

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Курдюка Сергія Вікторовича** на тему: «**Особливості формування інформаційного гідроакустичного каналу в мілкому морі**», подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 171 галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації.

**Актуальність теми.** Інформаційний гідроакустичний (ГА) канал є необхідним елементом для розгортання і ефективної роботи багатоцільового комплексу для дослідження та моніторингу морської обстановки. Побудова засобів підводного бездротового зв'язку та телеметрії забезпечує широкі можливості для об'єднання цілого класу пристроїв: пілотованих підводних апаратів, човнів, автономних апаратів і сенсорів в єдину інформаційну мережу з можливістю оперативного керування і моніторингу обстановки.

Основна зона інтересів з точки зору практичного застосування ГА каналу – це прибережна шельфова зона. ГА зв'язок в шельфовій зоні відрізняється підвищеною складністю у зв'язку з заводовою обстановкою в мілководному ГА каналі.

Основний напрямком роботи дослідників, що працюють над розвитком теорії засобів ГА зв'язку та телекомунікації лежить в області адаптації методів відомих з радіозв'язку до умов гідроакустики. Недоліком такого підходу можна вважати складність адаптації різних за фізичною природою і суттю електромагнітних і акустичних полів та фізичних моделей середовища в якому розповсюджується сигнал. Промежене наближення для моделювання ГА каналу використовується в більшості сучасних робіт, що обумовлює використання лише високочастотних сигналів, накладає строгі умови на розмір і характер неоднорідностей в середовищі і на обмежуючих поверхнях (зменшує значення найбільшого геометричного розміру неоднорідності якою можна знехтувати). Використання хвильової теорії дозволяє уникнути цих складностей.

Строге врахування всіх особливостей гідроакустичного каналу на основі хвильової теорії є достатньо складною задачею, а врахування складної геометрії каналу, наявності антропогенних і природних нестационарних шумових завод, неідеальної характеристики електроакустичних перетворювачів значно ускладнюють моделювання гідроакустичного каналу і аналіз створених моделей для надання практичних і теоретичних рекомендацій розробнику.

Нажаль, моделі гідроакустичного каналу на основі хвильової теорії для коротких імпульсних акустичних сигналів, або сигналів з розширенням спектру не розроблені в достатній мірі. Відсутність адекватних моделей для

моделювання поширення широкоживаних в зв'язку сигналів у ГА каналах змушує розробників засобів ГА зв'язку використовувати менш строгі і надійні підходи.

Виходячи з цього, актуальність теми дисертаційної роботи С.В.Курдюка, яку присвячено дослідженню особливостей формування інформаційного гідроакустичного каналу пошукової системи “ПІДВОДНИЙ АПАРАТ – НАДВОДНИЙ КОРАБЕЛЬ” (“ПА – НК”) при поширенні інформаційного повідомлення в підводному звуковому хвилеводі, яким представлено мілке море, не викликають сумнівів.

**Оцінка змісту дисертаційної роботи, її завершеність.** Дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Вона складається зі вступу, п'ятих розділів, висновків, списку використаних джерел із 119 найменувань та чотирьох додатків. Загальний об'єм становить 156 сторінок. Робота також містить 34 рисунки (з них – 3 повністю займають площу сторінки), 4 додатки на 23 сторінках та 2 таблиці.

**У вступі** проведено обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи, сформульовано мету, завдання дослідження і наукову новизну. Наведено практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях та семінарах, висвітлення їх в друкованих спеціалізованих виданнях. Показаний зв'язок отриманих результатів з науковими програмами і планами НДР, а також особистий внесок дисертанта.

**Перший розділ** дисертаційної роботи присвячено огляду останніх публікацій з напрямків розвитку підводної робототехніки, існуючих новітніх підводних апаратів, організації інформаційних каналів для абонентів різного класу та сучасних підходів до формування акустичних полів в хвилеводах при збуренні їх імпульсними сигналами. В розділі також наведено основні тактико-технічні характеристики підводного апарату та з'ясовані засади організації процесу обміну робочою, контрольною інформацією та інформацією управління, зв'язку та телеметрії.

**У другому розділі** поставлено і визначено основні вихідні співвідношення задачі формування поля акустичного тиску в інформаційному каналі. Обрано складний сигнал – повідомлення та визначено швидкість передачі комунікаційних повідомлень. Описано ефекти деформації хвильового пакету. Розглянуто “проблему групової швидкості” та розраховано частотні залежності швидкості поширення сигналу для ситуації двохчастотного збудження хвилеводу.

**Третій розділ** роботи присвячено розгляду питань створення векторного поля інтенсивності у хвилеводному каналі, надані математичні і

фізичні передумови виникнення вихорових та сідлових структур, приведено їх координатні залежності.

**Четвертий розділ** містить результати дослідження імпедансних характеристик хвилеводу. Крім того, з'ясовано ситуацію просторової та частотної залежності питомого імпедансу робочої області для комбінаційних та акустично м'яких границь при двохчастотному збуренні хвилеводу.

**П'ятий розділ** присвячено проведенню експериментальних досліджень, які відбувалися шляхом натурального морського експерименту. При цьому режими маневрування виконувалися абонентами, тактико-технічні характеристики яких відповідали заявленим в розділі I вихідним даним, на підставі яких здійснювався розрахунок енергетичної дальності дії по інформаційному гідроакустичному каналу.

**Основні наукові результати досліджень та наукова новизна дисертації.**

Наукова новизна дисертаційної роботи Курдюка С.В. у відповідності з поставленою метою, спрямована на розвиток існуючих і розробку перспективних модельних постановок та розв'язків задач формування акустичного поля в інформаційних гідроакустичних каналах, які забезпечують зв'язок абонентів системи “надводний корабель – підводний апарат”. При цьому було враховано особливості формування акустичного поля в мілкому морі при збуренні середовища каналу “надводний корабель – підводний апарат” хвильовим пакетом та особливості розподілень скалярних і векторних характеристик поля.

В результаті виконання дисертаційного дослідження було вперше визначені, розраховані та показані особливості основних характеристик інформаційного гідроакустичного каналу, сформульована та розв'язана “проблема групової швидкості” для мілких морів, аналітично розвинуті математичні та фізичні передумови виникнення локальних областей типу особливих точок (“вихор”, “сідло”). Достовірність отриманих вище результатів автор підтверджує збіг теоретичних та експериментальних результатів морського натурального експерименту для системи “ПА – НК” при роботі абонентів в заданих умовах мілкого моря

**Практичне значення результатів дисертаційної роботи** С.В. Курдюка полягає у створенні і розробці методів практичного застосування робототехнічних телеметричних систем і засобів звукопідводного зв'язку, а також у висвітленні особливостей формування акустичного поля при створенні нових модельних представлень та експлуатації інформаційних каналів під час проведення прикладних пошукових, картографічних, дослідницьких та інших видів підводних робіт

Деякі з отриманих результатів використано і перевірено у практиці роботи радіотехнічних і штурманських підрозділів ВМС ЗС України.

Новизна та практична цінність отриманих дисертантом результатів підтверджується експериментальними даними з виявлення та підтримання контакту з підводним човном (додаток С дисертації).

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень та висновків дисертаційної роботи** забезпечувалась обраними методами розв'язку та збігом теоретичних і експериментальних досліджень. Отримані результати можуть бути використані в частині збагачення питань фізики мілких морів щодо висвітлення особливостей формування акустичного поля, при створенні нових модельних представлень гідроакустичних інформаційних каналів, під час проведення прикладних пошукових та інших видів підводних робіт.

**Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях.** Основні результати дисертаційної роботи достатньо повно висвітлено у 8 наукових працях, серед яких 4 статті у міжнародних виданнях, включених до рейтингових науково метричних баз SCOPUS та WEB OF SCIENCE.

**Апробація результатів дисертації.** Робота пройшла достатню апробацію – її результати доповідалися і обговорювалися на 2 міжнародних науково-технічних конференціях.

**Відповідність роботи встановленим вимогам оформлення дисертацій.** Дисертаційна робота написана загальноприйнятою науковою мовою із використанням сучасної наукової термінології. Робота виконана на високому науковому рівні, становить завершену наукову працю, має суттєве практичне значення та містить рішення актуальної наукової задачі розвитку теоретичних засад проектування засобів цифрового підводного акустичного зв'язку. Зміст дисертації досить виважений та цілісний, робота відповідає темі досліджень, оформлення дисертаційної роботи відповідає встановленим вимогам.

**Відповідність дисертаційної роботи спеціальності та зауваження по роботі**

Загалом дисертаційна робота Курдюка Сергія Вікторовича за своїм змістом відповідає зазначеній спеціальності 171 «Електроніка», однак вона має певні зауваження, а саме:

1. Автором дисертаційної роботи не достатньо чітко аргументовано вибір підводного апарату зазначеного типу та системи управління ним.
2. В першому розділі не надано чіткого пояснення використання в роботі саме 2-частотного сигналу. Відсутність конкретики в розумінні



- використання 2-частотного сигналу на початку роботи, дещо ускладнює сприйняття запропонованого матеріалу дисертації.
3. Доцільним також було б введення характеристики (описання) околиці особливих очок – їх період розташування, геометричні та хвильові розміри, змінення рівня тиску (прямування до мінімуму).
  4. В висновках по результатам роботи не достатньо висвітлені питання тактики застосування ГАС по отриманим результатам.
  5. В тексті дисертаційної роботи спостерігаються окремі помилки та описки орфографічного та стилістичного характеру.

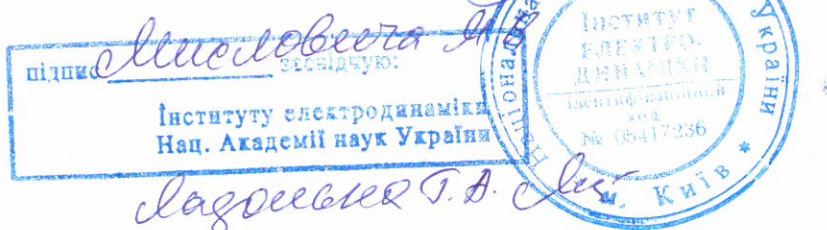
Наведені зауваження до роботи мають рекомендаційний характер і не знижують наукового та практичного значення роботи та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

### Загальні висновки

На основі аналізу дисертації “Особливості формування інформаційного гідроакустичного каналу в мілкому морі” та опублікованих робіт автора вважаю, що **Курдюк Сергій Вікторович** є сформованим вченим науковим співробітником, який здатний самостійно ставити та розв’язувати важливі задачі в галузі прикладної гідроакустики. Дисертаційна робота яка подана на здобуття ступеня доктора філософії виконана на належному науково-технічному рівні і за своїм науковим внеском та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп.9, 10, 11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167, а її автор **Курдюк Сергій Вікторович** заслуговує на присудження ступеня доктор філософії за спеціальністю 171 «Електроніка» з галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації».

### ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ:

доктор технічних наук, професор,  
завідувач відділу теоретичної  
електротехніки та діагностики  
електротехнічного обладнання  
Інституту електродинаміки НАН  
України



М.В. Мислович