

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Інкарбаєвої Ольги Сергіївни на тему «Оптимізація методу оброблення сигналів у радіотехнічних системах картографування місцевості з борта вертольоту», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

На засіданні кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем за участі: голови засідання – д-р техн. наук, доцента, в.о. зав. кафедри Попова А.В.; та учасників – д-р техн. наук, доцента, зав. кафедри Жили С.С.; д-р техн. наук, професора Волосюка В.К.; д-р техн. наук, професора Павлікова В.В.; д-р техн. наук, професора Руженцев М.В.; канд. техн. наук, доцента Шульгіна В.І.; канд. техн. наук, доцента Абрамова О.Д.; канд. техн. наук, доцента Мазуренка О.В.; канд. техн. наук, доцента Нежальської К.М.; канд. техн. наук, доцента Одокієнка О.В.; канд. техн. наук, доцента Щербини К.О.; канд. техн. наук, доцента Вонсовича М.А.; ст. викладача Душепи В.А.; аспіранта Власенка Д.С.; аспіранта Церне Е.О.; аспіранта Черепніна Г.С.; аспіранта Колеснікова Д.В.; аспіранта Кошарського В.В.; аспіранта Ковальчука Д.І.; аспіранта Перетятко М.С.; канд. техн. наук, доцента, доцента кафедри інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського Васильєвої І.К.; д-р техн. наук, професора, професора кафедри інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського Тоцького О.В.; начальника кафедри радіоелектронних систем пунктів управління Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба Васишина В.І., відбулася публічна презентація дисертаційної роботи Інкарбаєвої Ольги Сергіївни на тему «Оптимізація методу оброблення сигналів у радіотехнічних системах картографування місцевості з борта вертольоту».

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

1. Актуальність теми дослідження.

Вертольоти відіграють важливу роль у виконанні різноманітних завдань цивільного та військового значення, починаючи від туристичних польотів та завершуючи аеромобільністю військ у зонах бойових дій. Однією з найскладніших та небезпечних операцій у пілотуванні вертольотів є посадка на непідготовлені поверхні, що супроводжується підвищеним ризиком для екіпажу та пасажирів. Статистика авіаційних пригод у світі показує, що найбільша частка аварій та катастроф відбувається саме під час посадки. Ще небезпечнішим маневром вважається приземлення під час дощу, снігопаду, щільного туману, задимленості місцевості чи вулканічної активності. Знизити ризики для пілота та екіпажу дозволяють бортові прилади, такі як GPS, інерційні навігаційні системи,

гіроскоп, акселерометр, доплерівський вимірювач швидкості та кута зносу, радіовисотомір, дальномірне обладнання тощо. Робота вказаних систем у комплексі та досвід пілотів запобігають небезпечному приземленню в момент наближення землі. У той самий час більш актуальним є попередній аналіз підстильної поверхні навколо вертольоту, вимірювання її висоти та визначення безпечної ділянки для приземлення.

Системи безпечної посадки є перспективними і розробляються в всьому світі. Однак більшість представлених розробок базуються на евристичних методах, що полягають у використанні готових технологічних рішень, а наступне оброблення реалізується на основі узагальнення інженерного досвіду. До того ж їх ефективність знижується при посадці в умовах поганої видимості.

Виходячи з наведеного можна стверджувати, що на сьогодні постала актуальна наукова задача розробки нового методу, алгоритму та пристрою вимірювання висоти рельєфу поверхні для безпечної посадки вертольоту, що підвищить точність її визначення при використанні некогерентного оброблення та накопичення сигналів. Реалізація таких систем у радіодіапазоні дозволить оцінювати висоти поверхні, так як він може забезпечити роботу при будь-яких погодних умовах, вдень та вночі. Використання двоантенного пеленгатора зі наскрізною обробкою сигналів дозволить проводити вимірювання з підвищеною точністю завдяки високій крутизні пеленгаційної характеристики та точно визначати напрямок приходу сигналу через вимірювання різниці потужностей сигналів на виході каналів.

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

Отримані автором результати дисертації використовувались при виконанні науково-дослідних робіт на кафедрі аерокосмічних радіоелектронних систем Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» і були відображені в наступних звітах про НДР: «Вітчизняний радіолокаційний комплекс малих висот і швидкостей польоту для вертольотів АТ "Мотор Січ"» (№ДР 0122U200469, 2022-2023рр.), «Розроблення поляризаційно-двоканального радара для безпеки польотів вертольотів на малих висотах» (№ДР 0123U104309, 2023-2024 рр.).

3. Наукова новизна отриманих результатів.

1. Отримала подальший розвиток теорія статистичної оптимізації радіотехнічних систем дистанційного зондування та радіолокації за рахунок вирішення варіаційної задачі оптимізації в рамках критерію максимуму функції правдоподібності методу оцінювання висоти рельєфу поверхні, як функції просторових координат.

2. Вперше синтезовано та досліджено метод оптимального оброблення сигналів у двоантенній сумарно-різницевій радіотехнічній системі оцінювання висоти рельєфу поверхні, який за рахунок використання двох каналів дозволяє підвищити показники точності вимірювань.

3. Удосконалено принципи побудови радіотехнічних вимірювальних систем, запропоновано нову структуру бортового вертольотного радара, яка відповідає

новому синтезованому оптимальному методу оцінювання рельєфу місцевості та дозволяє вимірювати рельєф з більш високими показниками точності.

4. Отримали подальшого розвитку імітаційні моделі апробації алгоритмів оцінювання параметрів поверхні за результатами прийому та оброблення розсіяних поверхнею сигналів, що на відміну від існуючих враховують наявність двох каналів прийому, форми діаграм спрямованості антен у кожному каналі, електрофізичні властивості та геометричні характеристики поверхні, статистичні характеристики шумів приймачів, форми зондуючих сигналів та частоту дискретизації прийнятих сигналів.

4. Практичне значення результатів роботи.

1. Використання моноімпульсної амплітудної сумарно-різницевої системи за рахунок одночасної пеленгації кута місця та вимірювання дальності до поверхні імпульсним методом дозволяє зменшити геометричні розміри антенної системи порівняно з фазовими системами, що потребують використання антенної решітки. Це дозволяє використовувати запропоновану систему на борту вертольоту без порушення аеродинамічних властивостей.

2. Зменшення обчислювальної складності алгоритмів оброблення інформації в амплітудних сумарно-різницевих системах дозволяє відновити рельєф поверхні при поганих погодних умовах за рахунок некогерентного оброблення сигналів, що не потребує особливих вимог до радіоапаратури.

3. Отримані результати становлять підґрунтя для розроблення вертольотних систем картографування поверхонь в заданій області спостереження, що доповнять вже наявне радіолокаційне обладнання вертольотів новим методом та алгоритмом вимірювання рельєфу поверхні, що функціонує у будь-яких погодних умовах, вдень та вночі.

5. Апробація/використання результатів дисертації.

Основні положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на міжнародних конференціях:

1) 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET 2022);

2) 2023 IEEE International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo 2023);

3) 2023 Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering (ICTM 2023).

6. Дотримання принципів академічної доброчесності.

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Інкарбаєвої Ольги Сергіївни визнана оригінальною роботою, яка виконана самостійно і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Зміст основних розділів дисертації перевірено 09.05.2024 р. на наявність текстових запозичень в системі «UNICHECK», в порівнянні з файлами бібліотеки корпоративного облікового запису Національного аерокосмічного університету

ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут». Текст рукопису дисертаційної роботи не містить ознак академічного шахрайства.

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

За результатами досліджень опубліковано 6 наукових публікацій та отримано 1 патент України на винахід. Серед публікацій:

- 1) 2 статті у наукових періодичних видання України категорії «А», що індексуються у SCOPUS (Q3) (зі співавторами);
- 2) 1 стаття у науковому фаховому виданні України категорії «Б»;
- 3) 3 публікацій в працях міжнародних конференції, матеріали яких включено у базу даних Scopus (з співавторами).

Статті у наукових періодичних виданнях:

1. Volosyuk, V., Zhyla, S., Pavlikov, V., Vlasenko, D., Kosharskiy, V., Kolesnikov, D., Inkarbaeva, O., Nezhalskaya, K. Optimal radar cross section estimation in synthetic aperture radar with planar antenna array. *Radioelectronic and Computer Systems*, 2021, no. 1, pp. 50-59. Doi: 10.32620/reks.2021.1.04. [індексується у н.м.б.д. Scopus, Q3].

У роботі здобувачем виконано формалізація моделей зондуючих та прийнятих сигналів, характеристик внутрішніх шумів приймача та математичних моделей рівняння спостереження.

2. С. С. Жила, О. С. Інкарбаєва. Оптимізація алгоритму формування рельєфу поверхні бортовим вертолітним радаром // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2022. – № 3(179). – С. 66–74. Doi: 10.32620/akt.2022.3.07. [категорія «Б»]

У роботі здобувачем виконано імітаційне моделювання алгоритму оцінювання кутового положення кожного імпульсу задля побудови рельєфу поверхні бортовим вертолітним радаром.

3. Vlasenko D., Inkarbaeva O., Peretiatko M., Kovalchuk D., Sereda O. Helicopter radio system for low altitudes and flight speed measuring with pulsed ultra-wideband stochastic sounding signals and artificial intelligence elements. *Radioelectronic and Computer Systems*, 2023, no 3, pp. 48-59. Doi: 10.32620/reks.2023.3.05. [індексується у н.м.б.д. Scopus, Q3]

У роботі здобувачем було виконано математичний опис оптимального алгоритму вимірювання рельєфу поверхні.

Статті у працях міжнародних конференцій, які проіндексовано у Scopus:

1. V. Volosyuk, S. Zhyla, O. Inkarbaeva and D. Kolesnikov, "Optimization of the Surface Formation Algorithm by the Airborne Helicopter Radar," 2022 IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv-Slavske, Ukraine, 2022, pp. 398-403. Doi: 10.1109/TCSET55632.2022.9767068.

У роботі здобувачем було виконано синтез оптимального алгоритму розрахунку кутового положення імпульсного об'єму зондувальних імпульсів.

2. O. Inkarbaieva, S. Zhyla, D. Vlasenko and G. Cherepnin, "Structure Optimization of Onboard Helicopter Radar for Surface Elevation Measurements," 2023 IEEE International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo), Kyiv, Ukraine, 2023, pp. 198-202, doi: 10.1109/UkrMiCo61577.2023.10380341.

У роботі здобувачем виконано розроблення структури бортового радару попередньої побудови рельєфу поверхні, що обрана для безпечного приземлення.

3. A. Popov, S. Zhyla, O. Inkarbaieva and M. Bortsova, "Simulation of Onboard Helicopter Radar Signals for Surface Elevation Measurements", 2023 Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering (ICTM), Kharkiv, Ukraine, 2023, pp. 1-15. Doi: 10.1007/978-3-031-61415-6_45.

У роботі здобувачем було виконано імітаційне моделювання оцінювання висоти поверхні з урахуванням розсіювання сигналів від шорсткої поверхні бортовою двоантенною системою.

Отримані результати стали основою отриманого патента:

1. Аерокосмічний когнітивний радар з синтезуванням апертури. Патент України на винахід №. 127881. / Жила С. С., Волосюк В. К., Павліков В. В., Церне Е. О., Шматко О. О., Власенко Д. С., Собколов А. Д., Кошарський В. В., Одокієнко О.В., Інкарбаєва О. С., Попов А.В.; 31.01.2024

8. Висновок наукового керівника.

Дисертація здобувача містить результати завершеного наукового дослідження. Достовірність отриманих у дисертації результатів підтверджена як результатами теоретичних досліджень так і комп'ютерного моделювання. Тема дисертації має важливе наукове та практичне значення. Про високий науковий рівень дисертації свідчить те, що вона спрямована на вирішення актуальної наукової проблеми розроблення нового методу, алгоритму та пристрою вимірювання висоти рельєфу поверхні для безпечної посадки вертольоту, що підвищить точність її визначення при використанні некогерентного оброблення та накопичення сигналів. Підтверджую, що здобувачем Інкарбаєвої О.С. було дотримано академічну доброчесність протягом підготовки наукових статей, доповідей на міжнародних конференціях та у процесі написання дисертації. Враховуючи, що Інкарбаєва Ольга Сергіївна успішно виконала індивідуальний навчальний план та індивідуальний план наукової роботи, досягнув високих результатів у навчанні за відповідною освітньо-науковою програмою та написанні дисертації, яка є результатом самостійного дослідження, є завершеною науковою працею, містить наукову новизну, виконана на належному науковому рівні, відповідає встановленим вимогам до дисертацій докторів філософії, вважаю, що дисертацію на тему «Оптимізація методу оброблення сигналів у радіотехнічних системах картографування місцевості з борта вертольоту» можна рекомендувати

до захисту, а її автору Інкарбаєвій Ользі Сергіївні присудити ступінь доктора філософії за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

9. Загальний висновок.

Вважаємо, що дисертаційна робота Інкарбаєвої Ольги Сергіївни «Оптимізація методу оброблення сигналів у радіотехнічних системах картографування місцевості з борта вертольоту», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії, відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44). Дисертаційна робота може бути представлена до захисту в разовій спеціалізованій вченій раді для присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Головуючий на засіданні кафедри
аерокосмічних радіоелектронних систем
Національного аерокосмічного університету
ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,
доктор технічних наук, доцент

15 травня 2024 р.



Анатолій ПОПОВ