

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Дрозденка Олександра Івановича

«Теоретичні основи розрахунків та фізико-технічні засади конструювання електромеханічних приладів акустики пружних середовищ», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.09.08 - прикладна акустика та звукотехніка

Актуальність теми дисертації

Конструювання електромеханічних приладів акустики потребує врахування двох ключових аспектів. З одного боку, важливо реалізувати задум розробників, зберігаючи обрані принципи побудови та розрахункові характеристики приладів. З іншого боку, необхідно враховувати умови їхньої експлуатації – як зовнішні, так і внутрішні. Це включає забезпечення належної роботи коливальних процесів, відповідність технології виготовлення та оцінку впливу усіх чинників на параметри роботи. Особливо складно реалізувати роботу приладів у рідині (морській воді), оскільки навантаження та хімічна дія якої створюють додаткові навантаження на їх конструкції.

Одна з основних проблем розробки конструкцій електромеханічних приладів, полягає в точному визначенні навантажень, що діють на них. Для п'єзокерамічних електроакустичних приладів, особливо морського призначення, до таких навантажень належать електричні, механічні, акустичні та теплові. Їхнє врахування можливе лише за умови наявності належної теоретичної основи, яка дозволяє правильно оцінити впливи цих навантажень на конструкцію.

Важлива проблема при проектуванні конструкцій будь-яких приладів – достовірне визначення навантажень, які діють на них під час роботи. Щоб правильно врахувати ці чинники, необхідні методики розрахунків, які б дозволили ще на етапі конструювання здійснювати прогнозування впливу зовнішніх факторів на параметри приладів. Проте наразі така система досі повністю не сформована, що робить це питання актуальним і одночасно науково складним.

Цьому є декілька причин. П'єзокерамічні прилади під час своєї роботи не лише здійснюють перетворення енергії, але й активно взаємодіють із навколишнім середовищем, формуючи енергетичні поля. У п'єзокерамічному матеріалі при цьому виникає взаємодія між електричними, механічними та акустичними полями, що потребує їх комплексного врахування. Окрім того, у процесі формування енергії в приладах відбувається багатократне

перевідбиття звукових хвиль, що створює акустичний зв'язок між елементами конструкції. Це, своєю чергою, формує складну систему взаємозалежних впливів, яку необхідно враховувати під час розробки конструкцій.

Кожне з фізичних полів, що бере участь у роботі приладу – електричне, механічне та акустичне, має свої межі міцності. Щоб забезпечити надійність конструкцій, ці граничні значення потрібно обов'язково враховувати при проектуванні, інакше можливе їх передчасне руйнування або погіршення характеристик.

Особливу складність додає ще й те, що прилади можуть працювати з різними типами електричного збудження — частотно-незалежним, частотно-залежним або комбінованим. Кожен з них формує різні навантаження та по-різному впливає на взаємодію полів, що істотно ускладнює завдання забезпечення міцності приладів на всіх етапах розробки.

Саме ці фактори потребують створення нових підходів до розрахункового та конструкторського забезпечення сучасних акустичних приладів.

Усе зазначене підтверджує, що розробка сучасних теоретичних основ розрахунків і фізико-технічних принципів конструювання п'єзокерамічних електромеханічних приладів акустики різного призначення є не лише важливою умовою для підвищення якості проектування, але й ключовим кроком до вирішення актуальної проблеми, що має значення для зміцнення обороноздатності країни.

Наукова новизна одержаних результатів

У дисертаційній роботі наведено ряд нових наукових результатів, кожен з яких ґрунтується на детальному теоретичному аналізі, математичному моделюванні та обґрунтуванні за допомогою чисельних і аналітичних методів. Запропонований новий підхід до проектування електромеханічних приладів акустики у вигляді складної коливальної системи "прилад – пружне середовище" дозволив уперше пояснити зміну динамічних характеристик приладів, зокрема багатомодовість, зміщення робочих частот у нижчу область та зростання електромеханічних навантажень у кілька разів порівняно з одномодовими системами.

Дослідження впливу типу електричного збудження підтвердило значні відмінності у характеристиках навантажень приладів залежно від частотної залежності сигналу: відмінності у навантаженнях склали 2–4 рази. Установлено також, що домінуючий вплив на міцність конструкцій мають різні складові (механічна або електрична) залежно від характеру збудження,

що є важливим фактором для вибору матеріалів і формування геометричних параметрів приладів.

Аналітичні залежності для оцінки механічних навантажень, розроблені з урахуванням багатомодовості, дали змогу обґрунтовано обрати конструктивні параметри з урахуванням підвищених навантажень при знижених резонансних частотах, що вдвічі перевищують відповідні значення в одномодових системах.

Суттєвий науковий внесок становлять результати дослідження електричної міцності конструкцій, де вперше системно враховано вплив параметрів навколишнього середовища, зокрема вологості, температури та дифузійних властивостей матеріалів. На основі розв'язку рівнянь дифузії отримано аналітичні вирази для кількісної оцінки електричної міцності на різних етапах життєвого циклу приладу.

Також обґрунтовано нову методику розрахунку теплових режимів за допомогою рівнянь теплопровідності Фур'є та чисельного моделювання методом скінченних елементів, що дозволило визначити залежності температурного розігріву від типу п'єзокераміки, матеріалів конструкції та умов середовища. Це дало змогу розробити практичні рекомендації щодо підвищення теплової надійності приладів.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

Усі положення, наведені у дисертації, є результатом авторських досліджень і містять достатнє обґрунтування, що підтверджує їхню новизну та практичну цінність. Достовірність результатів забезпечується постановкою і розв'язанням задач стаціонарної гідроелектропружності, рівнянь дифузії, рівнянь теплопровідності Фур'є. При цьому використовуються методи розділення змінних та методи редукції, обчислювальні методи та методи експериментальних визначень характеристик матеріалів та елементів конструкцій. Для підтвердження достовірності отриманих результатів теоретичні дані співставленні з експериментальними результатами.

Практичне значення отриманих результатів

Результати дисертаційного дослідження мають важливе прикладне значення для розробки конструкцій п'єзокерамічних електромеханічних приладів. Запропоновані підходи й розроблені методики забезпечують нові можливості у процесі проектування й конструювання таких приладів, зокрема:

– надано обґрунтовані рекомендації щодо вибору типу електричного збудження (частотно-незалежного, частотно-залежного або змішаного) залежно від заданих вимог до електричної, механічної міцності та теплового навантаження приладу в умовах різних пружних середовищ.

– розроблено методи кількісного оцінювання механічної міцності елементів конструкцій, що дозволяє проводити варіативний підбір як загальної схеми приладу, так і окремих конструктивних елементів, з урахуванням отриманих розрахункових параметрів.

– запропоновано та реалізовано розрахункове забезпечення для оцінки електричної міцності конструкцій, що дає змогу на етапі проєктування без проведення натурних експериментів обирати оптимальні матеріали та геометричні параметри.

– створено ефективні засоби визначення теплових навантажень конструкцій, що дозволяє гнучко змінювати схеми тепловідведення та матеріали конструкційних елементів, забезпечуючи зростання випромінюваної потужності в 1,5–2 рази без перевищення допустимих температур.

– матеріали дисертації впроваджено в проєктну діяльність ДП «Київський науково-дослідний інститут гідропріладів», а також використовуються у навчальному процесі Національного технічного університету України «КПІ імені Ігоря Сікорського» при викладанні фахових дисциплін спеціальності 171 «Електроніка», що сприяє формуванню сучасних знань і навичок у майбутніх інженерів.

Повнота викладення основних результатів у наукових публікаціях та апробація результатів роботи

Основні наукові положення, результати теоретичних та експериментальних досліджень, представлені в дисертаційній роботі, висвітлені автором у повному обсязі в наукових публікаціях. Узагальнення проведено на основі багаторічної дослідницької роботи, частина з яких виконана автором самостійно та представлена у двох окремих публікаціях. У колективних роботах, наведених у списку публікацій, безпосередній внесок здобувача полягає у виборі напрямку досліджень, постановці завдань на різних етапах роботи, а також в аналізі та інтерпретації результатів.

За темою дисертації опубліковано 37 наукових праць, серед яких: 1 монографія, 22 наукові статті у фахових періодичних виданнях, включаючи 5 публікацій у виданнях, що індексуються у міжнародних базах SCOPUS та Web of Science Core Collection, 2 патенти України на винахід та 1 патент України на корисну модель, 11 тез та доповідей на наукових конференціях.

Такий обсяг і рівень публікацій свідчить про достатню апробацію результатів дисертаційної роботи та їх визнання в науковій спільноті.

Відсутність академічного плагіату, фабрикації і фальсифікацій

В роботі відсутнє порушення вимог академічної доброчесності. На джерела інформації, ідеї концепції, використані в дисертації, зроблені відповідні посилання.

Структура і об'єм дисертації

Дисертація включає вступ, 5 розділів, загальні висновки та список використаних джерел із 198 найменувань. Повний обсяг роботи складає 341 сторінку. Текст дисертації відзначається належним рівнем оформлення та відповідає вимогам академічної мови та стилю. Застосовані в роботі наукові терміни є загально визнаними. Викладення отриманих результатів нових наукових положень, висновків рекомендацій є доступним для їх сприйняття і використання.

Зауваження стосовно положень докторської дисертації

1. В дисертаційній роботі розглянуті нові підходи до комплексного спільного розв'язання проблем конструювання електромеханічних приладів акустики пружних середовищ, які є основою дисертації. Розглянуто різні аспекти: конструювання приладів з жорсткими і гнучкими несучими арками; використання принципу побудови конструкцій з керованими розмірами і формою; суміщення в одному об'ємі конструкцій приладів різного призначення і форми, ґратчастих конструкцій тощо. В той же час в роботі не наведені приклади застосування запропонованих нових підходів, що на мій погляд, є її недоліком.

2. В ході досліджень встановлено, що при деяких частотах збуджуючих електричних сигналів механічні навантаження приладів, утворених із багатомодових елементів, можуть суттєво перевищувати обмеження, які витримує матеріал п'єзоелектричної кераміки. Тому, для збільшення надійності роботи приладів рекомендується при визначенні вводити коефіцієнт запасу допустимих механічних навантажень на надійність конструкції. Однак конкретних рекомендацій по його вибору в дисертації не наведено.

3. В останні роки з'явилась необхідність окрім механічних та електричних навантажень, які діють на конструкції електромеханічних приладів акустики враховувати ще й теплові навантаження. Це обумовлено тенденцією зростання випромінюваних потужностей приладів при

одночасному зменшенні їх маси і габаритів. Автор дисертаційної роботи пропонує знаходити теплові навантаження шляхом розв'язання диференційного рівняння теплопровідності Фур'є або шляхом комп'ютерного моделювання теплового режиму роботи методом скінченних елементів. На мій погляд недоліком роботи є відсутність обґрунтованих рекомендацій, в яких випадках використовувати той чи інший шлях.

Зазначені зауваження мають окремий характер і не впливають на загальний високий рівень виконаної роботи та не знижують наукової і практичної значущості представлених результатів.

Загальний висновок та оцінка дисертації

Дисертаційна робота Дрозденка Олександра Івановича «Теоретичні основи розрахунків та фізико-технічні засади конструювання електромеханічних приладів акустики пружних середовищ» є цілісним науковим дослідженням, в якому розроблено як теоретичні, так і практичні засади конструювання електроакустичних приладів з урахуванням зв'язаності фізичних полів різної природи та взаємодії приладів з пружними середовищами які обумовлюють перехід режиму роботи цих приладів зі стану одномодових в стан багатомодових.

За актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною, змістом та оформленням дисертаційна робота повністю відповідає вимогам пунктів 7, 8, 9 "Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. №1197, а її автор Дрозденко Олександр Іванович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.09.08 - прикладна акустика та звукотехніка.

Офіційний опонент

професор кафедри електроустаткування
та автоматики суден Національного
університету кораблебудування
імені адмірала Макарова,
доктор технічних наук, професор



Володимир БЛІНЦОВ

Підпис д.т.н., професора Блінцова В.С. засвідчую.

