

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації Прокоф'єва Андрія Юрійовича на тему
**«Методи аналізу точності та достовірності обчислювальної реалізації
моделей динамічних систем в прикладних задачах їх моделювання та
управління»**,

поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення,
в галузі знань 12 Інформаційні технології

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Успіхи в багатьох галузях прикладної діяльності значною мірою пов'язано зі зростанням складності моделей (зокрема, математичних (ММ)), які застосовуються для опису систем (або об'єктів) і процесів предметної області, причому, останні, у переважній більшості, відносяться до класу *динамічних*. Можна стверджувати, що адекватними ММ динамічних систем, об'єктів чи процесів слід вважати *диференціальні* та *інтегральні* рівняння різного типу, які найбільш повно відображають фізичну картину явищ, притаманних динамічній поведінці у дослідженнях реальної природи. При цьому, важливою проблемою постає досягнення необхідної (бажаної) *точності* та гарантованої *достовірності* числової реалізації прийнятих відповідних ММ засобами обчислювальної техніки.

Аналіз (прогнозування) необхідної точності та гарантованої достовірності реалізації ММ динамічних систем в прикладних задачах їх математичного моделювання та управління на тепер ґрунтується на застосуванні відомих методів, зокрема, методу «прогноз-корекція», а також порівняння результатів числових експериментів для реальних динамічних систем з розв'язками, отриманими із завчасно відомими вихідними даними — в тестовому режимі. Недоліки такого аналізу полягають в тому, що, по-перше, метод «прогноз-корекція» використовує попереднє прогнозне значення, що може містити похибку обчислень, а тому не забезпечує бажаної точності, а, по-друге, порівняння поточних розрахунків з тестовими спричиняє збільшення часу на прийняття рішення, що, в умовах необхідності розв'язування прикладної задачі в реальному часі, є неприпустимим.

Тому, на теперішній час, існує протиріччя, яке полягає в тому, що за наявності достатньо розвинутої модельної та методологічної підтримки засобів математичного моделювання реальних динамічних систем, спостерігається недостатній розвиток проблеми оцінки точності та достовірності розв'язків відповідних рівнянь як ММ динамічних систем, а також виявлення збоїв (завад) в обчислювальному процесі реалізації останніх.

Дисертаційну роботу Прокоф'єва Андрія Юрійовича присвячено рішенням *актуальної* науково-технічної задачі, яка полягає у забезпечення необхідних точності та завадозахищеності (суть – достовірності) обчислювального процесу в ході розв'язування задач моделювання динамічних систем та управління ними.

2. Мета дисертаційного дослідження

Метою дисертаційної роботи є розробка методів прогнозування точності і аналізу достовірності обчислювальної реалізації моделей динамічних систем, представлених у класах диференціальних та інтегральних рівнянь — при розв'язуванні прикладних задач моделювання і управління на їх основі, шляхом визначення показників якості задіяних комп'ютерних та програмно-алгоритмічних інструментальних засобів.

Для досягнення вказаної мети дослідження в дисертаційній роботі було поставлено та розв'язано наступні задачі:

- розглянуто існуючі підходи до математичної формалізації динамічних систем в задачах їх моделювання і управління, в результаті чого показано особливості опису динамічних систем моделями у вигляді диференціальних та інтегральних рівнянь різних типів;
- виконано аналіз методів числової реалізації диференціальних та інтегральних рівнянь як ММ динамічних систем, а також похибок, які виникають при цьому;
- розроблено метод ранжирування за похибкою для оцінки точності розв'язування задач моделювання динамічними системами та управління ними;

- побудовано (на основі методу ранжирування за похибкою) оцінки «знизу» функцій розподілу неусувної похибки реалізації ММ динамічних об'єктів, представлених диференціальними та інтегральними рівняннями, в задачах моделювання і управління;
- розроблено методи (екстраполяційний, інтерполяційний та адаптивний) контролю достовірності обчислювальної реалізації ММ динамічних систем в процесах їх моделювання та управління;
- опрацьовано досвід практичного застосування методів ранжирування за похибкою та контролю достовірності обчислювальної реалізації ММ динамічних систем в задачах їх моделювання та управління.

Об'єктом досліджень є процеси математичного моделювання динамічних систем в задачах їх моделювання та управління.

Предметом дослідження є оцінки якісних характеристик (точності, достовірності та відсутності збоїв при числовій реалізації) засобів моделювання та управління в задачах прикладного дослідження динамічних систем.

3. Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, науковими напрямами Університету та кафедри

Дисертаційну роботу виконано у відповідності до пріоритетних напрямків науково-дослідних робіт Національного університету «Одеська політехніка», згідно координаційних планів Міністерства освіти і науки України, зокрема, в рамках наукових досліджень за держбюджетною науково-дослідною роботою (НДР): «Методи та програмні засоби інтерпретації моделей машинного навчання непараметричних динамічних об'єктів» №210-63, 2021 – 2025 р. р. (№ держ. реєстрації 0122U002161).

4. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Всі наукові положення та висновки, які викладено в дисертації та винесено на захист, одержано здобувачем самостійно.

Наукові положення, висновки та рекомендації, які викладено у дисертаційній роботі, і які виносяться на захист, отримано особисто здобувачем та узагальнено під час оформлення дисертаційної роботи. Наукові праці [1], [2], [4] виконано автором самостійно. В працях, опублікованих у співавторстві [3], [5]–[18], автору належать вибір наукового напрямку, постановка задач та способи їх розв'язування, теоретичне обґрунтування методології та інтерпретація результатів досліджень. Зокрема, автору належать: в [4] – метод та алгоритм числової реалізації ММ гравітаційної хвилі на границі поділу двошарової рідинної системи; в [5] – моделі та метод обчислення узагальненого показника надійності для стратегій профілактики; в [6] – формування оцінок показників точності при числовій реалізації ММ нелінійних динамічних систем; в [7] – аналітичні вирази обчислення необхідного порядку методу Рунге-Кутти при визначенні кроку інтегрування на етапі реалізації ММ динамічної системи, що забезпечує необхідну точність шуканого розв'язку; в [8] – метод спрощення ММ складних динамічних об'єктів, який забезпечує задану точність моделювання при зменшенні розмірності вектору параметрів вихідної ММ; в [9] – методи аналізу достовірності обчислювальної реалізації ММ динамічних систем (зі зростаючою точністю обчислень, екстраполяційний та інтерполяційний); в [10] – ММ аномальних дифузійних процесів з просторово часовими характеристиками; в [11] – ММ та алгоритм числової реалізації ММ динамічного стану ударних хвиль у парорідинних двофазних системах; в [12] – ММ нелінійних об'єктів із суттєвою нелінійністю та оцінка точності їх (моделей) реалізації; в [13] – аналіз точності реалізації ММ нелінійних об'єктів із суттєвою не лінійністю; в [14] – прогнозування залежності похибки числової реалізації ММ динамічних об'єктів від характеристик первинних похибок; в [15] – метод ранжирування за похибкою в задачах моделювання динамічних систем; в [16] – оцінки розв'язків задач моделювання динамічних систем на основі методу ранжування за похибкою; в [17] – оцінки точності вимірювань у системах зважування для рухомих об'єктів (в динаміці); в [18] – критерії визначення наявності збою та адаптивний метод контролю достовірності при числовій реалізації ММ динамічних систем.

5. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

Сформульовані в дисертаційній роботі наукові положення та висновки ґрунтуються на основоположних принципах, які викладено в наукових публікаціях, що включено до списку використаних джерел.

В теоретичних дослідженнях достовірність та обґрунтованість отриманих результатів забезпечується чіткою постановкою задач та коректним використанням апарату рівнянь математичної фізики, а також окремих положень теорій числового аналізу, похибок та математичної статистики; методів організації комп'ютерних засобів моделювання (управління) та обчислювального експерименту.

Експериментальні дослідження базуються на методах організації обчислювального експерименту та комп'ютерного моделювання для чиселового розв'язування задач та підтвердження одержаних теоретичних висновків; методах програмної інженерії для розробки програмно-алгоритмічних засобів комп'ютерного моделювання.

В дисертаційній роботі висвітлено наукові результати, отримані здобувачем особисто. Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, в яких здобувач є автором (або співавтором) – *не виявлено*. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають коректні посилання на відповідне джерело. Інші запозичення, виявлені в роботі, є загальноновживаними, і не вважаються плагіатом.

6. Ступінь новизни основних результатів дисертаційної роботи порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

Наукова новизна результатів, які виносяться на захист, полягає в тому, що *вперше*:

- запропоновано метод ранжирування за похибкою при розв'язуванні задач моделювання динамічних систем та управління ними, який, на відміну від

відомих, зокрема, методів оцінювання точності числового розв'язування рівнянь математичної фізики, дозволяє попередньо (до початку процесу комп'ютерного розв'язування задачі) виконати розрахунок залежності похибки розв'язку від характеристик первинних похибок із залученням класифікації за точністю задач, що розв'язуються;

- запропоновано метод контролю достовірності обчислювальної реалізації ММ динамічних систем зі зростаючою точністю, який, на відміну від методів «прогноз – корекція», забезпечує послідовне отримання значення шуканої функції стану динамічної системи з порядком точності локальної похибки, який (порядок) збільшується;

- запропоновано методи контролю достовірності обчислювальної реалізації моделей динамічних систем в процесах їх моделювання та управління, засновані на ідеї введення контрольного алгоритму, який виконується на етапі числового розв'язування поставленої (основної) задачі, але такого, що простіший за основний; причому, запропоновані методи контролю достовірності, дозволяють досягнути підвищення останньої за рахунок застосування в контрольному алгоритмі інформації, яку вже проконтрольовано на попередніх кроках основного алгоритму (екстраполяційний метод), або дозволяють організувати неявний контроль, що забезпечує зменшення діапазону відхилення величини, яка контролюється від контрольної, тобто дозволяють знизити рівень шуму (інтерполяційний метод);

- запропоновано критерії щодо прийняття рішення про наявність або відсутність похибки (збою) в основному обчислювальному алгоритмі розв'язування задач моделювання динамічних систем та управління ними, що дозволило сформулювати систему прийняття рішень при контролі достовірності (яка ґрунтується на основі уведених поняттях міри точності обчислень та допустимої області значень цієї міри), а також розробити адаптивні методи контролю достовірності обчислювальної реалізації моделей динамічних систем, які забезпечують визначення параметрів контрольного алгоритму з умови

мінімуму певної міри близькості результатів, отриманих за контрольним та основним алгоритмах.

7. Наукове та практичне значення результатів дисертаційного дослідження

В рамках проведеного дисертаційного дослідження запропоновано методи визначення (прогнозування) точності та аналізу достовірності реалізації ММ динамічних систем в прикладних задачах їх моделювання та управління.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що запропоновані методи прогнозу точності і аналізу достовірності обчислювальної реалізації ММ динамічних систем дозволяють розширити клас важливих для практики задач моделювання та управління вказаними системами, а розроблені алгоритми, що покладено в основу запропонованих методів, орієнтовано на розв'язування широкого кола інженерних та дослідницьких задач, які виникають при аналізі динамічних систем та управлінні ними.

Застосування розроблених прикладних алгоритмів прогнозування точності та достовірності числової реалізації ММ динамічних систем дозволяють забезпечити бажану точність, а також зменшити у (1,4...2,5) рази кількість збоїв в процесі розв'язування реальних задач моделювання динамічних систем та управління ними.

Розроблені методи аналізу точності та достовірності обчислювальної реалізації ММ моделей динамічних систем запроваджено в ТОВ «Нафтогазхім Сервіс» (ТОВ «НГХ Сервіс»), де їх включено до складу програмно-алгоритмічного забезпечення діючої АСУ ТП.

Результати, отримані в дисертаційній роботі, використано при розробці лекційних курсів та відповідних циклів лабораторних робіт, з дисциплін: «Числові методи», «Комп'ютерне моделювання процесів і систем», «Ідентифікація та моделювання процесів» і «Моделі та інструментальні засоби математичного моделювання технологічних процесів», які поставлено і читаються на кафедрі

комп'ютеризованих систем та програмних технологій Національного університету «Одеська політехніка».

8. Повнота опублікування результатів дисертаційного дослідження та особистий внесок здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих у співавторстві та зарахованих за темою дисертації

Основні наукові результати дисертаційної роботи викладено у 18-ти наукових роботах, в тому числі: у 8-ми статтях, які опубліковано у виданнях, включених до Переліку фахових видань України (категорії «Б») та індексуються у міжнародних наукометричних базах даних (зокрема, Index Copernicus International, Ulrich's Periodicals Directory, Electronic Journals Library, Google Scholar); у 1-й статті, яку опубліковано у зарубіжному виданні, а також у 9-ти тезах Міжнародних наукових конференцій (матеріали однієї з яких проіндексовано у наукометричній базі Scopus). 3 статті є *одноосібними*, які опубліковано без співавторів.

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації.

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації.

1. Прокоф'єв А. Ю. Аналіз похибок математичного моделювання динамічних об'єктів, які описуються інтегральними рівняннями. *Інформатика та математичні методи в моделюванні*, 2022. Т. 12, № 3. С. 209-219. DOI 10.15276/imms.v12.no3.209. Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «Б».

URL: <http://immm.opu.ua/#a23>;

http://immm.opu.ua/files/archive/n3_v12_2022/immm_n3_v12_2022.pdf.

2. Прокоф'єв А. Ю. Метод точнісного тарювання при реалізації математичних моделей динамічних систем в задачах моделювання та управління. *Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки : зб. наук.*

праць, 2022. Вип. 23. С. 116-129. DOI 10.326226/2308-5916.2022-23.116-129. Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «Б».

URL: <http://mcm-tech.kpnu.edu.ua/issue/archive>.

3. Лись Д. А., Прокоф'єв А. Ю. Розробка та числова реалізація математичної моделі гравітаційної хвилі на границі поділу двошарової рідинної системи. *Інформатика та математичні методи в моделюванні*, 2023. Т. 13, № 1-2. С. 97-103. DOI 10.15276/imms.v13.no1-2.97. Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «Б».

URL: <http://immm.opu.ua/#a23>;

http://immm.opu.ua/files/archive/n3_v12_2022/immm_n1-2_v13_2023.pdf.

4. Прокоф'єв А. Ю. Дослідження показників точності моделей нелінійних динамічних систем. *Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки : зб. наук. праць*, 2023. Вип. 24. С. 56–67. DOI: 10.32626/2308-5916.2023-24.56-67. Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «Б».

URL: <http://mcm-tech.kpnu.edu.ua/issue/archive>.

5. Положаєнко С. А., Прокоф'єв А. Ю. Моделі визначення надійності динамічних систем, функціонування яких характеризується режимом профілактики. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*, 2024. Т. 35 (74), № 1. С. 280–286. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.1.1/42>. Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «Б».

URL: <https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/35-74-1>.

6. Polozhaenko S. A., Prokofiev A. Yu. Estimation of Accuracy Indicators of Nonlinear Dynamic Systems. *Colloquium-journal*, 2024. Part 1. № 15 (208). P. 61–64. DOI: 10.24412/2520-6990-2024-15208-61-63.

URL: <https://colloquium-journal.org/wp-content/uploads/2024/06/Colloquium-journal-2024-208-1.pdf>.

7. Положаєнко С. А., Прокоф'єв А. Ю. Параметри методу Рунге-Кутти з різним порядком точності при інтегруванні рівнянь динаміки в задачах

модельовання нестационарних систем. *Інформатика та математичні методи в модельованні*, 2024. Т. 14, № 1-2. С. 85–96. DOI 10.15276/imms.v14.no1-2.85. Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «Б».

URL: http://immm.op.edu.ua/files/archive/n1-2_v14_2024/immm_n1-2_v14_2024.pdf.

8. Положаєнко С. А., Прокоф'єв А. Ю. Параметрична редукція по точності математичних моделей динамічних об'єктів систем. *Вісник Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського*, 2024. Вип. 6 (149). С. 125–131 DOI <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.6.15>. Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «Б».

URL: https://visnikkrnu.kdu.edu.ua/visnik.php?id_nom=71.

9. Положаєнко С. А., Прокоф'єв А. Ю. Методи контролю достовірності обчислювальної реалізації моделей динамічних систем, засновані на застосуванні контрольних алгоритмів. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 2025. Вип. 1 (92). Ч. 2. С. 185–193 DOI <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.1.2.25> Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «Б».

URL: https://journals.kntu.kherson.ua/index.php/visnyk_kntu/issue/view/72.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації.

10. Прокоф'єв А., Баранов М. Аналіз і модельовання аномальних дифузійних процесів з просторово-часовими характеристиками. *Scientific Paradigm in the Context of Technologies and Society Development: proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference, Geneva, 16-18 May 2023, Geneva, 2023*. Р. 454–458.

URL: <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/issue/view/16-18.05.2023/164>

11. Лись Д. А., Прокоф'єв А.Ю. Модельовання динамічного стану ударних хвиль у парорідинних двофазних системах. *Сучасні Інформаційні Технології 2023: матеріали XIII міжнародної наукової конференції студентів та молодих вчених, м. Одеса, 18–19 травня 2023 р. Одеса, 2023*. С. 159–161.

URL: https://drive.google.com/file/d/1ERFn923_zrEXiPcGj8S0dbSb4K6ToDE/view.

12. Use of dynamic neural networks for modelling nonlinear objects with significant nonlinearity / Polozhaenko S., Fomin O., Krikun V., Orlov A., Prokofiev A. *Математика та інформатика в науці й освіті: виклики сучасності*: збірник тез IV Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, м. Вінниця, 25–26 травня 2023 р., Вінниця, 2023. С. 121–124.

URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/791>

13. Use of Dynamic Neural Networks for Modeling Nonlinear Objects with Significant Nonlinearity / Fomin O., Polozhaenko S., Krikun V., Orlov A., Prokofiev A. *Annals of Computer Science and Intelligence System, Volume 37*: preceding 18th Conference on Computer Science and Intelligence Systems. Warsaw, 17–20 September 2023, Warsaw, 2023. P. 97–102. DOI: 10.15439/2023F3874.

URL: <https://annals-csis.org/proceedings/2023/drp/3874.html>

14. Прокофьев А. Ю., Положаєнко С. А. Підвищення якості процесу моделювання динамічних систем на основі методу точностного тарювання. *Проблеми та перспективи реалізації та впровадження міждисциплінарних наукових досягнень*: матеріали VI Міжнародної наукової конференції, м. Біла Церква, 2 лютого 2024 р., Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп, 2024. С. 155–160. DOI: <https://doi.org/10.36074/mcnd-02.02.2024>.

URL: <https://archive.mcnd.org.ua/index.php/conference-proceeding/issue/view/02.02.2024/52>.

15. Метод ранжирування за похибкою для оцінювання точності розв’язування задач моделювання динамічних систем / Положаєнко С. А., Прокофьев А. Ю., Літинський В. В., Татарин О. В. *Сучасні інформаційні та електронні технології*: твори XXV Міжнародної науково-практичної конференції, м. Одеса, 27–29 травня 2024 р. Одеса, 2024. С. 15–16.

URL: <https://www.old.tkea.com.ua/siet/archive/2024/15.pdf>.

16. Положаєнко С. А., Прокофьев А. Ю. Оцінювання розв’язків задач моделювання динамічних систем на основі методу ранжування за похибкою. *Сучасні проблеми математичного моделювання, прогнозування та оптимізації*:

тези доповідей 10-ї Міжнародної наукової конференції. м. Кам'янець-Подільський, 28–29 червня 2024 р., Кам'янець-Подільський, 2024. С. 104–105.

URL: <http://elar.kpnu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/8145>.

17. Improving measurements accuracy in weight-in-motion systems using dynamic neural networks / Oleksandr Fomin, Sergii Polozhaenko, Petro Bidyuk, Oleksii Tataryn, Andrii Prokofiev. *Information Control Systems & Technologies (ICST 2024)*: proceedings of the 12th International Conference, Odesa, 23–25 September, 2024. Odesa, 2024 P. 483–493.

URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3790/paper42.pdf>. (Scopus).

18. Положаєнко С. А, Прокоф'єв А. Ю. Адаптивний метод контролю достовірності обчислювальної реалізації моделей динамічних систем в процесах їх моделювання та управління. *Development Priorities for Technical Sciences in the Modern World*: proceedings International scientific conference, Riga, 19–20 March 2025, Riga, 2025. P. 35–39. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-542-6-9>

URL: <http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/book/578>.

9. Апробація результатів дисертаційної роботи

1. 5th International Scientific and Practical Conference, Geneva, 16-18 May 2023, Geneva, 2023. *Доповідь та публікація тез*.

URL: <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/issue/view/16-18.05.2023/164>

2. XIII Міжнародна наукова конференція студентів та молодих вчених, «Сучасні Інформаційні Технології – 2023 (MIT–2023)», Одеса, 18–19 травня 2023 р. Одеса, 2023. *Доповідь та публікація тез*.

URL: https://drive.google.com/file/d/1ERFn923_zrEXiPcGj8S0dbSb4K6ToDE/view.

3. IV Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція «Математика та інформатика в науці й освіті: виклики сучасності», Вінниця, 25–26 травня 2023 р., Вінниця, 2023. *Доповідь та публікація тез*.

URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/791>

4. 18th Conference on Computer Science and Intelligence Systems «Annals of Computer Science and Intelligence System», Warsaw , 17–20 September 2023, Warsaw, 2023. *Доповідь та публікація тез.*

URL: <https://annals-csis.org/proceedings/2023/drp/3874.html>

5. VI Міжнародна наукова конференція «Проблеми та перспективи реалізації та впровадження міждисциплінарних наукових досягнень», Біла Церква, 2 лютого 2024 р., Біла Церква. *Доповідь та публікація тез.*

URL: <https://archive.mcnd.org.ua/index.php/conference-proceeding/issue/view/02.02.2024/52>

6. XXV Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні та електронні технології:», Одеса, 27–29 травня 2024 р. Одеса, 2024. *Доповідь та публікація тез.*

URL: <https://www.old.tkea.com.ua/siet/archive/2024/15.pdf>.

7. 10-а Міжнародна наукова конференція «Сучасні проблеми математичного моделювання, прогнозування та оптимізації», Кам'янець-Подільський, 28–29 червня 2024 р., Кам'янець-Подільський, 2024. *Доповідь та публікація тез.*

URL: <http://elar.kpnu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/8145>.

8. 12th International Conference «Information Control Systems & Technologies (ICST 2024)», Odesa, 23–25 September, 2024. Odesa, 2024. *Доповідь та публікація тез.*

URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3790/paper42.pdf>. (Scopus).

9. International scientific conference «Development Priorities for Technical Sciences in the Modern World», Riga, 19–20 March 2025, Riga, 2025. *Доповідь та публікація тез.*

URL: <http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/book/578>.

10. XV Міжнародна наукова конференція студентів та молодих вчених, «Сучасні Інформаційні Технології – 2025 (MIT–2025)», Одеса, 15–16 травня 2025 р. Одеса, 2025. *Доповідь та публікація тез.*

URL: https://drive.google.com/file/d/1zi1TabIH7iso1-SW_9ntZ_LG0glE4Wa/view?usp=sharing

10. Відповідність дисертаційної роботи вимогам, що передбачено пунктами 6 і 7 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії»

В цілому, дисертаційна робота є завершеною науковою працею, що відповідає вимогам спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення.

За актуальністю, науковою новизною, теоретичним, методичним та практичним значенням, обґрунтованістю одержаних результатів та оформленням, дисертаційна робота відповідає чинним вимогам Міністерства освіти і науки України, зокрема, п. п. 6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» із змінами, а її автор — Прокоф'єв Андрій Юрійович — заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії у галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Головуючий на засіданні
доктор технічних наук, професор



Віталій ПАВЛЕНКО