

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 26.062.01 Національного
авіаційного університету
пр-т Любомира Гузара, 1, Київ, 03058

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Перепеліцина Сергія Олександровича на тему “Технологія налаштування радіомережі в умовах завад інтеграцією маршрутизації та самонавчання”, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Широке використання багаторівневих, територіально розосереджених та розподілених інформаційних систем, до яких відносяться мобільні радіомережі, обумовлює необхідність забезпечення автономної роботи користувачів, що забезпечить своєчасне передавання та приймання даних. Сучасна архітектура мобільних бездротових мереж має динамічну структуру, яка припускає відсутність базових станцій і фіксованої маршрутизації. Це вимагає швидкого адаптування в умовах зміни топології радіомережі та максимального використання мережевих ресурсів. Відмітними ознаками сучасних і перспективних бездротових систем передачі даних, які відрізняють їх від бездротових систем передавання попередніх поколінь, є застосування режиму OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing – ортогональне частотне мультиплексування) для підвищення загальної продуктивності бездротових радіомереж.

Таким чином, **актуальною** є проблема забезпечення ефективного функціонування мобільної радіомережі в умовах впливу завад природного та штучного походження, що в свою чергу обумовлює актуальність науково-прикладного завдання забезпечення функціонування радіомережі в умовах завад за рахунок створення нової інформаційної технології.

Дисертаційна робота є продовженням серії наукових досліджень, присвячених технологіям керування мобільною радіомережею тактичного рівня, методам керування БПЛА, аналізу створення та керування технологією “рою” мініатюрних дронів в умовах високої нестабільності та впливу завад. Обраний напрям досліджень збігається з напрямом досліджень за науково-дослідними роботами шифр, “Сіріус” (номер державної реєстрації

0119U101325), шифр, “Тюльпан” (номер державної реєстрації 0118U006194) та шифр, “Амфібія” (номер державної реєстрації 0119U101326) замовником яких є Головне управління Національної гвардії України. Усі роботи виконані або виконуються Національною академією Національної гвардії України, де здобувач був керівником та відповідальним виконавцем. Крім того, дисертаційна робота відповідає напряму дослідження за науково-дослідною роботою, шифр “Развитие-3”, що виконувалася здобувачем протягом 1987 – 1989 рр. у КВІРТУ ППО, м. Київ.

Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів. В дисертаційній роботі представлені нові ідеї, технологія та методи, впровадження яких забезпечує підвищення завадозахищеності радіомереж, що діють в умовах навмисних та природніх завад. Теоретичні та експериментальні дослідження виконані здобувачем самостійно та в повному обсязі.

Наукові положення дисертаційної роботи дають повне уявлення про зміст та суть досліджень, їх новизну і практичну цінність. Отримані результати є обґрунтованими та достовірними, це підтверджується поданим теоретичним і експериментальним матеріалом, його науковою інтерпретацією, результатами впровадження запропонованих розробок та апробацією на наукових конференціях і семінарах.

Наукова новизна та теоретична цінність результатів. В дисертаційній роботі виконане теоретичне обґрунтування та отримане рішення актуального науково-прикладного завдання забезпечення функціонування радіомережі в умовах завад, в основу якого покладена нова інформаційна технологія.

Наукова новизна відображена у наступних отриманих результатах, які мають теоретичну цінність:

1. Уперше запропоновано новий метод інформаційного самоналаштування радіомережі на основі градієнтного підходу, який на відміну від методів, що існують, враховує інтеграцію методів маршрутизації та градієнтного підходу до налаштування приймального вузла.

2. Уперше розроблено інформаційну технологію самоналагоджування, яка відрізняється від тих, що існують, використанням алгоритму Дейкстри та градієнтного алгоритму, що дозволяє забезпечити належну якість функціонування радіомережі.

3. Удосконалено схему налаштування радіомережі, що відрізняється від відомих наявністю елементів, що перемикають мережу у вільну смугу частот в умовах застосування активних завад.

4. Отримав подальший розвиток алгоритм керування вузлом мобільної радіомережі, шляхом введення нової підсистеми вибору рангу радіомережі та модулю контролю зв'язності вузлів мобільної радіомережі, що забезпечує налаштування радіомережі в умовах реального часу.

Визначені основні наукові результати є **новими**.

Теоретичне значення роботи полягає у розвитку теорії та методів підвищення заводо захищеності радіомереж, що функціонують в умовах впливу навмисних та природніх завод за рахунок управління їх каналними та мережевими ресурсами.

Запропонована інформаційна технологія забезпечила підвищення ефективності функціонування радіомереж у порівнянні з відомими підходами при їх реалізації в радіомережах з можливістю до самоналагоджування.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані в дисертаційній роботі результати мають як наукове, так і практичне значення. Практичну цінність отриманих наукових результатів підтверджують акти впровадження результатів дисертаційної роботи. Практична цінність роботи полягає в наступному.

1. Створено алгоритмічне, інформаційне та програмне забезпечення компонент інтелектуальної системи керування вузлом мобільної радіомережі, які використовуються інформаційною технологією заводо захищеності даних мережі, яка функціонує в умовах завод.

2. Запропоновано автоматизоване оброблення даних з графічним зображенням топології радіомережі за допомогою геоінформаційної системи ArcGIS-10, що дозволяє провести візуалізацію структури радіомережі та виявити межі стійкої зв'язності вузлів комутації радіомережі.

3. Розроблено алгоритм налаштування радіомережі в умовах завод, що забезпечує ймовірність бітової помилки — $1,52 \times 10^{-5}$.

Наукові результати дисертаційного дослідження впроваджено в ТОВ "ЕСОММ Со" (акт впровадження від 09.12.2020 року) в ході виконання ДКР, шифр "Гіацинт", у Військовому інституті Київського національного університету імені Тараса Шевченка (акт впровадження від 03.12.2020 року) в навчальну дисципліну "Геопросторова розвідка".

Повнота викладення наукових результатів в опублікованих працях, апробація роботи. Всього за тематикою дослідження опубліковано 14 наукових праць, в тому числі 5 статей у наукових фахових виданнях, 1 стаття у закордонному виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази Scopus, 4 авторських свідоцтва СРСР на винаходи. Результати досліджень апробовано на 8 міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях та семінарах, що зафіксовано в опублікованих доповідях (1 включена до наукометричної бази Scopus).

Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам МОН України щодо публікацій основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Аналіз внеску автора в публікаціях по питаннях, висвітлених в дисертації, показав, що внесок Перепеліцина С. О. є *вирішальним*.

Відповідність автореферату змісту дисертації. Основні положення

автореферату: предмет, об'єкт та методи дослідження; мета і завдання дослідження; наукова новизна отриманих результатів; практичне значення отриманих результатів; зміст розділів; основні результати і висновки роботи; список праць за темою дисертації; характеристика особистого внеску здобувача наукового ступеня відповідають аналогічним позиціям дисертаційної роботи.

Загальна характеристика дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, чотирьох додатків і містить 145 сторінок основного тексту, 32 рисунки, 28 таблиць та 26 сторінок додатків. Список використаних джерел містить 98 найменувань і займає 10 сторінок. Загальний обсяг роботи складає 172 сторінки.

Дисертація має всі ознаки, що притаманні роботі за кваліфікаційним рівнем кандидатської дисертації, яка за своєю суттю відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології.

Зміст дисертації відповідає поставленій меті. Викладення матеріалу послідовне та логічне, надається технічною мовою. Оформлення дисертаційної роботи відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України.

Перший розділ дисертації на основі огляду літературних джерел розкриває стан проблеми, пов'язаної з необхідністю підвищення завадозахищеності радіомереж, що функціонують в умовах впливу навмисних та природніх завад. Проведено аналіз доцільності застосування самоналагоджувальних радіомереж, представлено результати аналізу радіомереж, що існують. Показана перевага мобільних радіомереж у порівнянні зі стільниковими, транкінговими та супутниковими. Встановлено, що загальним недоліком сучасних мобільних вузькосмугових радіомереж обміну даними є висока вразливість від дії завад та низька швидкість обміну даними. Визначено, що не вирішеними питаннями, що перешкоджають розповсюдженню самоналагоджувальних радіомереж, у цивільній та військовій сфері є: відсутність організації надійного передавання даних при змінній структурі та топології мережі в умовах завад; складність забезпечення для кожного з користувачів мережі заданого рівня якості обслуговування (QoS, Quality of Service); відсутність ефективних алгоритмів керування вузлами радіомережі із самоорганізацією в умовах завад, наприклад, в реальних умовах бойових дій; відсутність адаптивної зміни ресурсів у просторі; низька відмовостійкість вузлів радіомереж в реальних умовах збройного конфлікту; проблема масштабованості в радіомережах великої розмірності. Сформульовано завдання дослідження. Це визначає сутність науково-прикладного завдання, яке розв'язується в цій дисертації.

Другий розділ роботи присвячений розробці методів та підходів до інтелектуалізації радіомережі, показано необхідність введення елементів інтелектуалізації мобільних радіомереж. Згідно із завданнями в інтелектуальну систему керування вузлом мобільної радіомережі автором запропоновано

додатково ввести пошукове налаштування рівня шумів або сигналу завади на вхідному тракці комунікатора, а також проводити контроль зв'язності комутації вузлів мобільної радіомережі. Удосконалено метод аналізу топології радіомережі за допомогою представлення мережі умовним графом та розрахунку матриці інцидентності. Показано, що елементи головної діагоналі матриці суміжності відповідають частоті появи того чи іншого ребра. Сутність удосконалення методу полягає в використанні торцевого добутку матриць, що у порівнянні з використанням кронекеровського добутку матриць, дозволяє розширити можливості аналізу топології мережі, автоматизувати окремі його етапи шляхом формування матриць інцидентності та суміжності другого і найвищих порядків. В результаті проведеної роботи встановлено, що окрім маршрутизації, яка дозволяє забезпечити належний трафік даних, інтелектуалізацію можна досягти також введенням в приймальні вузли радіомережі елементів навчання, що здатне підвищити завадозахищеність в умовах активних завад за рахунок удосконалення структури системи керування радіомережею.

У **третьому розділі** побудовано модель інформаційної технології, яка відповідає критеріям концепції C4ISR, що є базовими для переходу збройних формувань України на нову організацію ведення бойових дій. Розроблено архітектуру передавання та приймання L -канальної системи вузла мобільної радіомережі, яка використовує OFDM сигнали. Додаткову завадозахищеність інформації від дії завад забезпечують модулі кодування-декодування, які використовують дво- та трикомпонентних турбокоди, системи гібридного автоматичного запиту повторної передачі HARQ (Hybrid Automatic Repeat Request), кодів Уолша та кодів Ріда-Соломона. Запропоновано також удосконалення структури системи керування приймальним вузлом мобільної радіомережі з елементами багаторангової системи комунікації. В умовах активних завад така архітектура дозволяє переводити всю радіомережу на іншу смугу частот. У модель інтелектуальної системи керування вузлом мобільної радіомережі вводиться підсистема вибору рангу радіомережі. Автором представлена взаємодія технологій маршрутизації та навчання при забезпеченні обміну інформацією в радіомережі.

Четвертий розділ присвячений моделюванню отриманих в роботі наукових результатів. Моделювання та аналіз завадостійкості мобільної радіомережі проводилося в залежності від топології на місцевості без режиму ретрансляції. Зроблені оцінки впливу стосуються виключно топології. В якості критерію завадостійкості мобільної радіомережі розглянуто максимальну дальність гарантованої передавання даних одного вузла мережі. За результатами моделювання здобувачем встановлено, що найбільш завадостійкою є конфігурація радіомережі на місцевості в формі витягнутого еліпса. При конфігурації наближеної до форми кола стійкість радіомережі

зменшується на 10–13% в порівнянні з конфігурацією в вигляді витягнутого еліпса, але відсоток гарантованої маршрутизації зменшується до 50% при розширенні структури в п'ять разів. При конфігурації в вигляді витягнутої лінії стійкість радіомережі зменшується на 4–6% в порівнянні з конфігурацією в вигляді витягнутого еліпса.

Зауваження до змісту й оформлення дисертаційної роботи.

Загалом позитивно оцінюючи дане дослідження, слід зазначити, що окремі його положення потребують додаткової аргументації, або викликають певні зауваження та побажання.

1. Дисертація перевантажена загальновідомими відомостями. Доцільно було б більше зосередити дослідження саме на представленні наукової новизни та практичної значимості дисертаційного дослідження здобувача, а саме:

– у розділі 2.2, що присвячений удосконаленню методу аналізу топології радіомережі відсутні конкретні обмеження, допущення та припущення. Відсутні відомості, на якому саме етапі використовується операція торцевого добутку матриць. Враховуючи зазначене, бажано навести послідовність дій методу, що був обраний базовим для удосконалення та вказати на якому саме етапі застосовується операція торцевого добутку матриць;

– в тексті автореферату та дисертації відсутні відомості про те, які саме завади навмисного та природнього походження використовуються, а також які їх параметри;

– в розділі 3 відсутні конкретні умови моделювання, при яких були отримані графічні залежності на рис. 3.8 та підписи відповідних осей. Бажано було б вказати зазначені обмеження з метою конкретизації наукового дослідження;

– у третьому розділі дисертаційного дослідження (с. 89) не вказано, який саме тип нейронної мережі використано здобувачем в його роботі;

– в четвертому розділі дисертаційного дослідження відсутні конкретні параметри технологій OFDM та MIMO;

– по тексту дисертації та автореферату відсутні порівняльні дослідження швидкодії відомих та запропонованих наукових результатів.

2. В тексті дисертації та автореферату наявні граматичні та синтаксичні помилки.

Загальний висновок по дисертаційній роботі.

Зроблені зауваження не є принциповими і такими, що піддають сумніву результати дослідження та ніяким чином не зменшують наукової та практичної цінності роботи.

Дисертаційна робота Перепеліцина С. О. “Технологія налаштування радіомережі в умовах завад інтеграцією маршрутизації та самонавчання” є завершеним науковим дослідженням, містить нові наукові результати, має

наукову та практичну цінність, та спрямована на розв'язання важливого науково-прикладного завдання забезпечення функціонування радіомережі в умовах завад, в основу якого покладена нова інформаційна технологія.

Основні результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані, пройшли належну апробацію на наукових конференціях та семінарах. Автореферат відповідає змісту дисертації та повністю його відображає.

Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології, відповідає вимогам пунктів 9, 10 та 12 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 р., а її автор – Перепеліцин Сергій Олександрович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ:

Старший науковий співробітник науково-дослідного відділу розвитку засобів радіоелектронної боротьби науково-дослідного управління розвитку озброєння та військової техніки Спеціальних військ Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України
кандидат технічних наук

Андрій ШИШАЦЬКИЙ

“22” квітня 2021 року

Підпис Шишацького А.В. засвідчую
Начальник відділу персоналу та стройового Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України



Євген НОВОЖЕНІН

“22” квітня 2021 року