

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу

**Коржика Максима Олексійовича**

на тему «**Дослідження характеристик електропружних перетворювачів в режимах випромінювання та прийому**»,

представлену на здобуття ступеня **доктора філософії** в галузі знань 17 –

Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 171 – Електроніка

**Актуальність теми дисертації** полягає в розвитку наскрізної постановки задачі прийому та поширення звукових хвиль з урахуванням взаємного перетворення акустичної, механічної та електричної енергії при розміщенні перетворювача в ідеальному середовищі. Особливу увагу автор приділив дослідженню взаємодії акустичного, механічного та електричного полів при випромінюванні та прийомі звукових хвиль на прикладі сферичного електропружного перетворювача. Саме такого виду електроакустичні перетворювачі широко застосовуються в складі сучасних гідроакустичних антен. Робота вносить суттєвий вклад в розвиток теорії формування акустичних полів антенами різних типів з урахуванням конструктивних особливостей перетворювачів, з яких вона складається. Це є важливою особливістю роботи та визначає її перспективність.

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

Важлива наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в:

- визначенні особливості взаємодії основних характеристик п'єзокерамічного сферичного перетворювача з повністю електродованими поверхнями;
- аналітичному розвиненні математичних та фізичних передумов виникнення ефектів демпфування коливань перетворювача за рахунок введення в його конструкцію наповнювачів рідинного або газоподібного типу;
- доопрацюванні постановки задачі випромінювання звукових хвиль сферичним джерелом нульового порядку, формулюванні та розв'язанні задачі прийому, для якої встановлено факт багатомодовості фізичних полів та їх просторові розподіли;
- встановленні можливості збільшення частотного діапазону роботи порожнинних електроакустичних перетворювачів.

Достовірність отриманих теоретичних положень підтверджується результатами проведених експериментальних досліджень. Зокрема встановлено, що результати вимірювань в частині дослідження амплітудно-частотної характеристики внутрішнього опору та коефіцієнта передачі відповідають теоретичним, що підтверджує достовірність одержаних результатів та правильність теоретичної постановки задачі.



Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі акустичних та мультимедійних електронних систем (АМЕС) КПІ імені Ігоря Сікорського під керівництвом завідувача кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем, д.т.н., проф. Найди Сергія Анатолійовича.

Поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання, яке полягає в розвитку методології розрахункових правил та прийомів розв'язання задач хвильової акустики та дослідження характеристик електропружного перетворювача сферичної форми в режимах випромінювання та прийому, виконано повністю. Здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота Коржика М.О. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 171 Електроніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми третього рівня вищої освіти «Електроніка».

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури. Загальний обсяг дисертації 86 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету та перераховано задачі дослідження, описані методи дослідження, наведено практичне значення отриманих результатів

Розділ 1 присвячено проблемі прийому і поширення звукових хвиль з урахуванням ефектів взаємодії і взаємовпливу основних полів, що беруть участь у процесах взаємного перетворення акустичної енергії в електричну або електричної енергії в акустичну. Підкреслено труднощі збільшення розмірів і різноманітності форм п'єзоелементів. Основними вибраними коливальними системами перетворювачів є циліндри нескінченної довжини або сфери з пружним шаром і нанесеними на поверхню наповнювачами.

У другому розділі розв'язано задачу про акустичне випромінювання сферичного електропружного перетворювача як джерела нульового порядку. На прикладі сферичного перетворювача у вільному звуковому полі сформульовано задачу, визначено основні початкові співвідношення, вибрано і використано граничні умови та умови зв'язку областей. Спільне розв'язання рівнянь звукового, механічного та електричного полів зводиться до системи алгебраїчних рівнянь, які використовуються для знаходження невідомих коефіцієнтів розширення поля. Розраховуються коефіцієнти передачі, імпеданс перетворювача та амплітудно-частотна характеристика тиску, що генерується в робочому середовищі.

У розділі 3 наведено постановку задачі, її розв'язання та аналіз отриманих результатів. Розглянуто задачу прийому сферичним п'єзоперетворювачем, заповненим ідеальною рідиною та газом. Розглянуто затухаючі ефекти сферичних коливальних систем. В цьому випадку робоча смуга частот може бути розширена, що узгоджується з втратою ефективності за рахунок збільшення добротності коливальної системи. У цьому розділі розраховано чутливість генератора у вигляді частотної характеристики.



Розділ 4 присвячено підготовці, проведенню та отриманню результатів вимірювань АЧХ. Описано процес підготовки до вимірювання АЧХ перетворювача, вибір і розміщення перетворювача, вибір методу вимірювання та складання вимірювальної схеми. Щодо дослідження АЧХ і коефіцієнтів передачі внутрішнього опору встановлено, що результати вимірювань узгоджуються з теоретично отриманими результатами, а також підкреслено достовірність і ефективність проведеної постановки задачі. Крім того, проаналізовано просторові характеристики звукового поля, створюваного сферичним приймачем. Проаналізовано модальну структуру коливань системи та відповідні низькомодові характеристики спрямованості. Водночас визначено можливий вплив типу електрорудування на результати вимірювань чутливості сферичного приймача у вибраному діапазоні частот.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Коржика Максима Олексійовича 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 мовою. Послідовність та логічність викладення матеріалу є чіткою та зрозумілою для читача, що дозволяє розуміти зміст дослідження та його внесок у світову науку. У дисертаційній роботі автор використовує загальноприйнятту термінологію, що є доречно та відповідає науковим стандартам. Стиль мовлення є аргументованим та науково-обґрунтованим, що забезпечує чіткість та точність викладення матеріалу.

Дисертаційна робота оформлена 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 висвітлені у 5 наукових публікаціях, співавтором яких є здобувач, серед яких: 2 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України за спеціальністю 171 Електроніка; 3 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus.

Наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

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

1. В тексті зустрічаються описки та орфографічні помилки. Наприклад на стор. 28 для розв'язку задачі запропоновано застосувати метод часткових областей, при цьому інтервали для різних областей 1 та 2 зазначені одні і ті ж самі.



2. Деякі графіки не мають належного оформлення. Наприклад, на рис. 3.8 не зазначені фізичні величини, відкладені вздовж осей та їх значення.
3. Дисертаційна робота має 4 розділи, в той же час, у вступі дається коротка характеристика 5 розділів роботи, також в тексті роботи після рисунка 4.6 йдуть рисунки 5.1 та 5.2 замість 4.7 та 4.8.
4. Розрахунок частотних залежностей досліджуваних характеристик виконаний лише для однієї марки п'єзокераміки – ЦТС-19. В роботі не зазначено, як зміняться ці характеристики при використанні п'єзокераміки інших марок. Також доцільно було б дати рекомендації щодо використання п'єзокерамічних матеріалів різних типів.

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

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

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Коржика Максима Олексійовича на тему «Дослідження характеристик електропружних перетворювачів в режимах випромінювання та прийому» 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 електроніки 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 Коржик Максим Олексійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 171 - Електроніка.

### **Рецензент:**

Доцент кафедри  
акустичних та мультимедійних електронних систем,  
Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського”  
к.т.н., доцент

/  /

Олександр ДРОЗДЕНКО  
ЗАСВІДЧУЮ  
Відділ кадрів і архівної справи  
  
Відділ кадрів і архівної справи



М.П.

« 24 » січень 2024 року