



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Ел ІТ**

# **ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА**

**ФЕЕ - 2023**

**МАТЕРІАЛИ  
та програма**

**МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ  
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ**

**(Суми, 24-28 квітня 2023 року)**

**Суми,  
Сумський державний університет  
2023**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА,  
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

**ФЕЕ :: 2023**

**МАТЕРІАЛИ  
та програма**

МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

(Суми, 24–28 квітня 2023 року)

Суми  
Сумський державний університет  
2023

## ***Шановні колеги!***

*Факультет електроніки та інформаційних технологій Сумського державного університету в черговий раз щиро вітає учасників щорічної конференції «Фізика, електроніка, електротехніка». Основними принципами конференції є відкритість і вільна участь для всіх учасників незалежно від віку, статусу та місця проживання.*

*Важливими особливостями конференції є технологічність та відмінні авторські сервіси завдяки веб-сайту конференції. Усі подані матеріали автоматично доступні для зручного перегляду на сайті та добре індексуються пошуковими системами. Це допомагає учасникам сформуванню своєї цільової аудиторії та є потужним фактором популяризації доробку авторів на довгі роки.*

*Засідання секцій відбудуться в дистанційному режимі за допомогою сучасних комунікаційних засобів.*

*Усі питання та пропозиції Ви можете надіслати на нижчезазначену електронну адресу.*

E-mail: [elitconf@gmail.com](mailto:elitconf@gmail.com).

Web: <https://elitconference.sumdu.edu.ua>.

### **Секції конференції:**

1. Фізика та методика викладання фізики.
2. Застосування та властивості наноматеріалів.
3. Матеріалознавство мікро- та наноелектроніки.
4. Інформаційні електронні системи.
5. Електронні системи, прилади і засоби кодування інформації.
6. Електротехніка та енергетика.

Голова оргкомітету

доц. О. О. Дрозденко

## СЕКЦІЯ № 1 «ФІЗИКА ТА МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ»

Голова секції – канд. пед. наук, доц. Пасько О.О.  
Секретар секції – канд. фіз.-мат. наук Вітренко А.М.

**Початок:** 26 квітня 2023 р., онлайн, 14<sup>00</sup>  
URL: <https://meet.google.com/tfg-hnag-cxc>

### 1. The physical basis of the first stage of bacterial adhesion

Author – Senior Lect. Varannyk M.

### 2. Мікроскопічна трикластерна модель для високоезбуджених резонансних станів у дзеркальних ядрах ${}^9\text{Be}$ та ${}^9\text{B}$

Автори: канд. фіз.-мат. наук Жаба В.І.,  
док. фіз.-мат. наук Лашко Ю.А.,  
док. фіз.-мат. наук Василевський В.С.

### 3. Енергія активаційного рівня в реакції ${}^{77}\text{Se}(\gamma, \gamma'){}^{77\text{m}}\text{Se}$

Автори: зав. лаб. Окунев О.Г.,  
пров. інж. Фрадкін О.М.,  
ст. наук. співроб. Жаба В.І.

### 4. Комп'ютерні технології як інструмент осучаснення парадигми класичного лабораторного практикуму з фізики

Автори: ст. викл. Соляк Л.В.,  
доц. Гаєвський В.Р.,  
проф. Мороз М.В.,  
доц. Лебедь О.О.,  
доц. Рудик Б.П.

### 5. Використання технології “перевернутий клас” у навчанні фізики учнів основної школи

Автор – студ. Мещеряков І.Д.,

Керівник – доц. Пасько О.О.

6. Використання програмного забезпечення Algodoo при розв'язанні завдань з геометричної оптики

Автори: ст. викл. Вітренко А.М.,  
студ. Северин Р.Р.

7. Потенціал домашніх дослідів і спостережень учнів з фізики в умовах дистанційного навчання

Автор – студ. Степаненко С.С.,  
Керівник – доц. Пасько О.О.

8. Особливості розвитку графічної компетенції студентів

Автори: доц. Білоус О.А.,  
доц. Говорун Т.П.,  
ст. викл. Берландір Х.В.,  
асп. Ханюков К.,  
асп. Варакін В.

## СЕКЦІЯ № 2 «НАНОМАТЕРІАЛИ: ЗАСТОСУВАННЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ»

Голова секції – канд. фіз.-матем. наук Рогоз В.М.

Секретар секції – асп. Шевченко С.Т.

**Початок:** 25 квітня 2023 р., онлайн, 13<sup>00</sup>

<https://meet.google.com/kkq-pfzv-njx>

1. Аддитивне виробництво біорезорбуючих скаффолдів на основі полікапролактону для медичного застосування

Автори: асп. Кубах М. О.,  
ст. викл. Кравченко Я.О.

## 2. Спектри поглинання плівок ZnO відпалених у повітрі

Автори: асп. Кахерський С.І.,  
студ. Товстогуз Б.,  
проф. Опанасюк А.С.,  
проф. Гнатенко Ю.П.

## 3. Вплив легування Си на структурні характеристики плівок ZnO

Автори: асп. Лифар С.І.,  
асп. Єрмаков М.С.,  
доц. Пшеничний Р.М.,  
проф. Опанасюк А.С.

## 4. The effect of UV light irradiation on the gas-sensing properties of the quartz crystal microbalance sensor combined with ZnO film

Authors: Postgrad. Stud. Vasil'ev V.,  
Assoc. Prof. Turko B.

## 5. Influence of preparation conditions on thermophysical properties of polymer nanocomposites based on polyethylene oxide

Authors: Postgrad. Stud. Bilyi S.,  
Prof. Lysenkov E.,  
Prof. Klepko V.

### **СЕКЦІЯ № 3 «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО МІКРО- ТА НАНОЕЛЕКТРОНІКИ»**

Голова секції – канд. фіз.-матем. наук Шабельник Ю.М.

Секретар секції – асп. Долгов-Гордійчук С.Р.

**Початок:** 26 квітня 2023 р., онлайн, 13<sup>00</sup>

<https://meet.google.com/mtv-ywun-tcy>

1. Автоматизований комплекс для відпалу в середовищі інертного газу при атмосферному тиску

Автори: студ. Назаренко Д.С.,  
асп. Долгов-Гордійчук С.Р.,  
ст. викл. Пилипенко О.В.

2. Магніторезистивні властивості шаруватих структур на основі FeNi та SiO

Автори: асп. Петренко Р.М.,  
асист. Логвинов А.М.,  
ст. виклад. Пилипенко О.В.,  
студ. Жаботинський В.І.,  
доц. Пазуха І.М.,  
доц. Шкурдода Ю.О.

3. Розмірні ефекти в електропровідності шаруватих структур на основі Fe (FeNi) та SiO

Автори: асп. Долгов-Гордійчук С.Р.,  
асист. Логвинов А.М.,  
студ. Загорулько А.Ю.,  
студ. Кривоус Д.В.,  
доц. Пазуха І.М.,  
доц. Шкурдода Ю.О.

4. Структура та магніторезистивні властивості плівок Fe<sub>0,7</sub>Co<sub>0,3</sub> як компоненти для сплавів Гейслера

Автори: асп. Долгов-Гордійчук С.Р.,  
асп. Шкарупа Т.В.,  
студ. Іваненко М.В.  
Керівники: доц. Пазуха І.М.,  
доц. Шкурдода Ю.О.

5. Термодинамічні дослідження окремих сполук системи Ag–Co–Sn–S модифікованим методом EPC

Автори: проф. Мороз М.,  
пров. наук. співроб. Демченко П.,  
доц. Прохоренко М.,  
ст. викл. Мисіна О.,  
ст. викл. Соляк Л.,  
проф. Решетняк О.

5. Моделювання структур чутливих елементів наноелектронних сенсорів

Автори: студ. Фролов Д.В.,  
доц. Шабельник Ю.М.

#### СЕКЦІЯ № 4 «ЕЛЕКТРОННІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ»

Голова секції – д-р. фіз.-матем. наук, проф. Однодворець Л.В.  
Секретар секції – канд. фіз.-мат. наук, ст. викл. Тищенко К.В.

**Початок:** 26 квітня 2023 р., онлайн, 13<sup>00</sup>  
<https://meet.google.com/mtv-ywun-tcy>

1. Функціональні плівкові матеріали на основі Fe, Pd та Cu як елементи гнучкої електроніки

Автори: асп. Толстіков Д.І.,  
асп. Пушкар С.О.,  
студ. Могилевський В.В.,  
доц. Ткач О.П.,  
проф. Однодворець Л.В.



2. Розробка лабораторного стенду для визначення ефективності введення лазерного випромінювання в оптичне волокно

Автори: студ. Кабилецький К.С.,  
пров. фах-ць. Степаненко А.О.,  
доц. Пазуха І.М.

3. Ion Paul trap: physical principle of work and their application

Authors: Stud. D.S. Nazarenko  
Prof. L.V. Odnodvoretz

4. Діоди Шотткі як швидкодіючі компоненти електронних систем

Автори: студ. Костян М.О.,  
зав. лаб. Лободюк О.С.,  
проф. Ододворець Л.В.

5. Physical principles of functioning of sensors of magnetic characteristics

Authors: Stud. Severyn N.V.  
Stud. Priyma A.O.  
Supervisor – Assoc. Prof. Shumakova N.I.

6. Structural features and application of nanosensors

Authors: Stud. Kurylo A.A.  
Supervisor – Assoc. Prof. Shumakova N.I.

7. Електронні системи для передачі інформації на основі світловипромінювальних і лазерних діодів

Автори: студ. Бутусов М.А.,  
студ. Симоненко М.Г.,  
студ. Лизогуб І.О.,  
проф. Ододворець Л.В.

## 8. Організація Mesh мереж в розрізі технології IoT

Автори: студ. Кужель В.В.,  
студ. Пелих Р.К.,  
к.ф.-м.н. Тищенко К.В.

## 9. Моделювання роботи електричних кіл засобами графічного програмування

Автори: студ. Самодай В.С.,  
к.ф.-м.н. Тищенко К.В.

## 10. Електронні системи на основі ефекту Доплера для візуалізації патологічних процесів

Автори: к.мед.н. Лукавенко І.М.

## 11. Діатермокоагуляція в медицині

Автори: викл. Хижня Я.В.,  
студ. Лишенко О.В.,  
студ. Головка Я.А.,  
студ. Колісніченко Д.А.

## 12. Investigating Architectural Approaches to ERP Systems Development

Authors: Postgrad. Stud. Voronenko O.

## 13. Comparison of image data representations for Information Extreme based machine training systems

Authors: Postgrad. Stud. Papchenko O.

## 14. Акустоелектричні перетворювачі для контрольовано-вимірювальних сенсорних систем

Автори: студ. Баранов О.О.,  
доц. Шабельник Ю.М.

## СЕКЦІЯ № 5 «ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ, ПРИЛАДИ І ЗАСОБИ КОДУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ»

Голова секції – д-р. техн. наук, проф. Борисенко О.А.  
Секретар секції – асп. Шевченко М.С.

**Початок:** 25 квітня 2023 р., онлайн, 14<sup>00</sup>  
<https://meet.google.com/dmk-oftw-bpq>

1. Хімічний склад та структура плівок  $Zn_2SnO_4$  для прозорих електропровідних шарів електронних приладів  
Автори: асп. Лифар С.І.,  
асп. Єрмаков М.С.,  
Керівник: проф. Опанасюк А.С.  
доц. Пшеничний Р.М.
2. Дослідження ширини забороненої зони  $Zn_2SnO_4$ , отриманого методом спреї-піролізу, за різних умов синтезу та параметрів обробки після синтезу  
Автори: асп. Лісовенко О.І.,  
Керівник: проф. Опанасюк А.С.  
стар. викл. Д'яченко О.В.
3. Оптимізації структурних характеристик плівок SnS для сонячних елементів третього покоління  
Автори: асп. Євдокименко В.Ю.,  
студ. Муквич В.Ю.,  
Керівник: проф. Опанасюк А.С.
4. Вплив легування In на ширину забороненої зони плівок ZnO для потреб сонячної енергетики  
Автори: студ. Киричко С.В.,  
асп. Єрмаков М.С.,  
Керівник: проф. Опанасюк А.С.  
доц. Пшеничний Р.М.

## 5. Бортова система вагового контролю автомобіля

Автори: студ. Юрченко В.І,  
студ. Мельник Р.В.,  
студ. Мороз М.В.,  
Керівник: доц. Бережна О.В.  
ст. викл. Горячев О.Є.

## 6. «Розумний» USB-хаб модемного пулу автоматизованої системи

Автори: студ. Кривоніс Ю.І.,  
студ. Кондратенко О.А.,  
студ. Васильєв В.Р.,  
Керівник: директор Арбузов В.В.  
доц. Бережна О.В.

## 7. Захист інформації на базі методу книжкового гамування в інфокомунікаційних системах

Автори: асп. Горішняк А.О.,  
студ. Бирин О.О.  
студ. Савченко Д.С.,  
Керівник: проф. Борисенко О.А.,  
доц. Бережна О.В.

## 8. Технологія блокчейн як інструмент побудови розподіленої системи довіри в системах моніторингу громадського транспорту

Автори: студ. Мазуркевич О.А.,  
студ. Орлов В.В.,  
асп. Сердюк В.В.  
Керівник: доц. Бережна О.В.  
директор Арбузов В.В.,

9. Structural characteristics of films MnTe and Cd<sub>1-x</sub>MnxTe for radiation detectors

Author – Post. stud. Oleg Pysany,  
Stud. Sergey Kuzmenko,

Supervisor – Prof. Anatoliy Opanasyuk

10. Аналіз роботи випрямлячів змінного струму на діодах

Автори: студ. Товстогуз Б.О.,  
Керівники: проф. Борисенко О.А.

11. Electronic system of remote control of the facility

Author – Ph.D. Stud. Maryna Shevchenko,  
Stud. Andriy Sema,  
Supervisor – Assos. Prof. Igor Kulyk

12. Захист інформації з допомогою перестановок

Автори: асп. Горішняк А. А.,  
студ. Бивалін Р. А.,  
Керівник: проф. Борисенко О.А.

13. Критерії завершення складання двійкових біноміальних чисел

Автори: студ. Косов О.О.,  
Керівник: асп. Шевченко М.С.

14. Building an adaptive system for counting the number of binary units

Author – Ph.D. Stud. Maryna Shevchenko,  
Stud. Grekov Taras,  
Supervisor – Assoc. Prof. Igor Kulyk

15. Голографічний пристрій відображення інформації

Автори: студ. Подобрій А.Д.,  
Керівник: ст. викл. Горячев О.С.

16. Пристрій GSM-автосигналізації

Автор: студ. Чхун Ю.С.,  
Керівник: доц. Гриненко В.В.

17. Генератор комбінаторних конфігурацій на основі багатозначних біноміальних чисел

Автори: студ. Федоренко І.В.,  
Керівник: ст. викл. Протасова Т.О.  
доц. Бережна О.В.

18. Програма перетворення десяткових цілих чисел в двійкові

Автори: студ. Кузьменко С.С.,  
Керівники: проф. Борисенко О.А.,

19. Systems of code-forming constraints for uniform binary binomial numbers

Author – Ph.D. Stud. Maryna Shevchenko,  
Stud. Anton Abramyan,  
Supervisor – Assoc. Prof. Igor Kulyk

20. Перспективи впровадження технологій стандарту 5G

Автор: студ. Іващенко С.М.,  
Керівник: доц. Гриненко В.В.

21. Оптимізація температури випарника та його вплив на характеристики плівок CZTS для детекторів випромінювання

Автори: асп. Пащенко М.В,  
студ. Черноус Я.В,  
Керівник: проф. Опанасюк А.С.

22. Пошук пар дротів у кабелі за мовною інформацією

Автор: студ. Симоненко І. С.,  
Керівник: доц. Новгородцев А.І.

23. Вимірювач октанового числа бензину ультразвуковим методом

Автор: студ. Скрипченко В. О  
Керівник: доц. Новгородцев А.І.

## 24. Пристрій вимірювання і контролю мікроклімату

Автори: студ. Губін А.О.,  
Керівник: ст. викл. Д'яченко О. В.

## 25. Синтез та застосування бакмінстерфулерена C60

Автори: студ. Супрун М. М.,  
Керівник: ст. викл. Д'яченко О. В.

## 26. Схемотехнічна реалізація алгоритма Ель Гамалія

Автори: студ. Приходіна П.А,  
Керівник: ст. викл. Протасова Т.О.

## 27. Пристрій індикації параметрів заряду для малопотужних систем енергоефективної вітрогенерації

Автори: студ. Лопатін Д.О,  
Керівник: ст. викл. Протасова Т.О.

## 28. Засоби кодування на основі двійкових біноміальних чисел для застосування в телекомунікаційних системах

Автори: студ. Бородін В.М.,  
студ. Усик А.О.,  
Керівник: ст. викл. Протасова Т.О.

## 29. Дослідження спектрів поглинання плівок ZnO відпалених у повітрі при температурах від 523 К до 673 К

Автори: асп. Кахерський С.І.,  
студ. Погуляй О.Р.,  
Керівник: проф. Опанасюк А.С.

**СЕКЦІЯ № 6 «ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕНЕРГЕТИКА»**

Голова секції – канд. техн. наук Лебединський І. Л.

Секретар секції – канд. техн. наук Дяговченко І. М.

**Початок:** 27 квітня 2023 р., онлайн, 10<sup>00</sup>

<https://meet.google.com/fdr-viuy-nap>

1. The impact of photovoltaic systems on the electric transmission system

Authors: Stud. Slezák Dániel,  
Prof. György Morva

2. System-wide problems at intensive solar power plant installation

Authors: Stud. Dávid Kiss,  
Dr. Ferenc Novothny,  
Prof. György Morva

3. Energy efficiency options for large companies

Authors: Stud. Bence Biró,  
Stud. Richárd Haddad,  
Prof. György Morva

4. PV system voltage rising effect on a power grid and develop a smart VAR controlling system for voltage regulation

Authors: Stud. Bencsik József,  
Prof. György Morva

5. Аналіз впливу зарядних станцій для електромобілів на розподільчі мережі

Автори: студ. Нестеренко Є. І.,  
студ. Нестеренко Б. І,  
доц. Петровський М. В.



6. Net Energy Metering – крок до стимулювання використання ВДЕ в Україні  
Автори: Романовський В. І.,  
асист. Загородня Т. М
7. Сучасні проблеми діагностики полімерних ізоляторів у високовольтних електричних мережах  
Автори: асп. Ніконов М. С.,  
проф. Шевченко С. Ю.
8. Український сектор ВДЕ в умовах війни  
Автори: студ. Балабко О. А.,  
асист. Загородня Т. М.
9. Впровадження напруги 20 кВ в електричну мережу  
Автори: студ. Кучмій Д. В.,  
ст. викл. Лебедка С. М.
10. Дослідження формування гармонік при активно-ємнісних та активно-індуктивних швидкозмінних навантаженнях в пакеті MATLAB  
Автори: студ. Дмитрієв М. Д.,  
студ. Любич В. Ю.,  
асист. Макуха Д. М.

# **СЕКЦІЯ 1**

**«Фізика та методика викладання  
фізики»**

## The physical basis of the first stage of bacterial adhesion

Mariana Barannyk, *Senior Lecturer*  
National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine

The initial, instantaneous phase of microbial adhesion is mediated by interactions with long-range characteristics. The first stage of adhesion is usually considered within the framework of the extended Deryagin-Landau-Fairway-Overbeck (DLFO) theory. The theory of DLFO considers the interaction of surfaces, in particular particles in suspension, taking into account the balance of acting forces (Van der Waals and electrostatic) between them.

The composition of the environment and its physical characteristics have a great influence on adhesive processes. Since the cells of erythrocytes and lactobacilli carry a net negative electric charge, they tend to repel each other by electrostatic forces. Depending on the concentration of the electrolyte and the density of the surface charge, the interaction energy may have a different dependence on the distance between the surfaces. The repulsive forces of the electric double layer, unlike van der Waals forces, are more sensitive to the type and concentration of the electrolyte, pH, and surface charge density (or surface potential).

We studied the influence of the composition of the environment and its physical characteristics on adhesive processes. Since the cells of erythrocytes and lactobacilli carry a net negative electric charge, they tend to repel each other by electrostatic forces. Depending on the concentration of the electrolyte and the density of the surface charge, the interaction energy may have a different dependence on the distance between the surfaces. The repulsive forces of the electric double layer, unlike van der Waals forces, are more sensitive to the type and concentration of the electrolyte, pH, and surface charge density (or surface potential). The presence of divalent cations causes drastic changes in the surface potential and distribution of counterions near the negatively charged surface.

1. M. Anikieieva, O. Gordiyenko, *Biofizychnyi visnyk* **28**, 30 (2012).
2. M. Anikieieva, I. Kovalenko et al., *Biofizychnyi visnyk* **31**, 29 (2014).
3. M. Barannyk, O. Gordiyenko et al., *Biofizychnyi visnyk* **33**, 30 (2015).
4. M. Barannyk, O. Gordiyenko et al., *Biofizychnyi visnyk* **33**, 38 (2015).

## Мікроскопічна трикластерна модель для високозбуджених резонансних станів у дзеркальних ядрах ${}^9\text{Be}$ та ${}^9\text{B}$

Жаба В.І., канд. фіз.-мат. наук; Лашко Ю.А., док. фіз.-мат. наук;  
Василевський В.С., док. фіз.-мат. наук  
Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова, м. Київ, Україна

Для дослідження дзеркальних ядер  ${}^9\text{Be}$  та  ${}^9\text{B}$  використовується мікроскопічна трикластерна модель [1-3], яка дозволяє нам досягти двох основних цілей: 1) врахувати велику кількість бінарних каналів, які відіграють важливу роль у формуванні великої кількості резонансних станів складної системи та дають можливість вивчати численні реакції в досить широкому енергетичному діапазоні; 2) запровадити більш розширений і гнучкий опис внутрішньої структури взаємодіючих кластерів.

Мікроскопічна модель, яка використовується і для якої ми використовуємо скорочення АМГОБ, це удосконалена версія методу резонуючих груп. Ця модель залучає гаусівський та осциляторний базиси для опису внутрішньої структури бінарних систем та їх асимптотичної поведінки [1-3]. Вона є головним інструментом дослідження кластерної структури ядер і дає змогу врахувати всі домінуючі бінарні канали синтезу та розпаду дзеркальних ядер  ${}^9\text{Be}$  та  ${}^9\text{B}$ .

У рамках АМГОБ ми розглядаємо реакції, використовуючи багатоконфігураційний підхід. Ми беремо до уваги наступні трикластерні конфігурації в ядрі  ${}^9\text{Be}$ :

$$\alpha + \alpha + n; \alpha + {}^3\text{H} + d$$

і в ядрі  ${}^9\text{B}$ :

$$\alpha + \alpha + p; \alpha + {}^3\text{He} + d.$$

Це дозволяє запропонувати реалістичний опис енергетичного спектру  ${}^9\text{Be}$  і  ${}^9\text{B}$  в широкому діапазоні енергій. За допомогою таких трикластерних конфігурацій можливо залучати багато бінарних каналів, наприклад, в ядрі  ${}^9\text{Be}$ :

$${}^8\text{Be} + n, {}^5\text{He} + \alpha, {}^7\text{Li} + d \text{ і } {}^6\text{Li} + t$$

і в ядрі  ${}^9\text{B}$ :

$${}^8\text{Be} + p, {}^5\text{Li} + \alpha, {}^7\text{Be} + d \text{ і } {}^6\text{Li} + {}^3\text{He}.$$

Крім того, ці трикластерні конфігурації дозволяють більш коректно описувати внутрішню структуру ядер  ${}^8\text{Be}$ ,  ${}^5\text{He}$ ,  ${}^5\text{Li}$ ,  ${}^7\text{Li}$ ,  ${}^7\text{Be}$  і  ${}^6\text{Li}$ , оскільки вони розглядаються як двокластерні системи  $\alpha + \alpha$ ,  $\alpha + n$ ,  $\alpha + p$ ,  $\alpha + {}^3\text{H}$ ,  $\alpha + {}^3\text{He}$ ,  $\alpha + d$ , відповідно.

Модель АМГОб дозволяє вивчати природу резонансних станів навколо порогів розпаду  ${}^7\text{Li}+d$ ,  ${}^6\text{Li}+{}^3\text{H}$  в ядрі  ${}^9\text{Be}$  та  ${}^7\text{Be}+d$ ,  ${}^6\text{Li}+{}^3\text{He}$  в ядрі  ${}^9\text{B}$ , оскільки найбільш вузькі резонансні стани були виявлені в цьому діапазоні енергій.

Сформульовану мікроскопічну трикластерну модель застосовано для проведення розрахунків в два етапи:

1. Одержання резонансних станів в дзеркальних ядрах  ${}^9\text{Be}$  та  ${}^9\text{B}$ , які знаходяться поблизу порогів реакцій  ${}^7\text{Li}+d$  та  ${}^7\text{Be}+d$  відповідно.

2. Одержання значень астрофізичних S-факторів реакцій  ${}^7\text{Li}(d,n){}^8\text{Be}$ ,  ${}^7\text{Li}(d,\alpha){}^5\text{He}$  та  ${}^7\text{Be}(d,p){}^8\text{Be}$ ,  ${}^7\text{Be}(d,\alpha){}^5\text{Li}$ .

Отримані в рамках АМГОб результати порівнювались з основними теоретичні та експериментальними роботами, що вивчають високоенергетичні резонансні стани дзеркальних ядер  ${}^9\text{Be}$  та  ${}^9\text{B}$ . Показано, що модель задовільно описує існуючі експериментальні дані для ядер  ${}^9\text{Be}$  та  ${}^9\text{B}$ .

Основними результатами дослідження є:

1. Визначено оптимальні значення вхідних параметрів багатоканальної мікроскопічної моделі для дзеркальних ядер  ${}^9\text{Be}$  і  ${}^9\text{B}$ .

2. Визначено енергію порогів розпаду ядра  ${}^9\text{Be}$  (і  ${}^9\text{B}$  відповідно) по каналам  ${}^7\text{Li}+d$ ,  ${}^6\text{Li}+{}^3\text{H}$ ,  ${}^8\text{Be}+n$  ( ${}^7\text{Be}+d$ ,  ${}^6\text{Li}+{}^3\text{He}$ ,  ${}^8\text{Be}+p$ ).

3. Розраховано фази  ${}^7\text{Li}+d$ ,  ${}^6\text{Li}+{}^3\text{H}$ ,  ${}^8\text{Be}+n$  ( ${}^7\text{Be}+d$ ,  ${}^6\text{Li}+{}^3\text{He}$ ,  ${}^8\text{Be}+p$ ) розсіяння.

4. Визначено енергію та ширину високозбуджених резонансів із енергією в області енергій  $E \geq 13$  MeV над основним станом ядер  ${}^9\text{Be}$  та  ${}^9\text{B}$ . Детально досліджено їх властивості.

5. Розраховано астрофізичні S-фактори реакцій  ${}^7\text{Li}(d,n){}^8\text{Be}$ ,  ${}^7\text{Li}(d,\alpha){}^5\text{He}$ ,  ${}^7\text{Be}(d,p){}^8\text{Be}$ ,  ${}^7\text{Be}(d,\alpha){}^5\text{Li}$ .

1. Y.A. Lashko, G.F. Filippov, and V.S. Vasilevsky, *Nucl. Phys. A* **958**, 78 (2017).
2. V.S. Vasilevsky, F. Arickx, J. Broeckhove, and T.P. Kovalenko, *Nucl. Phys. A* **824**, 37 (2009).
3. A.V. Nesterov, V.S. Vasilevsky, and T.P. Kovalenko, *Phys. At. Nucl.* **72**, 1450 (2009).

## Енергія активаційного рівня в реакції $^{77}\text{Se}(\gamma,\gamma')^{77\text{m}}\text{Se}$

Окунев О.Г.<sup>1</sup>, завідувач лабораторії; Фрадкін О.М.<sup>1</sup>, провідний інженер; Жаба В.І.<sup>2</sup>, старший науковий співробітник

<sup>1</sup>Ужгородський національний університет, м. Ужгород, Україна

<sup>2</sup>Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова, м. Київ, Україна

Отримані експериментальні дані в навчально-науковій мікродронній лабораторії ДВНЗ «Ужгородського національного університету» для фотоядерної реакції  $^{77}\text{Se}(\gamma,\gamma')^{77\text{m}}\text{Se}$  [1] було апроксимованого за допомогою прямої  $y = a + bx$ .

У даному дослідженні застосовано підхід [1] для пошуку активаційних рівнів для ядра селену. У зв'язку з візуально виявленим зломом виходу реакції  $Y(E)$  згідно цього підходу інтервал енергій умовно розбивається на дві частини, де 5,75 і 8,0 МеВ – це крайні ліва і права точки інтервалу енергій апроксимації експериментальних даних  $\Delta E$ . Вибираючи крок переходу як одна експериментальна точка, ліва частина інтервалу енергій апроксимації була апроксимована до енергії 6,9 МеВ, а права – від значення 6,10 МеВ. Вибрано п'ять кроків для лівого і правого інтервалу енергій, тобто по п'ять апроксимацій (fits 1-5 і 6-10 відповідно). В Таблиці 1 приведено результати апроксимації для конкретного інтервалу енергій. Приведено параметри  $a$  і  $b$  для апроксимаційних прямих.

Таблиця 1 – Параметри апроксимаційних залежностей

fits	$\Delta E$ , MeV	$\chi^2$	$a$	$\Delta a$	$b$	$\Delta b$
fit 1	5,75-6,5	4,20	-12,52	1,47	2,34	0,24
fit 2	5,75-6,6	4,64	-13,91	1,40	2,57	0,23
fit 3	5,75-6,7	5,43	-15,35	1,35	2,82	0,22
fit 4	5,75-6,8	5,79	-16,61	1,30	3,03	0,21
fit 5	5,75-6,9	6,36	-17,86	1,26	3,24	0,21
fit 6	6,10-8,0	3,52	-42,39	1,53	7,16	0,24
fit 7	6,12-8,0	3,62	-43,11	1,65	7,26	0,26
fit 8	6,14-8,0	3,08	-45,17	1,74	7,57	0,27
fit 9	6,20-8,0	2,45	-47,83	1,87	7,96	0,29
fit 10	6,26-8,0	2,41	-49,39	2,06	8,19	0,32

Для оцінки якості апроксимації обчислено  $\chi^2$ , що припадає на степінь вільності функції. В розрахунках  $\chi^2$  враховано експериментальні похибки виходу реакції. Мінімальні значення  $\chi^2$  наявні для апроксимацій fit 1 і 10.

Використовуючи значення параметрів  $a$  і  $b$  для відповідних апроксимацій, можна визначити точки перетину між собою fits 1-5 і 6-10 для відповідних енергетичних інтервалів апроксимації.

Експериментальні значення та їх апроксимаційні залежності в околі точок перетину приведено на рисунку 1. Щоб визначити енергію активаційного рівня, необхідно враховувати кут перетину  $\alpha_{i,j}$  між апроксимаційними прямими, які описують лівосторонні і правосторонні масиви енергій. Мінімальний кут буде характеризувати більш різку зміну виходу реакції. Такий кутом є  $\alpha_{1,10} = 163,8^\circ$  – це кут між апроксимаційними прямими fit 1 і fit 10. Точка перетину прямих fit 1 і fit 10 – це значення енергії  $E_a \approx 6,30$  MeV, яка і буде енергією активаційного рівня, одержаного в реакції  $^{77}\text{Se}(\gamma, \gamma')^{77\text{m}}\text{Se}$ .

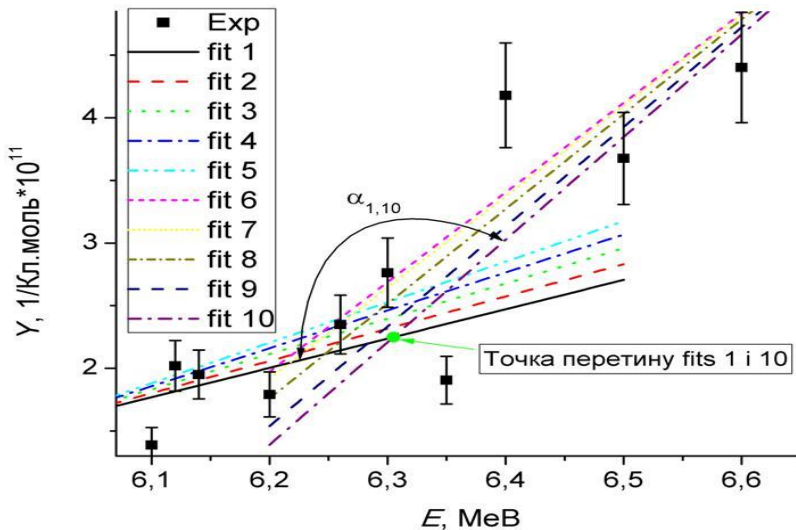


Рисунок 1 – Апроксимаційні залежності в околі точок перетину.

1. V.S. Bohinyuk, V.I. Zhaba, A.M. Parlag et al., *Uzhhorod Univ. Scien. Herald. Ser. Phys.* **37**, 161 (2015).

## **Комп'ютерні технології як інструмент осучаснення парадигми класичного лабораторного практикуму з фізики**

Соляк Л.В., *старший викладач*; Гаєвський В.Р., *доцент*;  
Мороз М.В., *професор*; Лебедь О.О., *доцент*; Рудик Б.П., доцент  
Національний університет водного господарства та  
природокористування, м. Рівне, Україна

Реалії сьогодення ставлять перед освітою завдання інтенсифікації навчального процесу. Стрижнем навчання стає не лише набуття ерудованості, необхідних професійних компетенцій та навичок. Акцент ставиться на вмінні створювати проекти, що несуть нові ідеї та питання, нового бачення у галузях знань, де все здавалося відомо.

Класичний лабораторний практикум, що охоплює розділи фізики від механіки до фізики ядра, є тим тренувальним майданчиком, на котрому відточуються ці навички. У якості програми для обробки експериментальних даних викладачами кафедри фізики було обрано програмний комплекс Mathcad компанії Mathsoft. Вибір даної програми обумовлений її широким розповсюдженням, наявністю зручного інтерфейсу. Мова програмування оболонки наближена до реальної математичної символіки, що спрощує освоєння студентами процес опанування Mathcad. Графічне відображення отриманих результатів у вигляді таблиць і графіків дозволяє наочно прослідкувати зміни фізичних величин і зробити відповідні висновки.

Використання комп'ютерно-інтегрованих технологій в різних сферах діяльності, до воєнної включно, вимагають розширити блок питань загальної фізики. Мається на увазі дослідження нелінійних процесів, що носять здебільшого квантовий характер та проявляються, зокрема, в напівпровідникових (н/п) приладах. Це вимагає поглиблення лабораторного практикуму. У НУВГП до класичного лабораторного практикуму включено роботу “Дослідження ВАХ (н/п) діода”, лабораторний курс “Фізичні основи комп'ютерно-інтегрованих інформаційних систем”, які обчислюються в Mathcad.

Висновки: 1. Опанування студентами програмного комплексу Mathcad сприяє поглибленому вивченню фізики, а також відкриває студентам можливість застосовувати Mathcad при вивченні інших дисциплін, які оперують математичними моделями.



## Використання технології “перевернутий клас” у навчанні фізики учнів основної школи

Мещеряков І.Д., студент гр. СФ-91  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Пандемія COVID-19 та повномасштабне вторгнення показали наскільки перспективними та зручними можуть бути дистанційна та змішана форми навчання у закладах загальної середньої освіти. Для всіх учасників навчального процесу дистанційне навчання є новим досвідом. Комунікація між учнем та вчителем здійснюється онлайн через Google Meet чи Zoom, а також відповідні чати в месенджерах Viber, Telegram та ін. При цьому доступ до навчальних матеріалів (презентацій, лабораторних робіт, практичних робіт) учні мають через навчальні онлайн-платформи Google Classroom, Moddle тощо.

Технологія “перевернутий клас” – це система методів навчання, у якому учні або студенти переглядають відео або читають матеріали до заняття. Учні мають змогу вивчати теорію вдома, та мають змогу самостійно вибирати темп і час вивчення теми, а в класі, вчитель проводить дискусію з учнями, і мають змогу обговорити певні нюанси, або питання, які вони не змогли вивчити самостійно. Під час заняття учні більше часу присвячують вирішенню задач, лабораторним роботам, практичним вправам та дискусіям, які допомагають кращому засвоєнню матеріалу, та спрямовані відповідно до потреб учнів [1].

Можемо виокремити такі особливості технології навчання “перевернутий клас”. По-перше, кожен учень має змогу опанувати матеріал в той час, і в тому темпі, який буде зручним для нього. По-друге, вчитель має змогу більше часу приділяти практичному застосуванню вивченого матеріалу, знайти індивідуальний підхід навчання для кожного учня. По-третє, час, який міг би бути витрачений на пояснення та вивчення нової теми, може бути затрачений на пояснення моментів, які були не зрозумілі учням. Однак, не слід забувати, що в деяких селах та невеликих містах можуть бути перебої з енергозабезпеченням або інтернетом, і це створює певні труднощі для учнів, недостатня мотивація учнів до вивчення матеріалу або предмету, велике навантаження на учнів та

недостатність досвіду у плануванні власного часу створюють значний моральний тиск на школярів.

Зважаючи на вищезазначене, приходимо до висновку, що при плануванні уроку та матеріалу на самостійне освоєння учнями необхідно ретельно підбирати обсяг матеріалу і його зміст, щоб він не був занадто великим та містив повну інформацію про об'єкт вивчення. Також вчитель має спланувати, які теми краще буде розібрати разом з учнями, а які можна винести на самостійне опрацювання.

Вважаємо за доцільне більш активно використовувати платформу Google Classroom у навчанні фізики з використанням технології “перевернутий клас”. Ця платформа дає змогу учням у зручний спосіб переглядати теоретичний і практичний матеріал уроків, а вчителю – ретельно слідкувати за процесом самостійного засвоєння учнями матеріалу та контролювати виконання школярами домашніх завдань. Учитель може контролювати ступінь підготовки учня до заняття та оцінювати роботу, яку учень виконав вдома. Головною реалізацією технології “перевернутий клас” є необхідність активного зворотного зв'язку, що дозволяє знаходити та виправляти помилки учнів.

Варто зазначити, що використання цієї технології не є поширеним в Україні, та, як і дистанційне навчання, продемонструвало деякі свої слабкі сторони як з боку вчителів (недостатність досвіду використання цієї технології, слабку технічну оснащеність, недостатність досвіду у використанні комп'ютера), так і з боку учнів (слабку самодисципліну й самоорганізованість). Загалом, це свідчить про можливість розвитку продуктивного управління навчальним процесом для кожного учасника, накопичення особистого досвіду та розширення перспектив в цій технології.

Таким чином, модель змішаного навчання “перевернутий клас” сприяє залученню учнів до активного навчання, розвитку їх творчого мислення й самостійності, а також допомагає підвищити рівень мотивації та інтересу до навчальної діяльності.

Керівник: Пасько О.О., *к. пед. н., доцент*

1. Н.О. Приходькіна, *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія : Педагогіка. Соціальна робота* **30**, 141 (2014).

## Використання програмного забезпечення Algodoo при розв'язанні завдань з геометричної оптики

Вітренко А.М., старший викладач; Северин Р.Р., студент гр. СФ-91  
Сумський державний університет, Суми, Україна

Algodoo (<http://www.algodoo.com/>) – безкоштовне програмне забезпечення для двовимірного моделювання з навчальною метою фізичних явищ і процесів Ньютонівської механіки та геометричної оптики. Розроблене шведською компанією Algodoo Simulation AB.

Мета даної роботи – застосувати Algodoo при розв'язанні типових завдань з геометричної оптики в шкільному курсі фізики.

Зокрема, розглядається така задача: «Вузький пучок світла падає на горизонтальне плоске дзеркало; кут падіння дорівнює  $45^\circ$ . Визначте, куди та на скільки градусів треба повернути дзеркало, щоб відбите світло йшло вертикально вгору.»

Розроблена в Algodoo сцена приведена на рис. 1. За її допомогою демонструється, що дзеркало необхідно повернути проти ходу годинникової стрілки на  $22,5^\circ$ .

Отже, Algodoo – потужний інструмент для інтерактивних демонстрацій оптичних явищ. Його можна вивчати у рамках дисципліни «Використання програмних емуляторів в навчальному процесі» для спеціальності 014 «Середня освіта (Фізика)».

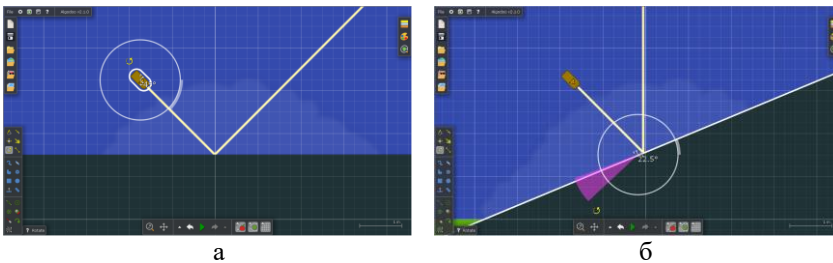


Рисунок 1 – Сцена до розв'язання задачі: до повороту дзеркала (а); після його повороту (б)

1. В. Gregorcic, М. Bodin, *Phys. Teach.* **55**, 25 (2017).
2. І.М. Гельфгат, *Повний курс шкільної фізики в тестах* (Харків: Вид-во «Ранок»: 2017).

## **Потенціал домашніх дослідів і спостережень учнів з фізики в умовах дистанційного навчання**

Степаненко С.С., студент гр. СФ-91-0  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Потенціал домашніх дослідів і спостережень учнів з фізики в умовах дистанційного навчання може бути значною, оскільки вони дозволяють учням досліджувати різні фізичні явища в реальному світі, застосовуючи власні знання та доступні матеріали.

Умови дистанційного навчання стали реальністю для багатьох учнів по всьому світу. Це означає, що учні не можуть проводити досліди та спостереження у фізичних лабораторіях та класах. Однак, це не означає, що вони повинні припинити вивчення фізики. Навпаки, дистанційне навчання може надати учням можливість здійснювати досліди та спостереження вдома, застосовуючи власні знання та доступні матеріали. Один з найбільших потенціалів домашніх дослідів і спостережень полягає в тому, що вони можуть бути більш персоналізованими та індивідуальними, ніж традиційні досліди, які проводяться у групах в лабораторіях. Учні можуть обирати теми, які їх цікавлять, та проводити досліди на свій розсуд. Крім того, учні можуть використовувати свої власні інтереси та хобі для проведення дослідів. Наприклад, учень, який цікавиться музикою, може досліджувати явища звукової хвилі або резонансу. Інший важливий аспект домашніх дослідів і спостережень полягає в тому, що вони можуть бути більш доступними для учнів, оскільки не потрібно спеціального обладнання для проведення дослідів, які можуть бути дорогими або складними для підготовки. Учні можуть використовувати прості матеріали та прилади, які є у них вдома, для дослідження фізичних явищ. Наприклад, учні можуть використовувати домашні речі, такі як пляшки з водою, для дослідження гідростатики. Крім того, домашні досліди і спостереження можуть надати учням можливість використовувати свої комп'ютерні та інформаційні навички для обробки та аналізу даних. Учні можуть використовувати різні програми та онлайн інструменти для вимірювання фізичних параметрів, створення графіків та візуалізації даних. Нарешті, домашні досліди та спостереження можуть надати учням можливість більш глибоко

зрозуміти фізичні явища, які вивчаються в класі. Учні можуть бачити, як фізичні закони діють у реальному світі та як вони впливають на їхнє оточення. Це може допомогти учням більш повно та глибоко зрозуміти теми, які вони вивчають. Отже, можна зробити висновок, що домашні досліди та спостереження можуть мати значний потенціал для учнів з фізики в умовах дистанційного навчання. Вони можуть бути персоналізованими, доступними та сприяти глибокому зрозумінню фізичних явищ.

Керівник: Пасько О.О., *к. пед. н., доцент*

1. М.М. Колесник, Л.О. Костенко, Науковий вісник Миколаївського державного університету імені В.О. Сухомлинського. Серія: Педагогічні науки 5, 95 (2020).

## Особливості розвитку графічної компетенції студентів

Білоус О.А., доцент; Говорун Т.П., доцент;  
Берладір Х.В., старший викладач; Ханюков К., аспірант; Варакін В.,  
аспірант

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Графічні засоби відображення інформації широко використовуються в усіх сферах життя суспільства. Графічні зображення характеризуються образністю, символічністю, компактністю, відносною легкістю прочитання. В умовах впровадження компетентнісного підходу до практики вищого освіти, графічна підготовка спрямована на формування графічної компетенції майбутніх інженерів, що сприяє свідомому розумінню конструктивно-технічних та функціональних характеристик технічних об'єктів у вирішенні професійних завдань, вільному володінню конструкторською документацією та її застосуванню в професійній діяльності. Графічна компетенція при цьому виступає як інтегральна складова професійної компетентності випускників технічного вишу.

При вивченні фізичних явищ та процесів актуальним стає питання графічного представлення залежності між відповідними величинами. Так, графік функціональної залежності наочно розкриває фізичну закономірність між змінними параметрами. Крім того, в ряді випадків, тільки графічно можуть бути представлені деякі процеси, які неможливо описати аналітично.

При вивченні теоретичного матеріалу та під час розв'язання практичних задач і з фізики студентам приходиться часто звертатися до графічного представлення відповідного процесу або явища. Так, в кінематиці – графічне представлення механічного руху матеріальної точки; в динаміці – графічна інтерпретація другого закону Ньютона; в молекулярній фізиці – графічна інтерпретація газових законів; в термодинаміці – геометричний зміст роботи ідеального газу; в електродинаміці – зовнішній вид вольт-амперної характеристики досліджуваного елемента електричного ланцюга тощо.

Графічне представлення функціональної залежності дозволяє:

- знайти невідому величину, або оцінити її максимальне (мінімальне) значення;
- розрахувати величину за числовим значенням площі, що обмежена відповідними кривими;

- оцінити монотонність функціональної залежності на відповідних інтервалах;
- встановити шукану величину на основі вибору координат відповідних точок;
- дослідити швидкість протікання фізичного явища.

Особливо велика роль графічних завдань і вправ спостерігається в процесі активізації навчання фізики, особливо, з метою спрощення окремих розрахунків та обчислень, остаточного формування висновків за результатами виконаних досліджень, а також для узагальнення та систематизації навчального матеріалу, який описується конкретними законами і залежностями.

Актуальним залишається питання візуалізації навчального матеріалу з точки зору організації самостійної роботи студентів. Так, подача матеріалу у вигляді схем і таблиць (дивись рис.1) дозволяє ефективно представити інформацію до виконання індивідуальних розрахункових робіт, тощо.

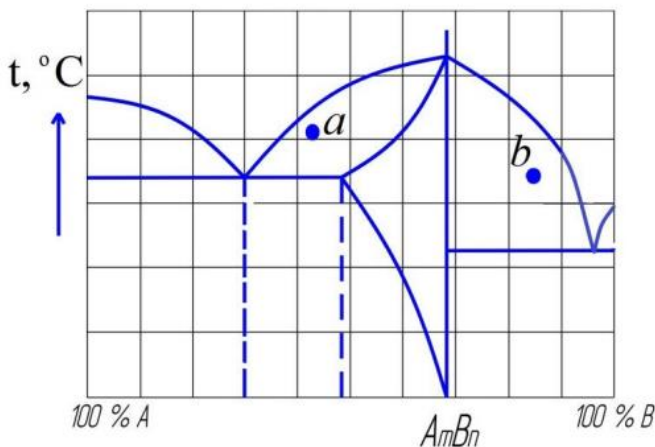


Рис. 1. Схема до виконання індивідуальної роботи з дисципліни «Матеріалознавство та технологія матеріалів».

Ефективне використання в організації навчального процесу графічного матеріалу сприятиме підвищенню якості роботи з навчальною інформацією, формуванню графічної компетенції студентів.

## **СЕКЦІЯ 2**

### **«Властивості та застосування наноматеріалів»**



## Аддитивне виробництво біорезорбуючих скаффолдів на основі полікапролактону для медичного застосування

Кравченко Я.О., старший викладач; Кубах М.О., аспірант

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Технологія адитивного виробництва стала значним прогресом у галузі тканинної інженерії та регенеративної медицини [1,2]. Одним з перших методів 3D-друку, що набув широкого поширення, став метод Fused Deposition Modeling (FDM). Ця технологія 3D-друку, яка заснована на екструзії, досі залишається найбільш простою та доступною. У цій технології термопластичні нитки (філамент) використовуються у якості матеріалу для друку, вони розріджуються і повторно тверднуть у бажаній конфігурації. Проте застосування цієї технології для біодруку потребувало вдосконалення і призвело до розробки друкуючих головок поєднаних з плавильним бункером. В таких друкуючих головках матеріал може бути у вигляді гранул і суміші порошків. Одним з перспективних полімерів, для яких доступний друк FDM є полікапролактон (PCL) [3,4]. Полікапролактон - це біорозкладний поліефір із низькою температурою плавлення (59-64 градусів). Він є полімером  $\epsilon$ -капролактону.

Однією з найбільших переваг використання полікапролактону є його спроможність до біорезорбції/біорозкладання. Імплантанти, виготовлені з цього матеріалу, можуть бути розкладені в організмі через 1-3 роки після імплантації, не залишаючи шкідливих залишків. Потенційною сферою для застосування полікапролактону є виготовлення імплантатів та скаффолдів методом 3D друку для відновлення кісткової та хрящової тканини, для відновлення частково втрачених кінцівок та операцій з косметичною метою. Перевагою 3D друку є можливість забезпечення індивідуального підходу та високу точність паспоризації.

Для виготовлення скаффолдів на основі полікапролактону було використано модифікований виробником FDM принтер ANYCUBIC i3 Mega. Адаптація 3D принтера полягала у програмному зменшенні граничної температури друку до 70°C для можливості використання PCL. Нами було надруковано скаффолд з чистого PCL з розмірами 40x40x5 мм для подальших досліджень. Температура друку

була встановлена на рівні 75°C. Філамент був попередньо охолоджений для полегшення друку. На рис. 1 наведено надрукований скаффолд, що має задовільну механічну міцність. Виконано дослідження на біорезорбцію. Декілька частин скаффолду було відділено і переміщено в розчин симулюючій рідині людського організму (SBF). Вага часток часток PCL складала 0,596 та 0,613 г відповідно. Кожні 7 днів відбувалося контрольне зважування зразків для визначення втрати ваги зразків. Проміжні результати експерименту вказують, що за 150 днів загальна втрата маси часток PCL сягає 1%. Експеримент на визначення швидкості біорезорбції буде продовжено до 200 днів.



Рисунок 1 – Скаффолд виготовлений з полікапролактону методом FDM 3D друку.

Заплановано проведення подальших досліджень з метою зменшення термінів біорезорбції як чистого PCL, так і сумішей на основі цього полімеру для підвищення біосумисності, остеоіндукції та механічної стабільності. Загалом, розвиток технологій аддитивного виробництва є важливим кроком у розвитку медицини та біотехнологій.

1. A. Aimar, A. Palermo, et al., *J. Healthc. Eng.* **2019**, 5340616 (2019)
2. T. Borkar, V. Goenka, et al., *Bioprinting* **21**, e00111 (2021)
3. H.N. Chia, B.M. Wu *J. Biol. Eng.* **9**, 4, (2015)
4. C. Colasante, Z. Sanford, et al., *Curr. Surg. Reports.* **4** (2016)
5. M. Okada, *Prog. Polym. Sci.* **27** 87–133, (2002)

## Спектри поглинання плівок ZnO відпалених у повітрі

Кахерський С.І.<sup>1</sup>, аспірант; Товстогуз Б.<sup>1</sup>, студент;  
Опанасюк А.С.<sup>1</sup>, професор; Гнатенко Ю.П.<sup>2</sup>, професор

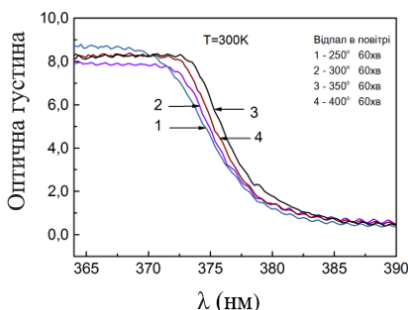
<sup>1</sup>Сумський державний університет, м. Суми, Україна

<sup>2</sup>Інститут фізики НАНУ, м. Київ, Україна

Оксид цинку вважається перспективним матеріалом для використання як віконний шар сонячних елементів (СЕ) різного типу та прозорий струмопровідний контакт. Це обумовлено тим, що він має високу оптичну прозорість і низький опір, не містить в своєму складі рідкісних матеріалів та може бути отриманий за допомогою недорогих хімічних та фізичних методів. Зважаючи на вище викладене ZnO все частіше стає альтернативою традиційним матеріалам віконних шарів.

Метою дослідження було визначення впливу температури відпалу на оптичну та кристалічну якість плівок ZnO одержаних 3D друком.

На рисунку представлені результати вимірювання краю поглинання



наноструктурованих плівок ZnO. Видно, що при збільшенні температури відпалу край поглинання плівок ZnO зміщується в довгохвильову область спектру. Величина такого зміщення є різною для різних значень оптичної густини ( $kd$ ). Так, при значеннях  $kd$  рівних 7,0 та 4,0 ця величина складає 18 та 11

меВ, відповідно.

Встановлено, що зі зростанням температури відпалу крутизна краю поглинання також зростає, що є свідченням покращення оптичної та кристалічної якості досліджуваних плівок. В області прозорості тонких шарів ZnO значення оптичної густини для різних зразків практично залишаються однаковими і складають  $kd \sim 0,41$  при дожині хвилі 390 нм. Це свідчить про те, що в процесі відпалу не відбувається генерації структурних дефектів в плівках із мілкими рівнями залягання. В іншому випадку це мало б привести до зростання величини оптичної густини в області прозорості плівок поблизу краю фундаментального поглинання.

## Вплив легування Cu на структурні характеристики плівок ZnO

Лифар С.І., *аспірант*; Єрмаков М.С., *аспірант*;  
Пшеничний Р.М., *доцент*; Опанасюк А.С., *професор*

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Сполука ZnO в останні десятиліття привернула значну увагу дослідників завдяки своїм унікальним властивостям і можливості створення на її основі великої групи електронних приладів. Основною проблемою при цьому є те що нелегований матеріал завжди має електронний тип провідності, що не дозволяє створювати гомопереходи. Саме тому велика увага приділяється легуванню ZnO акцепторними домішками до яких відносяться елементи третьої (Cu, Ag, Au) та п'ятої (N, P, As, Sb, Bi) груп періодичної системи елементів.

Метою дослідження було встановлення впливу легування оксиду цинку міддю на структурні характеристики плівок для створення на їх основі активних приладів електроніки.

Плівки легованого матеріалу були отримані методом спреї-піролізу. В якості матеріалу для нанесення використовувалися водні розчини  $Zn(CH_3COO)_2$  та  $Cu(CH_3COO)_2$ , з вмістом останньої 0%, 1%, 3%, 5% та 7%. Для дослідження отриманих плівок використовували рентгенівський дифрактометр ДРОН 4-07 та раманівський мікроспектрометр RENISHAW inVia Reflex.

Результати аналізу дифрактограм від плівок ZnO легованого Cu показали наявність піків, які відповідають відбиванням від кристалографічних площин (100), (002), (101), (102), (110) і (112) вюрцитної фази. Вторинних фаз рентгендифрактометрично виявлено не було. Положення отриманих піків при внесенні Cu практично не змінюються, що пояснюється тим, що іонний радіус  $Cu^{+2}$  (0,72 нм) близький до радіусу  $Zn^{+2}$  (0,74 нм). Присутність інтенсивного піка (110) у легованих зразках вказує на наявність кластерних включень фази чистого ZnO. Результати раманівської спектрометрії також свідчать лише про присутність в плівках чистої вюрцитної фази оксиду цинку. Ці дані корелюють з результатами отриманими методом рентгеноструктурного аналізу.

Таким чином, в роботі отримано однофазні плівки ZnO леговані Cu які можна використовувати в активних приладах електроніки.

## **The effect of UV light irradiation on the gas-sensing properties of the quartz crystal microbalance sensor combined with ZnO film**

Vladyslav Vasil'ev, *PhD student*; Borys Turko, *Associate Professor*

Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine

About 10 % of the total world-wide gas-oxide semiconductor sensors are the zinc oxide-based devices. Compared with other sensors, the advantages of quartz crystal microbalance (QCM) gas sensors are the high sensitivity, capability of operating at room temperature, simple technological implementation and easy real-time monitoring, relative independence from electromagnetic fields and rapid temperature changes, durability, fast response even at low concentrations, portability, low energy consumption and cost. Several methods and techniques such as metal doping, application of high electric field, usage of nanosensing materials, micro-electromechanical system (MEMS) fabrication, decoration with noble metal nanostructures and ultraviolet (UV) illumination have been investigated to improve gas sensor performance. A considerable number of works were devoted to enhancement of sensing properties of ZnO by UV illumination. On the other hand, there are a certain number of publications, describing a sensing characteristics of a QCM coated with ZnO. One can note in this respect, that we could not find any literature data concerning the sensing characteristics of quartz resonator coated with ZnO thin film under UV irradiation.

Zinc oxide thin films were deposited on the both electrodes of the commercial quartz resonator HC49U by the standard radio-frequency magnetron sputtering method in order to provide  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  and  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  vapor sensors application at room temperature. According to the ellipsometric measurements data, the thickness of the thin films was about 50 nm. The impact of the UV light-emitting diode illumination ( $\lambda_{\text{max}} = 395 \text{ nm}$ , light irradiance of about  $2 \text{ mW/cm}^2$ ) on the main characteristics of the ZnO coated QCM sensor such as response/recovery time and sensitivity was studied. The obtained experimental data and calculated characteristics prove that UV illumination of the QCM sensor covered with a ZnO film leads to a significant reduction in the recovery time at detection of ethanol, ammonia or hydrogen peroxide vapors.

## **Influence of preparation conditions on thermophysical properties of polymer nanocomposites based on polyethylene oxide**

Sergiy Bilyi<sup>1</sup>, *PhD student*; Eduard Lysenkov<sup>2</sup>, *Professor*;  
Valeriy Klepko<sup>1</sup>, *Professor*

<sup>1</sup>Department of Polymer Physics of Institute of Macromolecular Chemistry  
NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Laboratory of Nanocomposite Materials of Petro Mohyla Black Sea  
National University, Mykolaiv, Ukraine

Model systems based on polyethylene oxide ( $M_w = 1000$  g/mol) and nanosized montmorillonite were used to study the effect of dispersion time on thermophysical properties of nanocomposites. The samples were made by the method of ultrasonic mixing in the melt at a temperature of 80 °C using an ultrasonic disperser UZD A-650. The filler content was 5 wt. %. All samples were previously mechanically mixed in the melt for 2 min.

It was established, that the crystallinity of the nanocomposite decreases with the increasing of preparation time. It corresponds to the increase in the area of the polymer/filler boundary layer. The melting temperature of the nanocomposite increases with increasing dispersion time. This trend is a consequence of the complication of the thermal movement of polymer molecules due to the presence of a developed surface of the filler.

It is shown that with an increase in the dispersion time, the part of the immobilized amorphous fraction of the polymer increases. This is explained by the fact that the polymer intercalated in the interplanar space of montmorillonite loses its ability to cooperative movement [1].

It was established that the maximum improvement of thermophysical properties is observed at a dispersion time of 10 min. In this state, the montmorillonite particles are most stratified, which leads to the maximum increase in the area of the boundary layer. During further mixing, processes of aggregation of montmorillonite particles and destruction of polymer molecules occur, which leads to the loss of the desired properties of the nanocomposite. Finding the optimal mixing time of a polymer nanocomposite makes it possible to obtain the desired properties of systems with a defined composition.

1. Bilyi S.A., Lysenkov E.A., et al., *Polymer Journal* **44**, 283 (2022).

## **СЕКЦІЯ 3**

**«Матеріалознавство мікро- та  
наноелектроніки»**

**Автоматизований комплекс для відпалу в середовищі інертного газу при атмосферному тиску**

Назаренко Д.С., студент гр. ЕП-91; Долгов-Гордійчук С.Р., аспірант;  
Пилипенко О.В., к.ф.-м.н., старший викладач

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Дослідження терморезистивних залежностей протягом десятиліть є однією з незмінних задач для характеризування електрофізичних властивостей тонкоплівкових систем [1]. У сучасному світі нікого не здивуєш автоматичним комплексом для вимірювання тієї чи іншої фізичної величини в залежності від температури, тиску, вологості, тощо. Незважаючи на це – кожна окрема фізична лабораторія має свій підхід до проведення тих чи інших вимірювань, виходячи із своїх конкретних задач та можливостей.

В даній роботі ми розглянемо варіант знаття терморезистивних залежностей при атмосферному тиску з плівкових систем на основі пермалою та оксиду кремнію в атмосфері інертного газу. Для цього було використано височастотний автоматичний нагрівач з можливістю задання наперед параметрів відпалу (максимальна температура та час витримки при даній температурі, швидкість нагрівання – охолодження). Процес відпалу проводився в квазі-замкненому просторі, яким являлася кварцова трубка поміщена в середині нагрівача. Досліджуваний зразок поміщався в трубку та з двох боків(торців) до нього притискалися спеціально сконструйовані підпружинені контактні майданчики з відповідними електричними виводами. Зразок до контактних майданчиків додатково фіксувався струмопровідним клеєм. Для унеможливлення впливу підкладки на характер залежності використовувалися сапфірові підкладки, які є стійкими до агресивних середовищ та дуже гарним ізолятором. Для уникнення окислювальних процесів середовище в середині трубки, в процесі відпалу, продувалося інертним газом. Дослідження такого типу створюють ряд вимог до атмосфери в якій вони проводяться. Більш стійкою до окислення є атмосфера суміші газів аргону й водню [2], яку нами було використано. Вимірювання опору та температури проводилося за допомогою двох мультиметрів Picotest M3500A. Один з яких працював в режимі омметра, інший - мілівольтметра.



Приведення значення електрорушійної сили вимірної з термопари до температурної шкали виконувалось програмно з використанням градуовальної кривої відповідно до типу використаної термопари. Для автоматичного запису отриманих даних та візуалізації процесу було розроблено відповідне програмне забезпечення з використанням візуальної мови програмування LabView (рис.1). Зв'язок між комп'ютером із встановленим програмним забезпеченням та приладами проводився за допомогою GPIB перехідника з використанням інтерфейсу IEEE-488.

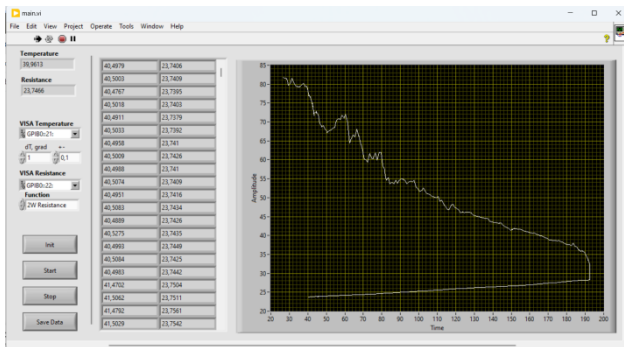


Рисунок1 – Вікно програми для запису значень температури та опору

Основною перевагою проведення процесу відпалу в атмосфері аргону при атмосферному тиску порівняно з відпалом під вакуумом є виключення дороговартісного вакуумного обладнання. Таким чином, цикл вимірювання проходить без процесів відкачування вакуумної камери та виходу її на робочі значення тиску газів залишкової атмосфери, що суттєво пришвидшує процес проведення досліджень.

1. T. Strachowski, M. Baran, Ad. Chlanda, Ewa Grzanka, *Ceramics International* **48**, 24935 (2022).
2. G.J. Liu, S.S. Jia, Y.F. Zhu, S.H. Hong, J.W. Lim, K. Mimura, M. Isshiki, *Materials Science and Engineering: A* **472**, 235 (2008).

## Магніторезистивні властивості шаруватих структур на основі FeNi та SiO

Петренко Р.М., *аспірант*; Логвинов А.М., *асистент*;  
Пилипенко О.В., *старший викладач*; Жаботинський В.І., *студент*  
*гр. ЕПм.-21н*; Пазуха І.М., *к.ф.-м.н., доцент*;  
Шкурдода Ю.О., *к.ф.-м.н., доцент*

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

У випадку магніто-неоднорідних феромагнітних плівок їх магніторезистивні властивості можуть істотно відрізнятися внаслідок реалізації різних механізмів магнітоопору. Механізми виникнення магнітоопору в острівцевих системах та гранульованих плівках «метал-діелектрик» складні і поки що до кінця не з'ясовані. Можна лише відзначити, що важливу роль у формуванні магнітоопору відіграють механізми переносу заряду і спіну в цих системах. З урахуванням результатів проведених досліджень магніторезистивних властивостей гранульованих мультишарів, керметних та острівцевих плівок слід зазначити, що вони можуть бути перспективними як для вивчення в них різних механізмів магнітоопору, так і для прикладного застосування.

У даній роботі для формування композитних матеріалів метал-діелектрик був використаний метод пошарової конденсації з подальшою термообробкою до температур 400, 500, 600 та 700 К та проведено дослідження їх магніторезистивних властивостей в залежності від ефективних товщин магнітних шарів. Показано, що для шаруватих структур  $[\text{FeNi/SiO}]_5$  з  $d_{\text{NiFe}} = 3-8$  нм і  $d_{\text{SiO}} = 5$  нм = const. спостерігається анізотропний характер польових залежностей, при цьому максимальна величина анізотропного магнітоопору (МО) спостерігається для структур з  $d_{\text{NiFe}} = 8$  нм. Після відпалювання зразків з  $d_{\text{NiFe}} = 3-5$  нм до температури 500 К фіксується перехід до ізотропного магнітоопору. Для зразків з  $d_{\text{Fe}} = 6-8$  нм незалежно від температури відпалювання зазначений перехід не спостерігався. Слід також зазначити, що при високотемпературному відпалюванні до 700 К, ізотропний характер польових залежностей МО спостерігався тільки для шаруватих структур  $d_{\text{NiFe}} = 5$  нм.

## Розмірні ефекти в електропровідності шаруватих структур на основі Fe (FeNi) та SiO

Долгов-Гордійчук С.Р. *аспірант*; Логвинов А.М., *к.ф.-м.н., асистент*;  
Загорулько А.Ю., *студент гр. ЕПМ.-21н*;  
Кривоус Д.В., *студент гр. ЕПМ.-21н*; Пазуха І.М., *к.ф.-м.н., доцент*;  
Шкурдода Ю.О., *к.ф.-м.н., доцент*

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Властивості функціональних елементів наноелектроніки чи спінтроніки, сформовані на основі композиційних матеріалів феромагнітний метал-діелектрик, суттєвим чином залежать не тільки від розміру і форми металічних гранул, їх об'ємної концентрації, а також і від характеру розподілу гранул в об'ємі діелектричної матриці. Для формування плівкових композиційних матеріалів найбільш поширеними є методи одночасної та пошарової конденсації у вакуумі. При цьому у залежності від обраного методу сформовані матеріали мають ряд структурних особливостей, що впливає у свою чергу на реалізацію транспортних властивостей.

У даній роботі для формування композитних матеріалів метал-діелектрик був використаний метод пошарової конденсації з подальшою термообробкою, що дозволило отримати композитні матеріали з діелектричною аморфною матрицею без вмісту атомів феромагнітних металів з майже однаковим розміром магнітних гранул та проведено дослідження їх електропровідності в залежності від ефективних товщин шарів. Показано, що для шаруватих структур  $[\text{Fe}/\text{SiO}]_5$  з  $d_{\text{Fe}} < 5$  нм і  $d_{\text{SiO}} = 5-7$  нм реалізується тунельний механізм електроопору, а у інтервалі ефективних товщин  $d_{\text{Fe}} = 6-8$  нм і  $d_{\text{SiO}} = 5-7$  нм має місце змішана провідність, в той час як для шаруватих структур  $[\text{FeNi}/\text{SiO}]_5$  для всього інтервалу досліджуваних товщин  $d_{\text{NiFe}} = 4-10$  нм і  $d_{\text{SiO}} = 5$  фіксується металева провідність, що визначається провідністю по невпорядкованій металевій матриці. Також встановлено, що величина питомого опору для шаруватих структур на 2-3 порядки менше ніж для острівцевих плівок з такою ж ефективною товщиною металевих шарів.

## Структура та магніторезистивні властивості плівок $\text{Fe}_{0,7}\text{Co}_{0,3}$ як компоненти для сплавів Гейслера

Долгов-Гордійчук С.Р., *аспірант*; Шкарупа Т.В., *аспірант*;  
Іваненко М.В., *студент*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Феромагнітні сплави Гейслера викликають значну увагу дослідників завдяки своїм цікавим фізичним властивостям та широкому використанню у пристроях для зчитування і запису інформації, сенсорах, актуаторах тощо [1]. Сплави зі структурою Гейслера відносяться до класів функціональних матеріалів, зокрема до таких, як інжектори спін-поляризованого струму, сплави з пам'яттю форми, матеріали для магнітного охолодження, сплави з гігантською деформацією в магнітному полі, топологічні ізолятори та інші. Варто відзначити, що плівкові сплави Гейслера характеризуються високою спіновою поляризацією [2]. Тому актуальним є дослідження особливостей магнітних характеристик і гігантського магнітоопору наногранулярних та мультишарових систем на основі сплавів Гейслера. Вивчення умов виникнення тих чи інших магнітних станів у системі феромагнітних наночастинок чи шаруватих структур є вкрай важливим для застосувань, особливо в спінтроніці і для пристроїв запису і зчитування інформації, наприклад, магнеторезистивної оперативної пам'яті (MRAM).

Цікавими з погляду магнітних характеристик є сплави  $\text{Fe}_2\text{CoSi}$ . Результати дослідження таких сплавів показують дуже високу намагніченість насичення ( $M_s$ ), малу коерцитивну силу ( $H_c$ ), високу температуру Кюрі ( $T_c$ ) і низькі втрати на гістерезис [3]. Тонка плівка  $\text{Fe}_2\text{CoSi}$  товщиною 75 нм має найменшу коерцитивну силу ( $H_c = 7$  Ое). У цілому, сплави Гейслера  $\text{Fe}_2\text{CoSi}$  мають високу температуру Кюрі як наслідок сильної обмінної взаємодії між атомами Fe і Co. Намагніченість насичення зменшується зі збільшенням товщини тонкої плівки сплаву Гейслера. Такі магнітні характеристики цих сплавів роблять їх особливо цінними для створення функціональних елементів спінтроніки. Тому дослідження особливостей структурно-фазового стану, магніторезистивних та магнітних властивостей сплавів  $\text{Fe}_2\text{CoS}$  на сьогодні є актуальними.

Для кращого розуміння особливостей структурно фазового стану та магніторезистивних властивостей плівкових сплавів  $\text{Fe}_2\text{CoSi}$  були проведені аналогічні дослідження для одношарових плівок  $\text{Fe}_{0,7}\text{Co}_{0,3}$ . Електронно-мікроскопічні дослідження показали, що свіжосконденсовані та відпалені при температурі 700 К плівкові сплави  $\text{Fe}_{0,7}\text{Co}_{0,3}$  товщиною 10 – 50 нм мають фазовий склад, що відповідає ОЦК –  $\text{FeCo}$  з параметром ґратки  $a = 0,292 - 0,293$  нм. Невідпалені плівки мають приблизно однакову кристалічну структуру у вигляді дрібних кристалітів з розмірами 3 – 5 нм, які не мають чіткої огранки. У процесі термостабілізації спостерігається збільшення розмірів зерен до 10 – 50 нм за рахунок рекристалізаційних процесів. Для відпалених зразків при температурі 700 К при збільшенні товщини фіксується незначне збільшення розмірів кристалітів.

У результаті аналізу отриманих польових залежностей магнітоопору як невідпалених, так і відпалених при температурі 700 К зразків було встановлено, що вони мають анізотропний характер, зумовлений спін-орбітальною взаємодією. При зниженні температури вимірювання до 100 К загальна картина польових залежностей суттєво не змінюється, відбувається лише незначний зсув піків в бік сильніших полів та незначне зростання величини магнітоопору. Варто зазначити, що величина анізотропного магнітоопору після відпалювання зразків збільшується у 3 – 5 разів залежно від товщини. Зростання величини магнітоопору після відпалювання зразків, на нашу думку, зумовлено відповідним зменшенням питомого опору внаслідок заліковування дефектів кристалічної структури та збільшення розмірів кристалітів. Показано, що величина поздовжнього та поперечного магнітоопору збільшується зі збільшенням товщини зразків і досягає значення 0,2 % за кімнатної температури при товщині близько 100 нм.

Керівники: Шкурдода Ю.О., *професор*, Пазуха І.М. *доцент*

1. V.V. Kokorin, S.M. Konoplyuk, A. Dalinger, H.J. Maier, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **432**, 266 (2017).
2. J. M. Jani, M. Leary, A. Subic, M. A. Gibson, *Materials & Design*, **56**, 1078 (2014).
3. H.Z. Luo, Z.Y. Zhu et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.* **40**, 7121 (2007).

## Термодинамічні дослідження окремих сполук системи Ag–Co–Sn–S модифікованим методом ЕРС

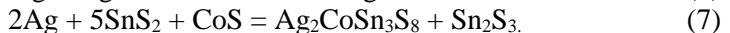
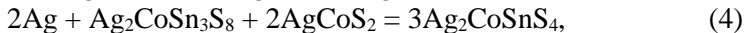
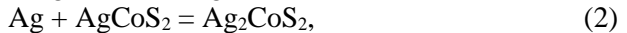
Микола Мороз<sup>1</sup>, професор; Павло Демченко<sup>2</sup>, провідн.н.с.;  
Мирослава Прохоренко<sup>3</sup>, доцент; Оксана Мисіна<sup>1</sup>, ст.викладач;  
Людмила Соляк<sup>1</sup>, ст.викладач; Олександр Решетняк<sup>2</sup>, професор

<sup>1</sup>Національний університет водного господарства та  
природокористування, м. Рівне, Україна

<sup>2</sup>Львівський національний університет ім. Івана Франка,  
м. Львів, Україна

<sup>3</sup>Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів,  
Україна

Модифікованим методом електрорушійної сили (ЕРС) [1] досліджено фазові рівноваги та здійснено поділ концентраційного простору системи Ag–Co–Sn–S в частині SnS–SnS<sub>2</sub>–CoS<sub>2</sub>–CoS–Ag<sub>2</sub>CoS<sub>2</sub>–SnS за  $T < 600$  К. Встановлено, що рівноважний концентраційний простір містить сім фазових ділянок: CoS<sub>2</sub>–AgCoS<sub>2</sub> (I), AgCoS<sub>2</sub>–Ag<sub>2</sub>CoS<sub>2</sub> (II), SnS<sub>2</sub>–AgCoS<sub>2</sub>–Ag<sub>2</sub>CoSn<sub>3</sub>S<sub>8</sub> (III), Ag<sub>2</sub>CoSn<sub>3</sub>S<sub>8</sub>–AgCoS<sub>2</sub>–Ag<sub>2</sub>CoSnS<sub>4</sub> (IV), Sn<sub>2</sub>S<sub>3</sub>–CoS–AgCoSn<sub>3</sub>S<sub>8</sub>–SnS (V), Ag<sub>2</sub>CoSnS<sub>4</sub>–CoS–AgCoS<sub>2</sub>–SnS (VI) та SnS<sub>2</sub>–CoS–Ag<sub>2</sub>CoSn<sub>3</sub>S<sub>8</sub>–Sn<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (VII). Просторове положення зазначених фазових ділянок стосовно фігуративної точки Ag в концентраційному просторі системи Ag–Co–Sn–S використано для запису сумарних потенціаловизначаючих реакцій (1) – (7) подвійних, потрійних та почетвірних сполук:



Вперше встановлено утворення двох потрійних AgCoS<sub>2</sub>, Ag<sub>2</sub>CoS<sub>2</sub> та почетвірної Ag<sub>2</sub>CoSnS<sub>4</sub> сполук. Синтез термодинамічно рівноважної суміші фаз, що містить зазначені сполуки, та подальше вимірювання

ЕРС як функції температури виконано в позитивних (правих) електродах (РЕ) електрохімічних комірок (ЕХК) типу (8):



де С – графіт (інертний електрод); Ag – лівий (негативний) електрод ЕХК; SE – твердий електроліт (скло  $Ag_3GeS_3Br$ );  $R(Ag^+)$  – ділянка РЕ, що контактує з SE, де за участі йонів  $Ag^+$ , як малих центрів зародження рівноважних фаз, та просторового позитивного заряду в області  $R(Ag^+)$ , як каталізатора їх подальшого росту, відбувається перебудова фазово нерівноважної суміші у термодинамічно стабільну суміш фаз. Порошкоподібні компоненти ЕХК запресовували під тиском  $P = (1,1 \pm 0,1) \cdot 10^8$  Па в отвори діаметром 2 мм, виготовлені у фторопластовій основі, до густини  $\rho = (0,93 \pm 0,02) \cdot \rho_0$ , де  $\rho_0$  – експериментально визначена густина литих сплавів.

Синтез термодинамічно стабільної суміші фаз здійснено в області  $R(Ag^+)$  при 600 К за 48 годин. Позитивні електроди виготовлені з добре перемішаної, дрібнодисперсної фазово нерівноважної суміші Ag та подвійних сполук  $Ag_2S$ ,  $CoS_2$ ,  $Co_3S_4$ ,  $Co_9S_8$ ,  $SnS_2$ ,  $Sn_2S_3$  та  $SnS$ . Співвідношення компонентів у сплавах РЕ ЕХК визначено за рівняннями (1) – (7). Критерієм завершення процесу формування рівноважної суміші фаз є відтворюваність температурних залежностей ЕХК в циклах нагрів-охолодження.

Встановлено, що лінійні залежності ЕРС електрохімічних комірок охоплюють інтервал 445–520 К. За лінійними температурними залежностями ЕРС комірок з РЕ ділянок (I) – (VII) вперше розраховано значення основних термодинамічних функцій (енергій Гіббса, ентальпій утворення та ентропій) сполук  $CoS$ ,  $AgCoS_2$ ,  $Ag_2CoS_2$ ,  $Ag_2CoSnS_4$  та  $Ag_2CoSn_3S_8$  в стандартному стані. Співпадіння значень енергії Гіббса в межах похибки експерименту для  $CoS$  у фазових ділянках (V) і (VI) та для сполуки  $Ag_2CoSn_3S_8$  у ділянках (III) і (VII) (відносні різниці розрахованих значень становлять ~3% і ~1% відповідно) вказує на об'єктивність розрахованих величин та достовірність запропонованого поділу концентраційного простору системи  $Ag-Co-Sn-S$  на окремі фазові ділянки, що відповідає умовам їх існування.

1. M. Moroz, F. Tesfaye, et al., *JOM* 73, 1487 (2021).

## Моделювання структур чутливих елементів наноелектронних сенсорів

Фролов Д.В., студент гр. ЕП-91; Шабельник Ю.М., доцент  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

На сьогодні велика увага в розвитку електронного приладобудування приділяється розробці та пошуку нових матеріалів для чутливих елементів тонкоплівкових сенсорів. Моделювання властивостей таких структур має ряд переваг. По-перше, це дозволить скоротити час на пошук оптимальних параметрів для створення чутливого елемента – товщина окремих шарів, підбір матеріалів, тощо. По-друге, протестувати роботу такого сенсора в робочих умовах.

Дана робота присвячена моделюванню багатшарових тонкоплівкових структур спін-клапанного типу на основі магнітних і благородних металів для використання їх як чутливих елементів сенсорів гнучкої електроніки. Були використані різні методологічні прийоми для покращення термостабільності таких структур, адже стабільність показників чутливих елементів сенсорів при впливі на них різних фізичних чинників є визначальним фактором.

Варіантом виконання ефективної та простої спін-вентильної структури є багатшарова структура типу «сандвіч», що виконується за схемою «магнітний шар 1 / немагнітний прошарок / магнітний шар 2». Магнітні шари виконуються у вигляді тонких плівок Co, або Fe. Немагнітний прошарок виконується з плівок металу з високою електропровідністю, наприклад, Cu або Au. Особливістю такої функціональної псевдо спін-вентильної структури є використання одного матеріалу для магнітних шарів.

Додатково підсилити різницю характеристик магнітних шарів можливо за допомогою різної термообробки. Наприклад, в роботі [1] було запропоновано отримувати шари Co при різних температурах підкладки ( $T_n$ ). Нижній шар отримувався при  $T_n = 950$  K, а верхній –  $T_n = 300$  K.

Іншим підходом до формування псевдо спін-вентильних систем на основі металів – є використання мультишару  $[Co(3)/Cu(3)]_n$  або  $[Fe(3)/Au(3)]_n$ , ( $n = 3 \div 18$  – кількість повторів). Суцільний шар Co або Fe з високим значенням коерцитивності у порівнянні з мультишаром буде відігравати роль закріпленого магнітожорсткого шару для забезпечення спін-вентильного ефекту.

Робота виконана в рамках держбюджетної теми No 0122U000785 (2022-2024 рр.).

1. A.M. Lohvynov, I.V. Cheshko, O.P. Tkach, Yu.M. Shabelnyk, S.I. Protsenko, in *Microstructure and Properties of Micro- and Nanoscale Materials, Films, and Coatings (NAP 2019)*, **240**, 249 (2020).



## **СЕКЦІЯ 4**

**«Електронні інформаційні системи»**

## Функціональні плівкові матеріали на основі Fe, Pd та Cu як елементи гнучкої електроніки

Толстіков Д.І., *аспірант*; Пушкар С.О., *аспірант*;  
Могилевський В.В., *студент*; Ткач О.П., *к.ф.-м.н. доцент*;  
Однодворець Л.В. *д.ф.-м.н., професор*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Розвиток гнучкої електроніки передбачає перехід до нових електронних пристроїв та систем, таких, наприклад, як малогабаритні та легковісні електронні пристрої зберігання і відображення інформації, фотогальванічні панелі і реконфігуровані антени, гнучкі біологічні електронні імплантати, друковані батареї живлення та акумулятори. Відмінні риси пристроїв гнучкої електроніки – це прозорість, термічна стабільність, низька чутливість до деформацій, еластичність [1]. Основними напрямками розвитку гнучкої електроніки можна назвати пошук нових матеріалів гнучких підкладок та адаптацію відомих і розробку унікальних методів формування тонкоплівкових функціональних елементів на основі металів. Однією із основних вимог до елементів гнучкої електроніки є низька чутливість параметрів до деформації. Аномально низькі значення КТ експериментально спостерігались нами для одношарових плівок Pd та двокомпонентних плівкових сплавів на основі Fe і Pd (КТ=1,5-2,8 при товщині 10 – 80 нм).

Зразки були сформовані методом пошарової конденсації ( $Me_3/Me_2/Me_1/P$  у вихідному стані, P - підкладка) з наступною термообробкою. Дослідження магніторезистивних властивостей в трьох геометріях вимірювання (поздовжній, поперечній та перпендикулярній) показали, що спостерігається ефект із ознаками гігантського магнітоопору (ГМО) з амплітудою від 0,05 до 0,30%. Установлено, що при зміні загальної концентрації атомів Fe від 10 до 35 ат.%, що відповідає фазовому складу ГЦК–FePd<sub>3</sub>, величина магнітоопору MO має максимальне значення 0,20 – 0,25% (перпендикулярна); 0,15 – 0,30% (поздовжня) та 0,15 – 0,18% (поперечна) геометрії вимірювання.

З точки зору прикладних аспектів застосування в гнучкій електроніці дво- і тришарові плівкові матеріали на основі Fe, Pd і Cu можуть бути ефективними чутливими елементами, оскільки фази

FePd<sub>3</sub> і FePd забезпечують високу термічну стабільність систем до 800К в інтервалі концентрацій  $c_{Fe} = 30 - 60$  ат. % та мало чутливі до деформації (КТ до 3 одиниць).

Для вирішення питання про зниження температури упорядкування атомів були сформовані зразки із додаванням невеликої (до 10 ат. %) концентрації атомів парамагнітного металу Cu, атоми якого при розчиненні в кристалічній решітці заміщують один із атомів Fe або Pd. Експериментальні результати вказують на те, що додавання Cu призводить до зростання величини МО. Отримано, що для мультишарів [Cu(0,2)/Pd(1,1)/Fe(0,9)]<sub>5</sub>/П у вихідному стані величина МО збільшується на 0,18 – 0,30% (невідпалені зразки) і 0,14 – 0,25% (відпалені зразки) у порівнянні із МО для мультишарів [Pd(1,1)/Fe(0,9)]<sub>5</sub>/П.

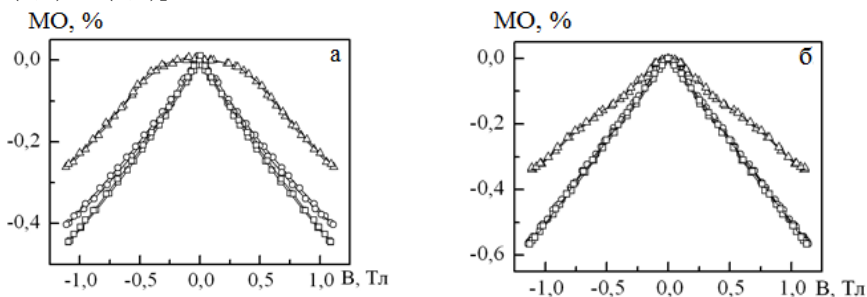


Рис. 1. Залежність МО для невідпаленої (а) і відпаленої до 800К (б) плівкової системи [Cu(0,2)/Pd(1,1)/Fe(0,9)]<sub>5</sub>/П

При цьому в паралельній і поперечній геометріях вимірювання характер польових залежностей МО і його амплітуда приблизно однакові. При збільшенні концентрації  $c_{Cu}$  від 1 до 15 %, ступінь упорядкування системи у порівнянні із двокомпонентними системами на основі Fe і Pd збільшується до 10-12 разів.

Робота виконана в рамках Гранту за програмою «Magnetism for

Ukraine 2022» від IEEE Magnetics Society та УНТЦ (№9918) та НДР № 0122U000785 (2022-2024 pp.).

1. Lohvynov A.M., Cheshko I.V., Tkach O.P., Shabelnyk Yu.M., Protsenko S.I. Flexible thermostable metal spin-valves based on Co, Cu, Fe, Au, Ru thin films // *Springer Proceedings in Physics.* – V.240. – 2019. - P. 249

## Розробка лабораторного стенду для визначення ефективності введення лазерного випромінювання в оптичне волокно

Кабилецький К.С., студент; Степаненко А.О., провідний фахівець;  
Пазуха І.М., доцент  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

До основних характеристик елементів зв'язку між джерелом лазерного випромінювання та оптичним волокном відносяться ефективність введення та мода вибірковість. Ефективність введення лазерного випромінювання характеризують коефіцієнтом ефективності, який залежить від: взаємного розміщення випромінювача й волокна; площі поверхні випромінювання та внутрішнього діаметра волокна; відбиття випромінювання від торців світловода; прозорості оптичних елементів системи. Загально прийнято вимірювати коефіцієнт втрат вимірювати в децибелах, оскільки це дозволяє визначати втрати на як окремих складових оптичної системи, так і в системі вцілому.

У роботі було розроблено лабораторний стенд, який дозволяє проводити вимірювання зміни оптичної потужності джерела лазерного випромінювання (наприклад, напівпровідникового лазера), внаслідок безпосереднього введення лазерного випромінювання в оптоволокно. Схема даного стенду представлена на рисунку 1. Також з використанням даного стенду можна провести аналіз як впливає обробка торця приймального оптоволокна, а саме надання йому заокругленої (конусоподібної) форми, а також застосування додаткової фокусуєчої лінзи на ефективність введення лазерного випромінювання в оптичне волокно.

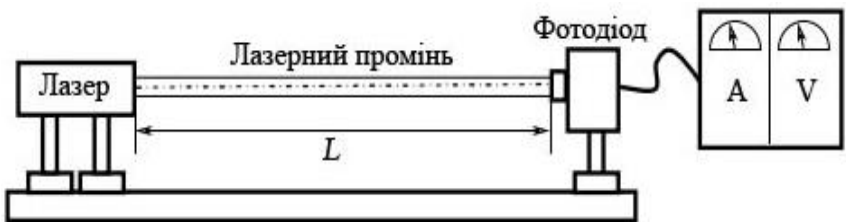


Рисунок 1 - Схема лабораторного стенду для вимірювання оптичної потужності лазера, що проходить через оптоволокно

## Ion Paul trap: physical principle of work and their application

D.S. Nazarenko, *Student*; L.V. Odnodvoretz, *Dr. Sci., Professor*  
Sumy State University, Sumy, Ukraine

An ion trap is a device used to trap and store ions in a certain position in space by utilizing a specialized configuration of electric and magnetic fields. Ion traps are applied in mass spectrometry and atomic physics research. The ion radio frequency Paul trap or quadrupole ion trap is based on the principle of trapping ions at the saddle point. The setup of Paul trap consists of two hyperbolic electrodes and ring between them. The saddle potential is created by applying an oscillating AC voltage to the electrodes, which creates a radio RF field. This prevents escaping charged particles in one dimension. Changing the voltage phase on the electrodes rotates saddle potential and provides support particles in other dimensions. The dynamics of the trapped particles is described by the Mathieu equation.

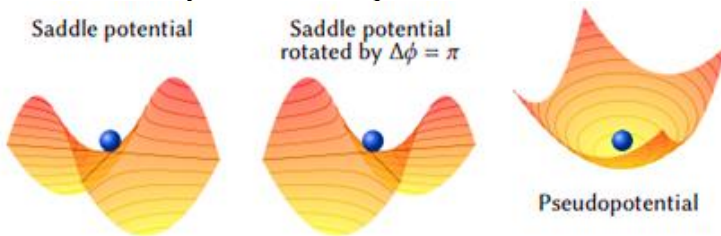


Fig.1. Visualization of saddle potential. Adapted from the work [1]

One of the main features of the 3D ion Paul trap is its ability to trap particles in a quasi-equilibrium position in a wide range of charge-to-mass by adjusting voltage parameters. Ion traps are the main component of quadrupole spectrometry due to their filtration ability and trapping the necessary ions for detection. Another application is trapping qubits in quantum computers and atomic clocks (look for example [2]).

1. Petr Obšil. Nonclassical and coherent emission from trapped ion crystals: Ph.D. thesis: Olomouc, 2021. – 105 p.
2. Mihalcea B. M. et. al. The physics and applications of strongly coupled Coulomb systems (plasmas) levitated in electrodynamic traps // Physics reports. – 2023. – V. 1016. – P. 1–103.

## Діоди Шотткі як швидкодіючі компоненти електронних систем

Костян М.О., *студент*; Лободюк О.С., *зав. лаб*;  
Однодворець Л.В., *д.ф.-м.н., професор*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

У зв'язку зі швидким розвитком технології інтегрованих мікросхем розроблено діоди Шотткі (ДШ) з практично ідеальними характеристиками. Сучасні ДШ виготовляють на основі контакту металу з напівпровідником, сформованому в спеціальному заглибленні в шарі n-типу. Для таких конструкцій діодів висота потенціального бар'єра та бар'єрна ємність зменшуються, а коефіцієнт неідеальності наближається до одиниці [1]. Матеріали контакту забезпечують термостабільність параметрів ДШ, оскільки головною вимогою до параметрів ДШ є стійкість до вигорання.

Для вимірювання робочих характеристик було використано діод типу Д237Б та лабораторний стенд на основі вольтметра М903, амперметра Ц4313, мультиметру. При прямому ввімкненні на анод діода подавалась додатня напруга +5В, при зворотньому - від'ємна -15В.

Проведено розрахунок робочих параметрів діода типу Д237Б на основі одновимірної теоретичної моделі діода. Визначено висоту потенціального бар'єра; товщину області просторового заряду за умов рівноваги та зворотнього зміщення; максимальна напруженість внутрішнього електричного поля в області просторового заряду; питома ємність переходу. Розраховано концентрації надлишкових носіїв заряду, інжекттованих у кожну з областей переходу; повний струм, який проходить крізь діод за умов прямого зміщення +0,6 В, величина якого склала 22 мА, та зворотний струм насичення діода.

Порівняння експериментальних і розрахункових на основі одновимірної моделі параметрів ДШ вказує на те, що відхилення між даними від 5 до 18 % при зростанні прямої напруги від 0 до 15В, пояснюється тим, що в одновимірній моделі практично не враховуються: ефекти поверхневої генерації і рекомбінації носіїв заряду, рівень інжекції та явище теплопереносу в структурі діода при підведенні зовнішньої напруги, які спостерігаються в реальних діодних структурах.

1. Rhoderick E.H., Williams R.H. Metal-Semiconductor Contacts. – Oxford: Clarendon Press. – 1988. – 252 p.

## **Physical principles of functioning of sensors of magnetic characteristics**

Severyn N.V., *Student*; Priyma A.O., *Student*  
Sumy State University, Sumy, Ukraine

Magnetic sensors are commonly utilized in modern electronic and industrial products to measure physical parameters like position, current, and direction by detecting changes in the magnetic moment of magnetic materials. With advancements in technology, magnetic sensors are becoming more affordable, smaller in size, and highly reliable, making them a popular choice for various sensing applications.

Ferromagnetic materials respond to temperature changes, while magnetoelastic materials react to mechanical stress when in contact with the surrounding medium. In biomedical applications, magnetic sensors are employed to measure changes near the sensors. Ferromagnetic materials are preferred for such purposes because human body fluids, including blood, organic tissues, and cerebral fluids, are highly compatible with iron. However, transition metals of the periodic table corrode in the presence of body fluids. As a result, biocompatible metals, coated metals (like covering using platinum, gold, silica, etc.), or ceramics like silicones and teflon are employed to make sensors. Applications of magnetic sensors include blood flow sensors and magnetic resonance imaging (MRI) systems.

Physical sensors are used not only for real-time health monitoring but also in fields like medical robotics, commercial wearable products, and prosthetics. Designers are continuously working to improve physical sensors to make them more sensitive, flexible, precise, multifunctional, stable, and optimal in their measuring capabilities. Nanomaterials, superconductors, optical fibers, and microfabrication techniques are helping to achieve this goal.

The work was carried out under the supervision of Assoc. Prof. Shumakova N.I.

## **Structural features and application of nanosensors**

Kurylo A.A., *Student*

Sumy State University, Sumy, Ukraine

Today, the use of electronic devices and systems of motion sensors are in great demand in various industries where they are used. They are used in security systems to detect unauthorized entry into homes or businesses, for lighting to ensure economical and convenient use of electricity. The electronic control system of motion sensors is a complex system that provides collection, processing and analysis of data for the purpose of controlling the movement of an object.

The main component of this system are motion sensors. An analog-to-digital converter converts the signals from the sensors into digital format, the microcontroller processes the digital data and makes decisions to control output devices such as LEDs, relays or motors, control the movement of an object or report detected movement. Depending on the specific application, the electronic control system of these sensors can have different configurations and functions. However, the overall goal of such a system is to provide an appropriate level of motion control or motion detection in a given area, reducing the role of the human factor and improving control efficiency.

The main advantages are: high accuracy, speed of response, automation, reliability, a wide range of applications. However, the use of electronic motion sensor control systems may have some disadvantages such as equipment and setup costs, relatively high system complexity, and the need for ongoing support and maintenance. Therefore, the electronic control system of motion sensors is indispensable in many fields, with the help of which many devices and systems can be automated.

The work was carried out under the supervision of Assoc. Prof. Shumakova N.I.



## Електронні системи для передачі інформації на основі світловипромінювальних і лазерних діодів

Бутусов М.А., *студент*; Симоненко М.Г., *студент*;  
Лизогуб І.О., *студент*; Однодворець Л.В., *д.ф.-м.н., професор*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

У пристроях оптичного зв'язку як джерела світла використовуються світловипромінювальні (СД) та лазерні (ЛД) діоди, які працюють в режимі спонтанного або стимульованого випромінювання. При прикладенні напруги прямого зміщення  $U$  висота потенційного бар'єра зменшується на величину  $e \cdot U$ , внаслідок чого починають протікати дифузійні струми електронів – з  $n$ -області в  $p$ -область і дірок – з  $p$ -області в  $n$ -область. Інжектвані з  $n$ -області до  $p$ -області електрони, будучи в  $p$ -області неосновними і нерівноважними, рекомбінують з дірками або безвипромінювально з виділенням тільки теплової енергії, або з випромінюванням фотона.

Різні світлодіодні сполуки випромінюють світло в певних областях спектру видимого світла і, отже, виробляють різні рівні інтенсивності.

Для отримання білого світла існують різні методи (Рис.1): перший - опромінення жовтого люмінофора синім світлодіодом. Оскільки жовтий колір є додатковим кольором синього, суміш синього та жовтого виглядає білим. Цей метод найбільш популярний через легке виготовлення та високу інтенсивність світла. Другий метод - випромінювання синього, зеленого та червоного люмінофора шляхом опромінення ультрафіолетового світлодіода. Третій метод - використання трьох світлодіодів синього, зеленого та червоного кольорів. Оскільки світло інтенсивне і може бути отриманий будь-який колір, цей метод застосовується для формування зображень на дисплеях та світлодіодних екранах.

Лазерний діод – це сучасний напівпровідниковий лазер на основі  $p$ - $n$ -переходу, який випромінює світло певної довжини хвилі. Принцип функціонування заснований на трьох фізичних процесах, зумовлених переходами носіїв: поглинанням, спонтанною емісією і стимульованим випромінюванням. Коефіцієнт корисної дії лазерного діода становить до 30%. Конструктивно ЛД складається з двох напівпровідникових пластин з різними типами провідності, які стикаються одна з одною.

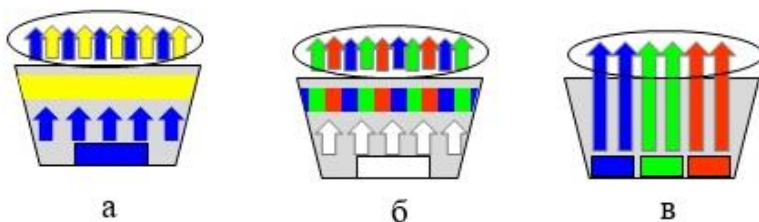


Рис.2. Схеми отримання білого кольору світіння СД різними методами: а – синій СД та жовтий люмінофор; б – ультрафіолетовий світлодіод та RGB люмінофор; в – RGB (red-green-blue) світлодіод

Пропускання електричного струму в прямому напрямку стимулює переміщення електронів з пластини  $n$  в область  $p$ , де електрони зіштовхуються з атомами і вивільняють фотони. Цей процес йде лавиноподібно до тих пір, поки не сформується лазерний промінь. Для теоретичного аналізу особливостей роботи ЛД була використана модель Ланга-Кобаясі [1], розглянуті умови реалізації стаціонарного режиму роботи ЛД [2], отримані умови підсилення сигналу та балансу фаз.

Таблиця 1 – Розрахункова залежність ширини лінії генерації від вихідної ширини лінії та характеристик зовнішнього резонатора лазерних діодів

Довжина резонатора $L$ , см	Коефіцієнт віддзеркалення грані діода $r_2$	Рівень зворотного зв'язку $R_3$	Ширина лінії генерації, МГц
10	0,32	0,4	220
100	0,32	0,4	22
100	0,32	0,8	0,25

Отримані результати вказують на залежність ширини лінії генерації від довжини резонатора та рівня зворотного зв'язку приладу.

1. Бобицький Я.В., Матвіїшин Г.Л. Лазерні технології: навчальний посібник. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2015. – 320 с.
2. Liang Dong, Bryce Samson. Fiber lasers: basics, technology and applications / USA: CRC Press. – 2017. – 340 p.

## Організація Mesh мереж в розрізі технології IoT

Кужель В.В., *студент*; Пелих Р.К., *студент*;  
Тищенко К.В., *к.ф.-м.н., старший викладач*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

При розробці розподілених систем Інтернету речей (IoT) виникає нагальна необхідність об'єднання великої кількості окремих пристроїв у цілісну мережу. Також не маловажливою вимогою є загальна гнучкість і масштабованість системи, тому в IoT набули поширення мережі здатні до самоорганізації – Mesh мережі.

У цьому типі мереж кожен вузол може бути підключеним до будь-якого іншого без необхідності підключення до центрального контролера або маршрутизатора. У Mesh мережах кожен вузол виконує функції маршрутизації і передачі даних, що дозволяє мережі працювати без центрального контролера. Це робить їх більш масштабованими та надійними, оскільки вони не залежать від одного елемента, який може стати причиною відмови в роботі всієї мережі. Також особливістю Mesh мереж є те, що вони можуть бути досить легко розширені та розвинуті, додаючи нові вузли. Крім того, вони забезпечують підключення пристроїв до мережі за відсутності доступу до кабельної інфраструктури. Однак, мережі цього типу схильні до затримок та перевантажень і можуть бути менш ефективними, коли кількість вузлів значно зростає, хоча частково це вирішується оптимізацією маршрутизації.

Для передачі даних в Mesh мережах можуть бути застосовані популярні бездротові протоколи, такі, як Wi-Fi та Bluetooth, хоча на практиці їх використання не є доцільним внаслідок малої гнучкості та високих енергозатрат приймачів/передатчиків. Тому зараз розробляються спеціальні протоколи для Mesh, котрі дозволяють позбутися недоліків, властивих традиційним мережам, а саме, низька енергоефективність та одночасний зв'язок з декількома вузлами. Найбільш перспективними сьогодні вважаються протоколи *B.A.T.M.A.N.* (Better Approach To Mobile Adhoc Networking), *OLSR* (Optimized Link State Routing Protocol) та *RPL* (Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks), кожен з яких активно використовується у Mesh мережах залежно від їх масштабу та призначення.

## Моделювання роботи електричних кіл засобами графічного програмування

Самодай В.С., *студент*; Тищенко К.В., *к.ф.-м.н., старший викладач*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Моделювання роботи електричних кіл – процес, який може бути виконаний багатьма засобами, починаючи від описання математичних моделей засобами мов програмування, до використання спеціалізованих систем автоматизованого проектування (напр. Proteus, Multisim Autodesk Circuits, LTspice та ін.). Перший підхід часо- та ресурсозатратний і потребує глибоких знань мов програмування. Другий дозволяє досягти потрібного результату, використовуючи бібліотеки, що моделюють роботу реальних електронних компонентів (напр. резистори, конденсатори, транзистори та ін.) і приладів (напр. вольтметри, амперметри, осцилографи, джерела живлення).

Графічне програмування дозволяє значною мірою спростити процес моделювання електричних схем шляхом з'єднання провідниками готових функціональних блоків і не заглиблюватись у створення складного програмного коду.

Розробка віртуальних лабораторних тобів з елементами моделювання роботи електричних кіл досить добре реалізується об'єднанням можливостей двох потужних пакетів компанії National Instruments, а саме, Multisim та LabVIEW. Перший дозволяє створювати електричні кола складної структури, та досліджувати процеси в них. Проте для виконання лабораторної роботи, розробленої в середовищі Multisim необхідним є встановлення на комп'ютер самого середовища розробки. Графічна мова програмування LabVIEW дозволяє створювати закінчені програмні додатки, і запускати їх в ОС Windows без будь-яких додаткових компонентів. Також LabVIEW дозволяє реалізувати зручний інтерфейс користувача з побудовою графіків та генерацією таблиць з результатами досліджень і їх збереження.

Нами було використано можливість САПР Multisim, створення бібліотечного модуля закінченого приладу, після чого виконувався його імпорт в LabVIEW. Далі змінюючи вхідні параметри моделювання, отримувались робочі залежності та формувався звіт. Такий підхід дозволив нам розробляти віртуальні лабораторні роботи з високою достовірністю відтворення роботи реальних приладів.

## Електронні системи на основі ефекту Доплера для візуалізації патологічних процесів

Лукавенко І.М., к.мед.н., доцент

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

В основі методу ультразвукової діагностики (УЗД) на основі ефекту Доплера лежить реєстрація відбитих від біологічних об'єктів ультразвукових хвиль.

Коефіцієнт поглинання УЗ суттєво змінюється при зміні структури тканини у зв'язку з розвитком в ній патологічного процесу. При дії на біологічну тканину УЗ викликає механічний, тепловий і фізико-хімічний ефекти, співвідношення між якими залежить від інтенсивності дії та зовнішніх умов, а його інтенсивне поглинання спостерігається на межі тканин з різними акустичними властивостями [1].

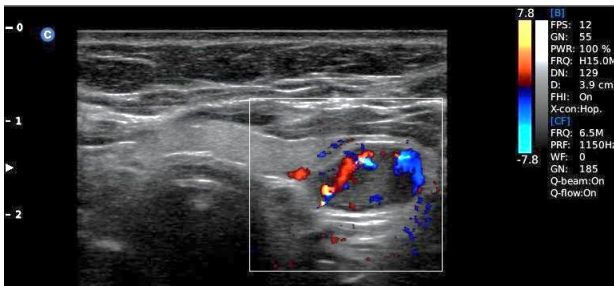


Рис.1. Візуалізація кровоплину в судинах щитоподібної залози з використанням кольорового ефекту Доплера (периферійний тип кровообігу навколо вузла \_ - ознака доброякісного процесу)

На основі сонограм (приклад наведений на рис.1) проведена оцінка швидкості кровоплину судин грудної та щитоподібної залоз. Доведено, що метод кольорового доплерівського картування в діагностиці захворювань дає повністю достовірний результат у випадку кіст.

1. І.М. Lukavenko, І.А. Symonenko, *J. Nano- Electron. Phys.* **13** No 4, 04025 (2021).

## Діатермокоагуляція в медицині

Хижня Я.В., *викладач*; Лищенко О.В., *студент*;  
Головко Я.А., *студент*; Колісниченко Д.А., *студент*.  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Діатермокоагуляція – це застосування з лікувальною метою електричного струму високої частоти, невеликої сили для руйнування патологічних утворень.

Високочастотний генератор електрохірургічний ДТС-03Х біполярний (без пасивного електрода)призначений для коагуляції кровоносних судин, припікання м'яких тканин струмом високої частоти.

Під час роботи необхідно встановити інтенсивність на мінімум і поступово збільшувати. Ефективність електрохірургічного проникнення залежить від потужності та часу дії. Чим менша потужність і довше час дії, тим глибше коагуляція. При поверхневій коагуляції рекомендується більша потужність і менший час дії. Вибираючи електрод, зверніть увагу на його розмір. Чим більший електрод, тим більше потрібна сила потужності, тим глибший ефект коагуляції. Педаль необхідно натискати лише під час хірургічного різання/коагуляції. 60 секунд робота, 60 секунд пауза (педаль відпущена).

Відмінна особливість коагулятора ДТЗ 03 х – це його технічні можливості: велика потужність 100 Ватт та висока частота 1760 кГц. Саме ці параметри в коагуляторі є головними, які впливають на якість різання та коагуляції. Висока частота та потужність посилює інтенсивність проникнення, при цьому мінімально травмує довколишні тканини, можна обробити велику зону в короткий час та з високою якістю роботи. Розміри насадок для коагулятора: довжина 4-5 см.

Діатермокоагуляція широко застосовується при лікуванні вугрів, телеангіоектазій, розацеа, видаленні доброякісних новоутворень (родимок, бородавок, папілом, ангіом, рубців, атером), вазомоторному риніті.

## **Investigating Architectural Approaches to ERP Systems Development**

Oleksii Voronenko, *Ph.D. Student*  
Sumy State University, Sumy, Ukraine

Enterprise Resource Planning (ERP) systems have become a vital part of modern businesses. The traditional monolithic approach for developing ERP systems has proven to be inefficient and inflexible in today's dynamic business environment. As an alternative, micro-service architecture has gained popularity due to its flexibility and scalability.

Firstly, micro-service architecture provides a modular approach to developing ERP systems, allowing developers to easily add, remove or modify services without affecting the entire system. This results in increased flexibility and faster deployment of new features. Secondly, micro-service architecture enables the scaling of specific services independently, leading to improved resource utilization and cost efficiency. Thirdly, micro-services enable the use of different technologies and programming languages within a single system, making it easier to integrate with other systems and services.

Several studies have shown the benefits of using micro-service architecture for developing ERP systems. For instance, a study by Kienle et al. (2019) found that micro-service architecture can lead to improved system scalability, better fault tolerance, and easier maintenance<sup>1</sup>. Another study by Kulkarni et al. (2021) demonstrated that micro-service architecture can reduce system complexity and improve deployment frequency<sup>2</sup>.

For example, a study by Kulkarni et al. (2021) reported that a company that migrated from a monolithic ERP system to a micro-service based ERP system experienced an increase in deployment frequency from once every six months to once every two weeks. Another study by Selim et al. (2020) reported that an organization that adopted a micro-service architecture for its ERP system achieved a deployment frequency of up to five times a day. Another benefit is data-processing time, study done by Lopez-Guerra et al. (2020) shows that data-processing time were reduced from 4:40 minutes to 5.32 seconds (fig. 1) in comparison to the same application made with a monolithic approach.<sup>3</sup>

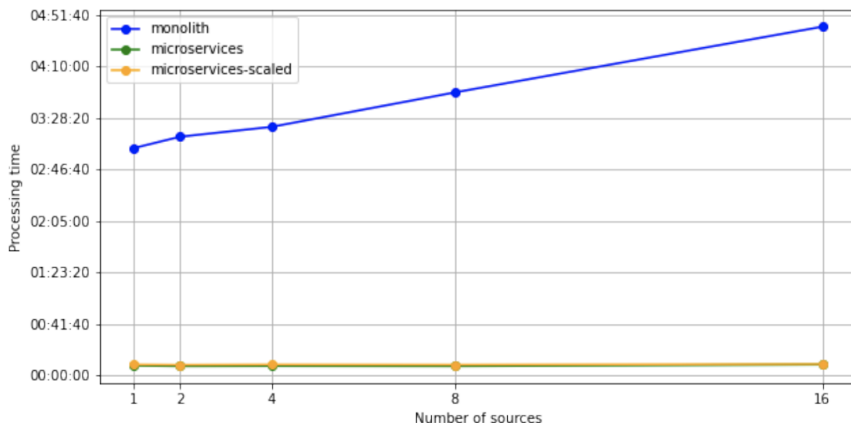


Figure 1. Processing time comparison between monolith and microservice application with altering number of data-sources

In conclusion, micro-service architecture provides several benefits for developing ERP systems, including increased flexibility, scalability, and cost efficiency. These benefits have been demonstrated in several studies, making it a viable alternative to traditional monolithic ERP systems.

1. H.M. Kienle, W. Hummer, M. Reichert, Microservices in enterprise resource planning systems: Opportunities and challenges. *Enterprise Information Systems* (2019).
2. A. Kulkarni, A. Kulkarni, V. Jadhav, A review on microservice architecture for ERP systems. *Journal of Information Technology and Management* (2021).
3. G.M. Selim, M.H. Zaman, M.S. Uddin, Microservices Architecture for ERP Systems: A Review. *Journal of Information Systems Engineering & Management* (2020).
4. I. Lopez-Guerra, I. Garcia-Varea, A. Torres-Gonzalez, A. Garcia-Fornes, From Monolith to Microservices: Software Architecture for Autonomous UAV Infrastructure Inspection (2020).



## Comparison of image data representations for Information Extreme based machine training systems

Papchenko Oleksandr, *Ph.D. Student*  
Sumy State University, Sumy, Ukraine

The information-extreme machine learning approach developed in Sumy State University found numerous applications [1]. Among others, object classifications of image data is one of the most widespread. The objective of the research is to compare two image data representation methods in regards to the speed and accuracy of machine learning method.

The information-extreme method is based on maximizing the amount of information obtained as the result of the algorithm learning stage. The process of optimization has an iterative procedure of optimizing the parameters of functioning. The criterion for optimization used is the modified Kullback's information measure. The growth of mobile devices gives an opportunity of creating mobile machine learning based applications, as these devices have small computation power, this brings up the task of existing approaches optimization [2]. This research compares two methods of image representation as a structured vector of features.

For the purpose of the research - the input images were converted to the grayscale format, each image had 100 x 100 pixels size. The input images contained three classes for recognition. Each class contained 10 images as the training data. As the training data was chosen images of fruits.

The "a" approach is to represent the image as the illumination matrix and flatten this matrix to get a vector size of  $n^2$ . This approach enables capturing structured objects on the image.

The "b" approach is to get the mean of the illumination value for each image column forming a feature vector size of  $n$ .

$$x_j = \sum_{i=1}^n \frac{P_{ij}}{n}, \quad (1)$$

where  $x_j$  is the value of the  $j$  feature in the result features vector,  $P_{ij}$  is the illumination of the pixel in  $i$  row and  $j$  column in the input image,  $n$  - height of the image. It should be noted that this approach is suitable for textures images - for example images of grass. For images which contain structured objects it is less suitable as this data representation is not able to capture objects contours. Compared to the "a" approach this representation contains  $n$  times less features - resulting in better performance, but less accuracy.

Fig. 1 describes algorithm Kullback's information measure for images of resolutions starting from 15 x 15 with step 5 up to original 100 x 100 resolution for two mentioned image data representations. On the right graph can see time taken in the learning stage for each proposed method with different input image resolutions.

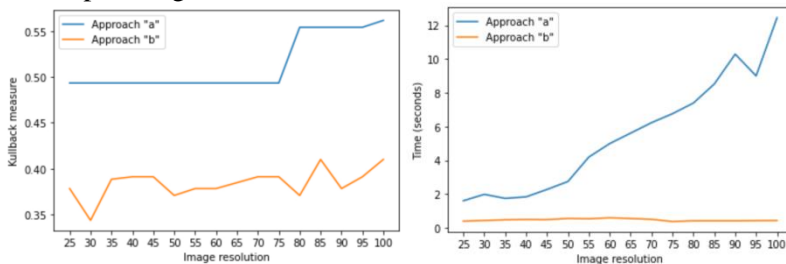


Fig. 1

In conclusion, we can see that the “a” approach has higher Kulback measure values while it takes more time to perform the learning and exam stages. If image is of the texture type - the “b” approach is appropriate - while giving comparable Kulback measure values it is much faster compared to the “a” approach, however if the task requires higher precision - the “a” approach is appropriate - for test images the input image resolution of 30 pixels is optimal - while giving comparable with “b” approach performance it gives 10% higher Kulback measure value.

Supervisor: *Kuzikov Borys, Department of Computer Science, Sumy State University, Sumy, Ukraine*

1. A. Dovbysh, I. Shelechov, J. Khibovska, O. Matiash, *Radioelectronic and Computer Systems*, 1, 70 (2021).
2. Yiren Zhou, Thanh-Toan Do, Haitian Zheng, Ngai-Man Cheung, “Computation and Memory Efficient Image Segmentation”, *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.* **28** No 1, 46 (2018).

## Акустоелектричні перетворювачі для контрольно-вимірювальних сенсорних систем

Баранов О.О., студент гр. ЕП.м-11н;

Шабельник Ю.М., к.ф.-м.н., доцент

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Акустоелектроніка – це галузь електроніки, що вивчає взаємодію механічних хвиль (зазвичай ультразвукових) і електромагнітних полів у кристалічних матеріалах і напівпровідниках. В акустоелектроніці використовується явище акустоелектричної взаємодії, за якої ультразвукові хвилі змінюють електричні властивості матеріалу. Це явище широко застосовується в різних електронних пристроях, таких як фільтри, осцилятори, підсилювачі та інші.

Основні переваги акустичних хвиль – мала швидкість поширення (приблизно в  $10^5$  разів менше швидкості поширення електромагнітних хвиль) і відносно невеликі втрати на поглинання і електро механічне перетворення.

До найбільш розповсюджених матеріалів в акустоелектроніці відносяться ніобат літію ( $\text{LiNbO}_3$ ), тантал літію ( $\text{LiTaO}_3$ ), арсенід галію ( $\text{GaAs}$ ), фосфат галію ( $\text{GaPO}_4$ ), карбід кремнію ( $\text{SiC}$ ), оксид цинку ( $\text{ZnO}$ ), нітрид алюмінію ( $\text{AlN}$ ) та фосфат алюмінію ( $\text{AlPO}_4$ ), тетраборат літію ( $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ), титанат цирконію свинцю ( $\text{PZT}$ ) та ін.

Є різні класифікації акустичних хвиль. По-перше, вони поділяються на поверхневі та об'ємні. Поверхневі, у свою чергу, поділяються на хвилі Релея, Лява, Лемба, Стоунлі, Гуляєва-Блюстейна (рис. 1). Об'ємні поділяються на поперечні та поздовжні.

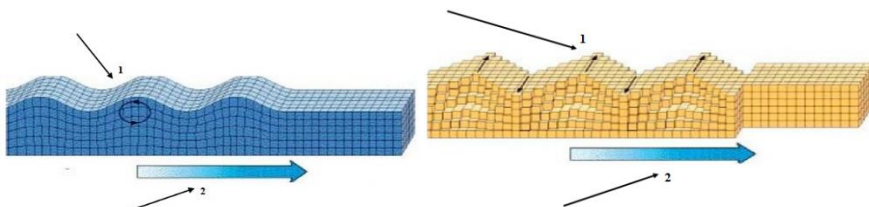


Рис. 1 – Хвиля Релея (а) та Хвиля Лява (б): 1 – напрямок розповсюдження; 2 – напрям руху частинок [1]

1. S. Trivedi, H.V. Nemade, *Int. J. Adv. Eng. Sci. Appl. Math.* 7 No 4, 210 (2015).

## **СЕКЦІЯ 5**

**«Електронні системи, прилади і засоби  
кодування інформації»**

## Хімічний склад та структура плівок $Zn_2SnO_4$ для прозорих електропровідних шарів електронних приладів

Лифар С.І., *аспірант*; Єрмаков М.С., *аспірант*;  
Пшеничний Р.М., *доцент*; Опанасюк А.С., *професор*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Протягом останніх десятиріч пильну увагу вчених привертають прозорі провідні оксиди (ТСО), такі як оксид індію та олова (ІТО),  $SnO_2$ ,  $ZnO$ . Це обумовлено тим, що вони поєднують низький питомий опір та високу прозорість з великою шириною забороненої зони ( $E_g > 3$  eВ), поширеністю в природі та нетоксичністю. Плівки ТСО у наш час використовуються як прозорі електроди плоскопанельних пристроїв, датчиків газу, сонячних елементів, світлодіодів (LED) тощо. Нажаль, їх застосування обмежене через хімічну або термічну нестабільність у певних середовищах та вичерпання можливостей покращення характеристик. Це обумовило пошук нових матеріалів ТСО серед яких найбільшу увагу привертає система  $SnO_2-ZnO$  та сполука  $Zn_2SnO_4$ . Метою дослідження було встановлення впливу часу синтезу на хімічний склад та структуру наночастинок (НЧ)  $Zn_2SnO_4$ . НЧ одержували гідротермальним методом. Розчини вихідних солей  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$  та  $SnCl_4 \cdot 5H_2O$  взятих у стехіометричних кількостях змішували, а потім повільно додавали розчин КОН. Одержаний гель поміщали у стальний автоклав і нагрівали до  $200$  °С. Час синтезу  $t_s$  змінювали в діапазоні від 16 до 32 годин. Для дослідження хімічного складу отриманих зразків використовували енергодисперсійний спектрометр AZtecOne сканувального електронного мікроскопу SEO-SEM Inspect S50-B. За результатами вимірювань визначалися атомні концентрації елементів та їх відношення  $C_{Zn}/C_{Sn}$ ,  $C_{Zn}/C_O$ ,  $C_{Sn}/C_O$ , а також теоретичне значення цих величин для стехіометричної сполуки.

Встановлено, що при збільшенні часу синтезу концентрація О в плівках спочатку зменшувалася, а потім починала зростати. В той же час для концентрації Zn і Sn спостерігалася протилежна тенденція. Хімічний склад найбільш близький до стехіометричного ( $C_{Zn} = 28,57$ ,  $C_{Sn} = 14,29$ ,  $C_O = 57,14$  ат. %) мали плівки синтезовані при часі  $t_s = 28$  годин ( $C_{Zn} = 28,20$ ,  $C_{Sn} = 14,00$   $C_O = 57,79$ ). Таким чином, встановлені умови синтезу НЧ  $Zn_2SnO_4$  з однофазною структурою і складом найбільш близьким до стехіометричного.

## Дослідження ширини забороненої зони $Zn_2SnO_4$ , отриманого методом спреї-піролізу, за різних умов синтезу та параметрів обробки після синтезу

Лісовенко О. І., аспірант; Д'яченко О. В., старший викладач;  
Опанасюк А. С., професор  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Застосування  $Zn_2SnO_4$ , нанесеного спреї методом, у фотовольтаїчних пристроях має великий потенціал, оскільки він може забезпечити швидку та ефективну передачу електронів. В сонячній енергетиці такий електрод є особливо актуальним, оскільки потрібен матеріал електрода, який буде якісним та стійким до впливу навколишнього середовища. Застосування  $Zn_2SnO_4$  у фотовольтаїчних пристроях забезпечує ефективну конвертацію сонячної енергії в електричну, що є необхідним для розвитку сонячної енергетики.

$Zn_2SnO_4$  - це напівпровідниковий матеріал, який можна отримати за допомогою різних методів, включаючи спреї-піроліз. Спреї-піроліз - це метод, який використовується для формування наночастинок матеріалу шляхом розпилювання органометалічних сполук в присутності газу.

Дослідження показують, що ширина забороненої зони  $Zn_2SnO_4$ , отриманого спреї-піролізом, залежить від умов синтезу та параметрів обробки після синтезу. Наприклад, дослідження, проведені авторами у статті "Preparation of  $Zn_2SnO_4$  nanoparticles by spray pyrolysis method: effect of synthesis parameters on structural and optical properties" (Kavitha et al., 2015) [1], показали, що ширина забороненої зони  $Zn_2SnO_4$  може змінюватися від 1,96 eV до 2,59 eV в залежності від температури синтезу та концентрації вихідних розчинів.

Інші дослідження, такі як "Synthesis and characterization of  $Zn_2SnO_4$  nanoparticles via spray pyrolysis method" (Saravanakumar et al., 2014) [2], показали, що ширина забороненої зони  $Zn_2SnO_4$  може залежати від кількості основних компонентів у вихідному розчині, температури синтезу та параметрів після синтезного оброблення.

Одним зі значущих досліджень, що вивчають властивості  $Zn_2SnO_4$ , отриманого спреї-піролізом, є робота "Structural, optical and photocatalytic properties of  $Zn_2SnO_4$  nanoparticles synthesized by spray pyrolysis method" (Mishra et al., 2017) [3]. У цьому дослідженні автори

використовували спрей-піроліз для синтезу  $Zn_2SnO_4$  з різними концентраціями розчинів за різних температур. Вони визначили, що ширина забороненої зони  $Zn_2SnO_4$  зменшується зі збільшенням концентрації розчину і збільшується зі збільшенням температури синтезу.

Крім того, у роботі "Photocatalytic activity of  $Zn_2SnO_4$  nanoparticles synthesized by spray pyrolysis method for the degradation of methylene blue" (Venkateswarlu et al., 2017) [4] дослідники вивчали фотокаталітичну активність  $Zn_2SnO_4$ , отриманого спрей-піролізом, у розкладі метиленового синього під впливом УФ-випромінювання. Вони визначили, що ширина забороненої зони  $Zn_2SnO_4$  становить близько 2,8 еВ, що є достатньою для ефективної фотокаталітичної реакції.

Отже, хоча ширина забороненої зони  $Zn_2SnO_4$  залежить від конкретних умов синтезу, можна зробити висновок, що  $Zn_2SnO_4$ , отриманий спрей-піролізом, може мати достатньо широку заборонену зону для застосування в фотокаталізі та інших напівпровідникових пристроях.

1. L. Kavitha, K. Kaviyarasu, J. Kennedy, B. Siddhardha, B. Jeyaraj, *J. Mater. Sci.: Mater. Electron.* **26**( No 9, 7317 (2015).
2. B. Saravanakumar, N. Muthukumarasamy, S. Ponnusamy, A. Narayanasamy, *J. Alloy. Compd.* **589**, 1 (2014).
3. N. Mishra, N. Chaturvedi, S. Shukla, *Mater. Sci. Semicond. Proces.* **62**, 33 (2017).
4. P. Venkateswarlu, P.S. Kumar, D.H. Kim, Y.S. Lee, H. Kim, *J. Alloy. Compd.* **697**, 277 (2017).

**Оптимізації структурних характеристик плівок SnS  
для сонячних елементів третього покоління**Євдокименко В.Ю., *аспірант*; Муквич В.Ю., *студент*;  
Опанасюк А.С., *професор*

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Сульфід олова (SnS) є багатообіцяючою сполукою, яка розглядається у наш час як альтернатива таким традиційним матеріалам поглинальних шарів сонячних елементів (СЕ) як GaAs, CdTe, Cu(In,Ga)(S,Se)<sub>2</sub>, Cu<sub>2</sub>ZnSn(S<sub>x</sub>Se<sub>1-x</sub>)<sub>4</sub>. Це обумовлено тим, що вона має провідність *p*-типу, ширину забороненої зони  $E_g = 1,1$  еВ (непряма) і 1,38 еВ (пряма), значення якої близьке до оптимального (1,5 еВ) та високий коефіцієнт поглинання світла  $\alpha > 10^4$  см<sup>-1</sup>. Разом з тим ця бінарна сполука є нетоксичною, її складові елементи широко поширені у природі, а при нанесенні матеріалу можуть бути використані технологічно прості методи, включаючи низькоенергетичні хімічні. Для покращення характеристик плівкових СЕ нанесених хімічними методами сьогодні широко використовуються відпали.

Метою дослідження було визначення впливу термічного відпалу на структурну та кристалічну якість плівок SnS, одержаних таким хімічним методом як розпилення.

Тонкі шари наносили розпиленням суспензій наночастинок на нагріті до 100 °С скляні підкладки. Синтез частинок SnS здійснювали методом осадження у водно-амонійному розчині з осаджувачем Na<sub>2</sub>S. Висушені плівки відпалювали у середовищі аргону при температурах  $T_a = (150-500)$  °С.

Дифрактометричні дослідження показали, що отримані плівки були нанокристалічними. При температурах  $T_a = (150-300)$  °С вони були однофазними та містили фазу SnS з орторомбічною структурою, яка мала переважну орієнтацією [111]. При підвищенні  $T_a$  до 350 °С піки від цієї фази розмиваються в гало, разом з тим з'являються відбивання від кристалографічної площини (001) гексагональної фази SnS<sub>2</sub>. Це на нашу думку пов'язано зі складними процесами перерозподілу сірки за товщиною плівки та перекристалізацією шарів. У міру збільшення температури відпалу до (450–500) °С відбувається утворення оксидної фази SnO<sub>2</sub>, що може бути пояснено присутністю кисню в аргоні.



## Вплив легування In на ширину забороненої зони плівок ZnO для потреб сонячної енергетики

Єрмаков М.С., *аспірант*; Киричко С.В. *студент*; Пшеничний Р.М.,  
*доцент*; Опанасюк А.С., *професор*

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

В останні роки пильну увагу вчених привертає оксид цинку (ZnO), який поєднує такі важливі характеристики, як низький питомий опір та високу прозорість в видимій області спектра. Це дозволяє використовувати плівки цієї сполуки в якості прозорих струмопровідних контактів та віконних шарів в цілій низці електронних приладів. Однак можливості покращення характеристик нелегованого матеріалу на цей час практично вичерпані, що привело до необхідності легування ZnO такими домішками, як Al, Ga, In.

Метою дослідження було встановлення впливу легування оксиду цинку індієм на оптичні характеристики плівок.

Тонкі шари легованого матеріалу були отримані безвакуумним методом спреї-піролізу молекулярних розчинів. В якості прекурсорів використано водні розчини  $Zn(CH_3COO)_2$  та  $InCl_3$ . Після цього отримані розчини змішувалися у відповідних пропорціях. Дану процедуру проводили на магнітному змішувачі. В результаті одержували прозорі молекулярні розчини з вмістом індію по відношенню до цинку 0, 1, 3, 5, 7 та 10 %. Дослідження пропускання отриманих зразків проводилося на приладі Varian Cary 4000 Uv-Vis Spectrophotometer на довжинах хвиль від 200 до 800 нм.

Результати вимірювання пропускання аналізувалися за допомогою графіків Таука. В результаті аналізу виявлене постійне зростання ширини забороненої зони матеріалу від  $E_g = 3,24$  до  $3,39$  eV зі збільшення вмісту In. Збільшення  $E_g$  можна пояснити ефектом Берштейна – Мосса. Висока концентрація домішок, що виникають внаслідок заміщення іонів  $Zn^{2+}$  іонами з більшим радіусом  $In^{3+}$  викликає розмиття їх енергетичних рівнів, що приводить до розширення забороненої зони оксиду.

Отримані результати свідчать, що іони індію успішно розчиняються в кристалічній решітці ZnO, що приводить до зміни її електронної структури.

## **Бортова система вагового контролю автомобіля**

Бережна О.В., доцент; Горячев О.Є., ст. викладач;

Юрченко В.І., студент гр. ЕС.м-21;

Мельник Р.В., студент гр. ЕС-91; Мороз М.В., студент гр. ЕС.м-21

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Для підвищення ефективності здійснення вантажоперевезень, для підвищення рівня безпеки на дорогах та для мінімізації надмірного зносу дорожнього полотна під впливом вантажівок, що порушують встановлені для них вагогабаритні норми, необхідно впровадження пристроїв та систем контролю навантаження на вісь автомобілів та оцінки ваги вантажу, що перевозиться.

Серед сучасних систем вагового контролю автомобілів виділяється три типи бортових систем зважування, таких як гідравлічна, пневматична та механічна. Системи, які базуються на вимірюванні тиску мастила в гідравлічній системі або повітря в пневматичній, мають загальні недоліки – складність налаштування системи та низька ремонтпридатність. Перспективним для створення бортових систем зважування бачиться універсальне рішення для багатьох типів автомобілів з використання тензодатчиків та їх встановлення на кожен вісь вантажівки.

Аналіз показав, що таке рішення забезпечує незалежність від типу підвіски автомобіля, високу надійність, великий період експлуатації, високу точність, відсутність похибки від зовнішніх умов та стану підвіски. Для зменшення вартості такого рішення пропонується використовувати оптимальну кількість тензодатчиків, одного мікроконтролеру з необхідним програмним забезпеченням замість блоку аналізу і розподільної коробки та під'єднання тензодатчиків до мікроконтролеру за допомогою модуля підсилення сигналу, що спрощує експлуатацію, збільшує модифікаційні можливості системи та полегшує ремонт.

Системи вагового контролю, що базуються на тензодатчиках, можуть здійснювати контроль навантаження, що припадає на кожен з осей автомобіля, визначати вагу вантажу, що перевозиться автомобілем, сигналізувати про перевищення осьового навантаження. Параметри, що визначаються, можна відображати на дисплеї водія і передавати до відповідних систем контролю та моніторингу.

### **«Розумний» USB-хаб модемного пулу автоматизованої системи**

Бережна О.В.<sup>1</sup>, доц.; Арбузов В.В.<sup>2</sup>, директор;

Кривоніс Ю.І.<sup>1</sup>, студент гр. ЕС.м-21; Кондратенко О.А.<sup>1</sup>, студент  
гр. ЕС-91; Васильєв В.Р.<sup>1</sup>, студент гр. ЕС.м-11

<sup>1</sup>Сумський державний університет, м. Суми, Україна

<sup>2</sup>ТОВ «Енергосервісне підприємство «Преобразователь»», м. Суми,  
Україна

Актуальним завданням в питаннях розвитку автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) є забезпечення своєчасного зчитування даних з лічильників учасниками ринку електроенергії, які лишаються можливості закупівлі електроенергії за більш дешевими тарифами при несвоєчасності надання даних.

В сучасних АСКОЕ дані з лічильників, які підключені до підстанційних GSM/GPRS модемів, зчитуються сервером АСКОЕ за допомогою модемного пулу, до складу якого входять GSM модеми та USB-хаб, до якого вони приєднані. Нестабільність живлення модемного пулу, наявність збоїв в роботі модемів, автоматичне оновлення операційних систем та віртуальних машин на сервері призводить до відмов у читанні лічильників. Відновлення роботи здійснюється вручну оператором АСКОЕ з ризиками несвоєчасного зчитування даних.

Дослідження показали, що для автоматичного відновлення роботи модемного пулу без участі людини необхідно до стандартної функціональності USB-хабу додати такі функції, які виконує оператор АСКОЕ при усуненні збоїв, що робить роботу хабу «розумною». Наприклад, якщо в процесі самоконтролю працездатності пулу USB-хаб зареєстрував невдалі спроби з'єднання з підстанційними модемами, хаб здійснює програмний рестарт відповідного модему шляхом відправки відповідної АТ-команди через USB-порт або, при відсутності результату, хаб здійснює «рестарт» модему шляхом тимчасового вимкнення живлення GSM модему. При відсутності результату USB-хаб повідомляє оператора АСКОЕ про відмову шляхом відправки СМС-повідомлення через працездатний GSM модем, а потік з'єднань автоматично переводиться до вільного модему у модемному пулі.

Автоматизація функцій Оператору АСКОЕ за рахунок «розумного» USB-хабу при виникненні різноманітних збоїв підвищує рівень своєчасності зчитування даних з лічильників в АСКОЕ.

## Захист інформації на базі методу книжкового гамування в інфокомунікаційних системах

Борисенко О.А., *професор*; Бережна О.В., *доцент*;  
Горішняк А.О., *аспірант*; Бирин О.О., *студент гр. ТК-91*;  
Савченко Д.С., *студент гр. ТК-91*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Впровадження сучасних інфокомунікаційних систем вимагає посилення вимог до безпеки інформації, що надає особливої актуальності пошуку високопродуктивних алгоритмів захисту інформації, що передається, з необхідною криптографічною стійкістю.

Аналіз методів захисту інформації показав, що при використанні асиметричних шифрів відсутня необхідність пересилання секретних ключів, але реалізація таких алгоритмів потребує виконання складних обчислень і, відповідно, вимагає більше часу для шифрування в порівнянні з симетричними шифрами. Тому доцільно розглянути можливість використання алгоритмів симетричного шифрування, які характеризуються швидким шифруванням з високою криптостійкістю.

За результатами дослідження пропонується використання методу гамування вхідних повідомлень, який забезпечує найбільшу криптостійкість за умови використання гами довжиною не менше ніж довжина вхідного повідомлення. Різновидом такого методу шифрування є метод книжкового гамування, який дозволяє використовувати в якості гами сторінки шифрувального блокноту. Принцип шифрування полягає у заміні символів вхідного повідомлення і символів гами цифровими еквівалентами, які потім підсумовуються за модулем  $N$ , де  $N$  – кількість символів у алфавіті, що застосовується. Неможливість проведення частотного аналізу зашифрованого таким методом повідомлення значно підвищує стійкість даного шифру до несанкціонованого розшифрування. Складність передачі гами шифру отримувачу зашифрованих повідомлень пропонується подолати шляхом формування множини шифрувальних блокнотів (можливо із застосуванням відкритих джерел) і алгоритму вибору сторінок блокноту для здійснення операцій шифрування/розшифрування.

Запропонований метод книжкового гамування є більш ефективним при апаратній реалізації, що дозволить в інфокомунікаційних системах забезпечити швидке шифрування з високим рівнем криптостійкості.

## **Технологія блокчейн як інструмент побудови розподіленої системи довіри в системах моніторингу громадського транспорту**

Бережна О.В.<sup>1</sup>, доц.; Арбузов В.В.<sup>2</sup>, директор;

Мазуркевич О.А.<sup>1</sup>, студент гр. ТК-01;

Орлов В.В.<sup>1</sup>, студент гр. ЕС-91

<sup>1</sup>Сумський державний університет, м. Суми, Україна

<sup>2</sup>ТОВ Енергосервісне підприємство «Преобразователь», м. Суми

Стрімкий розвиток Інтернету речей надає нові можливості для задоволення таких важливих суспільних потреб, як підвищення ефективності роботи систем моніторингу громадського транспорту.

Сучасні системи моніторингу, як правило, є централізованими автоматизованими системами трекінгу з єдиним сервером бази даних, де обмін інформацією між GPS датчиками транспортних засобів та сервером здійснюється за допомогою супутникових та GPRS мереж.

Власник централізованої системи моніторингу, як правило державний орган (Регулятор), не може гарантувати повноту бази даних або відсутність несанкціонованого втручання до її роботи на користь будь-кого. В свою чергу власник транспортних засобів (Оператор послуг) не може гарантувати їх рух із увімкненими GPS датчиками, а пасажир (Споживач послуг) не має достовірної інформації про наявність транспорту на встановлених Регулятором маршрутах. Між учасниками такої ієрархічної централізованої бізнес-моделі є низький рівень довіри до результатів трекінгу, а сама модель досягла максимуму своєї ефективності та потребує для подальшого свого розвитку підвищення рівня контролю, взаємодії та довіри між всіма учасниками.

Дослідження показали, що підвищення ефективності у наданні транспортних послуг пов'язане з залученням Споживача до моніторингу переміщення транспорту, що потребує міграції від ієрархічної централізованої бізнес-моделі до децентралізованої моделі із встановленням пірингових горизонтальних спорадичних бізнес-відносин з високим рівнем довіри між суб'єктами моделі без посередників. Така реорганізація потребує створення пірингової децентралізованої системи з децентралізованою базою даних, розподіленою між суб'єктами взаємовідносин. З цією метою у кожному транспортному засобі необхідно забезпечити підключення до корпоративної пірингової мережі GPS датчиків, транспондерів та смартфонів пасажирів з можливістю реєстрації в них транзакцій,

пов'язаних з наданням транспортних послуг шляхом запису інформаційного блоку щодо всіх параметрів здійсненої транзакції.

В інформаційних блоках міститься інформація з міткою часу про такі транзакції, як наявність транспорту на маршруті, факт вимкнення GPS датчику або транспондери, реєстрація пасажирів, реакція Регулятора та Оператору послуг на зафіксовані порушення. При несанкціонованому вимкненні транспондерів факт знаходження транспорту на маршруті оцінюється завдяки наявності зафіксованих транзакцій в смартфонах пасажирів про їх геолокацію, завдяки підключенню смартфонів до GPS та 4G/5G мереж.

Інструментом підвищення довіри між суб'єктами, що здійснюють транзакції за допомогою мережі Інтернет, доцільно використовувати технології блокчейн. Використання цієї технології дозволяє у кожному пристрої для кожного інформаційного блоку обчислювати за криптографічними алгоритмами значення відповідної хеш-функції, яка враховує хеш-значення попередніх інформаційних блоків. Ця особливість унеможливує зміни історії та змісту інформаційних блоків про виконані транзакції заднім числом непомітно для всіх інших учасників. Копії ланцюжків таких блоків зберігаються на різних смартфонах, транспондерах та серверах Регулятора або Оператору послуг незалежно друг від друга шляхом створення реплікованої розподіленої бази даних децентралізованої системи моніторингу.

Застосування технології блокчейн усуває потребу у наявності будь-яких традиційних в економіці посередників довіри до результатів моніторингу (суди, комісії), оскільки усуває саму необхідність довіри та замінює її доказами. Таким чином завдяки технології блокчейн стає можливим використання нової бізнес-моделі організації трекінгу на основі впровадження розподіленої системи довіри в рамках якої невідомі один одному учасники, можуть вступати в безпосередні, рівні довірливі стосунки на засадах добровільного приєднання до цієї системи без звернення до будь-якої центральної організації.

Використання технології «блокчейн» як інструменту побудови розподіленої системи довіри між Споживачем, Регулятором та Оператором послуг в системах моніторингу громадського транспорту дозволяє підвищити якість та прозорість надання транспортних послуг, зменшити транзакційні витрати Регулятора за рахунок міграції від ієрархічних зв'язків до горизонтальних без участі посередників, підвищення доходів у Оператора послуг та державних бюджетів.

## Structural characteristics of films MnTe and Cd<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>Te for radiation detectors

Oleg Pysany *PhD student*; Kuzmenko Sergey *student*; Anatoliy Opanasyuk  
*Professor*

Sumy State University, Sumy, Ukraine

The MnTe compound and the Cd<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>Te solid solution attract the increased attention of researchers due to the possibility of creating a number of electronic, magneto- and optoelectronic devices based on them. At the same time, recently, Cd<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>Te is considered as an alternative to the compound Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>Te for use in X-ray and gamma radiation detectors. Importantly, the band gap ( $E_g$ ) and lattice constant ( $a$ ) of the ternary semiconductor can be effectively controlled by varying the Mn concentration. This makes this material promising for creating heterojunctions with properties close to ideal. However, nowadays, the films of MnTe, Cd<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>Te compounds have not been sufficiently studied due to the complexity of their production since the vapor pressure of the material components differs significantly. This determined the purpose of the work - to study the effect of substrate temperature on the composition and structural characteristics of films of solid solutions.

Cd<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>Te films were obtained on cleaned glass substrates in a VUP-5M vacuum unit. Evaporation of the mixture of CdTe and MnTe charge was carried out by the quasi-closed volume method. The temperature of the substrate when applying the films varied in the interval  $T_s = (573-823)$  K. The temperature of the evaporator was  $T_e = 1123$  K. The condensation time of the films was  $t = (8-10)$  min.

Structural studies of chalcogenide layers were performed on a DRON 4-07 X-ray diffractometer in Ni-filtered  $K_\alpha$  radiation of a copper anode. Shooting was carried out in the range of  $2\theta$  angles from 200 to 800, where  $2\theta$  is the Bragg angle.

It was established that the films obtained at substrate temperatures  $T_s < 773$  K corresponded to a Cd<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>Te solid solution with a cubic structure and different Mn content. The layers obtained at the substrate temperature  $T_s = 823$  K consisted of hexagonal MnTe. At intermediate  $T_s$ , the condensates contained a mixture of two phases, MnTe and Cd<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>Te. The conducted studies show that by changing the temperature of the substrate, it is possible to obtain both MnTe films and their solid solution..

## Аналіз роботи випрямлячів змінного струму на діодах

Борисенко О.А., *професор*; Товстогуз Б.О., *студент*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Випрямляч змінного електричного струму – напівпровідниковий пристрій, призначений для перетворення змінного входного електричного струму в постійний струм. Для цього використовуються елементи, що проводять струм лише в одному напрямку. Ставиться задача розглянути їх структури, що застосовуються на практиці, та провести аналіз їх ефективності і порівняти між собою. Випрямлячі бувають з одним та двома періодами. Більш складними є мостові.

На рисунку нижче показана схема й принцип дії випрямляча з одним півперіодом. Використовуючи односторонню провідність напівпровідникового діода, струм у зворотному напрямку відтинається.

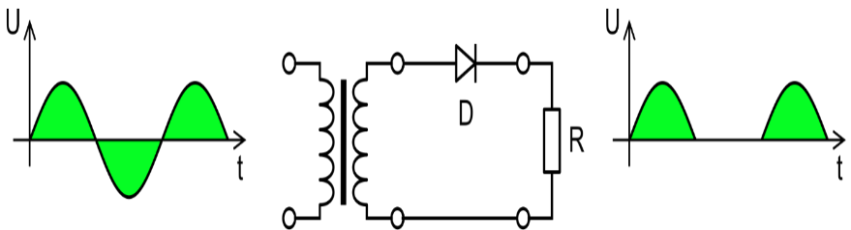


Рис. 1 – Схема випрямляча з одним півперіодом

При встановленні на верхній частині вторинної обмотки трансформатора полярності "+", а на нижній "-" діод «D» відкривається і струм протікає від вторинної обмотки трансформатора через навантаження R. При зміні полярності напруги на первинній обмотці трансформатора — діод «D» закритий і струм через навантаження не протікає.

Перевагою схеми з одним півперіодом є простота схеми, тому що використовується лише один діод. Недоліками даної схеми є малий ККД і велика пульсація напруги на схемі.



Як видно зі схеми на відміну від випрямляча з одним півперіодом у випрямлячі з двома півперіодами, струм у навантаженні протікає двічі за період у тому ж самому напрямку. Це зменшує величину пульсацій, але ускладнює пристрій.

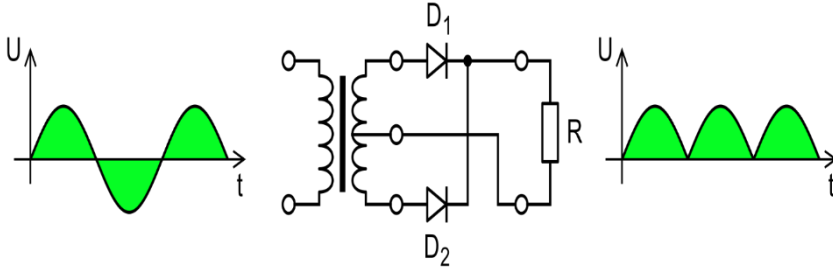


Рис. 2 – Схема випрямляча з двома півперіодами

Для збільшення потужності випрямленого струму використовується мостова схема. Чотири діоди з'єднані таким чином, що під час половини періоду працюють лише два з них, а під час наступної половини — два інші, даючи струм в тому ж напрямку. Перевагою мостового однофазного випрямляча є те, що у цієї схеми вдвічі менша зворотна напруга на діоди, порівняно зі схемою з нульовим виводом та високий коефіцієнт використання потужності трансформатора.

Недоліком схеми є необхідність застосування чотирьох діодів, що призводить до більшого падіння напруги в випрямлячі.

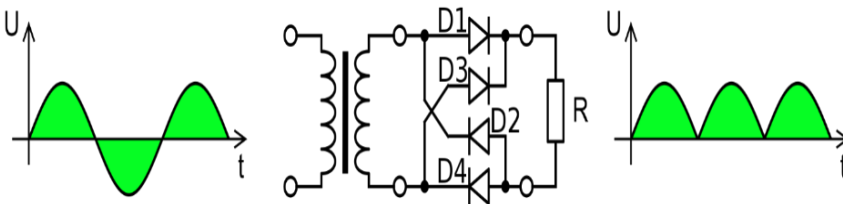


Рис. 3 – Схема мостового однофазного випрямляча

**Electronic system of remote control of the facility**

Sema Andriy, *ES-91, Student*; *Shevchenko Maryna*, *PhD student*;  
*Kulyk Igor*, *Associate Professor*

Sumy State University, Sumy, Ukraine

Remote control is transfer of control influences to manage objects remote from the operator. If the object is moving that signals are sent impossible because it is at a considerable distance or in an aggressive environment.

The implemented analysis on remote control systems demonstrates that they differ in the type of communication channels:

1) wire channels are used mostly to control mobile means systems, industrial equipment, laboratory facilities or special objects;

2) radio channels are used to manage moving objects in the main – radio-controlled sports models, emergency equipment, unmanned aerial vehicles, military vehicles or in the situations when the transmitter and receiver are out of the limits of direct visibility;

3) the ultrasonic channels are rarely used to monitor moving and stationary objects at relatively short distances.

But infrared communication channels are becoming more and more widespread due to the extensive introduction of infrared light-emitting diodes and lasers. This is explained with some advantages of the infrared channels in comparison with the cable or radio channels such as absence of electromagnetic disturbances, high security against interception, no necessity to allocate a frequency range, fast deployment, unlimited signal propagation speed. In atmospheric conditions, the infrared communication channels, depending on the power and purpose, can transmit signals from a few meters or less to several tens of kilometers.

The developed electronic system of remote control consists of the transmitter, receiver and executive mechanisms (relay, electric actuators and so on). A feature of remote control systems is that they react to certain external influences within a certain time. The considered system of remote control of the facility is embedded one based on a microcontroller that uses not only for forming control signals but also for establishing a connection, coding data and checking transmission correctness. The transmitters and receivers of infrared signals are most often performed as separate integrated modules behind the front panel of the controlled device.

## Захист інформації з допомогою перестановок

Борисенко О.А., *професор*; Горішняк А. А., *аспірант*; Бивалін Р. А.,  
*студент*

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Перестановки це математичний об'єкт, який широко розповсюджений в математиці. Їх використовують при рішенні задач комбінаторної оптимізації, в абстрактній алгебрі, а також при захисту інформації від несанкціонованого доступу. Також вони дозволяють знаходити помилки при передачі повідомлень.

Це можливо тому що перестановки це об'єкти, які складаються з елементів, що не повторюються. Наприклад, якщо перестановки складаються з 3 елементів а б с, то можна скласти 6 перестановок: абс, асб, бас, бса, саб, сба. Відповідно ними можна закодувати 6 повідомлень.

Якщо при передачі якоїсь перестановки з'являється комбінації, які не є перестановками, наприклад ааб або саа, то це буде ознакою помилки. Помилки в перестановках можна не тільки знаходити, а й виправляти.

Також перестановки, якщо їх буде достатня кількість, захищають інформацію від несанкціонованого доступу, і чим більше буде елементів в перестановках, тим надійніший буде захист. Перестановкам ставляться у відповідність повідомлення, що передаються.

Кількість перестановок знаходиться як факторіал від кількості їх елементів. Так, якщо кількість елементів дорівнює 6, то кількість перестановок буде дорівнювати 720.

З подальшим збільшенням кількості елементів перестановок їх кількість збільшується за експонентою. Тому декодувати без знання ключів шифру ці перестановки досить складно і відповідно вони мають високу стійкість. Наряду з закритістю від дешифрування перестановки ще й завадостійкі.

Таким чином, перестановки можуть ефективно використовуватися в задачах зв'язку одночасно для боротьби з завадами і несанкціонованим доступом до інформації.

## Критерії завершення складання двійкових біноміальних чисел

Шевченко М.С., *аспірант*; Косов О.О., *ЕС.м-21, студент*

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Наявність ефективних арифметичних операцій та алгоритмів, що їх реалізують, для спеціалізованих нетрадиційних систем числення є стимулюючим фактором щодо їх впровадження в цифрових пристроях і комп'ютерних системах. Моделі і алгоритми складання двійкових біноміальних чисел, які розробляються, відіграють значну роль в розробці нових інформаційних технологій обробки даних на основі біноміальних систем числення, особливо, якщо зважити на позитивні і корисні властивості біноміальних чисел.

Для арифметичного складання двійкові біноміальні числа  $X$  і  $Y$  представляються у вигляді  $(0,1)$ -матриць, де одиничні комірочки матриці відображують присутність вагових коефіцієнтів в запису біноміального числа. Сам процес додавання біноміальних чисел  $X$  і  $Y$  відбувається за допомогою  $(0,11\dots 1)$ -матриці, тобто матриці біноміального складання. Таким чином, при формуванні результату суми здійснюється перетворення  $(0,11\dots 1)$ -матриці до  $(0,1)$ -матриці, яка повинна представляти результуюче двійкове біноміальне число  $Z = X + Y$ .

Ознаками завершення операції складання є досягнення відповідності критеріям, які визначають  $(0,1)$ -матрицю двійкового біноміального числа. До таких критеріїв, що розглядаються як умови завершення додавання біноміальних чисел  $X$  і  $Y$  відносяться наступні:

1) координати  $\alpha$  стовпців одиничних комірок, які відносяться до результату суми  $Z = X + Y$ , повинні складати строго монотонно спадну послідовність значень  $\alpha$ :  $k > k-1 > k-2 > \dots > 1$ , або її префіксну частину, починаючи зі значення  $\alpha = k$ ;

2) для сусідніх по стовпцям одиничних комірок матриці, які відносяться до результату суми  $Z = X + Y$ , з координатами рядків  $\Delta''$  і  $\Delta'$  повинна дотримуватись нерівність:  $\Delta'' \geq \Delta'$ , тобто кожна наступна одинична комірочка  $(0,1)$ -матриці не повинна розташовуватися вище по рядку попередньої комірки, що містить одиницю.

Дотримання критеріїв завершення складання двійкових біноміальних чисел в результаті забезпечує вірне значення їх суми  $Z = X + Y$ .

## **Building an adaptive system for counting the number of binary units**

Kulyk Igor, *Associate Professor*; Shevchenko Marina, *PhD student*;  
Grekov Taras, *ESm-21, Student*  
Sumy State University, Sumy, Ukraine

Counting of binary units plays an important role in putting into practice of different methods of coding information and combinatorial optimization. For example, the number of units computing is necessary when forming binomial numbers or index numbers for the compressed binary sequences. The determination of the number of units is also important when transmitting information in order to detect errors. In doing so when the methods of counting of binary units are realized their time parameters and volume of hardware and software costs can affect performance of the coding system or other information systems to a large extent.

Application of shift operations kind of  $S \leftarrow S \wedge (S-1)$  and  $\bar{S} \leftarrow \bar{S} \wedge (\bar{S}-1)$  is a prospective method of unit counting, where  $S$  is an binary  $n$ -digit sequence, and their  $k$  units to be counted. Counting time is  $t = k$  of machine clock cycles, and in the worst case the largest duration of this operation can be equal to  $t = \lfloor n/2 \rfloor$  of clock cycles. Using the pointed operations is advantageous for «rarefied» combinations  $S$  when the number of units (or zeros) is small. But if the number of units (or zeros) approach the value of  $n/2$ , the method loses its attractiveness.

One more effective method is so called the combinatory method that is based on the operations of shifting and arithmetic summing of even or odd digits of an initial sequence  $S$ . Time of working for the algorithm that realizes this method is equal to  $\lceil \log_2 n \rceil$ . The positive quality of the method is the constancy of  $\lceil \log_2 n \rceil$  which is independent from the value of  $k$ . But the negative factor is some increased complexity of the counting algorithm that reflects on the volume hardware and program costs at practical realization.

Comparison of advantages and disadvantages for the pointed methods gives us justification for building the adaptive system for counting the number of binary units. Switching from one to another modules that put into practice the considered methods executes necessarily according to the value of a probability of binary unit appearance in an initial sequence.

## Голографічний пристрій відображення інформації

Подобрій А.Д., студент гр. ЕС-91;  
Горячев О.Є., старший викладач

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Голографічні дисплеї - це нова технологія, що використовує принципи голографії для створення тривимірних зображень, які можна розглядати під різними кутами. Ця технологія має величезний потенціал у багатьох галузях, включно з освітою, медициною, розвагами і виробництвом. Пристрої відображення голографічної інформації також можуть допомогти людям краще зрозуміти навколишній світ і поліпшити спосіб взаємодії з інформацією.

Однією з основних технологій, що використовуються в голографічних дисплеях, є технологія фазової модуляції. Для створення тривимірного зображення необхідно змінити фазу світла, що проходить через екран. Фазомодульований сигнал має такий вигляд:

$$s(t)=g(t) \sin[2\pi f_c t+\varphi(t)] \quad (1)$$

Для створення голографічного зображення спочатку створюється хвильовий фронт, який містить інформацію про форму і положення об'єкта. Потім ця область ділиться на дві частини: одна йде безпосередньо до дисплея, а інша проходить через лінзу або інший оптичний елемент. Коли ці дві частини знову сходяться, вони створюють тривимірне зображення.

Для створення складних голографічних зображень потрібен складніший процес фазової модуляції. Створюються декілька різних хвильових фронтів, кожен з яких представляє окрему частину зображення.

Хоча голографічні пристрої відображення все ще перебувають на стадії розробки, цей підхід має великий потенціал і може мати важливе значення для розробки майбутніх пристроїв відображення. На відміну від традиційних пристроїв відображення, таких як монітори, які створюють плоскі зображення, голографічні пристрої можуть створювати зображення, настільки ж реалістичні, як об'єкти реального світу в тривимірному просторі.

## Пристрій GSM-автосигналізації

Чхун Ю.С., студент гр. ЕС-91; Гриненко В.В., доцент  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Захист автомобілів за допомогою автосигналізації на сьогодні є обов'язковим атрибутом, що дозволяє запобігти викраденням авто або пограбуванням їх вмісту.

Метою роботи є розробка GSM-автосигналізації з технологією GPS, що дозволяє власникам контролювати стан своїх транспортних засобів з будь-якого місця за допомогою мобільного телефону та відкриває безліч можливостей для захисту своїх автомобілів.

В запропонованому пристрої модуль GSM з'єднаний з головним блоком Com-портами які передають команди власника або надсилають повідомлення тривоги. Управління GSM модемом здійснюється за допомогою набору AT-команд для керування автосигналізацією, таких як набір номера, встановлення з'єднання або зміна параметрів налаштування.



Рисунок 1 – Структура пристрою GSM-автосигналізації

Процес роботи пристрою GSM сигналізації в режимі охорони полягає у контролі сигналів від датчиків і повідомлень від власника. Головний блок аналізує сигнал в очікуванні виклику від телефону власника для отримання команд. Після синхронізації телефону з сигналізацією, власник зможе відстежувати місцезнаходження свого транспортного засобу та віддалено керувати деякими його функціями, такими, як запуск двигуна або відкриття дверей.

## Генератор комбінаторних конфігурацій на основі багатозначних біноміальних чисел

Федоренко І.В., студент гр. ЕС-91;

Протасова Т.О., старший викладач; Бережна О.В., доцент  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

В даний час широко використовуються комбінаторні методи вирішення завдань обробки, зберігання, перетворення, стиснення, передачі інформації, захисту даних від несанкціонованого доступу, криптографії та криптоаналізу. Елементарною одиницею цих операцій є комбінаторні конфігурації. Найчастіше використовуються перестановки, композиції, сполучення, сполучення з повторенням. Існуючі алгоритми формування комбінаторних конфігурацій, а також пристрої, побудовані на їх основі, досить складні і неуніверсальні.

Ефективніше задачу генерування комбінаторних конфігурацій можна вирішувати за допомогою багатозначної біноміальної системи числення, яка використовується як посередник. За такого підходу спочатку формуються числа біноміальної системи числення, а потім їх перетворюють в комбінаторні конфігурації.

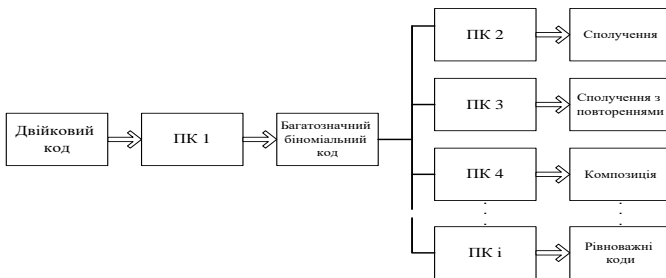


Рисунок 1– Структура отримання комбінаційних конфігурацій на основі багатозначних біноміальних кодів

Перетворення заданого двійкового коду у відповідний багатозначний біноміальний код виконується на основі методу порозрядного обчислення, що істотно підвищує швидкість перетворення двійкового коду в комбінаторний код.



## Програма перетворення десяткових цілих чисел в двійкові

Борисенко О.А., *професор*; Кузьменко С.С., *студент*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Пропонується програма перетворення десяткових чисел в двійкові написана на мові C++, яка використовує швидкодіючий алгоритм, в якому використовується діапазон значень чисел, що зберігається у вигляді масиву з  $2^N$  елементами де  $N = \{1, 2, 3 \dots R\}$ . На вхід програми подається ціле невід'ємне значення числа, яке не більше за подвоєне останнє значення з діапазону чисел, що перетворюються. Потім запускається цикл який починає перевірку з кінця. Якщо вхідне число більше ніж  $2^N$  то у  $N$ -му розряді в двійковому числі буде представлена одиниця (1), в іншому випадку нуль (0). На кожній ітерації  $N$  буде зменшуватися на 1. В результаті після проходження всього циклу ми отримуємо двійкове число. Діапазон значень може змінюватися, від 0 до 4294967295,. Щоб його збільшити можна створити спеціальний клас чисел, який буде записувати великі числа в масив рядків. Нижче на рис.1 наведений програмний код алгоритму.

```
#include <iostream>

using namespace std;

int main()
{
    // 2^0 2^1 2^2 2^3 2^4 2^5 2^6 2^7 2^8 2^9 2^10
    unsigned int diapazon[] = {1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024};
    const int amount = 11;

    unsigned int *result = new unsigned int[amount];
    int declNum;
    cout << "Enter declNumber < "<< diapazon[amount-1]*2 << endl;
    cin >> declNum;

    int poz = amount-1;

    for (int i = amount-1; i >=0; i--) {
        if (declNum >= diapazon[i]) {
            declNum -= diapazon[i];
            result[poz] = 1;
            poz--;
        } else {
            result[poz] = 0;
            poz--;
        }
    }

    for (int i = amount-1; i >=0; i--) {
        cout << result[i];
    }
}
```

Рисунок 1 – Програмний код

## Systems of code-forming constraints for uniform binary binomial numbers

Shevchenko Maryna, *PhD student*; Abramyan Anton, *TK-91, Student*;  
Kulyk Igor, *Associate Professor*  
Sumy State University, Sumy, Ukraine

Using binomial numerical systems is a perspective science-technical way to solving information tasks on data encryption and compression, generation of different combinatory objects, realization of high reliable controlling and hardware diagnostics. But binomial numerical systems generate non-uniform binomial numbers and this fact complicates their application in digital devices and systems. For example, summation of binomial numbers requires operations to make on uniform code combinations, and when building digital nodes processing binary binomial codes of equal length is called for.

Non-uniform binary  $(n, k)$ -binomial numbers  $X_j = x_1x_2\dots x_{r-1}x_r$  with  $r \leq n-1$  are to satisfy the following systems of constraints:

$$\begin{cases} l = n - k \\ x_r = 0 \end{cases} \quad \text{and} \quad \begin{cases} q = k \\ x_r = 1 \end{cases}.$$

Transition from the non-uniform binomial numbers  $X_j$  to the uniform  $X'_j$  is carried out enough easily by attaching series 00...0 of  $n-r-1$  zeros from the lower digits of  $X_j$  until the general number of digits is equal to  $n-1$ . It's also high expediently to obtain systems of constraints for uniform binary binomial numbers  $X'_j$  for their formation and control. Comprehensive analysis of code representations of uniform  $X_j$  allows us to determine constraints that look like this:

$$\begin{cases} l = n - k \\ 0 \leq q \leq k \\ x_{n-1} = 0 \end{cases} \quad \text{and} \quad \begin{cases} q = k \\ l = n - k - 1 \\ x_{n-1} = 1 \end{cases}.$$

The obtained systems of code-forming constraints for uniform binary binomial numbers give us convenient and enough simple technique for their generation and recognition in various coding applications at different binomial devices and systems functioning.

## Перспективи впровадження технологій стандарту 5G

Гриненко В.В., доцент; Іващенко С.М., студент гр. ТК-91  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

З урахуванням зростаючої взаємозалежності країн та регіонів у світі, виникає все більш гостра потреба в швидких та надійних мережах зв'язку. Розгортання технології 5G було однією з найбільш очікуваних подій у сфері бездротового зв'язку за останні роки, завдяки обіцянкам забезпечити вищою швидкістю, більшою пропускну здатністю та меншою затримкою, ніж будь-коли раніше. Хоча впровадження мережі 5G може принести значні переваги економіці, суспільству та технологічному розвитку країн, але його успіх залежить від подолання викликів, пов'язаних з інфраструктурою, регулюванням та безпекою.

Архітектура мережі 5G розроблена так, щоб бути більш гнучкою та адаптованою, використовуючи більш ефективно технології попередніх стандартів мобільного зв'язку. А також впровадивши такі нові функції, як mmWave, Network Slicing, Edge computing.

5G використовує високочастотні частоти mmWave, що забезпечує швидшу передачу даних порівняно з попередніми стандартами мобільного зв'язку. Однак ці частоти можуть мати обмежене покриття та проникнення сигналу, що може призвести до менш стабільного з'єднання. Крім того, частоти mmWave можуть вимагати більше вузлів для підтримки покриття.

Network Slicing – це технологія, яка дозволяє розділяти мережу на окремі сегменти, які можна адаптувати до конкретних вимог, таких як швидкість, пропускну здатність тощо. Це забезпечує більшу гнучкість в управлінні мережею та кращий розподіл ресурсів [1].

Edge computing – це технологія, яка дозволяє обробляти й аналізувати дані на межі мережі, ближче до пристроїв, що генерують дані. Це зменшує затримку та покращує загальну продуктивність мережі [2].

Ці можливості роблять мережі 5G більш ефективними, рентабельними та масштабованими, дозволяючи їм підтримувати різноманітні варіанти використання, включаючи розширений мобільний широкопasmовий зв'язок, масовий зв'язок машинного типу та наднадійний зв'язок із малою затримкою.

Готовість країн до впровадження 5G є питанням, яке потребує уваги. Дослідження Speedtest Intelligence показало, що 29 країн світу у понад 20% користувачів мають доступ тільки до 2G і 3G, що заважає мобільним операторам підвищити ефективність мереж 4G і 5G [3].

Очікується, що переваги технології 5G будуть значними, і різні зацікавлені сторони прогнозують, що вона сприятиме інноваціям, підвищить продуктивність і створить нові економічні можливості. Наприклад, за оцінками Європейської комісії, розгортання мереж 5G в Європейському Союзі (ЄС) принесе 113 мільярдів євро доходу та створить 2,4 мільйона робочих місць до 2025 року [4].

З одного боку, покращення існуючих технологій та перехід до 5G має потенціал для трансформації різних галузей, включаючи охорону здоров'я, освіту, транспорт і виробництво, а також запровадження нових додатків і послуг, які можуть покращити життя людей і сприяти економічному зростанню країн. З іншого боку, вимагає значних інвестицій у нову інфраструктуру, таку як базові станції, антени та волоконно-оптичні кабелі, що може стати суттєвою перешкодою для входу на ринок для багатьох країн. Крім того, розподіл спектру для мереж 5G і регулювання розгортання та експлуатації мережі вимагають координації між багатьма зацікавленими сторонами, включаючи державні установи, мережевих операторів і галузеві асоціації. Нарешті, розгортання мереж 5G створює нові ризики безпеки, такі як кібератаки, шпигунство та саботаж, які вимагають надійних заходів безпеки.

1. Y. Shi, Y. E. Sagduyu, and T. Erpek, "Reinforcement learning for dynamic resource optimization in 5g radio access network slicing," in 2020 IEEE 25th International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD), 2020, pp. 1–6.
2. S. Wang, X. Zhang, Y. Zhang, L. Wang, J. Yang, and W. Wang, "A survey on mobile edge networks: Convergence of computing, caching and communications," IEEE Access, vol. 5, pp. 6757–6779, 2017.
3. McKetta I. Stable and expanding: the state of 5G worldwide in 2022. Ookla - Providing network intelligence to enable modern connectivity. URL: <https://www.ookla.com/articles/state-of-worldwide-5g-2022> (date of access: 30.03.2023).
4. European Court of Auditors. 5G roll-out in the EU: delays in deployment of networks with security issues remaining unresolved. Publications Office of the European Union, 2022. 69 p.

## Оптимізація температури випарника та його вплив на характеристики плівок CZTS для детекторів випромінювання

Пашенко М.В., *аспірант*; Черноус Я.В., *студент*;  
Опанасюк А.С., *професор*

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

До недавнього часу для створення детекторів іонізуючого випромінювання найбільш перспективними вважались монокристали нелегованого і легovanого хлором CdTe. Однак, останнім часом їх замінює більш перспективний матеріал -  $Cd_{1-x}Zn_xTe$  (CZT), ширину забороненої зони якого можна точно регулювати за допомогою зміни складу твердого розчину. Крім цього він має більш високий питомий опір та підвищену стабільність у часі. Однак, монокристали CZT мають недостатню структурну і електричну однорідність за довжиною злитку та містять преципітати телуру. Експериментальні дослідження показали, що додавання Se до CZT покращує структурні та електрофізичні характеристики матеріалу  $Cd_{1-x}Zn_xTe_{1-y}Se_y$  (CZTS), але процес вирощування таких монокристалів є високовартісним і потребує використання складних технологій. Це змусило науковців звернутися до використання моно- та полікристалічних плівок, які мають товщину близько 200 мкм, в якості детекторного матеріалу.

Метою роботи є дослідження впливу температури випарника на структурні характеристики плівок CZTS для отримання високоякісних полікристалічних шарів.

Плівки було отримано на установці ВУП-5М методом випаровування шихти в квазізамкненому об'ємі. В якості підкладок для всіх зразків використовували очищене скло, а температура підкладки була фіксована на рівні  $T_s = 400$  °С. Для кожного зразка маса шихти, що випаровувалась за раз, становила 100 мг, а час випаровування складав  $t = 20$  хвилин. Температура випарника при цьому змінювалась в межах  $T_e = (575-725)$  °С.

Згідно отриманих результатів, було встановлено, що оптимальна температура випарника для нанесення високоякісних плівок нової чотирьохкомпонентної сполуки CZTS складає  $T_e = 650$  °С. Про це свідчить той факт, що піки від відповідного зразка на дифрактограмах були найбільш симетричними і вузькими, що підтверджує однорідність розподілу атомів за об'ємом матеріалу.

## Пошук пар дротів у кабелі за мовною інформацією

Новгородцев А.І., *доцент*; Симоненко І. С., *студент*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Для пошуку пари кінців дротів кабелю та їх відповідної марки, зазвичай працюють двоє людей, що не завжди є прийнятним. Такий процес досить трудомісткий. Він пов'язаний з прозвонкою кожного дроту шляхом чергового з'єднання його, з одного боку, і перебору кожного дроту з іншого. Можливо з одного боку подати сигнали різних частот до 10 дротів одночасно, а з іншого виявити ці дроти, шляхом вимірювання цих частот. Але в той же час необхідна участь двох людей, а також додатковий час для перемикання дротів.

Пропонується пристрій для пошуку необхідних пар дротів у кабелі за участю однієї людини. Його особливістю є передача по наявних парах дротів голосового мовлення за їх назвою. Ці повідомлення записуються в пам'ять пристрою через мікрофон, вбудований у нього перед початком роботи. Враховуючи те, що комірки пам'яті перебираються у два рази скоріше, чим виконується аналого-цифрове перетворення, один і той же код записується у дві послідовні комірки. Максимальна тривалість записаного повідомлення біля 4,5 с., чого цілком достатньо для опису призначення лінії у кабелі.

Кількість каналів пристрою, які дорівнюють кількості визначених пар, може бути різною. Канали ідентичні, за винятком того, що підсилювач мікрофона та мікрофон доступні лише в одному з них. Решта каналів підключені до виходу цього підсилювача паралельно.

Постійна присутність людини в кінці кабелю, до якого підключений пристрій, не потрібна. Її завдання - записати необхідні повідомлення та підключити пристрій до керованого кабелю. На іншому кінці цього кабелю достатньо простої телефонної трубки, яка не вимагає живлення від АТС, або телефонної капсули ТА-4 з опором 2200 Ом. За їх допомогою, підключаючись по черзі до пар кабельних дротів, прослуховуються циклічно повторювані мовні повідомлення.

У складі пристрою є: генератор, мікрофонний підсилювач, шинний формувач, АЦП, ОЗП, ЦАП, підсилювач сигналу з ЦАП.

## Вимірювач октанового числа бензину ультразвуковим методом

Новгородцев А.І., доцент; Скрипченко В. О., студент  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

При невідповідності октанового числа бензину стандартному, двигун не зможе працювати в оптимальному режимі. Тому наявність простого пристрою контролю октанового числа бензину, що заливається в паливний бак, сьогодні дуже актуальна.

Існують пристрої октаномірів де використовується метод вимірювання октанового числа, заснований на поглинанні інфрачервоного випромінювання бензином в діапазоні 800...1100 нм. Використовують лабораторний аналізатор ХХ-440, призначений для експрес-аналізу октанового числа бензину. Результати вимірювань відображаються на дисплеї та можуть бути роздруковані на вбудованому принтері. Але вартість цих пристроїв досить висока.

Пропонується пристрій визначення октанового числа бензину ультразвуковим методом, в основі якого лежить вимір швидкості поширення ультразвуку в бензині. Чинний пристрій не претендує на високу точність визначення октанового числа бензину порівняно із заявленою точністю промислових приладів.

Імпульс випромінюється в бензобак автомобіля. На протилежному боці бензобака ультразвуковий приймач приймає цей імпульс, а селективний детектор перетворює його на імпульс постійного струму, затриманий щодо імпульсу на час поширення ультразвуку в бензині. Він дорівнює  $\Delta t = L / V$ , де  $L$  - відстань між випромінювачем та приймачем ультразвуку;  $V$  - швидкість поширення ультразвуку в бензині.

За фронтами випромінюваного та прийнятого імпульсів формується імпульс, тривалість якого дорівнює  $\Delta t$ . Вимірявши її і знаючи відстань між випромінювачем і приймачем, можна обчислити швидкість  $V$  і оцінити октанове число бензину.

Для вимірювання тривалості імпульс заповнюють наступними з відомим періодом лічильними імпульсами і підраховують їх число. Оцінюють марку та якість бензину за результатами порівняння, що виводяться на світлодіодний індикатор, з еталонними константами для різних марок бензину.

## Пристрій вимірювання і контролю мікроклімату

Губін А.О., студент; Д'яченко О. В., ст. викладач  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Останнім часом спостерігається різке підвищення популярності використання різних пристроїв які відносяться до категорії «розумний дім». Розумний дім – система домашніх пристроїв, здатних виконувати дії і вирішувати певні повсякденні завдання без участі людини. Існує державний стандарт ГОСТ 30494-2011, який встановлює вимоги до мікроклімату громадських і житлових будівель. Де основною проблемою являється внутрішнє середовище, повітря всередині приміщення. Уточнюючи: температура, вологість, рухливість повітря.

Мікроклімат має прямий вплив на людину. Якщо він оптимальний то людина відчуває комфорт, а організм не витрачає сили на адаптацію до зовнішніх умов.

Однак, такі системи від відомих виробників мають занадто високу ціну, що дозволяє використовувати технологію лише окремим організаціям. Але, поєднуючи мікропроцесорні контролери (надалі МК) та певний арсенал датчиків, можна отримати достатньо точний пристрій для вимірювання та контролю клімату в приміщенні.

У розробленій системі було запропоновано використовувати дешеві та універсальні 8-ми бітні мікропроцесори від виробника ATMEL з високоточними датчиками температури та вологості. Використання інтерфейсу передачі даних L2C на прикладі енергоефективного дисплею, оснований на OLED (англ. organic light-emitting diode) технології.

Користувач налаштовує критичні показники середовища за допомогою графічного інтерфейсу. За замовчуванням зазначені дані відповідно до вищенаведеного ГОСТу.

Беручи до уваги «керування мікрокліматом» слід зазначити, що зміна середовища відбувається завдяки активація цифровими сигналами пристроїв, підключених на піни МК. (передача логічної «1» - або «0» для активації)

Отже, мікроклімат всередині приміщення має прямий вплив на здоров'я людини і є суттєвим фактором для роботоздатності людини. А автоматизоване керування ним можливе не лише за наявності високого бюджету.



**Синтез та застосування бакмінстерфулерена C<sub>60</sub>**  
Супрун М. М., студент; Д'яченко О. В., ст. викладач  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Бакмінстерфулерен – це хімічна сполука, що представляє собою сферичний фулерен з молекулярною формулою C<sub>60</sub>. Він має кільцеву структуру та виготовлений з 20 шестикутників і 12 п'ятикутників з атомом вуглецю в кожній вершині. Як правило, коли говорять про властивості фулеренів мають на увазі їх кристалічну форму - фуллерити. Істотна відмінність кристалів фулеренів від молекулярних кристалів багатьох інших органічних речовин у тому, що у них не вдається спостерігати рідку фазу. Це пов'язано з тим, що температура переходу в рідкий стан, яка приписується C<sub>60</sub> - 1200 К і вона перевищує те значення, при якому настає помітна деструкція вуглецевого каркасу молекул фулерену.

Перші дослідження щодо виділення фулеренів відбувалися через конденсовані пари графіту, які отримували при лазерному впливі опромінення твердих графітових зразків. Проте вдавалося отримати тільки сліди фулеренів. Лише в 1990 році хіміками Хаффманом, Лэмбом і Кретчмером був розроблений новий метод видобутку фулеренів в грамових кількостях. Він полягав у спалюванні графітових електродів електричною дугою в атмосфері гелію і при низькому тиску. Відбувалася ерозія анода, і на стінках камери з'являлася сажа, яка містила фулерени. Далі сажу розчиняли в толуолі або бензолі, а в отриманому розчині виділялися грами в чистому вигляді молекул C<sub>70</sub> і C<sub>60</sub> у співвідношенні 1:3. Крім того, розчин містив і 2% важких фулеренів вищого порядку.

Щодо застосування Бакмінстерфулерену, то він використовується в абсолютно різних областях. Враховуючи його електронні властивості, можна розглядати фулерен як напівпровідник. C<sub>60</sub> добре поглинає ультрафіолетове випромінювання, у нього висока електронно-акцепторна здатність. Всі ці властивості дозволяють застосовувати даний фулерен в фотосенсорах, сонячних батареях, мікроскопічних вагах та пристроях різноманітної молекулярної електроніки. Технології сучасності дали змогу порівняно швидко збільшити загальну кількість установок, щоб отримувати більше даного фулерену, також все краще і ефективніше працюють методи його очищення.

Можемо зробити висновок, що Бакмінстерфулерен є перспективним матеріалом з широкими можливостями застосування і потребує детального дослідження цього класу наноматеріалів.

## Схемотехнічна реалізація алгоритма Ель Гамаля

Приходіна П. А., студентка гр. ТК-91;

Протасова Т.О., старший викладач

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Алгоритм Ель-Гамаля є криптографічним алгоритмом, який використовується для створення цифрових підписів та обміну ключами в криптографії з відкритим ключем. Як відомо, "Електронний підпис - це інформація в електронній формі, яка приєднана до іншої інформації в електронній формі (інформації, що підписується) або іншим чином пов'язана з такою інформацією і яка використовується для визначення особи, яка підписує інформацію".

Цифровий підпис служить для того, щоб можна було встановити зміни даних і щоб встановити справжність сторони, що підписалася. Отримувач підписаного повідомлення може використовувати цифровий підпис для доказу третій стороні того, що підпис дійсно зроблений стороною, що відправляє.

Основні функції, які забезпечує ЕЦП:

- Контроль цілісності документа, що передається;
- Захист від зміни (підробки) документа;
- Неможливість відмови від авторства;
- Доказове підтвердження авторства документа.

Таким чином, простий електронний підпис підтверджує, що повідомлення надіслано конкретною особою. ЕЦП призначений для підписання електронних повідомлень, що направляються до державного органу, органу місцевого самоврядування або посадової особи. ЕЦП на сьогодні розглядається як аналог власноручного підпису.

Якщо раніше ЕЦП застосовувався переважно в банківських платіжних системах, при керуванні акціонерним капіталом, при митному декларуванні товарів та послуг, при керуванні державними замовленнями, в глобальних системах міжбанківського ринку обміну валют за визначеним курсом, в розрахункових та трейдингових системах, в банківських платіжних системах, при електронній реєстрації угод в об'єктах нерухомості, тобто в різних сферах електронної комерції. То на сьогодні області застосування ЕЦП значно розширилися. Це було обумовлено в першу чергу складною ситуацією, пов'язаною з пандемією КОВІД-19, і ще більш

розширилися в зв'язку з повномасштабним вторгненням агресора Росії на територію нашої Держави. Сьогодні виникає потреба застосування дистанційних підписів навіть при захисті курсових, бакалаврських та магістерських робіт. Відповідно суттєво посилились вимоги до ЕЦП.

Цифровий підпис повинен задовольняти наступним вимогам:

- Повинна бути забезпечена можливість перевірити автора, дату та час створення підпису;
- Повинна бути можливість автентифікації вмісту під час створення підпису;
- Підпис повинен забезпечувати можливість перевірки бути третьою стороною для вирішення спорів.

З огляду на значне розширення сфер застосування ЕЦП має сенс застосування схемотехнічної реалізації алгоритму створення підпису.

Основні етапи схемотехнічної реалізації алгоритму Ель-Гамала включають наступне:

1. Генерація ключів: у процесі генерації ключів створюється публічний та приватний ключі. Публічний ключ складається з двох чисел  $(p, g)$ , де  $p$  - просте число, а  $g$  - примітивний корінь за модулем  $p$ . Приватний ключ - це випадкове число  $x$ .

2. Шифрування повідомлення: для шифрування повідомлення  $m$  необхідно виконати наступні дії:

- Вибрати випадкове число  $k$ ;
- Обчислити  $a = g^k \bmod p$  та  $b = M * y^k \bmod p$ , де  $y = g^x \bmod p$
- Зашифрованим повідомлення буде пара  $(a, b)$ .

3. Розшифрування повідомлення: Якщо відомий закритий ключ, вихідне повідомлення можна обчислити з шифротексту  $(a, b)$  за формулою:

$$M = b(a^x)^{-1} = ba^{(p-1-x)} \pmod{p}. \quad (1)$$

При схемотехнічній реалізації алгоритму Ель-Гамала потрібно застосовувати генератор випадкових чисел, який можна реалізувати за допомогою шумового діода та підсилювача.

Для зберігання ключів можна застосувати флїп-флопи або регістри зсуву, а для забезпечення конфіденційності даних краще буде використовувати блоки шифрування, такі як AES або DES.

Отже, реалізація алгоритму Ель-Гамала за допомогою електронних компонентів може бути більш цікавою, ніж його програмна реалізація.

## Пристрій індикації параметрів заряду для малопотужних систем енергоефективної вітрогенерації

Лопатін Д.О., студент гр. ЕС-91;

Протасова Т.О., старший викладач

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Вітрогенератор (вітрова турбіна) – це пристрій для перетворення кінетичної енергії вітру на електричну, що складається з вітрової турбіни, електрогенератора та допоміжного обладнання.

Вертикальні вітрогенератори (з вертикальною віссю обертання) безшумні, інерційні, оптимально адаптовані до погодних умов України. На сьогоднішній день вертикальні вітрогенератори є однією з найефективніших розробок.

Основними перевагами вертикальних вітрогенераторів є простота монтажу, доступність під час експлуатації та цілорічна робота без зниження продуктивності в осінньо-зимовий період. Вони не залежать від напрямку вітру та їх можна встановлювати прямо на рівні землі, що значно скорочує витрати.

Перевага вітроелектростанцій у тому, що вони займають меншу площу, ніж сонячні електростанції. Так, для ВЕС потужністю 1 МВт знадобиться лише 30-50 соток землі, тоді як для СЕС аналогічної потужності – близько двох гектарів. ВЕС можуть бути максимально наближені до точок підключення: ВЕС понад 20 МВт може перебувати за 700 м від населених пунктів, побутова 150 кВт – лише за 40 метрів (згідно з ДСТУ). Вітрогенератори, на відміну від СЕС, дозволено розміщувати на землях сільськогосподарського призначення (є процедура виділення ділянки). Тому народжується нова група виробників енергії із відновлюваних джерел – фермери, аграрії.

Ці новації роблять проекти з будівництва та введення в експлуатацію ВЕС до 5 МВт, для продажу за «зеленим» тарифом, привабливим для інвесторів.

Вітрові турбіни використовують вітер для безпосереднього керування турбінами.

Вітер утворюється в результаті гігантських конвекційних потоків в атмосфері Землі, що рухаються тепловою енергією від Сонця. Це

означає, що кінетична енергія вітру є відновлюваним енергетичним ресурсом — доки Сонце існує, вітер також існуватиме.

Вітрові турбіни мають величезні лопаті, встановлені на високій щоглі. Лопаті з'єднані з «гондолою», або корпусом, що містить шестірні, пов'язані з генератором. Коли вітер дме, він передає частину своєї кінетичної енергії лопатям, які обертаються та рухають генератор. Декілька вітрогенераторів можуть бути згруповані у вітряних місцях для формування вітрових електростанцій.

Переваги застосування вітрових турбін – незаперечливі, як то:

- Вітер — це поновлюваний енергетичний ресурс, і немає витрат на паливо.
- Шкідливих забруднюючих газів немає.
- Можливість розміщення у важкодоступних місцях.
- Вимагають малої площі та вписуються у будь-який ландшафт.
- Отримання безкоштовної електроенергії у довгостроковій перспективі, відсутність витрат на паливо та його доставки.
- Автономність – незалежність від стану та роботи зовнішніх електричних мереж.

Основна функція пристрою індикації параметрів заряду полягає в тому, щоб показувати користувачу важливу інформацію стосовно процесу та характеристик заряду акумуляторної частини такої системи, як малопотужний вітрогенератор (також зветься вітровою турбіною).

Пристрій індикації в процесі зарядки інформує про наступні параметри:

- вхідний струм та напруга;
- температура навколишнього середовища;
- стан акумуляторної батареї (поточні струм та напруга).

Однак це не все, даний пристрій індикації також використовується як перетворюючий зарядний пристрій для самого акумулятора, до якого підключений контролер заряду вітрогенератора, де контролер заряду це електронний пристрій, який контролює і управляє процесом заряду акумуляторної батареї (АКБ), контролер захистить АКБ від перезаряду і перетоку струму.

Пристрій індикації дуже зручний і може використовуватись також і в системах, де замість вітрогенератора виступає сонячна панель.

Даний пристрій розрахований тільки для малопотужних вітрогенераторів (до декількох кіловат), тобто приватне призначення.

## Засоби кодування на основі двійкових біноміальних чисел для застосування в телекомунікаційних системах

Бородін В.М., студент гр. ЕС-91; Усик А.О., студентка гр. ТК-91  
Протасова Т.О., старший викладач  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Забезпечення підвищеної завадостійкості ТКС при передачі інформації в даний час залишається актуальним завданням.

Досить ефективно в ТКС застосовують коди з постійною вагою або рівноважні коди. Однією з основних причин застосування цих кодів є їх перевага при використанні в каналах зв'язку, значною мірою асиметричних. У разі асиметричного каналу зв'язку код з постійною вагою вважається досконалим стосовно виявлення помилок, оскільки виявляє всі помилки. Повністю асиметричними вважаються канали зв'язку, в яких є один вид помилок.

У двійковому симетричному каналі зв'язку (канал зв'язку, в якому два види рівноймовірних помилок) коди з постійною вагою виявляють всі можливі поєднання непарного числа помилок, з яких вони не виявляють тільки ті, при яких перетворення  $0 \rightarrow 1$  компенсується перетворенням  $1 \rightarrow 0$ . Крім того, при заданій довжині кодового слова оптимальний код з постійною вагою має зазвичай більше дозволених комбінацій, ніж розділений код з еквівалентною здатністю до виявлення помилок.

Але коди з постійною вагою мають надзвичайно суттєвий недолік – складність алгоритмів його генерації. Крім того, оскільки рівноважний код відноситься до нерозділових кодів, повністю відсутня можливість зміни параметрів коду. При цьому необхідно синтезувати окремі пристрій.

Всіх цих недоліків можна позбутися, якщо при генерації рівноважних кодових комбінацій застосувати біноміальну систему числення з двійковим алфавітом.

При цьому процедура розбивається на два кроки. Перший – передбачає перехід заданого двійкового коду у відповідний біноміальний код з двійковим алфавітом на основі методу порозрядного зважування. А при виконанні другого кроку – в біноміальні числа дописується необхідна кількість одиниць або нулів за розробленим алгоритмом.

## Дослідження спектрів поглинання плівок ZnO відпалених у повітрі при температурах від 523 К до 673 К

Кахерський С.І., *аспірант*; Погуляй О.Р., *студент*; Опанасюк А.С.,  
*професор*

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Оксид цинку вважається перспективним кандидатом для використання як віконний шар СЕ різного типу. Це обумовлено тим, що ZnO має високу оптичну прозорість і низький опір, не містить в своєму складі рідкісних матеріалів та може бути отриманий за допомогою недорогих хімічних та фізичних методів. Зважаючи на вищу викладено ZnO все частіше стає альтернативою традиційним матеріалам віконних шарів. Мета дослідження - вивчення впливу температури відпалу на оптичну та кристалічну якість одержаних плівок.

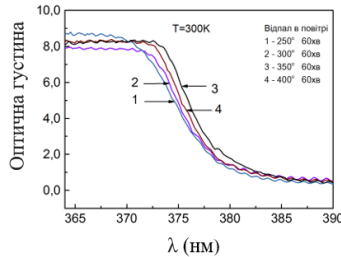


Рис. 1 – Край поглинання наноструктурованих плівок ZnO

Як видно з рис. 1, при збільшенні температури відпалу край поглинання плівок ZnO зміщується в довгохвильову область спектру. Величина такого зміщення є різною для різних значень оптичної густини ( $kd$ ). Так, при значеннях  $kd$  рівних 7,0 та 4,0 ця величина складає 18 та 11 меВ, відповідно.

Встановлено, що зі зростанням температури відпалу крутизна краю поглинання також зростає, що є свідченням покращення оптичної та кристалічної якості досліджуваних плівок. В області прозорості тонких шарів ZnO значення оптичної густини для різних зразків практично залишаються однаковими і складають  $kd \sim 0,41$  при дожині хвилі 390 нм. Це свідчить про те, що в процесі відпалу не відбувається генерації структурних дефектів в плівках із мілкими рівнями залягання. В іншому випадку це мало б привести до зростання величини оптичної густини в області прозорості плівок поблизу краю фундаментального поглинання.

## **СЕКЦІЯ 6**

**«Електротехніка і енергетика»**



## **The impact of photovoltaic systems on the electric transmission system**

Slezák Dániel, *Student*; György Morva, *Dr.Sc., Prof.*

Óbuda University, Budapest, Hungary

Photovoltaic (PV) systems are one of the most popular and the fastest growing branches of renewable energy sources, which have a significant impact on the electric transmission system. These effects occur mainly because our electricity transmission system is designed to distribute electricity generated by conventional resources, as coal and natural gas. Based on the structure, power plants feed into the grid at high and medium voltage, the electricity is transmitted at high voltage in the long term and medium voltage in the shorter term, and then reaches the users at low voltage. In Hungary PV systems are most often located at medium and low voltage.

One of the main challenges of PV systems is the variability of their power delivery capacity. It varies sharply with the time of day and weather conditions, causing fluctuations in the network. These fluctuations lead to stability problems and affect the quality of electricity supplied to consumers. To remedy these failures, power companies and operators have implemented a number of measures, including energy storage systems and demand-supply optimization programs and advanced forecasting tools.

Another major challenge for PV systems is the location of power plants. These power plants are often located in areas that are far from residential or industrial facilities, even though these are the areas where electricity demand is highest. The distance causes challenges in delivering electricity to consumers, as new transmission infrastructure may need to be built to connect the power plant to the grid.

For these reasons, the impact of PV systems on the transmission system is complex and multifaceted. While offering clean and renewable energy, we must consider the purity of its production process and environmental friendliness, be careful to maintain the stability and reliability of the transmission system. It is crucial to fully exploit these opportunities and reduce greenhouse gas emissions and increase energy independence. This can be achieved through a combination of technological solutions and policy changes, such as the development of smart grids and the installation of PV systems where they can be most efficient.

1. Intelligens inverter volt/var vezérlési funkciók a PV magas penetrációja érdekében az elosztórendszereken JW Smith; W. Sunderman; R. Dugan; Brian Seal. IEEE Xplore 2011.

## System-wide problems at intensive solar power plant installation

Dávid Kiss, *Student*; Ferenc Novothny, *Dr. PhD*; György Morva, *Dr.Sc. Prof.*

Óbuda University, Budapest, Hungary

Nowadays, the Hungarian electricity system suffers from serious resource problems, which are closely related to power regulation, which has very high costs. The power plants with the most significant capacity in Hungary are: Paks (2027 MW), Mátra (950 MW), Danube Power Plant (755 MW). In addition, there are some power plants with a capacity exceeding 100 MW: Lőrinci (170 MW), Sajószöged (120 MW), Litér (120 MW), Ajka (116 MW). With the help of these power plants, about 3000 pairs of hundred MW of power are continuously available, but the average daily peak consumption in Hungary exceeds 6000 MW. For this reason, it is necessary to buy and import electricity from abroad. So that is our first problem.

However, one immediately thinks why this is a problem and why electricity imports are necessary, since there is a stock of solar power parks that now exceeds 3000 MW. Indeed, in Hungary the total capacity of solar plants (excluding household-sized small power plants) is 3000 MW, but this is extremely stochastic and unpredictable due to weather dependence. From this capricious production, too, arises our second problem, namely balancing regulation. Let us take a look at the day of 12.04.2023 (which turned out to be very sunny) in terms of production and consumption – Figure 1.

This is the data available on the MAVIR (Hungarian Electricity System Operator) website. We can read several things from the graph at once. It can be seen that the Paks Nuclear Power Plant and the Mátra Power Plant continuously deliver the same power hour by hour. Our gas power plants are also in basic power plant function. What is interesting is that the lemon-yellow part with the grey line inside. The yellow part, as we can see, is the gross measured operating output of solar power plants, which from 10 a.m. to almost 4 p.m. was about 1800-2000 MW. At the same time, after the morning peak consumption, the gross certified system load began to fall, going approximately 500-700 MW below the generated output, which is excellently illustrated by the purple bar protruding in the negative direction. A similar problem occurs later, when the system load starts to rise, but at the same time solar production starts to decrease due to lack or weakening

of sunshine. By 8 p.m. (dark), it was clearly necessary to import about 2500 MW of power.

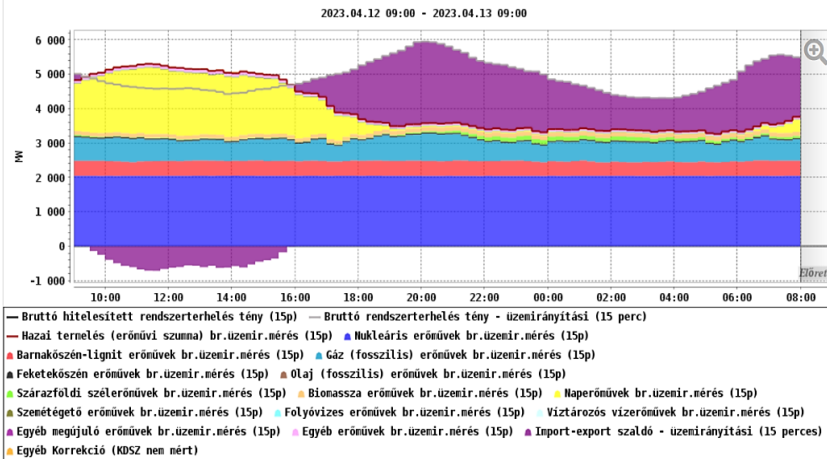


Figure 1 – Power generation charts in Hungary

It is therefore quite clear that the Hungarian electricity grid is subject to very large fluctuations, both when consumers need to be involved because there is tourism production, and when additional generation is needed. This would require a significant amount of installed power in the domestic electricity system, which can be quickly switched up and down. Such regulation is necessary not only for photovoltaic power plants, but also because the entire continental European grid can still deviate from the nominal frequency by only  $\pm 0.1$  Hz. In the past, this was really justified, as a network frequency was used as a time basis for full synchronization. Today, however, time is measured on GPS at all substations and power plants, and from now on there is no reason to keep the frequency at this level. Unfortunately, this has not changed today, as a result of which a very serious financial expenditure is spent on regulating the frequency day by day. Letting the frequency dodge by  $\pm 1$  Hz would also be a huge step forward. Why? 99% of consumers don't care if the frequency is just 49 Hz or 51 Hz. However, if the frequency changes, the performance must also change, so if I let the mains frequency swing a little and do not regulate immediately afterwards, the performance will follow, and a new balance will be set.

1. S. H. Tindemans; V. Trovato; G. Strbac. Frequency control using thermal loads under the proposed ENTSO-E Demand Connection Code.

## Energy efficiency options for large companies

Bence Biró, *Student*; Richárd Haddad, *Teacher*;

György Morva, *Dr.Sc. Prof.*

Óbuda University, Budapest, Hungary

Energy efficiency has become one of the most important topics of recent years, people have started to think and act more consciously and energy-saving. One might legitimately ask why only now? The answer is simple. So far, cheap energy has not justified developments or investments, but in the current uncertain energy market, how much we consume plays an important role.

The changes have severely affected all consumers, but perhaps the most serious blow has been dealt to large consumers and large companies, since in addition to annual consumption, which can often be hundreds of thousands of kilowatt hours, the unit price of energy to be used is particularly important.

What do we mean by energy efficiency in the first place and what can we consider a large company? The principle of energy efficiency is more for less. The essence of this is that with less invested energy we can achieve the same or even greater result, thereby increasing efficiency. In order to achieve corporate classification, the statutory headcount and financial limits must be met. Just as companies are not the same, there is no one-size-fits-all solution to reduce energy use, but we can say that there are basically two ways to save energy. First, we can save money by using less energy by not consuming. The other option is to make our company more energy efficient with modernizations (thermal insulation, lighting modernization, phase repair).

Even before energy prices soared, companies were subject to different organizations and laws and regulations. Under the existing system, large companies are obliged to carry out an energy audit every four years and comply with more legal obligations than installing a submeter in some cases. In addition to imposing obligations, the system also offers assistance, as companies that implement energy efficiency investments can receive financial support within the framework of the TAO, EKR program or through various tenders.

Energy efficiency, on the other hand, has not only a financial impact, but also a significant environmental impact. By consuming less energy, we reduce the amount of energy we need to produce and pollute the environment to a lesser extent, which is essential for sustainability in today's world.

1. Woperáné Serédi Ágnes, Erdősi Pál: Energiagazdálkodás I. (egyetemi jegyzet) ME.

### PV system voltage rising effect on a power grid and develop a smart VAR controlling system for voltage regulation

Bencsik József, *Student*; György Morva, *Dr.Sc., Prof.*  
 Óbuda University, Budapest, Hungary

In this document, I simulate the Budapest low voltage distribution network with installed photovoltaic (PV) systems. I calculated the voltage rising effect of these PV systems. First, we need to build the network model based on the actual grid parameters. We need to determine the connection of each node and line, the loads of each node, and the line parameters.

Let us consider a simplified grid model of a distribution network Figure 1, where "A" is the node of the transformer, "B" is the distribution node, and the "C" and "D" are the load nodes.

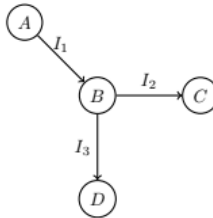


Figure 1 – Distribution network example

With the Gauss-Seidel Load-flow calculation method, we can calculate the required values based on the known parameters. With the injected PV powers and the line impedance, we can determine the voltages of each node:

$$U(n)^x = \frac{1}{Y(n,n)} * \left( conj \left( \frac{s(n)}{U(n)^{x-1}} \right) - \sum_{i=1}^m Y(n,i) * U(i) \right)$$

The active and reactive powers of each node are given, but we don't know the transformer's actual production. The actual power of the transformer is equal to the sum of losses and loads:

$$\sum P_{produced} = \sum P_{loss} + \sum P_{load}$$

We can determine the powers of the transformer with these equations:

$$-P(n) = \sum_{i=1}^m | Y(n,i) * U(i) * U(n) | * cos( \phi(n,i) + \varphi(i) - \varphi(n) )$$

$$Q(n) = \sum_{i=1}^m | Y(n,i) * U(i) * U(n) | * sin( \phi(n,i) + \varphi(i) - \varphi(n) )$$

In a smart energy management system with inverters the voltage rising problem can be solved with a smart VAR controlling system.

## Аналіз впливу зарядних станцій для електромобілів на розподільчі мережі

Петровський М.В., *к.ф.-м.н., доцент*; Нестеренко Є.І., *студент*;  
Нестеренко Б.І., *студент*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

В останні роки, електромобілі набули популярності як альтернатива автомобілям з ДВЗ. Цей тренд зумовлений не тільки стрімким розвитком технологій в області енергоефективних акумуляторів, а й зростанням обізнаності людей щодо проблеми зміни клімату. Електромобілі вважаються одним із ключових рішень для зменшення викидів вуглецю та покращення якості повітря.

Дослідження впливу зарядних станцій для електромобілів на систему електропостачання є важливим не лише для розвитку транспортної системи, але й для забезпечення стабільності енергетичної мережі, адже зростаюча кількість електромобілів на дорогах може призвести до збільшення навантаження на енергосистему та зниження стабільності електропостачання. Відповідні заходи для забезпечення енергетичної ефективності та стабільності енергосистеми є ключовими для успішної інтеграції електромобілів у транспортну систему майбутнього.

Метою дослідження є створення моделі складної енергомережі в програмному комплексі GridLAB-D та симуляція різних сценаріїв її енергопостачання; дослідження впливу використання побутових зарядних станцій для електромобілів на стабільність основних параметрів електромережі.

Для дослідження була використана схема електропостачання за стандартами IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Дана схема була розроблена для вивчення впливу різних варіантів її конфігурації на втрати електроенергії та баланс потужностей. На даний момент схема широко використовується науковцями всього світу для дослідження проблем в традиційних мережах електропостачання. Схема складається з 33 шин та 32 ліній та має вигляд, що показаний на рис. 1.

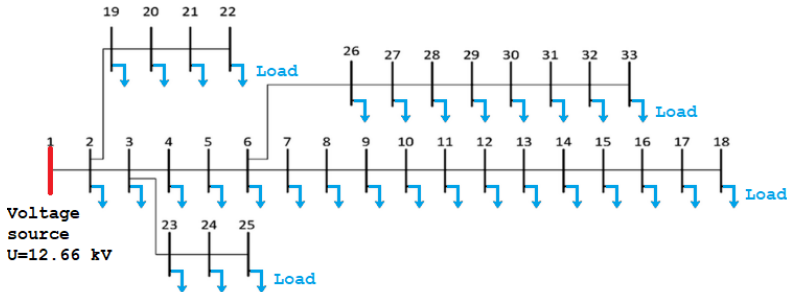


Рисунок 1 – Схема електропостачання споживачів IEEE 33

Для симуляції роботи схеми в середовищі GridLAB-D створили файл конфігурації, в якому вказали основні параметри елементів мережі: повітряних ліній, трансформаторів та споживачів, а також задали зв'язки між її вузлами. Модель споживача представлена у вигляді домогосподарства з набором типових побутових приладів, системи освітлення і вентиляції. Їх потужність задавалася окремим добовим графіком навантаження.

Навантаження всієї мережі складалося з 1000 приватних будинків та зарядних станцій для електромобілів, що були випадковим чином розподілені між 32 шинами схеми (рис.1). Причому кількість електромобілів в мережу додавалася поступово, у відповідності до різних сценаріїв використання зарядних станцій споживачами: 0%, 10%, 30%, 50%, 70% і 100%, завдяки чому отримали реалістичну модель розвитку мережі в майбутньому.

Проведений аналіз свідчить про те, що для зменшення негативного впливу зарядних станцій на електромережу потрібно обмежувати неконтрольоване заряджання електромобілів, розробляти інформаційні системи для відстеження та контролю можливості заряджання автомобілів, в залежності від наявності в енергосистемі залишкової потужності або при зменшенні попиту на електроенергію (в нічний час). Також можливий варіант додаткові генерації електроенергії відновлювальними джерелами та розряджання акумуляторних батарей електромобілів в мережу (технологія Vehicle to Grid). Запропоновані варіанти дозволяють вирівняти графік навантаження, що позитивно впливає на зменшення спаду напруги на окремих ділянках мережі, та на втрати потужності в лініях і трансформаторах.

## **Net Energy Metering – крок до стимулювання використання ВДЕ в Україні**

Романовський В. І.; Загородня Т. М., *асистент*  
Сумський Державний університет, м. Суми, Україна

У липні 2022 року в Швейцарії (м. Лугано) відбулася Міжнародна конференція з питань відновлення України, в результаті якої було представлено план повоєнної відбудови. Запропонований план орієнтований на інтегрування до Європейського співтовариства, і акценти поставлені на Європейський зелений курс. Сьогодні Україна має одну з найвищих часток вуглецево-нейтральної генерації в Європі. Близько 70% електроенергії виробляється за рахунок атомної, гідро- і відновлюваної генерації. За даними Разумков Центра в 2021 році частка електроенергії, згенерованої з ВДЕ, досягла 8,1% (без Криму та Донбасу), або 12,8 ТВт·год, з яких 56% – за рахунок сонячного випромінювання, 33% – енергії вітру, практично 8% – за рахунок спалювання біомаси та біогазу і 3% прийшлося на малу гідроенергетику. Так, за 2021 рік всіма електростанціями з ВДЕ було вироблено 12 804 млн кВт·год чистої електроенергії, що на 1 941,9 млн кВт·год або 17,8% перевищило показники 2020 року. Нажаль, війна не оминула енергетичний сектор. Згідно оцінок експертів, 30–40% об'єктів ВДЕ вже постраждало, це 1 120–1 500 МВт встановленої потужності. І це станом лише на серпень 2022 року.

ЄС ставить пріоритети на декарбонізацію. Україна також обрала цей шлях. Водночас ми маємо бути готові і до запланованого в ЄС механізму прикордонного вуглецевого регулювання – Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM). CBAM часто розуміють спрощено – як спеціальне мито на товари, що його планує стягувати ЄС. Де-факто CBAM пов'язаний зі скороченням CO<sub>2</sub>. Тому варто більше приділяти уваги розвитку «зеленої» енергетики. Якщо підтвердити, що продукцію вироблено з «чистих» джерел, то вона не буде обкладатися даним податком і буде конкурентною на ринку ЄС».

Для підтримки підприємств у переході на використання «чистої» енергії було представлено механізм Net Energy Metering. Розрізняють два види механізму Net Energy Metering: перший – Net Metering (NM) – передбачено, що підприємство використовує «чисту» електроенергію, а надлишок віддає назад у мережу. У період, коли є



дефіцит генерації відносно обсягів споживання, підприємство має можливість забрати електроенергію з мережі; другий – Net Billing – надлишок виробленої електроенергії обчислюється за встановленою ціною на ринку.

Механізм NM виник в США в 1979 р. Станом на 2017 р. лише 4 штати США не використовують NM. На Філіппінах схема NM регулюється Республіканським Законом про відновлювану енергетику від 2008 року. Філіппінські споживачів, які виробляють власну електроенергію і продають її надлишок комунальному підприємству, отримують так звану «вартість виробництва». Щодо Європи, то тут ситуація дещо складніша, зокрема у Великій Британії тільки одна комунальна компанія використовує NM. Такий стан речей обумовлений складнощами зі сплатою та відшкодуванням податку на додану вартість. Данія запровадила NM для приватних фотоелектричних систем у середині 1998 р. на пілотний період у 4 роки. NM був дешевим, простим в адмініструванні та ефективним способом стимулювання розвитку сонячної енергії. З 2005 р. NM для приватних фотоелектричних систем було запроваджено на постійній основі. У 2010 р. в Іспанії NM був запропонований Асоціацією фотоелектричної промисловості (ASIF) для просування відновлюваної електроенергії, не вимагаючи додаткової економічної підтримки. Майже в кожному штаті Індії впроваджено мережевий облік NM, згідно з яким споживачі можуть продавати надлишок енергії, виробленої сонячними системами, в мережу, отримуючи компенсацію.

Використання механізму Net Metering в Україні дозволить учасникам ринку електричної енергії бути більш енергоефективними, заощаджувати витрати на енергоресурси та зменшувати вплив на довкілля. Юрій Шафаренко (заступник Голови Держенергоефективності) зазначив, що підприємства, які будуть генерувати «чисту» енергію для власних потреб, матимуть в перспективі дешевшу електричну енергію, хоча механізм працюватиме без «зеленого» тарифу і не потребуватиме додаткових зобов'язань від держави. Заохочуючи вироблення електроенергії поблизу точки споживання, NM також знижують навантаження на системи розподілу і зменшують втрати під час передачі та розподілу електроенергії на великі відстані. Крім того, Net Energy Metering дозволяє бути конкурентним і зовнішніх ринках, оскільки товари, виготовлені на такому підприємстві, не матимуть вуглецевого сліду.

## Сучасні проблеми діагностики полімерних ізоляторів у високовольтних електричних мережах

Ніконов М.С., *аспірант*; Шевченко С.Ю., *д.т.н., професор*  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

Надійність експлуатації лінійних, опорних і прохідних полімерних ізоляторів суттєво впливає на безперебійну роботу електричних мереж. Світовий досвід використання композитної ізоляції показує, що початкові електричні та механічні властивості кращі за параметри класичної фарфорової та скляної ізоляції. Водночас спостерігається інтенсивне пониження номінальних властивостей полімерних матеріалів в процесі експлуатації. З плином часу хімічні та фізичні властивості змінюються, що може призвести до повного розпаду полімерів на мономери.

Під час експлуатації електричних мереж виникають явища, наслідки яких не завжди можна виявити поверхневим оглядом, оскільки процеси протікають в середині ізоляції. Приклад такого процесу є тепловий пробій, виникнення якого спричинене порушенням в діелектрику теплової рівноваги між процесами тепловиділення та тепловіддачі. У разі зростання температури діелектрика збільшується його електропровідність, зростають струми витоку та виділяється в ізоляції тепло. Зріст температури збільшує електропровідність діелектрика, що також виділяє додаткове тепло. Отже, створюється незворотній лавиноподібний процес розігріву діелектрика та подальшого руйнування та пробією ізоляції. Протікання такого процесу відбувається в середині полімерного ізолятора, що ускладнює діагностику під час експлуатації. На цей час, для визначення аварійної ділянки використовують встановлення додаткового скляного ізолятора разом з полімерним. Особливість скляного ізолятора полягає в повній видимості його руйнування.

Зі стрімким розвитком безпілотних літальних апаратів, контроль яких здійснюється дистанційно, можна проводити ретельну діагностику електричних мереж. Окрім візуального огляду, додатково можна провести температурний контроль з допомогою тепловізора або виміряти електромагнітне поле в околиці ізоляційної конструкції та зробити висновок щодо його цілісності.

### Український сектор ВДЕ в умовах війни

Загородня Т.М., асистент; Балабко О.А., студент  
Сумський Державний університет, м. Суми, Україна

Внаслідок масованих російських ударів по енергетичній інфраструктурі України, знищено об'єкти енергетичної інфраструктури: високовольтні мережі, трансформаторні підстанції, диспетчерські пункти, безпосередньо електростанції, включаючи об'єкти відновлюваної енергетики. Для російських загарбників, електростанції відновлюваної енергетики стали другими по пріоритетності знищення, після об'єктів атомної енергетики та ліній електропередачі.

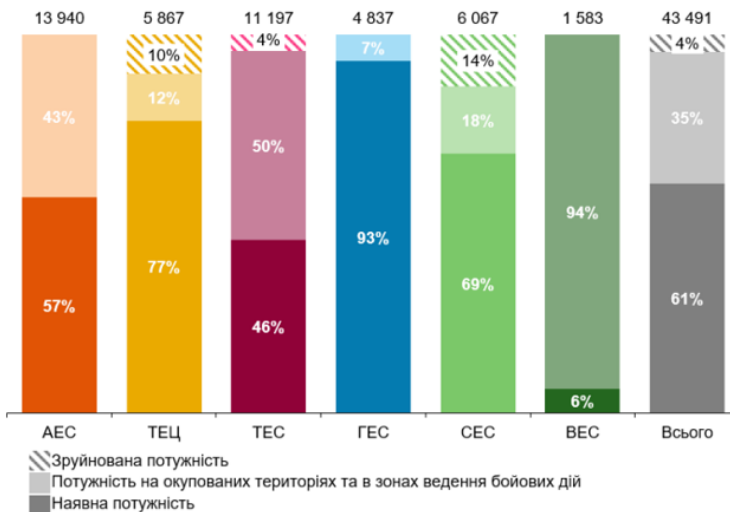


Рисунок 1 – Розподіл операційної потужності об'єктів електрогенерації, МВт.

Близько 4% генеруючої потужності зруйновано під час бойових дій, ще 35% потужності знаходиться на окупованих територіях.

Разом з тим, внаслідок бойових дій відбулося значне скорочення попиту (на 30-35 % порівняно із споживанням 2021 року) на електроенергію, а профіль споживання суттєво змінився за рахунок переміщення споживачів в західні області.

Для нас однією з проблем є те, що українська енергетична система досить централізована, тобто зосереджена в конкретних місцях, і тому енергетичні об'єкти є зручними ракетними цілями для росіян. Об'єкти відновлюваної енергетики здебільшого були розташовані у південних та південно-східних областях України. Наразі там безупинно точаться активні бойові дії. Згідно оцінок експертів, станом на серпень 2022 року 30–40% об'єктів ВДЕ вже постраждало, це 1 120–1 500 МВт встановленої потужності. Тому із розвитком децентралізації вітчизняної енергетичної системи зростатиме її безпека.

Щоб швидше відновити галузь, потрібно також спрямовувати зусилля на завершення раніше розпочатих проєктів ВДЕ та запуск роботи з ринковими заходами, зокрема впровадження дієвих механізмів підтримки ВДЕ, забезпечення законності та недопущення порушень, зловживань у врегулюванні ринку електричної енергії; розширення можливостей реалізації (збуту) електричної енергії на зовнішньому ринку (система сертифікатів походження або «зелених» сертифікатів).

Для мінімізації негативного впливу чинників описаних вище на економіку та формування незалежності України в електроенергетичній сфері, відновлення й розвитку галузі можна вдатися до наступних дій:

1) надати зруйнованим та пошкодженим об'єктам зеленої енергетики доступ до нового Фонду для відновлення в Україні зруйнованої війною енергетичної інфраструктури (його створено Європейським енергетичним співтовариством);

2) запропонувати податкові канікули (не брати впродовж 3-5 років, залежно від обставин, рентної плати і/або податку на землю для будівництва нових електростанцій (зокрема, відновлюваних – сонячних та вітрових);

3) розосередити будівництво ВДЕ. Спрямувати основні ресурси на нове будівництво у регіонах, в яких існує реальний дефіцит електричної енергії;

4) створити спеціальні сприятливі умови для виробництва відновлюваних газів потужностями зеленої енергетики (зеленого водню та синтетичного відновлюваного метану).

## **Впровадження напруги 20 кВ в електричну мережу**

Кучмії Д.В., *студент*; Лебедка С.М., *ст. викладач*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Технічний стан об'єктів електричних мереж створює передумови до аварійних відключень із тривалим знеструмленням споживачів та населених пунктів. На сьогодні, розподільні електричні мережі напругою 6(10) кВ майже вичерпали резерв пропускної здатності, розгалужені та мають значну протяжність. Втрати електроенергії в мережах України орієнтовно вдвічі вищі, ніж в інших країнах світу.

Одним зі способів вирішення цієї проблеми є перехід мереж 6 (10) кВ на більш високу напругу.

Виконані розрахунки з переведення підстанції «Півненківська 35/10» (Охтирський район Сумської області), що має живлення від підстанції «Тростянець 110/35/10», на напругу 20 кВ.

Знаючи потужності споживачів існуючих трансформаторних підстанцій (ТП) 10/0,4 кВ та довжини повітряних ліній, що їх живлять, проведено вибір перерізів провідників ліній напругою 20 кВ та кількості й потужності трансформаторів ТП 20/0,4 кВ.

Розраховано перетоки та втрати потужності і напруги в елементах мережі 20 кВ. Виконано порівняння результатів розрахунків мереж напругами 10 кВ та 20 кВ.

Проведена реконструкція підстанцій «Тростянець» і «Півненківська» після впровадження напруги 20 кВ. Вибрано основне електричне обладнання: силові трансформатори 20/0,4 кВ, вимикачі, роз'єднувачі, вимірювальні трансформатори струму та напруги, трансформатори власних потреб.

Внаслідок заміни застарілого обладнання на нове, технічні втрати електроенергії зменшилися до допустимих 5 %, збільшено пропускну спроможність ліній. Проведено техніко-економічне обґрунтування впровадження напруги 20 кВ.

Перехід на клас напруги 20 кВ зі зміною конфігурації та обов'язковою автоматизацією розподільних мережі – це крок до підвищення ефективності роботи мереж.

Отже, питання щодо перспективи переходу від триступеневої системи передачі та розподілу електричної енергії 110–35-(6)10 кВ на двоступеневу систему 110–20 кВ є актуальним сьогодні.

## Дослідження формування гармонік при активно-ємнісних та активно-індуктивних швидкозмінних навантаженнях в пакеті MATLAB

Дмитрієв М.Д., студент; Любич В.Ю., студент;  
Макуха Д.М., асистент  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Електричні мережі працюють при постійній комутації різних промислових та побутових споживачів. В результаті їх роботи виникає відхилення параметрів системи від номінальних значень. Номінальні та максимальні значення відхилень нормовані ДСТУ EN 50160:2014. Особливості комутації промислових споживачів та їх реактивна складова призводить до формування різного типу гармонік.

У даній роботі розроблено методику вимірювання швидкозмінних показників при роботі споживачів різної потужності із активно-ємнісним та активно-індуктивним навантаженням в електричній мережі напругою 0,4кВ. Особливу увагу приділено вимірюванню впливу гармонік на частоту та напругу електричної мережі у відповідності до ДСТУ.

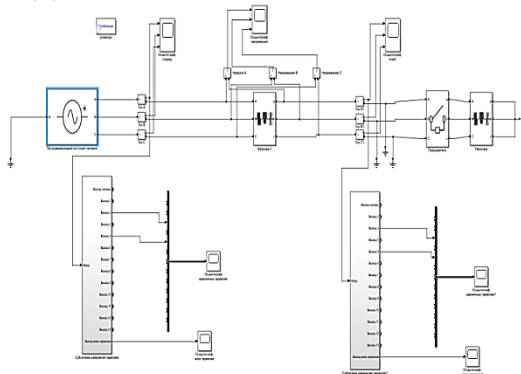


Рисунок 1 – Схема моделі MATLAB/Simulink.

Проведено порівняння впливу гармонічних складових напруги на якість електричної енергії в системі. Проаналізовано доцільність використання фільтра частот при роботі із різним навантаженням та поведінку електронних пристроїв при появі гармонік.

Наукове видання

ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

**ФЕЕ :: 2023**

**МАТЕРІАЛИ  
та програма**

**МІЖНАРОДНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
молодих вчених**

Відповідальний за випуск  
Декан ф-ту ЕЛІТ

**О.О. Дрозденко**

Комп'ютерне верстання  
Дизайн обкладинки

**Ю.М. Шабельник  
Ю.М. Шабельник**

Відповідальний редактор

**Ю.М. Шабельник**

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 8,08 Обл.-вид. арк. 6,30 Тираж 100 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач  
Сумський державний університет,  
вул. Р.-Корсакова, 2, м. Суми, 40007,  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007

**Секції конференції:**

- 1. Фізика та методика викладання фізики.**
- 2. Властивості та застосування наноматеріалів.**
- 3. Матеріалознавство мікро- та наноелектроніки.**
- 4. Електронне інформаційні системи.**
- 5. Електронні системи, прилади та засоби кодування інформації.**
- 6. Електротехніка та енергетика.**

**Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Сумський державний університет  
вул. Римського-Корсакова, 2, 40007 м. Суми, Україна  
тел. +38 0542 33 71 44  
<https://elitconference.sumdu.edu.ua>**