

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення

результатів дисертації Українця Олега Захаровича

«Математичне моделювання природничих процесів та економічних систем

під дією збурень», яка подається на здобуття

ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – «Прикладна

математика» в галузі знань 11 – «Математика та статистика»

1. Обґрунтування вибору теми дослідження та її зв'язок із планами наукових робіт Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Вибір теми дисертації зумовлений потребою розвитку математичного моделювання динамічних та мікроекономічних систем, зокрема із врахуванням збурень, екологічних факторів та запізнень, врахуванням впливу оптових цін, що відповідає сучасним викликам у природничих і економічних системах. Тема роботи узгоджується з науковими планами і науково-дослідною темою «Математичне моделювання і числово-аналітичні методи дослідження динамічних та інформаційних процесів», номер державної реєстрації 0121U100117 кафедри прикладної математики та інформаційних технологій Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Отримані результати безпосередньо сприяють реалізації планів наукових робіт університету в галузі математичних і природничих наук, зокрема з теорії і застосувань диференціальних рівнянь із запізненням аргументу, математичної біології й імунології та математичної економіки.

Об'єкт дослідження: системи диференціальних рівнянь із запізненням аргументу, які є математичними моделями нелінійних процесів в природничих областях (екології, імунології, епідеміології); модель економіки Ерроу-Дебре.

Предмет дослідження: побудова математичних моделей та дослідження умов існування і єдиності їх розв'язків, обґрунтування методу усереднення у моделях під дією багаточастотних збурень, знаходження та встановлення умов існування і стійкості стаціонарних розв'язків, інтерпретація отриманих результатів, комп'ютерне

моделювання; умови існування та властивості ринкової рівноваги в модифікованій моделі економіки Ерроу-Дебре з цілочисельним розподілом товарів та з використанням ортогонально адитивних функціоналів на комплементарних просторах.

Мета дослідження: побудова і дослідження нових математичних моделей нелінійних процесів із врахуванням впливу екологічних факторів, багаточастотних збурень та дослідження нових умов у моделях економічної рівноваги ринку.

Завдання дослідження: побудова та обґрунтування нових нелінійних математичних моделей із врахуванням багаточастотних збурень із запізненням, впливом екологічних факторів в процесах імунної відповіді при інфекційних захворюваннях та процесу епідемії із втратою імунітету, оцінка величини початкового інфікування для запобігання інфекційного захворювання, проведення комп'ютерного моделювання побудованих моделей в імунології й епідеміології, обґрунтування і дослідження модифікації моделі економіки Ерроу-Дебре з урахуванням цілочисельного розподілу товарів та впливом оптових цін, аналіз існування і властивостей рівноваги ринку із запропонованими змінами.

Методи дослідження: методи дослідження стійкості за першим наближенням, метод кроків для диференціальних рівнянь із запізненням, метод усереднення за фазовими змінними, метод мажорантних рівнянь, комп'ютерне моделювання в системі Mathematica, методи функціонального аналізу та топології.

2. Формулювання наукового завдання, нове розв'язання якого отримано в дисертації.

Дисертаційне дослідження розв'язує наукові завдання, які відповідають визначеній меті роботи, а саме:

1) за допомогою методу усереднення за фазовими змінними проаналізовано вплив багаточастотних збурень у нелінійній системі з запізненням з лінійно перетвореними аргументами;

2) вперше запропоновано математичну модель імунної відповіді людини при інфекційних захворюваннях з урахуванням екологічних факторів; знайдено стаціонарні розв'язки, умови їх існування та достатні умови стійкості розв'язку, що

відповідає стану здорового організму. У моделі встановлено оцінку (імунологічний бар'єр) для початкової дози інфікування.

3) розглянуто модифікацію SIR-моделі епідемії з урахуванням екологічного фактору; отримано базове репродуктивне число та достатні умови відсутності епідемічного спалаху.

4) запропоновано та досліджено модифіковану модель економіки Ерроу–Дебре з умовою цілочисельної кількості товарів; доведено існування рівноважного вектору цін.

5) побудовано модифікацію моделі економіки Ерроу–Дебре з використанням зарядів для дослідження впливу оптових цін на ринок у рамках мікроекономічної теорії.

3. Наукові положення, розроблені особисто дисертантом, та їх новизна.

Дисертантом у роботі одержано такі нові і важливі результати:

- досліджено та обґрунтовано застосування методу усереднення для математичних моделей із багаточастотними збуреннями та запізненням; наведено приклад застосування методу на моделі типу Вольтерри-Лотки та проілюстровано результати комп'ютерним моделюванням;

- побудовано та проаналізовано математичні моделі поширення епідемічних процесів і імунної відповіді організму з урахуванням екологічних факторів, знайдено стаціонарні розв'язки та умови їх існування і стійкості;

- досліджено властивості векторних ґраток, побудов неперервних скалярних зарядів і аналіз ізоморфних вкладень; встановлено умови існування та властивостей рівноваги у моделях економіки ринкової рівноваги типу Ерроу–Дебре під впливом оптових цін на ринок;

- виконано комп'ютерного моделювання та чисельних експериментів для ілюстрації та підтвердження теоретичних результатів.

4. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.

Дослідження, виконані автором у дисертаційній роботі, спрямовані на постановку та розв'язання нових наукових задач, важливих як для розвитку теорії математичного моделювання динамічних систем із запізненням із впливом екологічних і багаточастотних збурень та узагальнення моделі Ерроу–Дебре на випадок цілочисельних товарних запасів і гнучких оптових цін, так і для прикладного напрямку – моделювання імунної відповіді при інфекційних захворюваннях та епідеміологічних процесів з урахуванням екологічних факторів, умов ринкової рівноваги в модифікованих моделях економіки Ерроу–Дебре. Ідеї та методи, застосовані в роботі (метод усереднення за фазовими змінними, метод кроків, методи стійкості за першим наближенням, методи функціонального аналізу та топології), є коректними і результативними. Усі одержані результати є строго математично обґрунтованими і узгоджуються з відомими результатами теорії диференціальних рівнянь із запізненням, математичної біології та теорії загальної рівноваги.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків до розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Дисертаційна робота є самостійною науковою працею. Висновки, рекомендації та пропозиції, що характеризують наукову новизну дослідження, сформульовані автором дисертації та підтверджені доведенням основних тверджень і результатами комп'ютерного моделювання, а також апробовані на наукових семінарах та конференціях.

5. Рівень теоретичної підготовки здобувача, його особистий внесок у розв'язання конкретного наукового завдання. Рівень обізнаності здобувача з результатами наукових досліджень інших учених.

Здобувач продемонстрував високий рівень теоретичної підготовки та володіння методами теорії диференціальних рівнянь із запізненням аргументу та методами їх дослідження, функціонального аналізу, математичного моделювання екологічних, та економічних процесів. Для розв'язання поставлених наукових завдань здійснено аналіз вітчизняних і зарубіжних публікацій з проблем математичного моделювання імунної відповіді, епідеміології, багаточастотних систем і теорії загальної рівноваги;

засвоєно та застосовано метод усереднення за фазовими змінними, метод кроків, мажорантних оцінок, дослідження стійкості за першим наближенням, методи функціонального аналізу та топології.

Числове моделювання та комп'ютерна реалізація моделей виконані здобувачем самостійно; аналіз та інтерпретація результатів обговорювалися спільно з науковим керівником та співавторами. Рівень обізнаності здобувача підтверджується самостійним формулюванням та доведенням основних тверджень, побудові та обґрунтуванні нових математичних моделей із запізненням й екологічними факторами, дослідженні умов існування та властивостей рівноваги в модифікаціях моделі Ерроу–Дебре та у виконанні комп'ютерного моделювання в системі Mathematica.

6. Наукове та практичне значення роботи.

Наукове значення дисертаційного дослідження полягає в розвитку теорії математичного моделювання нелінійних динамічних процесів із запізненням та під впливом збурень. Вперше обґрунтовано метод усереднення за фазовими змінними математичної моделі із запізненням під дією багаточастотних збурень; побудовано й досліджено математичні моделі імунної відповіді та епідемії з урахуванням екологічного фактору, знайдено й досліджено стаціонарні розв'язки та дано їх інтерпретацію; розширено клас моделей загальної рівноваги типу Ерроу–Дебре за рахунок умови цілочисельності товарів та використання зарядів (ортогонально адитивних функціоналів) на комплементарних просторах. Результати мають теоретичний характер і можуть бути використані при дослідженні нелінійних математичних моделей під дією збурень різної природи та для аналізу в математичній економіці.

Практичне значення роботи полягає у можливості застосування отриманих результатів для моделювання впливу екологічних факторів на перебіг інфекційних захворювань і в епідеміології – для моделювання поширення епідемій та оцінки умов відсутності спалаху епідемії, у фінансовому секторі — для пошуку рівноваги ринку в мікроекономічній теорії за допомогою модифікованих моделей Ерроу–Дебре. Запроваджений у роботі підхід із врахуванням екологічного фактору відкриває можливість узагальнення математичних моделей у медицині, епідеміології та інших

природничих науках. Результати дисертації можуть бути використані в навчальному процесі при викладанні курсів з теорії диференціальних рівнянь, математичного моделювання природничих процесів та математичної економіки.

7. Повнота викладу матеріалів дисертації у публікаціях та особистий внесок здобувача в публікації, виконані у співавторстві.

Результати перевірки тексту дисертації за допомогою антиплагіатної системи Turnitin показали 2% схожості з джерелами з Інтернету. Робота відповідає принципам академічної доброчесності.

Усі основні положення та висновки дисертаційної роботи достатньо детально висвітлені в публікаціях автора: у шести працях (Додаток А), з яких п'ять статей опубліковані у фахових виданнях, що входять до переліку наукових видань України категорії «Б», та одна стаття — у фаховому виданні, проіндексованому в наукометричній базі даних Scopus. Додатково результати дисертації відображені в двох журнальних статтях, шести тезах та матеріалах конференцій. Зміст і обсяг публікацій відповідають темі дисертації, відображають основні отримані результати та свідчать про їхню новизну.

Результати роботи апробовані на міжнародних наукових конференціях (у тому числі в Болгарії, Молдові, Польщі, Україні) та на наукових семінарах кафедри прикладної математики та інформаційних технологій та кафедри математичного аналізу Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Наукові праці у виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України

1. Бігун Я.Й., Українець О.З., Скутар І.Д. Усереднення в математичних моделях під дією багаточастотних збурень із запізненням. Міжнародний науково-технічний журнал «Проблеми керування та інформатики». 2024. Т. 69, № 1. С. 34–42. (Внесок авторів: Я.Й. Бігуну належить постановка задачі та обговорення результатів; О.З. Українцю належить формулювання і доведення тверджень; І. Д. Скутару належить участь у формулюванні прикладу).

2. Попов М.М., Українець О.З. Цілочисленні товарні вектори у моделі економіки Ерроу-Дебре. Буковинський математичний журнал. 2024. Т. 12, № 2. С. 182-189. (Внесок авторів: М.М. Попову належить формулювання Твердження 1 і Твердження 2; О.З. Українцю належить формулювання і доведення Теорема 1).
3. Українець О.З. Неперервні скалярні заряди на l_0 із застосуванням до моделі економіки Ерроу-Дебре. Буковинський математичний журнал. 2025. Т. 13, № 1. С. 66–82.
4. Бігун Я. Й., Українець О. З. Математичне моделювання поширення епідемії із врахування екологічного фактору. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Математика і інформатика». 2025. Т. 47, № 2. С. 126–135. (Внесок авторів: Я.Й. Бігуну належить постановка задачі і визначення схеми досліджень; О.З. Українцю належить обґрунтування, доведення теорем та комп'ютерне моделювання).
5. Бігун Я. Й., Українець О. З. Математична модель впливу забруднення зовнішнього середовища на імунну відповідь організму людини. Буковинський математичний журнал. 2025. Т. 13, № 2. С. 114-124. (Внесок авторів: Я.Й. Бігуну належить постановка задачі і обговорення результатів досліджень; О.З. Українцю належить формулювання та доведення теорем, комп'ютерне моделювання).

Наукові праці у виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України та проіндексованих у наукометричних базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus:

6. Fotiy O., Popov M., Ukrainets O. A characterization of F-spaces containing an isomorph of l_0 . Carpathian Mathematical Publications. 2025. Vol. 17, no 1. P. 146. (Внесок авторів: О.Г. Фотій належить твердження 1 і 2, а також приклад 1; М.М. Попову належить формулювання і доведення Теорема 1; О.З. Українцю належить участь у доведенні Теорема 1, формулювання прикладу 2, прикладу 3 та їх доведення). (Scopus, Q1 – <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100925710&tip=sid&clean=0>)

8. Апробація матеріалів дисертації

Апробація матеріалів дисертації здійснювалася на таких міжнародних наукових конференціях:

- VIII Міжнародна науково-практична конференція "Scientific research as a mechanism of effective human development" (31 січня – 2 лютого 2024 р., Софія, Болгарія);
- Міжнародна конференція "IMCS-60" (10–13 жовтня 2024 р., Кишинів, Молдова);
- VII Міжнародна науково-практична конференція "Моделювання, керування та інформаційні технології" (7–9 листопада 2024 р., Рівне, Україна) ;
- XXX Національна конференція (міжнародне видання) "Applications of mathematics in biology and medicine" (16–20 вересня 2025 р., Вікно, Польща) ;
- Міжнародна науково-практична конференція "Моделювання, керування та інформаційні технології" (6–8 листопада 2025 р., Рівне, Україна);
- Українська математична конференція "At the end of the year 2025" (18–19 грудня 2025 р., Київ, Україна).

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

1. Popov M., Ukrainets O. A maximal Riesz-Kantorovich theorem with applications to markets with an arbitrary commodity set. Matematychni Studii. 2024. Vol 62, No 2. P. 199-210. (Внесок авторів: М.М. Попову належить формулювання і доведення Теорем 1, 2; О.З. Українцю належить формулювання прикладів і участь у доведенні Теорема 3).
2. Bihun Y., Ukrainets O. Mathematical modelling of the immune response to infectious diseases with the influence of environmental factors. Acta et Commentationes, Exact and Natural Sciences. 2024. Vol. 18, No. 2. P. 7-17. (Внесок авторів: постановку задачі та обговорення результатів досліджень здійснив Я.Й. Бігун; О.З. Українець виконав формулювання і доведення теорем, а також комп'ютерне моделювання).

9. Оцінка мови і стилю дисертації

Мова дисертації є науково виваженою, логічно структурованою та відповідає вимогам академічного письма. Використано точну термінологію, властиву теорії диференціальних рівнянь, математичному моделюванню та функціональному аналізу, що забезпечує чіткість і однозначність викладу. Стиль роботи відзначається науковою строгістю, обґрунтованістю та аргументованістю, що сприяє повноцінному розкриттю досліджуваних питань. Стиль відповідає вимогам до кваліфікаційних наукових праць.

10. Відповідність змісту дисертації спеціальності з відповідної галузі знань, з якої вона подається до захисту

Зміст дисертації відповідає чинним вимогам до оформлення дисертації, встановленим освітньо-науковою програмою «Прикладна математика» галузі знань 11 «Математика та статистика», спеціальності 113 - «Прикладна математика».

11. Дотримання нормативних вимог щодо оформлення дисертації.

Нормативні вимоги щодо оформлення дисертації дотримані повністю.

12. Рекомендація дисертації до захисту

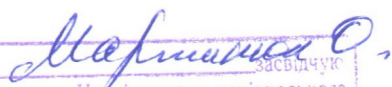
Дисертаційна робота Українця Олега Захаровича на тему «Математичне моделювання природничих процесів та економічних систем під дією збурень», що подається на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 - «Прикладна математика» в галузі знань 11 - «Математика та статистика» за її актуальністю, новизною та науково-теоретичним рівнем обґрунтованості результатів відповідає вимогам пунктів 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 (із змінами внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 03 травня 2024 р. №507).

За результатами публічної презентації результатів дисертації та їх обговорення на розширеному засіданні кафедри прикладної математики та інформаційних технологій факультету математики та інформатики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича 12 березня 2026 року дисертацію Українця Олега Захаровича рекомендовано до захисту в разовій вченій раді на здобуття ступеня доктора філософії.

Головуюча засідання,
декан факультету математики
та інформатики
Чернівецького національного
університету імені Юрія Федьковича
доктор фізико-математичних наук, професор



Ольга МАРТИНЮК

Підпис  засвідчує
Учений секретар Чернівецького національного
університету імені Юрія Федьковича
" 13 " 03 2026

