

# ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу **Овського Олександра Геннадійовича**  
**«Інструментальна система аналізу задач математичної фізики на базі  
аналітико – чисельних методів»**

на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук  
за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні  
методи

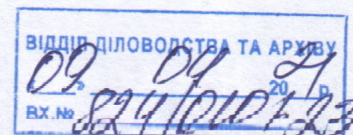
**1. Актуальність теми дисертації.** Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної проблеми розробки нових алгоритмів для автоматизації аналітичних методів математичної фізики на ЕОМ. Для вирішення зазначеної проблеми запропонований математичний апарат методу початкових функцій для символічного розв'язання крайових задач теорії пружності з використанням спрощуючої символіки.

Для проведення обчислювальних експериментів на ЕОМ в галузі математичної фізики в багатьох випадках необхідне глибоке вивчення фізичного процесу або явища, законів природних процесів і їх проявів в складній взаємодії. Крім того, при розв'язанні задач математичної фізики доводиться враховувати питання збіжності, стійкості обчислювального процесу, точності обчислень, ефективності застосовуваних методів і т. ін. Вищезначені обставини створюють додаткові труднощі при розробці програмного забезпечення для розв'язання задач математичної фізики. В наш час автоматизація процесу розв'язання задач математичної фізики досягла значного прогресу завдяки застосуванню систем комп'ютерної математики (СКМ). СКМ дозволяють полегшити, а інколи й замінити працю математиків-теоретиків і аналітиків.

Аналітичні методи розв'язання крайових задач математичної фізики, які використовують складний математичний апарат з операціями інтегрування та диференціювання над трансцендентними виразами, особливо складні для систем комп'ютерної математики. СКМ не мають змоги здійснити інтегрування, диференціювання, а інколи не можуть спростити складний математичний вираз. Одним з таких складних методів є метод початкових функцій теорії пружності, який мало застосовувався в математичному моделюванні, оскільки має велику кількість символічних перетворень.

Отже, тема дисертаційної роботи Овського О.Г., яка присвячена розробці інструментальної системи, що дозволяє автоматизувати аналіз крайових задач теорії пружності за допомогою аналітичного методу початкових функцій, є актуальною.

**2. Загальна характеристика дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи складає 239



сторінок. Робота містить 55 рисунків, список використаних джерел зі 155 найменувань (на 15 сторінках) та 7 додатків.

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету та завдання дослідження, визначені об'єкт, предмет та методи дослідження, висвітлені наукова новизна та практичне значення отриманих результатів, особистий внесок автора в роботах, виконаних у співавторстві, а також апробація результатів дисертації та кількість публікацій, виконаних за темою дисертаційної роботи.

**Метою дисертаційної роботи** є розробка інструментальної системи для розв'язання крайових задач теорії пружності, яка ґрунтується на застосуванні спрощуючої символіки для розрахунків задач аналітичними методами. Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовані наступні основні задачі:

- провести аналіз сучасного стану проблеми застосування СКМ у спеціалізованих областях науки і техніки;
- розробити математичні моделі з аналітико-чисельними алгоритмами, дослідження задач в різних системах координат;
- розробити математичну модель диференціювання та інтегрування з використанням спрощуючої символіки;
- розробити транслятор для виведення на ЕОМ аналітичного розв'язку диференціальних рівнянь теорії пружності для двовимірного і тривимірного випадків;
- розробити процесор для розв'язання поставлених користувачем крайових задач;
- інтегрувати чисельні методи в інструментальну систему для здійснення числових розрахунків крайових задач.

**У першому розділі** здійснено аналітичний огляд робіт з тематики дослідження; наведені основні поняття автоматизації процесу розв'язання задач математичної фізики та описана його схема. Проведений огляд і характеристика сучасних СКМ.

В розділі розглянуті основні проблеми, що виникають при розрахунках на СКМ. На основі здійсненого аналізу літературних джерел зроблено висновок: виникає необхідність в розробці нових та вдосконаленні існуючих аналітичних методів та підходів розв'язання крайових задач. Запропоновано варіант вирішення означених проблем: розробка інструментальної системи на базі СКМ для задач математичної фізики, яка дозволяє досліднику розв'язувати на ЕОМ крайові задачі теорії пружності аналітичним методом початкових функцій, використовувати спрощену символіку для обробки операцій диференціювання та інтегрування.

**У другому розділі** розглянуті загальні принципи побудови інструментальної системи аналізу задач математичної фізики на базі аналітико-чисельних методів. Здійснений формальний опис методу

початкових функцій, розглянутий приклад запису в інструментальній системі функцій символічного диференціювання та інтегрування.

В розділі формально описано синтаксис мови інструментальної системи, розглянуто загальну структуру програми на вхідній мові інструментальної системи.

В розділі описано основний принцип, з якого виводяться основні аналітичні співвідношення методу початкових функцій. Метод початкових функцій є аналітичним розв'язком крайової задачі математичної фізики для бігармонічного рівняння.

У третьому розділі надані основні алгоритми й методи, використані при реалізації інструментальної системи. Описані алгоритми побудови загального розв'язку двовимірної й тривимірної задачі математичної фізики для теорії пружності. Описано аналітичні алгоритми побудови символічного розв'язку за методом початкових функцій та  $\Phi$ -функцій для різних систем координат, аналітичні алгоритми для побудови символічного і алгебраїчного розв'язку для багатосферних тіл за методом початкових функцій, аналітичний алгоритм побудови розв'язку плоскої задачі теорії пружності для півплощини, методи чисельного інтегрування, що застосовуються для задач пружної основи. Сформульована і доведена теорема ортогональності трансцендентних лінійних диференційних операторів методу початкових функцій.

У четвертому розділі розглянуті приклади розв'язання крайових задач математичної фізики для теорії пружності за допомогою запропонованої інструментальної системи. У розділі наведені постановки задач, приклади їх розв'язання за допомогою інструментальної системи.

Вперше розроблений інструмент автоматизованого розв'язання крайових задач теорії пружності на основі аналітико-чисельних методів.

Постановка задачі зводиться до вибору системи координат, типу символічного розв'язку, які дозволяють вибрати тип символічного розв'язку. Символічний розв'язок перетворюється в алгебраїчний (формульний) за допомогою системи числових розрахунків.

У висновках підкреслені результати, які є розв'язком актуальної задачі щодо розробки нових алгоритмів для автоматизації аналітичних методів математичної фізики на ЕОМ.

У додатках представлені: список праць, які надруковані за темою дисертації, акти впровадження результатів дисертаційного дослідження, а також символічні та аналітичні результати, що не увійшли в основний текст роботи, а також тексти програм мовою інструментальної системи.

**3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.** Вивчення матеріалів дисертаційної роботи, автореферату та публікацій дає можливість стверджувати, що обґрунтованість основних одержаних результатів забезпечується строгістю і коректністю постановки та розв'язання розглянутих у роботі задач.

Для реалізації математичних моделей з застосуванням аналітико-чисельних методів у роботі розроблені:

- алгоритми роботи із спрощуючою символікою для обробки операцій диференціювання та інтегрування;
- алгоритми для роботи з аналітичним методом  $\Phi$ -функцій;
- алгоритм побудови розв'язку плоскої задачі теорії пружності для півплощини;
- алгоритми чисельного інтегрування;

Обґрунтованість наукових положень, висновків, запропонованих рішень і рекомендацій підтверджується результатами апробації роботи на наукових семінарах, науково-технічних конференціях.

**4. Достовірність і новизна наукових положень, висновків та рекомендацій.** Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій дисертаційної роботи забезпечується:

- коректністю проведених теоретичних досліджень, які ґрунтуються на застосуванні аналітичних методів;
- застосуванням математичного апарату методу початкових функцій для символічного розв'язання крайових задач теорії пружності з використанням спрощуючої символіки;
- застосуванням сучасних методів числового моделювання, використанням системного підходу, методах наукового пізнання, фундаментальних положеннях сучасного математичного моделювання;
- апробацією положень дисертаційної роботи на наукових конференціях і семінарах різних рівнів, а також наявністю відповідних актів впровадження.

Сформульовані в дисертації наукові положення, висновки і рекомендації впливають безпосередньо з теоретичних та експериментальних результатів проведених досліджень.

При виконанні завдань дисертаційної роботи отримано такі основні наукові результати:

- вперше запропоновано інструментальну систему розв'язання крайових задач теорії пружності аналітичним методом початкових функцій для різних систем координат;
- вперше розроблено математичні моделі аналізу крайових задач теорії пружності з використанням алгоритму методу початкових функцій і алгоритму побудови розв'язку плоскої задачі теорії пружності для півплощини;
- набув подальшого розвитку алгоритм методу початкових функцій у частині покращення реалізації із застосуванням методу  $\Phi$ -функцій, що дозволило підвищити наочність символічних результатів;

- удосконалено алгоритми розв'язання задач математичної фізики із використанням аналітичних обчислень у створеній інструментальній системі;
- вперше запропоновано алгоритми роботи із спрощуючою символікою для обробки операцій диференціювання та інтегрування;
- вперше представлено опис роботи з бібліотекою підпрограм у СКМ;
- вперше розроблено інструментальні засоби й моделі підтримки процесу розв'язання задач математичної фізики за допомогою розробленої інструментальної системи. У результаті дослідження підвищено ефективність обробки символічних виразів, реалізовані аналітичні алгоритми для розв'язання крайових задач теорії пружності. Отримано результати, що мають переваги над існуючими.

Сформульовані в дисертації наукові положення, висновки і рекомендації впливають безпосередньо з теоретичних та експериментальних результатів проведених досліджень.

### **5. Значення дисертаційної роботи для науки і виробництва.**

Отримані у дисертаційній роботі результати у сукупності є розв'язком актуальної проблеми розробки нових алгоритмів для автоматизації аналітичних методів математичної фізики на ЕОМ. Запропоновані і досліджені алгоритми побудови символічного розв'язку в різних системах координат.

На базі запропонованих інструментальних засобів розроблено програмний продукт, який може бути використаний для аналізу напруженого стану однорідних тіл.

Дисертаційна робота виконувалась згідно з планом науково-технічних робіт Запорізького національного університету в рамках держбюджетної теми «Математичне моделювання, аналіз та керування складними динамічними системами» (номер державної реєстрації: 0117U007595).

Результати, що отримані в дисертаційному дослідженні, впроваджено в навчальний процес Запорізького національного університету при викладанні дисциплін «Аналітичні методи в механіці», «Комп'ютерне моделювання у прикладних дослідженнях», та при виконанні курсових та кваліфікаційних робіт освітніх рівнів бакалавр та магістр спеціальності «Прикладна математика».

Результати дисертаційної роботи реалізовано в інструментальній системі, що дозволяє проводити числовий, візуальний аналіз розв'язків крайових задач теорії пружності. Транслятор інструментальної системи дозволяє ефективно обробляти складні аналітичні вирази, які містять функції диференціювання та інтегрування. Система числових розрахунків здійснює перетворення символічного розв'язку крайових задач в алгебраїчний. У випадку, якщо розв'язок в елементарних функціях неможливий, завдяки

чисельному інтегруванню, можна побудувати числовий розв'язок крайових задач.

У роботі поданий математичний апарат методу початкових функцій для символічного розв'язання крайових задач теорії пружності з використанням спрощуючої символіки.

**6. Повнота викладу результатів роботи в наукових фахових виданнях.** Основні результати дисертаційної роботи відображені у публікаціях здобувача. Основні наукові результати дисертаційної роботи опубліковано у 25 друкованих працях, серед них 4 статті у наукових фахових виданнях України з фізико-математичних наук, 7 статей, які додатково відображають результати дисертації, 2 статті у закордонних періодичних наукових виданнях; 12 тез доповідей в міжнародних наукових конференціях.

Робота пройшла апробацію, її основні положення доповідалися на всеукраїнських і міжнародних наукових конференціях та семінарах.

Дисертація Овського Олександра Геннадійовича «Інструментальна система аналізу задач математичної фізики на базі аналітико-чисельних методів» є завершеною науковою працею. Її написано грамотною українською мовою та оформлено відповідно до чинних вимог. Робота добре ілюстрована й не перевантажена зайвим матеріалом.

*Зміст* дисертаційної роботи цілком відповідає спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи, за якою вона подана до захисту, і профілю спеціалізованої вченої ради К 17.051.06.

*Автореферат* дисертації відображає основний зміст, положення та висновки дисертаційної роботи.

**7. Дискусійні положення дисертаційної роботи та зауваження.** У цілому, оцінюючи дисертаційну роботу, слід звернути увагу на такі зауваження і дискусійні положення.

7.1. Було би доцільним зробити порівняння розробленої системи аналітичного проектування з іншими подібними системами, наприклад, обчислювальними системами на базі чисельних методів.

7.2. Не надані рекомендації щодо вибору типу символічного розв'язку для різних класів задач теорії пружності.

7.3. Дисертаційне дослідження можна було поглибити, якщо показати можливість застосування методу початкових функцій для розв'язання температурних крайових задач.

7.4. Аналіз аналітичних методів показав, що у загальному випадку можливе застосування методу початкових функцій для кожної задачі теорії пружності без використання побудови розв'язку плоскої задачі теорії пружності для півплощини.

7.5. Було б доцільно навести порівняння аналітичного методу початкових функцій з вже існуючими аналітичними методами для пружного півпростору.

7.6. В авторефераті даний неповний опис роботи зі спрощуючою символікою, зокрема правила обробки диференціювання, інтегрування частинами і т.п..

7.7. В тексті дисертації й автореферату є певна кількість синтаксичних та орфографічних помилок, які, втім, не мають суттєвого впливу на сприйняття змісту роботи.

Загалом, зазначені вище зауваження не мають принципового характеру, не знижують загального наукового рівня дисертації та не впливають на позитивну оцінку роботи. Більшою мірою їх треба розглядати як побажання щодо подальших досліджень автора.

**8. Загальний висновок.** Дисертаційна робота є завершеною науково-дослідною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності є рішенням важливої науково-технічної задачі розробки нових алгоритмів для автоматизації аналітичних методів математичної фізики на ЕОМ. Для її розв'язання розроблена інструментальна система аналізу задач математичної фізики на базі аналітико-чисельних методів. За критеріями МОН України – за актуальністю, науковим рівнем розробок та їх практичним значенням, наявністю необхідної кількості та обсягу публікацій, дисертаційна робота **Овського Олександра Геннадійовича «Інструментальна система аналізу задач математичної фізики на базі аналітико – чисельних методів»** відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент:

доцент кафедри

вищої математики і математичного моделювання

Херсонського національного

технічного університету,

кандидат фізико-математичних наук,

доцент



І. О. Астіоненко

Підпис Астіоненка І.О. засвідчую

Начальник відділу кадрів ХНТУ



М.В. Танська