

ВІДГУК

офіційного опонента – професора кафедри електромеханіки та електроніки, факультету ракетних військ і артилерії Національної академії сухопутних військ ім. П. Сагайдачного, к.т.н., доцента, Міхалевої Марини Станіславівни на дисертацію Костерова Олександра Олексійовича «Удосконалення та дослідження державного первинного еталона одиниці звукового тиску в повітряному середовищі», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 15 «Автоматизація приладобудування» за спеціальністю 152-«Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка»

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Національний (державний первинний) еталон одиниці звукового тиску в повітряному середовищі у діапазоні частот від 2Гц до 1000кГц, НДТУН AUV-03-2019 є об'єктом національного надбання, зберігає та передає одиницю звукового тиску робочим еталонам.

Дисертаційна робота Костерова О.О. «Удосконалення та дослідження державного первинного еталона одиниці звукового тиску в повітряному середовищі» вирішує важливу науково-прикладну задачу – удосконаленню метрологічних характеристик державного первинного еталону України одиниці звукового тиску в повітряному середовищі. Удосконалення відбувається з допомогою методів і засобів, в яких враховуються досліджені і запропоновані впливові складові непевності вимірювання для еталонного забезпечення інформації відтворення та передавання одиниці звукового тиску.

З наведеного вище можна зробити висновок, що дисертаційна робота Костерова О.О. є актуальною.

2. Зв'язок дисертації з науковими програмами, планами та темами

Тема дисертації відповідає науковому напряму кафедри інформаційно-вимірвальних технологій Національного університету «Львівська політехніка»: теоретичні та практичні основи метрології і вимірювань в ІТ (інформаційно-

вимірювальних, кібер-фізичних, робототехнічних та інших системах); тестування якості продукції і програмного забезпечення.

Дисертаційне дослідження базується на результатах, які отримано під час виконання науково-дослідних робіт відповідно до тематичного плану державного підприємства «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем» у діяльності, яка пов'язана з створенням, удосконаленням, зберіганням і використанням національних еталонів, створенням систем передачі розмірів одиниць вимірів, а саме, за такими темами: «Удосконалення державного первинного еталона одиниці звукового тиску в повітряному середовищі» (номер державної реєстрації 0107U004934); «Проведення звірень державного первинного еталона одиниці звукового тиску в повітряному середовищі з національними еталонами інших держав і міжнародними еталонами» (номер державної реєстрації 0116U007243); «Дослідження стабільності відтворення та зберігання одиниці звукового тиску у повітряному середовищі державним первинним еталоном ДЕТУ 10-01-11» (номер державної реєстрації 0116U007241).

3. Наукова новизна одержаних результатів

У дисертаційній роботі вперше:

В результаті досліджень встановлено, що на метрологічні характеристики державного первинного еталона одиниці звукового тиску в повітряному середовищі впливають характеристики: вимірювання електричного передавального імпедансу; довкілля; мікрофонів та розміри камери малого об'єму;

за результатами проведених досліджень математичної моделі процесу калібрування мікрофонів, запропоновано та впроваджено удосконалену структуру державного первинного еталона одиниці звукового тиску в повітряному середовищі, що дозволило зменшити непевність калібрування мікрофонів;

із використанням віртуального засобу вимірювання - моделювання методом Монте-Карло та результатів дослідження частотної залежності впливу шумів у вимірювальних каналах на стандартний відхил результатів калібрування мікрофонів доведено суттєве зростання цього впливу на інфранизьких частотах;

запропоновано метод оцінювання значення частоти спряження під час уведення поправки на теплопровідність.

4. Практичне значення одержаних результатів

Практичне значення одержаних результатів полягає в:

- в результаті порівняльного аналізування існуючих методів та засобів відтворення одиниці звукового тиску в провідних акустичних лабораторіях світу визначено теоретичні засади удосконалення еталона одиниці звукового тиску в повітряному середовищі;

- формуванні структури побудови для удосконалення еталона одиниці звукового тиску в повітряному середовищі;

- розробленні та введенні в експлуатацію удосконаленої еталонної установки для калібрування лабораторних еталонних мікрофонів за тиском в діапазоні частот від 2 Гц до 25 кГц Державного первинного еталону одиниці звукового тиску в повітряному середовищі;

- розробленні та впровадженні методик калібрування еталонних мікрофонів;

- проведенню міжнародних ключових звірень COOMET.AUV.A-K5 за результатами яких оновлено 15 СМС - рядків в галузі акустичних вимірювань в КСДВ ВІРМ.

Наведене вище підтверджує практичну цінність роботи. Отримані результати можуть бути використані для стабільного зберігання та прецизійне передавання одиниці звукового тиску робочим еталонам

Мова та стиль викладення дисертації дозволяє зрозуміти суть розроблених наукових положень та одержаних практичних результатів. Стиль

викладення матеріалу дисертації - науковий, послідовний, чіткий та лаконічний. Застосована у роботі наукова термінологія є загальноновизнаною. Мова викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій задовільно забезпечує доступність їх сприйняття. Висновки до дисертації в цілому відображають суть виконаних досліджень. Структура роботи і стиль викладення матеріалу відповідають вимогам до кандидатських дисертацій наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та Тимчасовому порядку присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167).

5. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у роботі

Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, обумовлена великим обсягом досліджень, кваліфікованим підходом до постановки завдань, широкою апробацією результатів на національному та міжнародному рівнях, а також у практичних умовах їх використання, а саме, - підтверджується результатами міжнародних ключових звірень COOMET.AUV.A-K5.

6. Повнота оприлюднення результатів дисертаційної роботи

У дисертації використані розробки, ідеї, результати теоретичних і практичних досліджень, що відображені в наукових працях і представлені на конференціях, у роботі яких автор брав безпосередню участь.

Основні результати дисертації відображено у 20 наукових публікаціях, з них 3 статті у наукових фахових виданнях України, 3 статті у наукових періодичних виданнях інших держав, що включені до міжнародних наукометричних баз, та 14 тез доповідей.

Основні результати дисертації, що виносяться на захист, отримані здобувачем самостійно. Перелік публікацій, їх зміст та обсяг відповідають темі дисертації, повністю відображають основні положення виконаних досліджень і не суперечать висновкам роботи.

7. Загальна характеристика структури та змісту дисертаційної роботи

Дисертація за структурою складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та переліку використаних джерел. Робота викладена на 136 сторінках основного тексту, містить 50 рисунків та 25 таблиць. Перелік використаних джерел містить 60 найменувань.

У **вступі** обґрунтовано актуальність задачі, проставлені мета і задачі досліджень, сформульовано наукову новизну отриманих результатів і їх практичну цінність, а також відомості про особистий внесок здобувача, зв'язок роботи з науковими планами і програмами.

Перший розділ дисертації розглядає результати порівняльного аналізу наявних методів та засобів відтворювання одиниці звукового тиску. Доведено, що натепер калібрування мікрофонів методом взаємності є фактично єдиним первинним методом калібрування мікрофонів, який використовують всі провідні акустичні лабораторії світу для відтворювання одиниці звукового тиску, а калібрування мікрофонів за тиском дає змогу досягати найвищого рівня точності. Проаналізовано метрологічні характеристики державного еталона ДЕТУ 10-01-00 та зазначено, які не відповідають сучасному стану вимірювань. У результаті аналізування визначено теоретичні засади вдосконалювання еталона одиниці звукового тиску в повітряному середовищі.

Другий розділ дисертації розглядає впливи джерел непевностей вимірів під час калібрування еталонних мікрофонів. Представлено розроблену математичну модель процесу калібрування мікрофонів методом взаємності. Подано розроблену математичну модель та еквівалентну схему мікрофона та

еквівалентну схему вимірювання під час визначання чутливості мікрофонів за тиском.

Подано результати аналізування впливу параметрів довкілля на акустичний передавальний імпеданс системи «мікрофони—камера малого об'єму» і зазначено, що найбільший вплив на непевність результатів калібрування мікрофонів має непевність визначання температури повітря в камері малого об'єму. Також проаналізовано вплив інших чинників на непевність вимірів під час калібрування мікрофонів.

У **третьому розділі** дисертації сформовано результати аналізування та оцінено вплив непевності визначання поправки на теплопровідність на результати калібрування мікрофонів та зроблено висновки стосовно методики обчислювання чутливості мікрофонів за тиском на державному первинному еталоні.

У **четвертому розділі** дисертації подано розроблену структурну схему вдосконаленої еталонної установки для калібрування мікрофонів за тиском, яка враховує результати аналізу чинників, що впливають на непевність виміру під час калібрування мікрофонів та подано результати експериментальних досліджень метрологічних характеристик удосконаленої еталонної установки для калібрування мікрофонів за тиском.

Подано аналіз результатів двосторонніх ключових регіональних звірень із національним метрологічним інститутом Польщі (Główny Urząd Miar, GUM), який брав участь у звіреннях SSAUV.A-K5, і який виконав функцію лабораторії, яка дала змогу приєднати отримані результати до опорного значення ключового звірення (KCRV) та оцінити ступінь еквівалентності результатів, які отримано на вдосконаленій еталонній установці для калібрування мікрофонів за тиском, відносно інших учасників звірень SSAUV.A-K5. За отриманими результатами було заявлено оновлені СМС України в царині акустики (15 СМС-рядків), які було опубліковано в KCDB VIPM.

Загальні висновки дисертаційної роботи узгоджуються з метою та завданням дослідження. За результатами дисертаційного дослідження зроблено сім висновків, які відповідають поставленим завданням. Отримані результати характеризуються практичною цінністю, обґрунтовані теоретично та підтверджені на міжнародному рівні. В цілому, дисертація Костерова Олександра Олексійовича є завершеним і повним дослідженням, яке містить теоретичні розробки та необхідні експериментальні перевірки.

8. Зауваження до дисертаційної роботи

1. На мою думку, не чітко сформульований 4 пункт новизни.
2. У тексті мають місце орфографічні та синтаксичні неточності («впливають важливі наслідки», «процес оцінення», «дійти висновку» тощо).
3. У майбутніх дослідженнях автору пропонується не нехтувати впливом вологості повітря на характеристики звукового тиску. Адже параметри звуку як виду механічних коливань залежать і від густини середовища (вологість впливає на густину).
4. У дослідженнях не аргументується механізм впливу теплопровідності на швидкість розповсюдження звуку.
5. Бажано би було у роботі чітко сформулювати - які нові методи, методики і засоби пропонуються автором.

9. Загальний висновок до дисертаційної роботи

Слід відзначити кропітку роботу та ретельність Костерова О.О. при проведенні досліджень за поставленими завданнями, високий рівень обізнаності здобувача щодо вимог міжнародних, міждержавних та національних стандартів. Робота добре ілюстрована і наповнена важливим і необхідним матеріалом.

Зміст дисертаційної роботи свідчить про високий рівень кваліфікації автора, як науковця. Відзначені недоліки і зауваження не впливають на вагомість результатів та їх практичну значимість.

На підставі проведеного аналізу дисертації Костерова О.О. «Удосконалення та дослідження державного первинного еталона одиниці звукового тиску в повітряному середовищі» можна зробити висновок про те, що за актуальністю, науковим рівнем, отриманими науковими результатами та практичною цінністю робота відповідає вимогам МОН України, які встановлені для присудження наукового ступеня доктора філософії, а її автор, Костеров Олександр Олександрович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 15 «Автоматизація приладобудування» за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

Офіційний опонент

професор кафедри
електромеханіки та електроніки
Національної академії сухопутних військ
ім. гетьмана П. Сагайдачного,
канд. техн. наук, доцент

М.Міхалева

Підпис к.т.н, доц. Міхалевої М.С. засвідчую:

ТВО заступника начальника Національної
академії сухопутних військ імені гетьмана
Петра Сагайдачного з наукової роботи,
д-р техн. наук, с.п.с. полковник



В.Грабчак