

АНОТАЦІЯ

Осіновий Г.Г. Методи активного і пасивного захисту малорозмірних наземних об'єктів від матричних радіометричних пасивно-активних систем виявлення міліметрового діапазону. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 – прикладна фізика та наноматеріали (природничі науки). – Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України, Харків, 2019.

У дисертації вирішена актуальна наукова задача зниження радіометричної помітності малорозмірних наземних рухомих об'єктів від пасивно-активних радіометричних систем виявлення міліметрового діапазону.

Під радіометричною помітністю розуміється можливість виявлення (чи не виявлення) наземного (рухомого) об'єкту з потрібною ймовірністю на означеній дальності.

Мета та задачі досліджень. *Метою дисертаційної роботи є* зниження ймовірності та дальності виявлення малорозмірних наземних об'єктів на основі застосування активних і пасивних методів і засобів захисту.

Для досягнення поставленої мети послідовно вирішувались наступні задачі:

1. Розробка моделі захисту малорозмірних наземних об'єктів від пасивно-активних радіометричних систем виявлення міліметрового діапазону.

2. Розробка методики оцінки ймовірності і дальності виявлення малорозмірних наземних об'єктів матричними радіометричними системами міліметрового діапазону з широкосмуговим шумовим підсвічуванням.

3. Розробка метода активного захисту малорозмірних наземних об'єктів від пасивних радіометричних систем міліметрового діапазону.

4. Розвиток декомпозиційного метода формування радіометричних зображень малорозмірних наземних об'єктів в ближній та проміжній зонах

антени пасивним радіометричним датчиком з підсвічуванням широкопasmовим шумовим чи вузькопasmовим детермінованим сигналом.

5. Експериментальне підтвердження ефективності методів і засобів захисту малорозмірних наземних об'єктів від пасивно-активних радіометричних систем міліметрового діапазону.

Розроблені та удосконалені моделі і методи положено в основу створеної в роботі методики оцінки ймовірності і дальності виявлення малорозмірних, в тому числі рухомих наземних об'єктів пасивно-активними радіометричними системами виявлення та ідентифікації міліметрового діапазону. Методика дозволяє урахувати велику кількість факторів (міцність і багатопозиційну побудову джерела підсвічування, ширину смуги пропускання приймача радіометричної (РМ) системи, характеристики антени джерела підсвічування і РМ системи) і умов візування РМ системи (кути візування, розміри і конфігурацію об'єкта, вплив атмосферних гідрометеорів), які впливають на процес виявлення чи не виявлення малорозмірних наземних об'єктів. Отримані в роботі аналітичні вирази дозволяють оцінити вплив на процес виявлення застосованих методів і засобів захисту, і таким чином оцінити ефективність засобів зниження помітності малорозмірних наземних рухомих об'єктів від радіометричних систем виявлення міліметрового діапазону.

У першому розділі дисертації (*Аналіз стану питання захисту наземних об'єктів від радіометричних пасивно-активних систем виявлення*) на основі проведеного аналізу побудови і функціонування існуючих систем виявлення, розташованих на літальних апаратах (ЛА), в нашій державі та за її межами обґрунтовані та конкретизовані основні тактико-технічні вимоги (ТТВ) до радіометричних систем виявлення, і їх кількісні показники: середньоквадратична похибка (СКП) менш 10 м; ймовірність візування наземних об'єктів більш 0,9; швидкодія функціонування систем виявлення високошвидкісних літальних апаратів менш 0,1 с.

Проведено аналіз відомих наукових результатів в області дослідження й розробки матричних радіометричних систем виявлення міліметрового діапазону

(ММД) та визначені напрямки розвитку теорії маскуванню від РМ систем виявлення.

У другому розділі (*Модель захисту малорозмірних наземних об'єктів від радіометричних пасивно-активних систем виявлення*) на основі визначення основних факторів, які заважають функціонуванню РМ систем виявлення високошвидкісних ЛА, внаслідок спотворення поточних радіометричних зображень і розв'язувальної функції алгоритму суміщення зображень, *удосконалена модель захисту малорозмірних наземних об'єктів від радіометричних пасивно-активних систем виявлення ММД.*

В моделі запропоновані і проаналізовані:

– метод активного захисту малорозмірних наземних об'єктів, який полягає в вирівнюванні температур радіояскравості об'єкта і фону, що призводить до зниження радіотеплового контрасту «малорозмірний об'єкт – фон земної поверхні», завдяки власного підсвічування об'єкта широкопasmовим шумовим випромінюванням;

– метод пасивного захисту від радіометричних систем виявлення, який полягає в застосуванні маскувальних покриттів, що також знижує контраст «об'єкт – фон» нижче означеного для радіометричних систем виявлення порогу, що призводить до екранування об'єкту.

Застосування вказаних методів повинно знизити ймовірність і зменшити дальність виявлення малорозмірних наземних об'єктів радіометричними пасивно-активними системами виявлення міліметрового діапазону.

На основі даної моделі отримано остаточне співвідношення для розв'язувальної функції алгоритму суміщення зображень в кореляційно-екстремальній системі виявлення. В даному співвідношенні оператори методу активного (оператор джерела власного шумового підсвічування $F_{\text{двшп}}$) і пасивного (оператор маскуванню $F_{\text{м}}$) захисту наземного об'єкту внесені до оператору поверхні візування.

У третьому розділі (*Розробка методики оцінки імовірності та дальності виявлення малорозмірних наземних об'єктів матричними радіометричними пасивно-активними системами*) *удосконалена методика оцінки ймовірності та*

дальності виявлення малорозмірних наземних об'єктів матричними радіометричними системами міліметрового діапазону, яка, на відміну від відомих методик, дозволяє оцінити зниження дальності виявлення матричними радіометричними системами в пасивному режимі і в режимі з широкосмуговим шумовим підсвічуванням об'єкта під маскувальним покриттям в площині кутів місця і азимуту.

Згідно до критерію Неймана-Пірсона для двох альтернативного виявлення отримані вирази для ймовірності хибної тривоги та правильного виявлення малорозмірного наземного об'єкта. Ці вирази отримані за умови матричної побудови радіометричної системи виявлення.

В роботі отримано аналітичний вираз для контрасту радіояскравості на вході радіометричного приймача пасивно-активної системи виявлення. Вираз складається з двох частин, які формуються пасивним випромінюванням об'єкту (фону) і відбитим від об'єкту (фону) випромінюванням, яке формується завдяки штучному підсвічуванню об'єкту. Отримано аналітичний вираз для дальності виявлення об'ємного малорозмірного наземного об'єкту, за умови візування об'єкта РМ системою з підсвічуванням під різними кутами місця і азимуту.

Застосування пасивних систем захисту (маскувальних покриттів) малорозмірних наземних об'єктів, що знижують випромінювальну здатність, наприклад, на 10 дБ, зменшує дальність виявлення об'єктів пасивно-активними системами не менш ніж у три рази.

У четвертому розділі (*Розробка методу вирівнювання радіотеплових температур об'єкта і фону на вході радіометричного приймача пасивної системи виявлення та розвиток декомпозиційного методу вимірювання електрофізичних характеристик наземного об'єкта складної форми*) вперше розроблено метод вирівнювання температур радіояскравості об'єкта і фону на вході радіометричного приймача, що забезпечує зниження контрасту «наземний об'єкт – фон земної поверхні» до значень, які не дозволяють виявити об'єкт на заданій дальності пасивним радіометричним приймачем системи виявлення супротивника. В рамках даного методу вперше зроблено висновок про те, що джерело власного шумового підсвічування генерує шумовий сигнал в сторону

наземного об'єкта, що виявляється супротивником, поступово міцність сигналу підсвічування збільшується до тих пір, поки особистий РМ датчик, який знаходиться на одній платформі з джерелом власного підсвічування, не прийме сигнал, пере відбитий наземним об'єктом, з мінімальним, зокрема нульовим, контрастом «об'єкт – фон», що зменшує ймовірність і дальність виявлення об'єкта пасивною радіометричною системою розвідки.

Застосування активного підсвічування об'єктів власним джерелом шумового підсвічування з керованою міцністю дозволяє забезпечити малий за рівнем (майже нульовий) контраст «об'єкт – фон земної поверхні» на вході радіометричного приймача пасивної системи виявлення практично на будь-якій дальності від системи виявлення до малорозмірного наземного об'єкту.

Отримав подальший розвиток метод декомпозиції, який дозволяє формувати радіометричне зображення малорозмірного наземного об'єкта не тільки в дальній зоні антени, а і в ближній та проміжній зонах антени пасивним радіометричним датчиком з підсвічуванням широкосмуговим шумовим чи вузько-смуговим детермінованим випромінюванням.

Новизна методу полягає в тому, що зображення наземного об'єкту складної конфігурації формується як сума полів випромінювання окремих елементів розрізнення об'єкта шляхом сканування радіометричним датчиком міліметрового діапазону з однієї точки у ближній, проміжній і дальній зонах антени.

Застосування даного методу дозволяє оцінювати характеристики засобів маскування як в окремих частинах об'єкта, так і засобів маскування об'єкта в цілому.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що розроблені теоретичні положення, математичні моделі, методи, методика складають основу для проектування і створення систем і засобів захисту малорозмірних наземних (рухомих) об'єктів від пасивно-активних радіометричних систем виявлення, які функціонують в міліметровому діапазоні хвиль.

Ключові слова: високошвидкісні літальні апарати, міліметровий діапазон, матричні кореляційно-екстремальні системи виявлення, активні і пасивні системи захисту, маскувальні покриття.