

За допомогою інструменту математичного моделювання проведено оцінку траси РРЛ та її характеристик на основі географічного розташування вузлів і параметрів обладнання. Згідно з теоретичними розрахунками, рівень сигналу на приймальній стороні має становити -55,76 дБм. Після налаштування антен найкращий зафіксований сигнал на приймачі склав -57 дБм, що підтверджує відповідність практичних результатів теоретичним розрахункам і достовірність моделі.

Результати дослідження підтверджують, що ефективність використання БПЛА значною мірою залежить від якості та стабільності каналу зв'язку, особливо під час передавання відеопотоку високої роздільності. Запропоновані технічні та архітектурні рішення забезпечують можливість створення надійної системи передачі даних для широкого спектра застосувань у цивільній, промисловій та оборонній сферах.

Таким чином, ефективне використання БПЛА для моніторингу критичної інфраструктури, картографування та промислової безпеки — напряду залежить від якості телекомунікаційної системи. Забезпечення стабільного, високошвидкісного каналу передачі відео в реальному часі є ключовою науково-технічною задачею. Проаналізовані протоколи, технології та мережеві рішення демонструють, що сучасні апаратні засоби на кшталт Mikrotik LHG XL 52 ac та мережеві архітектури нового покоління можуть забезпечити необхідний рівень продуктивності, надійності та безпеки для реалізації таких систем.

### Література

1. Химич Г.П., Дунець В.Л., Корнєєв К.Г., Пиць І.В. Телекомунікаційна мережа обміну даних телеметрії між надшвидкісним літаючим об'єктом (ракетною) та наземною станцією. XXV Міжнародна молодіжна науково-практична конференція «Людина і космос»: збірник тез. Дніпро: НЦАОМ, 2023. С.119. ISSN 2221-4550.

2. ДСТУ ETSI EN 300 328 :2008 (ETSI EN 300 328:2006, IDT) Електромагнітна сумісність і радіочастотний спектр. Системи з радіодоступом у діапазоні частот 2,4 ГГц. Загальні вимоги до радіоінтерфейсу

3. ДСТУ 7115:2009 (ETSI EN 301 893:2008, MOD) Обладнання радіодоступу діапазону частот 5 ГГц. Загальні технічні вимоги та методи випробування

4. ДСТУ 3937-1999 Системи передачі прямої видимості радіорелейні. Класифікація. Основні параметри. Методи вимірювань

5. Mikrotik LHG XL 52 ac URL: [https://mikrotik.com/product/lhg\\_xl\\_52\\_ac](https://mikrotik.com/product/lhg_xl_52_ac)

УДК 004.056

**Загальюк П.** - студент групи TP-304

**Науковий керівник: Недошитко Л.М., викладач-методист**

(Відокремлений структурний підрозділ "Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя")

### РАДІОЕЛЕКТРОННА БОРОТЬБА У ВІЙНІ

**Zahaliuk P.** - student of TP-304 group

**Scientific supervisor: Nedoshytko L.M. , teacher-methologist**

### RADIO-ELECTRONIC WARFARE IN WAR

Радіоелектронна боротьба (РЕБ) стала невід'ємним елементом сучасних бойових дій, особливо в умовах повномасштабного вторгнення Росії в Україну. Це не просто окрема галузь бойових засобів — це потужний інструмент домінування в

електромагнітному спектрі, який дозволяє виводити з ладу засоби зв'язку, навігації й розвідки супротивника, одночасно забезпечуючи працездатність власних електронних систем.

Сучасна система радіоелектронної боротьби є складним технічним комплексом, який об'єднує апаратні, програмні та енергетичні елементи, що працюють узгоджено для досягнення єдиної мети — контролю над електромагнітним простором. Її будову можна подати як поєднання кількох основних підсистем.

Антенно-фідерна система. Антени є «очима» та «вухами» РЕБ. Вони приймають електромагнітні сигнали противника або передають перешкоди у певному діапазоні частот.

Залежно від призначення, антени можуть бути:

-спрямованими — для точкового впливу на конкретну ціль;

-всеспрямованими — для створення перешкод навколо об'єкта (“купол захисту”).

Антенна система також включає кабельні тракти, фільтри та підсилювачі, які забезпечують стабільну передачу сигналів до основного обладнання.

Приймально-передавальна апаратура. Це серце системи. Вона відповідає за виявлення, аналіз і генерування сигналів.

До її складу входять:

-приймачі — фіксують випромінювання супротивника, визначають частоту, силу й тип сигналу;

-передавачі — створюють перешкоди або хибні сигнали, щоб дезорганізувати роботу ворожої техніки;

-модулятори й генератори — задають форму сигналу, необхідну для ефективного пригнічення.

Ці елементи працюють у широкому частотному діапазоні — від сотень мегагерц до кількох гігагерц, що дозволяє протидіяти як звичайним радіостанціям, так і дронам чи навігаційним системам.

Блок обробки та керування. Усі сигнали, що потрапляють у систему, проходять цифрову обробку. Комп'ютерний блок або процесор керування аналізує отримані дані, визначає тип загрози й автоматично обирає оптимальний режим дії — наприклад, створення шумових перешкод чи підміну координат. У сучасних зразках використовується штучний інтелект, який здатен розпізнавати типи дронів і швидко змінювати частоти глушіння. Цей блок також забезпечує зв'язок між окремими модулями системи та передає інформацію оператору.

Панель керування оператора. Оператор спостерігає за роботою системи через монітор або планшет, де відображається спектр сигналів, рівень потужності, цілі та режими роботи.

Панель дозволяє вручну змінювати параметри — діапазон частот, потужність, напрямок дії, режим придушення.

У більшості сучасних систем передбачено автоматичний режим, який самостійно обирає алгоритм роботи, але оператор може втрутитися в будь-який момент.

Система живлення. РЕБ потребує значних енергетичних ресурсів, особливо в режимі активного придушення.

Джерелом живлення можуть бути:

-автомобільний генератор (для мобільних систем);

-акумуляторні батареї (для портативних чи окопних пристроїв);

-стаціонарна електромережа (для великих комплексів).

Важливою частиною є система стабілізації напруги, яка забезпечує рівномірну роботу навіть у складних польових умовах.

Система охолодження та захисту. Оскільки під час роботи утворюється багато тепла, системи оснащуються вентиляторами, теплообмінниками або рідинним охолодженням.

Корпуси мають екранування від зовнішніх електромагнітних впливів та захист від вологи, пилу й механічних пошкоджень.

У військових зразках корпуси часто броньовані, щоб витримати удар або уламки.

Програмне забезпечення. Без програмного керування РЕБ не зможе працювати точно.

Програми відповідають за:

-аналіз спектра сигналів;

-класифікацію типів загроз;

--вибір оптимального режиму придушення;

синхронізацію з іншими системами — наприклад, радіорозвідкою чи ППО.

Програмне забезпечення постійно оновлюється для адаптації до нових типів сигналів противника.

Радіоелектронна боротьба є ключовим елементом сучасної війни, що дозволяє захищати війська й техніку від дронів та засобів зв'язку супротивника. Українські технології в цій сфері доводять свою ефективність і постійно удосконалюються, залишаючись одним із важливих факторів у забезпеченні обороноздатності.

### Література

1. Радіоелектронна боротьба у війні: види, роль та найкращі системи 2025 року. URL: <https://bezpeka-veritas.com.ua/radioelektronna-borotba-u-viini-vydy-rol-ta-naikrashchi-systemy-2025-roku/>

2. Які існують види РЕБів: їхні класи й відмінності? URL: <https://wartex.com/yaki-isnuyut-vidi-rebiv/>

3. Радіоелектронна боротьба — ключ до сучасної війни URL: <https://www.armyfm.com.ua/radioelektronna-borotba--kliuch-do-suchasnoi-viiny/>

УДК 004.41

**О.М. Задворний; І.В. Бойко, д.ф.-м.н, професор**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЕТЕКЦІЇ ЕПІЛЕПТИЧНИХ НАПАДІВ НА ОСНОВІ ГІБРИДНИХ ТОПОЛОГІЧНО-СПЕКТРАЛЬНИХ ОЗНАК**

**О.М. Zadvornyi, I.V. Boyko, D.Sc., Prof.**

### **INCREASING THE EFFICIENCY OF EPILEPTIC SEIZURE DETECTION BASED ON HYBRID TOPOLOGICAL-SPECTRAL FEATURES**

Автоматизований аналіз ЕЕГ-сигналів є критично важливим для ефективної діагностики епілепсії. Хоча методи глибокого навчання демонструють високу результативність [1], класичні спектральні підходи часто втрачають інформацію про нелінійні структурні зміни мозкової активності [2]. Останні дослідження виділяють топологічний аналіз даних (TDA) як перспективний інструмент для ідентифікації стійких геометричних патернів у біомедичних сигналах, що залишаються недоступними для лінійних методів [3, 4].