

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Загуменного Ярослава Вікторовича «Задачі керування структурою нестационарних течій та інтегральними характеристиками обтічних тіл», поданої на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.05 – механіка рідини, газу та плазми.

1. Актуальність обраної теми

Дисертаційну роботу присвячено дослідженню течій в'язкої нестисливої рідини в примежових шарах та сліді за нестационарно рухомими тілами та визначенню процесів виникнення і розвитку вихрових утворень у примежовому шарі та супутньому сліді за обтічними тілами і формулюванню пропозицій щодо розробки методів керування цими процесами для зменшення опору тертя і тиску.

В роботі проведено модифікацію відомих скінченно-об'ємних алгоритмів для побудови чисельно-аналітичної моделі, яка дозволила якісно та кількісно відтворювати нестационарні процеси обтікання тіл довільної форми, які здійснюють нестационарний рух у потоці однорідної і стратифікованої рідин.. Виконано верифікацію цих алгоритмів та методик в рамках пакету OpenFOAM, який використовується в даній дисертаційній роботі сумісно з розробленими здобувачем програмних елементів для чисельного моделювання розглянутих задач

Коло питань розглянутих в дисертації відноситься до розвитку сучасної обчислювальної механіки рідини, газу та плазми, тому не виникає сумнівів щодо їх актуальності. Актуальним є і предмет дослідження – взаємозв'язок хвильової та вихрової структури течій з інтегральними характеристиками обтічних тіл, процеси хвиле- та вихроутворення навколо нестационарно рухомих тіл та вплив цих процесів на інтегральні характеристики обтічних тіл. Актуальність, наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень сформульовано у дисертації й авторефераті достатньо чітко.

2. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, результатів і висновків

У роботі проведено аналіз методів чисельного розв'язку рівнянь Нав'є-Стокса нестисливої рідини, з урахуванням теплового розширення і сольового стиснення рідини.

На базі аналізу існуючих методів дослідження нестисливих потоків автором сформульовано постановки задач, розроблено чисельні методики та елементи програмно-методичного забезпечення, які використовуються в складі пакету OpenFOAM при дослідженні нестационарних процесів хвиле- і

вихроутворення та їх взаємозв'язок з інтегральними характеристиками обтічних тіл. Здобувач достатньо грамотно та послідовно використав сучасні алгоритми чисельного розв'язку рівнянь Нав'є-Стокса. Одним з вирашних моментів роботи є вдалий підхід до пошуку та вибору методик дослідження нестационарних відривних течій. Завдяки цьому у дисертації наведено докладний аналіз результатів широкого кола обчислювальних експериментів.

Достовірність отриманих у дисертаційній роботі наукових результатів забезпечується використанням фундаментальних моделей механіки рідини. Так для опису динаміки в'язкого середовища застосовувалися повні рівняння Нав'є-Стокса. Проведено детальне співставлення отриманих здобувачем результатів з результатами інших авторів і тим самим наведена досить переконлива аргументація в підтвердженні працездатності реалізованих здобувачем алгоритмів чисельного моделювання зв'язаних задач динаміки рідини та активного або та (або) пружньо-деформованого тіла, яке обрікається.

Текст дисертації написаний досить грамотно і акуратно, цілком логічно. Автореферат написаний докладно, добре проілюстрований і повністю відображає зміст дисертації. У даній роботі результати кандидатської дисертації не використано. Висновки, які наведені в дисертації й авторефераті, відображають головні результати досліджень. Всі основні положення і висновки дисертаційної роботи викладені в авторефераті. На літературні джерела і результати інших авторів зроблені досить коректні посилання. Бібліографічний опис цитувань в дисертаційній роботі складено у відповідному вигляді.

Дослідження за темою дисертації були виконані згідно науково-дослідним роботам Інституту гідродинаміки НАН України, а також в рамках наукових програм, бюджетних тем і фундаментальних досліджень: 3 теми ІГМ НАНУ та спільний науковий проєкт НАН України – РФФД

3. Наукова новизна результатів дослідження

Дисертація складається з анотації, вступу, восьми розділів, висновків, бібліографії та додатку. У розділах 1 та 2 здійснено детальний аналіз проблематики керування течіями з метою зниження опору обтічних тіл та представлено математичні моделі обтікання нестационарно рухомих тіл та методи їх чисельної реалізації. Наведено приклади чисельного розв'язання тестових задач, на яких демонструється ефективність і точність розроблених чисельних підходів. В розділі 3 приведені результати досліджень обтікання плоскої поверхні, яка локально деформується у вигляді біжучої хвилі заданої амплітуди, частоти і фазової швидкості. Наступні розділи 4-8 присвячені питанням, які визначають суттєву наукову новизну отриманих результатів:

- дослідження процесів керування відривом та динамічними характеристиками крилового профілю, який здійснює обертально-коливні рухи в потоці рідини;
- дослідження обтікання модифікованого крилового профілю з додатковим пасивним в'язкопружним хвостовим елементом та викладено умови приєднання відривної течії і виникнення пропульсивної сили на коливному криловому профілі;
- на основі чисельного моделювання зв'язаних задач механіки рідини і деформівного тіла визначено співвідношення між частотами власних та вимушених коливань хвостовика, при яких спостерігається генерація найбільшої пропульсивної сили крила;
- представлено результати досліджень нестационарних процесів формування і розвитку течій неперервно стратифікованої й однорідної рідин навколо непроникних перешкод у надповільному, хвильовому, вихровому і нестационарному вихровому режимах.
- наведено порівняння розрахованих картин стратифікованих течій з тіншовими зображеннями лабораторної візуалізації, які демонструють гарну узгодженість.

4. Значення отриманих результатів для науки і практики

Отримані в роботі результати є важливими для розуміння процесів, що відбуваються при обтіканні тіл, які здійснюють нестационарні рухи у потоці в'язкої нестисливої рідини..

У дисертації визначено ряд конкретних закономірностей на базі чого формулюються комплексні уявлення щодо фізичних процесів, які відбуваються у примежових шарах та у супутних слідах за обтічними тілами, Ці процеси здійснюють періодичні нестационарні рухи у потоці в'язкої нестисливої рідини. Практично цінним є дослідження взаємодії збурень потоку з пасивним деформівним елементом обтічного тіла на основі побудованого алгоритму чисельного розв'язання зв'язаних задач механіки рідини і деформівного твердого тіла.

Науковий інтерес представляють проведені і узгоджені чисельні й лабораторні дослідження процесів формування і розвитку течій навколо обтічних тіл із урахуванням ефектів стратифікації і дифузії, які є невід'ємними властивостями оточуючих середовищ і наявність малих варіацій густини у яких дозволяє проводити тіншову візуалізацію тонкої структури течій.

Отримані результати дозволяють комплексно досліджувати нестационарні процеси виникнення і розвитку різномасштабних утворень навколо рухомих або нерухомих перешкод, а також оцінювати вплив

зовнішніх динамічних факторів та неоднорідності середовища на структуру і динаміку течій. Ці результати та запропоновані підходи керування течіями можуть бути використані при проектуванні корпусів технічних пристроїв, над- і підводних транспортних та пересувних засобів.

5. Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи відображено у 53 роботах, у тому числі 30 (із них 2 без співавторів) в фахових вітчизняних та зарубіжних виданнях, 23 (із них 6 без співавторів) роботи в інших публікаціях та матеріалах конференцій. З опублікованих по дисертації робіт налічується 20 статей у виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science.

6. Зауваження щодо змісту й оформлення роботи

До дисертаційної роботи є наступні зауваження:

1. До огляду літератури бажано було б додати роботи академіка Білоцерковського О.М. та його учнів, які активно займалися дослідженнями по темі даної дисертації.
2. У Розділі 1, де проведено огляд літератури, є посилання на статті автора – тобто ці статті оглядові? Є також повторне згадування публікацій автора у різних розділах. Чи це означає, що ці статті узагальнюючі?
3. Потрібно було роздільно сформулювати: які математичні моделі вже використовуються в наукових установах, зокрема, в ІГМ НАНУ, де такі роботи ведуться декілька десятків років, які з цих моделей використав здобувач і які зміни в них він вніс. Останнього може й не бути, оскільки використовується пакет програм OpenFOAM, в якому багато моделей же реалізовано.
4. Не зрозуміло, у чому полягає узгодженість чисельного і лабораторного досліджень. Можливо, це просто лабораторне підтвердження чисельного моделювання?
5. Список публікацій здобувача за темою дисертації наведено двічі: Додаток 2 (стор. 371-378) та стор.10-17 . Як уже відмічено це 53 публікації, з них 8 без співавторів, Однак в розділі «Вступ» на стор.53 відмічається, що за результатами досліджень опубліковано загалом 118 наукових робіт, з яких 85 робіт у збірниках праць та тез міжнародних конференцій, 18 наукових робіт без співавторства,

Вважаю за необхідне відмітити, що зазначені зауваження суттєво не впливають на загальне позитивне враження від дисертаційної роботи і не зменшують цінності отриманих в ній результатів.

7. Висновки щодо дисертаційної роботи

Представлена дисертація «Задачі керування структурою нестационарних течій та інтегральними характеристиками обтічних тіл», є завершеною роботою, містить наукові положення та науково обґрунтовані результати, які у сукупності роблять суттєвий внесок у вирішення важливої науково-прикладної проблеми. Зміст дисертаційної роботи і автореферат відповідають паспорту спеціальності 01.02.05 – механіка рідини, газу та плазми, а висновки відображають головні результати досліджень. Автореферат відповідає змісту дисертації.

Враховуючи все вище сказане, вважаю, що представлена дисертаційна робота відповідає вимогам пп. 9, 10, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 656 від 19.08.2015, № 1159 від 30.12.2015, № 567 від 27.07.2016 та № 943 від 20.11.2019), а її автор Загуменний Ярослав Вікторович заслуговує присудження наукового ступеня доктора фізико-математичних наук.

Заступник директора з наукової роботи
Інституту технічної механіки НАН і ДКА України
завідуючий відділом аэрогазодинаміки
та динаміки технічних систем
член-кореспондент НАН України,
доктор фізико-математичних наук,
професор



В. І. Тимошенко

28 вересня 2020 року