

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Масловського Олександра Андрійовича "Радіолокаційні характеристики наземних об'єктів складної форми на основі вимірювань відбиття від локальних ділянок", що представляється на здобуття вченого ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика.

Актуальність теми дисертації.

При сучасному рівні розвитку засобів радіолокаційного виявлення наземних об'єктів зниження радіолокаційної помітності стає одною з пріоритетних їх характеристик. Розробка заходів протидії радіолокаційному виявленню техніки та її захисту від радіолокаційної системи розпізнавання передбачає розв'язання задач оптимізації геометричної форми поверхні об'єкту та оптимального розміщення радіопоглинаючого матеріалу та/або покриття на його поверхні.

Для розв'язання таких задач необхідно мати дані про характеристики розсіювання радіохвиль від досліджуваних об'єктів. Такі дані можна отримати або за допомогою числового моделювання розсіяння електромагнітних хвиль на моделі досліджуваного об'єкту, або за допомогою експериментальних вимірювань для зразка досліджуваної техніки. Проте методи числового моделювання недостатньо розвинуто для ефективного розв'язання зазначеної задачі. Експериментальне отримання такої інформації пов'язано з необхідністю проведення великої кількості експериментів з виявлення радіолокаційних характеристик досліджуваних об'єктів та елементів їх поверхні. Проведення натурних експериментів у дальній зоні обмежено великою кількістю організаційних труднощів: використання спеціалізованого радіолокаційного полігону, залучення авіаційної техніки, тощо.

Отже складається протиріччя, яке обумовлене, з одного боку необхідністю вдосконалення методу радіолокаційного маскування об'єктів складної форми, а з іншого недостатньою ефективністю та складністю існуючих методів виявлення демаскуючих властивостей (елементів поверхні) об'єктів.

Розв'язання такого протиріччя запропоновано в дисертації Масловського О. А. шляхом застосування декомпозиційного методу вимірювання та розрахунку ефективної поверхні розсіювання (ЕПР) об'єктів у ближній зоні. Це зроблено в даній дисертації шляхом розв'язання наступних принципів задач:

- враховано вплив підстильної поверхні на помітність наземного об'єкту;

- визначені ділянки поверхні об'єкту з найбільшим рівнем відбиття;
- визначена помітність радіолокаційного об'єкту на тлі підстильної поверхні.

У ближній зоні антена радару має вузьку діаграму спрямованості, що опромінює невелику ділянку поверхні об'єкта. Тому можливість вимірювань у ближній зоні дозволяє виділити елементи та типи поверхонь досліджуваних об'єктів (існуючих та таких, що розробляються), які вносять найбільший внесок у вторинне випромінювання об'єкту.

Важливість і актуальність даної роботи підкреслюється тим, що вона виконана в рамках науково-дослідних робіт: «Методика розрахунку та вимірювань у ближній зоні характеристик радіолокаційної помітності для наземних об'єктів та ефективності її зниження при маскуванні» (номер державної реєстрації: 0116U000815), «Методи та алгоритми розрахунку широкосмугових характеристик електромагнітного розсіяння на об'єктах складної форми для визначення їх радіолокаційної помітності.» (номер державної реєстрації: 0117U004965), які виконувались на кафедрі теоретичної радіофізики факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Характеристика роботи та новизна отриманих результатів. У роботі Масловського О.А. отримав подальший розвиток декомпозиційний метод вимірювання радіолокаційних характеристик великогабаритних об'єктів. Метод вперше використано для визначення ділянок поверхні об'єкта, що дають найбільший внесок у загальний відбитий від об'єкту сигнал. На базі декомпозиційного методу розроблено метод часткового покриття об'єкта радіопоглинаючим матеріалом для зменшення його радіолокаційної помітності. Проведена розрахункова робота по досліджуванню зменшення контрастності наземного об'єкта на підстильній поверхні у визначених кутових секторах.

Робота складається з чотирьох розділів: оглядового та трьох розділів, у яких викладено новий матеріал. У цих розділах розглядається (1) задача оцінки радіолокаційних характеристик наземних об'єктів складної форми, (2) їх радіолокаційна помітність, (3) а також методи зменшення цієї помітності.

У першому розділі наведено огляд літератури по темі вимірювання та розрахунку радіолокаційних характеристик об'єктів складної форми, показано важливість досліджень у даній області, що мають практичну та теоретичну значимість. Конкретно розглянуті методи натурних вимірювань радіолокаційних об'єктів на полігонах та експериментальні вимірювання на макетах у безлунних камерах. Окремо відмічені недоліки таких вимірювань. В результаті сформовані питання, що потребують розгляду та дослідження, а

саме: подальша розробка та вдосконалення декомпозиційного методу вимірювання та розрахунку радіолокаційних характеристик наземних об'єктів складної форми; розвиток методів застосування радіопоглинаючого матеріалу для зменшення помітності наземних об'єктів.

Другий розділ присвячено математичному моделюванню дослідження радіолокаційних характеристик великогабаритних об'єктів. Показано покроковий процес створення тривимірної моделі об'єкту складної форми. Приведено метод розрахунку помітності об'єкту, розташованого на підстильній поверхні. Суть методу полягає у представленні відбитого від радіолокаційної сцени (об'єкт на поверхні) поля у вигляді сукупності променів, що розкладені в ряд за ступенями коефіцієнту відбиття підстильної поверхні. Представлення відбитого поля таким чином дає змогу отримати діаграму зворотного розсіяння для об'єкту, розташованого на підстильній поверхні з будь-яким коефіцієнтом відбиття через дані з трьох моделювань розсіяння хвиль на цьому об'єкті.

У цьому розділі представлено багато результатів статистичної обробки даних діаграм зворотного розсіяння для різноманітних об'єктів складної форми. Слід підкреслити практичну користь результатів моделювання в цьому розділі, що дозволяє вирішувати питання оптимізації математичного моделювання розсіяння електромагнітних хвиль на складних об'єктах.

Найбільш цікавим, на мій погляд, є третій розділ дисертації у якому не тільки представлено декомпозиційний метод, але й приведено порівняння результатів натурних вимірювань та математичного моделювання за допомогою цього методу. У розділі критично розглянуто метод натурних вимірювань радіолокаційних характеристик наземних об'єктів у дальній зоні. Підкреслено, що для деяких довжин хвиль, що використовуються у радіолокації, такі натурні вимірювання пов'язані з труднощами технічного та організаційного характеру. Тому розвиток методу натурних вимірювань у ближній зоні є актуальним завданням. Показано, що декомпозиційний метод, який розглядається у даному розділі, може бути прийнятним для вирішення цієї задачі. Метод полягає у послідовному вимірюванні радіолокаційних характеристик окремих ділянок поверхні великогабаритних об'єктів. Такі вимірювання не потребують великих вимірювальних полігонів та великогабаритного вимірювального обладнання, що є важливою практичною перевагою.

В цьому розділі результати математичного моделювання декомпозиційним методом порівнюються з даними натурних вимірювань. Показано, що дані про результати математичного моделювання розташування ділянок поверхні об'єкта, які дають найбільший внесок у

загальне поле, відбите від об'єкту, збігаються з результатами натурних вимірювань на 75%. Наведено пояснення розбіжності даних про розташування цих ділянок. Показано, що розбіжність можна зменшити більш ретельним зіставленням 3D моделі та реального об'єкту. Втім і представлені у дисертації дані є задовільними тому що показують точність методу і можливість застосування його для вирішення практичних задач, що розглядаються у четвертому розділі.

Четвертий розділ присвячено розв'язанню головної задачі роботи, а саме зменшенню радіолокаційної помітності великогабаритних об'єктів. У розділі розглянуто застосування декомпозиційного методу для зменшення радіолокаційної помітності наземного об'єкта шляхом використання радіопоглинаючого матеріалу. На базі даних про найбільш відбиваючі ділянки об'єкта, одержаних декомпозиційним методом, застосовується радіопоглинаюче покриття. Результати такого моделювання якраз і мають практичний інтерес. Вони дозволяють здійснити перехід до реальних задач як зменшення контрастності об'єкта на підстильній поверхні, так і до загального зменшення відбиття від об'єкта. Загалом четвертий розділ демонструє можливості практичного застосування розглянутого у роботі декомпозиційного методу.

Наукова новизна результатів дослідження полягає у наступному:

- Вдосконалено метод числового моделювання розсіяння електромагнітних хвиль на наземному об'єкті, що полягає у представленні загального відбитого від радіолокаційної сцени поля у вигляді ряду за ступенями коефіцієнта відбиття підстильної поверхні;
- Розвинуто декомпозиційний метод натурального вимірювання ефективної поверхні розсіяння (ЕПР) об'єктів складної форми. Порівняні дані натурних вимірювань для реального об'єкта з даними числового моделювання на 3D моделі цього об'єкта;
- Вперше для визначення ділянок поверхні об'єкта, що дають найбільший внесок у загальний відбитий від об'єкта сигнал запроваджено декомпозиційний метод;
- Вдосконалено метод зниження помітності наземного об'єкта в окремих кутових секторах за допомогою часткового покриття поверхні об'єкту радіопоглинаючим покриттям.
- Оптимізовано використання радіопоглинаючого матеріалу (РПМ) з метою максимального зменшення помітності об'єкту та мінімізації використання радіопоглинаючих матеріалів на поверхні об'єкту.

Обґрунтованість і достовірність результатів дисертації.

Обґрунтованість і достовірність результатів дисертації підтверджується використанням апробованих сучасних методів електромагнітної теорії і обчислювальної математики та порівнянням результатів розрахунків з експериментом. Результати, що представлені у дисертації, не суперечать сучасним уявленням теорії поля про хвильові процеси у ближній зоні об'єкта. Методи математичного моделювання, що використані у дослідженні, протестовані на моделях еталонів.

Наукове та практичне значення роботи.

На базі розроблених в дисертації підходів можна суттєво зменшити витрати на дослідження радіолокаційних характеристик наземних об'єктів складної форми. У дисертації запропоновані методики щодо зменшення та більш раціонального використання радіопоглинаючого матеріалу для зменшення радіолокаційної помітності великих наземних об'єктів. Практична значимість роботи підтверджується актами щодо впровадження у виробництво у двох конструкторських підприємствах України.

Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок автора в них. Матеріали дисертації опубліковано у 16 наукових працях, серед яких 3 статті у наукових фахових виданнях України, та 5 статей у журналах, що входять до міжнародних науково-метричних баз даних. Результати досліджень представлено у матеріалах та тезах доповідей на 8 конференціях. На основі даних, отриманих у процесі виконання дисертаційної роботи, було отримано 3 патенти України на корисну модель. Автореферат повністю висвітлює основні положення дисертації та дозволяє скласти враження щодо якості представленої дисертантом роботи. Автореферат не містить інформації, що не представлена у дисертації.

Зауваження до дисертації.

- 1) Легітимність нехтування фазою при застосуванні декомпозиційного методу для оцінки помітності об'єкту потребує теоретичного обґрунтування.
- 2) Не зрозуміло, чому формули для розрахунку розсіяння хвиль на елементі поверхні тіла складної форми наведено у розділі 4? Чи стосуються вони до отриманих вище результатів розрахунку?
- 3) У тексті дисертації слід було б пояснити, чому саме були застосовані описані прилади.
- 4) В дисертації зовсім не розглянуті резонансні ефекти розсіяння електромагнітного випромінювання. Взагалі неясно чи є вони.
- 5) Дисертація перенасичена конкретними точними розмірами деталей обладнання, але нічого не сказано про чутливість результатів розрахунків до варіацій цих величин.

6) Нічого також не сказано про критичність зміни форми цих деталей.

7) Не зовсім вдале формулювання першого пункту в списку наукової новизни одержаних результатів.

8) На стор. 5 автореферату не зовсім вдале формулювання «...метод, заснований на розкладанні поля.» ?

9) Може було б краще використовувати термін «ймовірний» замість «непередбачуваний» на стор. 6 (останній параграф) і стор. 7 (перший параграф).

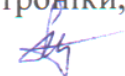
Загальне заключення. Дисертаційна робота Масловського Олександра Андрійовича “Радіолокаційні характеристики наземних об’єктів складної форми на основі вимірювання відбиття від локальних ділянок” є завершеним дослідженням, у якому отримані нові теоретично та практично значимі результати, достовірність яких достатньо обґрунтована. За тематикою проведених досліджень, змісту та результатам дисертація Масловського О.А. відповідає паспорту спеціальності 01.04.03 – радіофізика. В цілому рівень роботи відповідає вимогам ВАК України. Масловський О.А. показав високий рівень кваліфікації і заслуговує присудження йому ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика.

Офіційний опонент,

завідувач кафедрою вищої математики

Харківського національного університету радіоелектроніки,

доктор фізико-математичних наук, професор



Нерух О.Г.

Підпис Неруха Олександра Георгійовича засвідчую

Учений секретар ХНУРЕ



Магдаліна І.В.