

РІШЕННЯ
спеціалізованої вченої ради PhD 8765
про присудження ступеня доктора філософії

Спеціалізована вчена рада Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича PhD 8765, Міністерства освіти і науки України, м. Чернівці прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації на підставі прилюдного захисту дисертації «Модуляція електромагнітних сигналів з використанням метаповерхонь для покращення детектування та ідентифікації розсіювачів» за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка «24» червня 2025 року.

Ткач Владислав Олегович 1997 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2020 році Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича за спеціальністю «Телекомунікації та радіотехніка».

15 вересня 2021 р. вступив на денну форму навчання до аспірантури у Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича. За період навчання підготував дисертацію на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка та виконав освітньо-наукову програму. На сьогодні є аспірантом кафедри радіотехніки та інформаційної безпеки Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Дисертацію виконано у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича, Міністерства освіти і науки України, м. Чернівці.

Науковий керівник Галюк Сергій Дмитрович, кандидат технічних наук, доцент, асистент кафедри радіотехніки та інформаційної безпеки Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Здобувач має 12 наукових публікацій за темою дисертації, з них 3 статті у наукових фахових виданнях України, 5 статей у закордонних періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus (дві з яких належать до Q1), 3 наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації, та одна стаття, яка додатково відображає наукові результати дисертації:

1. Tkach V., Khobzei M., Haliuk S. Safronov I., Samila A., Bobrovs V., Vovchuk D. Microwave therein piano: SRR-based touchpad. Progress In Electromagnetics Research Letters. 2025. Vol. 123. P. 89–94 (Scopus).
2. Hutsul T., Khobzei M., Tkach V. Krulikovskiy O., Moisiuk O., Ivashko V., Samila A. Review of approaches to the use of unmanned aerial vehicles, remote sensing and geographic information systems in humanitarian demining: Ukrainian case. Heliyon. 2024. Vol. 10, no. 7. P. 29142.(Scopus, Q1).
3. Ткач В., Хобзей М. Виявлення дронів шляхом детектування ефекту мікро-Доплера. Вимірювальна та обчислювальна техніка в

технологічних процесах. 2024. № 4. С. 242–247.

4. Tkach V. Access control system based on ring resonator's sensitive properties. Security of Infocommunication Systems and Internet of Things. 2024. Vol. 2, no. 1. P. 01012.
5. Ткач В. Адаптивний смуговий фільтр мікрохвильового діапазону частот. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2024. № 5. С. 102–108.
6. Dobrykh, D., Grotov, K., Mikhailovskaya, A., Vovchuk, D., Tkach, V., Khobzei, M., Kharchevskii, A., Glam, A., & Ginzburg, P. 3D evolutionarily designed metamaterials for scattering maximization. Communications Engineering. 2025. 4(1), 40. (Scopus, Q1).

У дискусії взяли участь голова і члени спеціалізованої вченої ради:

Ушенко Юрій Олександрович, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Андрійчук Михайло Іванович, доктор технічних наук, професор, завідувач відділу числових методів математичної фізики Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України.

Семенов Андрій Олександрович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем Вінницького національного технічного університету.

Полікарівських Олексій Ілліч, доктор технічних наук, професор, професор кафедри технічної кібернетики й інформаційних технологій імені професора Р. В. Меркта Одеського національного морського університету.

Солтис Ірина Василівна, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Андрійчук Михайло Іванович, доктор технічних наук, професор, завідувач відділу числових методів математичної фізики Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України. Висловлені такі зауваження:

1. На рис. 2.3, де наведено результати моделювання та експериментальна залежність параметрів S_{11} від довжини смужки, яка утворює розрив внутрішніх плечей РКР, обидві криві неперервні. У зв'язку з цим не зрозуміло, яким чином проводився експеримент. Якщо дані експерименту було інтерпольовано і цей результат наведено, то на це потрібно було додатково вказати. Також не пояснюється суттєва різниця в результатах моделювання і даних експерименту. Це зауваження стосується і наступних результатів розділу, де порівнюються результати комп'ютерного моделювання і експерименту.
2. У підрозділі 3.2, де викладено застосування генетичного алгоритму для формування метаструктури на основі РКР та прямих провідників, не

формалізовано постановку задачі оптимізації цільових параметрів, не сформульовано чітко функцію мети, яка підлягатиме оптимізації, це дещо утруднює розуміння мети досліджень, що стає зрозумілим вже після оцінки отриманих результатів оптимізації.

3. Більше уваги варто було б приділити моментам, які стосуються процедури вибору оптимального розв'язку на основі генетичного алгоритму, оскільки внаслідок наявності великої кількості варіантів для вибору точок, для яких буде формуватися оптимальний розв'язок, використано додаткові процедури методу PyNEC та CMA-ES, що суттєво збільшує його складність.
4. При проведенні експерименту впливу маркування для виявлення БПЛА на відкритій місцевості використовувався розсіювач, змонтований з 8-ми РКР (рис. 3.10г). Але як видно, монтування такої структури може суттєво погіршити аеродинамічні характеристики БПЛА, в першу чергу зменшити його швидкість. Невідомо, чи були якісь міркування відносно усунення цього фактору на якість радіопомітності.
5. При проведенні детектування рухомого БПЛА в реальних умовах експеримент було проведено для ідеального випадку, в якому фактично не було зовнішніх завад, які знаходяться близько напрямку антена – БПЛА. У зв'язку з цим, варто було б дослідити залежності ЕПР при наявності завад, які знаходяться близько від осі антена – БПЛА.

Семенов Андрій Олександрович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем Вінницького національного технічного університету. Висловлені такі зауваження:

1. У підпису під рисунком 2.2 на сторінці 58 зазначено «Залежність ємності від відстані g між металевими смужками». По вісі ординат графіку на рисунку 2.2 відкладені чисельні значення величини відношень еліптичного інтегралу першого порядку при різних значеннях аргументу, що є безрозмірним значенням дробу з формули (2.2).
2. У підпису під рисунком 2.3 на сторінці 60 помилково вказано, що (б) – це графічна залежність зміни загального значення ємності від зміни значення n . У дійсності на рис. 2.3(б) зображена конструкція розрізного кільцевого резонатора з позначенням основних його геометричних розмірів. Аналогічне зауваження до рисунку 2.4 на сторінці 61 і до рисунку 2.5 на сторінці 62.
3. На сторінці 59 автор описав експериментальне обладнання та деталі комп'ютерного моделювання дослідження частотної характеристики S_{11} розрізного кільцевого резонатора. Але опису експериментальних результатів здобувач не приділив належної уваги. У той же час, на рисунках 2.3, 2.4 і 2.5 видно значну різницю форми графіків частотних характеристик S_{11} , які отримані шляхом моделювання та

експериментально, що можна пояснити різницею опорів рамкової антени та розрізного кільцевого резонатора на різних частотах.

4. На рисунках 2.6 і 2.7 показані результати комп'ютерного моделювання розподілу електричного поля по поверхні розрізного кільцевого резонатора, але відсутня температурна шкала кольорів для визначення рівня інтенсивності досліджуваних векторних величин.
5. Дисертаційна робота носить прикладний науково-дослідний характер. У ній мала кількість теоретичних співвідношень і розрахункових формул – лише одна в розділі 1, дев'ять у розділі 2, відсутні в розділі 3 та одна в розділі 4. При цьому, деякі рисунки містять графіки з результатами розрахунку частотних характеристик розроблених пристроїв (наприклад рис. 1.8-1.9 на стор. 47-48 або рис. 2.11 на стор. 74).
6. У дисертації відсутня інформація про імовірність помилкової ідентифікації БПЛА, що не використовують пропоновані ЕМ-наліпки. Також у дисертації мало уваги приділено оцінюванню факторів від яких залежить якість кодування та точність детектування рухомого БПЛА при використанні запропонованих резонансних дипольних розсіювачів на лопаті.
7. Чим пояснити вищу ефективність розпізнавання БПЛА за допомогою комп'ютерної згорткової нейромережі в порівнянні з методом найменших квадратів при співвідношенні сигнал/шум у діапазоні 5-11 дБ (графік на рис. 4.11). Які при цьому потрібні обчислювальні потужності для функціонування такої комп'ютерної згорткової нейромережі та скільки часу на це потрібно?
8. У списку публікацій за темою дисертації на стор. 16 помилково зазначено, що періодичне видання Communications Engineering видавництва Springer Nature віднесене до 1-го квартилю наукометричної бази Scopus (на час підготовки відгуку фахове видання Communications Engineering віднесене до Q2 категорії «Energy» та до Q3 категорії «Chemical Engineering» бази Scopus).

Полікаровських Олексій Ілліч, доктор технічних наук, професор, професор кафедри технічної кібернетики й інформаційних технологій імені професора Р. В. Меркта Одеського національного морського університету. Висловлені такі зауваження:

1. У розділі 1 підрозділах 1.2.2-1.2.3 описано механізм ефекту мікро-Доплера та приведено вплив на нього наявності двох механічних осциляторів, на прикладі двох електричних диполів, зв'язаних сильною близькопольовою взаємодією (до $1,5\lambda$). Чи впливає така взаємодія на підхід щодо кодування пасивними резонансними мітками для ідентифікації малих БПЛА, описаних у розділі 4? Які відстані між пропелерами та лопатями є допустимими? Як кількість лопатей впливає на кодування з точки зору ЕМ-взаємодії?

2. У дисертаційній роботі не описано ЕМ-взаємодію пасивних міток та корпусу чи складових БПЛА. Чи впливає відстань між пропелерами та корпусом БПЛА на ефект мікро-Доплера, наприклад через вторинне розсіювання ЕМ-хвиль?
3. У підрозділі 4.2.1 проведено ряд комп'ютерних моделювань присвячених розсіюванню ЕМ-хвиль пропелера, що обертається, та приведено результати в залежності від кута повороту для частотних діапазонів 2-30 ГГц та 65-110 ГГц. Чи проводились подібні дослідження для частотного діапазону 30-65 ГГц?
4. У підрозділі 4.3.2 приведено результати вимірювань з використанням радару AWR1642, проте надалі ці результати не використовуються.
5. Для ідентифікації маркованих БПЛА на основі вторинного випромінювання використано згорткову нейромережу, що використовує графічні зображення спектрів. Часові залежності та спектри подані як послідовність чисел містять не менше інформації, що і на зображенні, також можуть бути використані для навчання та при використанні нейромережі потенційно забезпечивши більшу точність виявлення.

Солтис Ірина Василівна, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Висловлені такі зауваження:

1. Параметри РКР та структури надрозсіювачів вказано без обґрунтування передумов та алгоритму їх розроблення. Через це незрозуміло чи їх характеристики є частиною технічного завдання (тобто очікувані), чи отриманим результатом дослідження.
2. Для пошуку структур ефективних надрозсіювачів використано алгоритм еволюційної оптимізації СМА-ES. Жодних обґрунтувань переваг обраного чи аналізу альтернативних методів оптимізації структур не наведено.
3. Підрозділ 3.5 та зокрема результати, представлені на рис.3.5а, демонструють мультипольне розкладання ЕПР як функцію частоти. Незважаючи на те, що у розкладанні взято до уваги мультиполі досить високих порядків, сумарне значення ЕПР значно перевищує можливу суму значень ЕПР всіх отриманих мультиполів. З чим це пов'язано?
4. В підрозділі 3.6 приведено експериментальні результати лабораторних вимірювань розроблених метаструктур розмірністю $2 \times 2 \times 2$ та $3 \times 3 \times 3$ елементи. Проте, в порівнянні із результатами, що було отримано як при мультипольному розкладанні на рис. 3.5а для структури розмірністю $3 \times 3 \times 3$ елементи, так і в процесі оптимізації на рис. 3.2в, що містять один чіткий максимум, частотна залежність ЕПР для експериментальних

досліджень містить два чіткі максимуми. З чим це пов'язано та які варіанти вирішення даної проблеми?

На дисертацію та анотацію Ткача Владислава Олеговича надійшло п'ять звернень. Всі вони позитивні та не містять зауваження

Перше звернення надійшло від доцента кафедри радіоелектронних технологій інформаційних систем Національного університету «Львівська політехніка», кандидата технічних наук Фабіровського Сергія Євгеновича. У зверненні акцентовано увагу на викликах, що постають перед сучасними радіолокаційними системами в умовах зростання кількості малопомітних повітряних об'єктів з низькою ефективною площею розсіювання. Актуальність теми дисертації пов'язується з необхідністю вдосконалення методів детектування таких об'єктів шляхом використання метаструктур із керованими електромагнітними властивостями. У зверненні відзначено логічну та повну структуру дослідження, яке охоплює аналіз сучасних підходів до розсіювання, вивчення властивостей розрізних кільцевих резонаторів, оптимізацію надрозсіювачів та розроблення ідентифікаційних міток для безпілотних літальних апаратів. Результати дослідження є науково новими та практично цінними для подальшого впровадження у телекомунікаційних і радіолокаційних системах. Фабіровський Сергій Євгенович висловлює переконання, що дисертаційна робота є завершеним дослідженням, а дисертант заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії.

Друге звернення подано завідувачем кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем Вінницького національного технічного університету, академіком Академії метрології України, доктором технічних наук, професором Осадчуком Олександром Володимировичем. У зверненні особлива увага приділяється глобальній тенденції розширення застосування безпілотних літальних апаратів у цивільних галузях. У цьому контексті підкреслюється актуальність досліджень, спрямованих на розроблення методів ефективного виявлення та ідентифікації таких об'єктів у складному радіочастотному середовищі. Відзначено, що у дисертації Владислава Ткача комплексно досліджено застосування метаповерхонь для підвищення ефективної площі розсіювання, а також запропоновано та технічно реалізовані підходи до формування унікальних спектральних ознак об'єктів. Зокрема, звертається увага на ідею маркування пропелерів безпілотних літальних апаратів пасивними резонансними мітками, які формують патерни мікро-Доплера, придатні для машинної ідентифікації. Дослідження має прикладний характер – розроблено діючі прототипи адаптивних фільтрів, сенсорних пристроїв і надрозсіювачів, що можуть бути впроваджені в системи моніторингу, зв'язку та безпеки. Осадчук Олександр Володимирович вважає, що дисертація є завершеним дослідженням і Владислав Ткач заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії.

Третє звернення надійшло від д-ра Ярослава Луцика, асистент-професора кафедри фізики твердого тіла Лодзького університету (Польща). У

своєму зверненні д-р Луцик зосереджує увагу на міждисциплінарному характері дисертації, в якій поєднуються інженерні підходи до модуляції радіосигналів і сучасні досягнення фізики метаструктур. Актуальність дослідження, на його думку, зумовлена потребою в удосконаленні методів виявлення об'єктів із низьким значенням ефективної площі розсіювання у складних електромагнітних середовищах. Особливо відзначено застосування механічно модульованих метаповерхонь у формі резонансних міток на пропелерах безпілотних літальних апаратів, які створюють спектральні патерни мікро-Доплера для ідентифікації таких об'єктів. У зверненні наголошується на оригінальності підходу до формування структур надрозсіювачів з контрольованим мультипольним розподілом, а також на якісному поєднанні теоретичного аналізу, чисельного моделювання та підтвердження результатів на практиці. На думку д-ра Луцика, дисертація відповідає міжнародним вимогам до PhD-досліджень, і її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії.

Четверте звернення надійшло від д-ра Ліліти Гегере, заступниці директора Інституту фотоніки, електроніки та телекомунікацій Ризького технічного університету (Латвія). У своєму зверненні вона акцентує увагу на двох актуальних викликах сучасної радіолокації – підвищенні радіолокаційної помітності цілей з низьким значенням ефективної площі розсіювання та їх надійній ідентифікації в умовах перешкод і зашумлення. Д-р Гегере детально аналізує ключові результати роботи: створення об'ємних надрозсіювачів з оптимізованою структурою для підвищення відстані виявлення малогабаритних безпілотних літальних апаратів в 1,5 – 5 разів; а також розроблення методу пасивного кодування пропелерів безпілотних літальних апаратів за допомогою дипольних розсіювачів для формування унікальних патернів мікро-Доплера. Вона підкреслює, що запропонований підхід дозволяє не лише відрізнити такі об'єкти від природного фону, а й ідентифікувати безпілотні літальні апарати однієї серійної моделі. У зверненні наголошено на ефективному поєднанні теоретичного аналізу, генетичної оптимізації та експериментальної перевірки, що забезпечує наукову новизну й практичну значущість дослідження. З урахуванням вищезазначеного д-р Гегере, повністю підтримує присудження Владиславу Ткачу ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

П'яте звернення надійшло від професора Аміра Боага, професора Школи електротехніки Тель-Авівського університету (Ізраїль). У зверненні професор зазначає, що знайомий із Владиславом Ткачем завдяки науковим візитам останнього до Ізраїлю, під час яких відбувалися обговорення тематики досліджень та їх реалізації. Професор Боаг ознайомився з основним змістом дисертації через розширену англійську анотацію, міжнародні публікації здобувача, а також технічні обговорення з колегами, які співпрацювали з Владиславом Ткачем. Він високо оцінив дослідження, зосереджене на застосуванні метаповерхонь для посилення розсіювання та ідентифікації

малопомітних безпілотних літальних апаратів, зокрема шляхом формування унікальних відгуків мікро-Доплера. За словами професора Боага, автору вдалося поєднати теоретичне моделювання, оптимізаційні алгоритми та апаратну реалізацію, що свідчить про високий науковий рівень дисертації. На підставі цього професор Боаг повністю підтримує присудження Владиславу Ткачу ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

Результати голосування:

«За» 5 членів ради,
«Проти» 0 членів ради.

На підставі результатів голосування спеціалізована вчена рада PhD 8765 присуджує Ткачу Владиславу Олеговичу ступінь доктора філософії з галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Голова спеціалізованої вченої ради PhD 8765
доктор фізико-математичних наук, професор,
завідувач кафедри комп'ютерних наук
Чернівецького національного університету
імені Юрія Федьковича



Юрій УШЕНКО