

УДК 621.37

*Горшенін О.Є., к.т.н., доцент,
Горшенін М.О., магістрант
Державний університет «Житомирська політехніка»*

МЕТОД РАДІОНАВІГАЦІЇ БПЛА ЗА ПОЛЕМ РАДІОВИПРОМІНЮВАНЬ В УМОВАХ СКЛАДНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ОТОЧЕННЯ

В останні десятиріччя кількість джерел радіовипромінювань у всіх діапазонах збільшилась на кілька ступенів. Це спричиняє значне зростання рівня перешкод традиційним радіонавігаційним системам (РНС) у тому числі і супутниковим. В сучасних умовах воєнного радіоелектронного придушення робота класичних глобальних РНС стає зовсім не можливою.

Сучасна концепція навігації базується на використанні різних штучних радіовипромінювань як навігаційних орієнтирів. Першим напрямком наукових робіт є методи навігації за штучними полями радіовипромінювань спеціально створених додатковими радіомаяками. На практиці не завжди є можливість розгортання мережі додаткових радіомаяків, тому активно досліджувався і напрямок навігаційного використання вже наявних джерел різноманітних радіовипромінювань.

Практично усі активні радіовипромінювання певного діапазону від стабільних джерел з відомими координатами за належний підхід можна використати за опорні дані локальної навігації. В [1] розглянуто загальну концепцію «сигналів можливості» (Signals of Opportunity, SoOP), коли існуючі комунікаційні або радіотрансляційні системи в той чи інший спосіб використовуються як орієнтири для навігації. Більшість робіт розглядає використання методів SoOP на основі частотно-часового аналізу сигналів джерел наземних та супутникових радіовипромінювань у різних діапазонах. В роботі [2] розглянута система, яка використовує пеленги від наземних базових станцій GSM та методом триангуляції визначає поточне положення БПЛА.

У доповіді пропонується метод радіонавігації рухомого об'єкта (БПЛА), що також використовує за опорну інформацію попередньо сформовані базові карти радіосигналів стабільних та нерухомих джерел радіовипромінювань у певному діапазоні для заданого району. На відміну від широко використовуваних наразі базових даних частотно-часового аналізу радіовипромінювань, пропонується формування базових двовимірних карт радіовипромінювань в координатах «пеленг-частота». Такий підхід дозволяє уникнути недоліку методів, які

базуються на вимірюванні часових параметрів, що пов'язаний з втратою надійності вимірювань з причини спуфінгу або низької стабільності опорних генераторів в пристрої обробки сигналів.

Карти формуються, оновлюються та закладаються в пам'ять бортового засобу навігації під час підготовки виходу на маршрут. Бортовий засіб пеленгації та спектроаналізу під час руху періодично формує оціночні дані поточного рівня випромінювань в координатах «пеленг-частота». Ці дані порівнюються кореляційними методами з зазначеними вище картами для оцінювання поточного положення носія. Метод має дати стійку оцінку поточного положення об'єкта навігації у найскладніших умовах радіоелектронного оточення за рахунок узагальнення даних від великої кількості зареєстрованих джерел випромінювань. За такий підхід джерелами випромінювань, що заважають поточному місцевизначенню вважаються усі джерела радіовипромінювань, що не зареєстровані на карті або змінили своє просторове положення. При цьому очікується, що вплив таких джерел перешкоджаючих радіовипромінювань вибраного діапазону буде мінімізуватися за рахунок кореляційного аналізу поточної картини радіоелектронної обстановки в площині «пеленг-частота» та опорної карти радіовипромінювань в діапазоні.

Розглянуті основні вимоги до карти поля опорних радіовипромінювань, що забезпечують стійкість і безперервність процесу місцевизначення. Сформовані пропозиції щодо вибору робочого діапазону засобу навігації, який працює за запропонованим методом, його функціональної схеми та його структури. Проаналізовані обмеження, що накладаються на бортовий засіб пеленгування та спектроаналізу та сформовані практичні рішення щодо реалізації елементів такого бортового радіопеленгатора та обчислювальних засобів обробки сигналів.

Список використаних джерел:

1. Wilfred E. Noel. Signals of Opportunity Navigation Using Wi-Fi Signal. Thesis. USAF Department of the air force. Air university. Air force institute of technology. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 2011. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA540162.pdf> (дата звернення: 24.11.2025).

2. Masud Al Aziz. Navigation for UAVs Using Signals of Opportunity. Submitted to the graduate degree program in partial fulfillment of the requirements for the PhD degree. Department of Electrical Engineering and Computer Science and the Graduate Faculty of the University of Kansas, 2015. URL: <https://kuscholarworks.ku.edu/bitstreams/d88f1138-02d6-4616-99d9-b21284ccc8f4/download> (дата звернення: 24.11.2025).