

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

І. І. Обод, І. В. Свид, О. С. Мальцев

**ОБРОБКА ДАНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМ
СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ**

Навчальний посібник
для аспірантів та студентів вищих навчальних закладів,
які навчаються за галуззю знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

за редакцією І. І. Обод

Харків
Друкарня Мадрид
2021

УДК 004: 621.396.96 (03)

О-21

Рекомендовано Вченою радою ХНУРЕ як навчальний посібник для аспірантів та студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за галуззю знань 17 «Електроніка та телекомунікації», протокол № 6 від 02.07.2021 року

Авторський колектив:

І. І. Обод, Лауреат Державної премії в галузі науки та техніки, д.т.н, проф.;

І. В. Свид, к.т.н., доц.; *О. С. Мальцев*

Рецензенти:

О. А. Серков, доктор технічних наук, проф., професор кафедри системи інформації, Харківський політехнічний інститут;

І. М. Бондаренко, доктор фізико-математичних наук, проф., завідувач кафедри мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв, Харківський національний університет радіоелектроніки

Обод І. І., Свид І. В, Мальцев О. С.

О-21 Обробка даних радіолокаційних систем спостереження повітряного простору: навчальний посібник / І. І. Обод, І. В. Свид, О. С. Мальцев. – Харків : Друкарня Мадрид, 2021. – 255 с.

ISBN 978-617-7988-53-2

У навчальному посібнику розглянуто загальні поняття, принципи та фізичні основи радіолокаційних первинних та вторинних систем спостереження повітряного простору. Викладена статистична теорія виявлення радіолокаційних сигналів. Наведено методи реалізації радіолокаційних пристроїв і систем, основи статистичної теорії розділення та основи статистичної теорії оцінювання параметрів радіолокаційних сигналів. Розглянуто особливості отримання радіолокаційних даних у інформаційних мережах систем спостереження. Наведена загальна характеристика первинної, вторинної та третинної обробки даних оглядових систем спостереження. Виклад теоретичного матеріалу навчального посібника ілюстровано великою кількістю графіків і рисунків та супроводжене контрольними питаннями для самоперевірки. Навчальний посібник призначено для аспірантів та студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за галуззю знань 17 «Електроніка та телекомунікації».

Лл. 128. Табл. 8. Бібліогр. 93 назв.

УДК 004. 621.396.96 (03)

ISBN 978-617-7988-53-2

© І. І. Обод, І. В. Свид, О. С. Мальцев, 2021

© ТОВ «Друкарня Мадрид», 2021

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	5
ПЕРЕДМОВА	7
1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ	10
1.1. Категорії спостереження повітряного простору та їх класифікація ...	10
1.2. Загальна характеристика незалежного некооперативного спостереження	13
1.3. Загальна характеристика незалежного некооперативного спостереження	24
1.4. Загальна характеристика залежного кооперативного спостереження..	46
1.5. Загальні відомості про обробку даних систем спостереження повітряного простору	58
Контрольні запитання для самоконтролю	59
2. СИГНАЛИ ТА ЗАВАДИ У СИСТЕМАХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ	60
2.1. Види радіосигналів, що використовуються у первинних оглядових радіолокаторах	60
2.2. Моделі та характеристики відбитих сигналів, шумів та завад	67
2.3. Сигнали кооперативних систем спостереження повітряного простору	73
Контрольні запитання для самоконтролю	91
3. ОСНОВИ СТАТИСТИЧНОЇ ТЕОРІЇ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ	92
3.1. Постановка та методика вирішення задачі оптимізації виявлення сигналів	92
3.2. Виявлення сигналів з повністю відомими параметрами	98
3.3. Виявлення когерентних сигналів з випадковими параметрами	103
3.4. Виявлення сигналів кооперативних систем спостереження	108
Контрольні запитання для самоконтролю	120
4. ОСНОВИ СТАТИСТИЧНОЇ ТЕОРІЇ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ СИГНАЛІВ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ	121
4.1. Автокореляційна функція когерентних сигналів	121
4.2. Автокореляційна функції когерентних сигналів без внутріімпульсної модуляції	129

4.3. Автокореляційні функції когерентних сигналів з внутріімпульсною лінійно-частотною модуляцією та фазовою маніпуляцією	132
4.4. Розділення за кутовими координатами	141
Контрольні запитання для самоконтролю	144
5. ОСНОВИ СТАТИСТИЧНОЇ ТЕОРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИГНАЛІВ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ	145
5.1. Оптимізація виміру параметрів радіолокаційних сигналів	145
5.2. Вимірювачі часу запізнення (дальності)	155
5.3. Вимірювачі швидкості повітряних об'єктів	163
5.4. Вимірювачі кутових координат	170
Контрольні запитання для самоконтролю	181
6. ІНФОРМАЦІЙНА МЕРЕЖА СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ	183
6.1. Мережевий принцип побудови систем спостереження повітряного простору	183
6.2. Методи визначення координат повітряних об'єктів в пасивних інформаційних мережах систем спостереження	201
Контрольні запитання для самоконтролю	206
7. ОБРОБКА ДАНИХ ОГЛЯДОВИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ	207
7.1. Характеристика етапів обробки даних систем спостереження повітряного простору	207
7.2. Загальні відомості з виявлення та вимірювання координат повітряних об'єктів	211
7.3. Структура та показники якості обробки даних системами спостереження повітряного простору	215
7.4. Об'єднання даних про параметри руху повітряних об'єктів і побудова траєкторій руху	221
7.5. Вторинна обробка даних систем спостереження повітряного простору	231
7.6. Третинна обробка даних систем спостереження повітряного простору	242
Контрольні запитання для самоконтролю	244
ПІСЛЯМОВА	245
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	247

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

АЗС – автоматичне залежне спостереження
АКФ – автокореляційна функція
АМП – амплітудно-миттєве порівняння
АЧС – амплітудно-частотний спектр
ВСЗ – внутрісистемні завади
ВФН - взаємна функція невизначеності
ВОД - вторинна обробка даних
ДСА –діаграма спрямованості антени
ЗС – зондуючий сигнал
ЕПР – ефективна площа розсіяння
ІЗ – інформаційне забезпечення
ІМ – інформаційна мережа
ІМСС – інформаційна мережа системи спостереження
ІТ – інформаційні технології
ІЧК - інтервально-часовий код
КВ – канал відповіді
КЗ – канал запиту
КПП – контроль повітряного простору
КСС – кооперативні системи спостереження
ЛВ – літаковий відповідач
ЛЧМ – лінійно-частотна модуляція
МО – міжперіодная обробка
СВ – сигнал відповіді
СЗ – сигнал запиту
СМ – синхронна мережа
СМО – система масового обслуговування
СС – система спостереження
СРО –селекція рухомих об'єктів
ОПР – організація повітряного руху
ОРЛ – оглядовий радіолокатор
ПО – повітряний об'єкт
ПОД – первина обробка даних
ПП – повітряний простір
РЛС – радіолокаційна система
РСН – рівносигнальний напрямок
УПР – управління повітряним рухом

Перелік умовних позначень та скорочень

ХВ – характеристика виявлення
ФКМ- фазо-кодова модуляція
ФМП –фазово-миттєве порівняння
ФН – функція невизначеності
ФЧС – фазо-частотний спектр
ТОД – третина обробка даних
ТТХ – тактико-технічні характеристики
ШЧ –шкала часу
ADS - Automatic dependent surveillance
IFF - Identification Foe or Friend
MLT - Multilateration
PSR - Primary surveillance radar
SSR - Secondary Surveillance Radars
WAM - Wide Area Multilateration

ПЕРЕДМОВА

Для вирішення завдань щодо забезпечення безпеки країни в повітряному просторі повинна бути створена ефективна система контролю повітряного простору, яка передбачає своєчасність, повноту і впорядкованість надходження інформаційних даних.

Своєчасність надходження даних досягається за рахунок формування єдиного інформаційного простору і повною автоматизацією процесу формування, збирання, передавання та опрацювання даних.

Повнота інформаційних даних забезпечується вибором різномірних інформаційних систем і засобів розвідки з відповідними характеристиками. Впорядкованість передбачає систематизацію всіх ресурсів інформаційного поля й їх раціональний розподіл за різними рівнями управління силами та засобами.

До основних інформаційних засобів системи контролю повітряного простору відносяться оглядові радіолокаційні системи у складі первинних та вторинних систем спостереження. Вони відіграють ключову роль у вирішенні завдань в галузі інформаційного забезпечення системи контролю повітряного простору.

На сучасному етапі основним напрямком розвитку радіолокаційних засобів та систем є їх інтеграція в єдину автоматизовану інформаційну систему. Дійсно, досвід провідних країн світу свідчить, що в них вже досить тривалий термін існують національні єдині системи контролю повітряного простору як військовою, так і цивільною авіацією. Очевидно, що при цьому досягається максимальна ефективність використання повітряного простору при порівняно низьких матеріальних, технічних і людських витратах.

Ефективне вирішення завдань, що стоять перед системою контролю повітряного простору, можливо за рахунок комплексного застосування оглядових засобів первинної та вторинної радіолокації різних відомств. Слід, однак, відзначити, що більшість завдань принципово не може бути вирішено без використання засобів первинної радіолокації, так як отримання інформації засобами вторинної радіолокації залежить від оснащеності повітряних об'єктів бортовими відповідачами.

В сучасних умовах проблеми ефективного контролю повітряного простору первинними радіолокаційними станціями багаторазово зросли. Про це свідчать факти повітряного тероризму та несанкціоноване використання повітряного простору, тобто приватними літальними апаратами.

Основні елементи процедури контролю повітряного простору (ПП) - аналіз повітряної обстановки й прийняття рішень. Рішення приймає особа на основі аналізу відповідним чином підготовленої інформації про стан повітряної обстановки. Правильне рішення може бути прийнято лише тоді, коли є досить повна, точна, достовірна й безперервна інформація про повітряну обстановку в

зоні управління. Отже, якість прийняття рішень визначаються якістю й складом даних, на основі якої особа приймає рішення. Все це свідчить про інформаційне забезпечення (ІЗ) системи контролю повітряного простору базується на широкому застосуванні систем спостереження, навігації та зв'язку.

Підвищення надійності ІЗ користувачів системи контролю ПП неможливо без використання інформаційних технологій (ІТ) у процесі отримання, збору, обробки, зберігання й розповсюдження аеронавігаційних даних. Природна еволюція призводить до об'єднання даних систем спостереження (СС) чи інших датчиків інформації, розосереджених на певній ділянці контрольованого простору, в мережу. Така еволюція мотивується можливістю злиття великого обсягу даних, одержуваних елементами СС, що працюють незалежно один від одного і володіють певною мірою взаємодоповнюючими можливостями. Завдання полягає в точному відображенні навколишнього оточення і своєчасного виявлення змін у ній. Такий супровід повітряного об'єкту (ПО) представляє загальновідому системну концепцію, що довела свою корисність при вирішенні як цивільних, так і військових прикладних задач практично у всіх розвинених державах.

Серед переваг мережевої інформаційної системи в порівнянні з поодинокими інформаційними засобами можливо відмітити наступне:

- розширення зони видимості за межами максимальної дальності одиночної системи спостереження;
- збільшення ймовірності виявлення в межах деякого інтервалу часу, який забезпечується мережевими СС, в порівнянні з випадком розрізаних інформаційних засобів;
- зниження ймовірності зриву супроводу ПО;
- більш високий темп видачі даних споживачеві, при відповідному зменшенні помилок фільтрації;
- підвищення точності ІЗ;
- більш високої завадостійкості до природних і навмисним завад;
- підвищення живучості, обумовленої складністю вогневого знищення інформаційних засобів (випромінювальних) протирадіолокаційними ракетами.

Таким чином у розглянутій ситуації одним з перспективних шляхом розвитку радіолокаційних технологій є, по-перше, підвищення кількості та якості даних, що видається первинними радіолокаторами, і, по-друге, використання засобів радіолокації в тих областях, де вони мають унікальні можливості. Виконання цих умов можливо при використанні надширокосмугових сигналів, що дозволяють поліпшити багато характеристик радіолокаційних СС і надати їм нові якості. Підвищення характеристик точності й завадозахищеності інформаційних засобів повинна будуватися на використанні спільної обробки даних вимірників різної фізичної природи.

Предметом навчального посібника є теорія і техніка отримання та обробки даних про наявність, координати та параметри руху ПО шляхом використання вторинного випромінювання і власного випромінювання радіосигналів.

Основні завдання:

- 1) вивчення методів отримання та обробки сигнальних даних первинних радіолокаторів;
- 2) вивчення методів отримання та обробки сигнальних даних вторинних радіолокаторів;
- 3) аналіз принципів побудови і функціонування радіолокаційних систем і методів оцінки показників якості їх роботи;
- 4) вивчення методів та принципів поєднання даних первинних та вторинних систем спостереження;
- 5) методи первинної, вторинної та третинної обробки даних оглядових радіолокаційних систем.

Виклад навчального матеріалу ведеться на системно-технічному рівні з використанням сучасних досягнень науки і техніки побудови систем первинної та вторинної радіолокації.

Високий науковий рівень навчального посібника забезпечується її змістом, доказовістю основних положень, що досягається методами і додатками сучасної теорії ймовірностей і математичної статистики.

Основне завдання вивчення навчальної дисципліни – придбання теоретичних знань і практичних навичок, необхідних для розуміння проблем та задач сучасних оглядових радіолокаційних систем при наданні інформаційного забезпечення про стан повітряної обстановки.

Навчальний посібник призначений для аспірантів та студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за галуззю знань 17 «Електроніка та телекомунікації». Також, навчальний посібник може бути корисним для наукових та науково-технічних працівників, які займаються розробкою, проектуванням, експлуатацією та інформаційним забезпеченням систем контролю повітряного простору.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория: справ. / под ред. Я.Д. Ширмана. – М. : ЗАО «МАКВИС», 1998. – 826 с.
2. Радиолокационные системы [Электронный ресурс] : учебник / В.П. Бердышев, Е.Н. Гарин, А.Н. Фомин [и др.]; под общ. ред. В.П. Бердышева. – Красноярск : СФУ, 2012.
3. Основы построения РЛС РТВ / под ред. Б.Ф. Бондаренко. – Киев: КВИРТУ, 1987. – 368 с.
4. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация. Введение в теорию / С.З. Кузьмин. – Киев: КВиЦ, 2000. – 428 с.
5. Бакулев, П.А. Радиолокационные системы: учеб. для вузов / П.А. Бакулев. – М.: Радиотехника, 2004. – 320 с.
6. Комплексне інформаційне забезпечення систем управління польотами авіації та протиповітряної оборони / В.В. Ткачев, Ю.Г. Даник, С.А. Жуков, І.І. Обод, І.О. Романенко. – К.: МОУ, 2004. – 342 с.
7. Обод І.І. Інформаційна мережа систем спостереження повітряного простору / І.І.Обод, О.О. Стрельницький, В.А. Андрусевич. – Х.: ХНУРЕ, 2015. – 270 с.
8. Обод І.І. Завадозахищеність запитальних систем спостереження повітряного простору / І.І.Обод, І.В. Свид, І.А. Штих. – Х.: ХНУРЕ, 2014. – 310 с.
9. Обод И.И. Помехоустойчивые системы вторичной радиолокации. - М.: Центр «Иновации в науке и технике», 1998. – 118 с.
10. Фарина А. Цифровая обработка радиолокационной информации: пер. с англ. – А. Фарина, Ф. Студер; М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
11. Автоматизированные системы управления воздушным движением: Новые информационные технологии в авиации: учеб. пособие / под ред. С.Г. Пятко и А.И. Красова. – СПб.: Политехника, 2004. – 446 с.
12. Агаджанов, П.А. Автоматизация самолетовождения и управления воздушным движением / П.А. Агаджанов, В.Г. Воробьев, А.А. Кузнецов. – М.: Транспорт, 1980. – 342 с.
13. Анодина Т.Г. Автоматизация и управление воздушным движением / Т.Г. Анодина, А.А. Кузнецов, Е.Д. Маркович. – М.: Транспорт, 1992. – 280 с.
14. Анодина, Т.Г. Моделирование процессов в системе управления воздушным движением / Т.Г. Анодина, В.И. Мокшанов. – М.: Радио и связь, 1993. – 263 с.
15. Грачев В.В. Радиотехнические средства управления воздушным движением / В.В. Грачев, В.М. Кейн. – М.: Транспорт, 1975. – 237 с.
16. Зайцев Д.В. Многопозиционные радиолокационные системы. Методы и алгоритмы обработки информации в условиях помех / Д.В. Зайцев. – М.: Радиотехника, 2007. – 114 с.

17. Информационные технологии в радиотехнических системах / В.А. Васин, И.Б. Власов, Ю.М. Егоров и др.; под ред. И.Б. Федорова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 672 с.

18. Кондратьев, В.С. Многопозиционные радиотехнические системы / В.С. Кондратьев, А.Ф. Котов, Л.Н. Марков; под ред. проф. В.В. Цветнова. – М.: Радио и связь, 1986.

19. Обод І.І., Свид І.В., Рубан І.В., Заволодько Г.Е. Математичне моделювання інформаційних систем: навчальний посібник. / За редакцією І.І. Обод – Харків : Друкарня Мадрид, 2019. – 270 с.

20. I. Obod, I. Svyd, O. Maltsev, O. Vorgul, G. Maistrenko and G. Zabolodko, "Optimization of the Quality of Information Support for Consumers of Cooperative Surveillance Systems", In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 48. Springer, Cham, pp. 133-155, 2020. doi: 10.1007/978-3-030-43070-2_8.

21. I. Obod, I. Svyd, O. Maltsev, G. Zabolodko, D. Pavlova and G. Maistrenko, "Fusion of the Coordinate Data of Airborne Objects in the Networks of Surveillance Radar Observation Systems", In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 48. Springer, Cham, pp. 731-746, 2020. doi: 10.1007/978-3-030-43070-2_31.

22. V. Semenets, I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev and M. Tkach, "Quality Assessment of Measuring the Coordinates of Airborne Objects with a Secondary Surveillance Radar", In: Ageyev D., Radivilova T., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 69. Springer, Cham, pp. 105-125, 2021. Available: 10.1007/978-3-030-71892-3_5.

23. I. Svyd, I. Obod and O. Maltsev, "Interference Immunity Assessment Identification Friend or Foe Systems", In: Ageyev D., Radivilova T., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 69. Springer, Cham, pp. 287-306, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-71892-3_12.

24. Свид І.В., Обод І.І., Заволодько Г.Е. Оптимізація обробки даних в літакових відповідачах системи ідентифікації «свій-чужий». // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2020. Вип. 203. С. 162 – 169. doi: 10.30837/rt.2020.4.203.16.

25. I. Obod, "Integrated Coordinate-and-Time Support for the Address Inquiry in the Secondary Radar Systems", Telecommunications and Radio Engineering, vol. 53, no. 3, pp. 54-56, 1999. Available: 10.1615/telecomradeng.v53.i3.100.

26. A. A. Strelnitskiy, D. S. Gavva, V. O. Alieksieiev, I. I. Obod and G. E. Zabolodko, "Improvement of information protection quality of systems for observing airspace," 2018 14th International Conference on Advanced Trends in

Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), 2018, pp. 524-528, doi: 10.1109/TCSET.2018.8336256.

27. I. V. Svyd, I. I. Obod, G. E. Zavolodko and O. S. Maltsev, "Interference immunity of aircraft responders in secondary surveillance radars," 2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), 2018, pp. 1174-1178, doi: 10.1109/TCSET.2018.8336404.

28. I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, O. Vorgul, G. Zavolodko and A. Goriushkina, "Noise Immunity of Data Transfer Channels in Cooperative Observation Systems: Comparative Analysis," 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2018, pp. 509-512, doi: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632019.

29. I. Obod, I. Svyd, O. Maltsev, O. Vorgul, G. Maistrenko and G. Zavolodko, "Optimization of Data Transfer in Cooperative Surveillance Systems," 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2018, pp. 539-542, doi: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632134.

30. I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, I. Shtykh and G. Zavolodko, "Model and Method for Detecting Request Signals in Identification Friend or Foe Systems," 2019 IEEE 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/CADSM.2019.8779322.

31. I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, I. Shtykh, G. Zavolodko and G. Maistrenko, "Model and Method for Request Signals Processing of Secondary Surveillance Radar," 2019 IEEE 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/CADSM.2019.8779347.

32. O. Strelnytskyi, I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, O. Voloshchuk and G. Zavolodko, "Assessment Reliability of Data in the Identification Friend or Foe Systems," 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2019, pp. 728-731, doi: 10.1109/ELNANO.2019.8783397.

33. I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, I. Shtykh, G. Maistrenko and G. Zavolodko, "Comparative Quality Analysis of the Air Objects Detection by the Secondary Surveillance Radar," 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2019, pp. 724-727, doi: 10.1109/ELNANO.2019.8783539.

34. D. B. Pavlova, G. E. Zavolodko, I. I. Obod, I. V. Svyd, O. S. Maltsev and L. F. Saikivska, "Optimizing Data Processing in Information Networks of Airspace Surveillance Systems," 2019 10th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), 2019, pp. 136-139, doi: 10.1109/DESSERT.2019.8770022.

35.D. B. Pavlova, G. E. Zabolodko, I. I. Obod, I. V. Svyd, O. S. Maltsev and L. F. Saikivska, "Comparative Analysis of Data Consolidation in Surveillance Networks," 2019 10th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), 2019, pp. 140-143, doi: 10.1109/DESSERT.2019.8770008.

36.I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, O. Strelnytskyi, O. Zubkov and G. Zabolodko, "Method of Increasing the Identification Friend or Foe Systems Information Security," 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT), 2019, pp. 434-438, doi: 10.1109/AICT.2019.8847853.

37.I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, G. Maistrenko, G. Zabolodko and D. Pavlova, "Fusion of Airspace Surveillance Systems Data," 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT), 2019, pp. 430-433, doi: 10.1109/AICT.2019.8847916.

38.I. Obod, I. Svyd, O. Maltsev, G. Maistrenko, O. Zubkov and G. Zabolodko, "Bandwidth Assessment of Cooperative Surveillance Systems," 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT), 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/AICT.2019.8847742.

39.I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, T. Okachova and G. Zabolodko, "Optimal Request Signals Detection in Cooperative Surveillance Systems," 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879840.

40.I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, T. Tkachova and G. Zabolodko, "Improving Noise Immunity in Identification Friend or Foe Systems," 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2019, pp. 73-77, doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879812.

41.I. Obod, I. Svyd, O. Maltsev, G. Zabolodko, D. Pavlova and G. Maistrenko, "Fusion of Discrete Evaluation of the State Vector of Air Objects Based on 4D Measurement," 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), 2019, pp. 593-596, doi: 10.1109/PICST47496.2019.9061562.

42.I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, G. Zabolodko, G. Maistrenko and L. Saikivska, "Method of Enhancing Information Security of Requesting Cooperative Surveillance Systems," 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), 2019, pp. 732-736, doi: 10.1109/PICST47496.2019.9061366.

43.I. Obod, I. Svyd, O. Maltsev, G. Zabolodko and D. Pavlova, "Evaluation of Measuring Accuracy of the Airborne Object Azimuth when Fusion the Primary Data Radar Observation Systems," 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), 2020, pp. 644-648, doi: 10.1109/TCSET49122.2020.235511.

44.I. Obod, I. Svyd, O. Maltsev and B. Bakumenko, "Spatial Methods for Increasing the Bandwidth of a Mobile Information Network," 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), 2020, pp. 50-54, doi: 10.1109/TCSET49122.2020.235388.

45.I. Obod, I. Svyd, O. Maltsev, G. Zabolodko and D. Pavlova, "Optimization of Data Processing of Primary Radar Systems," 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2020, pp. 757-760, doi: 10.1109/ELNANO50318.2020.9088842.

46.I. Obod, I. Svyd, O. Maltsev and B. Bakumenko, "Comparative Analysis of Noise Immunity Systems Identification Friend or Foe," 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2020, pp. 751-756, doi: 10.1109/ELNANO50318.2020.9088856.

47.I. Svyd, O. Maltsev, I. Obod and G. Zabolodko, "Fusion Method of Primary Surveillance Radar Data and IFF systems Data," 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), 2020, pp. 336-340, doi: 10.1109/DESSERT50317.2020.9125040.

48.I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev and A. Hlushchenko, "Secondary Surveillance Radar Response Channel Information Security Improvement Method," 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), 2020, pp. 341-345, doi: 10.1109/DESSERT50317.2020.9125018.

49.I. V. Svyd, A. E. Goriushkina, G. E. Zabolodko and O. S. Maltsev, "Impact of fluctuation interferences to the responders performance of secondary surveillance radar system," 2018 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo), 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/UkrMiCo43733.2018.9047575.

50.I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev and G. Zabolodko, "Optimizing Airborne Object Detection of Secondary Surveillance Radar in Intra-System Interference Conditions," 2021 IEEE 16th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM), 2021, pp. 33-37, doi: 10.1109/CADSM52681.2021.9385224.

51.I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev and G. Zabolodko, "Interference Immunity Assessment of a Secondary Surveillance Radar Synchronous Information Network," 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2020, pp. 685-690, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9468021.

52.I. Obod, I. Svyd, O. Maltsev, G. Zabolodko and S. Leonov, "WAM Systems: Comparative Analysis of Information Support Quality," 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2020, pp. 691-696, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9468085.

53.I. Obod, I. Svyd, O. Maltsev and S. Starokozhev, "The Effect of Masking Interference on the Quality of Request Signal Detection in Aircraft Responders of

the Identification Friend or Foe Systems," 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2020, pp. 721-726, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9467955.

54.Обод И.И. Повышение эффективности систем управления воздушного движения за счет реализации разнесенных систем вторичной радиолокации / Обод И.И. // Радиоэлектроника и информатика: науч.-техн. журн. – Х. : ХНУРЭ, 1997. – Вып. 1. – С. 63-64.

55.Свид І.В. Показники якості інформаційного забезпечення користувачів сполученими системами спостереження повітряного простору. // Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2011. Вип. 165. – Харків, ХНУРЕ, 2011 – С. 157-160.

56.І.І. Обод, І.В. Свид, О.С. Мальцев. Оцінка пропускної спроможності мереж радіодоступу. // Системи обробки інформації. – 2015. – № 12(137). – С. 145-147.

57.Обод І.І. Оцінка якості передачі інформації у запитальних каналах передачі СС повітряного простору / І.І. Обод, І.В. Свид, О.П. Черних // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2011. - № 3(11). - С. 52-54.

58.Свид І.В., Обод А.І. Синтез структури інформаційного забезпечення споживачів інформаційними системами спостереження повітряного простору. // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015 – Вип. 2 (43) – С. 67-70.

59.Обод І.І., Свид І.В. Порівняльний аналіз якості виявлення повітряних об'єктів запитальними системами спостереження. Тематичний збірник «Системи обробки інформації» Випуск 9 (90) – Харків, видавництво ХУПС, 2010 – С. 74-76.

60.Обод І.І., Стрельницький О.О., Свид І.В., Семенова Є.Ю. Аналіз інформаційних процесів обміну даними у системі контролю повітряного простору. // Системи озброєння і військова техніка: науковий журнал. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2016. – № 3 (47) – С. 88-90.

61.І.І. Обод, І.В. Свид, І.А. Штих. Шляхи та методи удосконалення радіотехнічних систем ближньої дії. // Кафедра систем інформації: Зб. наук. праць / Під ред. проф. Кравця В.О. та проф. Серкова О.А. – Х.: ТОВ «Щедра садиба плюс», 2014 р. – С. 225-234.

62.Чала Л.Е., Свид І.В. Критерії та показники інформаційних технологій обробки даних систем спостереження повітряного простору. // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2016 – Вип. 3 (39). – С. 107-109.

63. Свид І.В. Аналіз завадостійкості способу передавання польотної інформації у запитальних системах спостереження. // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Выпуск 24'2011. Тематический выпуск «Новые решения в современных технологиях» - Харьков, 2011 – С. 60-64.

64. Свид І.В., Мальцев О.С. Пропускна здатність мобільних систем телекомунікацій. // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2016 – Вип. 2 (139) – С. 118-120.

65. Обод І.І., Свид І.В., Штих І.А. Методи підвищення завадозахищеності літакових відповідачів запитальних систем спостереження повітряного простору. // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015 – Вип. 1 (126) – С. 41-43.

66. Свид І.В., Штих І.А. Просторова вибірковість відповідачів як метод підвищення завадостійкості запитальних радіотехнічних систем. // Системи управління, навігації та зв'язку – Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2015 – Вип. 3 (35). С. 41-43.

67. Свид І.В., Обод А.І., Штих І.А. Збір інформації в інформаційній мережі систем спостереження повітряного простору. // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2016 – Вип. 1 (138) – С. 38-40.

68. Обод І.І., Свид І.В., Черних О.П. Оптимізація імовірності передачі польотної інформації по каналам запитувальних систем спостереження повітряного простору. «Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил» Випуск 4(26) – Харків, видавництво ХУПС, 2010 – 83-85 стор.

69. Свид І.В., Обод І.А. Поєднання даних оглядових систем спостереження повітряного простору. // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2017 – Вип. 6 (46). – С. 202-205.

70. Свид І.В. Проблема завадозахищеності запитальних систем спостереження повітряного простору. // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2017 – Вип. 5 (45). – С. 35-37.

71. Обод І.І., Свид І.В., Штих І.А. Синтез та аналіз оптимального виявлювача сигналів запиту у літакових відповідачах вторинних систем спостереження. // Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2017. Вип. 189. – Харків, ХНУРЕ, 2017 – С. 132-135.

72. Свид І.В., Штих І.А. Синтез виявлювача послідовностей сигналів запиту несинхронної мережі систем ідентифікації. // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2017 – Вип. 3 (43). – С. 28-30.

73.Свид І.В., Обод А.І. Оцінка якості інформаційного забезпечення споживачів системи контролю повітряного простору ідентифікаційними системами. // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2017. – Вип. 2 (42). – С. 23-25.

74.Свид І.В., Обод А.І. Інформаційні технології обробки даних систем спостереження. // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2016 – Вип. 4 (40). С. 91-93.

75.Свид І.В., Обод А.І. Вимірювання висоти польоту повітряних об'єктів в єдиній інформаційній мережі систем спостереження повітряного простору. // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015 – Вип. 5 (130) – С. 40-42.

76.Свид І.В., Обод І.І., Мальцев О.С., Ткач М.Г., Старокожев С.В., Глущенко А.О.,Чумак В.С. Метод підвищення заводо захищеності радіолокаційних систем ідентифікації «свій-чужий» при дії навмисних корельованих завод. // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2021. Вип. 205. С. 154-160. doi:10.30837/rt.2021.2.205.16.

77.Обод І.І., Свид І.В., Штих І.А. Просторовий метод підвищення заводостійкості запитальних систем спостереження повітряного простору. // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015 – Вип. 1 (42) – С. 25-27.

78.Свид І.В., Штих І.А. Оптимізація виявлення сигналів запиту в запитальних системах спостереження. // Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2014. Вип. 179. – Харків, ХНУРЕ, 2014 – С. 121-125.

79.Обод І.І., Свид І.В., Штих І.А. Заводо захищеність ідентифікаційних систем ближньої дії. // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2014 – Вип. 5 (121) – С. 77-79.

80.Свид І.В. Методи підвищення заводо захищеності запитальних систем спостереження повітряного простору. // «Системи управління, навігації та зв'язку» Випуск 2(26). – Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2013 р – С. 160-162

81.Обод І.І., Свид І.В., Шевцова В.В. Синтез оптимального виявлювача абонентів запиту несинхронної мережі запитальних систем передачі інформації. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 27 (1000). – С. 124-129

82.Свид І.В. Оптимізація інформаційного забезпечення системи множинного доступу з кодовим розподілом каналів. // Вісник Національного

технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ «ХПІ» – 2013 р. – № 16 (989). – С. 105-109.

83. Свид І.В. Методи спадкоємного розв'язання суперечностей запитальних систем передачі польотної інформації. // «Системи управління, навігації та зв'язку» Випуск 4(24). – Київ, ДП «Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління (м. Київ), 2012 – С. 14-16.

84. Черних О.П., Обод І.І., Свид І.В. Інформаційне забезпечення на основі мереж спостереження повітряного простору. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2/9(50) 2011 - Харків, 2011. – С. 23-25. doi: 10.15587/1729-4061.2011.1850.

85. Обод І.І., Свид І.В. Порівняльний аналіз варіантів управління інформаційного каналу у запитальних системах спостереження. «Системи управління, навігації та зв'язку» Випуск 1(17) – Київ, видавництво Центрального науково-дослідного інституту навігації і управління (м. Київ), 2011. – С. 27-29.

86. Обод І.І. Структура та показники якості обробки інформації систем спостереження повітряного простору / І. І. Обод, О. О. Стрельницький, В. А. Андрусевич // Системи обробки інформації. - 2013. - Вип. 8. - С. 80-83.

87. Обод І.І., Кинан Арус Сравнительный анализ методов множественного доступа в мобильных информационных сетях. Системи обробки інформації. 2013. № 1(108). С. 207-211.

88. Обод І.І., Шевцова В.В. Пропускна спроможність відповідачів запитальних систем передачі польотної інформації. Системи обробки інформації. 2013. № 1(108). С. 105-108.

89. Обод І.І., Стрельницький О.О. Захист інформації в мережі систем спостереження повітряного простору. Системи обробки інформації. 2016. № 2(139). С. 47-49.

90. Обод І.І., Стрельницький О.О. Інформаційна безпека інформаційної мережі систем спостереження повітряного простору. Системи обробки інформації. 2015. № 9(134). С. 96-98.

91. Обод І.І., Стрельницький О.О., Андрусевич В.А. Синтез та аналіз оптимальних виявлювачів сигналів запиту в літакових відповідачах запитальних систем спостереження повітряного простору. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2014. № 4(41). С. 8-11.

92. Обод І.І., Стрельницький О.О., Буланій О.А. Просторовий метод підвищення пропускну здатності телекомунікаційних мереж. Системи обробки інформації. 2014. № 9(125). С. 140-142.

93. Обод І.І., Яценко І.Л., Можаєв О.О. Оцінка інформаційної ємності мобільних інформаційних мереж. Системи обробки інформації. 2014. № 5(121). С. 136-138.