<sub>2</sub>, получаемых при гидролизе изопророксида титана (IV) [3, 4].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов, Виталий Иванович. Физические основы нанотехнологий и наноматериалы : учебное пособие / В. И. Смирнов. – Ульяновск : УлГТУ, 2017. – 240 с. ISBN 978-5-9795-1731-5
2. Серова В.Н. Оптические и другие материалы на основе прозрачных полимеров. Серова: монография/ В.Н. Серова; Федер. Агентство по образованию, Казан. Гос. Технол. Ун-т. – Казань: КГТУ, 2010. – 540 с.
3. Oskam G. The growth kinetics of TiO<sub>2</sub> nanoparticles from titanium (IV) alkoxide at high water/titanium ratio / G. Oskam, A. Nellore, R.L. Penn, et al. // Journal of Physical Chemistry B. – 2003. – Vol. 107, № 8. – P. 1734-1738.
4. O'Regan B. Vectorial electron injection into transparent semiconductor membranes and electric field effects on the dynamics of light-induced charge separation / B. O'Regan, J. Moser, M. Anderson et al. // The Journal of Physical Chemistry. – 1990. – Vol. 94, № 24. – P. 8720-8726.
5. Максимов А. И., Мошников В. А., Таиров Ю. М., Шилова О. А. Основы золь-гель-технологии нанокompозитов. Монография. СПб.: Техномедиа, Элмор, 1-е изд. 2007, 2-ое изд. 2008. 255 с. ISBN 5-7629-0850-X

## ВИКОРИСТАННЯ СЦИНТИЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІ ІЗ НАДВИСОКОЮ РАДІАЦІЙНОЮ СТІЙКІСТЮ

ст. гр. МНТМН-18-1 Дубіцький А. Є.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Стрількова Т. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Мікроелектроніки,  
електронних приладів та пристроїв, тел. (057) 702 13 62)

e-mail: [artur.dubitskyi@nure.ua](mailto:artur.dubitskyi@nure.ua)

The detection of ionizing radiation by the scintillation process remains one of the most useful methods available for the detection of a wide assortment of radiations. Hence, nowadays, scintillation materials with radiation resistance are highly demanded.

Найчастіше сцинтилятори використовуються із подальшим під'єднанням до ФЕП, для перетворення світлового імпульсу у електронний. ФЕП працюють із високими напругами, через що у систему вноситься багато шумів. Матеріали на основі кристалів NaI:Tl, CsI:Tl, CsI:Na,  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ ,  $\text{YAlO}_3\text{:Ce}$  та інші, непридатні для таких досліджень, оскільки за своєю природою мають неприйнятний рівень власної радіоактивності[1].

Саме тому сцинтиляційні кристали, що використовуються у ядерній фізиці та у фізиці високих енергій, повинні мати гарну радіаційну стійкість – здатність сцинтиляційного матеріалу зберігати свої властивості при дії сильного іонізуючого випромінювання, більше  $10^4$  грей, або  $10^6$  рад.

Є ряд заходів покращення радіаційної стійкості сцинтиляторів. Кристали можуть бути заздалегідь опромінені короткочасним випромінюванням високої інтенсивності, що створить додаткові центри рекомбінації, для компенсації часу виходу. Деякі кристали самовідновні, проте самовідновлення займає багато часу, тому, для прискорення цього процесу, кристали нагрівають до 200-300 °С. Або опромінюють матеріал ультрафіолетовим світлом, що є більш прийнятним.

Найкращими матеріалами для поставлених вимог є ортосилікати, активовані церієм: ортосилікат гадолінію, ортосилікат лютецію, та ортосилікат ітрію, GSO ( $\text{Gd}_2\text{SiO}_5(\text{Ce})$ ), LSO ( $\text{Lu}_2\text{SiO}_5(\text{Ce})$ ) та YSO ( $\text{Y}_2\text{SiO}_5(\text{Ce})$ ) відповідно. Всі матеріали мають приблизно однакові характеристики, які можна порівняти у наведеній таблиці 1.1. Всі вони є тугоплавкими. Можна відмітити гарну швидкодію даних матеріалів, час затухання дозволяє використовувати їх у високочастотній апаратурі.

Проте вони не ідеальні. За високу щільність, малий час затухання, найкращу радіаційну стійкість, вони платять малим світловим виходом, від 9000 до 12500 фотонів/MeV, тільки ортосилікат лютецію має більш-менш прийнятний світловий вихід – 27000 фотонів/MeV, у той час як найпоширеніший у індустрії йодистий натрій NaI(Tl) має світловий вихід

до 40000 фотонів/МеВ. Він звісно не має такої радіаційної стійкості, але за сукупністю параметрів та дешевизною він у змозі конкурувати навіть із даними сцинтиляторами.

Отже, сучасні монокристалічні сцинтилятори із високою радіаційною стійкістю виконують свою роль, але також ведеться пошук нових, більш досконалих матеріалів, або способи покращення існуючих. В роботах [1,2] описані дослідження із кількістю активатора, задля поліпшення існуючих структур.

Таблиця 1.1 – Характеристики GSO, YSO, LSO [1,2]

Характеристики	YSO ( $Y_2SiO_5(Ce)$ )	GSO ( $Gd_2SiO_5(Ce)$ )	LSO ( $Lu_2SiO_5(Ce)$ )
Світловий вихід, фотони/МеВ	9200-10000	12500	27000
Довжина хвالی	420	430	420
Показник заломлення	1.79	1.85	1.82
Час затухання, нс	42	56	40
Ефективний атомний номер	33	59	66
Щільність, г/см <sup>3</sup>	4.45	6.7	7.4
Температура плав., К	2200	2173	2423

Розробка та використання сцинтиляційних матеріалів в електронних пристроях забезпечить економію енергії, адже світлодіоди на сапфіровій підкладці споживають на 30% менше енергії. Розширення списку сцинтиляторів дозволить розширити спектри поглинання реєстраторів.

### Список бібліографічних посилань

1. Цибульський В. С. фото- і термостимульовані процеси в сцинтиляційних матеріалах на основі сапфіру, вольфраматів і молібдатів : дис. канд. фіз.-мат. наук : 01.04.10 – фізика / Цибульський Володимир Степанович – Львів, 2016. – 136 с.

2. Креч А. В. Радіаційно-стійкі композиційні сцинтиляційні матеріали: дис. канд. техн. наук / Креч Антон Владиславович – Харків, 2017. – 167 с.

3. Глобус М. Е. Неорганические Сцинтиляторы. Новые и традиционные материалы / М. Е. Глобус, Б. В. Гринев. – Харьков: Акта, 2000. – 408 с.

4. Knoll G. F. Radiation Detection and Measurement Third Edition / Glenn Frederick Knoll. – 796 с. 5. Шендрік Р. Ю. Введение в физику сцинтилляторов – 1 / Р. Ю. Шендрік. – Иркутск, 2013. – 110 с.

## ОГЛЯД ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НАНОЧАСТОК ДЛЯ БІОІНЖЕНЕРІЇ ТА МЕДИЦИНИ

Чухно Д.А.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Грицунов О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. (057) 702-13-62)

e-mail: [dmytro.chukhno@nure.ua](mailto:dmytro.chukhno@nure.ua).

The purpose of this paper is the analysis of magnetic nanoparticles with a modified by polysaccharide surface and the study of their properties. The process of applying a shell of glucose to magnetic nanoparticles was carried out by two methods (from the solution and by hydrothermal technology). The synthesized by hydrothermal method magnetic nanoparticles with a glucose shell were also analyzed. The analysis of the infrared spectra of the modified magnetic nanoparticles confirmed the presence of bands characteristic of hydrocarbons. The magnetic characteristics of the considered nanoparticles differ significantly, which is, to all appearance, because of the different conditions of the magnet oxidation process.

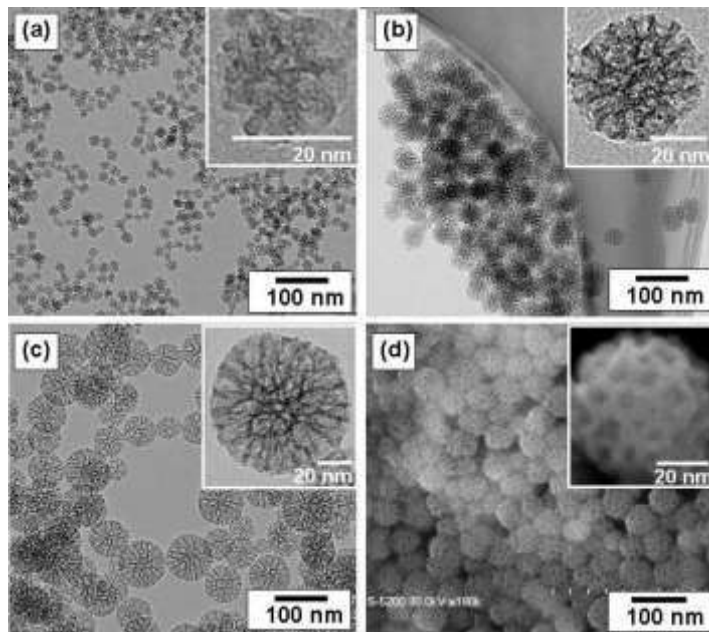
У доповіді проведено аналіз магнітних наночастинок з модифікованою полісахаридом поверхнею для біомедичних технологій та вивчення їх властивостей. Аналізувався процес нанесення оболонки з глюкози на магнітні наночастки, що проводиться двома методами: з розчину і гідротермально.

Наночастки різного типу [1, 2] знаходять застосування в медицині і фармацевтиці. Магнітні наночастки можуть точково доставити капсулу, наприклад, з лікарським засобом, що вбиває ракові клітини, або атоми радіонукліду до області людського тіла, для якої вони призначаються, наприклад, до пухлини, в створенні точних медичних діагностуючих пристроїв, для поділу клітин *in vitro*, іммобілізації ферментів та ін.

Одними з найбільш перспективних є наночастки на основі оксидів заліза [3]. Проте, такі наночастки мають ряд обмежень для введення в живий організм: низьку стабільність, високу токсичність, недостатньо міцний зв'язок з лігандами, утворення вільних радикалів та ін. Для усунення цих недоліків наночастки покривають захисною оболонкою. Створення захисної оболонки є поширеним методом стабілізації і захисту наночастинок не лише в медицині, але і в інших сферах застосування.

На рис. 2 показано мікрофотографію оболонок з глюкози, в які вкладено наночастки. Товщина оболонок становить 5...7 нм.

В результаті роботи з'ясовано, що магнітні характеристики отриманих наночастинок істотно розрізняються; це, ймовірно, пов'язано з різною виразністю процесу окислення магнетиту. Час циркуляції модифікованих наночастинок магнетиту в кровотоці є найбільшим серед усіх типів. Це створює перспективу їх подальшого застосування та вдосконалення.



Зображення TEM (а, b та с) підготовлених наночастинок мезопористого діоксиду кремнію із середнім зовнішнім діаметром: (а) 20 нм, (b) 45 нм та (с) 80 нм. SEM (d) зображення, що відповідає (b). Вставки являють собою мезопористі частинки кремнезему з великим збільшенням – (<https://en.wikipedia.org/wiki/Nanoparticle>)

Найбільшим питомим магнітним моментом насичення і найменшою коерцитивною силою серед модифікованих наночасток характеризуються наночастки оксиду заліза з оболонкою кремнезему, що дозволяє рекомендувати їх для магнітокерованої доставки в тому випадку, якщо не потрібна тривала циркуляція в кровотоці і відсутній ризик тромбоемболії при розмірах агрегатів близько 100 нм.

#### Література

1. Афонин М. В., Евреинова Н. В., Королев Д. В., Канарский А. Д., Галагудза М. М. Исследование физических свойств и биodeградации наночастиц магнетита *in vitro*. Биотехносфера. 2015; 3(39): 32-34.
2. Yang L, Kuang H, Zhang W, Aguilar Z P, Xiong Y, Lai W, Xu H, Wei H. Size dependent biodistribution and toxicokinetics of iron oxide magnetic nanoparticles in mice. *Nanoscale*. 2015; 7(2): 625-636.
3. Arami H, Khandhar A, Liggitt D, Krishnan K M In vivo delivery, pharmacokinetics, biodistribution and toxicity of iron oxide nanoparticles. *Chem Soc Rev*. 2015; 44(23):8576-8607.

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИРОЩУВАННЯ КРИСТАЛІВ

Бойчук О.Г.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Стрілкова Т.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Мікроелектроніки, електронних  
приладів та пристроїв, тел. (057) 702 13 62  
e-mail: [oleksandr.boichuk@nure.ua](mailto:oleksandr.boichuk@nure.ua)

The report will consider some methods of growing artificial crystals, namely the Czochralski method and the Kyropoulos method. The main advantages and principles of these methods. Also, a comparative characteristic of these methods of growing artificial crystals will be carried out. Let's evaluate the quality of the crystal depending on the method.

Штучні кристали мають широку галузь застосування, від ювелірних виробів, до мікроелектроніки, від медичних приладів та протезів, до військових розробок. Штучні кристали і їх методи вирощування є актуальною темою, оскільки їх сфера застосування постійно збільшується.

Існують багато різних методів вирощування штучних кристалів, але ми розглянемо та порівняємо два методи, а саме метод Чохральського і метод Кіропулоса.

### *Метод Чохральського*

Метод Чохральського - витягування кристалів з розплаву на обертову приманку - почав інтенсивно розвиватися після роботи Тіла Літглаго вирощування кристалів германію. Незабаром він став основним у виробництві кристалів, в тому числі - сцинтиляційних. Етапи розвитку та еволюції методу Чохральського і його модифікацій розглянуті в оглядах [1, 2].

Метод Чохральського має ряд переваг в порівнянні з іншими методами кристалізації:

- можливість отримання монокристалів заданої кристалографічної орієнтації, з малими відхиленнями осі росту від цього напрямку;
- наявність високих температурних градієнтів в розплаві у фронті кристалізації, що забезпечують умови стійкості гладкого фронту кристалізації;
- достатня простота отримання монокристалів діаметром до 50 мм, що мають високу оптичну і структурну якість, що дозволяє використовувати їх для виготовлення активних лазерних елементів;
- використання газових середовищ кристалізації з різним окислювально-відновним хімічним потенціалом дозволяє вирощувати монокристали різного хімічного і стехіометричного складу;
- зростання кристала з розплаву відбувається без контакту зі стінками тигля, що дає можливість легко міняти геометричні параметри

зростаючого кристала і візуально контролювати його зростання;

- метод дозволяє задавати геометричну форму зростаючого кристала шляхом варіювання температури розплаву і швидкості витягування;
- теплові вузли методу Чохральського відрізняє простота, надійність, низька вартість і економічність при експлуатації.

#### *Метод Кіропулоса*

Цей метод відрізняється від методу Чохральського тим, що фронт кристалізації розташований під дзеркалом розплаву. Апаратне оформлення методу приблизно таке ж; посиливши охолодження зростаючого кристала і уповільнивши його підйом, можна перевести фронт кристалізації під поверхню розплаву і, таким чином, перейти від методу Чохральського до методу Кіропулоса [3].

Метод Кіропулоса має ряд переваг в порівнянні з іншими расплавними методами:

- метод Кіропулоса, як і метод Чохральського відноситься до методів вільного вирощування, коли зростаючий кристал не обмежений стінками тигля;
- є високоефективним методом, що дозволяє отримувати об'ємні кристали оптичної якості (1 і 2 категорії) вагою кілька десятків кілограм;
- завдяки високому вакууму в ростовий камері відбувається ефективно випаровування домішок з розплаву, завдяки чому вирощені кристали мають високу хімічну чистотою 99,996%.

Було розглянуто два методи вирощування штучних кристалів, а саме метод Чохральського і метод Кіропулоса, також була дана оцінка якості кристалів в залежності від методу вирощування. Ці методи дозволяють вирощувати великі за об'ємом кристали високої якості. Але ці методи менш затратні порівняно з іншими і мають більшу надійність. Великі об'єми дозволяють застосовувати штучні кристали в нових галузях. Складно вирішити який метод краще, це залежить від вимог до готового кристалу. З постійним збільшення сфер застосування штучних кристалів збільшується якість та кількість кристалів які виготовляють. Це сприяє удосконаленню обладнання та методів, збільшення їх ефективності

### **Список бібліографічних послань**

1. Hurlle D.T.J. The Evolution And Modelling of The Czochralski Growth Technique // J. of Cryst. Growth. – 1987. – 85 с.
2. Muller G. The Czochralski Method – where we are 90 years after Jan Czochralski's invention // Cryst. Res. Technol. – 2007. – 42 с.
3. А. Н. Мурашкевич, И. М. Жарский. Теория и методы выращивания монокристаллов // Минск – 2010. – 152 с.

## ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА САПФІРА

Стаднік Д. В.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Стрількова Т. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Мікроелектроніки, електронних

приладів та пристроїв, тел. (057) 702 13 62

e-mail: daniil.stadnik@nure.ua

The report considers the main technologies of sapphire production. A review of methods for obtaining leucosapphire by technologies based on Czochralski's methods; Stepanova; Verneil; vertically directed crystallization; Bridgman-Stockbarger; Kiropoulos; zone melting; horizontally directed crystallization.

Штучний сапфір (лейкосапфір) - це унікальний матеріал, який є різновидом корунду і представляє собою безбарвний прозорий мінерал, оксид алюмінію  $Al_2O_3$ . З причини обмеженості природних мінералів і їх високу вартість (коштовності) для технічних цілей штучно вирощують сапфіри, максимально наближені за фізико-хімічними властивостями природних. Матеріал поєднує в собі високу твердість, міцність, хімічну і радіаційну стійкість, високу температуру плавлення і оптичну прозорість, що робить його незамінним в мікро- і оптоелектроніки, оптиці і приладобудуванні, медичної та годинникової промисловості, автомобілебудуванні, а також в авіаційній і ракетно-космічних галузях.

В даний час продукція, що отримується з синтезованих монокристалів (сапфірів), володіє досить високою споживчою вартістю, на неї сформований стійкий попит в таких галузях, як мікроелектроніка та оптоелектроніка [1]. Наприклад, створювані на основі світловипромінювальних діодів високої яскравості електронні компоненти і виробі є ресурсозберігаючими: споживають меншу кількість енергії і виділяють менше тепла. Сьогодні існує досить велика кількість методів вирощування монокристалів технічного сапфіра, які можна класифікувати за тими чи іншими ознаками. Найбільш перспективними і часто вживаними через можливості отримання досить великих кристалів при високих швидкостях росту є методи отримання кристалів з розплаву. Проте, існують і застосовуються на практиці методи кристалізації штучного сапфіра з газової фази або розчину. Говорячи про методи вирощування монокристалів штучного сапфіра з газової фази, можна відзначити, що основними перевагами такого підходу є можливість забезпечення кристалоутворення при відносно низьких температурах, легкість управління складом і слабкий вплив тигля на процес кристалізації. Незважаючи на очевидні плюси цих методів їх поширеність в промисловості несуттєва в силу одного недоліку - шляхом кристалізації з газової фази можна отримувати кристали дуже обмежених розмірів.



Іншим способом вирощування кристалів штучного сапфіра є вирощування з розчинів (наприклад, спосіб флюсу). Його суть полягає в розчиненні вихідного матеріалу і перенесення розчинених компонентів у відносно менш нагріту зону, де і відбувається зростання кристалів. Швидкості росту кристалів при вирощуванні методом флюсу значно поступаються швидкостям росту кристалів з розплаву. Навіть при дуже тривалому процесі розміри таких кристалів не перевищують декількох сантиметрів. Більше половини технічно важливих кристалів сапфіра вирощується з розплаву [2]. Суть даного підходу полягає в тому, що вихідний матеріал спочатку розплавляється, а потім кристалізується при ретельно контрольованих умовах. Існує досить велика кількість методів отримання лейкосапфіра за такою технологією, а саме: методи Чохральського, Степанова, Вернейля, метод вертикально спрямованої кристалізації (ВНК), методи Бріджмена-Стокбаргера, Кіропулоса, зонна плавка, метод горизонтально спрямованої кристалізації (ГНК) і інше.

Метод Чохральського в даний час є одним з найбільш широко застосовуваних методів отримання монокристалів технічного сапфіра. Його основні переваги полягають в тому, що зростання кристала здійснюється у вільному просторі без контакту зі стінками тигля, що забезпечує простоту зміни діаметра зростаючого кристала і візуальний контроль, а також в можливості отримання кристала з розплаву на будь-якому етапі вирощування [2]. У той же час даний метод має низку недоліків, основним з яких, є необхідність в тиглі, який часто є джерелом забруднень. Крім того, вирощувані цим методом кристали володіють хімічною неоднорідністю, що виражається в монотонному зміні складу послідовних шарів кристалу вздовж напрямку росту. В даний час існують різні модифікації даного методу вирощування монокристалів. Наприклад, метод Степанова, застосовуваний для вирощування профільованих кристалів і відрізняється високою швидкістю отримання кристала, високою продуктивністю, можливістю отримання профілів сапфіра, які неможливо отримати шляхом механічної обробки, але, в той же час, високою щільністю структурних дефектів. Процес управління кристалізацією для установок по методу Чохральського можна назвати одним з найбільш автоматизованих і доведеним до високого технічного рівня. Надійні системи управління і автоматизації створюються на підставі оптичного сканування, проте слід зазначити, що застосовується для вирощування кристалів за цим методом обладнання є досить дорогим, що позначається на вартості кристалів.

Список використаних джерел:

1. Krylova G.I., Repina O.V., Munchaev A.I. Abstract of Ninth National Conference on Crystal Growth, Moscow, 2015, 436 pp.
2. Dobrovinskaya E., Litvinov L., Pishchik V. Sapphire and Other Corundum Crystals. Kharkiv: Folio. Institute for Single Crystals, 2018, 349 pp.

## СУЧАСНІ ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ПРОЕКТУВАННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА СВЧ-ПРИСТРОЇВ

Ст.гр. МНТМН-17-1 Бобринська А.В.

Ст.гр. МНТМН-17-1 Шевченко А.Ю.

Науковий керівник – доцент каф. МЕЕПП Свідерська Л.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. (057) 702-13-32

e-mail: anastasiia.bobrynska@nure.ua

e-mail: andrii.shevchenko1@nure.ua

Design and modeling of printed circuit boards, the analysis of electromagnetic compatibility and thermal methods involve structural and functional modeling. A typical design cycle for electronic equipment can be divided into several stages, namely, the development of a structural diagram, the development of a schematic diagram, a preliminary determination of design requirements, the development of a printed circuit board, an assessment of electromagnetic compatibility, thermal modes and reliability. In modern conditions, at almost all of the above stages, specialized computer-aided design systems for electronic devices should be used.

Історія автоматизації проектування в електроніці нараховує вже близько 40 років. До цього в електроніці панували експериментальні методи проектування. Перехід до комп'ютерних розрахунків і моделювання вимагав розробки адекватних математичних моделей схем і конструкцій радіоелектронної апаратури та чисельних методів дослідження цих моделей.

Удавана на перший погляд проста задача вибору інструментарію проектування друкованих плат на практиці виявляється набагато складнішою і вимагає ретельного аналізу не стільки функціональності, скільки його вартості і ефективності.

Системи проектування друкованих плат можна умовно розділити на три категорії: важкі, середні і легкі [1].

«Легкі». Програми цієї категорії орієнтовані на малі проекти двох- або чотиришарових плат з невеликим числом компонентів. Як правило, тут присутній простий редактор схем і програма моделювання на базі стандартного алгоритму SPICE. Одним із найвідоміших пакетів такого класу є програма Electronics Workbench.

«Середні». Системи з цієї категорії дозволяють проектувати плати з набагато більшим числом елементів. Описи таких проектів, як правило, складаються з декількох листів і можуть мати складну ієрархічну структуру. Програма моделювання також базується на алгоритмі SPICE, але дозволяє аналізувати досить складні змішані аналого-цифрові схеми. Однією з кращих програм цієї категорії слід назвати програму наскрізного проектування електронної апаратури OrCAD, яка надає воістину безмежні

можливості розробки і моделювання електронних схем і створення друкованих плат [2]. Програмний пакет має все необхідне для виконання різних етапів розробки: вхідне проектування, функціональне моделювання, синтез, розміщення, трасування, моделювання затримок, генерація елемента. Сьогодні програма надає цілий ряд модулів, кожен з яких володіє власними унікальними функціями.

Друга програма такої категорії -P-CAD. Це потужна система автоматизованого проектування друкованих плат радіоелектронних і обчислювальних пристроїв. Програма здатна виконати весь цикл розробки друкованих плат, інтерактивне розміщення елементів і автотрасування провідників, пошук помилок на будь-якій стадії проекту, підготовку документації, перевірку цілісності всіх сигналів, аналіз перехресних спотворень. Зручна довідкова система і призначений для користувача інтерфейс знижують «порог входження» для новачків

«Важкі». Такі системи проектування друкованих плат практично не мають обмежень по числу шарів і компонентів. Система введення проектів, як правило, побудована таким чином, щоб забезпечити зв'язок в єдине ціле окремих частин, описаних самими різними методами, але акцент зміщується в бік текстових описів на мовах HDL і часто відсутня графічна оболонка для роботи з програмою. Великим недоліком програм цієї категорії є занадто висока ціна продукту. У рідкісних випадках, найбільш передові підприємства впроваджують у себе «важкі» системи, причому, як правило, це робиться під тиском західних або східних партнерів, що мають закінчений виробничий цикл.

Виходячи з цього аналізу важливу, особливо для початківців користувачів, дати критерії вибору пакетів прикладних програм. З цією метою нами був творений сайт, де можна отримати аналіз та рекомендації щодо вибору тієї чи іншої програми. На цьому сайті представлені, крім того, відеоуроки, які дозволяють навчити початківців роботі з деякими програмами.

## Література

1. OrCAD Capture User Guide. Product Version 16.6. Cadence Help. 2012. October.
2. Tang Bin, Jiang Haobin, Gen Guoqing. (2013) Research on a novel ECHPS systems for heavy-duty commercial vehicles. Proceedings 2013 International Conference on Mechatronic Sciences, Electric Egnieering and Computer (MEC).

## ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ І ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМИ ZBRUSH

Гнезділов Ф.О.

Карпенко Г.В., учитель інформатики  
Харківська загальноосвітня школа №167  
61121, Харків, вул. Гарібальді 9, тел. 0971757882,  
e-mail: [anne4ka8@gmail.com](mailto:anne4ka8@gmail.com)

Choosing the program for a three-dimensional design, first of all, it follows to define the circle of tasks for the decision of that she befits. In our review we will consider the features of work and use of the program ZBRUSH.

3D моделювання - дуже поширений та розвинений напрямок в комп'ютерній індустрії на сьогоднішній день. Тривимірна графіка застосовується у виготовленні статичної реклами, динамічних заставок для телеканалів, тривимірної анімації. За допомогою 3D графіки досягається максимально реалістичне моделювання міської архітектури і ландшафтів. Програми для створення та редагування 3D моделей вивчаються у шкільному курсі інформатики.

Для створення 3D моделей використовується різне програмне забезпечення, а саме: Blender, Cinema 4D, 3D Slash, 3D Max та інші. Однією з програм для 3D, 2,5D моделювання є програма ZBrush створена компанією Pixologic. 3D моделі, створені в цій програмі, затребувані в першу чергу в кіно- і ігровій індустрії, де надзвичайно важливі деталізація і реалістичність. Перший випуск програми відбувся ще у 1999 році. З того часу функціонал програми постійно вдосконалювався.

ZBrush дуже проста у використанні, має зручний і зрозумілий інтерфейс і не вимагає великої кількості ресурсів від вашого пристрою, адже крім традиційної роботи з тривимірною графікою, тут використовується так звана псевдотривимірною, або 2,5D, що потребує ресурсів оперативної пам'яті комп'ютера. За рахунок цієї унікальної особливості ZBrush практично не використовує можливості відеокарти, що істотно впливає на швидкість роботи вашого комп'ютера.

В першу чергу ZBrush спрямований на роботу з так званою «цифровою глиною». Програма оснащена безліччю зручних функцій й інструментів для скульптинга, більшість з яких представлені у вигляді так званих пензлів. З їх допомогою художник деформує поверхню моделі на свій розсуд, формуючи бажаний об'єкт. Найчастіше побудова моделей відбувається на основі базових примітивів, таких як: циліндр, конус тощо. Впливати на них можна також за допомогою пензлів (рис.1).

Здійснювати моделювання об'єктів можна використовуючи інструменти програми, що спрощують роботу зі складними 3D об'єктами. У табл.1 представлено корисні інструменти ZBrush.



Табл.1 Корисні інструменти ZBrush

Назва інструменту	Опис дії
DynaMesh	Вирівнює сітку полігонів, усуваючи нерівності, отримані в результаті деформації моделі
FiberMesh	Інструмент для створення волосся, вовни, трави і т.д., дозволяє «причісувати» й керувати створеними об'єктами
NanoMesh	Спосіб додавання безлічі невеликих деталей на 3D модель, переважно з твердою поверхнею. Надає можливість масштабувати, обертати, розподіляти і керувати мініатюрними об'єктами на поверхні моделі
PolyPaint	З його допомогою ви можете розфарбовувати 3D модель прямо в програмі
ZModeler	Особливий пензлик для 3D моделювання, надає можливість простого створення твердотільних об'єктів (аналогів якої немає ні в одній програмі)

Отже, сьогодні, ZBrush – це потужний професійний інструмент для створення і редагування тривимірної графіки. Спираючись на досвід використання цієї програми можна зазначити, що ZBrush буде зрозумілий як професіоналам, так й початківцям. Програма має простий інтерфейс, проста у вивченні. Радимо купувати її тим, хто хоче професійно займатися 3D моделюванням. В іншому випадку можна скористатися програмним забезпеченням із вільною ліцензією.

Література:

1. Обзор программы Zbrush: особенности и функционал. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://3ddevice.com.ua/blog/3d-printer-obzory/obzor-programmy-zbrush/>
2. Возможности Zbrush. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://pixologic.com/>
3. 9 полезных инструментов ZBrush для начинающих. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dtf.ru/gamedev/84457-9-poleznyh-instrumentov-zbrush-dlya-nachinayushchih>

## СМАРТ-КОНТРАКТИ І ТЕХНОЛОГІЯ БЛОКЧЕЙН

Белевець Р.В., \*Кваша Н.А.

\*вчитель математики та інформатики

Харківська загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів № 111

Харківської міської ради Харківської області

(61123, Харків, вул. Бучми, 18-Д, тел. (057) 725-16-85)

e-mail: [roma.belevets@gmail.com](mailto:roma.belevets@gmail.com)

This article discusses smart contract technology. The principles of building technology are considered, platforms for the implementation of smart contracts on the blockchain are analyzed. The advantages, disadvantages and prospects of using the technology are determined.

**Мета дослідження:** популяризувати технологію смарт-контрактів та платформ їх реалізацій на blockchain, як інноваційного засобу безпечного укладання і виконання угод.

Індустрія інформаційних технологій в наш час розвивається дуже стрімко, і нові технології з'являються так часто, що фахівці часто не встигають зреагувати на їх появу. Так відбулося і з Blockchain — розроблена в рамках криптовалюта Bitcoin, вперше випущена ще в 2009-му році, довгий час залишалася непоміченою, проте останнім часом набрала популярність.

Однією з найбільш перспективних можливостей Blockchain вважається використання смарт-контрактів.

Смарт-контракти — це автоматично виконувані рядки коду, які зберігаються на блок-ланцюзі, що містять заздалегідь визначені правила. Коли ці правила виконуються, цей код виконується самостійно і забезпечує вихід. Смарт-контракти є найбільш вигідними у бізнес-співпраці, коли вони використовуються для узгодження вирішених умов, встановлених за згодою обох сторін.

Обов'язковими умовами для смарт-контрактів є:

- децентралізований розподілений реєстр — блокчейн-платформа, на якій буде виконуватися смарт-контракт;
- сторони з електронними підписами — учасники договору, які підтверджують свою участь і згоду з умовами контракту електронним підписом;
- предмет договору — об'єкт, який знаходиться всередині середовища існування самого смарт-контракту, тобто блокчейна.

Блокчейн-платформи поділяють на глобальні та приватні. Глобальною платформою є блокчейн, відкритий для користувачів і розробників, на базі мережі пірінгових (peer-to-peer) вузлів з даними про всі транзакції. Існує багато платформ, такі як Ethereum, Aeternity, Hyperledger Fabric, Cardano, які вже використовуються для створення смарт-контрактів і децентралізованих додатків.

Ethereum є універсальною і найбільш поширеною системою з низьким порогом входження. Вона найбільш опрацьована, що дозволяє відразу приступити до реалізації бізнес-задач.

Як у будь-якої технології, у смарт-контрактів є як переваги, так і недоліки.

Переваги:

- прозорість;
- ефективний у часі;
- точність;
- безпека та ефективність;
- зберігання даних;
- економія;
- довіра;
- безпаперовість.

Серед недоліків смарт-контрактів можна відзначити:

- витрати і складність впровадження нової технології;
- людський фактор — оскільки смарт-контракт є складним алгоритмом, який повинен враховувати безліч факторів і умов угоди, для його складання потрібно прописувати безліч варіантів розвитку;
- правовий статус — для роботи розумних контрактів використовуються криптовалюта, законодавчий статус яких визначено далеко не у всіх країнах.

Таким чином було зроблено наступні висновки:

- смарт-контакти поєднують протоколи, користувальницькі інтерфейси та обіцянки, висловлені через ці інтерфейси, для формалізації та захисту відносин через загальнодоступні мережі;
- смарт-контакти зменшують розумові та обчислювальні транзакційні витрати, накладені третіми сторонами, або їх інструментами.

Матеріал, здобутий в ході проведеної роботи, може бути використаний пересічним користувачем мережевих послуг і служб Інтернету, учнями при виборі майбутньої професії, вчителями інформатики на уроках при викладанні теми "Інформаційна безпека".

Посилання:

1. Iyer K., Dannen C. Building Games with Ethereum Smart Contracts. Intermediate Projects for Solidity Developers. — Brooklyn, New York, USA: 2018. - 281с.

2. Swan, M. Blockchain: Blueprint for a New Economy / M. Swan. — Sebastopol: O'Reilly Media, Inc., 2015. – 152 p.

# МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОБЛЕМНО-ОРІЄНТОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ НАВЧАННІ СТУДЕНТІВ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ ЕЛЕКТРОНІКА

Пятайкіна М. І.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Стрілкова Т. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки

(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Мікроелектроніки, електронних  
приладів та пристроїв, тел. (057) 702 13 62

e-mail: mariia.piataikina@nure.ua

The work describes technologists that contribute to improving the quality of knowledge, interest in learning, self-development of students in the study of electronics. The advantages and disadvantages of the project-oriented and problem-oriented technology of teaching students in higher educational institutions are described.

В наш час стрімкого розвитку цифрових технологій практично кожен студент сучасного покоління з дитинства має безперервний доступ до інформації. На відміну від студентів покоління Y, коли інформацію можна було отримати здебільше у бібліотеках, студенти покоління Z мають необмежений безкоштовний доступ до різноманітних учбових матеріалів, он-лайн курсів, подкастів та т.п. не виходячи з дому. Якщо у студентів в будь-який час є доступ до інформації, то чи буде їм цікаво слухати те ж саме від викладача? Звичайно ні. Через велику швидкість оновлення технологій та колосальний об'єм інформації, знання, отримані студентом за весь період навчання стають неактуальними, а од же студент не зможе стати конкурентоспроможним фахівцем, тому необхідність переходу на нові технології навчання вкрай важлива, особливо для студентів технічних спеціальностей [1, 2].

Перспективним в навчанні студентів спеціальності електроніка є використання проблемно-орієнтованої технології, де кожен в групі виконує свою частину роботи самостійно, а частина лекцій може бути проведена в форматі дискусій для більш плідних результатів. Наприклад, при створенні конкретного приладу, це може бути написання технічного завдання, моделювання електричної схеми, розробка і монтаж печатної плати, написання програми та її налагодження. Або це може бути наукова робота, спрямована на дослідження якогось явища в електроніці, коли потребується визначення мети, предмету, методики досліджень та т.п. Ця технологія навчання передбачає індивідуальний підхід до кожного студента. Задача викладача при цьому – не змусити завчити матеріал заняття, а навчити аналізувати та систематизувати знайдену інформацію, використовувати ці знання на практиці. Застосування вищезгаданих технологій навчання дозволяє посилити міждисциплінарні зв'язки та збільшити інтерес студентів до навчання [3].

Проведення занять в такому форматі дозволить студентам



самодисциплінуватися, виявити свої найсильніші сторони, швидко адаптуватися до нових знань, навчить творчо підходити до вирішення поставленої задачі, а також роботі в колективі над спільним проектом, Це дозволить майбутнім фахівцям з електроніки легко акліматизуватися в професійному середовищі, бо більшість роботодавців вже давно перейшли на систему роботи в команді. Звичайно, всі заняття не можуть проходити в такому форматі. Це пов'язано, по-перше, із адаптацією студентів до нового формату навчання після вступу до вишу та необхідності надати студентам певної кількості базових знань з електроніки. Перехід на нову форму навчання обумовлює й корегування в системі оцінювання студентів. Якщо традиційна система побудована на оцінюванні завдань за певними критеріями незалежно від здібностей студента, то в форматі проектно-орієнтованого навчання кожен студент має оцінюватися індивідуально і не тільки викладачем, але й одногрупниками також. При цьому треба розробити систему оцінювання так, щоб особисті відносини між студентами в жодному разі не впливали на оцінку його роботи. Частина навантаження на викладача через оцінювання студентами один одного зменшується, а тому викладач має змогу приділити більше часу для слабшого студента. Авторами [4] в 2017 році було проведено дослідження впливу проблемно-орієнтованої технології навчання в інженерній сфері при вивченні дисципліни промислові мікроконтролери. В роботі було зазначено, що використання даної технології дозволяє студентам поліпшити свої навчальні результати за рахунок командної роботи, зміцнити впевненість в собі, навчитися методам самонавчання, покращити критичне мислення, розвинути когнітивні та комунікативні навички. Але було зазначено, що навантаження і на викладачів, і на студентів залишається великим. Можна зробити висновок, що наряду з несуттєвими недоліками, проектно-орієнтовані та проблемно-орієнтовані технології навчання мають багато переваг і дозволять суттєво покращити якість навчання у ВНЗ.

#### **Література:**

1. Журавков М.А. О новых моделях и технологиях обучения в высшей школе (университет будущего) // Вышэйшая школа, 2017. – №1 – С. 12-19.
2. Дистанційні технології – основа динамічного оновлення змісту технічної освіти / Пятайкина М.И., керівник – Стрілкова Т.О. // Матеріали ХХІХ Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті», Т.1, 2019. – С.57-58.
3. Стрілкова Т. Мотивація студентів до отримання технічної та фізико-математичної освіти / Новий колегіум, 2020. – № 3 (101). – с.7-11.
4. A review of problem-based learning in electronic engineering Course Najwa Mohd Najid, Ridzwan Che' Rus, Tee Tze Kiong / International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 2017. – Vol. 7, №12. – PP.39-47.

## ШКІЛЬНА ДИСТАНЦІЙНА ОСВІТА ТА СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Броварська І.О.

Огу Е. В., учитель інформатики

Харківська загальноосвітня школа №167

61121, Харків, вул. Гарібальді 9, тел. 725-16-41

e-mail: [evelinaogu@gmail.com](mailto:evelinaogu@gmail.com)

The school of distance education is linked to the latest information technologies. In the minds of light events, distance coverage has become not just a straightforward trend, a tendency of future rockets, but a necessity, albeit through all the still obvious problems in the future. It is also topical to be the beast of respect for the more sophisticated distance. At the end of the robot, the analysis of the current state of the art of distance education is broken down and the basic changes and shortcomings of this type of education are recognized.

В умовах сьогоденної діджиталізації, дистанційна освіта як засіб навчання набула широкої популярності, а через світову пандемію навіть стала обов'язковим елементом сучасної системи освіти більшості країн. Про актуальність дослідження і покращення дистанційної освіти у школах, свідчить кількість школярів та студентів, які впродовж останнього року мали досвід роботи з дистанційними інструментами освіти. Так, наприклад, станом на квітень 2020-ого року, через пандемію до онлайн освіти були залучені 1,4 мільярда учнів [1].

Зараз дистанційну освіту можна вважати ефективним засобом забезпечення освіти для багатьох шкіл. Дистанційна освіта у школах розглядається переважно, як міст розв'язання проблем організації та доступності навчання серед школярів та вчителів. Не дивлячись на те, що наразі це єдиний можливий оптимальний шлях до організації якісного процесу навчання, дистанційна освіта має ряд недоліків.

Пріоритет, який забезпечує дистанційна освіта, є мобільність. Впродовж процесу навчання, учні не витрачають час на дорогу до школи, переміщення кабінетами. Як наслідок, учні менше хворіють, можуть легше та швидше взаємодіяти з вчителями (писати питання на електронну поштову скриньку, у чат онлайн-занять чи у месенджерах), щоденний графік становиться більш гнучким.

В умовах дистанційної освіти учням прийшлося набути такі навички, як базові вміння роботи з персональним комп'ютером (створення документів та презентацій, підключення до онлайн уроків, відряджання листів чи домашніх завдань на пошту), організація часу, відведеного на самостійний навчальний процес, вміння знаходити потрібну інформацію та її обробляти.

Дистанційна освіта змінила вектор направленості сучасної системи навчання з традиційної шкільної освіти на самоосвіту учнів.

Школярі мають вміло розставляти пріоритети з предметів, вміти чергувати навчання, виконання домашньої роботи та відпочинок.

Не дивлячись на те, що всесвітня мережа зробила доступ до інформації й розповсюдження контенту доступними для значної частини населення світу і допомогла впровадити дистанційне навчання, формат онлайн-навчання можна ще вдосконалювати.

Основними проблемами, з якими зустрічаються школярі під час навчання являються складність в організації особового навчального процесу, відсутність елементу соціальної взаємодії між учнями та збільшення кількості часу проведеного з гаджетами. Головною проблемою залишається неможливість залучення всіх учнів до навчального процесу: деякі учні не мають доступу до Інтернету або відповідних гаджетів. Цей розрив спостерігається між країнами та між рівнями доходів усередині країн. Наприклад, згідно з даними ОЕСР [2], хоча 95% учнів у Швейцарії, Норвегії та Австрії мають комп'ютер для навчання в школі, лише 34% в Індонезії.

Деякі дослідження показують, що в середньому учні вивчають на 25-60% більше матеріалу під час навчання в Інтернеті, порівняно з лише 8-10% у класі [3]. Це пов'язано здебільшого з тим, що учні можуть швидше вчитися в Інтернеті; Електронне навчання вимагає на 40-60% менше часу на навчання, ніж у традиційному класі [4], оскільки учні можуть вчитися у своєму власному темпі, повертаючись назад і перечитуючи, пропускаючи або прискорюючи концепції, як вони вибирають.

Отже, шкільна дистанційна освіта тісно пов'язана з сучасними інформаційними технологіями. В умовах світових подій, дистанційна освіта стала необхідністю, але через все ще наявні проблеми у її впровадженні, удосконалення дистанційного навчання є актуальним питанням та тенденцією майбутніх років.

#### Література:

1. Education: From disruption to recover. URL: <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>.
2. OECD. URL: <http://www.oecd.org/pisa>.
3. Facts and Stats That Reveal The Power Of eLearning [Infographic]. URL: <https://www.shiftelearning.com/blog/bid/301248/15-facts-and-stats-that-reveal-the-power-of-elearning>.
4. 27 Astonishing E-learning Statistics for 2020. URL: <https://techjury.net/stats-about/elearning/#gref>.

# СТВОРЕННЯ МАКЕТУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ІНВЕРТОРА В СЕРЕДОВИЩІ MULTISIM

Скляренко К.О.

Науковий керівник – к.ф.-м.н, доц. каф. МЕПП Глухов О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, пр. Науки, 14, кафедра МЕЕПП, тел.: (057)7021-465

e-mail: karyna.skliarenko@nure.ua

Power electronics occupy an important place between the production of electricity and its consumption, becoming important in the face of increasing requirements for controllability, especially when solving issues of saving electrical energy. Inverters are important devices for converting DC to AC with regulated or constant voltage and frequency outputs. The inverters should be learned by students, because it is a part of electronic education program. The article discusses how to learn the physical properties of inverters by using the Multisim software.

Важливою складовою навчання студентів є використання сучасного програмного забезпечення для вивчення властивостей напівпровідникових елементів. Одним з емуляторів схем, здатних моделювати процеси, що протікають всередині електронних компонентів, є Multisim. Даний програмний пакет сприяє більш глибокому розумінню курсів електроніки, забезпечуючи можливість інтерактивно вивчати електроніку, пов'язуючи абстрактні поняття з конкретними сигналами, використовуючи велику бібліотеку компонентів і потужні інструменти аналізу. У даній роботі реалізовано схему макету для дослідження властивостей напівпровідникового інвертора як важливої складової сучасної силової електроніки.

У сучасному світі значна частина електроенергії, що генерується станціями (більше ніж 30%), споживається в перетвореному вигляді – постійного чи змінного струму з частотою, яка відрізняється від промислової (50 Гц), що обумовлено різноманіттям і специфікою споживачів. Для перетворення цієї енергії замість масивних електронних пристроїв все частіше застосовуються компактні пристрої на базі напівпровідникових приладів, прикладом яких може служити інвертор.

У роботі досліджено автономний інвертор напруги, який генерує в навантаженні змінну напругу періодичним приєднанням її до джерела напруги за рахунок почергового попарного підключення вентилів (рис. 1). Частота струму в навантаженні задається сигналами управління, що формуються контролером (керуючою схемою). Джерело живлення працює в режимі генератора напруги (акумулятор або випрямляч з ємнісним фільтром) [3].

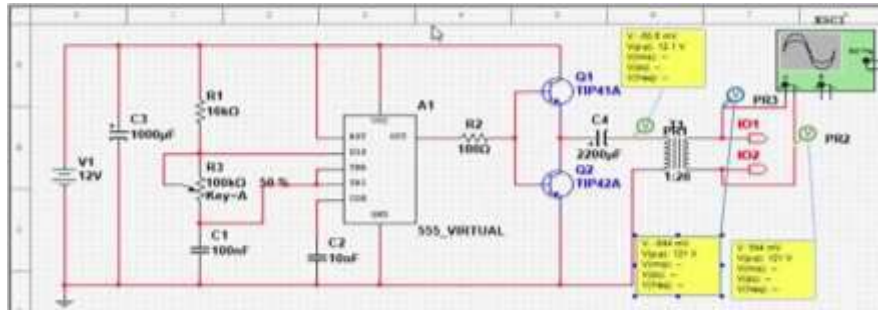


Рисунок 1 – Схема автономного інвертора напруги

До властивостей даної схеми можна віднести усунення або ослаблення залежності роботи інформаційних систем від якості мереж змінного струму, перетворення енергії, де інвертор є проміжною ланкою в ланцюзі перетворювачів (частота в десятки-сотні кГц), високий ККД, надійність, прийнятні масогабаритні характеристики, допустимий рівень вищих гармонійних складових в кривій вихідної напруги і відсутність при роботі неприпустимого для інших споживачів рівня пульсації на затискачах джерела енергії [2]. Таким чином, для вдосконалення методів навчання в електроніці рекомендовано використовувати програмний засіб Multisim як основу для засвоєння навичок роботи з електричними схемами та вивчення властивостей компонентів схем, який забезпечує студентів можливістю вивчати властивості схем незалежно від фізичного доступу до дорогого обладнання з можливістю вдосконалення схем. Перевагою реалізованої схеми є функціонування без джерела змінної напруги – вона з необхідною частотою і величиною створюється самим інвертором. Для даного пристрою характерна відсутність зміни вхідного струму при перемиканні напівпровідникових приладів. Він має вхідний ланцюг, який працює в режимі джерела напруги. Отже, схема (рис. 1) наглядно демонструє принципи функціонування інверторів напруги та може використовуватися для вивчення властивостей елементів у навчанні студентів у технічних вузах.

### Література:

1. Шавьолкін О.О. Силові напівпровідникові перетворювачі енергії: навч. посібник / О.О. Шавьолкін; Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 403 с.
2. Колонтаєвський Ю.П. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум: навч. посіб. / Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. – К.: Каравела, 2015. – 536 с.
3. Гончаров Ю.П. Перетворювальна техніка : підр. Ч.2 / Ю.П. Гончаров, О.В. Будьонний, В.Г. Морозов та ін. . – Х.: Фоліо, 2000. – 360 с.
4. JoséRodríguez. MultilevelInverters: A SurveyofTopologies, Controls, andApplications/ JoséRodríguez, Jih-Sheng Lai, FangZhengPeng. // IEEE Transactionson Industrial Electronics, VOL. 49, № 4, AUGUST 2002. – p.724-738.

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ СИПУЧИХ ПРОДУКТІВ**

Скалецька М.О.

Науковий керівник - д.т.н., проф., Білинський Й.Й.

Вінницький національний технічний університет, тел. +38 (0432) 56 08 48

21021, Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, каф. Електроніки та наносистем

e-mail: [maryna.skaletska@gmail.com](mailto:maryna.skaletska@gmail.com).

The article proposes a classification of methods for measuring the moisture content of agricultural products and identifies the most relevant options for further research. An analysis was carried out and significant parameters were selected that affect the moisture content of the grain. The existing methods for controlling the moisture content of grain have been investigated, the methods have been analyzed to identify the most relevant directions for choosing an option for the following studies. The results of the analysis will allow to select the most suitable method that provides high metrological characteristics and minimal measurement deviations to improve the measurement accuracy.

Сучасні технологічні прийоми виробництва сільськогосподарських продуктів в значній мірі пов'язані з вмістом вологи. Надлишок або відсутність в матеріалі вологи відбивається на його фізико-хімічних, фізико-механічних та експлуатаційних властивостях, а також на якісних показниках. Швидке і точне визначення вмісту води в тому чи іншому матеріалі, як в процесі виробництва, так і в період експлуатації є найважливішим завданням. Метою роботи є аналіз методів для виявлення найбільш актуальних напрямків вибору варіанту наступних досліджень.

Волога яка знаходиться в зерні має велике значення для якісної оцінки зерна при його зберіганні та визначенні технологічних показників. При значному вмісту вологи погіршується подрібнення, збільшуються затрати питомої енергії, зменшується об'єм готової продукції та погіршується її якість. Відповідно до вмісту вологи в матеріалі проводять його сушку — один з найважливіших способів обробки зерна при зберіганні та переробці зерна в муку. Розвиток мікроорганізмів, а також кліщів, комах життєдіяльність яких призводить до великих втрат зерна, також пов'язаний з вмістом в ньому вологи [1,3].

Для визначення вологості сипучих матеріалів розроблені різні методи, які поділяються на дві групи - прямі і непрямі. До прямих відносяться методи, в яких відбувається поділ матеріалу на суху речовину і воду. До непрямих відносяться методи, в яких вимірюються величини або властивості, функціонально пов'язаних з вологістю матеріалів. Прямі методи визначення вологості за принципом дії можна розбити на ряд груп. Теплофізичні методи засновані на випаровуванні води з навішування аналізованого матеріалу. По різниці між масою матеріалу до висушування

і залишеною масою сухої речовини обчислюють масу води, що випарувалася. Для висушування використовують різні прилади, що відрізняються як по конструкції, так і за формою передачі тепла матеріалу. Дистиляційні методи засновані на спільній відгонці з аналізованої речовини води і органічного розчинника, що не змішується з водою [2]. Хімічні методи - засновані на хімічній взаємодії води з деякими реактивами (металевим натрієм, реактивом Фішера). Вміст води в аналізованій пробі визначають по еквівалентній кількості речовини, що утворилась в результаті реакції.

З непрямих методів практичне застосування в харчовій промисловості отримали електрометричні методи, в яких вимірюються електропровідність і діелектрична проникність.

Метод електропровідності або кондуктометричний метод заснований на залежності електричного опору зерна від ступеня його вологості: чим вище вологість, тим менше питомий опір матеріалу, і тим вище його, електропровідність. Метод діелектричної проникності або ємнісний метод заснований на значному розходженні величин діелектричної проникності води і сухих речовин, зі збільшенням вологості матеріалу збільшується його діелектрична проникність. Метод вимірювання вологості за допомогою ядерного магнітного резонансу (ЯМР) заснований на поглинанні сильним постійним магнітним полем енергії слабшого змінного радіочастотного поля, обумовленим магнетизмом ядер аналізованої речовини [4]. При цьому вміст водню в зразку визначається за інтенсивністю та конфігурацією кривої вихідного сигналу. Метод, з використанням надвисоких частот (НВЧ) заснований на поглинанні енергії водою, що знаходиться в зразку, вміщеному в простір між стінкою генератора НВЧ – випромінювань та приймачем. Найважливішими достоїнствами вологомірів НВЧ є: можливість безконтактних вимірювань (у вільному просторі), висока чутливість, малий вплив на результати вимірювань хімічного складу матеріалу. Існуючі НВЧ-методи діляться на: методи вільного простору - досліджуваний матеріал поміщається між двома антенами; резонаторні методи - досліджуваний матеріал поміщається в резонатор; хвилеводні методи - досліджуваний матеріал поміщається в відрізок хвилеводної лінії; зондові методи - зонд занурюють в досліджуваний матеріал [4,5].

Зростаючі вимоги до якості і конкурентоспроможності вітчизняної сільськогосподарської продукції висувають нові запити до приладів і пристроїв експресного контролю вологості в більшості технологічних процесів. У сучасних технологічних процесах потрібні універсальні прилади, що контролюють вологість широкого кола сільськогосподарських матеріалів. Цілком очевидно, що широке впровадження необхідних засобів та приладів контролю вологості в народне господарство і їх правильна експлуатація дадуть відчутний техніко-економічний ефект.

В роботі проведений аналіз та запропонована класифікація методів вимірювання вологості сипучих продуктів та виявлено найактуальніші варіанти для наступних досліджень, а також для створення високоточної і надійної системи вимірювання вологості зерна, здатної працювати в складних експлуатаційних умовах.

#### Список літературних джерел:

1. Берлинер М.А. Приборы и системы управления. Влагомеры СВЧ / Берлинер М.А. - М.: Энергия, 1973. - 400 с.
2. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю : навчальний посібник / Є. Т. Володарський, В. В. Кухарчук, В. О. Поджаренко, Г. Б. Сердюк. – Вінниця : Велес, 2001. – 219 с.
3. Викторов В.А., Лукин Б.В. Радиоволновые измерения параметров технологических процессов. / В.А. Викторов, Б.В. Лукин - М.: Энергоатомиздат, 1989.- 150с.
4. Кричевский Е.С., Волченко А.Г. Контроль влажности твёрдых и сыпучих материалов. / Е.С. Кричевский, А.Г. Волченко. - М.: Энергоатомиздат, 1987.- 200 с.
5. Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. Процессы и аппараты пищевой технологии. / Г.Д. Кавецкий, Б.В. Васильев - М.: Колос, 1997. - 1201 с.



## Секція 2

### Біомедична інженерія

***Керівник секції***

Доктор технічних наук,  
Завідуючий кафедри Біомедичної інженерії, професор,  
Лауреат Державної премії України в галузі освіти  
**Аврунін Олег Григорович**

***Координатор секції***

Кандидат технічних наук,  
Доцент кафедри Біомедичної інженерії,  
**Авер'янова Лілія Олександрівна**

**Тематичні напрямки:**

1. Біомедичні електронні пристрої, прилади та системи.
2. Моделювання, обробка і аналіз медико-біологічної інформації.
3. Біонанотехнології та біосенсори у медицині та екології.
4. Біомеханіка, ортопедія та реабілітаційна інженерія.

# PULSED LASER ABLATION SYNTHESIS OF NANOPARTICLES AND PROSPECTS OF THEIR ELECTROANALYTICAL APPLICATIONS

Vasylovskyi V.S.

Scientific supervisor – Prof., Dr. Slipchenko M.I.  
Institute for Scintillation Materials NAS of Ukraine,  
Kharkiv National University of Radioelectronics  
61166, Kharkiv, Nauky ave., 14  
e-mail: vasylovskyi.volodymyr@gmail.com

The use of nanoparticles of different materials — a relatively new form of matter — for electrode modification can offer enhancement of the performance of electrochemical methods of analysis. Nanoparticles for such measurements have to be pure and homogeneous. Laser synthesis is the best candidate to fabricate suitable nanoparticles and has numerous advantages. This paper is dedicated to observing the laser ablation synthesis method of nanomaterials and the prospects of application of them in electroanalytical methods.

Nanoparticles are of great interest due to their potential usage in medicine, energy, nutrition, environmental restoration, etc. For the application in these fields, nanoparticles (NPs) must be homogeneous in size and not contaminated with precursor chemicals.

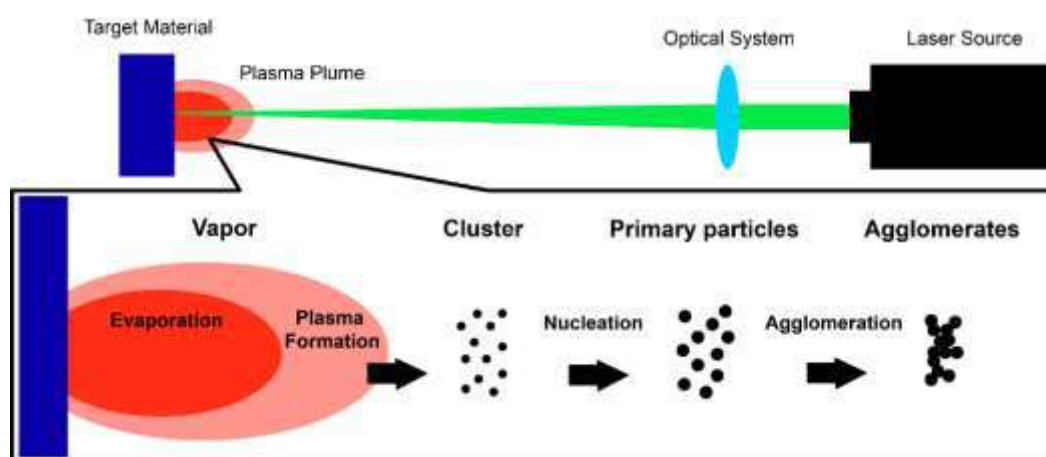


Fig. 1. Scheme of synthesis of nanoparticles by laser ablation method

One of the most effective and environmentally friendly methods for the synthesis of “clean” nanomaterials is the pulsed laser ablation (PLA) method. PLA is a method that uses a laser as an energy source for the ablation of solid materials. During this process, extremely high-energy pulses are concentrated at a certain point on a solid surface for several nanoseconds to evaporate the light-absorbing material. The laser systems for nanoparticle production consist of a pulsed laser, beam-handling optics, a target, and a substrate (Figure 1) [1].

The targets for the synthesis are less expensive than the metal salts and other reactants required in the chemical routes, making the PLA method cost-effective compared to the more common chemical synthesis. PLA can generate high-purity NPs because this parameter is determined by the purity of the target and ambient media (gas, liquid, or vacuum). In addition, laser synthesis techniques do not require special external conditions, such as high temperature or high pressure. The appropriate selection of significant parameters like ablation medium, as well as laser wavelength and intensity, is essential in minimizing unwanted by-products and increase the yield of the intended nanostructured materials. Most importantly, fabricated NPs are inherently surfactant-free; thus, their surface functionalization is simple if required [2]. PLA demonstrates excellent suitability for the synthesis of a wide range of nanoparticles (semiconductor quantum dots, carbon nanotubes, nanowires, core-shell NPs, ceramic and noble metal NPs).

Produced NPs can be successfully used for obtaining hybrid structures in combination with glassy carbon, graphene, and indium tin oxide. In electroanalytical applications (electrochemical, photoelectrochemical, and electrochemiluminescent) such structures are used as working electrodes for the detection of several biomaterials (ascorbate, glucose, fructose, dopamine, etc.), toxins, drugs, antibiotics, pollutants, heavy metals, and other substances [3, 4].

Also, it is worthy to point out that an overall number of research works related to the usage of laser-induced NPs for electroanalytical applications is rather scarce and further work in this multidisciplinary scientific field has great potential for success and requires the collaboration of research groups.

## References

1. M. Kim, S. Osone, T. Kim, H. Higashi, and T. Seto, "Synthesis of Nanoparticles by Laser Ablation: A Review," *KONA Powder and Particle Journal*, vol. 34, no. 0, pp. 80–90, (2017).
2. H. Naser, M. A. Alghoul, M. K. Hossain, N. Asim, M. F. Abdullah, M. S. Ali, F. G. Alzubi, and N. Amin, "The role of laser ablation technique parameters in synthesis of nanoparticles from different target types," *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 21, no. 11, (2019).
3. K. Muzyka, M. Saqib, Z. Liu, W. Zhang, G. Xu, "Progress and challenges in electrochemiluminescent aptasensors", *Biosensors and Bioelectronics*, vol. 92, pp. 241-258. (2017)
4. A. Ravalli, D. Voccia, I. Palchetti, and G. Marrazza, "Electrochemical, Electrochemiluminescence, and Photoelectrochemical Aptamer-Based Nanostructured Sensors for Biomarker Analysis," *Biosensors*, vol. 6, no. 3, p. 39, (2016).

# NANOPARTICLES: CREATING AND USING IN CANCER TREATMENT

Mariam M. Reyad

Scientific supervisor - Assistant of BME Dep. Kravchuk O.  
Kharkiv National University of Radio Electronics, Biomedical Engineering  
Department, 14, Nauky Ave, Kharkov, Tel (057)-702-13-64  
E-mail: mariam.reiad@nure.ua

This paper is about nanoparticles and which nano is better used for cancer treatment and their differences. Now a nanoparticle or ultrafine particle is usually defined as a particle of matter that is between 1 and 100 nanometers in diameter. Nanoparticles contains a drug molecule called interleukins are attached to immune cells (T-cells). The idea is that when the T-cells reach a tumor the nanoparticles release the drug molecules, which cause the T-cells to reproduce. If enough T-cells are reproduced in the cancer tumor the cancer can be destroyed. Their formed through either the breaking down of larger particles or by the controlled assembled processing. ‘Nanoparticles Decrease Endothelial Barriers’, there are the first barrier before NPs reach the tumor. There are two main approaches to overcoming the endothelial barrier. The first strategy to conquer the endothelial barrier is to utilize the transcellular transportation system. One of the advantages of nanomaterials is that their size is tunable. The size of NPs used in a drug delivery system should be large enough to prevent their rapid leakage into blood capillaries but small enough to escape capture by fixed macrophages that are lodged in the reticuloendothelial system [1].

Within nanomaterials, it's classified into 3 groups according to their composition, Fig. 1.

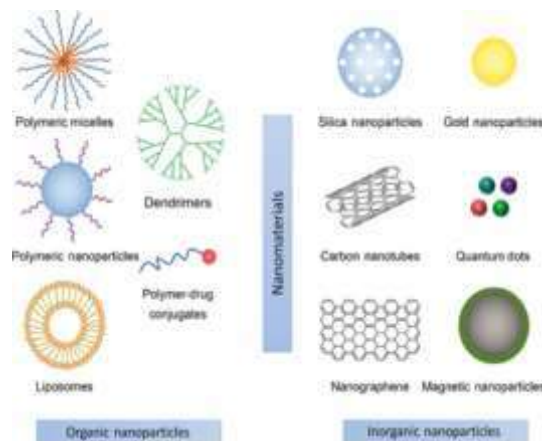


Figure 1. - Nanoparticles classified into their groups

There are four main types of intentionally produced nanomaterials.

- Carbon-based, Metal-based, Dendrimers and Nanocomposites.

Inorganic nanoparticles are non-toxic, hydrophilic, biocompatible and highly stable compared to organic materials, like [2]:

Table 1. - List of differences

Magnetic Nanoparticle	Gold Nanoparticle
Main component: Iron oxide Size: 10-50nm	Main component: Gold Size: 1-100nm
Magnetic nanoparticles (MNPs) have gained immense attention for cancer theragnostic applications due to their unique physic-chemical properties, magnetic resonance imaging (MRI) contrast, facile synthesis, easy surface decorations, low toxicity, and good biodegradability that assist them to serve as outstanding.	Gold nanoparticles absorb incident photons and convert them to heat to destroy cancer cells. Due to their unique optical properties as a result of LSPR, gold nanoparticles absorb light with extremely high efficiency which ensures effective PTT at relatively low radiation energy.
Detecting of cancer, these magnetic nanoparticles are trapped inside due to an externally applied magnetic field as the blood is free to flow through. The magnetic nanoparticles are coated with antibodies targeting cancer cells or proteins.	Gold nanoparticles are used in resonance scattering dark-field microscopy for the detection of microbial cells and their metabolites, the bio-imaging of tumor cells, and for the detection of receptors on the surface, nanoparticles make them able to target only the cancerous cells
Drug carrier, Magnetic hyperthermia, MRI	Radiotherapy, imaging, drug carrier

In conclusion, we have magnetic nanoparticles it treats local tumors and destroys the cells, and gold nanoparticle because of its outer shell the gold nano shell-antibody complex can be used to cure cancer cells. To know which one is at most the best is impossible as each nanoparticle has its unique way.

#### References.

1. Qing Zhou, Li Zhang and Hong Wu, Nanomaterials for cancer. *De Gruyter* / 2017 - 1-3p.
2. Ali, M. E.; Hashim, U.; Mustafa, S.; Che Man, Y. B.; Islam, Kh. N. *Journal of Nanomaterials*. 2012.

## **EEG-BASED BRAIN CONTROL INTERFACES WITH MOBILE ROBOT**

Abdrabou Mohamed Hawari, Elsaka Khalid Mamdouh  
Scientific supervisor –Assistant of BME Dep. Kravchuk O.  
Kharkiv National University of Radio Electronics, BME Dep.,  
14, Nauka Ave, Kharkov, Tel (057)-702-13-64  
E-mail: mokhamed.abdrabu@nure.ua

This paper describes the development of a brainwave-controlled wheelchair.

Robots have been not only widely used in industry but also gradually entering into human life. It can provide a support for disabled people in daily and professional life; however, these special interfaces do not work for some severely disabled people with illnesses such as amyotrophic lateral sclerosis (ALS), multiple sclerosis (MS), or strokes. disabled people want to be in charge of their motion as much as possible even if they have lost most of their voluntary muscle control.

Brain-computer interfaces (BCIs) were developed to address this challenge. BCIs are systems that can bypass conventional channels of communication (i.e., muscles and speech) to provide direct communication and control between the human brain [1].

The main objective of this project is to construct a wheelchair, directly it can be controlled by the brain without requires for any physical feedback as controlling input from the user.

The method using (BCI) which enables direct communication between the brain and the electrical wheelchair. The best method for recording the brain's activity is the electroencephalogram (EEG). EEG signal is also known as brainwaves signal

Modifying the electrical wheelchair is required for this project. The electronic circuits include the microcontroller and motor driver. The connections of the electronic boards are connected.

The whole BCI system consists of several devices with using special headsets to laptop or PC with Windows operating system and electrical wheelchair with a microcontroller (Fig 1) [3].

BCI is a direct communication between the brain and a device that enables signals from the brain to direct some external activity from the brain that captured and transmitted to control the external device, which in this case is the electrical wheelchair as shown in (Fig 2) [2].

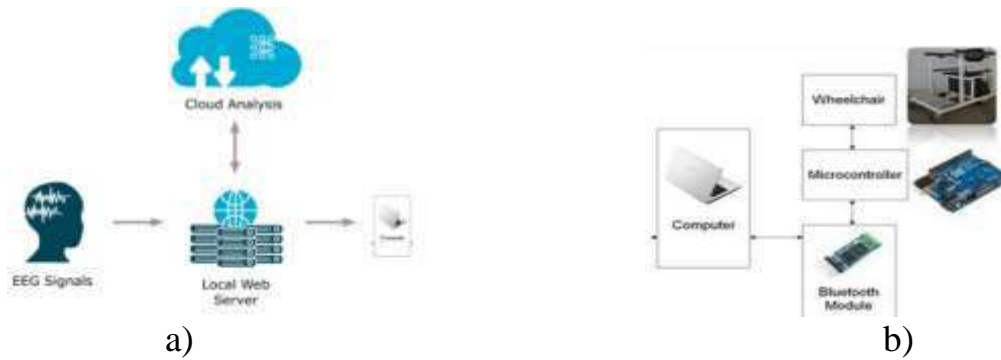


Figure 1. – a) The proposed cloud model [1] and b) Block Diagram of Brainwave Controlled [2]

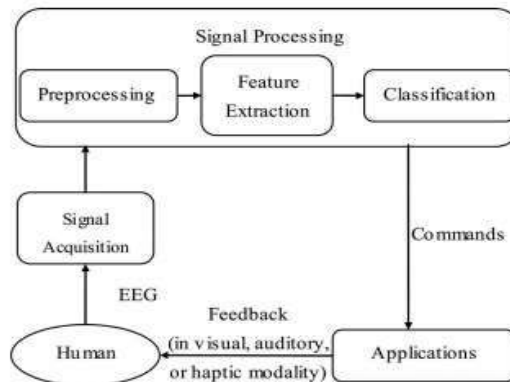


Figure 2. – Schematic of the main BCI components [1]

## Conclusion

To summarize, the main idea of this project is to construct an electrical wheelchair that can be directly controlled by the brain of the user. using device that is used for capturing the EEG signal is the special headset with transmit it via Bluetooth to PC (software), the EEG signals are processed and converted into mental commands. This project is contributes a new and effective solution for the physically disabled people or the patients who suffered from neuromuscular disorder to regain their mobility.

## References

1. Electroencephalography [electronic resource] access mode: (PDF) EEG-Based Brain-Controlled Mobile Robots: A Survey (researchgate.net). 10.12.2021 y. – Title from the monitor.
2. Половенко К. Г. Масштабный анализ электроэнцефалограмм на основе вейвлет-преобразований с базисной функцией Добеши / К. Г. Половенко // Прикладная радиоэлектроника : науч.-техн. журн. – Х. : ХНУРЭ, 2011. – Т. 10, № 1 – С. 15–21.

## PROSTHETIC HAND USING ARDUINO

Abdelwahed Hossameldin Khaled

Scientific supervisor – Assistant of BME Dep. Kravchuk O.  
Kharkiv National University of Radio Electronics, BME Dep.,  
14, Nauka Ave, Kharkov, Tel (057)-702-13-64  
E-mail: [khossameldin.abdelvakhed@nure.ua](mailto:khossameldin.abdelvakhed@nure.ua)

Recently, the field of prosthetics has seen many accomplishments especially with the integration of technological advancements. There are different types of hand (robotic, surgical, bionic, prosthetic and static) are analyzed in terms of resistance, usage, flexibility, cost and potential. The hand is completely 3D printed built from PLA filament and high strength materials that can handle high impacts and fragile elements as well and the benefit to use PLA filament because it is strong and cheap. We use Servo to control the fingers by connect the fingers to servo by cord after we connect it to the finger and threading it through all the narrow holes, the opening‘ and closing‘ finger positions are marked. The distance the string travelled can be measured, and therefore how far the servo needed to travel to open and close each finger. This measurement would be used to find the servo travel angle in the code for each finger and can rotate approximately 180 degrees (90 in each direction). Servo is a closed-loop mechanism that incorporates positional feedback in order to control the rotational or linear speed and position. The motor is controlled with an electric signal, either analog or digital, which determines the amount of movement which represents the final command position for the shaft [1]. By programming we can control servo by Arduino. Arduino is an open-source hardware and software company, project and user community that designs and manufactures single-board microcontrollers and microcontroller kits for building digital devices [2].



Figure 1- Model of the prosthetic hand [3]

This project helping the people who lost their hand to continue their daily life normally without feeling any disability.





Figure 2 - Servo [4]

The main idea is build the prosthetic by 3D printer and using The servos, controlled by an Arduino to control the movement of the finger through the cord. The finger can be moved likely the real finger. In the future, the feedback part would be improved to realize the prosthetic hand.

## References

- 1.Servo motor Datasheet SG90 [electronicresource] accessmode:<https://realpars.com/servo-motor/>/23.02.2021 y. – Title from the monitor.
- 2 . Devnozashvili M., Selivanova K. G. Medication reminder device development : дис. – ХНУРЕ, 2019.
3. Selivanova K.G. Method of hand movement testing on graphic tablet / K.G. Selivanova, O.G. Avrunin // Biomedical engineering: I Russian-German conference on Biomedical engineering (RGC-2013), October, 23rd -26th, 2013: proceedings of conference. – Hannover, Germany, 2013. – P. 58.
- 4.Model of the prosthetic hand [electronicresource] accessmode:<https://blogs.solidworks.com/tech/2016/08/solidworks-time-lapse-tutorial-mechanical-hand.html> /23.02.2021 y. – Title from the monitor.

## ОСОБЕННОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ КОСТНЫХ СТРУКТУР

Абрамова А. А.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Аврунин О. Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

61166, Харьков, просп. Науки, 14, каф. Биомедицинской инженерии, тел.

+38 (057)-702-13-64

e-mail: [hanna.abramova@nure.ua](mailto:hanna.abramova@nure.ua),

The manifestations of bone involvement in patients with multiple myeloma (MM) can have devastating clinical effects and increase mortality. The manifestations of bone involvement in patients with MM include osteopenia, osteolytic lesions and fractures, which can have devastating clinical effects. However, the consequence of skeletal damage is not only multiple myeloma, which is a malignant disease, but also a number of other diseases with different etiology. Therefore, it is extremely important to distinguish between the types of lesions on tomograms.

Заболевания костей ухудшают качество жизни пациентов и являются основной причиной заболеваемости и смертности. По этой причине визуализация играет очень важную роль в ведении пациентов с множественной миеломой (ММ). Проявления поражения костей у пациентов с ММ включают остеопению, остеолитические поражения и переломы, которые могут иметь разрушительные клинические последствия из-за увеличения заболеваемости пациентов с множественной миеломой [1,2].

На структурную целостность костей в целом влияет множество факторов: общая костная масса, геометрия кости и свойства составляющей ткани. Одной из основных причин сепарации поражений по этиологии болезни является своевременно оказанная помощь и как следствие, более раннее лечение, что способствует увеличению шансов на сохранение жизни.

В таблице 1 представлены одни из самых распространенных болезней с особенностями отображения на томограммах [3-4].

Таблица 1 – Особенности визуализации некоторых болезней, вызывающих патологию скелета

Название патологии	Этиология	Данные КТ	Данные МРТ
Туберкулезный спондилит	Инфекционное поражение костей	Выявляются типичные признаки остеомиелита с деструкцией кости; сначала они возникают в передних отделах тела позвонка Секвестры четко визуализируются, поскольку для них характерно обызвествление	– повышенная интенсивность сигнала при последовательности STIR;  пониженная интенсивность сигнала на T1-взвешенном изображении; усиленное накопление контраста; могут поражаться передние отделы позвоночника;

		паравертебральных абсцессов	
Гемангиома	Доброкачественная сосудистая опухоль	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ограниченный остеолитический дефект);</li> <li>– утолщенные, извитые костные балки,</li> <li>– располагающиеся вертикально (многоплоскостная реконструкция);</li> <li>– замещение костного мозга жировой тканью.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Усиленный сигнал на T1-взвешенном изображении;</li> <li>– Резко усиленный сигнал на T2-взвешенном изображении;</li> <li>– осложнения (сдавление спинного мозга и нервных корешков);</li> <li>– умеренное или выраженное накопление контраста;</li> <li>– агрессивная гемангиома дает слабый сигнал на T1-взвешенном изображении, усиленный сигнал на T2-взвешенном изображении;</li> <li>– часто определяется эпидуральное распространение и переломы позвонков</li> </ul>
Множественная миелома	Злокачественное заболевание	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Остеолитические очаги в губчатом веществе;</li> <li>– мягкотканый компонент;</li> <li>– очаги остеосклероза в 3% случаев;</li> <li>– может инфильтрировать межпозвоночный диск;</li> <li>– слабое накопление контраста.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Слабый сигнал на T1-взвешенном изображении (интенсивность сигнала аналогична сигналу от мышц);</li> <li>– умеренное усиление сигнала после введения контраста;</li> <li>– мягкотканый компонент;</li> <li>– усиленный сигнал на T2-взвешенном изображении (возможна неоднородность);</li> <li>– усиление сигнала при применении последовательности STIR (диффузное или очаговое).</li> </ul>

Таким образом, различие визуализированных патологий на томограммах и их правильная интерпретация являются основой для исследования скелета, в частности, при поражении ММ.

Список литературы:

1. Saad F, Lipton A, Cook R, Chen YM, Smith M, Coleman R. Pathologic fractures correlate with reduced survival in patients with malignant bone disease. *Cancer*. 2017;110(8):1860–1867.
2. Baur-Melnik A. Myeloma // *European Congress of Radiology /Book of Abstracts/*.-2016.- V.16.-P. 110.
3. Аврунин О.Г. Принципы построения автоматизированных нейрохирургических комплексов /О.Г. Аврунин, Т.В. Носова// *Вестник НТУ «ХПИ»*. –2007, № 19. –С. 3–11.
4. Kang D.J., Lee S.J., Na J.E., Seong M.J., Yoon S.Y., Jeong Y.W., Ahn J.P., Rhyu I.J. Atmospheric scanning electron microscopy and its applications for biological specimens. *Microscopy Research and Technique*. 2018. Vol. 82, № 1. P. 53–60.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ВИДЕОДЕРМОСКОПИИ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ

Исаева О. А.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Аврунин О. Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. БМИ, тел. (057) 702-13-64)

e-mail: olha.isaieva@nure.ua

The work is devoted to the method of modern diagnostics of the skin and wool of animals – ultraviolet videodermoscopy, which, in addition to diagnosing humans, will help to study animal's diseases. The condition of the cat's wool is analyzed. Due to the ultraviolet radiation, it is proposed to examine the teeth of animals using a skin examination device. Attention is paid to the fact that the UV-videodermoscope can be used in combination with a thermal imager. The harm or benefit of using ultraviolet diagnostics of wool or skin is determined.

**Введение.** На сегодняшний день известен метод современного исследования кожи под названием УФ-видеодерматоскопия [1, 2]. Метод представляет собой оценку кожного покрова в реальном масштабе времени с помощью использования аппарата SkinScope, подключенной камеры Sony к этому прибору и передачи дерматоскопических изображений для последующей обработки на приложения телефона или на программные средства компьютера. Метод УФ-видеодерматоскопии позволяет по цвету и форме поверхности кожи определить некоторые патологические состояния.

Оценка кожного состояния проводится врачами-специалистами – дерматологами или косметологами, которые непосредственно после сбора данных и определения патологий подбирают необходимый уход. Помимо того, что с заболеванием кожного покрова сталкиваются люди, необходимо помнить и о животных. Группа кожных заболеваний у таких животных, как собаки и кошки, достаточно широка, поэтому симптомы могут быть самые разные. Владельцы обычно обращают внимание на воспаленные участки, интенсивное выпадение шерсти, зуд. Самая распространенная патология у животных – это алопеция, которая представляет собой выпадение шерсти.

**Целью работы** является применение метода УФ-видеодерматоскопии в ветеринарии.

**Результаты исследования.** Для эксперимента мы исследовали кошку возраста пяти лет. Процедура обследования занимает около минуты. За это время производится видеорегистрация изображения, которое затем передается на мобильные устройства или компьютеры. На рисунке 1,а можно заметить в области носа кошки и под глазами белое свечение, которое может означать сухость кожи. Также, возможно использование

метода УФ-видеодермоскопии для исследования состояния зубов у животных (см. рис. 1, б).

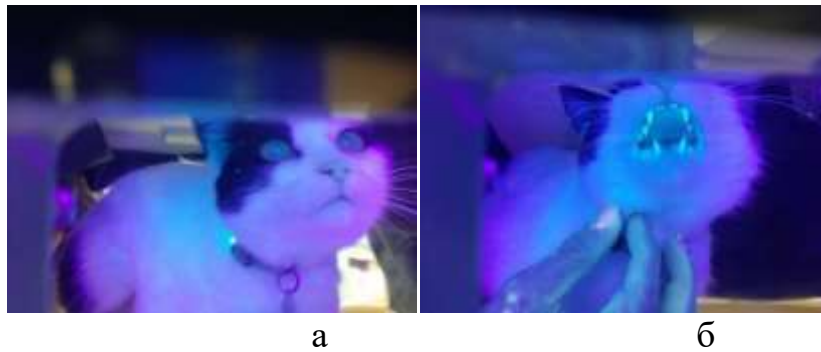


Рисунок 1 – Исследование кошки с помощью метода видеодермоскопии: а – исследование кожного покрова кошки, б – исследование зубов кошки

**Выводы.** На сегодняшний день УФ-видеодермоскопия является достаточно информативным исследованием, как для людей, так и для животных. Очень важно выявить патологии кожи на ранних этапах. Данный метод может повысить достоверность диагностики [3] заболеваний кожи и шерсти, это безопасная процедура практически без противопоказаний. Перспективой является автоматизация предложенного диагностического подхода и разработка графического программного обеспечения [4, 5] для визуализации патологических областей.

#### **Список литературы.**

1. Avrunin O. Development of Automated System for Video Interferometry / O. G. Avrunin, V. Klymenko, A. Trubitsin, O. Isaeva // Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference International Trends in Science and Technology Vol.2, January 31, 2019, Warsaw, Poland. - P. 6-9.
2. Isaeva O. Special features of the use of telemedicine technologies in dermatology / O. Isaeva, A. Trubitsin, O. Avrunin, D. Strelchenko // Abstracts of XV International Summer School Conference. – Odesa: «Odesa I. I. Mechnikov National University», 2020. – P. 38-40.
3. Щапов П. Ф. Получение информационной избыточности в системах измерительного контроля и диагностики измерительных объектов / П. Ф. Щапов, О. Г. Аврунин // Український метрологічний журнал. – 2011. – № 1. – С. 47–50.
4. Oleg G. Avrunin, Natalia O. Shushlyapina, Yana V. Nosova, Wojciech Surtel, Aron Burlibay, Maral Zhassandykyzy. Method of expression of certain bacterial microflora mucosa of factory area. Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications, 2015, 98161L (December 18, 2015), doi:10.1117/12.2229074

## **РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИЙОМІВ КРЕСЛЕННЯ У МЕДИЧНИХ СИСТЕМАХ**

Вадурін К.О., Мешков М.Ю.

Науковий керівник – к.т.н, доцент, Кухаренко Д.В.

Кременчуцький національний університет імені Михайла

Остроградського

39600, Кременчук, вул. Першотравнева, 20, каф. Електронних  
апаратів, тел. (053) 663-20-01

e-mail: [kafea@kdu.edu.ua](mailto:kafea@kdu.edu.ua).

The work is devoted to finding the possibility of using drawing methods to extract information from medical systems, which can optimize the processes of medical examinations and reduce their cost. It is proposed to use pen plotters to extract information from medical systems.

The result of the work is to expand the range of methods by which you can output information from medical systems on paper. The device is capable of sketching sections of internal structures of the brain by tomography. The power supply system of this device is designed, as well as an algorithm for using software to extract the required information.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Наразі у світі є велика кількість медичних апаратів та систем, які потребують використання додаткових пристроїв для виведення та збереження інформації. Так стаціонарні та портативні кардіографи базуються на методі термодрукування, причому особливістю використовуваного термопаперу є те, що необхідно суворо дотримуватися умов його зберігання, для точної побудови кардіограм, а також слід помітити, що до його складу можуть входити шкідливі речовини, на кшталт Бісфенола А, який небезпечний навіть в малих кількостях.

Зважаючи на такі особливості сучасного термодруку доцільно розглянути можливості створення іншого способу для виведення інформації на носії, які не є шкідливими, що дозволить безпечно використовувати та утилізувати медичні носії інформації, що втратили свою цінність.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Наразі створено велику кількість різноманітних пристроїв для виведення інформації на папір: матричні, струменеві, лазерні, термічні принтери та плоттери. Серед усього різноманіття зазначених пристроїв необхідно виокремити планшетні пір'яні графопобудовники, які, з-поміж інших, найпростіше пристосуються до медичних потреб, та матимуть такі переваги, як: можливість встановлення необхідної площі друкувальної поверхні при проектуванні майбутніх пристроїв; мінімізація чорнил при користуванні.

Для демонстрації працездатності запропонованого методу було створено найпростішу функціональну схему графопобудовника, надану на рисунку 1.

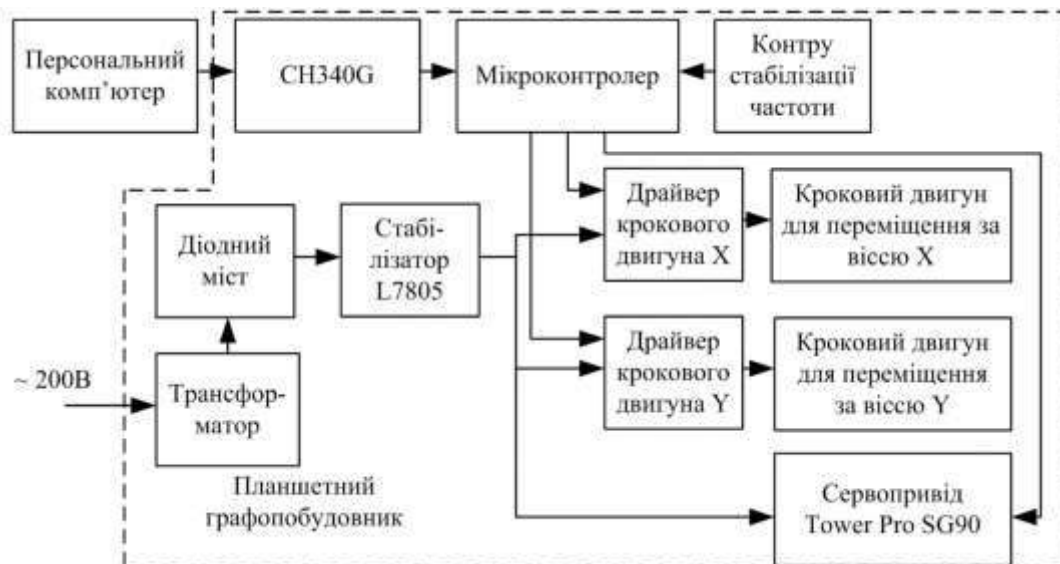


Рисунок 1 – Функціональна схема проектованого графопобудовника  
 За спроектованою функціональною схемою побудовано та запрограмовано фізичну модель, яка базується на платформі Arduino Nano, а зв'язок з медичними пристроями чи стаціонарним ПК здійснюється за допомогою інтерфейсу USB.

**ВИСНОВКИ.** При виконанні роботи, було запропоновано використання планшетних графопобудовників для виведення інформації з медичних систем, як дешева і безпечна альтернатива, на відміну від термодруку. Основні результати полягають у тому, що:

- проаналізовано існуючі методи виведення інформації на друковані носії та визначено їх недоліки, основним з яких є відносно висока собівартість конструкцій даних пристроїв, а також необхідність у витратних матеріалах для друку;
- виконано фізичну модель графопобудовника, керуючись створеними схемами, основаними на платформі Arduino Nano;
- перевірено створену та запрограмовану фізичну модель на можливість друку різноманітних зображень.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Abdullah Z., Shamsurijan S. Improvement in thermal printer line production by using kaizen method. Proceedings of Symposium on Electrical, Mechatronics and Applied Science. 2018. P. 137–138.
2. Amin R., Ghaderinezhad F. Pushing the Limits of Spatial Assay Resolution for Paper-Based Microfluidics Using Low-Cost and High-Throughput Pen Plotter Approach. Micromachines. 2020. P. 611.
3. Bogodistova, E. S., Telnov G. G. Interactive experiments with printers and plotters in real and virtual environment. Information Innovative Technologies. 2019. P. 209–214.
4. Bondy M, Ligon BL. Epidemiology and etiology of intracranial meningiomas / M Bondy, BL. Ligon – A review. J Neuro-Oncology, 1996. – p. 197 – 205.

## РЕАБИЛИТАЦИЯ ОБОНЯНИЯ ПРИ COVID-19

Худаева С.А., Носова Я.В.

Научный руководитель – – д.т.н., проф. Аврунин О.Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, просп. Науки, 14, каф. Биомедицинской инженерии  
e-mail: [sofiia.khudaeva@nure.ua](mailto:sofiia.khudaeva@nure.ua)

Today, the COVID-19 pandemic has a significant impact on the lifestyle of the population and the health care system in all countries. One of the most common complications after COVID-19 is loss of smell (anosmia) or hyposmia - a partial loss of the sense of smell - the virus damages the nerve endings of the olfactory receptors or the olfactory cells in the nose. If a loss of smell is detected, you need to go to the clinic and undergo olfactometry. This procedure allows you to recognize the acuity of scent using special devices.

Впервые всеми известный на данный момент смертоносный вирус SARS-CoV-2 (COVID-19) был зарегистрирован в декабре 2019 года. Одним из самых распространенных симптомов и осложнений после COVID-19 является потеря обоняния (аносмия) или гипосмия – частичная утрата ощущения запахов [1, 2]. В основе такой обонятельной дисфункции лежат 4 фактора:

- обструкция носовых ходов из-за острого воспаления и застойных процессов в слизистой оболочке, отек слизистой;
- проникновение возбудителя через решетчатую кость непосредственно в участок коры головного мозга, распознающий запахи (у многих пациентов anosmia не сопровождается насморком и заложенностью носа);
- инфицирование периферических нейронов в носовой полости, повреждение клетки, разрушение нейроэпителия, выполняющего рецепторную функцию и нарушение центрального сообщения с обонятельным нервом. При таком действии вирус может проникнуть по нервным волокнам обонятельного пути вглубь организма и даже достигнуть коры головного мозга;
- комбинированное расстройство.

Потеря способности ощущать запахи может быть вызвана как нарушением структуры слизистой оболочки носовой полости, так и поражением самой сенсорной обонятельной системы [2, 3]. Вирус повреждает нервные окончания обонятельных рецепторов или обонятельные клетки в носу. Восстановление рецепторов обоняния занимает от 8 дней до 2 месяцев с момента первых симптомов инфекции и зависит от индивидуальных особенностей иммунитета человека, его генетических особенностей. Обычно рецепторы в носу регенерируются каждые шесть недель, чтобы заменить клетки, поврежденные загрязнением и токсичными парами. Но после COVID-19 способность к регенерации



иногда теряется. Для облегчения состояния рекомендуется симптоматическая терапия, направленная на купирование воспаления в области носовой полости, а также применение насыщенных интенсивных ароматов заставляют организм вовлекать в работу органы, которые отвечают за восприятие запахов и их распознавание [2-4].

В реабилитационном периоде после Covid-19 при стойкой потере, или снижении обоняния целесообразно проведение доказательной ольфактометрии – путем оценки энергетических характеристик носового дыхания при действии соответствующих одоривекторов. Такими показателями могут быть значения пневматической мощности и энергия носового дыхания, при которых пациент воспринимает подаваемый ольфакторный стимул соответствующей концентрации. С помощью устройства, которое объединяет в себе функции риноманометра – измеряет перепад давления в носовой полости и расход воздуха (и расчетные энергетические характеристики дыхания), и одоривекторной насадки (контейнера для пахучего вещества) для размещения в воздушном тракте риноманометра одоривектора [5].

Учитывая целесообразность выяснения, как быстро восстанавливается обоняние после перенесенного Covid-19, необходимо подобрать набор пахучих веществ с соответствующими концентрациями, которые в норме интенсивно воздействуют на обонятельные анализаторы.

#### Список источников

1. Особливості виникнення синусоназальної дизосмії, що асоційована з COVID-19 / Є. П. Слупська, Н. О. Шушляпіна, Абделхамід Ібрагім Юнусс, Я. В. Носова, О. Г. Аврунін // Шляхи розвитку науки в сучасних кризових умовах: тези доп. І міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 28-29 травня 2020 р. – Дніпро, 2020. – Т.2. – С.349-351

2. Никонов Е.Л. Коронавирусная инфекция COVID-19: инфекционная безопасность в эндоскопическом отделении // Методические рекомендации: Москва, 2020. -16 с.

3. Аврунін О.Г., Бодянський Є.В., Семенець В.В., Філатов В.О., Шушляпіна Н.О. Інформаційні технології підтримки прийняття рішень при визначенні порушень носового дихання: монографія.– Харків: ХНУРЕ, 2018. – 125 с.

4. Oleg G. Avrunin, Natalia O. Shushlyapina, Yana V. Nosova, Wojciech Surtel, Aron Burlibay, Maral Zhassandykyzy. Method of expression of certain bacterial microflora mucosaol factory area. Proc. SPIE 9816, Optical Fibersand Their Applications, 2015, 98161L (December 18, 2015), doi:10.1117/12.2229074.

5. Nosova Y.V. A tool for researching respiratory and olfaction disorders/ Y.V. Nosova, K.I. Faruk, O.G. Avrunin // Telecommunications and Radio Engineering. – 2018. – №77(15). – С. 1389–1395

## СЕГМЕНТАЦІЯ ДЕНТАЛЬНОЇ РЕНТГЕНОГРАММИ ПРИ ЕНДОДОНТИЧНОМУ ЛІКУВАННІ

Перепелиця О.М.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Носова Т.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. Біомедичної інженерії,  
тел. (057) 702-13-64)

e-mail: oleksii.perepelytsia@nure.ua

Determining the working length of the root canal - the first and main stage of endodontic treatment. The radiograph with the input file allows you to obtain information about the anatomy, the number of channels and the direction of their curves. Monochrome photometric interpretation is used for the dental radiograph (image pixel brightness is represented by a gray scale). Using the threshold method of segmentation, based on the division of the image into 2 parts (object and background), allows you to get a more accurate idea of the architecture of the cavity of the tooth canal. The accuracy of determining the length of the root canal and the allocation of apical narrowing depends on the segmentation algorithms.

Визначення робочої довжини кореневого каналу - перший і основний етап ендодонтичного лікування. Рентгенограма з введенням файлу дозволяє отримати інформацію про анатомію, кількості каналів і напрямку їх вигинів[1]. Для дентальної рентгенограми використовується монохромна фотометрична інтерпретація (яскравості пікселів зображення представлені сірою шкалою). Використання порогового методу сегментації, що засновано на поділі зображення на 2 частини (об'єкт і фон), дозволяє отримати більш точне уявлення про архітектуру порожнини каналу зуба[2]. Точність визначення довжини кореневого каналу та виділення апікального звуження залежить від алгоритмів сегментації. На рис. 1 показана гістограма зображення зуба.

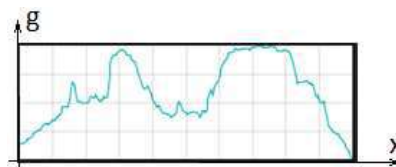


Рисунок 1 – Гістограми зображення запломбованого зуба

На гістограмі показано, як фізіологічному кореневому каналу відповідають проміжки з більшими показниками яскравості. Для виділення цих областей, досить вибрати значення  $T$  і визначити всі точки, що мають  $f(x,y) > T$ , які належать об'єкту, а в іншому випадку – належать

фону. Тоді вихідне зображення визначається наступним виразом (1), де 1 - значення об'єкту; 0 - значення фону:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } f(x, y) > T \\ 0, & \text{if } f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (1)$$

При пороговій сегментації необхідно додатково враховувати пов'язаність компонентів. Якщо вважати дві точки зображення пов'язаними і існує шлях між ними, уздовж якого характеристична функція постійна, то точки є пов'язаними. Розмітка об'єктів на дискретному бінарному зображенні полягає у виборі точки об'єкта, від якої власне починається зростання. На наступному кроці позначаються сусідні точки (крім вже позначених) і так далі. По завершенні цієї рекурсивної процедури одна компонента повинна бути повністю позначена, і процес можна буде продовжити, вибравши нову початкову точку [3] (рис. 2). Для уточнення місця сегментації була вибрана прямокутна область із порогом T.

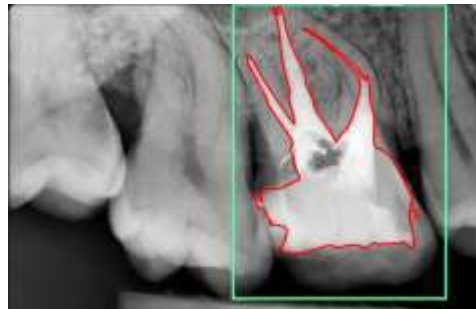


Рисунок 2 – Результат сегментації кореня запломбованого зуба

Вимірювання довжини кореневого каналу методом сегментації рентгенографічних зображень може дозволити визначати не тільки довжину кореня зуба, але і ступінь прохідності, напрямок руху інструмента, наявність перфорації, викривленість каналу, а також можливість автоматизувати процес знаходження апікального звуження.

### Список використаної літератури:

1. Ковецкая В. В. Методы определения рабочей длины кореневого канала / В. В. Ковецкая / Современная стоматология. – 2006.–С. 35-39.
2. Шамраева Е. О. Построение моделей черепных имплантов по рентгенографическим данным / Е. О. Шамраева, О. Г. Аврунин // Прикладная радиоэлектроника. – 2005.– Т. 4.– С. 441–443.
3. Шамраева, Е. О. Выбор метода сегментации костных структур на томографических изображениях / Е. О. Шамраева, О. Г. Аврунин // Бионика интеллекта: информация, язык, интеллект. – 2006. – № 2 (65). – С. 83–87.

## РОЗРОБКА АПАРАТНОГО МОДУЛЯ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЇ М'ЯЗІВ НИЖНІХ КІНЦІВОК СПОРТСМЕНІВ

Біценко К.Р.

Науковий керівник – к.т.н, ст. викл. Селіванова К.Г.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. Біомедичної інженерії,  
тел. (057) 702-13-64)

e-mail: [kyrylo.bitsenko@nure.ua](mailto:kyrylo.bitsenko@nure.ua)

In this paper a block diagram of a module electrostimulation of muscles of the lower limbs of athlete's was developed. It consists of the following serial blocks: pulse generator, modulator, and amplifier, electrodes, battery and battery charge control buttons.

Сучасний спорт вимагає від спортсменів високий рівень фізичної та функціональної підготовленості, постійної підтримки спортивної форми, але в умовах сьогодення, пов'язаних зі світовою пандемією, регулярні фізичні тренування є досить обмеженими з-за карантинних умов [1]. Наразі у спортивній медицині існує необхідність розробки різноманітних електроміостимуляторів індивідуального використання, адаптованих для різних видів спорту та типу м'язів, а також із можливістю телемедичної передачі даних тренувань спортивному лікарю чи тренеру [2].

Метою цієї роботи є розробка апаратного модуля електростимуляції м'язів нижніх кінцівок зі зручним інтерфейсом користувача, простотою реалізації пристрою та доступності виготовлення експериментального зразка, оскільки й сам автор роботи приділяє велику кількість часу тренуванням та займається спортом, де залучені м'язи нижніх кінцівок.

Першим етапом розробки електроміостимулятора є вивчення фізіологічних та біомеханічних властивостей м'язів нижніх кінцівок, а також технічних параметрів реєстрації електричної активності для проєктування блоку генератора імпульсів [2-3]. Нижні кінцівки людини несуть на собі основне навантаження та здійснюють функції опори й пересування. Це найпотужніші з усіх м'язів людського тіла. Амплітуда коливань потенціалу м'язів ніг не перевищує кількох мілівольт, а їх тривалість – 20-25 мс [4].

Головною проблемою під час інтенсивних тренувань у спортсменів є накопичення молочної кислоти у м'язових волокнах, що призводить до болісних відчуттів та отруєнні м'язів. Тому актуальним завданням в галузі біомедичної інженерії є розробка додаткових апаратних засобів підтримки спортивної форми з можливістю індивідуального регулювання електростимуляції, а також в перспективі режиму зменшення спазму, судом, ригідності м'язів і виведення молочної кислоти, у разі перевантаження нервово-м'язової системи людини [5].

Другим етапом проєктування апаратного модуля електростимуляції є вибір елементної бази та розробка структурної схеми пристрою. У загальному вигляді будемо використовувати такі основні блоки: генератор імпульсів, модулятор, підсилювач, електроди, батарея і кнопки контролю заряду батареї (рис. 1).

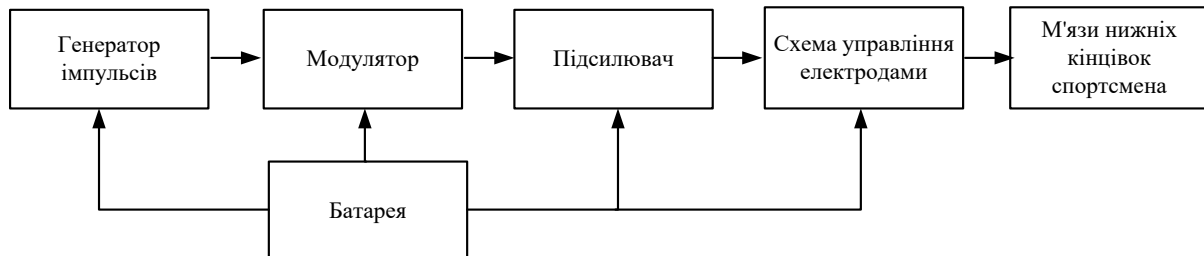


Рисунок 1 – Розроблена узагальнена структурна схема апаратного модуля електростимуляції м'язів нижніх кінцівок

Таким чином, розроблений апаратний модуль електростимуляції надає змогу підтримувати спортсмену свою форму без шкоди м'язам або в разі тривалої перерви повернутися до тренувань таких видів спорту як футбол, баскетбол, волейбол, легка атлетика.

#### Список використаних джерел:

1. Бугорский Е.В. и др. Методические рекомендации по применению транслингвальной спайк-стимуляции для модифицирования психомоторных и нейрорегуляторных функций спортсменов в различных видах спорта. Методические рекомендации. Под ред. проф. В.В. Уйба // М.: ФМБА России, 2019. – 66 с.

2. Селіванова К. Г. Проєктування телемедичної системи об'єктивізованої оцінки тремору рук із зовнішнім кінестетичним впливом / К. Г. Селіванова, М. Ю. Тимкович // Медико-психологічні та інформаційні аспекти реабілітації і абілітації людини. Збірник наукових праць за загальною редакцією Заслуженого лікаря України, професора О.А. Панченка. Київ. КВІЦ, 2020. – 344 с. – С. 255-257.

3. Аврунин О. Г. Биомеханическая модель функционирования мышц для определения двигательных нарушений / О. Г. Аврунин, К. Г. Селиванова // Динаміка та міцність енергетичних і сільськогосподарських машин та біотехнічних систем: колективна монографія / за ред. О.В. Горика., С.Б. Ковальчука – П.: Сімон, 2015. – С. 7-10.

4. Аврунин О. Г. Автоматизированный анализ электрической активности мышц при диагностике экстрапирамидных гиперкинезов / О. Г. Аврунин, К. Г. Половенко. // Технічна електродинаміка. Тем. випуск. – 2012. – С. 188–193.

5. Селиванова К. Г. Компьютерное моделирование механизма генерации ЭМГ сигнала в норме и при различных нервно-мышечных заболеваниях / К. Г. Селиванова // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: 18-й Международный молодежный форум, Том 1.: материалы конф. – Х., 2014. – С. 160-161.

## ТЕСТИРОВАНИЕ НОСОВОГО ДЫХАНИЯ У СПОРТСМЕНОВ

Присыч А.Ю. Носова Я.В.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Аврунин О.Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

61166, Харьков, просп. Науки, 14, каф. Биомедицинской инженерии

e-mail: olena.prisych@nure.ua

When performing physical activities, along with the heart rate, it is necessary to monitor respiration indicators, since the level of incoming oxygen can be used to judge the development of mechanical work by the muscles. An additional criterion in this case may be the threshold of the transition from nasal to oral breathing - the moment in time and, accordingly, the air consumption at which the athlete does not have enough oxygen during physiological nasal breathing. The prospect of the work is the development of specialized functional tests of nasal breathing during physical exertion and the corresponding software for assessing the indicators of forced breathing in athletes.

При выполнении физических нагрузок наряду с частотой сердечных сокращений необходимо следить за показателями дыхания, так как по уровню поступающего кислорода можно судить о развитии мышцами механической работы [1, 2]. Дополнительным критерием при этом может являться порог перехода с носового на ротовое дыхание – момент времени и соответственно расход воздуха при котором спортсмену не хватает кислорода при физиологическом носовом дыхании [3, 4]. Косвенно близость этого порога можно определить по данным задней активной риноманометрии при тестировании носового дыхания в форсированном режиме [4, 5].

Изначально ламинарный и переходной режимы дыхания (в покое, без физической нагрузки) характеризуются линейной зависимостью перепада давления от расхода воздуха и ламинарным профилем скоростей по сечениям носовой полости. При форсировании дыхания наступает переход к турбулентному режиму течения воздуха, при котором зависимость перепада давления от пропускаемого расхода воздуха носит нелинейный – квадратичный вид, а профиль скоростей воздушного потока становится близким к логарифмическому. Это означает резкий рост перепада давления при существенно меньшем, непропорциональном возрастании расхода воздуха, который вызван резким повышением пневматической мощности носового дыхания – попыткой увеличить расход путем развития максимального перепада давления. В таком перенапряженном режиме носового дыхания спортсмен не может находиться длительное время и переходит на дыхание ртом для получения большего расхода при существенно меньшем аэродинамическом сопротивлении. Приведенные выше характеристики носового дыхания, такие как перепад давления, расход воздуха, пневматическая мощность, коэффициент

аэродинамического носового сопротивления можно получить непосредственно путем риноманометрических измерений.

Однако, при выполнении функциональных исследований под нагрузкой в форсированном режиме часто сопряжено с методологическими трудностями, поэтому в ряде случаев целесообразно по данным компьютерной томографии выполнять построение аэродинамической модели носовой полости и задаваясь рядом физиологических значений перепада давления, или расхода воздуха, определять режим течения воздуха и соответственно параметры, соответствующие переходу к турбулентному режиму. Такой подход, кроме того, позволит выявить участки с повышенным аэродинамическим сопротивлением и может использоваться в последующем, например, для проведения компьютерного планирования функциональных ринохирургических вмешательств при выявлении существенных нарушений конфигурации носовой полости [3].

Перспективой работы является разработка специализированных функциональных тестов носового дыхания при разных видах физических нагрузок и соответствующего программного обеспечения для оценки показателей форсированного дыхания у спортсменов.

#### Список литературы

1. Прісич О. Ю. Метод тестування носового дихання для оцінки потенційних можливостей спортсменів / О. Ю. Прісич, Г. П. Грохова, О. Г. Аврунін // Матеріали 3 Міжнародної науково-технічної конференції Актуальні проблеми автоматики та приладобудування. – Харків, 2020. – С. 74-75.

2. Прісич О. Ю. Особливості дихання під час фізичних навантажень в різноманітних видах спорту / О. Ю. Прісич, А. П. Грохова // Матеріали 19-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів». – Кременчук. – 2020. – С. 34-36.

3. Аврунін О.Г., Бодянський Є.В., Семенець В.В., Філатов В.О., Шушляпіна Н.О. Інформаційні технології підтримки прийняття рішень при визначенні порушень носового дихання: монографія.– Харків: ХНУРЕ, 2018. – 125 с.

4. Аврунин О.Г. Особенности исследования носового дыхания при физических нагрузках / О.Г. Аврунин, Я.В. Носова, С.А. Худаева. // Тези доповіді 5-й Всеукраїнської науково-практичної конференції «Здоров'я нації та вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти в Україні». – 2018. – С. 117 – 119.

5. Аврунин О. Г. Обоснование основных медико-технических требований для проектирования многофункционального риноманометра / О. Г. Аврунин, А. И. Бых, В. В. Семенец // Функциональная компонентная база микро-, опто- и наноэлектроники : сб. науч. тр. III Междунар. науч. конф., 28 сент. - 2 окт. 2010 г. – Х. ; Казивели : ХНУРЭ, 2010. – С. 280-281.

# РАССЧЕТЫ ЭНЕРГИЙ ВОДОРОДНЫХ СВЯЗЕЙ В НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОНФОРМАЦИЯХ ПЕНТАПЕПТИДНОЙ МОЛЕКУЛЫ

Сафарли Г.Р.

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Гаджиева Л. С., к.ф.-м.н. Аббасова Г.Д.  
Азербайджан, Бакинский Государственный Университет,  
AZ1148, Баку, ул.З.Халилова,23, каф. Оптики и молекулярной физики  
Тел. (+994125390507), e-mail: [lala-h@mail.ru](mailto:lala-h@mail.ru)

One of the topical areas of nano-biotechnology is the study of the processes of controlled transport of drugs and diagnostics, carried out using nanoparticles. Loaded with drug molecules, nanoparticles can deliver chemical compounds directly to affected cells without significantly affecting healthy cells of various organs and tissues. Among such drugs used in the therapy of tumor cells using nanoparticles is a compound consisting of five amino acid residues - Cys, Arg, Glu, Lys, Ala. As the calculation showed, the spatial structure of molecules can be described in the form of a limited set of low-energy conformations.

Наиболее перспективные направления в исследованиях структуры и свойств биологических систем на молекулярном и клеточном уровне связаны с нанобиотехнологией, целью которой является управление транспортом лекарственных и диагностических средств. Загруженная наночастица концентрирует в себе несколько десятков тысяч и более молекул лекарственного вещества, что дает возможность эффективного транспорта химических соединений непосредственно к месту доставки без поражения здоровых клеток различных органов и тканей. Стерические допустимые изменения двугранных углов вращения вокруг связей N-C<sup>α</sup> (φ) в основной цепи и связей C<sup>α</sup>-C<sup>β</sup>(χ<sub>1</sub>), C<sup>β</sup>-C<sup>γ</sup> (χ<sub>2</sub>), C<sup>γ</sup>-C<sup>δ</sup> (χ<sub>3</sub>) и т. д. в боковых цепях аминокислотных остатков Cys, Arg, Glu, Lys и Ala были определены из конформационных карт, построенных в низкоэнергетических состояниях молекулы по вычислительной программе. Углы φ и χ<sub>1</sub>, соответствующие локальным минимумам потенциальной поверхности монопептидов варьировались в энергетическом поле всей молекулы, основная цепь которой фиксировалась в соответствии с координатами атомов в одной из низкоэнергетических конформаций молекулы. Отсчет двугранных углов вращения проводился согласно стандартной номенклатуре IUPAC-IUB [3].

Таблица 1. Водородные связи в низкоэнергетических конформациях молекулы Cys-Arg-Glu-Lys-Ala

Шейп	Форма	Водородные связи	Длина водородной связи, Å	Энергия водородной связи, ккал/моль
ffef	<b>RR<sub>2</sub>B<sub>3</sub>R<sub>3</sub>R</b>	N <sup>δ</sup> H(Arg2) ...COO(Glu3)	2.73	-0.18



<b>ffee</b>	<b>RR<sub>2</sub>B<sub>1</sub>B<sub>3</sub>R</b>	NH(Glu3) ...COO(Glu3)	2.50	-0.34
<b>effe</b>	<b>BR<sub>2</sub>R<sub>3</sub>B<sub>2</sub>R</b>	N <sup>δ</sup> H(Arg2) ...COO(Glu3)	2.33	-0.54
<b>efff</b>	<b>BR<sub>2</sub>B<sub>3</sub>L<sub>3</sub>L</b>	N <sup>δ</sup> H(Arg2) ...COO(Glu3)	2.91	-0.11
<b>fffe</b>	<b>RR<sub>2</sub>B<sub>3</sub>L<sub>3</sub>B</b>	N <sup>δ</sup> H(Arg2)...COO(Glu3)	2.78	-0.15
<b>feee</b>	<b>RR<sub>3</sub>L<sub>1</sub>B<sub>3</sub>R</b>	NH(Cys1) ...COO(Glu3)	1.98	-1.25
		NH(Arg2) ...COO(Glu3)	2.20	-0.76
<b>feff</b>	<b>RR<sub>3</sub>L<sub>1</sub>L<sub>3</sub>B</b>	NH(Cys1) ...COO(Glu3)	2.06	-1.05
		NH(Arg2) ...COO(Glu3)	2.25	-0.68

В конформациях других шейпов-*fffeeieefff* электростатические наталкивания атомов положительно заряженных боковых цепей Arg2 и Lys4 компенсируются образованием водородной связи как между боковыми цепями остатков Arg2 и Glu3, так и атомами их основной цепи (табл.1). Можно предположить, что Glu3 является центром электростатической стабилизации, так как участвует как в невалентных взаимодействиях, так и в электростатических контактах с соседними по цепи остатками. Рассчитаны значения двугранных углов некоторых низкоэнергетических конформационных состояний молекулы Cys-Arg-Glu-Lys-Ala, которые могут быть использованы для дальнейшего моделирования конформационной динамики соединения и изучения структуры его аналогов.

Список источников:

1. Farokhzad O.C., Cheng J.J., Teply B.A., Sherifi I., Jon S., Kantoff P.W., Ritchie J.P., Langer R. 2006. Targeted nanoparticles–aptamer bioconjugates for cancer chemotherapy in vivo. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 103, 6315-6320.
2. Максумов И.С., Исмаилова Л.И., Годжаев Н.М. 1983. Программа полуэмпирического расчёта конформаций молекулярных комплексов на ЭВМ. *Журнал структурной химии*, 24, 147-148.
3. IUPAC-IUB, Quantity, Units and Symbols in Physical Chemistry. 1988. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 39.
4. Аббасова Г.Д. Гаджиева Л.С. «Исследование конформационных возможностей аналогов пептида GREKA» VII Международная научно-практическая конференция, COGNITIO, ч.1, Москва -2016. с.164-168.
5. Аббасова Г.Д. Гаджиева Л.С. «МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИНАМИКА МОЛЕКУЛЫ СРЕКА», XVIII МНПК, «Достижения и проблемы современной науки», Москва - 2017г.с.38-46.

## РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ АТОПІЧНОГО ДЕРМАТИТУ

Трубіщин О.О., Цзяо Ханькунь

Науковий керівник - д.т.н., проф. Аврунін О.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. Біомедичної інженерії,  
тел. (057)-702-13-64) e-mail: [d\\_bme@nure.ua](mailto:d_bme@nure.ua)

Today in Ukraine there is a significant need to develop software for doctors treating children with atopic dermatitis. The project of the information system AtD 1.0 offered in this work is based on the principle of client-server technology. The server part is a system for storing medical diagnostic information, images of the affected areas of the skin. The client part of the system provides the doctor with data on the observed patients in a convenient, structured form. The client part of AtD 1.0 system based on React Native UI framework

На сьогоднішній день в Україні є значна потреба в розробці програмного забезпечення для лікарів, що займаються лікуванням дітей з atopічним дерматитом [1, 2], тому що лікуючий фахівець змушений оперувати значним обсягом інформації про пацієнта. Одні лише діагностичні дані хворого можуть містити понад ста показників [2, 3].

Запропонований в даній роботі проект інформаційної системи АтД 1.0 будується на принципі клієнт-серверної технології. Серверна частина являє собою систему зберігання медичної діагностичної інформації, знімків уражених ділянок шкіри. Передбачається реалізувати серверну частину системи АтД 1.0 на базі платформи NodeJS, фреймверка Express. Обмін даними між клієнтською і серверною частинами здійснюється у вигляді API-сервісу.

Клієнтська частина системи надає лікареві дані про спостережуваних пацієнтів в зручному, структурованому вигляді (рис 1, а).

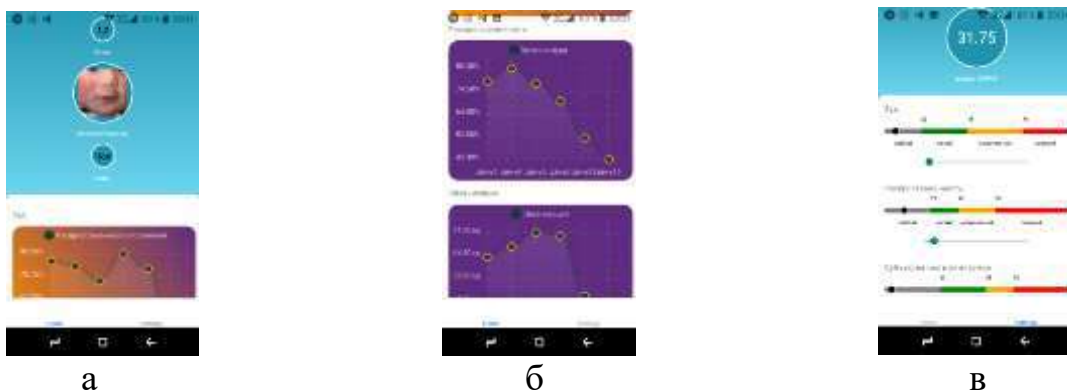


Рисунок 1. Екран мобільного додатку системи АтД 1.0: а) головний екран; б) відображення динаміки діагностичних показників хворого, що проходить курс лікування; в) екран калькулятора індексу SCORAD

Використовуючи мобільний додаток, лікар може переглядати динаміку діагностичних показників хворого, що проходить лікування (рис. 1, б). Реєструвати нових пацієнтів в розділі «Медична картка», переглядати дані історій хвороб з можливістю поновлення, редагування і видалення записів. Також в мобільному додатку є калькулятор індексу SCORAD (рис. 1, в), що дає можливість лікарю в процесі огляду хворого швидко отримати один з основних діагностичних показників з відповідною значущістю та достовірністю [4, 5].

Реалізована клієнтська частина системи АтД 1.0 на базі UI фреймверка React Native, що дозволяє вести розробку для платформ Apple і Android одночасно.

У процесі подальшої роботи над мобільним додатком передбачається реалізувати модуль верифікації користувача, модуль завантаження графічної інформації, модуль реєстраційної картки пацієнта. Перспективою роботи є впровадження клієнтської та серверної частини мобільного додатку у клінічну практику та передавання діагностичних зображень, що дуже актуально для надання телемедичних консультацій під час самоізоляції в умовах пандемії.

Література:

1. Avrunin O. Development of Automated System for Video Intermatoscopy / O. G. Avrunin, V. Klymenko, A. Trubitsin, O. Isaeva // Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference International Trends in Science and Technology Vol.2, January 31, 2019, Warsaw, Poland. - P. 6-9.

2. Инструментальные методы оценки состояния кожи при атопическом дерматите / А. А. Трубицын, Ханькунь Дзяо, О. Г. Аврунин, В. А. Клименко // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019 - Харків. - 2019. - С. 54.

3. Исаева О. А. Возможности телемедицинских сервисов дерматологии / О. А. Исаева, А. А. Трубицын. // Матеріали ХХ Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів "Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій", Ч. 2. Одеса, ОНАХТ, 2020. - С. 51-53.

4. Щапов П. Ф. Получение информационной избыточности в системах измерительного контроля и диагностики измерительных объектов / П. Ф. Щапов, О. Г. Аврунин // Український метрологічний журнал. – 2011.– No 1.– С. 47–50.

5. Носова Я. В. Особенности обработки трихологических изображений/ Я. В. Носова, Т. В. Носова // XIX Міжнародна науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів»: матеріали конференції. – Кременчук: КрНУ, 2020. – С.13-15.

## ІНФОРМАЦІЙНО-ПСИХОЛОГІЧНІ АТАКИ В УМОВАХ ПАНДЕМІЇ

Гуменюк В.В.<sup>1</sup>

інженер з патентної та винахідницької роботи, м.н.с. наукового відділу

<sup>1</sup>ДЗ «Науково-практичний медичний реабілітаційно-діагностичний центр

МОЗ України» (85110, м. Костянтинівка, Донецька область, Україна,

вул. О. Невського, 14, тел. (06272) 6-23-50), e-mail: [rdckonst@ukr.net](mailto:rdckonst@ukr.net)

Костін Д.О.<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Харківський національний університет радіоелектроніки (61166, Харків,

пр. Науки,14, кафедра біомедичної інженерії, тел. (057) 702-13-64)

The dissemination of fake information about COVID-19 to increase the panic, the need for information hygiene has been considered in this study. The problem of how people will feel after coming out of isolation is also important. The uncertainty of the situation, contradictory information from the media, feelings of insecurity and anxiety will cause a surge of mental disorders and neurotic states. There is a need for the introduction of methods and observance of information hygiene in the prevention of info epidemics, panic and mass psychosis that became apparent in the context of the corona virus pandemic.

Спалах коронавірусу COVID-19 стався в Китаї в кінці грудня 2019 року і на поточний момент досяг масштабів епідемії. Вірус породив неймовірну кількість чуток, фейків і дезінформації. Під час самоізоляції та карантину люди в усьому світі почали проводити більше часу в Інтернеті. Коронавірус COVID-19 – це перша пандемія в історії людства, коли люди використовують соціальні медіа – це місце, де кожен може поділитися будь-якою інформацією, яку хоче.

Інформаційна війна на ґрунті пандемії вже давно почалася. Не дивно, що Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) вже охрестила дезінформацію інформаційною епідемією або інфодемією, оскільки сьогодні фальшиві новини, підробки і паніка поширюються в рази швидше, ніж сам вірус.

Інфоепідемія – нове явище, яке спостерігається на рівні держав при військовій пропаганді, часи холодної війни, інформаційних війнах, відомих прецедентах радіофобії і ядерної істерії. Але, з новим рівнем інформаційних технологій, додалася ще й інфопандемія. Інфоепідемія – швидке поширення серед великої кількості людей в цій популяції відомостей, повідомлень протягом короткого проміжку часу. Інфопандемія – це поширення нових відомостей, повідомлень в світових масштабах [1].

Пандемія коронавірусу змінилася інфодемією. Загроза COVID-19 не тільки не змогла по-справжньому об'єднати геополітичних противників в спільній боротьбі, але тільки загострила протиріччя на інформаційно-політичному полі, хоча по факту ці держави – будь то США, Росія чи Китай – висловлюють наміри допомагати один одному і створюють видимість співробітництва.

Позитивне значення інформації для людини розумної, для його освіти, пошуку знань, адекватного реагування, адаптації – надзвичайно важливо і не викликає сумнівів. Але дефіцит інформації може призводити до розвитку емоційного стресу, який може бути фактором ризику виникнення захворювань психічних, серцево-судинної системи (інфаркти, інсульти, ішемічна хвороба серця), травної системи (виразкова хвороба), а також підвищення рівня травматизму і суїцидів.

На сьогодні, при зростанні традиційних інформаційно-залежних захворювань серед населення, з'являються і нові патології: комп'ютерний синдром; адикції – патологічні залежності від телебачення чи соціальних мереж; фобії – номофобія, боязнь залишитися без засобів зв'язку; манії – сенсорні, пов'язані з інтернетом, лудоманія – залежність від комп'ютерних ігор [2]. Існують також депресії, що формуються соціальними мережами, інтернет-залежні суїциди тощо [3].

Необхідність впровадження методів і дотримання інформаційної гігієни для профілактики інфоепідемії, паніки та масових психозів стало явним в умовах пандемії коронавірусу SARS-CoV-2. «Необхідна інформаційна гігієна» – прозвучало у зверненні від 13.03.2020 Президента України до нації.

Сучасний світ через свою складність, динамічність та суперечливість створює різноманітні проблеми для людини, захоплюючи її особистісний простір. Збільшення повсякденних фізичних і психічних навантажень, загострення екзистенційного почуття страху, невпевненості, розгубленості та розчарування, вплив на особистість інформаційних потоків – усе це, негативно позначається на здоров'ї людини загалом і на її психічному здоров'ї зокрема. Метою інформаційної гігієни є попередження негативного впливу інформації на психічне, фізичне та соціальне благополуччя окремої людини, соціальних груп, населення в цілому, профілактика захворювань населення, пов'язаних з інформацією, оздоровлення навколишнього середовища.

#### **Список використаних джерел:**

1. Панченко О.А. Засоби масової інформації як джерело інформаційної безпеки // *Експерт: парадигми юридичних наук і державного управління*. – 2020, № 2(8) – С. 250-258. DOI: 10.32689/2617-9660-2020-2(8)-250-258.

2. Панченко О. А. Информационная безопасность личности в условиях изменяющихся социокультурных ценностей / О.А. Панченко, В. Г. Антонов, В. В. Гуменюк // *Вісник Одеського національного університету. Серія: Психологія*. – 2016. – №. 21, Вип. 2. – С. 140-149.

3. Кабанцева А. В. Людина в інформаційній загрозі / А. В. Кабанцева, Д. О. Костін, В. В. Гуменюк // *The 9th International scientific and practical conference “Dynamics of the development of world science” (May 13-15, 2020)* Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2020. 1142 p. – С. 550-559.

## **ПРИМЕНЕНИЕ КИНЕЗОТЕРАПИИ В ЛЕЧЕНИИ ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ**

Жоги́на О.А.<sup>1</sup>.

заведующая отделением нейрофизиологии и нейрореабилитации  
Сердюк И.А.<sup>1</sup>.

биофизик, младший научный сотрудник научного отдела

<sup>1</sup>ГУ «Научно-практический медицинский реабилитационно-диагностический центр МЗ Украины», 85110, г. Константиновка, Донецкая область, Украина, ул. Ал. Невского, 14, тел. (06272) 6-23-50),  
e-mail: [rdckonst@ukr.net](mailto:rdckonst@ukr.net)

Сушко О.А.<sup>2</sup>.

кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры БМИ

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. БМИ, тел. (057) 702-13-64)

The study involved 234 patients with degenerative-dystrophic disorders of the spinal column. Rehabilitation of vertebral pathology was carried out using the multifunctional hardware and software complex EN-TreeM. The assessment of the state of the neuromuscular apparatus was carried out using electromyography. After the course of rehabilitation, the patients showed a significant decrease in pain and inflammation up to the complete relief of pain syndrome and destructive inflammatory reactions, and increase in the range of motion.

Неврологические проявления дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника занимают ведущее место среди всей патологии периферической нервной системе по частоте возникновения [2, 3]. Одним из инновационных направлений в нейрореабилитации является активная механотерапия с биологической обратной связью [1]. На сегодняшний день ведущая роль в медицинской реабилитации больных с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями отводится кинезотерапии, которая является методом общей, активной, функциональной, компенсаторной и поддерживающей терапии.

В исследовании принимали участие 234 пациента с дегенеративно-дистрофическими расстройствами позвоночного столба (M42.0-M54 по МКБ-10), 175 женщин и 59 мужчин, которые находились на лечении в отделении нейрофизиологии и нейрореабилитации ГУ «НПМ РДЦ МЗ Украины».

Реабилитация вертеброгенной патологии проводилась в соответствии с клиническим протоколом оказания медицинской помощи (приказ МЗ Украины от 17.08.2007 г. №487). Всем пациентам, как дополнительный фактор реабилитации, применялся многофункциональный аппаратно-программный комплекс EN-TreeM (Enraf-nonius, Нидерланды), що дозволяє: порівняти ліво-правосторонні

функції; оцінити нормальні і аномальні рухи по графам; масштабіровать графік руху; порівнювати результати обстеження різних пацієнтів і контролювати зміни стану пацієнта в часі. До и после проведення реабілітаційних заходів проводилась оцінка стану нервно-м'язового апарату з допомогою електроміографії («MYOMED 932»).

Після проведеного курсу реабілітації у пацієнтів спостерігалося значиме зниження болю і запалення в цілому до повного купірування болювого синдрому і деструктивних запалювальних реакцій, збільшення об'єму рухів. Термін купірування вертеброгенного болювого синдрому склав 2-3 дні, корешкового – 5-6 днів. У чоловіків середня потужність м'язових скорочень збільшилась в середньому на 36,7%, у жінок в середньому на 24,1% ( $p > 0,05$ ), середня пікова швидкість скорочення м'язу у чоловіків збільшилась на 7,8%, у жінок на 5,9% ( $p > 0,05$ ), середнє пікове зусилля м'язів при скороченні у чоловіків збільшилось на 4,2%, у жінок на 2,8% ( $p > 0,05$ ). Загальна робота м'язів у чоловіків збільшилась на 46,2%, у жінок на 33,4% ( $p > 0,05$ ).

Міографічні дослідження показали, що в результаті курсу кінезотерапії відзначалося достовірне збільшення амплітуди м'язових скорочень у жінок з показателями  $156,0 \pm 24,6$  мкВт до  $298,0 \pm 34,8$  мкВт, у чоловіків з показателями  $348,0 \pm 42,1$  мкВт до  $502,0 \pm 32,9$  мкВт, що свідчить про ефективність реабілітаційних заходів.

Результати дослідження дозволяють рекомендувати включити багатофункціональний апаратно-програмний комплекс EN-TreeM в клінічний протокол надання медичної допомоги хворим з дегенеративно-дистрофічними захворюваннями хребта. Включення в комплексну реабілітацію активної механотерапії з біологічною зворотною зв'язкою з допомогою комплексу EN-TreeM дозволяє досягти максимально швидкої ефективності в боротьбі з болювим і м'язово-тонічним синдромами, зміцнити м'язовий каркас, збільшити об'єм рухів і витривалість статичних навантажень, покращити якість реабілітації і скоротити терміни лікування.

#### **Список використаних джерел:**

1. Панченко О.А. Психодіагностичні методи в оцінці динаміки нейрореабілітації / О.А. Панченко, І.О. Сердюк // Український вісник психоневрології. – 2017. – Т. 25, Вип.1. – С. 173.
2. Панченко О. А. Інформаційні технології в реабілітології / О. А. Панченко // Медична інформатика та інженерія. – 2013. – № 1. – С. 12-18.
3. Панченко О. А., Оніщенко В. О., Сердюк І. А. Клініко-функціональна оцінка ефективності методу загальної екстремальної аерокріотерапії в лікуванні дегенеративно-дистрофічних захворювань хребта // Український журнал медицини, біології та спорту. – 2019. – № 4, № 4. – С. 109-114.

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОБЩЕЙ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ АЭРОКРИОТЕРАПИИ

Онищенко В.О.<sup>1</sup>

кандидат медицинских наук, ассистент кафедры внутренних болезней № 4

<sup>1</sup>Национальный медицинский университет им. А.А. Богомольца

г. Киев, Украина, e-mail: [vikaon1984@gmail.com](mailto:vikaon1984@gmail.com)

Сердюк И.А.<sup>2</sup>

биофизик, младший научный сотрудник научного отдела

<sup>2</sup>ГУ «Научно-практический медицинский реабилитационно-диагностический центр МЗ Украины» (85110, г. Константиновка, Донецкая область, Украина, ул. Ал. Невского, 14, тел. (06272) 6-23-50),

e-mail: [rdckonst@ukr.net](mailto:rdckonst@ukr.net)

Войлов В.И.<sup>3</sup>

<sup>3</sup>Харьковский национальный университет радиоэлектроники

(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. БМИ, тел. (057) 702-13-64)

Superlatives in cryotherapy technology in recent years have led to a significant expansion of devices used for cryotherapy. The chilled air cryochamber is the optimal safe installation for cryotherapy procedures. The structure of the chamber allows fulfilling of group procedures, which is an important psychotherapeutic factor.

Криотерапия получила признание и распространение в различных областях медицины в связи с высокой клинической эффективностью данного метода [1]. Достижения последних лет в области криотерапевтической техники привели к существенному расширению аппаратов, применяемых для проведения криотерапевтических мероприятий

Существует два основных типа установок: использующие запас хладагента (обычно жидкий азот) и холодильные машины. Криокомплексы общего действия могут быть как индивидуальные, так и для нескольких пациентов. Индивидуальная воздушная установка предусматривает тотальное погружение обнаженного тела пациента в воздушную среду криокамеры при температуре -110...-120°C [3]. При тотальном погружении для дыхания пациента используется воздух, заполняющий зону криовоздействия. В индивидуальных азотных установках, кабины которых разделяют на открытые сверху криобассейны (криобочки) и закрытые криокабины, температура колеблется в диапазоне -130...-180°C [2].

Общая криотерапия на сегодняшний день осуществляется в условиях криокамеры с температурой воздуха от -100°C до -120°C. Это специальные установки, например криокамеры Cryo Therapy Chamber «Zimmer Midizin Systeme» (Германия), Cryomed (Словакия), CRYO LIFE (Россия), ООО «КРИО ХОЛОД» (Украина).



В качестве объекта для проведения общей экстремальной аэрокриотерапии (ниже  $-100^{\circ}\text{C}$ ), рассмотрим воздушную криокамеру Cryo Therapy Chamber «Zimmer Medizin Systeme» ( $-110^{\circ}\text{C}$ ) (Германия). Она состоит из предкамеры, выполняющей функцию шлюза и главной камеры. Помещения отделены друг от друга изолированными дверьми со встроенными видеокамерами с каркасами, которые обогреваются. Консоль управления оператора находится перед камерами. Воздух в лечебной комнате циркулирует через потолок, сконструированный из перфорированного нержавеющей листа, с помощью трех вентиляторов, встроенных внутрь. В криокамере отсутствует градиент температуры воздуха на разных уровнях.

Установка имеет несколько систем безопасности. Все комнаты контролируются через видеомониторы и имеют специальные окна с обогревом. Лечебная комната также дополнительно имеет интеркоммуникационную связь. Во время процедуры за обследуемыми ведется непрерывный визуальный, видео и аудио контроль. В процессе крио процедуры при необходимости пациент имеет возможность оставить камеру в любой момент. В случаях резкого ухудшения состояния оператор имеет возможность сделать экстренное отключение установки.

Общая воздушная криотерапия обладает несомненным преимуществом перед аналогом, использующим в качестве криоагента жидкий азот. Охлаждающей средой при общей воздушной криотерапии является обычный атмосферный воздух, что делает процедуру безвредной и экологичной. Процедуры в воздушной криокамере не только безопасны вследствие отсутствия вертикального градиента, имеющего место в азотных криокабинах, но и комфортны.

Криокамера с охлажденным воздухом является оптимальной безопасной установкой для проведения криотерапевтических процедур, не имеющая осложнений. Строение камеры позволяет отпускать групповые процедуры, что является важным психотерапевтическим фактором.

#### **Список использованных источников:**

1. Панченко О.А. Методология криотерапии в клинических исследованиях и реабилитации // Криотерапия в России – Материалы VII международной научно-практической конференции – СПб, – 2014. С.178 – 181

2. Панченко О.А. Криотерапия в системе реабилитации пациентов с непсихотическими психическими расстройствами / О.А. Панченко, Л.В. Панченко, Т.Э. Чумак // Психічне здоров'я. – 2012. – Вип. 4(37). – С. 16-20.5.

3. Панченко О. А., Кабанцева А. В., Сердюк И. А. МЕТОДОЛОГИЯ ПСИХОДИАГНОСТИКИ ПРИ КРИОВОЗДЕЙСТВИИ //Криотерапия в России. – 2019. – С. 49-57.

4. М. Тумкович, О. Аврунин, and В. Глазмачер. Tracking of endotelial cells of cryomicro preparations based on transformation cells. In Proc. of the 1st Russian-German Conference on Biomedical Engineering, 23-26 October 2013, Hannover, Germany.

# БИОАКУСТИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ В СИСТЕМЕ РЕАБИЛИТАЦИИ ТРЕВОЖНЫХ РАССТРОЙСТВ

Чумак Т.Э.<sup>1</sup>

врач-психиатр психоневрологического отделения

Малеева А.М.<sup>2</sup>

специалист по информационным технологиям

<sup>1</sup>ГУ «Научно-практический медицинский реабилитационно-диагностический центр МЗ Украины» (85110, г. Константиновка, Донецкая область, Украина, ул. Ал. Невского, 14, тел. (06272) 6-23-50),

e-mail: [rdckonst@ukr.net](mailto:rdckonst@ukr.net)

Павлова Н.В.<sup>2</sup>

ассистент кафедры биомедицинской инженерии

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. БМИ, тел. (057) 702-13-64)

A search that deals with an issue of effective means of disturbed brain functions restoring takes place in the field of neurophysiological research. Preference is given to non-drug methods based on adequate "physiological" effects. The essence and effectiveness of bioacoustics' correction in patients with anxiety disorders is considered in the paper. It has been revealed that bioacoustics' correction contributes to a significant increase in the effectiveness of medical rehabilitation, neurorehabilitation, special (corrective) pedagogy and neuropsychology, stress management.

Сущность метода биоакустической коррекции (БАК) заключается в активации естественных процессов регулирования физиологических функций, которые в норме осуществляются произвольно, но оказались подавлены в результате неблагоприятного сочетания факторов внешней среды и индивидуально-личностных особенностей. Активация процессов саморегуляции осуществляется за счет акустической стимуляции [1], согласованной с текущей биоэлектрической активностью мозга. Предъявление музыкальных звуков, параметры которых согласованы с показателями ритмической структуры ЭЭГ и синхронны с событиями биоэлектрической активности мозга, создает уникальные условия адаптивной стимуляции, позволяющей активировать деятельность регуляторных структур мозга и, таким образом, способствовать эффективному восстановлению функционального состояния ЦНС.

**Материалы и методы:** лечение проводилось в дневном стационаре психоневрологического отделения ГУ «Научно-практический медицинский реабилитационно-диагностический центр МЗ Украины». Были выбраны больные с тревожными расстройствами (F40 – 41) – 25 человек за 9 месяцев 2020 года. Исследования проводились с помощью аппарата «Синхро-С» (г. Санкт-Петербург).

**Результаты и их обсуждение.** У пациентов после курса лечения отмечалось уменьшение психоэмоционального напряжения, повышение настроения, контроль над эмоциями, снижение уровня тревожности, фрустрации, депрессии, напряжения, эмоционального стресса; положительная динамика когнитивных показателей [2]. Субъективные ощущения эффективности воздействий подтверждались и данными электрофизиологического обследования. В процессе проведения сеансов у всех пациентов происходило улучшение восприятия звукового образа посредством перестройки спектральных характеристик ЭЭГ, вследствие чего создавалось новое функциональное состояние ЦНС. В ходе процедур БАК нормализовались показатели биоэлектрической активности головного мозга: увеличился индекс альфа-ритма, он приобрел структурированность, достоверно уменьшилось соотношение мощности тета-ритма к бета-ритму в лобных отделах мозга, снизился уровень межполушарной асимметрии [3]. Процедура удовлетворительно переносилась, побочных и отрицательных реакций не выявлено.

**Выводы.** Биоакустическая коррекция способствует существенному повышению эффективности медицинской реабилитации, нейрореабилитации, специальной (коррекционной) педагогики (например: активация речевой функции) и нейропсихологии, стресс-менеджмента.

Таким образом, устройство компьютеризованное «Синхро-С» может эффективно применяться для лечения невротических, соматоформных и связанных со стрессом расстройств, комплексном лечении зависимостей, для профилактического воздействия при эмоциональных и психосоциальных нагрузках, нормализации сна, повышении внимания, работоспособности в условиях лечебно-профилактических учреждений широкого профиля, а также у детей с задержкой психоречевого развития.

#### **Список использованных источников:**

1. Панченко О.А. Биоакустическая коррекция в системе реабилитации невротических и связанных со стрессами расстройств / О.А. Панченко, Л.В. Панченко, Т.Э. Чумак // Архів психіатрії. – 2013. – Т. 19, № 3 (74). – С. 113-114.

2. Чумак Т. Э. Биоакустическая коррекция в системе реабилитации невротических и связанных со стрессами расстройств: Т. Э. Чумак, Л. В. Панченко: Реабилитация и абилитация человека. Клиническая и информационная проблематика: сборник научн. Работ. К.: КВИЦ, 2012. С. 285-291.

3. Кабанцева А. В. Методологічні підходи до сучасних інформаційних технологій оцінки психічного здоров'я / А. В. Кабанцева, К. Г. Селіванова // III Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та технології в медицині» (ІСМ–2020): зб. наук. пр. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – 228 с. – С. 72-73.

## РОЗРОБКА 3D МОДЕЛІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

Натальчук Катерина Сергіївна

Науковий керівник – к.т.н., доцент Монченко Олена Володимирівна

Кафедра біокібернетики і аерокосмічної медицини

Факультет Екологічної безпеки, інженерії та технологій

Національний авіаційний університет

Київ, Україна

e-mail: [katya29091999@icloud.com](mailto:katya29091999@icloud.com)

Abstract - the ways of improving the accuracy of the ultrasonic transducer by increasing the guidance of the ultrasonic beam, methods of ultrasonic testing and detection of liver pathologies are considered in the work

**Ключові слова** — **ультразвукова діагностика, наведення ультразвукового променя, перетворювач.**

### ВСТУП

Сучасна техніка ультразвукового дослідження (УЗД) дозволяє з високою діагностичною точністю оцінити форму, розміри і розташування органів черевної порожнини, виявити осередкові утворення в них, оцінити щільність і структуру паренхіми печінки і підшлункової залози при їх дифузному ураженні і тому подібне.

Перспективним моментом у побудові ультразвукових (УЗ) перетворювачів є покращення їх технічних і економічних характеристик за рахунок:

- можливості керувати в реальному масштабі часу;
- використання високоточних цифрових діаграмо- утворюючих схем;
- можливості адаптивно та гнучко формувати потрібну кількість променів фазованої антенної ґратки (ФАР), що є УЗ перетворювачем з низьким рівнем бічних пелюсток.

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

Первинним перетворювачем при УЗД є ФАР. Особливість ФАР полягає у тому, що напрямок випромінювання і (або) форма відповідної діаграми спрямованості регулюються зміною амплітудно-фазового розподілу струмів або полів збудження на випромінюючих елементах.

В роботі розроблено 3D-модель залежності часових затримок від кута відхилення та кількості елементів ФАР. Метою розробки було виявити мертві зони, які необхідно врахувати для підвищення точності ФАР.

У досліджуване середовище випромінюється плоска хвиля, відхилена на кут  $\theta$  від нормалі до ґратки. Введення відповідних затримок окремих елементів ґратки створює необхідний фронт хвилі.

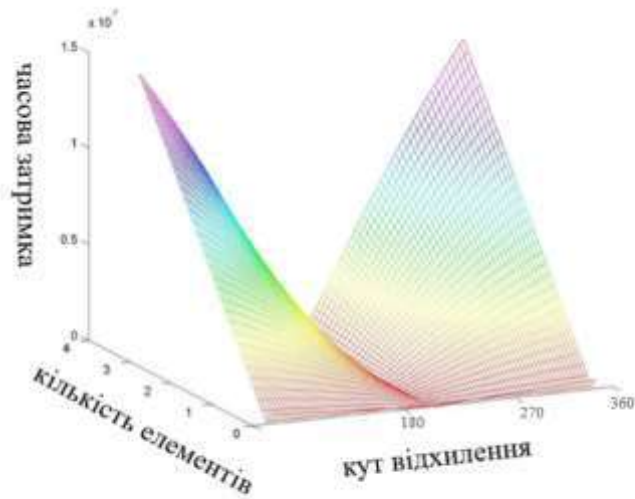


Рис 1. 3D-модель залежності часових затримок від кута відхилення та кількості елементів.

Отримана 3D-модель залежності часових затримок від кута відхилення та кількості елементів показала, що при  $0^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ ,  $360^\circ$  і т.п. куті відхилення п'єзоелектричний перетворювач типу ФАР має мертву зону. Цю особливість необхідно врахувати при розрахунку і конструюванні п'єзоелектричного перетворювача для задач медичної діагностики. Введення належних затримок окремих елементів ґратки вироблює необхідний фронт хвилі і, відповідно, підвищує кут наведення (точність вимірювань).

## ВИСНОВКИ

В роботі представлені шляхи підвищення точності ультразвукового перетворювача шляхом підвищення наведення ультразвукового променя. Побудовано 3-D- модель залежності часових затримок від кута відхилення та кількості елементів, за допомогою якої можна буде підвищити прецизійність ФАР для УЗД.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Цапенко, В. К. Основи ультразвукового неруйнівного контролю: підруч. / В. К. Цапенко, Ю. В. Куц. — К. : НТУУ «КПІ», 2009
2. Датчики для УЗІ усіх виробників [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://ultrasound-probe.com/sensor/>
3. Осипов Л. В. Физика и техника ультразвуковых диагностических систем // Медицинская визуализация. 1997

## **РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ З БІОЛОГІЧНО-ЗВОРОТНІМ ЗВ'ЯЗКОМ ДЛЯ ОЦІНКИ АКТУАЛЬНОГО СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ**

Костін Д. О<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. біомедичної інженерії, тел. (057) 702-  
13-64), e-mail: [denys.kostin@nure.ua](mailto:denys.kostin@nure.ua)

Науковий керівник – к.психол.н., доцент кафедри Кабанцева А.В<sup>2</sup>.

<sup>2</sup>Донецький національний медичний університет МОЗ України  
84401, Лиман, вул. Привокзальна, 27

In this work, a device was developed to assess the general state of human health based on biological feedback. This device consists of the following main components: information input/output unit, heart rate sensor, control unit based on microcontroller, LCD, flash memory, power supply.

Сучасні соціальні суперечки, економічна нестабільність та виклики сьогодення підривають психічне здоров'я населення. Останнє відкликається на соматичному стані людей, і тим самим знижуючи рівень національного здоров'я в середині держави [1]. Тому розробка приладу з біологічно-зворотнім зв'язком, що вирішує питання комплексної діагностики стану людини за короткий період затраченого часу є вкрай важливим питанням для науки та клінічної практики.

У рамках виконання науково-дослідної роботи «Розробка системи реабілітації медико-психологічного спрямування особам в умовах інформаційно-психологічної війни» (номер держреєстрації - 0120U101304) започатковано розробку приладу, який здатний проводити одночасно два взаємопов'язаних дослідження – визначити психічний та фізіологічний стани людини. Під час проведення дослідження здійснюється оцінка фізіологічного стану (частота серцевих скорочень), когнітивних процесів (об'єм, перемикання, розподіл уваги), координації рухів (координованість дій нервової, м'язової, кісткової й нервової систем людини), психоемоційного стану (рівень емоційного напруження) [2-3].

Блок керування та обробка інформації, блок вводу/виводу даних – це основна частина пристрою, базисом котрого є мікроконтролер. LCD дисплей використовується для виводу даних, а карта пам'яті служить для збереження даних. Розроблений пристрій оснащений блоком живлення, який складається з акумуляторної батареї й контролера заряду, що дає можливість заряджати пристрій від звичайного зарядного пристрою, але й використовувати пристрій автономно [4-5]. Пристрій був виготовлений як експериментальний зразок, перевагами котрого є портативність, компактність, багатофункціональність приладу, що забезпечує мобільне його застосування з високою інформативністю та низькою затратою часу, як для самої процедури проведення дослідження, так і для обробки отриманих даних із виданням протоколу за результатами дослідження.

На рис. 1 зображено розроблена структурна схема пристрою у загальному виді.



Рисунок 1 – Структурна схема розробленого пристрою

Розробка може використовуватися для первинного, одноразового, динамічного діагностичного дослідження, що розширює сфери його застосування (моніторингу стану пацієнтів, проведення професійного відбору, допуску до виконання професійних обов'язків).

#### Список використаних джерел:

1. Панченко О.А., Кабанцева А.В. Людська психіка в інформаційній небезпеці // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Державне управління. – Т. 31 (70). – №3 . – 2020. – С. 226-233.

2. Панченко О.А. Медицинские осмотры как инструмент увеличения продолжительности жизни в Украине / О.А. Панченко, М.В. Гаража, О.П. Харламова, А.В. Кабанцева // Містобудування та територіальне планування, КНУБА, 2015. – 56. – С. 12-14.

3. Кабанцева А. В. Информатизация процесса психодиагностики / А. В. Кабанцева, К. Г. Селиванова // Інформаційні системи та технології в медицині: зб. наук. пр. II Міжн. наук.-прак. конф. (ІСМ-2019). – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харків. Авіа. Ін.-т», 2019. – С. 41-43.

4. Кабанцева А. В. Методологічні підходи до сучасних інформаційних технологій оцінки психічного здоров'я / А. В. Кабанцева, К. Г. Селиванова // III Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та технології в медицині» (ІСМ–2020): зб. наук. пр. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – 228 с. – С. 72-73.

5. Кабанцева А. В. Людина в інформаційній загрозі / А. В. Кабанцева, Д. О. Костін, В. В. Гуменюк // The 9th International scientific and practical conference “Dynamics of the development of world science” (May 13-15, 2020) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2020. 1142 p. – С. 550-559.

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДА КАПИЛЛЯРОСКОПИИ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ УМЕНЬШЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ

Ковалева А.А.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Аврунин О.Г.

Харковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, просп. Науки,14, каф. Радиотехники, тел. (057) 702-00-00)  
e-mail: [anastasiia.kovalova@nure.ua](mailto:anastasiia.kovalova@nure.ua).

Computerized capillaroscopy makes it possible to reveal on the evidence level the peculiarities of the functioning of the peripheral circulation system according to the state of the capillary and to evaluate the effectiveness of treatment according to the aggregation state of blood, the state of blood rheology in hematological practice. This method is especially relevant in the diagnosis of any disease, since it expresses any changes and disorders in the body, including local frostbite [1].

**Keywords:** blood circulation, microcirculation, optical capillaroscopy, image processing.

**ВСТУПЛЕНИЕ.** Компьютерная капилляроскопия позволяет выявить особенности функционирования системы периферического кровообращения по состоянию капилляров и оценить эффективность лечения. Этот метод особенно актуален при диагностике любого заболевания, так как выражает любые изменения и нарушения в организме, в том числе и локальные обморожения [1]. Цель данного исследования - оценка показателей микроциркуляции при местном снижении температуры. **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.** Экспериментальные исследования проводились на аппарате Viobasegroup WXH-8 1004C, YOUMEDTECHco., Etl., Имеющем оптическое увеличение 500х, а также портативном тепловизоре Flir TG165. В ходе эксперимента под наблюдением находились 27 добровольцев молодого возраста от 18 до 25 лет. Исследование проводилось на безымянном пальце левой руки. Так же использовался тепловизор Flir TG165, который способен создавать визуальное изображение распределения температуры поверхности с разрешением 320 на 240 элементов. Любая патология в организме начинается с замедления или остановки периферического кровообращения и замедления естественного движения межклеточной жидкости. Поскольку человеческий организм более чем на 80% состоит из воды, патология начинается с недостаточной микроциркуляции.

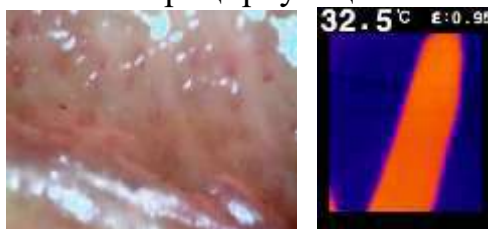


Рисунок 1 – Изображение при нормальной температуре  
а) капилляроскопическое, б) тепловизорное



При местном охлаждении длительное воздействие экстремально низких температур вызывает спазм капилляров, застой крови в них и, как следствие, приводит к онемению кожи и подкожных тканей, а затем и к их гибели [2]. Эти явления можно наблюдать на рис. 2а: спазм, деформация капилляров, истончение стенок.

Известно, что охлаждение увеличивает производство кислородных радикалов, которые активируют Rho-киназу, что вызывает перемещение  $\alpha_2$ -адренорецепторов на клеточную мембрану, которые отвечают за суживающие реакции. RhoK участвует в патогенезе сосудистых нарушений при многих заболеваниях. Сосудистые нарушения при таких заболеваниях связаны как с изменением функционирования гладкомышечных клеток, так и с эндотелиальной дисфункцией.

При этом наблюдается недостаточная чувствительность и недостаточная экспрессия сосудов, их побледнение из-за сужения. Капилляроскопическая картина относительно нормальная, однако могут наблюдаться некоторые характерные изменения.

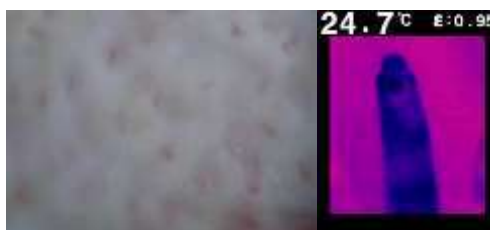


Рисунок 2 – Изображение при пониженной температуре  
а) капилляроскопическое, б) тепловизионное

**ВЫВОДЫ.** В статье рассмотрены возможности метода компьютерной капилляроскопии для изучения структуры капилляров кожи рук после температурного воздействия. При местном отморожении наблюдается недостаточная чувствительность и недостаточная выраженность сосудов, их побледнение вызвано сужением. Капилляроскопическая картина относительно нормальная, однако могут наблюдаться некоторые характерные изменения: замедляется кровоток, наблюдается внешнее истончение стенок сосудов, капилляры несколько деформированы, некоторые из них пустые.

Литература

1. Features of medical image processing / Ya. V. Nosova, M. Y. Tymkovych, A. A. Kovalova, Jiao Hankun, N. O. Shushliapina //Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference International Trends in Science and Technology, Warsaw, Poland. – 2019.–Vol.1. – P. 17-19
2. Аврунин О.Г. Опыт разработки программного обеспечения для визуализации томографических данных/ О. Г. Аврунин // Вісник НТУ «ХП». –2006. – № 23.– С. 3-8.

## ОСОБЛИВОСТІ БІОМЕХАНІЧНОГО АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОФІЛАКТИКИ ПОРУШЕННЯ ПОСТАВИ У СТУДЕНТІВ ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ ДО СЕСІЇ

Луценко А.В.

Науковий керівник – ас. Трубіщин О.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. Біомедичної інженерії,  
тел. (067) 321-01-98 e-mail: [anastasiia.lutsenko@nure.ua](mailto:anastasiia.lutsenko@nure.ua)

In the process of preparing for exams, a significant part of students lead a sedentary lifestyle, spending a significant part of their time with an incorrect body position, which can lead to poor posture. The study allows us to conclude that an integrated approach using posture control methods and indicators of biomechanical effectiveness of strength training allows developing new exercise systems aimed at preventing posture disorders, as well as special simulators.

У процесі підготовки до сесії значна частина студентів веде малорухливий спосіб життя, проводячи значну частину часу з неправильним положенням тіла в фіксованому положенні, що може бути причиною порушення постави. Порушення постави не є хворобою. Однак є прямою передумовою для розвитку таких патологій, як сколіоз, патологічний кіфоз, патологічний лордоз та ін. Профілактика контролю постави особливо молодих людей є важливою і актуальною сучасною проблемою.

В даний час існують наступні інструментальні методи контролю постави: ковзуючий циркуль-гоніометр Гамбурцева, великий товстотний циркуль-гоніометр, гоніометрія фронтальних і сагітальних кривизн хребетного стовпа. Фізіологічні вигини хребетного стовпа можна виміряти і оцінити за допомогою паличкового контурографа, кіфосколіозометра, електромеханічного гоніометра, хребцевого кінезіографа. Серед методів фотометрії слід виділити метод комп'ютерної оптичної топографії

З точки зору автора одним з найдоступніших методів, що дозволяють проводити експрес моніторинг постави і отримувати оперативні результати, є метод, що ґрунтується на фотометрії знімків постави.

Одним з основних засобів профілактики порушення постави є регулярна фізична активність, що складається з систем фізичних вправ, в тому числі і з використанням тренажерів.

В якості показників біомеханічної ефективності силового тренування за допомогою тренажерів пропонується розглядати коефіцієнт просторовості  $\mathbb{I}(K)_{dim}$ , пов'язаний з кількістю ступенів свободи руху ланок людини, що одночасно навантажуються, яка безпосередньо взаємодіє з тренажером, а також коефіцієнти інерційності  $(K_{in})$  та

розсіювання ( $K_{dis}$ ) механічної енергії, які пов'язані з особливостями конструкції тренажера.

У випадку коефіцієнта просторовості ( $K_{dim}$ ) побудова критерію ефективності тут може виходити з того, що вільне тверде тіло має шість ступенів свободи і ланка тіла людини, що контактує з тренажером, може максимально мати таку ж кількість ступенів свободи, які одночасно забезпечуються навантаженням. Тому в даному випадку за основу слід взяти відношення числа навантажених ступенів свободи ланки ( $N$ ), що взаємодіє з тренажером, до максимально можливого:

$$K_{dim} = \frac{N}{6}. \quad (1)$$

Відносно критерію інерційності  $K_{in}$  слід розглядати різницю одиниці і відношення максимальної кінетичної енергії  $E_{kin}$ , що досягається в ході вправи при виконанні вправ мас, що переміщуються до суми вказаної кінетичної енергії і робіт консервативних  $E_{kin}$  і дисипативних  $A_{dis}$  сил:

$$K_{in} = 1 - \frac{E_{kin}}{E_{kin} + A_k + A_{dis}}. \quad (2)$$

В цьому випадку, якщо при навантаженні використовуються лише дисипативні і консервативні сили і кінетична енергія ланок тіла та частин тренажера, що переміщуються, невелика порівняно з роботою вказаних сил, коефіцієнт наближається до максимального значення, що дорівнює одиниці.

В якості коефіцієнта розсіювання  $K_{dis}$  механічної енергії можна використовувати відношення роботи дисипативних сил  $A_{dis}$  до суми робіт, витрачених на подолання дисипативних  $A_{dis}$ , консервативних  $A_k$  і інерційних сил:

$$K_{dis} = \frac{A_{dis}}{A_{dis} + A_k + E_{kin}}. \quad (3)$$

Одночасно високі значення коефіцієнтів просторовості, інерційності та розсіювання енергії є показником максимальної біомеханічної ефективності комплексу вправ, що виконується.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок про те, що комплексний підхід, що ґрунтується на аналізі даних порівняно простих, доступних, але ефективних методів контролю постави, що базуються на фотометрії і показниках біомеханічної ефективності силових тренувань дозволяє розробляти нові оздоровчі системи вправ, спрямовані на профілактику порушень постави, а також спеціальні тренажери.

# О ВОЗБУЖДЕНИИ В МЫШЕЧНЫХ ТКАНЯХ ЧЕЛОВЕКА ЛОКАЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Бондаренко И.С.

Научный руководитель - д.т.н., проф. Аврунин О.Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, Украина, пр.Науки14, каф.Биомедицинской инженерии  
тел. (057) 702-13-64

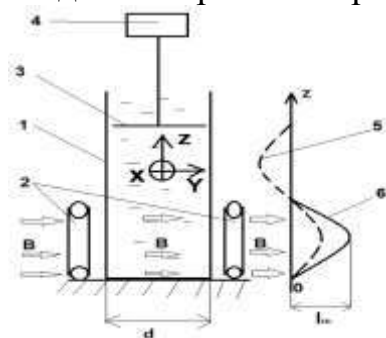
e-mail: [igor.bondarenko@nure.ua](mailto:igor.bondarenko@nure.ua)

A new, more informative and safe method of creating electric current in the human body for medicinal purposes has been proposed. The method is based on the excitation of an electric current in a local area of the body using the acousto-magnetic method. To substantiate this method, computational and experimental studies were carried out on model samples of a biological substance.

**Введение.** Физико-химические явления, вызванные магнитогидродинамическим эффектом и электрическим током через ткани человека, широко используются в современной медицине для диагностики и терапии(1,2,3,4).

**Цель работы.** Целью настоящей работы является обоснование возможности создания нового локального способа возбуждения в заданном участке тела пациента переменного электрического тока для лечебных целей.

**Суть работы.** На Рис.1 показана принципиальная схема системы, позволяющей возбуждать с помощью акусто-магнитного метода (АММ) [5] переменное с частотой УЗИ ( $f$ ) электрическое поле в локальном участке модельной биологической среды (МБС), находящемся в магнитном поле  $B$ . При этом образец МБС представляет электропроводящий раствор в сосуде (пробирке), имеющий плотность ( $\rho_1$ ) и скорость звука ( $c$ ), близкие к свойствам реальной среды. Меняя  $f$ , можно изменять распределение  $E$  в сосуде и иметь два или больше максимумов напряженности стоячей волны  $E$  вдоль направления распространения (“луча”) звука в нем. (Рис.1).



1. Сосуд с раствором
2. Катушки Гельмгольца
3. Излучатель ультразвука
4. Генератор ультразвука
5. Распределение мощности ( $P$ ) ультразвука в растворе
6. Распределение тока ( $I$ ) в растворе.

Рис.1

Величина  $E$  может быть представлена производной электрического потенциала по направлению  $x$ : “луча” УЗИ:

$$E = E_x = \frac{dU}{dx} \approx \frac{(U_2 - U_1)}{L} \quad (1)$$

где  $(U_2 - U_1)$  – разность потенциалов ( $U_2$  и  $U_1$ ) в двух точках (1,2) МБС, находящихся на расстоянии  $L$ . Разность потенциалов (напряжение) обозначим буквой  $U$ . Расчеты [5] показывают, что величина максимального напряжения  $U_m$  в этих точках описывается формулой:

$$U_m = E_m \times L = \left[ \frac{2P}{c\rho} \right]^{0,5} B \times L \quad (2)$$

где  $P$  – мощность УЗИ. На основании проведенных ранее экспериментов [5] можно рассчитать величину максимального тока, возбуждаемого с помощью АММ в участке МБС, соответствующего максимуму стоячей волны  $E$ . Область протекания основной части тока между зондами в эксперименте [5] можно приблизительно представить в виде куба со сторонами, равными 1 см, так как диаметр ( $d$ ) цилиндрической области (“луча”) распространения УЗИ также составлял около 1 см. Для усредненного значения удельного сопротивления БС при низких частотах, равного  $\rho_2 = 140$  Ом см [2], считая, что сопротивление в основном является активным, можно рассчитать с помощью закона Ома величину амплитуды тока  $I_m$  через эту область МБС:

$$I_m = \frac{U_m}{R} = \frac{U_m}{\rho_2 L / d^2} = \left[ \frac{2P}{c\rho_1} \right]^{0,5} B \frac{d^2}{\rho_2} \quad (3)$$

где  $R$  – сопротивление области протекания тока. После подстановки численных значений параметров эксперимента [5] в формулу (3) получаем  $I_m = 0,5 \times 10^{-6}$  А. Максимальная плотность тока  $j_m = I_m / d^2$  в таком локальном участке МБС равна  $j_m = 0,5 \times 10^{-6}$  А/см<sup>2</sup>. В частности, при максимально допустимой мощности УЗИ 1 Вт/см<sup>2</sup> и величине ПМП 7Т [6] в локальной области МБС можно возбудить ток с максимальной плотностью около  $10^{-4}$  А/см<sup>2</sup>.

**Выводы.** Рассчитана локальная плотность возбуждаемого тока в экспериментальном модельном образце и показана возможность достижения плотности тока на уровне  $10^{-4}$  А/см<sup>2</sup>, которая близка к предельно допустимой для организма человека величине ( $5 \times 10^{-4}$  А/см<sup>2</sup>).

**Ссылки:** 1. Оптоелектронні медичні системи / [В. Г. Абакумов, З. Ю. Готра, С. М. Злепко та ін.]. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2010. – 329 с. 2. Олейник В.П., Основы взаимодействия электромагнитных полей с биологическими объектами, Учебное пособие, ХАИ, Харьков, 2006. 3. Кузнецов Д.А., Гидродинамические волны в растворах, Биофизика, 24, №5 (1979) 865. 4. Березовский В.А., Колотилов А.М., Биофизические характеристики тканей человека, Киев, Науковая думка, 1990. 5. Acoustic excitation of electric field in water solution NaCl / O. G. Avrunin, I. S. Bondarenko, S. I. Bondarenko, Y. V. Kuzmenko, O. Yu. Pinaieva, P. Kisała, A. I Tleshova, S. Luganskaya // Przegląd elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R. 95 NR 4/2019. – P. 158-161. 6. С. А. Park et al., Appl. Magn. Reson., 46, (2015) 1189.

# АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АНГИОГЕНЕЗА, ИМЕЮЩЕГО МЕСТО В ПРОЦЕССЕ ЗАЖИВЛЕНИЯ РАНЫ

Кокорев А.Э.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Аврунин О.Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. Біомедичної інженерії)

e-mail: [andrii.kokorev@nure.ua](mailto:andrii.kokorev@nure.ua)

An important stage in the process of wound healing is angiogenesis. We will consider the model proposed in [1] (with minor modifications), which takes into account: the density of capillary tips, the concentration of chemoattractant, and the density of blood vessels. The results of modeling are consistent with medical evidence [2].

Ангиогенез – рост капилляров в область раны из уже существующей сосудистой сети в соседней неповрежденной ткани [1]. Исследование этого процесса *in vivo* затруднено, поэтому альтернативой являются изучение математических моделей. Результаты моделирования затем могут быть использованы для создания более рациональной стратегии лечения [1].

Мы рассмотрим модель, предложенную в работе [2], которая принимает во внимание 3 величины: плотность капиллярных кончиков  $n(x, t)$ , концентрацию хемоаттрактанта  $a(x, t)$  и плотность кровеносных сосудов  $b(x, t)$ . Модель одномерна (рана представлена как прямоугольная полоса бесконечной длины) и состоит из 3-х безразмерных ДУЧП:

$$\begin{aligned}\frac{\partial n}{\partial t} &= \mu_n \frac{\partial^2 n}{\partial x^2} - \chi \frac{\partial}{\partial x} \left( n \frac{\partial a}{\partial x} \right) + \lambda_1 ab - \lambda_2 n - \lambda_0 n^2 \\ \frac{\partial a}{\partial t} &= \frac{\partial^2 a}{\partial x^2} - \frac{\lambda_4}{2} \left( 1 + \tanh \left( \frac{1-b}{\delta} \right) \right) - (\lambda_4 + \lambda_5 b) a \\ \frac{\partial b}{\partial t} &= \mu_b \frac{\partial}{\partial x} \left( n \frac{\partial b}{\partial x} \right) - \mu_n \frac{\partial n}{\partial x} + \chi n \frac{\partial a}{\partial x}\end{aligned}$$

со следующими граничными:

$$\begin{aligned}n(0, t) &= \hat{n} e^{-at}, & \frac{\partial a}{\partial x}(0, t) &= \lambda_7 a(0, t) \hat{b}, & b(0, t) &= \hat{b} \\ \frac{\partial n}{\partial x}(1, t) &= \frac{\partial a}{\partial x}(1, t) = \frac{\partial b}{\partial x}(1, t) = 0, & t &> 0\end{aligned}$$

и начальными условиями:

$$\begin{aligned}n(x, 0) &= \begin{cases} \hat{n}, & \text{если } x = 0 \\ 0, & \text{если } x \neq 0 \end{cases}, & a(x, 0) &= 0, \\ b(x, 0) &= \begin{cases} \hat{b}, & \text{если } x = 0 \\ 0, & \text{если } x \neq 0 \end{cases}\end{aligned}$$

Значение и смысл констант приведены в [2]. Система была решена в пакете Wolfram Mathematica с помощью метода конечных элементов (FEM). Изменения по сравнению с исходной моделью [2] заключались в упрощении начальных условий: сложные исходные функции

$n(x, 0)$  и  $b(x, 0)$  были заменены константами при  $x = 0$ . При выбранном методе решения эта замена не влияет на количественные результаты, зато позволяет упростить расчеты. Хемоаттрактант (рис. 1b), в процессе заживления раны смещается к ее центру ( $x = 1$ ), «уводя» за собой растущие капиллярные кончики (рис. 1a). Кровеносные сосуды (рис. 1c) равномерно разрастаются в зажившей части раны. Эти результаты согласуются с медицинскими данными [2] как минимум на качественном уровне, следовательно, данная модель может служить отправной точкой дальнейших исследований.

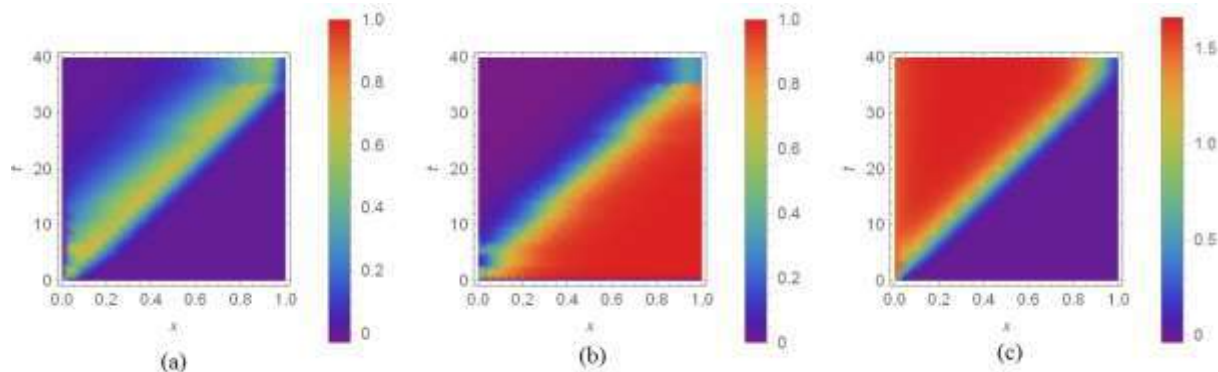


Рисунок 1 – Визуализация функций (a)  $n(x, t)$ , (b)  $a(x, t)$ , (c)  $b(x, t)$ . По горизонтальной оси – расстояние от края раны (в условных единицах), по вертикальной – время

Например, возможно изменение геометрии задачи (с 1D на 2D), что позволит учесть реальную форму раны каждого конкретного пациента и большей достоверностью [5] предсказать время ее заживления.

### Список использованной литературы

1. Pettet G.J. A Model of Wound-Healing Angiogenesis in Soft Tissue / G.J. Pettet, H.M. Byrne, D.L.S. McElwaing, J. Norbury // *Mathematical Biosciences*. – 1996. – Vol. 136. – P. 35-63.
2. Flegg J.A. On the mathematical modeling of wound healing angiogenesis in skin as a reaction-transport process / J.A. Pettet, Sh, N. Menon, Ph. K. Maini, D.L.S. McElwaing// *FrontiersinPhysiology*.–2015.–V. 6.– P.1-17.
3. Обзор механических и термодинамических моделей кожи человека в контексте пластической хирургии. / А. А. Киряк [и др.] // *Наука та виробництво : зб. наукових праць / ДВНЗ «ПДТУ»*. – Маріуполь, 2019. – Вип. 21. – С. 171–177.
4. Возможности компьютерного планирования при лечении ожогов методом экспандерной дермотензии / А. А. Киряк, А. Э. Кокорев, О. Г. Аврунин, В. А. Кремень, Г. А. Олейник // *Наука та виробництво: міжвуз.темат. зб. наук. пр. / ДВНЗ «ПДТУ»*. Вип.. 20. – Маріуполь, ПДТУ, 2019. – С. 150-156.
5. Щапов П. Ф. Получение информационной избыточности в системах измерительного контроля и диагностики измерительных объектов / П. Ф. Щапов, О. Г. Аврунин // *Український метрологічний журнал*. – 2011.– No 1.– С. 47–50.

## **РОЗРОБКА МОДУЛЮ ОБРОБКИ ТРИХОЛОГІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

Носова Я.В., Носова Т.В.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Аврунін О.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Біомедичної інженерії, тел. (057)

702-13-64

e-mail: yana.nosova@nure.ua.

The results of experimental studies of the area of interest of a trichologist, namely, an image of a section of a dyed female hair of a light color are presented. A software tool has been developed, with the help of which the preliminary processing of the image is carried out, as well as the calculation of the number of pixels of the perimeter of the hair section, by the value of which one can judge the degree of damage to the hair cuticle. The software tool was created in the Matlab program at the Department of Biomedical Engineering and can process digital images in bmp format.

Існує багато методів та засобів дослідження стану волосся, найчастіше лікарі працюють із збільшеним зображенням ділянки ураженої волосини.

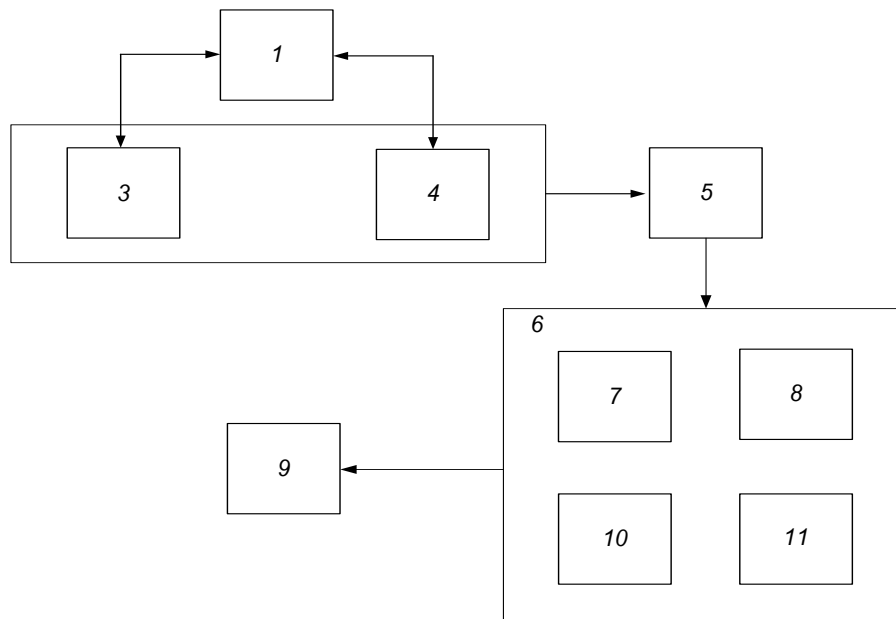
Тому була розроблена структурна схема модулю обробки трихологічних зображень (рис.1). Біологічний об'єкт – це фрагмент волосини людини. Волосина може бути натуральна, чи пофарбована, вона може знаходитись на будь-якій стадії життєвого циклу. В якості блоку реєстрації зображення пропонується обрати капіляроскоп. Капіляроскоп Viobase group WXN-8 1004 C, JOYMED TECH со., ltd (рис. 2.6). Прилад розрахований на оптичне збільшення до 550 разів, має цифровий та аналоговий інтерфейси. Отримане трихологічне зображення через порт USB 3.0 (блок сполучення) передається на персональний комп'ютер, де проходить подальшу обробку. Блок попередньої обробки включає гістограмну корекцію. На першому етапі, якщо динамічний діапазон кольорних складових отриманого зображення менше половини, то необхідно відкоригувати зображення перед обробкою та аналізом.

Блок сегментації включає в себе виділення зображення волосини від контуру. Блок візуалізації представляє собою інтерфейс розробленого програмного забезпечення. Блок аналізу відповідає за побудову контуру волосини для оцінки її стану. Тобто, якщо розглядати на цифровому зображенні контур ділянки волосини, то можна оцінювати стан зовнішнього шару: якщо контур буде достатньо гладкий – то волосина здорова та неушкоджена.

Створений програмний засіб завантажується цифрове зображення фрагмента волосини, що відповідає області інтересу лікаря трихолога. Пропонується досліджувати ділянку розміром один сантиметр. Фазу волосся можна визначити лише за формою кореню, а ступінь



пошкодження краще визначати на лінійній ділянці волосини, без потовщення.



- 1 – біологічний об’єкт – волосся, 2 – блок реєстрації зображення,  
3 – блок освітлення, 4 – оптичний блок, 5 – блок сполучення,  
6 – персональний комп’ютер, 7 – блок попередньої обробки,  
8 – блок сегментації, 9 – лікар, 10 – блок візуалізації, 11 – блок аналізу

Рисунок 1 – Структурна схема модулю обробки трихологічних зображень

#### Список літератури:

1. Трюб Р. М. Сложный пациент трихолога //Руководство по эффективному лечению алопеций и сопутствующих заболеваний. М.: ГЭОТАР-Медиа. – 2018. – Т. 392.
2. Аврунин О.Г. Принципы построения автоматизированных нейрохирургических комплексов / О.Г. Аврунин, Т.В. Носова// Вестник НТУ «ХПИ». – 2007, № 19. –С. 3–11.
3. Avrunin, O. "Development of Automated System for Video Intermatoscopy/OG Avrunin, V. Klymenko, A. Trubitsin, O. Isaeva." Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference International Trends in Science and Technology. Vol. 2. 2019.
4. Аврунін О.Г., Бодяньський Є.В., Калашник М.В., Семенець В.В., Філатов В.О. Сучасні інтелектуальні технології функціональної медичної діагностики – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 248 с. doi: 10.30837/978-966-659-234-0
5. Oleg G. Avrunin, Natalia O. Shushlyapina, Yana V. Nosova, Wojciech Surtel, Aron Burlibay, Maral Zhassandykyzy. Method of expression of certain bacterial microflora mucosa olfactory area. Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications, 2015, 98161L (December 18, 2015), doi:10.1117/12.2229074.

## **К ВОПРОСУ ДИАГНОСТИКИ ОДОНТОГЕННЫХ ГАЙМОРИТОВ ПО ДАННЫМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ**

Носова Я.В., Волошан А.А.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Аврунин О.Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, просп. Науки, 14, каф. Биомедицинской инженерии,  
тел. (057) 702-13-64  
e-mail: yana.nosova@nure.ua.

The assessment of the clinical outcome is based on a comprehensive study in accordance with the current protocols, and the proposed method allows you to add additional information and evidence to the obtained medical data. A functional study of nasal breathing makes it possible to assess the effect of the inflammatory process in the sinus on the structure of the nasal cavity by changing nasal conduction. The measurement error may additionally be associated with the peculiarity of multiplanar reconstructions during densitometry according to tomography data, as well as with the peculiarities of the individual structure of the paranasal sinuses, the presence of additional cells, etc., which must be taken into account.

Функциональная диагностика носового дыхания позволяет уточнить морфологические изменения интраназальных структур и придаточных пазух носа, полученные по данным компьютерной томографии. Особое внимание следует обращать на односторонние затруднения носового дыхания (со стороны пораженной околоносовой пазухи). Без риноманометрического исследования достоверность диагноза несколько снижается. Таким образом, представляется необходимым разработать метод автоматизированного определения типов гайморита, а также повысить надежность дифференциальной диагностики различных форм одонтогенных гайморитов. Наше исследование рассматривает 176 случаев. Все пациенты были разделены на группы: контрольная группа - 38 человек, с острым серозным одонтогенным синуситом - 35, острым гнойным одонтогенным синуситом - 36, хроническим одонтогенным синуситом - 38, обостренным хроническим одонтогенным синуситом - 32.

Большинство авторов [1–5] диагностируют одонтогенный синусит преимущественно с помощью компьютерной томографии и внешнего осмотра ротовой полости. В исследовании предлагается автоматизированный подход к оценке томографических данных и дополнительно предлагается использовать функциональный метод диагностики нарушений носового дыхания. Это основано на том, что воспаление в носовой пазухе часто вызывает реактивный отек в носовой полости, что приводит к односторонней обструкции носового дыхания (снижение носовой проводимости). При анализе томографических данных в некоторых случаях не удастся определить центр околоносовой пазухи на

томографическом срезе, что приводит к расстановке маркеров в автоматическом режиме. Необходимо повторить тест носового дыхания несколько раз с интервалом не менее 2 часов, чтобы исключить влияние носового цикла на результат. Недостатки предложенного метода: необходимо иметь современные медицинские технологии, доступные как для визуализации, так и для функциональной диагностики носового дыхания. Методы диагностики обладают относительно низкой повторяемостью результатов (воспроизводимостью), на которую влияют различные факторы, а также сопутствующие воспалительные заболевания полости носа, перенесенные травмы, аномалии развития, атрофический, вазомоторный ринит и др. Погрешность измерений дополнительно может быть связана с особенностью проведения мультипланарных реконструкций при проведении денситометрии по томографическим данным, а также особенностям индивидуального строения придаточных пазух носа, наличия дополнительных ячеек и т.д., что должно учитываться специалистом предварительно. Оценка клинического результата строится на комплексном исследовании пациента согласно действующих протоколов, таким образом, предложенный метод позволяет получить дополнительную информацию. А функциональное исследование носового дыхания позволяет оценить влияние протекающего в пазухе воспалительного процесса на структуры носовой полости по изменению носовой проводимости.

#### Список литературы

1. Avrunin O. G. et al. Possibilities of Automated Diagnostics of Odontogenic Sinusitis According to the Computer Tomography Data //Sensors. – 2021. – Т. 21. – №. 4. – С. 1198.
2. Худаева С. А. К вопросу о формировании исходных данных для экспертной системы диагностики одонтогенного гайморита / С. А. Худаева, Я. В. Носова, А. А. Волошан // XXIV Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті»: зб. матеріалів форуму. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ. 2020. – С.133-134
3. Аврунин О. Г. Визуализация верхних дыхательных путей по данным компьютерной томографии/ О.Г. Аврунин //Радиоэлектроника и информатика.– 2007. – № 4. – С. 119–122.
4. Аврунін О. Г. Діагностическіе возможности электромиографического метода при исследовании функции носового клапана // О. Г. Аврунин, Т. В. Жемчужкина, Т. В. Носова// Бионика интеллекта. – 2010. – № 3(74). – С. 99–104.
5. Avrunin O. Using 3D printing technology to full-scale simulation of the upper respiratory tract / O. Avrunin, Y. Nosova, I. Younouss Abdelhamid, O. Gryshkov, and B. Glasmacher // ". Informatyka, Automatyka, Pomiaru W Gospodarce I Ochronie Środowiska, Vol. 9, no. 4, Dec. 2019, - pp. 60-63, doi:10.35784 / iapgos.681.

## **ВПРОВАДЖЕННЯ ШВИДКОГО ПРОТОТИПУВАННЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ВЕРХНІХ ДИХАЛЬНИХ ШЛЯХІВ В НОРМІ ТА ПРИ ТИПОВИХ ПАТОЛОГІЯХ**

Носова Я.В., Тимкович М.Ю.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Аврунін О.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, просп. Науки,14, каф. Біомедичної інженерії,  
тел. (057) 702-13-64

e-mail: yana.nosova@nure.ua.

For the first time, theoretical data were obtained and refined by conducting experimental studies of field models on aerodynamic stand. The influences of local aerodynamic resistances on the general conductivity of the upper respiratory tract are determined. The main points of pressure measurement on full-scale models are determined. At the same time areas, for example, a lattice bone and others where diffuse, instead of aerodynamic processes prevail are separated.

Попередня робота виконувалась згідно із договором М/189-2019 «3D-Model - Впровадження швидкого прототипування для моделювання верхніх дихальних шляхів в нормі та при типових патологіях». Було виконано: розроблено метод сегментації верхніх дихальних шляхів за томографічними даними; підготовано 3D-моделі верхніх дихальних шляхів до швидкого прототипування; сформульовано практичні рекомендації щодо визначення оптимальних показників 3D-слайсінгу для точної деталізації анатомічних натурних моделей; проведено процедуру уточнення впливу аеродинамічних характеристик верхніх дихальних шляхів на показники дихання; розроблено структурну схему випробувального стенду для визначення аеродинамічних характеристик верхніх дихальних шляхів. Основні завдання проекту: розробка принципової схеми пневматичного стенда, розробка дослідного зразка пневматичного стенда, розробка структурно-функціональної схеми пневматичного стенда, уточнення аеродинамічних характеристик та числових критеріїв оцінки ступеня порушення носового дихання на основі аеродинамічних випробувань, проведення аеродинамічних випробувань, розробка засобів дистанційного Internet-навчання та тестування для демонстрації технології аеродинамічних випробувань. Вперше отримано та уточнено теоретичні дані за рахунок проведення експериментальних досліджень натурних моделей на аеродинамічному стенді. Визначено впливи локальних аеродинамічних опорів на загальну провідність верхніх дихальних шляхів. Визначено основні точки виміру тиску на натурних моделях. При цьому відсепаровуються області, наприклад, градчатої кістки та інші, де превалюють дифузні, а не аеродинамічні процеси. Проведено математичне моделювання та дослідження впливу різних типів локальних

опорів носової порожнини на назальну аеродинаміку при диханні. Визначено основні аеродинамічні опори при типових змінах архітектоніки носової порожнини. Теоретичні розрахунки та математичні моделі в світі та в Україні існують, але натурних моделей носової порожнини в нормі та деяких патологічних станах та відповідних аеродинамічних стендів для їх тестування не існує. Але це якраз дозволяє отримати унікальні експериментальні дані щодо змін показників повітряного потоку при диханні в залежності від патологічних станів. На підставі цих даних за допомогою методів комп'ютерного планування хірургічних втручань і моделювання необхідної конфігурації носової порожнини можливо прогнозувати функціональний результат операції.

Мала довжина носової порожнини у порівнянні із областю взаємовпливу місцевих опорів (більш ніж в 2 рази менше) не дозволяє враховувати їх спільний опір повітряного потоку, тому доцільно при визначенні сумарного місцевого аеродинамічного носового опору враховувати тільки місцевий опір, який вносить максимальні втрати напору. До складу аеродинамічних стендів для тестування натурних моделей верхніх дихальних шляхів повинні входити витратомір та перетворювачі тиску у декількох характерних точках виміру. Такі точки розташовуються на вході та виході дослідної моделі та біля характерних конфігураційних змін носового каналу, які характеризують локальні аеродинамічні опори.

#### Список літератури

1. Носова Я.В. Анализ энергетических характеристик носового дыхания при ольфактометрических исследованиях / Я.В. Носова, Хушам Фарук, Н.О. Шушляпина // Материалы XIII Международной научно-технической конференции "Физические процессы и поля технических и биологических объектов", 07-09 ноября, 2014 г., Кременчуг. – Кременчуг: КрНУ, 2014. – С. 83

2. Аврунин О. Г. Сравнение дискриминантных характеристик риноманометрических методов диагностики / О.Г. Аврунин, В.В. Семенец, П.Ф. Щапов // Радіотехніка. – 2011. – 164. – С. 102–107.

3. Аврунин О. Г. Визуализация верхних дыхательных путей по данным компьютерной томографии/ О.Г. Аврунин //Радиоэлектроника и информатика.– 2007. – № 4. – С. 119–122.

4. Avrunin O. G. Research of laminar boundary layer influence of the air flow on the mucous membrane of the nasal cavity / O.G. Avrunin, Ya. V. Nosova, O. Gryshkov, B. Glasmacher, N. Shushliapina // 46 th ESAO Congress. The International Journal of Artificial Organs. - Hannover, Germany. - 2019, Vol 42 Number 8. - P. – 430.

5. Носова Я. В. Визуализация обонятельной щели / Я. В. Носова, Н. О. Шушляпина, Т. В. Носова // Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ «ХП». – 2015р. - №39 (1148). – С. 73-77.

# РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ СЕГМЕНТАЦІЇ КАРДІОСИГНАЛУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ПРИ ДІЇ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Кампос Діас Х.Г., Бих А.І., Величко О.Н.

Науковий керівник - д.ф.м., проф. Бих А.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, Україна, пр.Науки14, каф. Біомедичної інженерії  
тел. (057) 702-13-64)

e-mail: [khaver.kampos.dias@nure.ua](mailto:khaver.kampos.dias@nure.ua)

Investigation of the results of the influence of the effects of low-dose gamma radiation (0.30 – 1 mSv) on the bioelectric activity of the myocardium and ventricles. Identification of the non-specific nature of low-dose effects, which leads to functional changes in the heart and blood vessels and can be the basis for the appearance of pre-pathological and pathological conditions. The problem of accuracy of monitoring changes in numerous characteristics of the cardiac signal under the influence of ionizing radiation. To detect the functional response of the irradiated organism of a biological object.

**Введение.** Дослідження впливу іонізуючого випромінювання на серцево судинну систему має значення зокрема тому, що вона включає до себе органи та тканини з різним коефіцієнтом радіочутливості (серце-судини, міокард–ендотелій)[1]. Також ця проблематика актуальна для дослідження зон які найбільше постраждали при аварії на ЧАЕС, де були відмічені зріст та смертність людей від захворювання серцево судинної системи.

**Мета роботи.** Дослідити прояву змін чисельних характеристик у кардіосигналі при дії різних, але невеликих доз гамма – випромінювання. Та спрогнозувати імовірний зріст впливу при більш великих дозах. Зафіксувати зміни сигналу у реальному часі за допомогою розробленого п.з. у суті якого лежить вейвлет перетворення – максимально ефективно до незначних змін у сигналі та при сегментації.

**Матеріали та методи.** В основі даного експериментального дослідження лежить апарат *Об-6* з закритим джерелом  $\gamma$  – випромінювання *Cs-137*, кардіомонітор з експериментальним програмним забезпеченням на базі перетворення сигналу за допомогою материнського вейвлету Хаар. Який дозволяє фіксувати зміну ЕКГ у реальному часі та проводити зняття та сегментування кардіосигналу[2].

Базисна вейвлетна функція при даному перетворенні має вигляд:

$$\psi_{2^k, b}(t) = \frac{1}{2^{k/2}} \psi\left(\frac{t-b}{2^k}\right)$$

При ДВП отримують апроксимуючі та деталізуючі коефіцієнти для кожного рівня декомпозиції сигналу[3].

QRS визначається наступним чином. ЕКГ сигнал перетворюється з використанням вейвлета Хаара, а далі застосовуються апроксимуючі та деталізуючі коефіцієнти для 4-го порядку (верхній графік на рис. 1). Деталізуючі коефіцієнти зводяться у квадрат (середній графік на рис. 1) і обробляються пороговою процедурою  $\alpha = 1,5\sigma$ , де  $\sigma$  – стандартне відхилення деталізуючих коефіцієнтів (нижній графік на рис. 1).

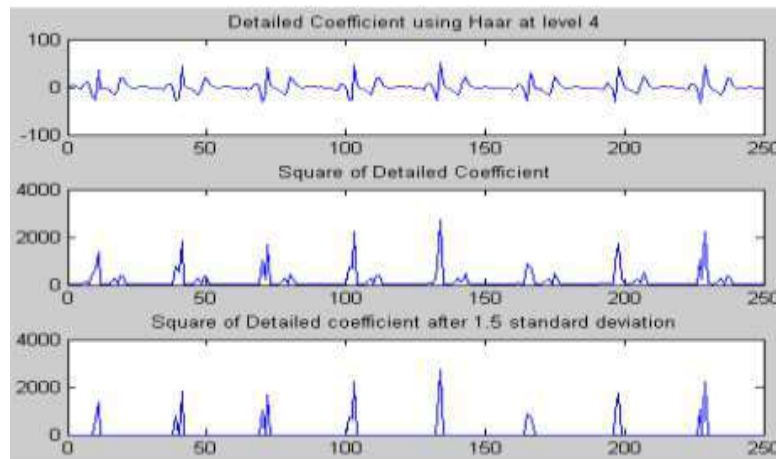


Рисунок 1 – Робота за кардісигналом при дозі 0.50 мЗв

Таким чином визначається положення R-піків. Пошук меж тривалості R – хвилі здійснюється у вікні з шириною 16 відліків: по 8 зліва і справа від R – піку.

При взаємодії з малими дозами QRS-комплекс(міокард, шлуночки) тривалість потенціалу дії на всіх рівнях поляризації ще більш змінюється. Тобто здатність до постгіпоксичного відновлення біоелектричної активності клітин після випромінювання – є зниженою.

**Висновки.** Досліджена дія малих доз щодо роботи органів серцево судинної системи. Дози від 0,30 до 1 мЗв не викликають суттєвих порушень, але надають змогу побачити характерну реакцію електричного сигналу окремих осередків серця. Та можливість оцінити пристосованість та адаптивність організму для дії пролонгованого опромінення малими дозами.

### Література:

1. Дворецкий А.И., Егорова Е.Г. // Радиобиология – 1990 – Т. 30, № 5. – С. 688
2. Walnut D. F. An introduction to wavelet analysis // Springer Science and Business Media, 2013 – 55 p.
3. Дьяконов В.П. Вейвлеты от теории к практике. // СОЛОН-Пресс. 2010. – Киев, 2010. – С.24-26.

## ДІАГНОСТУВАННЯ НЕЙРОФІЗІОЛОГІЧНИХ СТАНІВ ІНДИВІДА НА ОСНОВІ ДАНИХ АЙТРЕКІНГУ

Шаманіна Т.В.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Павленко В.Д.

Одеський національний політехнічний університет

(Просп. Шевченка, 1, Інститут комп'ютерних систем, Одеса, 65044.

Тел. +38(093) 284-84-23), e-mail: tatanatv8@gmail.com

Instrumental computing and software tools have been developed for constructing a nonlinear dynamic model of the human oculo-motor system (OMS) based on the data of "input–output" experiments using test visual stimuli and innovative technology Eye–tracking. For identification of the OMS polynomial Volterra model is used in the form of multidimensional transient functions of the 1st, 2nd and 3rd orders, taking into account the inertial and nonlinear properties of the OMS. Software tools for processing Eye-tracking data developed in the Matlab environment are tested on real data from an experimental study of OMS.

Аналіз взаємозв'язку окуломоторики з центральною нервовою системою, з одного боку, з вмістом психічних процесів – з іншого, з різноманітними формами активності (поведінкою, діяльністю, спілкуванням) – з третьої, сприяє вивченню механізмів роботи мозку і їх порушення, виявлення динаміки психофізіологічних станів людини [1, 2].

*Метою* роботи є дослідження ефективності застосування поліноміальної моделі Вольтерри окуло-моторної системи (OMS), що отримано на основі даних айтрекінгу, для оцінки нейрофізіологічних станів індивіда.

*Об'єкт* дослідження – процес відстеження руху очей – відгуку на зовнішнє збурення у вигляді візуальних стимулів (процес айтрекінгу).

*Предмет* дослідження – поліноміальна модель Вольтерри OMS людини у вигляді багатовимірних перехідних функцій, які визначаються за даними айтрекінгу.

Експериментальні дослідження OMS проводилися з використанням високотехнологічного обладнання – айтрекера Tobii Pro TX300 (300 Hz), наданого для досліджень Центром інновацій та просунутих технологій Люблінського технологічного університету (Люблін, Польща) [3].

Експерименти організовано з метою класифікації інформантів за станом втоми. Збір даних полягає в вимірюваннях відгуків OMS на однакові тестові сигнали, які здійснюються в різний час дня: "Вранці" (до роботи) і "Ввечері" (після роботи). На основі усереднених даних айтрекінгу визначено перехідні функції 1-го, 2-го та 3-го порядку OMS для станів індивіда "Вранці" та "Ввечері".

Варіабельність (відхилення) перехідних функцій різних порядків ( $n$ ) апроксимаційної моделі OMS різних порядків апроксимації ( $N$ ) для станів



індивіда "Вранці" та "Ввечері" кількісно визначається за допомогою показників  $\sigma_{nN}$  – максимального відхилення та  $\varepsilon_{nN}$  – нормованого середньоквадратичного відхилення. Індикатори відхилення різних порядків перехідних функцій апроксимаційних моделей ОМС для "Вранці" та "Ввечері" представлені діаграмами на рис. 1 і рис. 2.

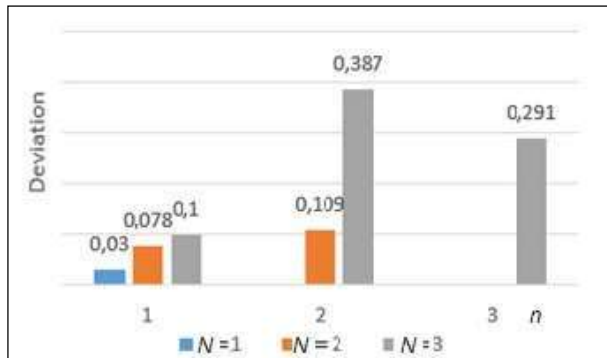


Рис. 1. Діаграма показників відхилень  $\sigma_{nN}$

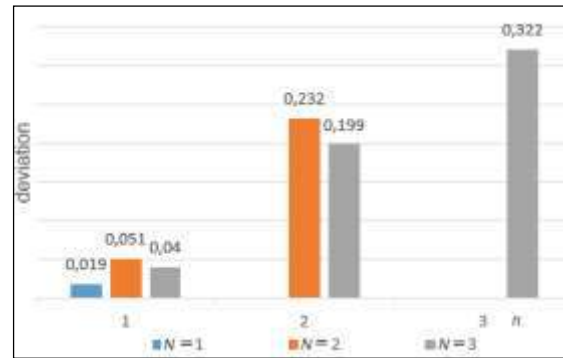


Рис. 2. Діаграма показників відхилень  $\varepsilon_{nN}$

Як можна бачити на рис. 1 та рис. 2, отримані перехідні функції 1-го порядку  $h_1(t)$  для станів "Вранці" та "Ввечері" практично не залежать від стану індивіда. Однак, діагональні перетини перехідних функцій 2-го  $h_2(t,t)$  і 3-го порядку  $h_3(t,t,t)$  істотно змінюються за величиною та, отже, можуть бути ефективно використані як основне джерело даних при побудові моделей класифікаторів психофізіологічних станів людини за допомогою машинного навчання.

#### Список використаних джерел

1. Jansson D., Medvedev A., Axelson H., Nyholm D. Stochastic anomaly detection in eye-tracking data for quantification of motor symptoms in Parkinson's disease // *Advances in Experimental Medicine and Biology*. – 2015. – 823 – P. 63-82.
2. Pavlenko V., Salata D., Dombrovskiy M. and Maksymenko Yu. Estimation of the Multidimensional Transient Functions Oculo-Motor System of Human // *Mathematical Methods and Computational Techniques in Science and Engineering: AIP Conf. Proc. MMCTSE'2017, Cambridge, UK*. – 2017. – Vol. 1872. – Melville, New York. Published by AIP Publishing. – P.110-117.
3. Pavlenko V.D. Identification of the oculo-motor system based on the Volterra model using eye tracking technology / Vitaliy D. Pavlenko, Marek Milosz and Mariusz Dzieńkowski // *4th Int. Conf. on Applied Physics, Simulation and Computing (APSAC 2020) 23-25 May 2020, Rome, Italy // Journal of Physics: Conference Series – Volume 1603, 2020. – IOP Publishing, 2020. – P. 1-8. doi:10.1088/1742-6596/1603/1/012011*

# СИСТЕМИ ІЗОЛІНІЙ НА ГРАФІКАХ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ СИГНАЛІВ ЯК СУКУПНІСТЬ ОЗНАК ДЛЯ ЇХ РОЗПІЗНАВАННЯ

Лагутін В.В., Безнос Д.В.

Науковий керівник – доц. каф. ЕІ, к.т.н., Шуляк О. П.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

03056, Київ, просп. Перемоги, 37, факультет Електроніки, кафедра

Електронної Інженерії, тел. +380442042050

e-mail: vitality.1193@gmail.com, beznosdv@gmail.com

Recognition of biomedical signals is concentrated in the procedures of diagnosing patients based on the results of their examination. The possibility of using systems of isolines on signals as characteristic features in recognition algorithms of systems with supervise learning is discussing. An isoline is a segment of a horizontal straight line, relative to which the areas under and above the signal line are the same. Isolines divide the signal field into horizontal stripes, each of which, depending on its shape, contains one or another part of the signal points. This procedure forming a system of isolines. Decision-making about the type of signals is based on comparing their isolines positions with the etalon isolines in different classes according to the criterion of similarity.

Для підвищення якості діагностики пацієнтів актуально викриття резервів у підвищенні результативності розпізнавання медико-біологічних сигналів. Продовжується пошук нових систем опису сигналів для різних станів організму людини і захворювань, способів їх використання в розпізнавальних алгоритмах [1 – 3].

Як ознаки для розпізнавання тут розглядаються рівні ізоліній на графіку сигналу. Рішення про тип сигналу приймається шляхом порівняння положення системи його ізоліній з їх характерним розміщенням в кожному класі з використанням операції скалярного добутку векторів ознак. Для коректності такого порівняння сигнали перераховуються в послідовності відліків характеристик їх форми з виключенням постійних складових і нормуванням інтенсивності [3 – 4].

Змінюється форма сигналу, змінюється і розташування ізоліній [5]. Такі ознаки інтегральні і відносно стабільні для класів сигналів, хоча і порізному. За ними можна визначати типи нових сигналів, що розпізнаються.

Під ізолінією на полі графіка сигналу розуміється відрізок горизонтальної прямої, який проведено на такому рівні, що площі відносно нього, що обмежені лінією графіка, однакові. Якщо сигнал перетворено до характеристики його форми, то горизонтальна вісь графіка займає нульовий рівень і вона є його першою ізолінією. Кількість і дислокація точок графіка на смугах вище і нижче такої ізолінії є різною і все це залежить від форми сигналу. Для цих смуг визначається своє положення ізоліній. Нові ізолінії розділяють ці смуги на більш вузькі стрічки і так

далі, залежно від форми сигналу. Так будується система ізоліній сигналу для його опису.

Програмна процедура, що пропонується, послідовно нарощує порядок ізоліній екземпляра сигналу, який аналізується. Послідовно обираються точки графіка, які потрапляють в межі знов сформованих внутрішніх смуг між ізолініями. Будуються внутрішні ізолінії. Систематизується їх взаємне розташування. Рівні цих ізоліній використовується як числові ознаки форми екземплярів сигналу. Їх середні значення на навчальних вибірках розглядаються як еталонні в класах сигналів для їх розпізнавання. Рішення приймається на користь еталонного сигналу з найбільшим значення скалярного добутку.

Процедури відпрацьовані в MatLab на прикладі визначення типів QRS-комплексів ЕКГ для статистичної оцінки чутливості, специфічності розпізнавання з розглянутим описом форми сигналів.

### Список літератури

1. Дюк В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях./ В. Дюк, В. Эммануэль. - СПб.: Питер, 2003. –528 с. – ISBN I978-5-94723-501-2
2. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. 2-е изд. – К. : 2017.
3. Шуляк О. П., Лагутін В. В. Інтегральна характеристика форми медикобіологічних сигналів в процедурах їх розпізнавання. XIX Міжнародна 104 науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи», 13- 14 травня 2020 р., Київ, Україна: збірник матеріалів конференції. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С. 91-92.
4. A. Shulyak, T. Saurova, A. Shachykov, V. Sirotenko and V. Lahutin, "Modifications of recognition procedures of biomedical signals using shape characteristics for their description and in decision criteria," 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine, 2020, pp. 520-525, DOI: 10.1109/ELNANO50318.2020.9088862
5. Лагутін В. В., Сиротенко В. І., Шачиков А. Д., Шуляк О. П. , "Вибір меж для шкал медико-біологічних сигналів в алгоритмах їх розпізнавання " «Мікросистеми, Електроніка та Акустика» , Київ, Україна, 2020, 11 - 19 с, DOI: 10.20535/2523-4455

# СУЧАСНИЙ СТАН РОЗРОБКИ ВІРТУАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ

Трубчанінов Р.М.

Науковий керівник – к.т.н. ст. викл. Тимкович М.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14, кафедра біомедичної інженерії,  
тел. (057) 702-13-64), e-mail: [ruslan.trubchaninov@nure.ua](mailto:ruslan.trubchaninov@nure.ua)

During online study, development of the virtual labs is a relevant task of modern education. It enables students to participate and interact in inquiry-based classes where they can implement and analyze their own experiments, learn by using virtual objects and apparatus. Utilizing virtual labs provides students with the chance to develop critical thinking, innovation, and team working skills, all of which are highly valued in today's job market.

**Вступ.** Лабораторний досвід є ключовим фактором у технічній освіті, проте в умовах світової пандемії із впровадженням дистанційного навчання зростає необхідність у створенні віртуальних лабораторій, у тому числі з функціями доповненої або віртуальної реальності, використовуючи передові технології ефекту присутності з метою якісного та інтерактивного проведення практичних та лабораторних занять. Віртуальні лабораторії мають на меті знизити витрати й спростити обслуговування лабораторних приміщень, пропонуючи студентам безпечне середовище для накопичення досвіду й ентузіазму в галузі STEM (наука, технології, інженерія та математика) предмети без географічних обмежень [1]. Віртуальні лабораторії дозволяють студентам брати участь і взаємодіяти в класах, заснованих на запитах, де вони можуть проводити й аналізувати власні експерименти, вчитися за допомогою спеціалізованого віртуального обладнання. Використання віртуальних лабораторій дає студентам можливість розвивати критичне мислення, новаторські навички та навички командної роботи, які сьогодні високо цінуються на ринку праці [2].

**Сутність роботи.** З метою викладання дисциплін професійної підготовки, наприклад, із використанням лабораторно-аналітичної техніки, цифрової мікроскопії, постає необхідність у розробці достовірних дистанційних віртуальних засобів навчання, що відтворюють та моделюють відповідні процеси.

За останні роки значно зросла кількість досліджень за обраною темою досліджень. Так, згідно наукометричної бази даних Scopus під час пошуку наукових статей за ключовими словами “Virtual lab” було отримана залежність, що наведена на рис. 1.

У ході дослідження можна зробити висновки, що основними напрямками розвитку є: дистанційність, мультиплатформенність (персональні комп'ютери, телефони, різні операційні системи), інтерактивність, візуалізація у тривимірному просторі, наявність

адекватної моделі процесу, можливість керування реальними віддаленими пристроями, технології віртуальної та доповненої реальності [3-5].

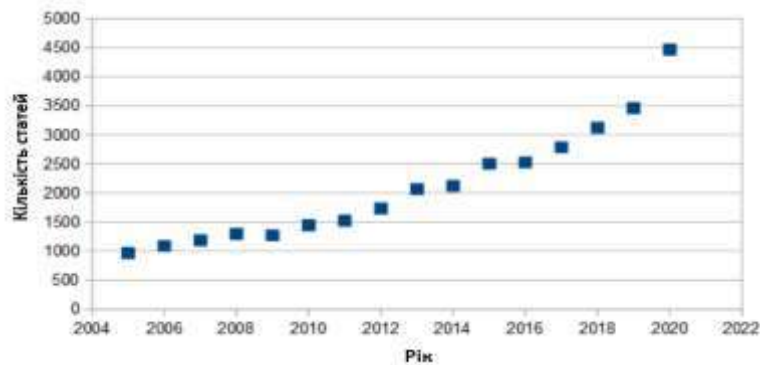


Рисунок 1 – Кількість статей, що індексуються наукометричною базою Scopus, які стосуються віртуальних лабораторій за роками

**Висновки.** Віртуальні лабораторії є ефективними засобами дистанційного навчання, оскільки надається можливість опанувати необхідні практичні навички шляхом моделювання реальних робочих операцій. У майбутньому впровадження таких технологій стане успішною платформою для навчання у відкритому навчальному просторі.

#### Список використаних джерел:

1. Семеренко Ю. О. Можливості використання сучасних графічних бібліотек у спеціалізованих онлайн-віртуальних імітаційних тренажерах / Ю. О. Семеренко, К. Г. Селиванова // XXIV Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. матеріалів форуму. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ. 2020. – 216 с. – С. 179–180.

2. Аврунин, О.Г. Возможности разработки виртуальных лабораторных работ для изучения микропроцессорных систем / Аврунин О.Г., Бых А.И., Семенец В.В. // "Технічна електродинаміка", 2009 – Тем. Випуск «Силова електроніка та енергоефективність» – Том 1 – С. 109-112.

3. Бажан О. В. Використання технологій віртуальної реальності в пластичній хірургії / О. В. Бажан, О. Г. Аврунін, М. Ю. Тимкович // I Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених, курсантів та студентів «Авіація, промисловість, суспільство», Кременчук. - 2018. - С.184.

4. Селиванова К.Г. Виртуальный тренажер для развития мелкой моторики рук / К.Г. Селиванова, В. Худайбердиев // Актуальные проблемы автоматизации и приборостроения: материалы Всеукр. наук.-техн. конф.–Х.: ФОП Панов А.М., 2016. – С.68-69.

5. Казимиров Н. А. Разработка виртуальной системы записи движений рук для определения тремора / Н. А. Казимиров, К. Г. Селиванова // Матеріали 23 Міжнародного молодіжного форуму. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ. 2019. – С. 167 – 168.

## НЕІНВАЗИВНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ СИНДРОМУ ЗАП'ЯСТНОГО КАНАЛУ

Григорович С.В.

Науковий керівник – к.т.н., ст. викладач Селіванова К.Г.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, кафедра біомедичної інженерії, тел.  
(057)-702-13-64), e-mail: [sasha.hryhorovych@nure.ua](mailto:sasha.hryhorovych@nure.ua)

Carpal tunnel syndrome is a relatively common, but sometimes underdiagnosed condition. This work is about noninvasive approaches o CTS diagnostics, which might assist in the assessment of median nerve damage and functional abnormalities of the hand due to CTS.

Синдром зап'ястного каналу (СЗК) або тунельний синдром зап'ястя – це захворювання, при якому компресія медіанного нерва спричиняє біль та порушення функції кисті [1]. Це захворювання вважається професійним у працівників, котрі виконують щоденні монотонні згинально-розгинальні рухи кисті, наприклад фахівці у сфері ІТ, геймери, користувачів комп'ютерів, піаністи, барабанщики художники, сурдоперекладачі, т.п.[2].

Наявні традиційні електрометричні методи діагностики СЗК є інвазійними та досить болісними для пацієнта, мають обмежену чутливість та специфічність у діагностиці захворювання, тому актуальним напрямом біомедичної інженерії є розробка неінвазійних та високоточних експрес-методів оцінки функції медіанного нерва. Існують дані щодо того, що при периферичних нейропатіях дещо змінюється чутливість до різних нервових стимулів – тепла, холоду, вібрації тощо. Змогою стандартизувати вплив зовнішніх чинників на пацієнта є кількісне сенсорне тестування (КСТ), сутність якого в тому, щоб мати конкретні “опорні точки” для подальшого порівняння результатів, що потребує схожості обладнання для тестування. Так, для вимірювання термальної чутливості можна використовувати елемент Пельтьє, для вібраційної чутливості – камертони заданої частоти, для вимірювання мінімальної відстані, при якій вплив двох точок відчувається як такий, що має різні джерела – стандартизований інструмент, що має назву дискримінатор Делона тощо [2].

Проблемою діагностування методами КСТ є суб'єктивний фактор пацієнта, оскільки важко об'єктивно порівнювати такий показник, як індивідуальна чутливість до тепла, холоду, болю, вібрацій тощо. Проте, методи кількісного сенсорного тестування можуть бути допоміжними у діагностиці СЗК. Також відомо, що в важких випадках СЗК порушується функція кисті. Для діагностики таких порушень можна використовувати сенсорні екрани або навіть додатки до смартфона. Серед переваг таких методів можна відзначити їх широку доступність та неінвазивність, а також більш об'єктивний підхід до діагностики у порівнянні з КСТ. До недоліків

можна віднести низьку чутливість до СЗК на ранніх стадіях, коли хвороба проявляє себе переважно як біль, оніміння та парестезії [3-4].

Таким чином, з метою оцінки рухової активності кисті та окремо великого пальця для діагностування тунельного синдрому зап'ястя був розроблений динамічний тест на сенсорних екранах, котрий запрограмований як траєкторія переміщення динамічного об'єкта круглої форми у двовимірному просторі, що нагадує рух фігури Ліссажу. На рис. 1 зображено зовнішній вигляд розробленого динамічного тесту [3].

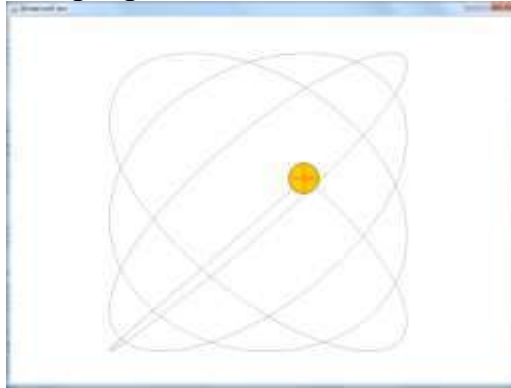


Рисунок 1 – Розроблений динамічний тест для сенсорних пристроїв

Розроблений програмний засіб під час проходження тестування дозволяє зареєструвати відхилення у пікселях по осі  $x$  та  $y$  заданої траєкторії руху від експериментальної, максимальне число ступенів свободи кисті. Перспективою роботи є впровадження більшої кількості конфігурацій динамічних тестів неінвазійних методів діагностування СЗК.

#### **Список джерел та посилань**

1. Wolny T, Linek P. Reliability of two-point discrimination test in carpal tunnel syndrome patients // *Physiother Theory Pract.* 2019. Vol. 35(4), pp348-354.

2. Григорович С. В. Кількісне сенсорне тестування в діагностиці синдрому зап'ястного каналу / С. В. Григорович // *Медико-психологічні та інформаційні аспекти реабілітації і абілітації людини. Збірник наукових праць за загальною редакцією Заслуженого лікаря України, професора О.А. Панченка.* Київ. КВІЦ, 2020. – 344 с. – С. 74-76.

3. Selivanova, K. Determination of the basic parameters of sensor devices for the implementation of psychoneurological research with the introduction of multitouch technology / K. Selivanova, O. Avrunin, N. Kazimirov // *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, 2020. No. 1 (11), P. 147–155. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2020.11.147>.

4. Селиванова К. Г. Внедрение multi-touch технологии для реализации интерактивного тестирования в психоневрологии / К. Г. Селиванова, М. Ю. Тымкович, О. Г. Аврунин // *Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів : матеріали XVII Міжнародної науково-технічної конференції.* – Кременчук : КРНУ, 2018. – 236 с. – С. 121–122.

## ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ШВИДКОСТІ ЗВОЛОЖЕННЯ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ МАСОК ЗА ЗМІНОЮ ОПОРУ

Роговець В.Є.

Науковий керівник – асп. каф. МЕЕПШ Левченко Є.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки 14, кафедра БМІ, тел. (066) 317-29-80)

E-mail: [volodymyr.rohovets@nure.ua](mailto:volodymyr.rohovets@nure.ua)

With the demand for personal protective equipment of the respiratory organs that has increased many times over the past year, the question of the effectiveness of different items available to the consumer has become aggravated. The use of masks with replaceable filters which service many times longer in comparison with disposable masks makes them more convenient and environmentally friendly. This article studies a method for analyzing filter humidification for timely filter replacement through resistance measurements, which is one of the most important and hardly traced factors of the protection quality.

Тришарові та тканинні маски досі залишаються найбільш популярними, тому що респіратори, складніші для виробництва, поступають їм у вартості та зручності. Встановлено, що FFP респіратори забезпечують в середньому в 11,5-15,9 разів кращий захист, ніж звичайні медичні маски. Альтернативою є маски зі змінними фільтрами, які забезпечують рівень захисту, який можна порівняти з респіраторами, і значно випереджають одноразові маски за цим показником, трохи поступаючись їм в ціні.

Для всіх перерахованих засобів індивідуального захисту органів дихання спільною проблемою є складність визначення часу, коли виникає необхідність заміни використововуваного фільтра. У певний момент ефективність захисту починає значно знижуватися. Це пов'язано в першу чергу зі зношеністю фільтра, а також з його перезволоженням, тому навіть фільтри, розраховані на значно більший термін служби, ніж дві години, рекомендується замінювати не рідше цього інтервалу часу (проте вони відновлюють свої якості після висихання). Власне, перезволоження і перенасичення вдихуваного повітря вуглекислим газом також становить потенційну загрозу для здоров'я. Оцінити ступінь зволоження фільтру можна різними методами, і одним з найбільш простих і ефективних є оцінка зміни його опору в процесі використання.

У даній роботі досліджено тришарові медичні маски, тришарові змінні фільтри та тришарові вугільні змінні фільтри для маски з клапаном і без нього. Медичні маски відповідають стандарту TS EN 14683 і відносяться до масок типу I, тришарові фільтри також відповідають даному стандарту і відносяться до масок типу II. П'ятишарові фільтри відповідають стандарту TS EN 143/149, KN95 (FFP2).



На рис. 1 наведено графіки зміни опору, отримані дослідним шляхом. Для проведення цього експерименту був використаний розроблений прилад на базі мікроконтролера з приєднаними до нього електродами, на яких закріплювалися перелічені вище фільтри. Питомий об'ємний опір поліпропілену, з якого вони виготовлені, становить порядку  $10^{17}$  Ом/см, що значно більше за діапазон вимірювання мікроконтролера. Проте, за рахунок значно меншого опору мікрокрапель вологи, що потрапляють на маску під час дихання, опір фільтру поступово знижується до десятків кОм при максимальному насиченні вологою.

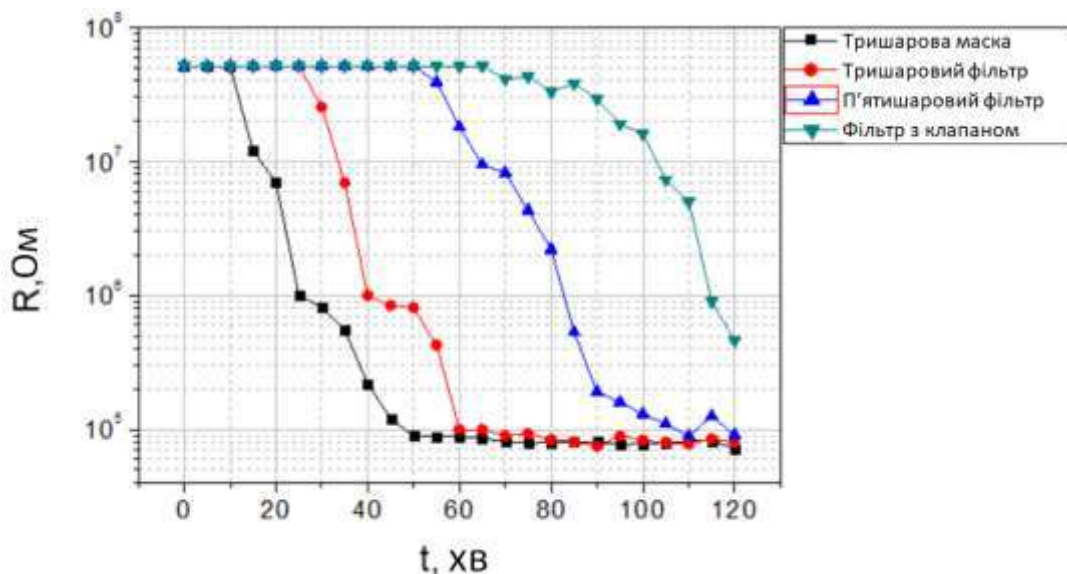


Рисунок 1 – Графіки зміни опору фільтрів у ході їх експлуатації

Отримані графіки ілюструють різницю часу, необхідного для надмірного зволоження різних фільтрів. Виявлено, що навіть найстійкіший до зволоження фільтр (п'ятишаровий фільтр з клапаном) втрачає свої фільтраційні якості за час близький до двох годин. Проте не можна встановити чіткий проміжок часу для заміни фільтрів, який сильно залежить від конкретної моделі та умов експлуатації. Завдяки розробленій системі моніторингу перезволоження фільтру можна в реальному часі контролювати цей параметр, уникаючи вище зазначеної проблеми.

### Література:

1. Шаталова О.В. Изготовление биотехнических и медицинских аппаратов и систем 2-е изд., пер. и доп. Учебное пособие для СПО. / О.В. Шаталова, С.А. Филист. – М.: Юрайт, 2019. – 309 с.
2. Particle Size-Selective Assessment of Protection of European Standard FFP Respirators and Surgical Masks against Particles-Tested with Human Subjects. 2016. 12 p. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5058571/>, вільний. – (дата звернення: 13.02.2021).

## Секція 3

### Фотоніка. Лазерна та оптоелектронна техніка.

#### *Керівник секції*

Кандидат фізико-математичних наук,  
Завідуючий кафедри Фізичних основ електронної техніки  
**Гнатенко Олександр Сергійович**

#### *Координатор секції*

Кандидат фізико-математичних наук,  
старший викладач кафедри Фізичних основ електронної техніки  
**Кухтін Сергій Михайлович**

#### Тематичні напрямки:

1. Фотоніка та лазерна фізика.
2. Нонанотехнології та наноструктури.
3. THz фотоніка та електроніка.
4. Лазерна обробка матеріалів.
5. Лазери в медицині та біофотоніка.
6. Нанофотоніка, плазмоніка, оптика ближнього поля.
7. Наноелектроніка, наноантени, наноджерела та обмежені випромінювачі світла.
8. Волоконна оптика. Оптичний зв'язок.
9. Оптоелектроніка. Сенсори.
10. Квантова оптика та квантові технології. Квантові комп'ютери. Квантова інформатика. Квантовий захист інформації.
11. Оптичні вимірювання та прилади.
12. Оптичні матеріали.
13. Мікрохвильові технології та техніка.
14. Метрологія оптоелектроніки та лазерів.
15. Лазерні, фотонні, мікрохвильові та оптоелектронні пристрої.
16. Застосування лазерної, оптоелектронної та мікрохвильової техніки.
17. Photonics for big data and Big data in photonics.
18. Data Science in Optoelectronics and Laser Engineering.

## ТРАПЕЦІЄВИДНА ДИФРАКЦІЙНА АНТЕНА

Болтаєва К. У.

Наукові керівники – д. ф.-м. н., проф. каф. ФОЕТ Одаренко Є. М.,

д. ф.-м. н., проф. каф. ФОЕТ Вертій О. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки

(61166, Харків, пр. Науки 14, каф. Фізичних основ електронної  
техніки, тел. 702-10-57)

e-mail: kamila.boltaieva@nure.ua

The structure of diffraction antenna based on the trapezoidal elements is considered. The model of the antenna was developed and experimental setup has been assembled. Experimental studies of the trapezoidal diffraction antenna have been carried out.

В даний час велику увагу приділяють створенню радіолокаційних систем контролю територій аеропортів та акваторії річкових і морських портів, а також радіометричних систем виявлення різноманітних предметів, прихованих за оптично непрозорими перепонами, та систем мобільного зв'язку. Ці важливі застосування потребують створення ефективних антенних систем з визначеними спектральними і просторовими характеристиками. В цьому аспекті перспективними виглядають різноманітні схеми дифракційних антен, які дозволяють отримувати високу спрямованість випромінювання та забезпечують можливість просторового сканування. Такі антени можуть працювати в режимі прийому та передачі, і засновані на явищі взаємної трансформації однорідних і неоднорідних плоских хвиль при дифракції на періодичних структурах [1-3]. Важливою перевагою таких антен є низький рівень бічних пелюсток діаграми спрямованості.

Одним з найбільш зручних варіантів виконання антенних пристроїв є мікросмушковий. Це забезпечує відносну простоту виконання та прийнятні масо-габаритні характеристики. В даній роботі розглянуті дифракційні антени саме в такому виконанні. Вони складаються з провідної смужки, яка нанесена на заземлену підкладку і періодично розміщених випромінювальних елементів. Ці елементи можуть мати різну форму (синусоїдальні, квадратні, трикутні, прямокутні, еліптичні, трапецієвидні, тощо).

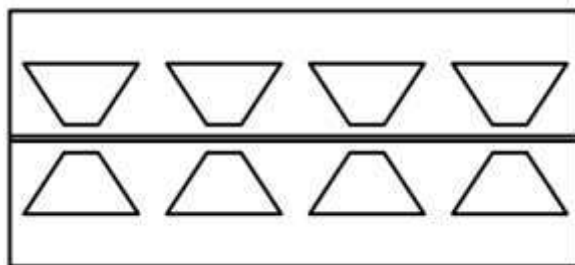


Рисунок 1 – Схема трапецієвидної дифракційної антени

В даному докладі розглядається трапецієвидна форма випромінювальних елементів дифракційної антени. Схема такої антени наведена на рис. 1. В процесі дослідження такої структури була створена комп'ютерна модель антени, яка дозволяє отримувати її основні характеристики. Зокрема, діаграму спрямованості.

На основі результатів моделювання був створений макет дифракційної антени і проведені експериментальні дослідження її характеристик. На рис. 2 представлено схему вимірювальної установки. Вона складається з поворотного рупору, генератора (Г), антени, до якої підключені узгоджене навантаження (Н) та приймач (П).

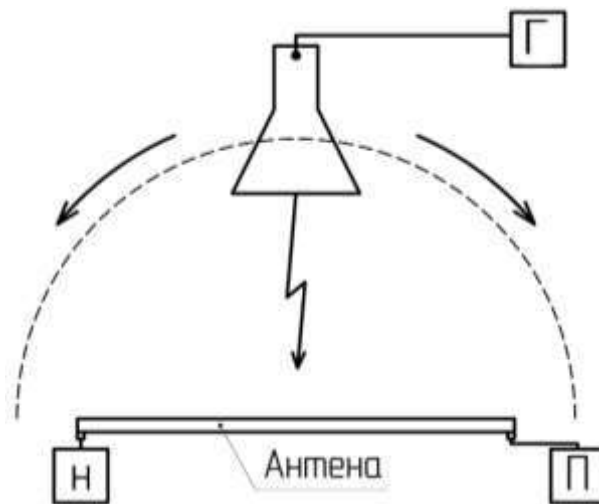


Рисунок 2 – Схема вимірювальної установки

Порівняння теоретичних та експериментальних результатів показало їх добре узгодження. Створений макет має досить вузьку діаграму спрямованості з мінімальними бічними пелюстками.

### СПИСОК ДЖЕРЕЛ:

1. А.В. Гнатовский, С.А. Провалов. Исследование свойств комбинированных решеток в антеннах дифракционного излучения. Радиофизика та електроніка. – 2014. – Т. 5(19), № 2. – С. 10-15

2. Raad H. Thaher. Single and Multiband UWB Circular Patch Antenna for Wireless Communication Applications. American Journal of Electromagnetics and Applications. – 2015. – Vol. 3, No. 3. – pp. 16-23.

A. Oral Salman, Member, IEEE, D. Dibekci, Sergey P. Gavrilov, and Alexey A. Vertiy, Senior Member, IEEE. The Radiation Properties of a Novel Wire Antenna for the Security Fence Radar. Article in IEEE Transactions on Antennas and Propagation. – 2008. – Vol. 56, NO. 9. – pp. 2852 – 2864.

## КІЛЬЦЕВА ДИФРАКЦІЙНА АНТЕНА

Богданов В.С.

Наукові керівники – д. ф.-м. н., проф. каф. ФОЕТ Одаренко Є. М.,  
д. ф.-м. н., проф. каф. ФОЕТ Вертій О. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки 14, каф. Фізичних основ електронної  
техніки, тел. 702-10-57)

e-mail: vitalii.bohdanov@nure.ua

The structure of a diffraction antenna containing a periodic sequence of ring elements is considered. An antenna model was developed and an experimental setup was assembled. Experimental studies of a ring-shaped diffraction antenna are performed.

На сьогодні антени широко використовуються практично у всіх галузях сучасної радіоелектроніки. Інтенсивний розвиток телекомунікаційних мереж нової генерації потребує нової елементної бази, в тому числі стосовно антенних пристроїв. Жорсткі вимоги до електродинамічних параметрів цих антен призводять до необхідності пошуку і розроблення нових конфігурацій випромінювальних елементів та фазованих решіток на їх основі [1, 2]. Одним з варіантів антен, які можуть бути застосовані для розв'язання цих задач, є дифракційні антени.

В даній роботі була розглянута схема мікросмужкової дифракційної антени, що містить періодичну послідовність кільцевих випромінювачів (рис. 1). Основними перевагами застосування мікросмужкових технологій та відповідних провідних та діелектричних матеріалів є їхні невеликі габарити, маса, вартість та легка інтеграція в систему [3].

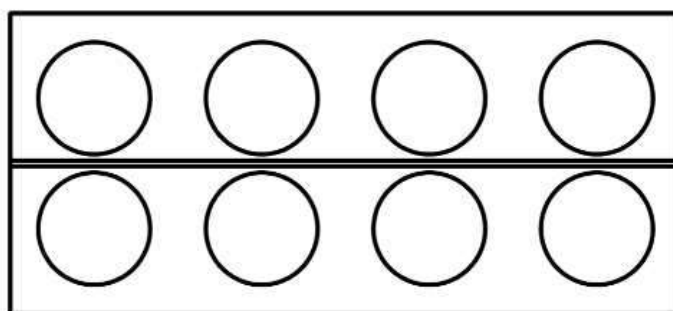


Рисунок 3 – Схема мікросмужкової дифракційної антени

Розглянута схема складається з прямолінійної смужки, яка виконує роль подачі та відводу сигналу, та кількох періодично розташованих кілець. Електромагнітний зв'язок між смужкою та кільцями регулюється через зміну відстані між цими елементами. В роботі створена комп'ютерна модель дифракційної антени, яка дозволяє визначити її геометричні

розміри та фізичні параметри для отримання визначеної діаграми спрямованості.

Для експериментальної перевірки результатів моделювання був створений макет антени, характеристики якого визначалися на вимірювальній установці (рис. 2). Ця установка складається з генератора (Г) з поворотною рупорною антеною, дифракційної антени, до якої під'єднуються узгоджене навантаження та приймач сигналу (П).

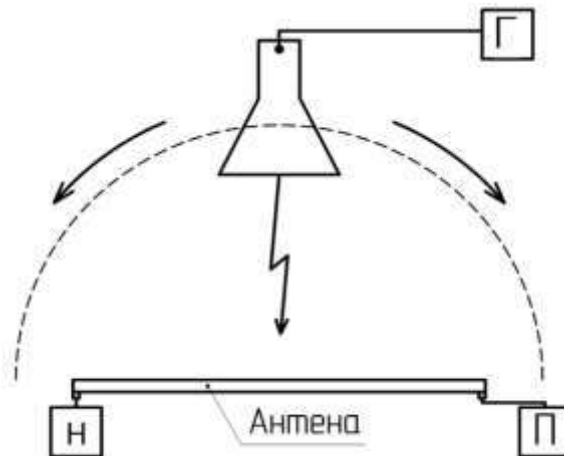


Рисунок 4 – Макет вимірювальної установки

Отримані експериментальні результати досить добре узгоджуються з результатами розрахунку, що підтверджує вірогідність створеної моделі. Досліджена схема дифракційної антени має відносно вузьку діаграму спрямованості з мінімальним рівнем бічних пелюсток. Слід відзначити, що зі зміною частоти сигналу спостерігається зміна нахилу діаграми спрямованості до площини антени, тобто відбувається просторове сканування.

### СПИСОК ДЖЕРЕЛ:

1. Woon Hau Chin, Zhong Fan, Haines R. Emerging technologies and research challenges for 5G wireless networks // IEEE Wireless Communications. - 2014. - Vol. 21, Issue 2. - pp. 106-112.

2. Da Costa I. F., et al. Optically controlled reconfigurable antenna array for mm-Wave applications // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. - 2017. - Vol. 15. - pp. 2142-2145.

3. Punith S., Praveenkumar S. K., Abhinandan A. J., Mohammed R. A. A Novel Multiband Microstrip Patch Antenna for 5G Communications // Procedia Computer Science. - 2020. - Vol. 171. - pp. 2080–2086.

## РОЗСІЮВАННЯ ПОЛЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОГО ХВИЛЕВОДУ НА ПРИЗМІ

Нєвров В.Ю.

Наукові керівники – д. ф.-м. н., проф. каф. ФОЕТ Одаренко Є. М.,  
д. ф.-м. н., проф. каф. ФОЕТ Вертій О. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки 14, каф. Фізичних основ електронної  
техніки, тел. 702-10-57)

e-mail: [vladyslav.nievrov@nure.ua](mailto:vladyslav.nievrov@nure.ua)

The field scattering of a dielectric waveguide by a prism is considered. The computer model is based on the use of the MEEP package. Formation of a wave beam in free space is shown for various material parameters of the system elements.

Діелектричні хвилеводи – це основні лінії передачі в короткохвильовій частині НВЧ діапазону та інфрачервоному діапазоні. Однією з основних властивостей діелектричних хвилеводів є наявність поля електромагнітної хвилі як всередині хвилеводу, так і за його межами. Це використовується для реалізації електромагнітного зв'язку між різноманітними елементами: хвилеводами, резонаторами тощо. При цьому відбувається передача частини енергії від одного елемента тракту до іншого. Цей процес певним чином залежить від параметрів елементів тракту [1].

Одним із найбільш розповсюджених елементів оптичних та квазіоптичних систем є призми. Вони використовуються, наприклад, в спектральних приладах, для формування резонаторів та керування напрямком розповсюдження випромінювання. Задача керування просторовим розподілом випромінювання зараз є дуже важливою, насамперед через впровадження телекомунікаційних систем, що використовують хвилі міліметрового діапазону.

В даній роботі розглянуто схему передачі енергії від діелектричного хвилеводу до призми з метою формування хвильового пучка з визначеним напрямком розповсюдження. Ця схема представлена на рис. 1. Вона складається з діелектричного хвилеводу 1 та призми 2.

Відстань між хвилеводом і призмою повинна бути достатньо невеликою для того, щоб забезпечити необхідний рівень електромагнітного зв'язку між цими елементами.

Для теоретичного дослідження процесу розсіювання поля хвилеводу на призмі, була створена комп'ютерна модель на основі методу скінченних різниць в часовій області (FDTD). Для цього використовувався пакет MEEP, що вільно розповсюджується на основі публічної ліцензії [2].



Рисунок 1 – Схема передачі енергії від хвилеводу до призми:  
1 – хвилевід; 2 – призма

Побудована модель є двовимірною. Це значно спрощує її програмну реалізацію та знижує вимоги до обчислювальних ресурсів. Загальна розрахункова схема є стандартною для обраного методу. Область розрахунку має спеціальні граничні умови, які забезпечують відсутність відбиття хвиль. Зазвичай ця процедура називається формуванням PML (perfectly matched layer) шару.

На вхід діелектричного хвилеводу подається монохроматичний сигнал. Товщина хвилеводу обирається з умови існування основного типу хвилі. Слід зазначити, що зв'язок між хвилеводами та призмою може бути модифікований через введення невеликого перекошу сусідніми площинами призми та хвилеводу.

Результати чисельних розрахунків показали, що в даній схемі реалізується формування хвильового пучка, що розповсюджується у вільному просторі під певним кутом до площини діелектричного хвилеводу. Аналіз впливу матеріальних параметрів хвилеводу та призми показав, що умови формування такого пучка аналогічні умовам реалізації Черенковського випромінювання [3]. Таким чином дана схема може бути використана також для ілюстрації цього важливого фізичного явища.

### СПИСОК ДЖЕРЕЛ:

1. Yariv A. Universal relations for coupling of optical power between microresonators and dielectric waveguides // *Electronic Letters*. – 2000. – Vol. 36, no. 4. – pp. 321-322.
2. Oskooi A. F., Roundy D., Ibanescu M., Bermel P., Joannopoulos J. D., Johnson S. G. MEEP: A flexible free-software package for electromagnetic simulations by the FDTD method // *Computer Physics Communications*. – 2010. – Vol. 181. – P. 687–702.
3. Джелли Дж. Черенковское излучение и его применения. М.: Иностранная литература, 1960. 334 с.



## ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЛІНЗ ТИПУ “РИБ’ЯЧЕ ОКО МАКСВЕЛЛА” ЗА ДОПОМОГОЮ ПАКЕТУ МЕЕР

Новицький В.В.

Науковий керівник – д. ф.-м. н., проф. каф. ФОЕТ Одаренко Є. М.

Харківський національний університет радіоелектроніки

(61166, Харків, пр. Науки 14, каф. Фізичних основ електронної  
техніки, тел. 702-10-57)

e-mail: vladyslav.novytskyi@nure.ua

A gradient index (GRIN) lens is an example of an optical device whose focusing effect is realized by a spatial variation of the refractive index of the constituent material. We used the MEEP package for calculating electromagnetic waves distribution in Maxwell Fishpond lens.

Градiєнтні лінзи (GRIN) є прикладом оптичного пристрою, де фокусуєчий ефект реалізований за допомогою просторової варіації показника заломлення складового матеріалу [1]. Сьогодні новий інтерес до цих лінз викликаний прогнозованою можливістю подолання дифракційного бар’єру в хвильовій оптиці. Дизайн і виготовлення таких пристроїв, як градiєнтні лінзи, використовуючи природні діелектричні середовища є постійною проблемою, особливо на довгих хвилях, оскільки традиційні підходи, такі як селективне додавання домішок до матеріалу [2], не є практичними. В інфрачервоному діапазонах та далі було важко досягти просторово-змінного показника заломлення в об’ємних оптичних компонентах. Були досліджені деякі методи виготовлення аби приблизно імітувати градiєнтний індекс, такий як техніка цибулевої (багатошарової) оболонки [3], підхід звуженого отвору (tapered hole) [4]. Ці підходи приблизно наближають градiєнтний індекс, але кожен з методів страждає різними аберациями через неідеальний просторовий розподіл показника заломлення матеріалу.

Наразі одним з найперспективніших варіантів градiєнтних лінз для забезпечення субхвильової візуалізації є градiєнтна лінза Риб’яче око Максвелла. Схема проходження променів світла через таку лінзу представлена на рис. 1.

В даній роботі проведене комп’ютерне моделювання одного з варіантів лінзи Максвелла з градiєнтним просторовим розподілом показника заломлення діелектричного циліндру. Бокова поверхня циліндру вважалася покритою ідеальним електричним провідником.

Комп’ютерна модель створена із застосуванням пакету МЕЕР. Це безкоштовний програмний пакет із відкритим кодом для моделювання електромагнітних процесів методом скінченних різниць у часовій області (FDTD), що охоплює широке коло застосувань [5]. Цей пакет дає змогу моделювати взаємодію електромагнітних хвиль з відносно складними електродинамічними системами.

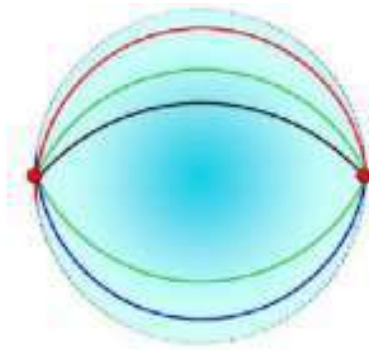


Рисунок 1 – Лінза типу Риб'яче око Максвелла

Джерело електромагнітного випромінювання розташовується всередині градієнтної лінзи на деякій відстані від вісі циліндру. Розглянуто імпульсний режим випромінювання, що дозволяє досить зручно для спостерігача візуалізувати формування зображення джерела випромінювання в точці, діаметрально протилежній точці розташування джерела випромінювання. Оскільки при створенні моделі використовуються нормовані значення параметрів, то отримані результати можуть бути застосовані для систем різних частотних діапазонів.

Результати чисельних розрахунків свідчать про можливість формування зображення джерела випромінювання не тільки через трасування оптичних променів в середовищі з градієнтним просторовим розподілом показника заломлення, а також через аналіз розповсюдження електромагнітних хвиль в такому середовищі. При цьому не накладаються умови на відстань між двома сусідніми джерелами для отримання їх роздільних зображень.

### СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. E. Hecht, Optics (Addison-Wesley, 2001).
2. Gomez-Reino C., Perez M. V., Bao C. Gradient-Index Optics: Fundamentals and Applications (Springer, 2010).
3. Peeler G. D. M. and Coleman H. P. Microwave stepped-index luneberg lenses // IRE Trans. Antennas Propag. – 1958. – Vol. 6. – P. 202.
4. K. A. Zimmerman and D. L. Runyon, U.S. patent 5,677,796 (1997).
5. Oskooi A. F., Roundy D., Ibanescu M., Bermel P., Joannopoulos J. D., Johnson S. G. MEEP: A flexible free-software package for electromagnetic simulations by the FDTD method // Computer Physics Communications. – 2010. – Vol. 181. – P. 687–702.

## АЛФАВІТНИЙ СПИСОК

<b>А</b>		Близнюк І.Ю.	23
Abdelwahed Hossameldin Khaled	119	Бобринська А.В.	97
Abdrabou Mohamed Hawari,	117	Богданов В.С.	180
Axundova S.R	7	Бойко Б. Ю.	49
<b>Е</b>		Бойчук О.Г.	93
Elsaka Khalid Mamdouh	117	Болтаєва К. У.	178
<b>М</b>		Бондаренко І.С.	155
Mariam M. Reyad	115	Броварська І.О.	105
<b>V</b>		Бурковский Я. Ю.	9
Vasytkovskyi V.S.	113	Бих А.І.	165
<b>А</b>		<b>В</b>	
Абрамова А. А.	121	Вакула М. Б.	33
Ануфрієв В.В.	73	Вишлавін І. Л.	39
Афанасьєв Д.Р.	59	Вадурін К.О.	125
<b>Б</b>		Вербицький І.В	63
Безнос Д.В.	169	Волошан А.А.	161
Белевець Р.В.	101	Величко О.Н.	165
Білоцерківська А. І.	21	<b>Г</b>	
Березанський А.В.	71	Галушка Є.В.	57
Біценко К.Р.	131	Гнезділов Ф.О	99
.		Горбенко Є.О	13

Григор'єв А.О.	31	Луценко А.В.	153
Григорович С.В.	173	Левченко Є. В.	53
Гуменюк В.В.	139	<b>М</b>	
<b>Д</b>		Маковська О.Г.	25
Дубіцький А. Є.	89	Малеєва А.М.	145
		Мешков М.Ю.	125
<b>Ж</b>		Мірошниченко О. І.	81
Жоги́на О.А.	141	<b>Н</b>	
<b>И</b>		Назаренко Г.І.	57
Исаєва О. А.	123	Натальчук К.С.	147
<b>К</b>		Нєвров В.Ю.	182
Калмиков О.С.	17	Нікітін В. Р.	47
Кампос Діас Х.Г.	165	Новицький В.В.	184
Кваша Н.А.	101	Носова Т.В.	129,159,
Ковалева А.А.	151	Носова Я.В.	127,133,159, 161,163
Колисниченко М.С	37	<b>О</b>	
Кокорев А.Э	157	Овсянікова А.С.	41
Костін Д. О	149	Онищенко В.О.	143
Кравченко А.В.	87	<b>П</b>	
<b>Л</b>		Падалко Є.О.	15,19,29,83
Лагутін В.В.	169	Падалка О.С.	55
Лазуренко Д. Р.	51,61	Перепелиця О.М.	129
		Позднякова А. О.	85
		Пономаренко Г.О.	41

**Х**

Присыч А.Ю.	133	Хроменко А.Г.	43
Прісич О.Ю.	45	Худаева С.А.	127

Пушкіна Т.Ю	63
-------------	----

Пятайкіна М. І.	103
-----------------	-----

**Р**

Разумний А.О.	65
---------------	----

Роговець В.Є.	175
---------------	-----

**С**

Сафарли Г.Р.	135
--------------	-----

Сердюк И.А.	141
-------------	-----

Скалецька М.О.	109
----------------	-----

Скляренко К.О.	107
----------------	-----

Слюсаренко О. А.	79
------------------	----

Смолій Н.В.	5
-------------	---

Стаднік Д. В.	95
---------------	----

Сухарев Р. М.	27
---------------	----

Сухін В. В.	77
-------------	----

**Т**

Таран О. С.	67
-------------	----

Тимкович М.Ю.	163
---------------	-----

Трубцін О.О.	137
--------------	-----

Трубчанінов Р.М	171
-----------------	-----

**Ц**

Цзяо Ханькунь	137
---------------	-----

**Ч**

Чекубашева В.А.	75
-----------------	----

Чумак Т.Э.	145
------------	-----

Чухно Д.А.	91
------------	----

**Ш**

Шалдишов Д.О.	35
---------------	----

Шаманіна Т.В.	167
---------------	-----

Шевченко А.Ю.	97
---------------	----

Шум А. В.	11
-----------	----

**Щ**

Щербань І. М.	11,49
---------------	-------

**Я**

Яцун К.С.	69
-----------	----

## ЗМІСТ

Електронні системи і технології, включаючи мікро- та наноелектронні .....	4
Біомедична інженерія.....	112
Фотоніка, Лазерна та оптоелектронна техніка .....	177
Алфавітний список .....	186
Зміст .....	189







«РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА МОЛОДЬ В ХХІ СТОЛІТТІ»

Матеріали 25-го Міжнародного молодіжного форуму

Відповідальні за випуск: А.В.Васянович

Комп'ютерна верстка: І.С.Бондаренко

Матеріали збірника публікуються  
в авторському варіанті без редагування

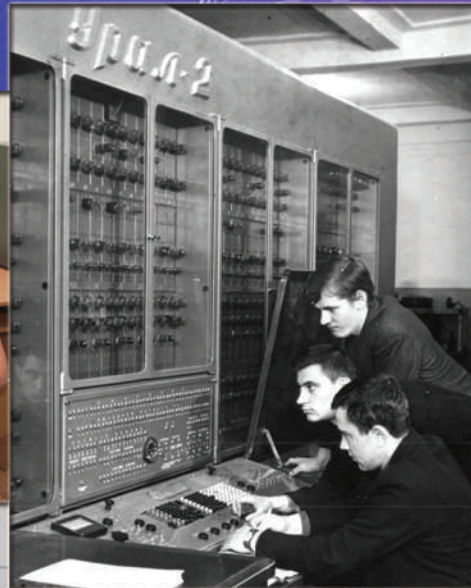
Підп. до друку 09.04.2021    Формат 60×84 1/16.    Спосіб друку– ризографія.  
Умов. друк. арк. 11,16.    Тираж 105 прим.    Зам. № \_\_\_\_\_.  
Ціна договірна.

---

ХНУРЕ. Україна. 61166, Харків, просп. Науки, 14

---

Надруковано в редакційно-видавничому відділі ХНУРЕ  
61166, Харків, просп. Науки, 14



# NURE