

**МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК  
ВТОРИННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ МАЛОВИСОТНИХ ТА  
НАЗЕМНИХ ЦІЛІЙ З УРАХУВАННЯМ ПІДСТИЛАЮЧОЇ ПОВЕРХНІ**

**Горелишев С.А.**

*Національна академія Національної гвардії України, м. Харків*

Аналіз досвіду ведення бойових дій підрозділами ЗСУ, НГУ та перспектив розвитку технічних засобів розвідки показує, що радіолокаційні станції (РЛС) є основним засобом, здатним оперативної і з високою достовірністю виявляти низьковисотні повітряні цілі (ракети, БПЛА, невеликі літаки) та наземні цілі (бронетанкова та автомобільна техніка у метровому діапазоні довжин хвиль, міни різних типів). Виявлення та супроводження таких цілей ускладнюється за рахунок наступних факторів: обмеження дальності за рахунок згасання електромагнітних полів (ЕМП), малої ефективної поверхні розсіювання (ЕПР) цілей та впливу підстилаючої поверхні. Одним із шляхів підвищення показників якості радіолокаційного спостереження зазначених об'єктів є використання апріорної інформації про їх вторинне випромінювання.

У даному дослідженні проаналізовано існуючі та запропоновано удосконалені математичні методи розрахунку характеристик вторинного випромінювання (ХВВ) металевих та діелектричних резонансних радіолокаційних об'єктів (РЛО) з урахуванням взаємодії з межею розділу діелектричних середовищ.

У якості межі розділу розглядалася площина, що розділяє вільний напівпростір і діелектричний дисперсійний напівпростір із загасанням (зокрема межа розділу «повітря-грунт»).

Розроблені чисельні методи ґрунтуються на вирішенні інтегральних рівнянь (ІР). Отримано відповідні ІР для густин струмів на поверхні зазначених РЛО, запропоновано методи їх вирішення. Ядрами ІР є ЕМП точкових електричних і магнітних диполів, розташованих на довільній відстані від межі розділу діелектричних просторів. Добре відомі точні формули, що описують складові ЕМП довільно орієнтованих диполів, що розглядаються, містять інтеграли Зоммерфельда від комплекснозначних швидкоосцилюючих функцій. У разі коли зазначені поля обчислюються багаторазово, зокрема при формуванні матриць ядер ІР, час обчислень істотно зростає і в деяких випадках стає неприйнятним.

Запропоновано метод обчислення ЕМП диполя у разі довільних відстаней між точками розташування диполя і спостереження його поля та висоті цих точок над межею розділу діелектричних напівпросторів. Алгоритм заснований на аналізі складових вторинного ЕМП диполя при різній конфігурації точок розташування диполя та спостереження його поля щодо межі розділу. Алгоритм адаптований до висоті зазначених точок над межею розділу діелектричних напівпросторів і дозволяє суттєво скоротити час обчислень порівняно з відомими методами. Даний метод доведено до практичної реалізації мовою програмування високого рівня та проведено математичні розрахунки таких наземних об'єктів, як бронетранспортер, безпілотний літальний апарат на малій висоті та військовослужбовець.