

**ВІДГУК**  
офіційного опонента на дисертаційну роботу

Ільницької Тетяни Мар'янівни  
**«Науково-технічні засади розроблення еталона одиниці потужності  
ультразвуку у водному середовищі»,**

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення

Дисертаційна робота Т.М. Ільницької містить в собі нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що у сукупності є досягненням у вирішенні важливого науково-практичного завдання забезпечення єдності та точності вимірювання потужності ультразвуку у воді у мегагерцовому діапазоні частот в Україні.

**Актуальність теми дисертаційного дослідження.** Ультразвук у водному середовищі широко використовують практично у всіх галузях національної економіки, зокрема, у мегагерцовому діапазоні – у медицині при діагностиці, терапії та хірургічних втручаннях. Для безпечного і ефективного використання ультразвуку вимагається достатня точність та достовірність результатів вимірювання, які б простежувались до еталонів системи одиниць SI та визнавались би на міжнародному рівні. Донедавна в Україні не існувало еталонів і повірочної схеми передавання розміру та забезпечення простежуваності одиниці вимірювання акустичних величин у мегагерцовому діапазоні частот. Тому постала важлива потреба створення системи забезпечення єдності вимірювання основних параметрів мегагерцового ультразвуку і побудови, в першу чергу, еталонів одиниць вимірювання фізичних величин, які характеризують ультразвукове поле. Одним з основних параметрів акустичного поля, який нормується для всіх видів ультразвукової апаратури є потужність ультразвукового променя, який генерується ультразвуковим випромінювачем.

Відомо, що програма розвитку еталонної бази, в межах якої, як правило, розробляються еталони, фінансується з державного бюджету в обмежених обсягах, тому актуальним є пошук таких методів побудови еталонів одиниць вимірювання, які б дали можливість при мінімальних затратах створювати еталони міжнародного науково-технічного рівня. Крім того, забезпечення єдності вимірювання потужності ультразвуку у водному середовищі потребує й розроблення нормативних документів, зокрема схеми метрологічної повірки та відповідних методик, що також є актуальним завданням.

Актуальність теми підтверджується низкою державних керівних документів, зокрема Законом України "Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки", розпорядженням Кабінету Міністрів України від 25.06.2008 р., № 874-р. «Про схвалення концепції розвитку Державної метрологічної системи на період до 2015 року» тощо, у яких враховуються вимоги основоположних міжнародних документів, що регламентують найважливіші аспекти зазначеної галузі, зокрема, випереджальний розвиток еталонної бази, що дасть змогу відтворювати одиниці вимірювань Міжнародної системи одиниць на достатньому для задоволення національних потреб рівні; забезпечувати єдність вимірювань та їх простежуваність. Враховуючи надзвичайну важливість еталонної бази для національної економіки, Урядом України була затверджена Державна програма розвитку еталонної бази на 2006-2010 роки (постанова Кабінету Міністрів України від 01.03 2006 р., № 228), Державна програма розвитку еталонної бази на 2011-2015 роки (постанова Кабінету Міністрів України від 22.12 2010 р., № 1165), у рамках яких необхідно створення 29 та вдосконалення 24 державних первинних еталонів. Зокрема, створення еталона одиниці потужності ультразвуку було включено в Державну програму розвитку еталонної бази на 2006-2010 роки для забезпечення єдності та точності вимірювання мегагерцового (медичного) ультразвуку у водному середовищі.

На виконання цих Законів спрямована й дослідно-конструкторська робота «Створення вторинного еталона одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі» (шифр 06.17.22, № держ. реєстрації 0107U004990, 2007-2010 рр.)», у межах якої виконана дисертаційна робота.

Таким чином, представлена до розгляду дисертаційна робота Т.М. Ільницької, спрямована на розв'язання важливої науково-практичної задачі забезпечення єдності та точності вимірювання потужності ультразвуку у воді в мегагерцовому діапазоні частот в Україні, є актуальною

**Наукова новизна результатів дисертації.** Наукова новизна результатів дисертації що виносяться на захист, полягає у наступному:

1. Удосконалено математичну модель відтворення еталоном одиниці потужності ультразвуку, яка відрізняється врахуванням конструктивних параметрів еталона та умов його експлуатації.

2. Удосконалено методику мінімізації непевності шляхом використання методів імітаційного моделювання та числового диференціювання, яка відрізняється від аналітичного способу оцінювання непевності можливістю застосовувати її для суттєво нелінійної математичної моделі вимірювання.

3. Вперше застосовано удосконалену методику мінімізації непевності для еталона одиниці потужності ультразвуку на початковій стадії його

розроблення, що дозволило визначити структуру вимірювальних каналів еталона для заданих значень апріорної непевності.

4. Вперше розроблено і застосовано алгоритм ітераційного наближення для побудови еталонів одиниць вимірюваних величин із заданими характеристиками точності в умовах обмежених ресурсів, який відрізняється від існуючих можливістю оптимізації схемо-технічних та конструкторських рішень в процесі створення еталона.

**Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях, їх апробація на конференціях та семінарах.** Основні результати дисертаційної роботи відображено у 16 наукових працях, у тому числі 7 статтях у фахових виданнях України, 1 – у виданні України та 1 одноосібній статті у закордонному періодичному виданні, що належить до наукометричної бази, 7 публікаціях у науково-технічних журналах та збірках праць науково-технічних конференцій.

Зазначені публікації з достатньою повнотою відображають зміст дисертаційної роботи та її основні положення. Робота пройшла достатню апробацію: її основні наукові положення доповідались на 7 наукових конференціях, 2 з яких – закордонні.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність.**

**Обґрунтованість.** Основні наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, мають теоретичну та експериментальну обґрунтованість, що підтверджується коректністю постановки і вирішенням завдань дослідження; використанням широко апробованих теоретичних та експериментальних методів, які базуються на теорії поширення ультразвуку в суцільному середовищі; принципах інформаційних технологій; методах диференціального та інтегрального числення; теорії імовірності та математичної статистики; теорії вимірювання та методах імітаційного моделювання.

**Достовірність** наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, обумовлена їх широкою апробацією на національному та міжнародному рівнях, підтверджується збігом теоретичних викладів з результатами експериментальних досліджень та наступному впровадженні результатів у науково-виробничий процес.

**Практична цінність отриманих у дисертації результатів** полягає в тому, що розроблені основи забезпечення єдності вимірювання акустичної потужності у водному середовищі у мегагерцовому діапазоні частот надають можливість:

– передавати одиницю вимірювання акустичної потужності у водному середовищі в мегагерцовому діапазоні частот за рахунок розробленої та затвердженої повірочної схеми для засобів вимірювання потужності ультразвуку у водному середовищі ЛПУ 10-01-2011 (наказ Держспоживстандарту України від 20 червня 2011 р. № 227, м. Київ);

– підвищити точність результатів вимірювання за рахунок удосконалення математичної моделі відтворення еталоном одиниці потужності ультразвуку;

– зменшити трудомісткість оцінювання непевності вимірювання при відтворенні одиниці створеним еталоном та оцінити внесок непевності кожної вхідної величини у сумарну стандарту непевність вихідної потужності ультразвуку, застосовуючи метод Монте-Карло.

– автоматизувати процес вимірювання на еталонній уставі одиниці потужності ультразвуку за рахунок розробленої програми для імітаційного моделювання за методом Монте-Карло;

– автоматизувати процедуру оцінювання непевності вимірювання при відтворенні еталоном одиниці потужності ультразвуку методом Монте-Карло за рахунок розробленої універсальної прикладної програми;

– атестувати вторинний еталон одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі за рахунок розробленої та затвердженої методики атестації;

– калібрувати ультразвукові випромінювачі на еталоні за рахунок розробленої та затвердженої методики калібрування;

– повіряти вимірювачі потужності ультразвуку за рахунок розробленої та затвердженої методики повірки вимірювача потужності ультразвуку.

Результати дослідно-конструкторської роботи «Створення вторинного еталона одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі» (шифр теми 06.17.22, № держ. реєстрації 0107U004990, 2007-2010 рр.), у межах якої виконано дисертаційне дослідження, а здобувач була відповідальним виконавцем, заступником наукового керівника вищевказаної дослідно-конструкторської роботи, впроваджено у ДП НДІ «Система», про що свідчить акт впровадження від 2012 р. (Додаток Е).

**Відповідність автореферату змісту дисертації.** Автореферат в цілому написано у відповідності до існуючих вимог щодо авторефератів кандидатських дисертацій, містить всі необхідні складові. У ньому викладена основна суть проведених досліджень, наведені висновки та список основних публікацій. При порівнянні змісту автореферату зі змістом дисертації встановлено, що зміст підрозділу 2.4 дисертації, який розкриває особливості побудови фізичної моделі ультразвукового випромінювача та математичної

моделі процесу вимірювання акустичної потужності ультразвуковим випромінювачем, не відображено у авторефераті. В цілому автореферат адекватно відображає всю дисертаційну роботу і містить основну сутність виконаних досліджень і отриманих результатів.

### **Зауваження по дисертаційній роботі**

1. Формулювання мети за змістом майже збігається з назвою. Краще сформулювати мету у такій редакції: «забезпечення єдності та необхідної точності вимірювання потужності ультразвуку у водному середовищі в мегагерцовому діапазоні частот в Україні»

2. Здобувач не може ставити завданням дослідження створення еталону одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі, оскільки таке потужне завдання, очевидно, було виконано колективом «...в межах дослідно-конструкторської роботи «Створення вторинного еталона одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі» (шифр теми 06.17.22, № держ. реєстрації 0107U004990, 2007-2010 рр.), яка проводилась у Державному підприємстві «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем» згідно з Державною програмою розвитку еталонної бази на 2006-2010 роки (шифр завдання 1.2.10.01)».

3. Об'єктом дослідження має бути процес або явище, до яких не належить сформульоване «...розроблення еталона одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі», що відноситься до діяльності людини.

4. Пункт 5 новизни не може набувати самостійного значення. Що стосується «...розвитку застосування методу Монте-Карло для оцінювання непевності», то існує стандарт для оцінювання непевності методом Монте-Карло, друга частина цього пункту, що стосується зменшення трудомісткості оцінювання непевності, характеризує практичну значущість, а не наукову новизну.

5. Останній пункт практичної значущості характеризує впровадження результатів і має висвітлюватися окремо (стор.4 автор.).

6. У третьому розділі «...представлено розроблений *адаптивний метод* створення еталонів одиниць вимірюваних величин...», який скоріше являє собою ітераційний алгоритм, для якого необхідно було б вказати умови збіжності. Рисунок 1 (автореф.), являє собою не структурно-функціональну схему метода, а алгоритм послідовного наближення. Для того, щоб метод був адаптивний необхідно здійснити пристосування об'єкта до умов застосування. Для виявлення змін умов треба мати одне чи більше вирішальних правил, згідно з якими змінюється, в загальному випадку, структура та алгоритм її функціонування.

7. Оцінювана непевність на кожному кроці ітерації розглядалася по відношенню до *розширеної непевності*, яка є формою представлення кінцевого результату. Коректніше розглядати оцінювану стандартну непевність по відношенню до *сумарної стандартної непевності*.

8. Вираз «Якщо закон розподілу НСП невідомий, тоді необхідно вибирати U-розподіл...» (стор. 74 дисерт.) суперечить рекомендаціям міжнародного Керівництва з непевності (GUM), який рекомендує застосовувати у цьому разі рівномірний розподіл.

9. Не обґрунтовано, на чому базується твердження, що «...процес випромінювання на еталонній уставі не був стаціонарним». З рис.4.3 це не впливає. Які були проведені аналітичні викладки, що підтверджують це припущення (стор.99)?

10. У роботі відсутні пояснення до рис.4.4, зокрема, не пояснено, що являє собою величина  $x$ . Відсутні дані щодо перевірки коефіцієнтів цього рівняння на статистичну значущість. Наочно спостерігається лінійна регресійна залежність виду  $y = a - bx$ , інші складові можна вважати величинами 2-го та 3-го порядку малості. Де у подальшому застосовується ця залежність?

11. Як пояснити висновок на стор.110 «Отримані результати порівняли з результатами оцінювання аналітичним методом. Як видно з таблиць 4.8 та 4.9 різниця між порівнюваними сумарними стандартними непевностями *незначна*, а розширена непевність відрізняється через коефіцієнт охоплення» у той час як було наголошено, що модельне рівняння виявляється суттєво нелінійним й до нього не можна застосовувати аналітичний метод розрахунку непевності?

12. Зустрічаються жаргонні вислови та застарілі терміни, наприклад, «...для оцінювання *непевності (невизначеності) вимірювання еталона*» (стор. автор.2); застосування терміну *метрологічне забезпечення*, який не передбачено Законом про метрологію та метрологічну діяльність; використано застарілий термін « $V_{in}$  – діюче значення напруги на вході УзВ» (стор.90), на стор.100 воно зазначене як *ефективне*. Сучасний термін – середнє квадратичне значення (root means square); зустрічаються неточності у викладі формул. Так, наприклад, у виразі (3.1) визначено  $b = 0,5$ , у той час це значення набуває 0,33, виходячи з відомих границь НСП для нормального закону, що складає  $3\sigma$  з  $P = 1$ , (стор. 74 дисерт.).

Проте, вказані недоліки не зменшують загальної позитивної оцінки роботи, не впливають на достовірність, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів.

**Рекомендації щодо використання результатів дисертації.** Отримані в роботі результати зі створення та введення в дію еталону одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі (повірочна схема для засобів вимірювання потужності ультразвуку у водному середовищі, методики: метрологічної атестації еталона, калібрування ультразвукових випромінювачів, перевірки вимірювачів потужності ультразвуку) як складові діяльності з забезпечення єдності вимірювання потужності ультразвуку у водному середовищі у мегагерцовому діапазоні надають можливості передавання розміру цієї одиниці та забезпечення простежуваності результатів зазначених вимірювань в Україні.

**Оцінка змісту дисертації, відповідність встановленим вимогам до оформлення дисертацій.** Робота написана на високому науково-професійному рівні, викладена логічно, послідовно із застосуванням загально прийнятої наукової термінології, добре ілюстрована і не перевантажена зайвим матеріалом. Стиль викладення матеріалів відповідає загальноприйнятому для наукових видань. Наукові положення, висновки та рекомендації викладено чітко, сприймаються однозначно. Оформлення дисертації та автореферату загалом відповідає вимогам стандартів ДСТУ 3008-95, ДСТУ ГОСТ 7.1:2006, ДСТУ 6095:2009, ДСТУ 7093:2009.

**Оцінка дисертації в цілому.** Дисертаційна робота Ільницької Т.М. складається з переліку умовних позначень та скорочень термінів, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел з 122 найменувань та 8 додатків. Основні результати викладено на 118 сторінках та містять у собі 32 ілюстрації, 14 таблиць.

У цілому дисертаційна робота Ільницької Т.М. є завершеною науковою працею, в якій наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень і рекомендації з їх практичного застосування.

Тематика та зміст дисертації повністю відповідають Паспорту спеціальності 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення, за якою вона подана до захисту, і профілю спеціалізованої вченої ради Д 35.052.08

– як за формулою: «галузь науки, яка вивчає створення, оптимізацію та вдосконалення нормативної бази та механізмів її застосування, методи та засоби до всіх галузей науки, техніки, народного господарства, а також ефективного метрологічного забезпечення єдності вимірювань та випробувань»,

– так і за напрямками досліджень: «створення нових та вдосконалення наявних засобів та методів оцінювання точності вимірювань; дослідження фізичних явищ для побудови еталонів і засобів вимірювань; оптимізація схем

передавання розміру одиниць фізичних величин від еталонів до робочих засобів вимірювань з метою спрощення їх структури, скорочення кількості ланок і ступенів».

Слід відзначити кропітку роботу та ретельність здобувача при проведенні значного обсягу експериментальних досліджень зі встановлення метрологічних характеристик створеного еталону та оцінювання непевності вимірювання при відтворенні одиниці потужності ультразвуку.

**Висновки.** На підставі вищенаведеного вважаю, що дисертаційна робота Ільницької Тетяни Мар'янівни є завершеним науковим дослідженням, що містить вирішення актуального науково-практичного завдання, в якому наведено результати досліджень від формулювання мети і задач до практичного їх використання та відповідає рівню вимог, які висуваються до наукових робіт, що подаються на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

За актуальністю, науковим рівнем, належним теоретичним обґрунтуванням, значним обсягом виконаних досліджень, ступенем апробації та впровадженням результатів дисертація Ільницької Тетяни Мар'янівни «Науково-технічні засади розроблення еталона одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі», задовольняє вимогам пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року № 567 щодо кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Офіційний опонент,  
професор кафедри біокібернетики та  
аерокосмічної медицини навчально-наукового  
інституту інформаційно-діагностичних систем  
Національного авіаційного університету  
МОН України,  
д-р техн. наук, професор



Л.О. Кошева



д-р Кошева Л.О.  
засвідчую  
Вчений секретар  
Національного авіаційного університету

