

## ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації *Малашти Павла Петровича* на тему «Принципи та особливості формування фантомних радіолокаційних зображень космічних РСА», представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка**

На засіданні кафедри конструкції аерокосмічних радіоелектронних систем (501) за участі:

Попов Анатолій Владиславович, д.т.н., професор кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Абрамов Олександр Дмитрович, к.т.н. доцент кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Мазуренко Олександр Володимирович, к.т.н. доцент кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Нежальська Ксенія Миколаївна, к.т.н. доцент кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Мороз Костянтин Вікторович, провідний інженер кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Баровський Віктор Мечеславович, завідувач лабораторії кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Шраменко Олександр Володимирович, асистент кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Вернадська Крістіна Сергіївна, асистент кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Одокієнко Олексій Володимирович, к.т.н. доцент кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Бабіцький Ярослав Вікторович, аспірант кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Пономаренко Нікіта Сергійович, аспірант кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Сидоров Ярослав Дмитрович, аспірант кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Малашта Павло Петрович, аспірант кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Косолапов Олексій Юрійович, аспірант кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Прокоф'єв Ігор Олександрович, аспірант кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Юсупов Дмитро Сергійович, аспірант кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Чубаха Лариса Валеріївна, завідувач лабораторії кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем (501);

Єпіфанова Сергія Валерійовича, д.т.н., професора, завідувача кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»;  
Білогуба Олександра Віталійовича, д.т.н., професора, професора кафедри конструкції авіаційних двигунів «ХАІ»;

відбулася публічна презентація дисертаційної роботи *Малашти Павла Петровича* на тему «Принципи та особливості формування фантомних радіолокаційних зображень космічних РСА».

На підставі обговорення змісту презентації дисертаційної роботи ухвалено такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації (результати голосування – одноголосно).

### **1. Актуальність теми дослідження**

Сучасний стан розвитку систем дистанційного зондування Землі характеризується стрімким зростанням ролі космічних радіолокаторів із синтезованою апертурою (РСА). Завдяки можливості забезпечувати високу роздільну здатність незалежно від метеорологічних умов та часу доби, космічний радіолокаційний моніторинг став ключовим інструментом глобального спостереження. Це створює нові виклики у сфері захисту інформації про стратегічно важливі об'єкти та території. За умов постійної присутності космічних РСА на орбіті, традиційні методи маскування стають недостатньо ефективними, що зумовлює критичну потребу в розробці систем радіоелектронної протидії.

Одним із найбільш перспективних напрямів у цій галузі є імітаційне глушіння, а саме — фантомізація радіолокаційних зображень. Цей процес передбачає формування на радіолокаційному зображенні підстильної поверхні хибних елементів – фантомів, які імітують реальні об'єкти, дезорієнтуючи системи автоматичного розпізнавання. Попри наявність значної кількості теоретичних розробок у сфері імітаційних завад, більшість існуючих підходів мають суто програмно-алгоритмічний характер або базуються на застарілих принципах апаратної реалізації. До того ж, в світовій науковій літературі відсутня єдина теорія створення радіотехнічних систем фантомізації радіолокаційних зображень космічних РСА.

У вітчизняному науковому просторі на сьогодні спостерігається відсутність цілісної концепції побудови засобів фантомізації, які б поєднували в собі високу швидкість цифрової обробки сигналів із сучасною компактною елементною базою. Традиційна хвилеводна техніка є занадто громіздкою для перспективних систем бортового та мобільного базування, а мікросмужкові лінії мають значні втрати у міліметровому діапазоні хвиль. Це створює наукове протиріччя між необхідністю оперативного формування складних фантомних зображень та можливостями наявної апаратної бази НВЧ-діапазону.

Вирішення зазначеної проблеми полягає у переході до використання технології інтегрованих у підкладку хвилеводів — SIW. Використання SIW-компонентів дозволяє поєднати переваги класичних металевих

хвилеводів (низькі втрати, висока добротність) із перевагами планарних технологій (малогабаритність, низька вартість, можливість інтеграції в єдиний технологічний цикл із цифровими схемами).

Особливої актуальності набуває пошук нових матеріалів для підкладок таких пристроїв. Напівпровідникові високоомні кристали сполук  $A^{II}B^{VI}$  (ZnS, ZnSe, CdZnTe) відкривають унікальні можливості для створення малогабаритних компонентів у діапазоні частот 1–100 ГГц. Дослідження електродинамічних параметрів цих кристалів та розробка на їх основі SIW-структур є критично важливим кроком для створення нового покоління систем фантомізації.

Крім апаратного аспекту, актуальність дослідження посилюється потребою в формуванні алгоритмів обробки радіозображень для радіотехнічної системи фантомізації космічних РСА. В умовах реального часу система протидії повинна швидко аналізувати структуру підстильної поверхні для коректного «вписування» хибних об'єктів у ландшафт. Отже, вдосконалення методів обробки зашумлених РСА зображень для оперативного виявлення об'єктів є необхідною умовою ефективної фантомізації.

Таким чином, актуальність дисертаційної роботи зумовлена необхідністю створення ефективних вітчизняних засобів радіоелектронної протидії космічним системам моніторингу, потребою у розробці теоретичних основ побудови радіотехнічних систем фантомізації нового типу, доцільністю використання SIW-технологій на базі сполук  $A^{II}B^{VI}$  для істотного зниження масогабаритних показників апаратури НВЧ та формування спеціальних НВЧ-компонентів. Робота безпосередньо пов'язана з пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки в Україні, зокрема у сфері розробки перспективних радіотехнічних систем та спеціальної елементної бази для аерокосмічного комплексу. Так, результати досліджень, що наведені в дисертації, отримані в рамках науково-дослідної роботи «Теорія радіотехнічних систем формування фантомних радіозображень радарам аерокосмічного призначення».

## **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційна робота виконана в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут». Робота проводилася відповідно до науково-дослідних робіт Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», а саме: «Теорія радіотехнічних систем формування фантомних радіозображень радарам аерокосмічного призначення» (Д501-1/2024-Ф), «Автономний безпілотний літальний апарат з системою високоточного скидання вантажів вагою до 10 кг» (Д103-4/2023-П), «Розроблення робочої документації на модернізовану апаратуру прийому даних авіаційного вибору» (501-14/2023).

## **3. Наукова новизна отриманих результатів**

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Отримали подальший розвиток математичні моделі сигналів космічного РСА, параметри та структура системи «РСА – радар фантомізації», які відрізняються урахуванням умов формування сигналу для фантомізації зображень саме космічних РСА, що дозволило сформуванню на базі статистичної теорії радіотехнічних систем детальну структуру прийомного та передавального трактів таких систем.

2. Удосконалено метод визначення граничних середньоквадратичних похибок оцінок параметрів ЛЧМ-сигналу у приймальному каналі радіолокатора фантомізації, який відрізняється застосуванням обґрунтованого функціоналу правдоподібності для системи «радар фантомізації – космічний РСА», що дозволило оцінити вплив похибок оцінювання параметрів сигналу РСА на роботу радара фантомізації при його технічній реалізації.

3. Вперше обґрунтовано теоретичні основи проектування SIW – хвилеводів на основі напівпровідникових кристалів  $A^{II}B^{VI}$  для формування швидкісного керованого фотозбудженням фазообертача в складі передавача радіотехнічної системи фантомізації космічних РСА.

#### **4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи**

1. Сформовано рекомендації та аналітичний апарат для створення малогабаритної елементної бази НВЧ-діапазону на основі SIW-технології та кристалів групи  $A^{II}B^{VI}$ , що необхідно для проектування НВЧ пристроїв спеціального призначення, а також дозволяє суттєво знизити масогабаритні показники аерокосмічної бортової апаратури.

2. Розроблено та наведено приклад реалізації методу обробки зображень для радіотехнічної системи фантомізації космічних РСА, який може бути інтегрований у перспективні комплекси радіоелектронного захисту від космічної розвідки.

3. Отримані блок-схеми приймального та передавального трактів радіотехнічної системи фантомізації космічних РСА є основою для практичної розробки та технічного впровадження відповідної апаратури спеціального призначення.

Результати оцінки діелектричних характеристик напівпровідникових сполук у діапазоні 1 – 100 ГГц можуть бути використані підприємствами приладобудування при створенні нових типів інтегрованих хвилеводних пристроїв та у навчальному процесі за спеціальністю G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка» (172 «Електронні комунікації та радіотехніка», 172 «Телекомунікації та радіотехніка»).

Отримані наукові результати можуть бути використані науково-дослідними та проєктними організаціями, конструкторськими бюро, організаціями оборонно-промислового комплексу, навчальними закладами аерокосмічної сфери та іншими установами, які спеціалізуються в галузі розробки засобів радіоелектронної протидії, проектування малогабаритної елементної бази НВЧ-діапазону та експлуатації систем космічного радіолокаційного моніторингу.

## 5. Апробація/використання результатів дисертації

Основні результати роботи представлені на конференціях:

1. Pavlikov, V., Volosiuk, V., Kolesnikov, D., Kosharskyi, V., Cherepnin, H., **Malashta, P.** (2024, September). Concept of radars synthesis theory for creating phantom objects in SAR images. In 2024 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT) (pp. 695-698). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712456>

2. Pavlikov, V., Zhyla, S., Pozdniakov, P., Kolesnikov, D., Cherepnin, H., **Malashta, P.** (2024, October). Basic Geometric Relations, Parameters and Characteristics of Theory for Phantoming of SAR Images. In 2024 IEEE 17th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET) (pp. 312-316). IEEE. <https://doi.org/10.1109/TCSET64720.2024.10755612>

3. Pavlikov, V., Peretyatko, M., Pozdniakov, P., **Malashta, P.**, Kolesnikov, D., & Tserne, E. (2025, September). Radio Channel Design for Radio Pulse Parameters Estimation in Image Phantomization Radar. In 2025 15th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT) (pp. 753-757). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ACIT65614.2025.11185600>

4. Pavlikov, V., Peretyatko, M., **Malashta, P.**, Tserne, E., Popov, A., & Kolesnikov, D. (2025, September). Research on the Marginal Errors of Estimates of LFM Signal Parameters in the Receiving Channel of a Phantomization Radar. In 2025 15th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT) (pp. 749-752). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ACIT65614.2025.11185842>

## 6. Дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертація П. П. Малашти є оригінальною роботою, виконана здобувачем самостійно й доброчесно, текст рукопису дисертаційної роботи на містить ознак академічного шахрайства. Роботу передано експерту для проведення науково-технічної експертизи щодо збігів з Internet-джерелами, про що буде надано відповідний звіт.

## 7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 8 наукових публікацій, у тому числі:

- дві статті в наукових фахових виданнях України за спеціальністю;
- дві статті в закордонних наукових виданнях, проіндексованих в базі Scopus;

- чотири тези доповідей на міжнародних наукових конференціях.

Статті в закордонних наукових виданнях, які проіндексовані в базах Scopus та Web of Science:

[1] Foundations of radar synthesis theory of phantom objects formation in SAR images / V. Pavlikov, S. Zhyla, P. Pozdniakov, D. Kolesnikov, H. Cherepnin, O. Shmatko, O. Odokiienko, **P. Malashta**, E. Tserne // Radioelectronic and Computer

Systems. – Kharkiv, 2024. – № 4(112). – P. 123–140.  
<https://10.32620/reks.2024.4.11>.

Здобувачу належить визначена математична модель зондувального сигналу космічного РСА та аналіз його просторово-часової трансформації при формуванні радіолокаційного відгуку.

[2] Khudov, H., Makoveichuk, O., Khizhnyak, I., Huriev, D., Popov, A., Oliynick, S., **Malashta, P.**, Sydorov, Y., Rohulia, O., Adamchuk, M. (2025). Improving a method that rapidly determines the phantomization areas in an image acquired from a space-based radar observation system. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(9), p. 67 – 76. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.347659>.

Здобувач разом із співавторами виконував розробку математичного апарату для визначення ділянок фантомізації. Здійснено критичний аналіз ресурсного забезпечення експериментальних розрахунків. Разом із співавторами підготовлено основний текст публікації та розроблено графічний матеріал.

Статті в наукових виданнях України, затверджених як фахові за спеціальністю 172:

[3] Павліков, В.В., Поздняков, П.В., Церне, Е.О., Колесніков, Д.В., Перетятко, М.С., **Малашта, П.П.** (2024). Теорія фантомізації радіозображень РСА: базові відомості та обґрунтування розмірів ділянки фантомізації. Авіаційно-космічна техніка і технологія, (5), 72–84. <https://doi.org/10.32620/akt.2024.5.08>.

Здобувач виконав розробку алгоритмів та програмну реалізацію моделі радіолокаційного зондування; провів серію імітаційних експериментів для верифікації аналітичних виразів; виконав технічне обґрунтування точності розрахунку ділянок фантомізації.

[4] Олійник, С., Чугай, О., Одокієнко, О., **Малашта, П.**, Денисюк, Т. (2025). Теоретичні основи розробки SIW – хвилеводів на кристалах  $A^{II}B^{VI}$  для радарів РСА. Measuring and computing devices in technological processes, 84(4), 300–309. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-84-34>

Здобувач виконав моделювання параметрів SIW-хвилеводу на кристалах ZnS в Ansys HFSS на частоті 1 ГГц та аналіз отриманих результатів, отримав графічний матеріал такого моделювання, разом із співавторами підготував основний текст публікації.

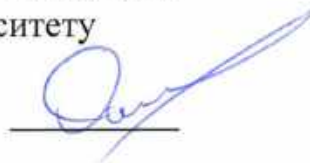
## 7. Висновок наукового керівника

Виконання індивідуального навчального плану, індивідуального плану наукової роботи, досягнення результатів навчання за відповідною науково-освітньою програмою та написання дисертації Малаштою Павлом Петровичем вважаю успішним. Дисертаційна робота є результатом самостійного дослідження, завершеною науковою працею, яка містить наукову новизну.

Вона виконана на високому науковому рівні та відповідає всім установленим вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, й може бути рекомендована до захисту, а її автор Малашта Павло Петрович – до присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Отже, вважаємо, що дисертаційна робота Малашти Павла Петровича на тему «Принципи та особливості формування фантомних радіолокаційних зображень космічних РСА», представлена на здобуття ступеня доктора філософії, відповідає вимогам Порядку присудження наукового ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44). Відтак, вона може бути представлена до захисту в разовій спеціалізованій раді для присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Головуючий на засіданні  
В. о. завідувача  
кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем  
Національного аерокосмічного університету  
«Харківський авіаційний інститут»  
доктор техн. наук, доцент



Сергій ОЛІЙНИК