

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Чайки Олександра Сергійовича

на тему "Формування акустичного поля у хвилеводі"

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

в галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації

за спеціальністю 171 – Електроніка

Актуальність теми дисертаційної роботи

В наш час зростає кількість проблем, пов'язаних з дослідженням світового океану, що зумовлює необхідність постійного пошуку нових та вдосконалення вже наявних методів дослідження акустики рідини загалом та підводної акустики зокрема. Це стосується розширення теоретичних знань та вдосконалення технологій у сфері морського приладобудування та океанографічних досліджень.

Одним із цікавих та корисних напрямків акустики є дослідження формування акустичних полів у мілких морях, що не вивчені повністю. Важливо розробляти нові методики дослідження цього напрямку та використовувати новітні технології, щоб отримати якісніші та більш точні результати.

Отже, тема дисертаційної роботи Чайки Олександра Сергійовича, що присвячена розвитку існуючих і розробці перспективних напрямів формування акустичного поля в інформаційних гідроакустичних каналах, які забезпечують зв'язок абонентів занурених і поверхневих систем, є актуальною науково-технічною задачею.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна одержаних в роботі **результатів** полягає в наступному:

- вперше врахований вплив на сферичне багатомодове джерело прямого, випроміненого джерелом поля, поля, відбитого границями хвилеводу, та поля, розсіяного на випромінювачі в умовах регулярного хвилеводу;

- визначено координати областей, граничних умов та умов спряження областей для п'яти часткових областей з використанням системи функціональних рівнянь;

- визначено розподіл тиску на межі робочого простору, епюрам вертикальних розподілень мод хвилеводу, склад і динаміку модової структури випромінювача при поширенні нормальних хвиль;

- визначена гранична область робочого простору для області нижніх частот при роботі в морі;

- розвинено існуючі та розроблено перспективні моделі формування акустичного поля в інформаційних гідроакустичних каналах, які забезпечують зв'язок абонентів системи "надводний корабель-підводний апарат";

- уточнено частотні залежності питомого імпедансу в робочому просторі і характеризувано змінення режиму роботи випромінювача;

- отримано розрахункові співвідношення для розвитку математичної моделі мілкого моря.

Результати дисертаційного дослідження обґрунтовані шляхом застосування здобувачем даних, отриманих із наукових літературних джерел, а також за допомогою аналізу шляхів розвитку методів формування акустичного поля в регулярному плоско-паралельному хвилеводі.

Достовірність обраних методів розв'язку сформульованих у дисертаційній роботі задач забезпечено шляхом зіставлення теоретичних результатів із результатами експериментальних досліджень, зокрема було перевірено збіг розподілень акустичних тисків в перетинах робочого простору з епіюрами тисків (швидкостей) в хвилеводі, отриманих традиційно а також шляхом коректного застосування математичного апарату та методів комп'ютерного моделювання.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі акустичних та мультимедійних електронних систем Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". Експериментальна частина роботи виконана на базі ДП "Київський науково-дослідний інститут гідроапаратури" під керівництвом професора кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем, доктора технічних наук Коржика Олексія Володимировича.

Таким чином, поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання пошуку методів формування акустичного поля в мілкому морі сферичним джерелом звуку виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Чайки О.С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 171 Електроніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми "Акустичні електронні системи та технології обробки акустичної інформації".

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача в науковий напрям "Електроніка та телекомунікації".

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Чайки О.С. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською загальноприйнятною науковою мовою із використанням сучасної наукової термінології. Зміст дисертації є виваженим та цілісним в достатній мірі, робота відповідає темі досліджень.

Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків, переліку літературних джерел та 5 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 161 сторінку.

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету та надано завдання дослідження, обґрунтовано обрані методи дослідження, наведено інформацію про наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено інформацію про висвітлення результатів роботи в періодичних наукових виданнях та про апробацію на наукових конференціях і семінарах. Показано зв'язок отриманих результатів з планами застосування в освітньому процесі, а також особистий внесок дисертанта.

У першому розділі наведено результати аналітичного огляду літератури, в обсязі якого показано сучасний стан проблемних областей. Визначено границі розвитку теоретичних засад у дослідженні процесів формування акустичного поля у хвилеводі різними джерелами звуку з урахуванням багатомодовості джерела та його різноманітних конфігурацій. Визначено методологію та напрямки для подальшого дослідження, а саме метод часткових областей, метод уявного джерела та зони Фур'є.

У другому розділі дисертації сформульовано задачі дослідження. Побудовано математичну модель акустичного поля. Це дозволило звузити загальну задачу до задачі випромінювання звуку сферичним джерелом в плоско-паралельному регулярному хвилеводі з акустично м'якими границями. Описано вихідні співвідношення, складено системи функціональних рівнянь при формуванні акустичного поля. Додатково сформовано постановку задачі для формування акустичного поля відбитої сферичної хвилі від акустично м'якої границі. Позаяк задача вимагає різних методів розв'язання, що призвело до постановки двох паралельних задач. Перша задача передбачає пошук розподілу амплітуд і фаз акустичних тисків або коливальних швидкостей у випромінювача, враховуючи особливості формування поля в робочому просторі. Ці розподіли визначають коефіцієнти збудження нормальних хвиль у хвилеводі, а також частотні характеристики питомого імпедансу, які відображають динаміку модового складу джерела при змінненні коливального режиму випромінюючої сфери. Друга задача відноситься до обчислення відбитого сферичного поля джерела звуку, що працює на нульовій моді. Показано, що головним завданням є знаходження коефіцієнта відбиття для сферичної хвилі, що є вкрай складною задачею. Для її розв'язання застосовується розклад сферичної хвилі на плоскі хвилі та обчислення коефіцієнтів відбиття для такого розкладання.

В третьому розділі приведено розв'язок та обговорення результатів задачі формування відбитого акустичного поля у хвилеводі з симетричними м'якими границями. Наведено вихідні та розрахункові співвідношення для прямого та відбитого поля акустичного тиску у хвилеводі з симетричними м'якими границями. Описані основні етапи отримання вказаних співвідношень, а також підхід та метод аналізу поля у хвилеводі для випадку, коли джерело звуку є не точковим, а сферичним. Для аналізу відбитого поля застосовано плоский розклад сферичної хвилі. Знайдено співвідношення для відбитого поля, із розкладу сферичної хвилі на плоскі. Знайдено коефіцієнт відбиття вздовж вісі OZ, який може бути використаний для подальших обчислень. Розрахунки виконані для різних частот та глибин хвилеводу. Вода та границі обрано як акустично м'які. Одержані співвідношення корисні для розширення обчислень поля відбиття на всі

чотири квадранти за допомогою методу уявного джерела. Для розрахунку відбитого поля у довільній точці першого квадранту приведені співвідношення, що залучають напрацювання щодо створених на межі хвилеводу зон Френеля.

В четвертому розділі роботи приведено розв'язок та обговорення результатів задачі формування відбитого акустичного поля у хвилеводі з симетричними м'якими границями з використанням методу часткових областей. Наведені вихідні та розрахункові співвідношення для повного поля акустичного тиску у хвилеводі з симетричними м'якими границями. Розглянуто симетричну задачу в межах першого квадранту, а також поширено результати на весь хвилевід. Алгоритм розв'язання базується на використанні рівняння Гельмгольца та методу Фур'є для кожної частинної області, з умовами спряження на їх межах. Не використовуються ідеалізовані граничні умови на поверхні джерела, що дозволяє визначити коефіцієнти збудження мод хвилеводу в межах задачі Штурма-Ліувілля. Урахування граничних умов на поверхні та дні моря, а також умови Зоммерфельда, покращили точність розподілу поля в вертикальних перетинах хвилеводу. Задача розв'язана в різних системах координат.

П'ятий розділ містить процес моделювання та обговорення в рамках задачі формування відбитого акустичного поля у хвилеводі з симетричними м'якими границями з використанням методу часткових областей. Проведені аналізи включають вертикальні перетини плоскопаралельного регулярного хвилеводу та питомих опорів середовища для комбінаційних хвиль певної моди. Задача має центральну симетрію, що дозволяє провадити розрахунки лише для одного квадранту з подальшим симетричним розповсюдженням на решту квадрантів. Для розрахунків коливальної швидкості використовується методика, що базується на аналітичному розв'язку рівняння коливань в сферичних координатах. Результати розрахунків показують, що коливальна швидкість має складну залежність від розмірів випромінювача, питомих опорів середовища, частоти коливань, а також глибини хвилевода.

Шостий розділ присвячено зіставленню теоретичних напрацювань з експериментальними дослідженнями. Для оцінки відповідності припущень, введених при побудові математичних моделей та виведенні основних рівнянь задачі, проводилися експериментальні дослідження з вимірювання характеристики напрямленості багатомодових перетворювачів для основних варіантів перемикання електродів, що визначають модовий склад вихідної напруги на навантаженнях електродів. Для систем перетворювачів вимірювалися характеристики напрямленості дискретних решіток, створених багатомодовими циліндричними круговими перетворювачами в режимах прийому для різних варіантів підключення електродів і комбінацій адитивних операцій. Встановлено, що характер просторових залежностей амплітуд тисків, які були виміряні в робочому просторі, відповідає розрахунковим моделям, і різниця не перевищує 3 децибелів. Результати вимірювань визначили межу, з якої відбуватиметься формування поля в хвилеводі і позитивно характеризують обраний підхід до розв'язку поставленої задачі випромінювання.

Отримані результати досліджень мають практичне застосування у підводних комунікаційних системах, системах телеметрії та пошукових

гідроакустичних засобах, а напрацьовані теоретичні засади й програмні пакети сприятимуть подальшому рішення задач формування акустичного поля у хвилеводі.

Анотація дисертації повністю відображає її основні положення. У висновках в достатньо повній мірі сформульовано основні результати дисертаційної роботи.

У **додатках** надано коди програм для моделювання полів акустичного тиску в хвилеводі з різними границями.

Дисертаційну роботу оформлено відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 "Про затвердження вимог до оформлення дисертації".

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлено у 12 наукових публікаціях, у тому числі в 5 статтях у фахових виданнях категорії Б та 3 фахових наукових виданнях України категорії А, які представлені в міжнародних наукометричних базах та в 4 тезах доповідей у збірниках матеріалів науково-технічних конференцій.

Публікація результатів дисертаційних досліджень у рецензованих виданнях, які передбачають попередню перевірку на відсутність запозичень, є одним з елементів підтвердження відсутності порушень академічної доброчесності. У дисертаційній роботі порушень академічної доброчесності не виявлено.

Таким чином, описані в дисертаційній роботі наукові результати повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Загалом дисертаційна робота Чайки Олександра Сергійовича за своїм змістом відповідає зазначеній спеціальності 171 Електроніка, однак не є вільною від певних недоліків, до яких можна віднести:

1. У роботі недостатньо повно висвітлено переваги та недоліки розроблених моделей для практики підводних інфокомунікаційних систем.

2. Висновки за розділами носять здебільшого пояснювальний характер, або характер спрямованості.

3. Загальні висновки можливо потребують переробці, тому, що фрази "сформулювати задачу", або "знайти розв'язки задач" у висновках неприйнятні.

3. Рис. 2.1, 2.2 мають дуже малу контрастність, що ускладнює їх розгляд. Надзвичайно важко розглядати рис. 5.2 – 5.9.

Два різні рисунки мають один номер 5.5.

4. У розділі 3.2 недостатньо обґрунтовано вибір параметрів моделювання.

5. У Розділі 4.1 бажано було б визначити поняття "мілкого моря", яке суттєво впливає на часовий інтервал.

6. В анотації до роботи вказано, що вона містить 7 розділів, хоча насправді їх 6.

7. Мають місце орфографічні та стилістичні помилки.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Чайки Олександра Сергійовича на тему "Формування акустичного поля у хвилеводі" виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 "Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії", затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Чайка Олександр Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 171 Електроніка.

Рецензент:

Професор кафедри акустичних та
мультимедійних електронних систем
Національного технічного університету України
"Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського", доктор технічних наук,
професор



/  /

" "

2024 року

