

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ

ЕРЕДИТАРНІ ВЛАСТИВОСТІ ФРАКТАЛЬНО КОНФІГУРОВАНИХ  
МЕТАМАТЕРІАЛЬНИХ ШАРІВ

**Засовенко Андрій Володимирович**

Кандидат технічних наук,  
доцент

(Національний університет «Запорізька політехніка»)

**Онуфрієнко Володимир Михайлович**

Доктор фізико-математичних наук,  
професор

Застосування фрактального математичного моделювання динамічних систем теоретично наділяє їх характерними для складних нелінійних систем властивостями, зокрема, ефектами просторового гістерезису та часової ередитарності, в яких враховується не тільки теперішній стан системи або найближчий попередній стан, але також і всі попередні стани, в яких перебувала дана система

Відомий опис експериментів з електролітичними конденсаторами, що були заряджені різними способами до однакової напруги, надано С. Вестерлундом в [1]. Вимірювання продемонстрували помітні відмінності кривих розрядки конденсаторів, що можна інтерпретувати наявністю пам'яті в складній діелектричній структурі.

Прикладом феноменологічного підходу до проблеми переносу є дифузійна модель, для якої рівняння дифузії складено з двох (рівняння неперервності та закону Фіка).

Для одновимірного процесу, що описує функцію двох змінних у просторі і часі, рівняння з дробовими похідними порядку  $2+\alpha$ ,  $0 < \alpha < 1$  має вид

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = a \frac{\partial^{2+\alpha} u(x,t)}{\partial x^{2+\alpha}}$$
, розв'язок якого інтерпретується в задачах електродинаміки й механіки (рух електронів і дірок у напівпровідниках, світла в атмосфера планет, нейтронів в ядерних реакторах, заводського диму в атмосфері, квіткового пилку у повітрі, крапель чорнила у воді, поширення тепла у газах, рідинах і твердих тілах тощо).

Методика розв'язування таких задач базується на визначенні диферінтеграла  $d^\alpha z$ , його зв'язку з дробовою похідною  $d^\alpha L(z) = {}_a D_z^\alpha L(z) d^\alpha z$ , де дробова похідна  ${}_a D_z^\alpha L(z)$  використовується нами у формі Рімана-Ліувілля: 1) зі сталим скейлінгом  $\alpha$ ; 2) узагальнюється для класу задач зі змінним скейлінгом  $\alpha(z)$  вздовж деякої осі  $OZ$ .

Концепція фрактальності процесів накопичення заряду у просторі і часі демонструє неминучі зміни більшості результатів, отриманих до цього часу звичайними методами для значень скейлінгового показника  $\alpha = 0$ . Але з моделі випливають декілька ефектів, які неможливо пояснити цими методами.

Найважливішими з них є ефекти пам'яті, що наводять на висновок про те, що, наприклад, від'ємні ємнісно-індуктивні компакти мають пам'ять, керувати

якою можна за допомогою часово-частотної та просторової фракталізації. Зокрема, для виявлення ефектів часової  $\alpha$ -ерeditarності фрактального компакту за схемою побудови рівнянь з розривами зарядів(струмів)  $Q(\alpha, x, t)$  у часі виду дельта-функції  $\delta^{(\alpha)}(t-t_m)$  пропонуємо моделювати заряд у шарі метаматеріального середовища з ємністю  $C$  і потенціалом  $U$  як  $Q(\alpha, x, t) = C_1(x)U(t) + C_{er}D_t^{1+\alpha}U(t)$ .

Диференціальні рівняння дробових порядків, що виникають у таких моделях [2], знаходять своє самостійне застосування в багатьох областях фізико-математичної й технічної науки (від задач про таутохрону, про визначення потенціалу по залежності періоду коливань від енергії, обернена задача теорії розсіювання тощо до руху тіла у в'язкому середовищі та ін.) називаються, за термінологією В. Вольтерра, ередитарними [3] і можуть виникати самі по собі у фізичному процесі або у результаті розв'язування за деякими математичними моделями з підтвердженням/спростованням апріорної інформації, на якій будується гіпотеза про подальший перебіг явища.

Теорія фрактального шару на межі розділу двох середовищ базується на визначенні дробового диференціала  $d^\alpha x$  та його зв'язку з дробовою похідною  $d^\alpha L(x) = {}_a D_x^\alpha L(x) d^\alpha x$ , де дробова похідна  ${}_a D_x^\alpha L(x)$  записується у формі Рімана-Ліувілля. Зазначена модель використовується нами для означення фрактального  $\alpha$ -шару Гельмгольца та визначення його ередитарних властивостей.

В задачах про визначення концентрації  $\rho(x, t)$  електроактивних елементів на поверхні фрактально конфігурованого зі скейлінгом  $\alpha$  електроду, що контактує з електролітом у точці  $x = 0$ , безпосереднє вимірювання  $\rho(0, t)$  є обтяжливим, але густина струму  $j_x(0, t)$  на поверхні достатньо легко визначається експериментально. Наявність в досліджуваному процесі ефекту пам'яті або нелокальності за часом, що міститься в ядрі диферінтегрального оператора вихідного рівняння, позиціонуємо як функцію пам'яті, яка описує прояв ередитарності явища концентрації електроактивних елементів на поверхні електрода.

Якщо функція пам'яті є степеневою (як у наших задачах з фрактальною геометрією контактів і неперервним розподілом фізичних параметрів на них та в задачах з фрактальною конфігурацією розподілів зарядів і струмів на гладких компактах), то виникає природній перехід до рівнянь з дробовими похідними.

Відмічаємо, що у випадку збігу функції пам'яті з виразом для функції Хевісайда, розглядуваний процес має повну пам'ять, а для збігу з функцією Дірака пам'ять у процесі відсутня. Використання апарату дробового диферінтегрування демонструє наявність у модельованому процесі часткового «забування».

Розглядуваний нами підхід дозволив розглянути ефекти, що створюються тепловим рухом іонів поблизу зарядженої поверхні з урахуванням дифузійного

подвійного шару Гуй-Чапмана і моделюються диференціальним рівнянням Пуассона-Больцмана.

Узагальненню до фрактальної моделі підлягає і розвинений Штерном підхід, де поєднуються дві попередні класичні моделі та враховується той факт, що іони мають кінцевий розмір, а отже, протяжність шару до електрода буде змінюватися в залежності від іонного радіусу.

Аналіз розподілу функції пам'яті демонструє також збіг результатів нашого моделювання для окремого випадку  $\alpha = 0$  з результатами напівінтегрального (напівдиференціального) методу, розвинутого в 70-х роках минулого століття.

Визначено перспективи подальшого застосування розробленої математичної концепції для аналізу й синтезу штучних метаматеріальних фрактальних елементів з необхідними фізико-механічними характеристиками.

1. Westerlund S. Dead matter has memory. *Physica Scripta*. – 1991. – V.43,(2). – PP.174-179.

2. Onufrienko V.M., Slyusarova T.I., Onufriyenko L.M. Modeling characteristics of field-effect fractal nanotransistor. 15<sup>th</sup> Intern. Conf. on advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering Proceedings. February 25-29, 2020.- Lviv-Slavske, Ukraine. – P.586-589.

3. Вольтерра В. Теория функционалов, интегральных и интегродифференциальных уравнений. – М. : Наука, 1982. – 304 с.



## Пріоритетні напрямки розвитку науки та освіти

### Матеріали

II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції  
(23 грудня 2020 року)



**Рада молодих учених**  
Бердянського державного педагогічного університету

Бердянськ, 2020

УДК 378:001. (063)

П 78

### **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

**Голова конференції - Богданов Ігор Тимофійович**, доктор педагогічних наук, професор, ректор Бердянського державного педагогічного університету

#### **Організатори конференції:**

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

**Ліпич Вікторія Миколаївна**, кандидат філологічних наук, доцент, проректор з науково-педагогічної роботи Бердянського державного педагогічного університету;

**Онищенко Сергій Вікторович**, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри професійної освіти, трудового навчання та технологій Бердянського державного педагогічного університету, голова Ради молодих учених факультету ФМКТО БДПУ;

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

**Шульженко Анжеліка Сергіївна**, провідний фахівець Бердянського державного педагогічного університету

**П-78 Пріоритетні напрямки розвитку науки та освіти: матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (23 грудня 2020 року) : збірник тез. – Бердянськ : БДПУ, 2020. – 96 с.**

До збірника увійшли матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції “Пріоритетні напрямки розвитку науки та освіти”. Матеріали збірника будуть корисними для дослідників, науковців, аспірантів, пошукувачів, викладачів, студентів

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

© Бердянський державний педагогічний університет, 2020  
© Автори статей, 2020

## ЗМІСТ

### ДЕРЖАВНЕ УПРАВЛІННЯ ТА ЕКОНОМІКА

<b>Kosteniuk Yuliia, Balaban Kateryna</b> Determination of the Monopolization Degree the Mobile Network Market in Ukraine .....	6
<b>Костенюк Ю.Б., Гондзель В.О.</b> Аналіз закономірностей у споживанні алкогольних напоїв та захворюваності в Україні .....	9
<b>Постельжук О.П.</b> Політика ідентичності як механізм впливу на систему державного управління у сфері національної безпеки .....	12
<b>Постельжук Я.В.</b> Концептуальні засади політики у сфері профілактики захворювань, формування розвиненої культури здоров'я та здорового способу життя .....	15
<b>Тетеринец Т.А.</b> Современная интерпретация понятия «человеческий капитал» .....	18
<b>Шумська С.В., Атаманчук З.А.</b> Портфель інвестора в умовах пандемії .....	21

### ІСТОРИЧНІ ТА ЮРИДИЧНІ НАУКИ

<b>Дубяга А.П.</b> Кореляти орієнтації кістяків у похованнях Дніпро-донської катакомбної культури .....	24
<b>Проценко Є.О.</b> Доля культурної інтелігенції Донбасу після нацистської окупації (1943-1945 рр.) .....	27

### МИСТЕЦТВОЗНАВСТВО

<b>Гавронский В.П.</b> Контактная скульптура как один из основных способов создания комфортной среды обитания .....	30
<b>Дуднік М.Г.</b> Нейронні мережі в дизайні .....	32
<b>Пантус Н.М., Борисюк О.С.</b> Багатофункціональна упаковка як засіб комунікації та вирішення екологічних проблем .....	34
<b>Пантус Н.М., Пахмутова Г.О.</b> Специфіка графічної мови при створенні серії плакатів на тему психологічного насилля .....	36

<b>Пантус Н.М., Полковнікова С.М.</b> Пошук нових засобів виразності при створенні абстрактно-образної композиції «фіорди пам'яті» .....	38
---	----

## ПЕДАГОГІКА І ПСИХОЛОГІЯ

<b>Gorustovich Tatyana</b> Activation of Cognitive Activity of Students .....	40
<b>Глішова О.М.</b> Особливості організації інклюзивної групи в закладі дошкільної освіти .....	42
<b>Григор'єва В.В., Гончарова К.В.</b> Методи засвоєння диригентського жесту на початковому етапі навчання диригуванню у фаховій підготовці майбутніх вчителів музики .....	45
<b>Деміденко О.І., Троян Ю.Ю.</b> Сучасний дизайн офісного приміщення ІТ-компаній .....	48
<b>Коваль О.С.</b> Формування мотивації серед здобувачів освіти в дистанційному навчанні ..	53
<b>Лазутіна Ю.М., Белова А.О.</b> Дистанційна освіта – проблеми, перспективи, переваги .....	56
<b>Переворська О.І., Ревуцька О.Г.</b> Сімейні цінності як психолого-педагогічний феномен .....	59
<b>Потапенко Г.М., Потапенко М.В.</b> Дистанційне навчання: сучасний формат освіти .....	62
<b>Радіонова М.С.</b> Розвиток комунікативної компетентності здобувачів вищої освіти в умовах онлайн-навчання .....	64
<b>Чепелевська М.М.</b> Модель підготовки майбутніх фахівців туристичної галузі .....	66

## СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<b>Gorustovich Tatyana</b> Opportunities for Using Multimedia Presentations in the Educational Process ...	69
<b>Gorustovich Tatyana</b> Features of Using Multimedia Technologies in the Educational Process .....	71
<b>Юрковец Ж.Г.</b> Применение дистанционных образовательных технологий в условиях среднего специального образования в области энергосбережения и повышения энергоэффективности .....	73

### ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ

**Засовенко А.В., Онуфрієнко В.М.**

Ередитарні властивості фрактально конфігурованих метаматеріальних шарів. . . . . 76

**Онуфрієнко Л.М., Онуфрієнко В.М.**

Вплив скейлінгу фрактального шару на від'ємність характеристик польового нанотранзистора . . . . . 79

**Слюсарова Т.І., Онуфрієнко В.М.**

Диферінтегральне моделювання гістерезису фізичних процесів у метаматеріальному середовищі . . . . . 82

### ФІЛОЛОГІЯ І ЖУРНАЛІСТИКА

**Колмакова Ірина, Безкоровайна Ольга**

Використання Internet-контенту як необхідна складова вивчення іноземної мови . . . . . 85

**Сад О.С., Безкоровайна О.В.**

Застосування медіа ресурсів під час вивчення іноземної мови в початкових класах . . . . . 89

### ТЕХНІЧНІ НАУКИ

**Осипов І.М.**

Удосконаленням конструкції мобільного кормороздавача КТУ-10А . . . . . 92

**Юрковец Ж.Г.**

Методы диагностики асинхронных электродвигателей в рабочем режиме . . . 94



Навчальне видання

**Пріоритетні напрямки розвитку науки та освіти**

(23 грудня 2020 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 05.01.2021 року.

Формат 60x84/16. Папір офсетний.

Гарнітура "Book Antiqua". Друк – лазерний.

Ум.-друк. арк. 5. Наклад 100 прим. Зам. № 1.

---

**Бердянський державний педагогічний університет**

Бул. Шмідта 4, м. Бердянськ, 71100

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