

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Редчиця Дмитра Олександровича “Нестационарні зв’язані задачі динаміки рідини, газу та низькотемпературної плазми”, поданої на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.05 – механіка рідини, газу та плазми.

Для сучасної гідро(аеро) динаміки характерним є дослідження все більш і більш складних середовищ і умов, в яких вони рухаються. У дисертаційній роботі Дмитра Олександровича “Нестационарні зв’язані задачі динаміки рідини, газу та низькотемпературної плазми” пропонується нова математична модель для опису нестационарних ламінарних, перехідних і турбулентних потоків повітря в наближенні в'язкої нестисливої рідини. Ця модель заснована на розв'язанні рівнянь Нав'є-Стокса, замкнених диференціальною моделлю турбулентності та також моделлю ламінарно-турбулентного переходу. Для певного класу задач додаються рівняння, що описують поведінку низькотемпературної плазми.

Надзвичайно широке коло прикладних та сучасних задач, які розглядаються автором робить цю роботу **актуальною і своєчасною** як с точки зору подальшого розвитку теоретичних і експериментальних досліджень, так і з точки зору застосувань прикладних результатів.

У перших трьох розділах представлено огляд математичних моделей, методів розв'язку рівнянь Нав'є-Стокса нестисливої рідини, підходів до моделювання турбулентності, розвитку плазми при роботі плазмового актуатора та її взаємодії з навколишнім середовищем. Тут описуються чисельні методи для розв'язку зв'язаних задач динаміки рідини, газу та низькотемпературної плазми.

У четвертому-шостому розділах представляються результати моделювання динаміки процесів (без включення плазми) таких як обтікання плоскої пластини, кругового циліндра і профілю крила в широкому діапазоні кутів атаки і чисел Рейнольдса на основі нестационарних рівнянь Нав'є-Стокса нестисливої рідини з використанням різних моделей турбулентності і  $\gamma$ - $Re\theta$  моделі ламінарно-турбулентного переходу, турбулентне обтікання профілів симетричної і несиметричної форми, профілю транспортного засобу, динаміка й аеродинаміки

роторів вертикально-осьових вітроенергетичних установок (що складаються з роторів Дар'є і Савоніуса). Для деяких випадків виконано порівняння отриманих чисельних результатів з наявними як чисельними так і експериментальними даними.

У цьому розділі представлено моделювання нестационарних процесів низькотемпературної нерівноважної плазми діелектричного бар'єрного розряду при роботі плазмового актуатора. Виконано детальне вивчення стадій зародження, розвитку і гасіння катодоспрямованого стримера при роботі плазмового актуатора.

В роботі представлено результати **нових** даних щодо зміни структури відривних течій, характеристик аеродинамічних профілів, **нові** результати з аеродинаміки вертикально-осьових (ВО) вітроенергетичних установок (ВЕУ) з роторами Дар'є і Савоніуса, вироблено рекомендації щодо підвищення їх енергетичної ефективності. Розроблені підходи та методики дозволяють відтворювати реальні аеродинамічні процеси обтікання тіл довільної форми і розраховувати їх аеродинамічні характеристики з урахуванням впливу низькотемпературної плазми

Робота містить повне викладення теоретичного матеріалу і даних апробації методу, достатню кількість ілюстративного матеріалу, бібліографічних посилань. Викладення роботи здійснено чіткою мовою, логічно, з використанням сучасної наукової термінології.

По роботі і її оформленню є такі зауваження.

1. В початкових розділах дається детальний опис сучасних пакетних програм, як комерційних (закритих) так і відкритих, розроблених науковими колективами, які орієнтовані на розв'язок задач обчислювальної гідродинаміки. Так як в розділах 4-6 проводиться моделювання задач без урахування впливу низькотемпературної плазми, то для верифікації та оцінки ефективності створеної моделі було б доречно мати порівняння запропонованої моделі та її складових із існуючими аналогами (переваги та недоліки). Це, як правило, прийнято представляти у вигляді таблиці, з якої видно місце даної моделі серед аналогів, які наразі існують у світі.

2. Зазвичай нова чисельна модель має пройти ряд тестів на ідеалізованих задачах та відомих аналітичних розв'язках. В дисертаційній роботі таких прикладів не наведено.

3. В роботі не приведено аналізу чутливості чисельних розв'язків до варіювання роздільної здатності розрахункової сітки.

4. В роботі не наведено аналізу впливу на результати обчислювальної дифузії.

5. В тексті не має обґрунтування вибору кроку інтегрування по часу  $dt$  для конкретних задач (с. 245) та (с.408) та у тексті дисертації не приведено дослідження чутливості розв'язків до зміни кроку інтегрування.

6. Довимірна чисельна модель застосовується до опису турбулентного обтікання тривимірних тіл складної геометрії. Тому мають бути проведені певні дослідження щодо адекватності такого застосування та оцінки з'язаних із цим розбіжностей.

7. Зауваження до оформлення:

7.1. На багатьох рисунках не наведено шкалу, не має масштабів на осях графіків та не вказано яка саме характеристика зображена на рисунку. В тексті одними символами можуть бути позначені різні характеристики. Це ускладнює сприйняття матеріалу.

7.2. Рисунок 4.7 – немає розмірності шкали,

Рисунок 4.8 – 4.11 – немає шкали для завихреності,

Рисунок 4.14 – 4.15, 4,23-4,25, 5.18, 5.19 – немає шкали.

7.3. Рисунок 4.12 – помилка у підписі, бо на графіку  $C_d$  та  $C_d$ . Та не підписано в чому вони вимірюються.

7.4. Рисунок 5.3, 5.12-5.15 - немає шкали та не підписано, що зображено на графіках.

7.5. Рисунок 7.6, 7.7,7.8,7.11,7.12 ,7.14, 7.15 7.16 – немає розмірів на осях, ні шкали.

7.6. Рисунок 7.17 – не вказано розмірність електричного потенціалу

7.7. Під змінною  $t$  спочатку позначено час (безрозмірний, секунди), а потім значення  $t$  використовується для позначення товщини (ст 411) а на подальших графіках немає пояснення, яке саме  $t$  мається на увазі та в чому воно вимірюється.

Вказані зауваження не зменшують загальної високої оцінки результатів дисертаційної роботи.

В цілому вважаю, що дисертаційна робота Редчиця Дмитра Олександровича представляє собою завершене наукове дослідження виконане на актуальну тему, містить сучасні наукові результати теоретичного і практичного спрямування в галузі обчислювальної гідродинаміки. За своїм напрямком і методами дослідження робота повністю відповідає спеціальності 01.02.05 – механіка рідини, газу та плазми (фізико-математичні науки). Результати роботи в достатній мірі висвітлені в наукових публікаціях згідно з вимог Міністерства освіти і науки України, широко обговорювалися на конференціях та наукових семінарах, в тому числі на семінарі відділу математичного моделювання морських та річкових систем ІПММС НАНУ. Автореферат дисертації повністю відповідає її змісту, а її автор, Редчиць Дмитро Олександрович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за цією спеціальністю.

Офіційний опонент, старший науковий співробітник

Інституту проблем математичних машин і систем НАНУ

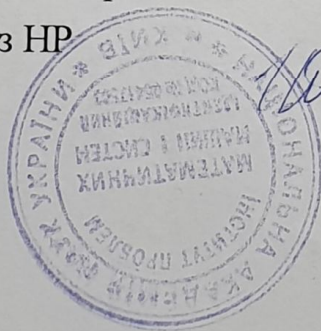
доктор фізико-математичних наук, н.досл.

К.В. Терлецька

Підпис Терлецької К.В. завіряю

Заступник директора з НР

Д.ф.-м.н., н.досл.



І.О.Бровченко