

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Коновалюк Т.П.** “*Звукові поля, генеровані когерентними вихровими структурами, які взаємодіють*”, поданої на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук на спеціалізованій вченій раді Д 26.196.01 в Інституті гідромеханіки НАН України за спеціальністю 01.04.06 – акустика

Актуальність роботи. Вивчення шумів течій становить значний науковий та практичний інтерес, оскільки дозволяє, по-перше, зрозуміти сутність фізичних процесів, які виникають при перетворенні енергії переносу речовини (рідина) в енергію переносу стану (звукові хвилі), по-друге, більш свідомо підходити до планування заходів впливу на такі процеси, наприклад, з метою зменшення акустичного забруднення навколишнього середовища.

Дисертаційна робота Коновалюк Т.П. присвячена моделюванню процесів виникнення та розповсюдження акустичних коливань при взаємодії кількох когерентних вихрових структур. Вибір в якості предмета дослідження когерентних вихорів обумовлений тим, що саме когерентні вихорі серед всіх вихрових структур течії найбільш ефективно перетворюють енергію своєї взаємодії в акустичну. Дослідження елементарних актів вихрової взаємодії та генерованих ними звукових полів дозволяє зрозуміти фізичні процеси, що відбуваються в течіях, та зробити узагальнення щодо більш складних ситуацій. Такий підхід є досить поширеним, але незважаючи на значну кількість відомих щодо цього наукових результатів, досить відчутним є брак саме кількісних даних, які пов'язували б особливості течії та генерованого нею звукового поля. Вказаною обставиною й обумовлено мету роботи, яка направлена:

- на виявлення якісних та кількісних зв'язків між динамічними та акустичними характеристиками когерентних вихрових структур, що взаємодіють;
- на встановлення зв'язків між великомасштабними вихровими рухами та внутрішньою динамікою вихорів Kirchhoff з одного боку та характеристиками звукових полів, що генеруються в процесі взаємодії вихорів, з іншого;
- визначення акустичного критерію, що дозволяє моделювати великомасштабні вихрові рухи плям еквівалентною системою точкових вихорів; вирішення питання щодо можливості моделювати розподілені вихори точковими при побудові звукового джерела.

З огляду на вищесказане тему дисертаційної роботи Коновалюк Т.П. слід визнати актуальною та важливою як з наукової, так і практичної точки зору. Тема та мета досліджень відповідає актуальним науковим напрямкам роботи Інституту гідромеханіки НАНУ та є складовою відповідних науково-дослідних робіт.

Загальна характеристика роботи. Дисертаційна робота Коновалюк Т.П. складається із анотації, вступу, трьох розділів, загальних висновків, переліку джерел посилання, 6-тьох додатків. Повний обсяг дисертації становить 168 сторінок; робота містить в собі 38 рисунків, 3 таблиці, 6 рисунків розташовано на окремих сторінках, 1 таблиця розміщена в додатку; список використаних джерел складає 108 посилань.

В **анотації** подається узагальнений короткий виклад змісту роботи. У **вступі** обґрунтовано актуальність теми роботи та викладено її основну структуру. В **першому розділі** стисло проведено огляд літератури за темою дисертації та розглянуто моделі, які було використано при розрахунках взаємодії когерентних вихорів та генерованого при цьому звукового поля. У **другому розділі** на прикладі двох початкових вихорів Rankine різного розміру розглядаються можливі типи взаємодії двох розподілених вихорів. Результати обчислення граничної кривої, що розділяє пружну та непружну вихрові взаємодії з задовільною точністю узгоджуються з даними, отриманими методом контурної динаміки. Моментна модель добре описує поведінку вихорів при пружній вихровій взаємодії та окреслює основні тенденції у вихровій поведінці при непружній взаємодії. На прикладі двох вихорів Kirchhoff сформульовано динамічний критерій щодо можливості описувати великомасштабні рухи плям точковими вихорами. Також в даному розділі розглянуто типи взаємодії трьох точкових вихорів з різними інтенсивностями. **Третій розділ** присвячений розрахункам та аналізу звукових полів від декількох вихорів, що взаємодіють між собою. На прикладі двох вихорів Kirchhoff побудовано акустичний критерій, що дає можливість замінювати великомасштабні вихрові рухи точковими вихорами. Слід відзначити, що динамічний критерій, побудований саме для двох вихрових плям, добре узгоджується з акустичним критерієм. Для двох вихорів Kirchhoff розраховано ефективність звукового випромінювання: ці розрахунки наочним чином продемонстрували, що моделювання звукового джерела точковими вихорами призводить до суттєвого зниження рівня звукового поля через неврахування впливу внутрішніх ступенів-свободи. Відзначено, що задля зменшення шуму від потоку управління течією повинно бути, зокрема, спрямовано на зменшення ексцентриситету вихорів. Детально досліджено звукові поля при прямій, обмінній взаємодії трьох точкових вихорів та їхньому взаємному захопленні. Визначено область ефективною вихровою взаємодії для великомасштабних рухів. Отримано співвідношення, що встановлюють зв'язок між повним обертом вихровою системи та повним обертом генерованого звукового поля для досліджуваних типів вихровою взаємодії. Знайдено, що рівні генерованого звукового поля в випадку взаємного захоплення на кілька порядків вищі за рівні генерованого звукового поля при прямій та обмінній взаємодії: це обумовлено більшими значеннями кінетичної енергії, притаманної для взаємного захоплення в порівнянні з прямою/обмінною взаємодіями. Продемонстровано, що максимальні рівні звукового поля пов'язані з великими значеннями часових

похідних прискорень вихорів в певні моменти часу. Для загального випадку вихрової взаємодії сформульовано акустичний критерій, що дає можливість замінювати великомасштабні рухи розподілених вихорів еквівалентною системою точкових вихорів. На прикладі трьох вихрових плям, що взаємодіють між собою, було продемонстровано, що їхнє моделювання точковими вихорами при побудові звукового джерела суттєвим чином занижує очікуваний рівень звукового поля. Знайдено, що певним типам вихрової взаємодії притаманний характерний амплітудний спектр. Показано, що характерна частота низькочастотної смуги спектра звукового поля визначається областю ефективної вихрової взаємодії для великомасштабних рухів, а високочастотна смуга в основному формується частотами деформації еліпсів та подвійними частотами їхнього обертання. Продемонстровано, що при зростанні кількості вихорів, які взаємодіють між собою, спектр генерованого звукового поля розширюється, а його щільність зростає. У розділі «Висновки» сформульовано висновки за основними результатами дисертаційної роботи. В додатках наведено виведення необхідних формул; перелік конференцій, де докладалися результати роботи, та перелік друкованих праць здобувача за її темою. У розділі «Висновки» сформульовано висновки за основними результатами дисертаційної роботи.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи

На основі загального огляду роботи, можна сказати, що всі наукові положення, результати і висновки рецензованої дисертації є належним чином обґрунтованими та мають достатню доказову базу. **Достовірність** одержаних дисертантом наукових результатів забезпечується використанням апробованих математичних моделей; строгістю математичної постановки задачі; використанням стійких чисельних схем; перевіркою узгодження отриманих чисельних результатів з результатами інших авторів.

Ідентичність змісту автореферату та основних положень дисертації. Автореферат повністю відображає зміст результатів та висновків дисертаційної роботи, наукову новизну та практичну цінність отриманих автором результатів досліджень та особистий внесок здобувача у вирішенні поставленої задачі.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступні:

- виявлено нові кількісні та якісні зв'язки між динамічними та акустичними характеристиками когерентних вихрових структур, що взаємодіють між собою;
- в межах моментної моделі вихрової взаємодії другого порядку показано, яким чином внутрішня динаміка вихрових плям впливає на генероване звукове поле;

- встановлено акустичний критерій, що дозволяє моделювати великомасштабні вихрові рухи плям еквівалентною системою точкових вихорів; дана відповідь на запитання щодо можливості описувати розподілені вихори точковими при побудові звукового джерела.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях. Основні положення дисертації достатньо повно представлено у 12 друкованих роботах, серед них: 7 робіт надруковано в наукових фахових виданнях України, 2 роботи - у виданнях, внесених до міжнародної наукометричної бази SCOPUS. Результати дисертації доповідались на 4 наукових конференціях і республіканському науковому семінарі по гідромеханіці ІГМ НАНУ. Кількість публікацій та їхній обсяг відповідає вимогам МОН України.

Практичне значення отриманих результатів полягає у встановленні зв'язків між динамічними та акустичними характеристиками течії, що дає розуміння механізму перетворення її кінетичної енергії в енергію акустичних хвиль.

Завершеність дисертації. Дисертаційна робота Коновалюк Т.П. «Звукові поля, генеровані когерентними вихровими структурами, які взаємодіють» є завершеною науково-дослідною роботою. Робота має основні складові наукової роботи: теоретичні дослідження, чисельні розрахунки, аналіз отриманих результатів. Робота викладена логічно та грамотно з використанням відповідної термінології та оформлена у відповідності до вимог ДАК.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. Сформульований акустичний критерій щодо заміни великомасштабних вихрових рухів точковими вихорами все ж таки дає більш якісну, чим кількісну оцінку.
2. В роботі не досліджено зв'язок між обертанням системи розподілених вихорів та обертанням їхнього звукового поля.
3. Ефективність звукового випромінення оцінена лише для випадку двох вихрових плям.

Але вказані зауваження не порушують цілісності викладення роботи та не зменшують якості отриманих результатів, які відповідають окресленій меті та мають наукове та практичне значення.

ВИСНОВКИ:

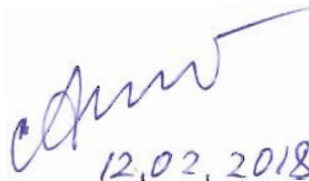
Дана дисертаційна робота є завершеною науково-дослідною роботою, що містить раніше не захищені наукові положення та результати, які у сукупності розв'язують важливе наукове завдання, а саме, моделювання процесів виникнення та розповсюдження акустичних коливань при взаємодії кількох когерентних вихрових структур. Результати роботи мають значний науковий інтерес та дозволяють глибше зрозуміти фізичні процеси, що

відбуваються при перетворенні кінетичної енергії течії в енергію акустичних коливань.

Дисертаційна робота виконана на високому науковому рівні та дозволяє оцінити здобувача Т.П. Коновалюк як кваліфікованого вченого, здатного самостійно виконувати сучасні наукові дослідження. У відповідності до Постанови Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 р. «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів» вважаю, що дана дисертаційна робота задовольняє усім вимогам, які пред'являються до кандидатських дисертацій з фізико-математичних наук, а її автор Тетяна Петрівна Коновалюк заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.06 – акустика.

Офіційний опонент –

професор, доктор фізико-математичних наук,
професор кафедри радіоприймання
та оброблення сигналів Національного
технічного університету України
«КПІ ім. І. Сікорського»


12.02.2018

О.Я. Калюжний

Підпис проф. Калюжного О.Я. засвідчую

Декан радіотехнічного факультету НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»



Р.В. Антипенко