

pesconf.nuczu.edu.ua

ПРОБЛЕМИ
НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЙ

Civil Security
Цивільна безпека

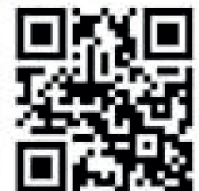
International Scientific
Applied Conference
"PROBLEMS
OF EMERGENCY SITUATIONS"

Chemical Technology and Engineering
Хімічна технологія та інженерія

Physics and Materials Science
Фізика та матеріалознавство

Applied Geometry, Engineering Graphics and Information Technology
Прикладна геометрія, інженерна графіка та інформаційні технології

Cherkasy



ОГЛЯД ЗАСОБІВ ПРОТИДІЇ РЕБ ТА МЕТОДІВ ЗАХИСТУ КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ

*Сазанська А. О.,
Пустовіт М. О.*

Національний університет цивільного захисту України

Сучасний електромагнітний спектр в Україні зазнав фундаментальних трансформацій та остаточно утвердився як повноцінний і, можливо, найважливіший домен ведення війни. Зі стрімким зростанням ролі безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та безпілотних наземних роботизованих комплексів у розвідці надзвичайних ситуацій, гасінні пожеж, стійкість каналів управління та телеметрії стала критичним фактором виживання техніки. У контексті виконання безпілотними системами ДСНС завдань за призначенням, потреба у методах протидії РЕБ, зокрема захисту каналів управління безпілотних систем є важливою задачею.

Ключовим елементом сучасного телекомунікаційного захисту є забезпечення безпеки передачі (TRANSEC – Transmission Security). На відміну від криптографії (COMSEC – Communication Security), яка захищає зміст повідомлення, TRANSEC спрямований на приховування самого факту існування передачі.

Системи TRANSEC базуються на трьох принципах: зниження ймовірності перехоплення (LPI – Low Probability of Intercept), зниження ймовірності виявлення (LPD – Low Probability of Detection), зменшення загальної електромагнітної сигнатури передавачів. Зниження випромінюваної потужності до мінімально необхідного для підтримки лінка рівня суттєво мінімізує шанси запеленгувати джерело випромінювання [1].

Досягнення високих показників стійкості вимагає поєднання передових радіочастотних компонентів та складних математичних алгоритмів обробки сигналів на фізичному рівні, таких як шифрування та псевдовипадкове перелаштування частоти (ППРЧ). Найбільш фундаментальним методом захисту залишається криптографічне шифрування даних перед їх передачею в радіоканал з ППРЧ.

Ключовим досягненням в радіоелектронному захисті є технологія нулювання діаграми спрямованості. Цей метод передбачає штучне формування глибоких «нулів» – зон мінімальної або нульової чутливості антени – точно в тих напрямках, звідки надходить сигнал від ворожих постановників завад. Застосування алгоритмів швидкої збіжності, таких як інверсія вибіркової матриці, дозволяє системі миттєво адаптувати діаграму спрямованості, ізолюючи та скасовуючи інтерференцію в реальному часі [2].

Алгоритмічні методи в радіоелектронному захисті, а саме алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту стали невід’ємною частиною архітектури виживання безпілотних систем.

Особливий інтерес становить застосування генетичних алгоритмів для оптимізації топології мережі. У цьому підході основний канал з високою пропускну здатністю піддається інтенсивному глушінню, тому БПЛА переходять на більш стійкий, але повільний канал виключно для обміну телеметричними сигналами [3].

Захист каналів управління остаточно перейшов у площину когнітивних радіомереж та машинного навчання. Застосування алгоритмів глибокого навчання з підкріпленням у комбінації з моделями прогнозування спектру дозволяє системі зв’язку адаптуватися до раніше невідомих, складних типів придушення в рази швидше, ніж це здатна зробити людина-оператор. Крім того, використання генетичних алгоритмів та багатоагентного навчання, а також mesh-мереж дозволяє масованим групам БПЛА автономно оптимізувати

свою фізичну формацію, маршрутизацію трафіку та напрямки антенних променів для мінімізації впливу ворожої РЕБ [4].

Таким чином, забезпечення життєздатності безпілотних систем зазнало революційних змін. Стійкість каналів управління та обміну даними вже не може покладатися виключно на пасивні методи, такі як криптографічне шифрування або прості, передбачувані алгоритми псевдовипадкового перелаштування частоти. Постійна еволюція когнітивних систем постановки завдань вимагає комплексного, багатопланового підходу до розбудови архітектури радіоелектронного захисту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Yang, J., Cui, M., Zhang, H. et al. (2025). Agent-Based Anti-Jamming Techniques for UAV Communications in Adversarial Environments: A Comprehensive Survey. arXiv:2508.11687.
2. Shao, Z. et al. (2024). Deep Reinforcement Learning-Based Resource Management for UAV-Assisted Mobile Edge Computing Against Jamming. IEEE Transactions on Mobile Computing. DOI: 10.1109/TMC.2024.3432491.
3. Silva, T., Grilo, A. (2025). A Genetic Algorithm Approach to Anti-Jamming UAV Swarm Behavior. arXiv:2510.07292.
4. Alkahtani, H. K., Galiya, Y., Akbayan, B. et al. (2026). Explainable multi agent reinforcement learning framework for secure and adaptive communication in UAV swarm based fanets. Sci Rep. DOI: 10.1038/s41598-026-39366-x.

Рихва В. В., Капталян Д. Т.	
Особливості тактики дій пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожеж на об'єктах зберігання та транспортування нафти та нафтопродуктів	329
Романов С. Ю., Панченко С. О.	
Розроблення прототипу пристрою з шарнірним вузлом для монтажу пожежного ствола	331
Рудаков С. В., Дадашов І. Ф.	
Вдосконалення систем забезпечення пожежної безпеки в лісах	333
Сазанська А. О., Пустовіт М. О.	
Огляд засобів протидії РЕБ та методів захисту каналів управління безпілотних систем.....	335
Сенчихін Ю. М., Махмурян А. С.	
Дослідження глибини гасіння пожежних стволів	337
Сидоренко В. Л., Присяжнюк В. В., Семичаєвський С. В., Осадчук М. В., Якименко М. Л.	
Удосконалення пожежно-рятувальної техніки для роботи в умовах воєнного стану	339
Синевська І. І., Панчишин Ю. І.	
Моніторинг неба під час війни є запорукою безпеки для пожежних-рятувальників під час виконання завдань за призначенням	341
Сіпко А. А.	
Оптимізація алгоритмів пошуково-рятувальних робіт у непридатному для дихання середовищі при ліквідації наслідків аварій на об'єктах критичної інфраструктури	343
Сіпко О. В.	
GIS-інвентаризація та цифровий паспорт пожежних гідрантів як інструмент підвищення готовності зовнішнього протипожежного водопостачання	345
Судніцин Ю. Т., Масловська Г. О.	
Підготовка добровільних пожежних формувань до реагування на надзвичайні ситуації у ролі основних підрозділів	347
Товарянський В. І., Міщаненко Є. А.	
Удосконалення системи логістичного управління як складова забезпечення ефективності реагування на надзвичайні ситуації в умовах воєнного стану	349
Толкунов І. О., Невлюдов І. Ш., Янушкевич Д. А., Носик Р. О.	
Математичне обґрунтування ефективного та безпечного застосування сучасних засобів для знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів.....	351
Тригуб В. В.	
Персоналізований пристрій інформаційної підтримки газодимозахисника.....	353
Федюк Я. І., Доманський Ю. В.	
Гасіння пожеж об'єктів критичної інфраструктури після ураження БПЛА.....	355
Штангрет Н. О., Ковальчук В. І.	
Використання безпілотних авіаційних систем як мобільних ретрансляторів зв'язку при ліквідації наслідків техногенних катастроф	357
Щербак С. М.	
Повідомлення оперативно-чергових служб ДСНС про загрозу або виникнення НСЗ.....	59
Isaiev V., Gridasov A., Vuznyk R.	
Analytical method of calculating the change in carbon dioxide concentration during the interaction of a human model and a supply and exhaust ventilation system.....	361