

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ

ДИФЕРЕНТЕГРАЛЬНА МОДЕЛЬ ДРЕЙФУ НОСІЇВ ЗАРЯДІВ У ПОЛІ  
ФРАКТАЛЬНОГО МЕТАМАТЕРІАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА

**Онуфрієнко Володимир Михайлович**  
Доктор фізико-математичних наук,  
професор

**Слюсарова Тетяна Іванівна**  
Асистент кафедри вищої математики

**Засовенко Андрій Володимирович**  
Кандидат технічних наук, доцент

**Онуфрієнко Леонід Михайлович**  
Кандидат фізико-математичних наук

(Національний університет «Запорізька політехніка»)

Структура доменів в метаматеріалах, що визначає реакцію середовища на зміну електричних, механічних, оптичних параметрів тощо, є результатом складних просторових взаємодій, які відбуваються під час природного «народження» матеріалу, а також від часової області розвитку явища, процесу. Штучне створення метаматеріалів зі своїми притаманними їм екзотичними властивостями, спонукає дослідників зосереджувати зусилля на розробці теоретичних моделей для опису і прогнозування протікання процесів у таких середовищах.

Для виявлення ефектів просторового перебігу, що можуть виникати у приладах з від'ємними ємностями та індуктивностями, розвиваємо далі фрактальну модель дрейфу заряджених частинок у фрактально конфігурованому шарі.

Диференціальна модель фрактальних елементів базується на основі вводу хаусдорфової метрики та міри фрактальних точкових зарядів у вигляді диференціальної альфа-форми множин фізичних зарядів (елементів струму) в метаматеріальному середовищі [1] та, як наслідок, у вигляді дробового диференціала  $d^\alpha x$ , його зв'язку з дробовою похідною електричного поля напруженості  $d^\alpha E(x) = {}_a D_x^\alpha E(x) d^\alpha x$ , де дробова похідна  ${}_a D_x^\alpha E(x)$  використовується у формі Рімана-Ліувілля.

Такий фізико-математичний підхід надає нам можливість змоделювати фрактальний рух носіїв заряду, спрямований в одному напрямку (фрактальний дрейф), що накладається на ізотропний хаотичний тепловий рух, внаслідок чого виникає неізотропність руху заряду (струму). Фрактальний дрейф носіїв заряду може виникати у трьох випадках, коли: 1) існує створюване фрактальними джерелами електричне поле (дрейф у полі); 2) існує градієнт фрактальної концентрації носіїв заряду (дифузійний дрейф); 3) дифузійно-польовий фрактальний дрейф.

Для визначеності розглянемо далі теорію фрактального дрейфу носіїв заряду у електричному полі напруженості  $E$ , створюваному між фрактально конфігурованими паралельними пластинами. Потік вектора  $E$  через поверхню

**III Міжнародна науково-практична інтернет-конференція**  
**(30 листопада 2021 р., м. Бердянськ)**

---

шару метаматеріального середовища зі скейлінгом  $\alpha$  за теоремою Гаусса формулюємо у вигляді

$$d^\alpha \Phi = (E + d^\alpha E)S - ES = S \cdot d^\alpha E; \quad d^\alpha \Phi = \frac{1}{\varepsilon_0} d^\alpha q; \quad d^\alpha q = \rho d^\alpha x, \quad (1)$$

де  $S$  - площа кожної пластини,  $\rho$  - об'ємна густина просторового заряду  $q$ ,  $\varepsilon_0$  - діелектрична стала. Отже, з (1):  $d^\alpha E \cdot S = \frac{1}{\varepsilon_0} \rho S d^\alpha x$ ;  $\frac{d^\alpha E}{d^\alpha x} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$ , і з урахуванням зв'язку  $E(x) = -\frac{d^\alpha U}{d^\alpha x}$  між напруженістю поля  $E(x)$  та потенціалом  $U(x)$  утворюємо диференціальне рівняння у дробових диферінтегралах  $\frac{d^{2\alpha} U}{d^{2\alpha} x} = -\frac{\rho}{\varepsilon_0}$ . Із виразу для струму  $I = -\rho \cdot v \cdot S$  та закону збереження енергії  $mv^2/2 = eU$  для електрона з зарядом  $e$  і масою  $m$  утворюємо диференціальне рівняння для потенціалу

$$D_x^{2\alpha} U(x) = \frac{A}{\sqrt{U(x)}}, \quad A = \frac{I}{S \cdot \varepsilon_0} \cdot \sqrt{\frac{m}{e}}. \quad (2)$$

Граничні умови для поставленої задачі  $E(0) = -\frac{d^\alpha U}{d^\alpha x} \Big|_{x=0} = 0$  виконуються, коли  $U(0) = 0$ , або  $U(0) = \frac{C}{\Gamma(1-\alpha) x^\alpha}$ , що забезпечуються властивостями диферінтегралів і є необхідними для скінченної величини струму емісії у фрактальному шарі біля джерела.

Розв'язок рівняння (2) в точці  $x=l$  одержуємо у вигляді

$$U(l) = \left( A \frac{\Gamma(1-\frac{2}{3}\alpha)}{\Gamma(1+\frac{4}{3}\alpha)} \right) \cdot l^{\frac{4}{3}\alpha}. \quad (3)$$

Отже, для розглядуваної задачі з несущільним фрактально конфігурованим середовищем зі скейлінговим показником  $\alpha$  маємо зв'язок між струмом і потенціалом  $I = B(m, e, \varepsilon_0, S, \alpha) \cdot U^{3/2}$  (вольтамперну  $\alpha$ -характеристику), що вказує на можливість керування параметрами у розширених межах зміною скейлінга середовища з вибором оптимальних, зокрема в задачах мініатюризації. Для скейлінгу  $\alpha=1$  з (2) маємо класичний закон «трьох других» вольтамперної характеристики.

З аналізу запропонованої математичної моделі випливає теоретичний висновок про можливість створення штучної нелінійної електричної поляризації та електропровідності [2], що імітують від'ємні ємності та індуктивності впровадженням у штучне діелектричне, металеве або напівпровідникове середовище сторонніх джерел з фрактальним дельта-подібним по полю  $E$  розподілом зарядів (струмів), що заслуговує подальшого вивчення для виявлення умов виникнення та збільшення енергонезалежної пам'яті.

1. Onufrienko V.M., Slyusarova T.I., Onufrienko L.M. Modeling Characteristics of Field-Effect Fractal Nanotransistor. Proc. 15th Int. Conf. on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecom. and Comp. Engineering TCSET'2020. (Lviv-Slavske, Ukraine, 25-29 February 2020).P. 586-589.

2. Онуфрієнко В.М., Місюра А.О. Поляризованість та намагніченість несучільного фрактального середовища. Радіоелектроніка.Інформатика.Управління. №1(15).-2006.- С.14-20.



## **Інноваційні процеси в науці та освіті**

### **Матеріали**

III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції  
(30 листопада 2021 року)

**Бердянськ, 2021**

УДК 378:001. (063)

I 74

## **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

**Голова конференції:**

**Іржи Кабелка**, голова правління The Company "DEL a.s."

**Організатори конференції:**

**Онищенко Сергій Вікторович**, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри професійної освіти, трудового навчання та технологій Бердянського державного педагогічного університету;

**Шульженко Анжеліка Сергіївна**, кандидат філологічних наук, старший викладач кафедри соціальних комунікацій Бердянського державного педагогічного університету;

**Шурденко Марія Махайлівна**, асистент кафедри професійної освіти, трудового навчання та технологій Бердянського державного педагогічного університету

**I-74 Інноваційні процеси в науці та освіті:** матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (30 листопада 2021 року): збірник тез // За заг. ред. доц. С.В. Онищенко; Берд. держ. пед. ун-т, каф. проф. освіти, труд. навч. та технологій. – Бердянськ: "DEL a.s.", 2021. – 64 с.

До збірника увійшли матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції "Інноваційні процеси в науці та освіті". Матеріали збірника будуть корисними для дослідників, науковців, аспірантів, пошукувачів, викладачів, студентів

*За зміст статей і правильність цитування відповідальність несе автор.*

© "DEL a.s.", 2021

© Автори статей, 2021

## ЗМІСТ

### ДЕРЖАВНЕ УПРАВЛІННЯ ТА ЕКОНОМІКА

<b>Глинчик И.В., Станкевич И.И.</b> Пути повышения эффективности функционирования ООО «Амкодор- Можя» .....	5
<b>Клянченко Е.А., Станкевич И.И.</b> Маркетинг услуг как отрасль современного маркетинга .....	8
<b>Кузьмина М.А., Тетеринец Т.А.</b> Системы оплаты труда в организациях АПК Беларуси .....	11
<b>Сачишина А.Ю., Станкевич И.И.</b> Повышение эффективности функционирования ООО «Торговый дом «Морозпродукт» .....	14

### ІСТОРИЧНІ ТА ЮРИДИЧНІ НАУКИ

<b>Коваль О.С.</b> Освітньо-виховний аспект як один з шляхів подолання правового нігілізму .	17
-------------------------------------------------------------------------------------------------	----

### ПЕДАГОГІКА І ПСИХОЛОГІЯ

<b>Shershniova Tatyana, Qiu Yihong</b> Mental Health as a Factor of Successful Career Planning by Students .....	20
<b>Атрошенко Т.Ю., Козловська І.В.</b> Формування основ самореалізації в дітей старшого дошкільного віку в інформаційному розвивальному середовищі .....	23
<b>Дяченко Н.О.</b> Технології індивідуалізації професійної підготовки майбутніх магістрів дошкільної освіти .....	26
<b>Іванов К.О., Шевякова І.П.</b> Роль пам'яті в навчальному процесі .....	28
<b>Кондратенко Ю.І.</b> Формування провідницької стратегії майбутнього менеджера освіти .....	31
<b>Матвієнко С.І.</b> Інтеграція видів мистецтва у музичному вихованні дошкільників .....	33
<b>Олійник Т.В.</b> Літературні твори як джерело формування лексичної компетентності молодших школярів .....	36
<b>Шершнёва Татьяна В., <sup>2</sup>Степанова Ольга В.</b> Гендерные предпочтения студентов в выборе компьютерных игр .....	38

## СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

**Міщенко М.В.**

Формування життєвих компетентностей здобувачів освіти через реалізацію STEM-проектів на уроках інформатики . . . . . 40

## ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ

**Онуфрієнко В.М., Засовенко А.В., Слюсарова Т.І., Онуфрієнко Л.М.**

Диферінтегральна модель дрейфу носіїв зарядів у полі фрактального метаматеріального середовища . . . . . 42

**Шитко В.В.**

Використання мережевого ресурсу «МійКлас» для розвитку критичного мислення здобувачів освіти на заняттях математики. . . . . 45

## ОСНОВИ ЗДОРОВ'Я. ФІЗИЧНА КУЛЬТУРА І СПОРТ

**Демідова О.М., Єлісеєва Д.С.**

Характеристика засобів TBW (TOTAL-BODY-WORKOUT) в процесі фізичного виховання студенток . . . . . 48

## ФІЛОЛОГІЯ І ЖУРНАЛІСТИКА

**Гурківська Л.В.**

Використання лінгвістичних ігор на уроках української мови . . . . . 51

**Черноконь К.М.**

Використання інтерактивного методу «Займи позицію» для розвитку творчої уяви школярів на уроках української мови . . . . . 54

**Шупічук Д., Безкоровайна О.**

Використання інтернет ресурсів для формування іншомовної компетенції у старшій школі . . . . . 56

## ТЕХНІЧНІ НАУКИ

**Вакулич Р.С., Зеленькевич А.И., Збродыга В.М.**

Анализ годового потребления электрической энергии в ОАО «Глубокский комбикормовый завод» . . . . . 59

**Ершов В.В., Зеленькевич А.И., Збродыга В.М.**

Исследование уровня высших гармоник в электрических сетях цеха цельномолочной продукции (ЦМП) УП «Полоцкий молочный комбинат» . . . . . 62

Навчальне видання

**Інноваційні процеси в науці та освіті**

(30 листопада 2021 року)

**Збірник тез**

**Відповідальний за комп'ютерну верстку – С.В. Онищенко**

*Відповідальність за підбір, точність наведених фактів,  
цитат та інших відомостей несуть автори*

*Надруковано з оригінал-макету, наданого автором*

Підписано до друку 30.11.2021 року.

Формат 60x84/16. Папір офсетний.

Гарнітура "Book Antiqua". Друк – лазерний.

Ум.-друк. арк. 4. Наклад 50 прим. Зам. № 97.

---

**Бердянський державний педагогічний університет**

Бул. Шмідта 4, м. Бердянськ, 71100

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2961 від  
05.09.2007 р.