

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Пироговської Тетяни Володимирівни  
на тему «Методи та програмні засоби підвищення ефективності  
моделювання гідроакустичного сигналу на основі введення вагових  
коефіцієнтів»  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 12 – Інформаційні технології  
за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення

### **Актуальність теми дисертації.**

Сучасні дослідження підкреслюють нагальну потребу вдосконалення точності та оперативності моделювання гідроакустичних сигналів. Це життєво важливо для успішного вирішення завдань підводної навігації, зв'язку та виявлення об'єктів. Застосування вагових коефіцієнтів дозволяє точніше врахувати вплив факторів середовища та джерел шуму, що суттєво підвищує достовірність прогнозування поведінки сигналу в реальних умовах.

Питання моделювання морського середовища та розповсюдження звуку у ньому є предметом інтенсивних досліджень багатьох науковців. Серед них такі видатні особистості, як Бріллюен Л., Бреховських Л., Манн Я. А., Тічі Я., Романо А. Дж., Мобаракє П. С., Грінченко В. Т., Попов В. В., Солтанья Б., Зражевський Г. М., Коржик О., Найда С., Курдюк С., Ніжинська В., Коржик М., Найда А., Ляо С., Сяо В., Ван Ю., Ван Л., Цинь Ц., Лі З., Лю Д., Распет Р., Грейвс Р., Нагл А., Убералл Г., Зарур Г., Вествуд Е.К., Тіндл К.Т., Чепмен Н.Р., Боннель Жюльєн, Фламан Жюльєн, Далл'Осто Девід, Ле Біан Ніколя, Даль Пітер. Їхні роботи формують значну частину існуючої бази знань у цій галузі.

Аналіз наявного програмного забезпечення для моделювання гідроакустичних сигналів свідчить про те, що для досягнення максимальної відповідності реальним показникам необхідне глибоке вивчення фізичних процесів поширення звуку у водному середовищі. Це має фундаментальне значення для широкого спектра застосувань. Однак, основними проблемами сучасного моделювання залишаються складні та ресурсозатратні розрахунки поширення звуку у воді, особливо у випадках, коли джерело звуку та приймач знаходяться в русі або їхнє положення змінюється з часом. Це створює значні труднощі для дослідників.



**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

*Вперше:*

– запропоновано універсальний метод нормальних мод, який враховує змінну швидкість звуку, часову мінливість та введення вагових коефіцієнтів. Це дає змогу визначати як лінійні, так і нелінійні випадки, тим самим підвищуючи точність розрахунків акустичного тиску у хвилеводі;

– створено архітектуру програмного забезпечення для моделювання гідроакустичних сигналів. Вона базується на вдосконаленому та узагальненому методах нормальних мод і, на відміну від існуючих рішень, дозволяє задавати різні параметри середовища моделювання. Це прискорює обчислення на 30% і впливає на побудову сценаріїв руху об'єкта спостереження;

*удосконалено:*

– класичний метод нормальних мод для моделювання гідроакустичного сигналу. Його відмінність полягає у введенні залежності швидкості звуку від глибини, що дозволяє краще враховувати особливості водного середовища та зміни акустичного тиску з часом.

Достовірність отриманих наукових результатів підтверджується коректним застосуванням відповідного математичного апарату, обґрунтованими теоретичними положеннями та узгодженістю теоретичних висновків з результатами проведених експериментальних досліджень.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувачки Пироговської Т.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення». Дисертаційна робота є завершеною науковою працею та свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям моделювання складних фізичних процесів та розробки архітектури програмного забезпечення складних систем.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна



робота Пироговської Тетяни Володимирівни 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. У дисертаційній роботі автор дотримується принципів академічної доброчесності.

### **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою. Робота містить сукупність результатів та наукових положень, поданих автором для публічного захисту, має достатній ступінь завершеності, структурність та достатньо логічну внутрішню цілісність і свідчить про наявний особистий внесок автора у науку.

Дисертація написана грамотною науково-технічною мовою з використанням загальноприйнятих наукових термінів, визначень та понять, достатньо ясно та зрозуміло. Матеріали досліджень викладені логічно та послідовно. Стиль їх викладення не суперечить методології наукових досліджень. Висновки достатньо конкретні та відображають основні результати досліджень. Дисертацію достатньо добре ілюстровано. Винесені на захист наукові результати викладено вичерпно. Використані в роботі терміни, визначення та поняття відповідають діючим Державним стандартам України.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 174 сторінки.

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційного дослідження, визначено його об'єкт, предмет, мету та завдання. Висвітлено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, а також представлено основні наукові висновки.

У першому розділі проаналізовано існуючі методи моделювання гідроакустичного сигналу у водному середовищі та недоліки поточного програмного забезпечення. На основі цього аналізу сформульовано актуальне завдання підвищення ефективності моделювання шляхом удосконалення методу нормальних мод.

У другому розділі розглянуто особливості гідроакустичних моделей, детально описано фізичні явища поширення гідроакустичних сигналів, а також проаналізовано ключові параметри водного середовища, які необхідно враховувати при моделюванні. Представлено вплив змінних середовища на поширення гідроакустичних сигналів у морі та запропоновано способи їх врахування у програмному забезпеченні. Проаналізовано граничні умови при моделюванні гідроакустичних



сигналів, чинники впливу на поширення гідроакустичної хвилі в середовищі та методи врахування втрат при поширенні гідроакустичних хвиль.

У третьому розділі детально описано постановку задачі пошуку акустичного тиску методом нормальних мод. Удосконалено метод нормальних мод шляхом врахування при моделюванні зміни швидкості звуку з глибиною водних прошарків та додаванням часової змінної. Покращено метод нормальних мод через введення коефіцієнтів Чебишова для визначення як лінійних, так і нелінійних випадків, що підвищує точність розрахунків акустичного тиску у хвилеводі. Для виведених методів проведено статистичні обчислення для визначення апроксимуючої функції. Продемонстровано кількісний аналіз, який засвідчив, що використання коефіцієнтів Чебишова в задачі моделювання поширення звукових хвиль з часовою залежністю є доцільним та ефективним, зокрема, цей метод показав високу стійкість до шуму.

У четвертому розділі висвітлюється процес створення програмного комплексу, призначеного для моделювання водного середовища та розповсюдження звукових хвиль у ньому. Розробка розпочалася з детального аналізу предметної області, що дозволило, за допомогою модельно-орієнтованого підходу, побудувати онтологічні моделі – як теоретичної основи, так і самого програмного забезпечення. Ці моделі забезпечили ефективну розробку. Особливу увагу приділено графічному інтерфейсу, щоб користувачам було зручно налаштовувати сценарії моделювання. Наведені результати підтверджують високу ефективність цього програмного комплексу для реальних сценаріїв поширення звуку в морі. Також у тексті розглядаються шляхи подальшого підвищення ефективності ПЗ, включаючи оптимізацію обчислювальних алгоритмів та інтеграцію сучасних обчислювальних технологій.

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Основні наукові результати дисертаційної роботи опубліковані в 7 наукових працях, серед яких 4 наукових статей в фахових журналах, затверджених МОН України, а також 3 публікацій в матеріалах наукових конференцій.

Опубліковані праці здобувача мають високий науковий рівень. В них достатньо повно описані головні наукові здобутки, що представлені в дисертації. У роботах у співавторстві особистий внесок автора відображає зараховані результати за темою дисертаційного дослідження та не викликає сумнівів. У всіх публікаціях автор дотримується принципу академічної доброчесності. Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача



### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

Загалом позитивно оцінюючи дисертаційну роботу Пироговської Т. В., вважаю за необхідне зробити такі зауваження:

1. У роботі проаналізовано різне існуюче програмне забезпечення, яке базується на різних методах моделювання. Для кращого визначення вимог для розробки варто було б аналізувати та порівнювати програмне забезпечення, яке ґрунтується на обраному методі моделювання для кращого визначення потрібних покращень.

2. Дисертаційна робота містить порівняння методів моделювання та обґрунтування вибору методу нормальних мод, проте не вистачає детального пояснення вибору саме даного методу. Також, доцільно було б додати статистичні показники відносно яких було обрано саме метод нормальних мод у моделюванні.

3. У роботі представлені показники ефективності програмного забезпечення, проте відсутній аналіз ефективності запропонованої математичної моделі, які б демонстрували удосконалення класичного методу.

4. Автором представлені різноманітні фактори, які впливають на розповсюдження звуку у водному середовищі, але вони розкриті не в повній мірі. Також не всі представлені фактори враховуються у фінальній виведеній формулі.

5. У четвертому розділі детально продемонстровано програмне забезпечення, проте недостатньо детально описано шляхи подальшого можливого розвитку та удосконалення розробленого комплексу. Відсутня конкретика щодо планів, напрямків або потенційних методів удосконалення продукту.

### **Висновок про дисертаційну роботу.**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Пироговської Тетяни Володимирівни на тему «Методи та програмні засоби підвищення ефективності моделювання гідроакустичного сигналу на основі введення вагових коефіцієнтів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, в якому містяться наукові результати, що в сукупності вирішують поставлене наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 12 – Інформаційні технології. 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

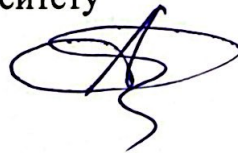


закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44. А авторка дисертації, Пироговська Тетяна Володимирівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення

**Офіційний опонент:**

завідувач кафедри інформаційно-аналітичної  
діяльності та інформаційної безпеки  
факультету транспортних та інформаційних технологій  
Національного Транспортного університету

доктор технічних наук, професор



Алі АЛЬ-АММОРИ

