

# МЕТОДИ КАЛІБРУВАННЯ РАДІОКАНАЛІВ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТАКТИЧНОГО ТРЕНУВАННЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

Чуніхіна Т.В.<sup>1)</sup>, Амінов С.О.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, [tetiana.chunikhina@khpi.edu.ua](mailto:tetiana.chunikhina@khpi.edu.ua)*

<sup>2)</sup> *Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, [serhii.aminov@infiz.khpi.edu.ua](mailto:serhii.aminov@infiz.khpi.edu.ua)*

У сучасному світі бездротові технології є важливим елементом багатьох систем зв'язку (мобільні мережі, навігаційні системи, Інтернет речей). Враховуючи зростаючий попит на високу пропускну здатність і стабільний зв'язок, важливо забезпечити коректну роботу радіоканалів у мережах з великою кількістю підключених пристроїв. Зазвичай, кількість пристроїв, які можуть одночасно працювати в межах одного частотного діапазону без калібрування, є обмеженою. Частотні діапазони, такі як Wi-Fi (2,4 ГГц і 5 ГГц), здатні підтримувати роботу кількох десятків пристроїв, проте їх продуктивність значно залежить від якості сигналу, вимог до пропускну здатності та рівня завад у мережі [1].

Без калібрування частотного діапазону виникають наступні основні проблеми, які впливають на ефективність систем зв'язку:

1. Інтерференція та шум [2, 3].
2. Зниження пропускну здатності [4].
3. Частотна нестабільність [5].

4. Температурна залежність. Пасивні компоненти вихідного тракту мають залежність від температури.

Крім того, калібрування засобів вимірювання є основним компонентом метрологічної простежуваності вимірювань, необхідної для забезпечення компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій, акредитованих на відповідність вимогам [6].

Метою роботи є провести аналіз сучасних методів калібрування частотного діапазону у радіоканалах та запропонувати вдосконалений метод калібрування радіоканалів бездротових мереж, які входять до складу інформаційно-вимірювальних систем для тактичної підготовки військовослужбовців.

Для калібрування радіоканалів використовуються як апаратні, так і програмні методи. Кожен із підходів має свої особливості та сфери застосування [7].

Апаратні методи:

1. Аналогові фільтри та підсилювачі. Вони використовуються для корекції частотного спектру та підвищення посилення сигналу в межах заданого діапазону. Це дозволяє зменшити вплив зовнішніх завад і стабілізувати сигнал [1, 2]. Проте ручне налаштування може бути трудомістким, а також існує ризик помилок через людський фактор.

2. Цифрові контролери забезпечують високу точність налаштувань, зменшують потребу у ручному налаштуванні й підвищують ефективність використання діапазону [3, 4]. Недоліками є складність інтеграції та висока вартість.

3. Референсні генератори сигналу. Такі генератори слугують еталоном для налаштування частоти інших компонентів системи, що забезпечує стабільність сигналу в усьому діапазоні [5, 7]. Основним недоліком є потреба в регулярному обслуговуванні.

Програмні методи:

1. Автоматичне налаштування (Automatic Calibration). Цей метод використовує алгоритми для автоматичного корегування частоти, що підвищує швидкість реакції системи на зовнішні зміни [2, 4].

2. Цифрова обробка сигналів (DSP). Використання алгоритмів DSP дозволяє знизити рівень шуму та забезпечити стабільність сигналу завдяки його адаптації до умов середовища [1, 5]. Основним недоліком є вимога до високої обчислювальної потужності.

3. Алгоритми самокалібрування [3, 7]. Висока обчислювальна складність обмежує їхнє застосування в умовах обмежених ресурсів.

Запропонований метод калібрування передбачає оцінювання якості функціонування радіоканалу шляхом розрахунку SNR (Signal-to-Noise Ratio), точного налаштування робочої частоти за допомогою вимірювання RSSI (Received Signal Strength Indicator) та калібрування температурного давача.

### **Список літератури:**

1. Голь В.Д., Ірха М.С. Системи передачі даних : конспект лекцій. - Київ: ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 126 с.

2. Prashant Ranjan, Dharmendra Kumar Jhariya, Manoj Gupta, Krishna Kumar. Next-Generation Antennas: Advances and Challenges. - Wiley-Scrivener, 2021. 304 p.

3. Masood Ur Rehman, Muhammad Ali Jamshed. "Low Electromagnetic Field Exposure Wireless Devices: Fundamentals and Recent Advances. - New Jersey: Wiley-IEEE Press, 2021. 230 p.

4. Zhang L., & Lee, Y. "Signal Calibration in IoT Networks". Journal of Wireless Communications, 2022. 14 p.

5. Djordjevic. I. Advanced Optical and Wireless Communications Systems. - Springer International Publishing, 2022. 801 p.

6. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

7. Деркач І., Петров С. Основи радіоелектроніки та телекомунікацій. - Харків: Наука, 2020. 290 с.