

**ВИСНОВОК
ПРО НАУКОВУ НОВИЗНУ, ТЕОРЕТИЧНЕ
ТА ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ**

Халанчук Лариси Вікторівни «Структуровані дискретні моделі для розв'язку крайових задач», що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – «Прикладна математика» (галузь знань 11 – «Математика та статистика»)

Дисертація Халанчук Лариси Вікторівни «Структуровані дискретні моделі для розв'язку крайових задач», що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – «Прикладна математика» (галузь знань 11 – «Математика та статистика») виконана на кафедрі програмної інженерії Запорізького національного університету Міністерства освіти і науки України. Тема дисертації затверджена за засіданні Науково-технічної ради Запорізького національного університету (протокол № 4 від 16 листопада 2017 року)

Для підготовки висновку про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації «Структуровані дискретні моделі для розв'язку крайових задач» Вченою радою Запорізького національного університету (протокол № 5-дф від 22 грудня 2020 року) визначено, що попередня експертиза дисертації проводитиметься на базі математичного факультету Запорізького національного університету, та призначено двох рецензентів:

- 1) в.о. декана математичного факультету Запорізького національного університету, доктора технічних наук, професора **Гоменюка Сергія Івановича**;
- 2) завідувача кафедри програмної інженерії Запорізького національного університету, кандидата фізико-математичних наук, доцента **Лісняка Андрія Олександровича**.

1. Ступінь актуальності теми дослідження

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню комплексної науково-практичної задачі – розробці математичного апарату для побудови структурованих та блочно-структурованих сіток із заданими параметрами згущення та гарантією якості моделі.

У сучасних інженерних додатках одне із провідних місць займають дослідження, що виконуються із застосуванням математичного моделювання різноманітних реальних процесів з подальшим використанням пакетів комп'ютерних програм із урахуванням того, що комп'ютерне моделювання за своїми витратами має економічну перевагу перед побудовою фізичної моделі. Зі свого боку обчислювальні методи вимагають побудову математичних моделей, що будуть відображати усі необхідні для заданої задачі властивості геометричної форми та структури досліджуваного об'єкта. Переважна більшість сучасних методів обчислення замінює досліджуваний об'єкт деякою дискретною моделлю. Сучасні проекти мають все більш складний характер, оскільки використовують моделі, що складаються з досить великої кількості компонентів і зв'язків між ними. Математичне моделювання процесів у таких конструкціях

має певні труднощі, що пов'язані зі складністю геометричної форми відповідних областей. Такі задачі зручно розв'язувати методом скінченних елементів, де модель складається з певної кількості геометричних областей простої форми. Далі використовуються різні пакети програм для розв'язку отриманої задачі з дискретними моделями. Проте виникає необхідність розробки методів отримання дискретних математичних моделей, що відповідають заданій геометричній області та мають певні властивості, що передбачені умовою задачі.

2. Об'єкт, предмет, мета та завдання роботи

Об'єктом дослідження є структуровані та блочно-структуровані сітки для геометричних моделей.

Предметом дослідження є методи генерації структурованих та блочно-структурованих сіток геометричних моделей.

Метою роботи є розробка математичного апарату для побудови структурованих та блочно-структурованих сіток із заданими параметрами згущення та гарантією якості моделі.

Для досягнення мети у роботі на основі систематичного огляду та аналізу літературних джерел, що розкривають сучасний стан досліджень в обраній області, поставлено та вирішено такі завдання:

1) розробити і виконати апробацію методу отримання структурованих дискретних математичних моделей з використанням рівняння Пуассона для дискретизації двовимірних геометричних об'єктів на чотирикутні елементи;

2) удосконалити методи генерації структурованих дискретних моделей геометричних об'єктів за рахунок вибору способу початкового розбиття;

3) розробити підходи до керування формою та інтенсивністю згущення ліній сітки до заданої області моделі двовимірного та перерізів тривимірного геометричного об'єкта.

3. Методи дослідження

Досягнення мети та виконання завдань дисертаційного дослідження здійснено за допомогою методів математичного аналізу, аналітичної геометрії, математичного моделювання та чисельних методів розв'язування диференціальних рівнянь.

4. Рівень обізнаності здобувача про сучасний стан досліджень у контексті роботи

Науковим підґрунтям для виконання дисертаційної роботи слугували наукові праці українських та закордонних фахівців, що були систематично досліджені та проаналізовані. Досліджувався сучасний світовий науковий доробок у наступних розділах галузей знань та наступних авторів, що достатньо покриває існуючий стан наукових досліджень у контексті дисертації:

– використання методів скінченних різниць та скінченних елементів для розв'язку рівнянь при генерації структурованих сіток (І. Астіоненко,

С. Гоменюк, А. Городецький, С. Гребенюк, В. Киричевський, В. Мухін, А. Толок, Н. Badreddine, М. Bonazzoli, N. Dostart, М. Mahmood, Y. Liu, А. Raeli, Н. Takenaka, J.F. Thompson, О. Zienkiewicz);

– генерація структурованих сіток за допомогою диференціальних рівнянь (С. Долгов, М. Bergmann, J.F. Thompson);

– використання теорії R-функцій для опису геометрії області (А. Лісняк, К. Максименко-Шейко, В. Рвачов, В. Толок, С. Чопоров, Т. Шейко);

– використання кривих, поверхонь та об'ємів Безье для опису геометрії області (Ю. Яцук, R. de Borst, L. Chen, E. Lingen);

– використання алгебраїчних методів для деформації сітки (А. Erciyas, R. Dwight, I. Mahariq, J.F. Thompson);

– використання диференціальних методів для деформації сітки (G. Bianchi, T. Chen, R. Cipollone, A. Kovacevic, V. Liseikin, S. Rane, J. Strain, J.F. Thompson);

– вастосування генерації структурованих сіток для моделювання широкого кола об'єктів і процесів (С. Гоменюк, А. Городецький, С. Гребенюк, В. Киричевський, К. Максименко-Шейко, В. Толок, С. Чопоров, Т. Шейко);

– автоматизація генерації структурованих сіток за допомогою різних пакетів програм (К. Басов, Д. Зайцев, А. Нуриев, А. Юнусова, G. Bianchi, D. Okhotnikov).

У роботі використано автоматизований підхід до пошуку та забезпеченню повноти вибору релевантних публікацій для аналізу літературних джерел, що обґрунтовує систематичність та повноту обізнаності автора з сучасним станом науково-технічного доробку в контексті дисертаційного дослідження.

Водночас, враховуючи все розмаїття наукових праць з окремих питань проблематики розробки математичного апарату для побудови структурованих та блочно-структурованих сіток, й жодним чином не применшуючи їх значення, варто зазначити, що більш детальних наукових досліджень, безпосередньо присвячених методам побудови структурованих та блочно-структурованих сіток із заданими параметрами згущення та гарантією якості моделі, що залежать від геометрії області, у професійних колекціях документів не було проведено. Тому, дисертаційна робота є новаторською у цьому науково-технічному напрямку, вищезазначені факти актуалізують представлене в дисертації дослідження та зумовлюють його теоретичне та практичне значення.

5. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Здобувач вірно визначає зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами, вказує на те, що дослідження проводились у рамках виконання науково-дослідної тематики кафедри програмної інженерії Запорізького національного університету, держбюджетних НДР «Розробка математичного забезпечення для інженерного аналізу об'єктів аерокосмічної техніки на базі хмарних технологій» (№ держреєстрації: 0117U007204), «Математичне та програмне забезпечення автоматизованого проектування аерокосмічної техніки» (№ держреєстрації: 0118U000210) та «Інноваційні

технології та методики професійної підготовки майбутніх фахівців у закладах вищої аграрної освіти», (№ держреєстрації: 0118U002303).

6. Наукова новизна, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Наукова новизна результатів дослідження полягає у тому, що робота є першим у вітчизняній галузі прикладної математики комплексним дослідженням, присвяченим розробці математичного апарату для побудови структурованих та блочно-структурованих сіток із заданими параметрами згущення та гарантією якості моделі. У результаті проведеного дослідження:

Уперше:

1. Розроблено методи оптимізації генерації структурованих дискретних моделей геометричних об'єктів за рахунок вибору способу початкового розбиття сітки за допомогою рівняння Пуассона. Розроблений метод дозволяє зменшити кількість кроків ітераційного циклу за рахунок вибору початкового розбиття сітки із врахуванням властивості геометрії області відносно опуклості чи угнутості сторін. Розроблено алгоритми та програмне забезпечення в пакеті інженерних програм Scilab для імплементації цього обчислювального методу, що підтверджено отриманим авторським свідоцтвом.

Дістали подальшого розвитку:

2. Використання еліптичного методу для математичного моделювання складних об'єктів під час розв'язку задач побудови, візуалізації та аналізу структурованих математичних моделей двовимірних та перерізів тривимірних геометричних об'єктів для спрощення процесу їх моделювання.

3. Метод згущення сітки за допомогою контрольних функцій рівняння Пуассона для згущення до координатних ліній розрахункової області, до точки, до області у вигляді кола, що дозволяє більш детально досліджувати залежності в заданій області геометричного об'єкта, не збільшуючи при цьому кількість вузлів сітки, що економить технічні ресурси.

4. Формула контрольних функцій рівняння Пуассона для згущення до координатних ліній розрахункової області була змінена до формули згущення до діагональних та похилих ліній криволінійного чотирикутника.

7. Практичне значення результатів дисертації

Практичне значення дисертаційної роботи ґрунтується на програмній реалізації та можливості прикладного застосування розроблених методів для чисельного дослідження напружено-деформованого стану складних об'єктів. Розроблені в дисертаційній роботі методи генерації структурованих дискретних моделей геометричних об'єктів дозволяють якісно підвищити результати математичного моделювання, використовувати їх при аналізі та оптимізації інженерних конструкцій. Під час розв'язання задач дисертаційного дослідження створено програмний продукт у вільно розповсюджуваному пакеті інженерних програм Scilab, що дозволяє на базі еліптичного методу автоматизувати генерацію структурованих дискретних моделей геометричних об'єктів таких, як двовимірні криволінійні чотирикутники, поверхні тіл, перерізи тривимірних

об'єктів. За допомогою цього програмного продукту можна керувати формою та інтенсивністю згущення структурованої сітки в заданій області геометричного об'єкта. Отримані розв'язки задач дисертаційного дослідження можуть бути використані конструкторськими організаціями та виробництвами в якості додатків математичного моделювання геометричних об'єктів..

8. Публікації, що висвітлюють основні результати дисертації, та особистий внесок здобувача

Наукові положення і результати, що представлені в дисертаційній роботі, отримані здобувачем особисто. Наукові публікації результатів дисертаційної роботи написані у співавторстві. Нижче наведені ці публікації та вказано особистий внесок здобувача і розділи дисертації, що висвітлюються цими публікаціями:

1. N. Sosnickaya, M. Morozov, **L. Khalanchuk**, H. Onyshchenko. Modelling the Electromagnetic Processes and Phenomena in Quantum-Sized Systems in the Course of Physical and Mathematical Support of Master's Programs for the "Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics Specialty". 2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), 23-25 September 2019, Kremenchuk, Ukraine, pp. 402-405. SCOPUS

Особистий внесок здобувача: розроблено алгоритм та програмне забезпечення в пакеті інженерних програм Scilab для генерації структурованої дискретної моделі для візуалізації значень щільності ймовірності знаходження електрона в заданій області кінчної квантової точки для випадку кількох квантових чисел.

Розділи дисертації: 1.4.3.

2. N. Sosnytska, M. Morozov and **L. Khalanchuk**, "Modeling of Electron State in Quantum Dot Structures," 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP), Kremenchuk, Ukraine, 2020, pp. 1-5. SCOPUS

Особистий внесок здобувача: розроблено алгоритм та програмне забезпечення в пакеті інженерних програм Scilab для генерації блочно-структурованої дискретної моделі для візуалізації значень щільності ймовірності знаходження електрона в заданій області кубічної квантової точки з оболонкою для випадку кількох квантових чисел.

Розділи дисертації: 1.4.3.

3. **Халанчук Л.В.**, Чопоров С.В. Огляд методів генерації дискретних моделей геометричних об'єктів. Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки. 2018. №1. С. 139–152. Index Copernicus

Особистий внесок здобувача: огляд літературних джерел з подальшим аналізом існуючих методів генерації дискретних моделей геометричних об'єктів.

Розділи дисертації: 1.1, 1.2, 1.4.1, 1.4.2, 2.1, 2.2.

4. Сосницька Н.Л., Морозов М.В., Онищенко Г.О., **Халанчук Л.В.** Моделювання кванторозмірних гетеросистем та методичне забезпечення курсу «Фізичні основи інформаційних технологій». Науковий вісник Льотної академії. Серія: Педагогічні науки. Збірник наукових праць. Кропивницький: ЛА НАУ, 2019. Вип. 5. С. 415–421.

Особистий внесок здобувача: розроблено алгоритм та програмне забезпечення в пакеті інженерних програм Scilab для генерації структурованої дискретної моделі для візуалізації значень щільності ймовірності знаходження електрона в заданій області циліндричної квантової точки для випадку кількох квантових чисел.

Розділи дисертації: 1.4.3.

5. Сосницька Н.Л., Кравець В.І., Морозов М.В., Онищенко Г.О., **Халанчук Л.В.** Моделювання стану електронів у кінчних квантових точках. Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Фізико-математичні науки. Кам'янець-Подільський: КПНУ, 2019. Вип.20. С. 100–107.

Особистий внесок здобувача: розроблено алгоритм та програмне забезпечення в пакеті інженерних програм Scilab для генерації структурованої дискретної моделі для візуалізації значень щільності ймовірності знаходження електрона в заданій області кінчної квантової точки для випадку кількох квантових чисел.

Розділи дисертації: 1.4.3.

6. Морозов М.В., **Халанчук Л.В.** Моделювання стану електрона у циліндричній квантовій точці з оболонкою. Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки. Запоріжжя: ЗНУ, 2019. №2. С. 117–123. Index Copernicus

Особистий внесок здобувача: розроблено алгоритм та програмне забезпечення в пакеті інженерних програм Scilab для генерації блочно-структурованої дискретної моделі для візуалізації значень щільності ймовірності знаходження електрона в заданій області циліндричної квантової точки з оболонкою для випадку кількох квантових чисел.

Розділи дисертації: 1.4.3.

7. **Халанчук Л.В.**, Чопоров С.В. Розробка методу побудови нерівномірних сіток на базі диференціального рівняння Пуассона. Прикладні питання математичного моделювання. Херсон: Херсонський національний технічний університет. 2020, т. 3, № 2.2. С. 274–282. Index Copernicus, Google Scholar

Особистий внесок здобувача: розробка математичного апарату та програмного продукту для побудови нерівномірних структурованих сіток на базі рівняння Пуассона, проведення емпіричних досліджень щодо впливу геометрії області на залежність між значеннями змінних розрахункової та фізичної областей та щодо впливу параметрів контрольних функцій на ортогональність ліній сітки.

Розділи дисертації: 1.3, 2.1, 2.6.1, 2.6.2.

8. **Халанчук Л.В.**, Чопоров С.В. Дослідження генерації нерівномірних структурованих дискретних моделей двовимірних геометричних об'єктів. Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки. Запоріжжя: ЗНУ, 2020. № 1. С. 106–112. Index Copernicus

Особистий внесок здобувача: розробка математичного апарату та програмного продукту для побудови нерівномірних структурованих сіток на базі рівняння Пуассона.

Розділи дисертації: 1.3, 2.1, 2.4.1, 2.4.2, 2.5, 2.6.1, 2.6.2.

9. Сосницька Н.Л., Морозов М.В., Халанчук Л.В. Математичне комп'ютерне моделювання квантово-механічних явищ та процесів. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 20. Т. 2. С.262-268. Google Scholar

Особистий внесок здобувача: розроблено алгоритм та програмне забезпечення в пакеті інженерних програм Scilab для генерації структурованої дискретної моделі для візуалізації значень щільності ймовірності знаходження електрона в заданій області тривимірної потенціальної ями для випадку кількох квантових чисел.

Розділи дисертації: 1.4.3.

Таким чином, можна зазначити, що:

1) Здобувачем опубліковано дев'ять наукових робіт, що висвітлюють основний зміст дисертації, дві з яких опубліковано у міжнародних періодичних виданнях, що проіндексовані у базі даних SCOPUS, а сім опубліковано в фахових виданнях України.

2) Ці публікації достатньо повно розкривають основний зміст дисертації та відповідають умовам зарахування їх за темою дисертації відповідно пункту 11 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії (*Постанова КМУ № 167 від 6.03.2019 р. із змінами згідно з Постановою КМУ № 979 від 21.10.2020 р.*).

9. Відповідність дисертації вимогам, передбаченим пунктом 10 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленої кваліфікаційної наукової праці на правах рукопису, яку виконано здобувачкою особисто. Дисертація містить наукові положення, нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати проведених здобувачем досліджень, що мають істотне значення для галузі прикладної математики. Це підтверджено публікаціями, що розкривають основний зміст роботи. Дисертація свідчить про суттєвий особистий внесок здобувача в науку та характеризується єдністю змісту.

Дисертацію оформлено у повній відповідності до вимог Міністерства освіти і науки України (Наказ №40 від 12.01.2017 із змінами, внесеними згідно з *Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019*).

Дисертація написана грамотною українською мовою. Стиль викладення матеріалу відповідає прийнятому в науковій літературі з прикладної математики та характеризується точністю, логічністю, зрозумілістю, зв'язністю, цілісністю та завершеністю.

ВИСНОВОК

Ознайомившись із дисертацією Халанчук Лариси Вікторівни «Структуровані дискретні моделі для розв'язку крайових задач» та науковими публікаціями, у яких висвітлено основні наукові результати дисертації, а також взявши до уваги підсумки фахового семінару, вважаємо, що:

1. Дисертація Халанчук Лариси Вікторівни «Структуровані дискретні моделі для розв'язку крайових задач» є фундаментальним науковим дослідженням з актуальних питань, характеризується єдністю змісту, містить наукові результати, яким властива наукова новизна, теоретичне та практичне значення, а отже, свідчить про істотний особистий внесок здобувача у розвиток прикладної математики.

2. Дисертація Халанчук Лариси Вікторівни «Структуровані дискретні моделі для розв'язку крайових задач» може бути рекомендована до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – «Прикладна математика» (галузь знань 11 – «Математика та статистика») у разовій спеціалізованій вченій раді.

Рецензент:

в.о. декана математичного факультету
Запорізького національного університету,
доктор технічних наук, професор



(підпис)

С. І. Гоменюк

«03» лютого 2021 р.

Рецензент:

завідувач кафедри програмної інженерії
Запорізького національного університету,
кандидат фізико-математичних наук



(підпис)

А.О. Лісняк

«03» лютого 2021 р.

Підпис
засвідчує

Гоменюка С.І.
Лісняка А.О.



А. Комарова