

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РУЙНУВАННЯ РАДІОЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ КОРИСНОЇ ІНФОРМАЦІЇ БЛА

На сьогоднішній день найбільш поширеною практикою отримання інформації при веденні бойових дій є застосування безпілотних літальних апаратів (БЛА). Тактика застосування БЛА різноманітна і включає в себе не тільки політ на гранично малих висотах, в складках місцевості, зниження радіо-помітності, рівня інфрачервоного випромінювання і акустичного шуму, а й найвищу маневреність аж до «зависання» БЛА з подальшою зміною траєкторії польоту.

Боротьба з БЛА включає в себе комплекс завдань з їх виявлення та розпізнавання, прийняття рішення по активному знищенню або порушенню функціонування БЛА шляхом руйнування лінії передачі команд керування, навігаційних систем та передачі корисної інформації. Траєкторії польоту БЛА можуть проходити на гранично малих висотах - 0,5 ... 2 м, в широкому діапазоні швидкостей - 0 ... 400 км/год, в ущелинах і ярах, в тіні від місцевих височин і за горизонтом, і тому їх виявлення РЛС військових зенітно-ракетних комплексів (ЗРК) здійснити в цих умовах неможливо. Тому більш прийнятним є рішення задачі щодо руйнування радіолінії керування, навігаційного забезпечення та передачі корисної інформації на наземні пункти приймання інформації.

Саме на рішення задачі руйнування радіолінії передачі корисної інформації на наземні пункти приймання інформації буде зосереджена основна увага.

Для систем зв'язку малих БЛА вирішальними факторами при виборі частотного діапазону є маса і габарити бортового приймача і антенно-фідерного пристрою. Доцільним є вибір діапазону надвисоких частот, при цьому вдається створити антену малих розмірів, здатну розміститися в профілі крила. Щільне компонування обладнання всередині малого БЛА не дозволяє ефективно використовувати приймачі великої потужності з укороченими антенами ультракороткого діапазону внаслідок проблем з електромагнітною сумісністю і великим впливом навколишніх об'єктів на характеристики антени. Тому одним з придатних для передачі корисної інформації обрано частотний діапазон 2,4 ГГц.

Для забезпечення передачі знімків місцевості із різним просторовим розділенням необхідно використання радіоліній із різною швидкістю передачі інформації при забезпеченні необхідної якості передачі. Вирішальними факторами при цьому є смуга частот, що займається радіосигналом і відношення сигнал/перешкода, що забезпечується на виході приймального пристрою.

Відомо, що для цифрового зв'язку ймовірність помилки залежить від відношення енергії біта ( $E_b$ ) до спектральної щільності потужності шуму ( $N_0$ ) в приймальному пристрої, що визначається виразом:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{P_R}{P_{\text{ш}}} \frac{W}{R}, \quad (1)$$

де  $P_R$  – потужність прийнятого сигналу,  $P_{\text{ш}}$  – потужність шуму,  $W$  – ширина смуги пропускання приймача,

$R$  – швидкість передачі біта в секунду.

Отже для руйнування інформації повністю або частково необхідно створити такі умови, при яких відношення сигнал/перешкода, що забезпечується на виході приймального пристрою. Ці параметри безпосередньо пов'язані із видом модуляції радіосигналу. Відомо, що для передачі інформації із визначеною якістю для різних видів модуляції вимагається різне співвідношення сигнал/перешкода.

Також, обов'язково необхідно забезпечити таку щільність потужності перешкоди  $N_{\text{п}}$ , щоб

$$\frac{E_b}{N_0 + N_{\text{п}}} < \frac{E_b}{N_0} \text{ потр}, \quad (2)$$

Чим більше буде ця нерівність, тим гірше буде якість передачі корисної інформації по каналу зв'язку. І взагалі, основним критерієм якості придушення радіолінії буде саме відношення  $\frac{E_b}{N_0 + N_{\text{п}}}$ .

Також будуть розглянуті можливі ситуації взаємного розташування БЛА та НКУ. БЛА може знаходитись в зоні видимості, або в зоні півтіні, або взагалі в зоні тіні (прийом в цій зоні може бути здійснений тільки завдяки дифракції сигналу на земній поверхні).

При вирішенні поставленої задачі можливі два варіанти роботи системи руйнування, а саме при виконанні умов прямої видимості між постановником перешкоди та НПУ, а також при її відсутності. Однак у будь-якому випадку напрямок приходу сигналу перешкоди практично не буде співпадати з напрямком максимального підсилення діаграми спрямованості антени НПУ. Отже у роботі запропоновані різні методики розрахунку відношення (2) для відповідних умов роботи. Необхідною умовою якісного придушення є також знання частоти, на якій відбувається передача інформації та ширини спектру корисного сигналу. Звісно, що ця інформація не завжди є у розпорядженні сторони, що намагається зруйнувати радіолінію. Тому пропонується методика оцінки ефективності придушення радіолінії при умові постановки прицільної та загороджувальної перешкоди.

У доповіді наводяться результати порівняльного аналізу ефективності руйнування каналу передачі корисної інформації, як для радіосигналів з різними видами модуляції, так і для різних режимів роботи системи руйнування. Розробляються рекомендації щодо більш якісного рішення задачі руйнування радіосигналу передачі корисної інформації БЛА.