

Голові спеціалізованої вченої ради  
Д 26.062.19                      Національного  
авіаційного університету  
Козловському В.В.  
03058, м. Київ, проспект Любомира  
Гузара, 1

### **ВІДГУК**

Офіційного опонента – доктора технічних наук,  
професора кафедри комп'ютерних інформаційних технологій  
Національного авіаційного університету

**Віноградова Миколи Анатолійовича,**

на дисертаційну роботу

**Лисечка Володимира Петровича** на тему:

**«МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ  
БЕЗПРОВОДОВИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ  
СИСТЕМ НА БАЗІ СКЛАДНИХ СИГНАЛЬНО-КODOВИХ КОНСТРУКЦІЙ»**

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

#### **Актуальність теми дисертації**

У сучасних умовах військового стану в Україні і щоденної загрози виникнення надзвичайних ситуацій, питання оновлення інфраструктури зв'язку з впровадженням безпроводових інтелектуальних телекомунікаційних систем (ІТС) є важливим підґрунтям для забезпечення національної безпеки та побудови ефективної системи управління радіомережами. При впровадженні інтелектуальних систем гостро постає проблема підвищення завадостійкості мереж, що є ключовим завданням для забезпечення надійності та безпеки інфраструктури телекомунікацій.

Формування ансамблів складних сигнально-кодкових конструкцій є одним з ефективних шляхів підвищення рівня завадостійкості інтелектуальних систем, особливо в контексті телекомунікацій та кіберзахисту. Цей підхід використовується для забезпечення безпеки та надійності обміну інформацією в інтелектуальних мережах та системах.

Дисертаційна робота Лисечка В.П., подана до розгляду, вирішує актуальну наукову проблему зі створення сучасних методів і моделей підвищення рівня завадостійкості безпроводових інтелектуальних систем на базі ансамблів складних сигнально-кодкових структур.

Вирішення визначеної проблеми підвищення завадостійкості реалізується в умовах задалегідь невідомих структур та алгоритмів функціонування, що вимагає таких технічних рішень, які забезпечують баланс між структурно-функціональною цілісністю, завадостійкістю та ефективністю інтелектуальних телекомунікаційних систем.

В роботі одним з основних напрямків розв'язання науково-практичної проблеми є розробка моделей і вдосконалення методів синтезу ансамблів складних сигнально-кодкових конструкцій. Це досягається завдяки проведеним дослідженням, моделюванню, симуляції, тестуванню, експериментам та практичній адаптації, а також налагодженню та оптимізації нових методів у реальних умовах функціонування безпроводової ІТС.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Дисертаційна робота подана до розгляду відзначається достатнім науковим обґрунтуванням, має чітку логічну структуру. Всі науково-практичні результати отримані автором, Лисечком В.П., спираються на наукові праці закордонних та вітчизняних дослідників в галузі підвищення ефективності роботи безпроводової інтелектуальної телекомунікаційної системи.

Для досягнення мети в дисертаційній роботі вирішувалися наступні задачі: досліджено методи та розроблено моделі моніторингу спектру в безпроводових ІТС; проаналізовано дієвість та ефективність існуючих методів керування доступом до інтелектуального середовища з метою їх удосконалення і забезпечення оптимальної працездатності та ресурсоемності; розроблено адаптивну модель та метод множинного виявлення користувачів на основі комплексного підходу та інтеграції низки аспектів; розроблено алгоритми керування середовищем; розроблено моделі та програмні рішення, а також удосконалено методи синтезу ансамблів складних сигналів з врахуванням послідовностей з покращеними властивостями взаємної кореляції в часовій та частотній областях; досліджено ансамблеві та кореляційні властивості отриманих ансамблів складних конструкцій адаптивних сигналів з метою визначення ефективності та здатності роботи в реальних змінних умовах.

**Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій** підтверджується доцільним використанням теорії математичного та статистичного аналізу, імітаційного моделювання і методів симуляції, а також синтезу складних технічних систем.

Достовірність отриманих в дисертації наукових результатів підтверджується: коректним формулюванням завдання і відповідністю вихідних даних реальним умовам, достатньою кількістю експериментальних даних, отриманих шляхом комп'ютерного моделювання та порівняльного аналізу з результатами реальних досліджень, застосуванням результатів досліджень у практичній діяльності, що підтверджено актами про впровадження, наведеними у додатках дисертаційної роботи.

мінімальною енергетичною взаємодією, що володіють покращеними характеристиками взаємної кореляції. При цьому обсяги ансамблів, створених за допомогою цих кодових конструкцій сигналів, значно більші, ніж обсяги аналогічних сигнально-кодових конструкцій.

**Висновки** до розділів і загальні висновки дисертації є обґрунтованими, логічно зв'язаними із процесом поетапного виконання завдань і реалізації мети дослідження.

В роботі широко використовується графічний та ілюстративний матеріал, які наочно демонструє результати дослідження. Викладення матеріалів, наукових положень і висновків подано доступним і зрозумілим стилем.

Автореферат та основні положення дисертації за змістом є ідентичними.

Дисертація є завершеною науковою працею.

### **Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.**

Позитивно оцінюючи рівень розробки наукових і методичних положень, обґрунтованість наукових висновків та пропозицій, необхідно відмітити дискусійний характер деяких положень.

1. У ході теоретичних досліджень, значна увага приділена аналізу діючих систем управління доступом до мережі за протоколом IEEE 802.22 (ст. 78-90). Було б доцільним, окрім огляду методів оцінки стану ініціалізації та комунікаційних зв'язків у мережі, надати ще й опис показників та параметрів, на які спирається автор для характеристики якості зв'язку і завадостійкості системи.

2. Використання нейромережевого управління є актуальним і перспективним напрямком вирішення завдань управління з невизначеністю. На сьогодні розроблена і широко використовується велика кількість типів нейромережевих структур. На жаль в роботі відсутній огляд існуючих робочих рішень впровадження таких систем з точки зору їх обмежень і недоліків. Також, доцільно було навести обґрунтування вибору типу імовірнісної нейромережі PNN.

3. В дисертації детально проведена оцінка причин і процесу формування завад множинного доступу та оцінка їх впливу на показники завадозахищеності (параграф 5.1. стор 197-221). Доцільно було б також провести оцінку показників інформаційної безпеки в безпроводових інтелектуальних телекомунікаційних системах.

4. Для запропонованого методу синтезу ансамблів складних сигнально-кодових конструкцій з покращеними властивостями взаємної кореляції на основі смугової фільтрації і перестановок п.6.2. стор. 253. варто було б оцінити необхідні додаткові затрати часу у порівнянні з синтезом на основі нелінійних і лінійних рекурентних послідовностей.

5. Беззаперечним практичним результатом запропонованих досліджень виступає наявність програмної реалізації запропонованих методів та моделей, зокрема вдосконаленого методу керування середовищем безпроводової інтелектуальної телекомунікаційної системи з використанням нейронної

### **Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:**

- отримав подальший розвиток метод оптимізації керування середовищем безпроводових ІТС, заснований на розширенні радіомережі та імплементації інтелектуальних можливостей в управлінні доступом в регіональній мережі (WRAN), завдяки функціонуванню нейромережі;
- отримав подальший розвиток метод множинного виявлення мобільних користувачів у безпроводових ІТС, що ґрунтується на координації і структуруванні оптимізованого руху рою частинок;
- розроблено метод конкурентного вибору каналів у безпроводових ІТС з одночасним доступом первинних та вторинних користувачів, заснований на технології енергозбереження та наявності системи управління нейромережею;
- розроблено метод синтезу складних сигнально-кодкових ансамблів з систематичними перестановками часових компонентів сигналів, з можливостями отримання різних сигнальних варіантів в часовій і частотній областях і створенні сталізованих сигналів;
- удосконалено метод синтезу ансамблів складних сигнально-кодкових конструкцій безпроводових ІТС в умовах суттєвого збільшення об'єму ансамблів, за рахунок створення вибірки елементів, з оцінюванням середнього значення максимальних викидів бічних пелюсток функції взаємної кореляції, після міксування часових вибірок вихідних послідовностей;
- набув подальшого розвитку метод синтезу ансамблів сигнально-кодкових конструкцій на основі послідовностей з покращеними властивостями взаємної кореляції з використанням фільтрації, перенесення, міксування частотних смуг;
- розроблено метод визначення частотно-часових координат співпадінь сигнальних елементів з оптимізацією процесу міксування часових та частотних перестановок в сигнально-кодкових конструкціях.

**Повнота викладу основних положень дисертації в опублікованих працях.** Основні наукові положення та здобутки дисертаційного дослідження викладено в 33 наукових працях. У томи числі: в 2 наукових статтях у періодичних наукових які індекуються наукометричною базою Scopus; в 2 наукових статтях у періодичних наукових які індексуються наукометричною базою Web of Science; в 20 наукових статтях у періодичних виданнях України включених до "Переліку наукових фахових видань України", в 9 тезах доповідей та матеріалах конференцій.

### **Практичне значення результатів дослідження полягає у наступному:**

1. Розроблено алгоритм моніторингу з використанням методу швидкого перетворення Фур'є для аналізу та вимірювання спектральних характеристик сигналів, що сприяє оптимізації функціонування безпроводових ІТС.
2. Розроблено алгоритм керування безпроводовим доступом у регіональній мережі (WRAN) з використанням роботи нейронної мережі, що збільшило пропускну здатність системи в 1,8 рази, з підтвердженням ефективності під час валідації.

3. Розроблено комплексні програмні рішення для виявлення мобільних користувачів на основі координації, структурування та оптимізації рою частинок в безпроводових ІТС, що підвищило точність виявлення абонентів, збільшило пропускну здатність в діапазоні від 10- 40%, в залежності від доступних локацій.

4. Розроблено алгоритм конкурентного вибору каналів для безпроводових ІТС з системою множинного доступу для первинних та вторинних мобільних користувачів і з застосуванням технології накопичення енергії, що результативно підвищило продуктивності роботи вторинних користувачів.

5. Розроблено програмні рішення для практичної реалізації методу синтезу сигнально-кодкових ансамблів в безпроводових ІТС, сформованих за допомогою впорядкованих перестановок часових компонентів сигналів на основі послідовностей зі слабкою взаємною кореляцією, що дозволило підвищити завадостійкість системи за рахунок обсягу створених ансамблів сигналів, а саме зниженню на 6-14% рівня максимальних викидів бічних пелюсток взаємодіючих елементів сигналів.

6. Створено програмні рішення до методу перестановок частотних елементів сигналів, з використанням повного перебору, вибору оптимальної перестановки, тестуванням та валідацією, що розширило об'єм ансамблів складних сигнально-кодкових структур у  $m$  разів, де  $m$  - число перестановок частотних елементів.

7. Розроблено програмні рішення для методу синтезу складних сигнально-кодкових структур з перебором послідовностей з покращеними властивостями взаємної кореляції, а також зі смуговою фільтрацією і міксуванням, що збільшило об'єм складних ансамблів сигнальних структур на 18-28% при збереженні достатнього рівня завадостійкості безпроводової ІТС.

Наукові результати, отримані в дисертаційній роботі практично впроваджено та використано у діяльності наступних структур.

1. Науково-дослідна робота Хмельницького національного університету «Розробка широкосмугової пеленгаційної системи для визначення місцезнаходження безпілотних летальних апаратів (БпЛА) військового та невійськового призначення» Номер державної реєстрації 0122U001211.

2. Науково-дослідна робота Національної академії Національної Гвардії України, шифр «Поляна 3» (ДР№ 0116U004048).

3. В службовій діяльності військової частині А7223.

У додатку до дисертаційної роботи представлені документи, що підтверджують реальне практичне використання та апробацію науково-практичних результатів дисертаційного дослідження. Всі впровадження отриманих в роботі результатів підтверджуються відповідними актами.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності та відповідності встановленим вимогам. Дисертаційне дослідження автора представляє собою

нейронної мережі (PNN). В результаті моделювання PNN як підсистеми прийняття рішень в керуванні середовищем інтелектуальної радіосистеми доведено, що ця модель найкраще відповідає реалізації поставлених в роботі наукових завдань і є підґрунтям для розробки методики множинного виявлення користувачів в інтелектуальній телекомунікаційній системі.

У четвертому розділі на основі вивчення методів обробки даних та одночасної присутності багатьох об'єктів у великих масивах, запропоновано архітектуру цього множинного виявлення користувачів мобільних пристроїв. Запропонована архітектура суттєво відрізняється від існуючих, оскільки кожна зона в даній архітектурі поділена на локації та підзони. Такий розподіл є гнучким і дозволяє користувачам мобільних пристроїв вимірювати різні результати у одному каналі залежно від локації їх розміщення. Удосконалено метод множинного виявлення користувачів мобільних пристроїв на базі алгоритму оптимізації рою частинок. Запропоновано загальний алгоритм PSO-NN і проведено моделювання PSO-NN як алгоритму ефективності множинного виявлення для користувачів мобільних пристроїв. Результати моделювання довели значне зростання ефективності.

У п'ятому розділі виконано аналіз властивостей взаємної кореляції сигналів та оцінка впливу завад множинного доступу на роботу безпроводових інтелектуальних телекомунікаційних систем. Поставлено завдання розробки методів і моделей ансамблів складних сигнально-кодових конструкцій з врахування властивостей їх взаємної кореляції. Розроблено алгоритм апробації методу формування ансамблів складних кодових конструкцій сигналів на основі перестановки часових інтервалів. Проведене моделювання та дослідження ансамблевих властивостей складних сигнальних конструкцій отриманих з перестановкою інтервалів на основі ранжування. Обґрунтовано, що властивості складних кодових конструкцій сигналів утворених з перестановкою послідовностей в інтервалі часу мають більший об'єм ансамблів, ніж ансамблі інших відомих сигналів, що застосовуються в інтелектуальних телекомунікаційних системах.

Шостий розділ присвячено розробці та апробації методів синтезу ансамблів складних сигнально-кодових конструкцій та аналізу ефективності оцінок їх використання. На основі проведених теоретичних досліджень запропонована апробація методики перестановки частотних елементів кодових конструкцій сигналів шляхом повного перебору з урахуванням ФВК та методики синтезу ансамблів складних сигнально-кодових конструкцій з удосконаленими властивостями взаємної кореляції з фільтруванням смуги і перестановками. Було здійснено моделювання синтезу послідовностей сигнально-кодових конструкцій, які були сформовані за допомогою розроблених алгоритмів з використанням мови MATLAB. Програмний код реалізації подається в додатках.

Для оцінювання ефективності запропоновано методика вибору та аналізу параметрів синтезованих сигнально-кодових конструкцій для інтелектуальних телекомунікаційних систем. Аналіз показує отримання послідовностей

самостійну, унікальну, завершену наукову роботу, в якій розв'язане актуальне наукове завдання.

Дисертаційна робота складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків і має 244 сторінки основного тексту, 85 рисунків та 15 таблиць, 38 сторінок додатків. Список використаних джерел містить 214 найменування і займає 22 сторінки. Загальний обсяг дисертаційної роботи – 350 сторінок.

У **вступі** подано загальний огляд роботи і її характеристику, визначено наукову проблему, детально обґрунтовано актуальність обраної теми, визначено основну мету, наукові і практичні завдання дослідження, вказано зв'язок між роботою та існуючими науковими планами та програмами, обґрунтовано наукову оригінальність та практичну важливість отриманих результатів, відзначено особистий авторський внесок, описано процес практичної апробації та можливості впровадження отриманих результатів, наведено інформацію про публікації і структуру роботи.

У **першому розділі**, на основі опрацювання літературних джерел проведено аналіз принципів функціонування безпроводових інтелектуальних телекомунікаційних систем, сформульовано основні перспективи, можливі загрози і проблеми впровадження інтелектуальних безпроводових телекомунікаційних мереж. Досліджено принципи моніторингу спектру, проаналізовано сучасні методи слідкування і моніторингу з застосуванням методики швидкого перетворення Фур'є, метод моніторингу у каналах з завмиранням і спотворенням частоти, запропоновано удосконалений метод радіомоніторингу з використанням інформаційного критерію Акайке.

У **другому розділі** вирішується поставлене частинне наукове завдання дослідження і моніторингу рівня ефективності керування доступом до безпроводового інтелектуального середовища та здійснюється аналіз методів керування в безпроводових інтелектуальних телекомунікаційних системах з метою оптимізації використання ресурсів, покращення якості обслуговування, зменшення рівня завад. Розглянуто такі методи як: цикл Бойда, метод керування системами на основі нечітких нейронних мереж, метод керування системами на основі мережі MANET. Показано значущі недоліки існуючих методів у можливостях прийняття і реалізації управлінських рішень, що значно обмежують рівень обслуговування абонентів. Показано можливості і переваги використання нейромереж для цілей управління безпроводовими інтелектуальними телекомунікаційними мережами.

У **третьому розділі** досліджено модель управління середовищем WRAN безпроводових інтелектуальних телекомунікаційних систем, описано протокол еталонної моделі стандарту IEEE 802.22 на основі якого базується розробка запропонованих інноваційних рішень щодо керування безпроводовою інтелектуальною системою. Здійснено моделювання архітектури управління середовищем WRAN з використанням нейромережі. Згідно з результатами з попереднього розділу, система управління представлена у вигляді імовірнісної

мережі. На жаль, в роботі не наведені рекомендації та обмеження щодо апаратної реалізації представлених методів.

Треба відмітити, що наявність зазначених зауважень не може негативно вплинути на загальну позитивну оцінку теоретичного рівня та практичної значущості результатів дисертаційної роботи Лисечка В.П.

#### Висновок

Дисертаційна робота Лисечка Володимира Петровича на тему «Методи та моделі підвищення завадостійкості безпроводових інтелектуальних телекомунікаційних систем на базі складних сигнально-кодових конструкцій» містить інноваційні, самостійні авторські, науково обґрунтовані і практично адаптовані результати в галузі телекомунікацій. Отримані здобувачем результати розв'язують актуальну науково-практичну проблему підвищення завадостійкості інтелектуальної радіо мережі за рахунок синтезу ансамблів складних сигнально-кодових структур, сформованих за визначеними характеристика та критеріями, з врахуванням процесу моделювання, симуляції, тестування та практичної реалізації, з подальшим налагодженням та оптимізацією запропонованих методів і моделей у реальних умовах функціонування безпроводової ІТС.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею на актуальну тему, включає нові, науково обґрунтовані теоретичні результати і положення, що демонструє особистий авторський внесок в сфері науки.

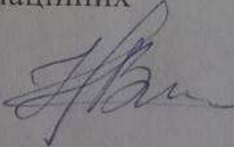
Дисертаційна робота Лисечка В.П. на тему «Методи та моделі підвищення завадостійкості безпроводових інтелектуальних телекомунікаційних систем на базі складних сигнально-кодових конструкцій» відповідає паспорту спеціальності 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі, вимогам пункту 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, зі змінами, внесеними згідно Постанови КМ № 656 від 19.08.2015р., які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора наук, а її автор, Лисечко Володимир Петрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за науковою спеціальністю 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі

Офіційний опонент

Професор кафедри комп'ютерних інформаційних технологій

Національного авіаційного університету  
доктор технічних наук, професор

«    »    2023 року

 Микола ВІНОГРАДОВ

Віноградова М.А. засвідчую:

*Вчений секретар*  
*М. Лезаєвий*

