

ВІДГУК

офіційного опонента Бомби Андрія Ярославовича
на дисертаційну роботу Чернія Дмитра Івановича
«Методологія та обчислювальні технології моделювання
аерогідродинамічних процесів»,
яку представлено на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук за спеціальністю
01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність теми дослідження Сучасні вимоги до безпеки життєдіяльності, забезпечення контролю за станом навколишнього середовища потребують передбачення імовірних загроз. З розвитком та поширенням обчислювальної техніки математичне моделювання стає одним з основних інструментів прогнозування виникнення загроз для забезпечення можливості вчасного реагування на них з метою запобігання виникненню надзвичайних ситуацій. Так, при виникненні метеорологічних та гідрологічних катаклізмів, надзвичайних ситуацій на підприємствах, що сталися внаслідок техногенних або природних катастроф, з викидом забруднюючих речовин в повітря або водне середовище, саме прогнозування їх розповсюдження, під впливом різноманітних факторів, стає основною задачею для вчасного визначення сценаріїв ефективного запобігання небезпечному впливу. Потреба в обчислювальних технологіях, здатних забезпечувати моделювання динамічних процесів та виявлення критичних впливів у масштабі реального часу, визначається гострою необхідністю їх застосування в моделюючих системах, призначених для виявлення загроз небезпечних аварій і катастроф та прогнозування їх наслідків. Зокрема, важливими є проблеми прогнозування розмивання опор мостів, берегів, островів тощо при швидкоплинній течії, наслідків буревіїв в житлових масивах та техногенних зонах. Необхідність вирішення науково-прикладної проблеми підвищення ефективності моделювання швидкоплинних процесів, шляхом створення технологій моделювання, придатних для застосування в комп'ютерних системах прогнозування та керування в реальному масштабі часу, робить тему досліджень надзвичайно **актуальною**.

Основна частина наукової роботи за тематикою дисертації виконувались в рамках наукових досліджень Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України (НДР «Розробка програмно-моделюючої системи для дослідження нестационарних нелінійних аераційних процесів та експертизи стійкості і динаміки конструкцій та споруд під аерогідродинамічним впливом в системах підтримки прийняття інженерних рішень» (2007-2009рр., номер Державної реєстрації теми 0107U000563); НДР «Розробка математичних моделей, методів та алгоритмів для програмно-моделюючих систем інженерно-технологічного призначення» (2010-2012рр.,

вх. № 162/01.09.21-1

номер Державної реєстрації теми 0110U002719); НДР «Розробка обчислювальних технологій моделювання нестационарних фізичних процесів»(2013-2015рр., номер Державної реєстрації теми 0112U007538); НДР «Розробка обчислювальних технологій та методів моделювання для дослідження нестационарних процесів» (2016-2020рр., номер Державної реєстрації теми 0116U000793)), за тематичним напрямом наукових досліджень і науково-технічних розробок «Технології та засоби математичного моделювання, оптимізації та системного аналізу розв'язання надскладних завдань державного значення», в межах пріоритетного тематичного напрямку розвитку науки і техніки «Інформаційні та телекомунікаційні технології», із Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року, що затверджено постановою Кабінету Міністрів України №942 від 7.09.2011р.

Наукова новизна положень і результатів, представлених в дисертації полягає у першу чергу в створенні методології моделювання, розвитку та адаптації відповідних методів та програмних засобів прогнозування, а саме:

1) запропоновано *нову* методологію опису циркуляційної течії та процесів масопереносу у шарі скінченної товщини навколо перешкод, яка базується на зрощуванні розв'язків теорії потенціалу з розв'язками теорії в'язкого шару скінченної товщини та застосуванні підходу Лагранжа при побудові математичних моделей адвекції поверхневих забруднень в акваторіях; 2) розроблено методологію побудови нових обчислювальних технологій, здатних забезпечити моделювання за умов реального часу, призначених для застосування в комп'ютерних системах експрес-прогнозування швидкоплинних аерогідродинамічних процесів; 3) розроблено *нову* обчислювальну технологію, що базується на дискретизованих моделях сингулярних та гіперсингулярних інтегральних представлень, методах та алгоритмах перетворення систем дискретних особливостей, яка надає можливість визначати за умов реального часу динамічні параметри аерогідродинамічних процесів та явищ; 4) створено *новий* метод та алгоритм перетворення системи дискретних особливостей для коректного обчислення значень характеристичних функцій математичних моделей, які засновані на сингулярних та гіперсингулярних інтегральних представленнях. Перетворення системи дискретних особливостей є основою нового методу визначення значень локальних та розподілених динамічних характеристик процесу, що обираються із вже існуючих розв'язків вихідної кінематичної задачі, що надає можливість явного визначення впливів рухомості та деформовності границь, нестационарності течії, відриву та вихороутворення.

В тому числі: *удосконалено* метод дискретних замкнених вихрових елементів для створення моделей тривимірних циркуляційних течій, що виникають під впливом багатозв'язних вихрових структур. Розроблено моделі, із застосуванням яких встановлено особливості взаємодії струменевих течій з

граничною поверхнею та виявлено умови виникнення ефекту інверсії струменю при заданій формі отвору. Також, *удосконалено* модель Лагранжа щодо розповсюдження забруднень на водній поверхні, яка базується на методах розв'язування задач адвекції. В моделі враховано умови гладкості границь області та мінливість впливів зовнішніх факторів (вітру, нагонних течій) на формування домінуючих течій.

Набули подальшого розвитку топологічний підхід до побудови дискретизованих моделей тривимірних течій з розривами полів швидкостей, як узагальнення методу дискретних вихрових елементів; метод дискретних особливостей, в частині його застосування в системах експрес-прогнозування швидкоплинних аерогідродинамічних процесів; методологія гідродинамічних досліджень нестационарних течій на лабораторному стенді з плоским каналом скінченої товщини, з перешкодами та межами довільної форми.

Достовірність наукових положень, результатів, висновків та рекомендацій дисертації забезпечується: коректною постановкою математичних задач, застосуванням класичних методів аналізу, використанням верифікованих математичних моделей, контрольованою точністю обчислювальних методів, повторюваністю обчислювального та лабораторного експерименту, несуперечливістю результатів дисертаційних досліджень відносно результатів інших авторів, які працювали над даною темою. Обґрунтованості наукових положень підтверджено узгодженістю між собою аналітичних, чисельних та експериментальних результатів які були отримані у процесі досліджень. Потенційні споживачі наукових та науково-технічних результатів: Проектні та науково-дослідні установи, установи із забезпечення експертиз, конструкторські бюро інженерного спрямування (машинобудівельного, енергетичного, екологічного, гідротехнічного та телекомунікаційного), а також структури та установи міських державних адміністрацій, установи Державної служби України з надзвичайних ситуацій, навчальні заклади математичного, фізико-технічного, інформаційно-технологічного профілю.

Повнота викладення основних положень дисертації в опублікованих працях Результати дисертації опубліковано у 59 роботах: в окремих главах монографії (зі співавторами), 25 статтях, у тому числі в фахових вітчизняних та зарубіжних виданнях 25 (із яких – 5 без співавторів), з опублікованих робіт 4 індексовані у базі Scopus та Web of Science, 20 статті у виданнях, які входять до інших міжнародних наукометричних баз. З опублікованих за тематикою дисертаційного дослідження налічується 30 статей в збірниках наукових праць і матеріалах міжнародних конгресів, симпозіумів та конференцій. Робота пройшла всебічну апробацію на різноманітних як вітчизняних, так і міжнародних наукових семінарах, конференціях та симпозіумах протягом 2002-2020 рр. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на 2-х конгресах, 6 симпозіумах, 22 конференціях, усі 3

яких мають міжнародний статус, а рівень яких дозволяє простежити неухильне зростання дисертанта як вченого.

Всі основні результати дисертації, що виносяться на захист, отримано автором особисто. Результати наукових досліджень, за якими Д.І.Черній захистив кандидатську дисертацію («Чисельне моделювання течій ідеальної нестисливої рідини в областях з різнотипними непроникними рухомими границями», зі спеціальності 01.02.05 «механіка рідини газу та плазми», 2001р.), на захист докторської дисертації не виносяться.

Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. В роботі представлено результати, що в сукупності, вирішують актуальну науково-прикладну проблему підвищення ефективності математичного моделювання аерогідродинамічних процесів та систем шляхом створення технологій моделювання, призначених для застосування в комп'ютерних системах прогнозування та керування швидкоплинними процесами в реальному масштабі часу. Основні результати роботи, в закінченому вигляді представлено у висновках дисертації.

Дисертаційна робота виконана на високому теоретичному рівні, а її структура, зміст, обсяг та оформлення відповідають вимогам МОН України. Оформлений у відповідності з існуючими вимогами МОН України, автореферат дисертації дає повне уявлення про логіку проведення дисертаційних досліджень та віддзеркалює зміст дисертації і зміст основних результатів. Надруковані роботи, що приведені в авторефераті, повною мірою розкривають зміст дисертаційного дослідження.

Дисертаційна робота представляє собою закінчену наукову працю. За всіма формальними ознаками дисертаційна робота відповідає вимогам МОН України та вимогам постанови Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013р.

Результати роботи мають наукове значення для розвитку теорії математичного моделювання, технологій створення нових нелінійних моделей, обчислювальних технологій, в яких застосовуються алгоритми та дискретизовані моделі із використанням систем дискретних особливостей, а також методів досліджень процесів в гідроаеродинаміці.

Практична цінність результатів

Розроблені в дисертації методології, моделі та обчислювальні технології дозволяють створювати програмно-моделюючі системи інженерно-технологічного призначення (проектно-конструкторського застосування), які потребують прогнозування аеродинамічних та гідродинамічних процесів в режимі реального часу. Розроблені в дисертаційній роботі математичні моделі, методи, алгоритми, обчислювальні технології та методологічні підходи було впроваджено в науково-дослідних та освітніх установах України та Казахстану, що підтверджується відповідними документами.

Зауваження щодо змісту дисертації

1. Робота тільки б «виграла», коли б автор узагальнив надто «розкидану» інформацію щодо діапазону геометричних та режимних параметрів (числа Рейнольдса, тощо), в межах яких розроблені моделі продемонстрували свою працездатність (зокрема, в яких слід очікувати на надійне відтворення реальних характеристик течій, згідно зі структурою моделей).
2. Розрахункова процедура подана надто схематично. Зокрема, відсутня інформація про геометричні особливості і розмірність використаних сіток. Спосіб задання та апроксимації граничних умов на «вхідних», «вихідних» ділянках меж розрахункової області, а також на ділянках обтікання, може суттєво залежати від використаної геометрії сітки, особливо в випадку, коли об'єкт, що обтікається, є рухомим, також висвітлено у роботі надто схематично.
3. Автор у роботі торкається важливої проблеми врахування впливу вітру на течію і досягає певного результату. Проте хотілось би, наприклад, у третьому розділі дисертаційної роботи, побачити більш чіткий структурний опис цього явища у відповідній дискретній моделі.
4. В роботі бажано більш конструктивно описати фізичні ситуаційні стани (зокрема, навести дані відносно фізико-хімічних властивостей забруднювачів тощо), до яких застосування адвекційної моделі масопереносу буде залишатися коректним.
5. В роботі також недостатньо, на наш погляд, приділяється уваги питанню встановлення або оцінок часових інтервалів, в яких застосування адвекційної моделі масопереносу буде коректним.

Зазначені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки роботи.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Д.І.Чернія, є закінченим, самостійно виконаним комплексним науковим дослідженням з вирішенням важливої науково-технічної проблеми спеціалізації методів моделювання для забезпечення створення ефективних програмних засобів комп'ютерної реалізації прогнозування та керування швидкоплинними процесами в реальному масштабі часу. Дисертація відповідає паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи. Тема роботи є актуальною, результати, що одержані в роботі є новими, відповідають поставленим цілям і задачам та мають безсумнівне наукове та практичне значення. Оформлення дисертаційної роботи й автореферату акуратне і наочне та відповідають вимогам МОН України. Стиль викладення результатів є логічним і лаконічним. Автореферат у повній мірі відображає основний зміст, результати та висновки дисертаційної роботи і є ідентичним положенням

дисертації. Наведені в авторефераті та дисертації публікації висвітлюють основні наукові результати дисертаційного дослідження. Плагіат відсутній.

Враховуючи вищеприведене, вважаю, що дисертаційна робота Чернія Дмитра Івановича «Методологія та обчислювальні технології моделювання аерогідродинамічних процесів» за своїм обсягом, змістом, за проблемами, які досліджуються і розв'язуються, за результатами та за всіма іншими формальними ознаками відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, зокрема пунктам 9, 10, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами, затвердженими Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19 серпня 2015 р., № 1159 від 30.12.2015 р., № 567 від 27.07.2016 р. та № 943 від 20.11.2019, а її автор - Черній Дмитро Іванович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент:
 доктор технічних наук, професор,
 професор кафедри комп'ютерних наук та
 прикладної математики
 Національного університету водного
 господарства та природокористування

А.Я.Бомба



Підпис професора А.Я.Бомби засвідчую _____

