

## **ВІДГУК**

офіційного опонента д.т.н., професора  
Семенка Анатолія Іларіоновича,  
підготовлений на основі вивчення дисертації  
здобувача Зайченка Валентина Вікторовича на тему  
"Метод контролю та діагностики у цифрових комбінованих радіотехнічних  
системах"  
та наукових праць, опублікованих за темою дисертації, поданої на здобуття  
наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.12.17 –  
радіотехнічні та телевізійні системи

### **1. Актуальність обраної теми**

Цифрові радіотехнічні системи спеціального призначення (зв'язок, радіолокація, радіонавігація) потребують діагностики траси розповсюдження радіохвиль, враховуючи способи боротьби з міжсимвольною інтерференцією (МСІ), а тому система контролю та діагностики (СКД) перетворюється у складну систему з обчислювальними процедурами високих порядків. Для виконання контролю працездатності системи з можливістю діагностики середовища поширення радіохвиль необхідно, щоб у складі СКД наземних цифрових систем зв'язку НВЧ діапазону використовувався імітатор багатопроменевого каналу зв'язку із завмираннями. У цьому випадку стає можливим контроль працездатності цифрових комбінованих радіотехнічних системи зв'язку НВЧ діапазону, таких як мобільної цифрової комбінованої тропосферно-радіорелейної станції (МЦТрРРС). Тому тему дисертаційної роботи, присвячену побудові науково обґрунтованої моделі системи контролю та діагностики цифрової комбінованої радіотехнічної системи, що включає імітатор багатопроменевого каналу із завмираннями, і розробці методу контролю та діагностики, що враховує способи боротьби з МСІ, слід вважати актуальною.

### **2. Обґрунтованість результатів наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна**

Відмінною рисою МЦТрРРС є єдина СКД для тропосферної та радіорелейної частин станції.

Телекомунікаційна платформа НВЧ діапазону є гібридним рішенням для реалізації одночасної роботи МЦТрРРС, як в режимі загоризонтного зв'язку, так і в режимі прямої видимості.

В роботі створено модель єдиної СКД імітатору, що входить до її складу, та багатопроменевого каналу із завмираннями. Проведено експериментальне дослідження з імітації завмирань у багатопроменевому каналі зв'язку.

Наукова новизна одержаних в роботі результатів визначається наступними положеннями:

- вперше запропоновано метод контролю та діагностики, що полягає у побудові науково обґрунтованої моделі системи контролю та діагностики для комбінованих радіотехнічних систем різного призначення з можливістю імітації середовища поширення сигналу, яке представляє собою багатопробене канал з завмираннями, враховує способи боротьби з міжсимвольною інтерференцією та дозволяє у порівнянні з відомими наземними радіотехнічними комплексами забезпечувати контроль та діагностику каналу зв'язку без радіовипромінювання та без створення фізичного аналога і проведення натурних випробувань, що відповідає розпорядженню Кабінету Міністрів України від 30.08.2017 р. №600 «Деякі питання розвитку критичних технологій у сфері виробництва озброєння та військової техніки»;

- вперше запропоновано для зменшення міжсимвольної інтерференції в багатопробневих каналах із завмираннями введення функції  $F(\xi)$ , що описує форму сигналу кінцевої тривалості, яка відрізняється від відомого типу «припіднятий косінус» більш крутими скатами, та знайдено аналітичний вигляд функції  $F(\xi)$ , що виражена через модифіковані функції Бесселя дробового порядку;

- набули подальшого розвитку методи боротьби з міжсимвольною інтерференцією в багатопробневих каналах із завмираннями на основі модифікації схеми цифрового фільтра Калмана, яка відрізняється від відомих алгоритмом оцінювання спотворень на основі двох параметричного розподілу щільності ймовірності;

- набула подальшого розвитку модель багатопробневого каналу з передачею інформації на декількох частотах, системні функції якого записуються через повні еліптичні функції Якобі та еліптичні інтеграли;

- набуло подальшого розвитку математичне моделювання імітатора багатопробневого каналу через опис функції розподілу рівня сигналу в точці прийому багатопробневого каналу із завмираннями подвійним рядом, що абсолютно та рівномірно сходиться, яке узагальнює представлення відомих функцій розподілу за законами розподілу швидких і повільних завмирань.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає в тому в тому, що на базі розробленої моделі системи контролю та діагностики цифрових комбінованих радіотехнічних систем змодельовано багатопробневий канал із завмираннями, який реалізовано в розробленому імітаторі тропосферного каналу. Модель доведено до інженерного рівня, що може використовуватися в мобільних цифрових комбінованих тропосферно-радіорелейних станціях, мобільних цифрових тропосферних і радіорелейних станціях інших типів, а також у комбінованих автоматизованих системах управління повітряним рухом,

багатопозиційних РЛС, цифрових комбінованих радіотехнічних системах, що містять радіолокаційне та радіонавігаційне обладнання.

Створення комбінованих станцій зв'язку можна розглядати як перспективний напрямок розвитку в Україні засобів зв'язку в інтересах побудови транспортних мереж зв'язку в умовах надзвичайних ситуацій та військових дій.

З огляду на науково-технічний потенціал України виробництво мобільної цифрової тропосферно-радіорелейної станції може бути освоєно вітчизняною промисловістю.

Достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій, викладених в дисертаційній роботі, обґрунтована коректним використанням сучасних методик проведення досліджень, математичного апарату та моделюванням на ЕОМ, експериментальним підтвердженням теоретичних положень, а також апробацією результатів на науково-технічних конференціях і в публікаціях.

### **3. Повнота викладення основних наукових результатів дисертації в наукових фахових виданнях**

Основні результати дисертації опубліковано в 12 наукових працях, 6 статтях, які опубліковані в наукових журналах, включених до Переліку фахових видань України, з них – 1 одноосібна, а 4 статті у фахових наукових журналах, що індексуються міжнародними наукометричними базами – 1 в Web of Science та 3 у Index Copernicus; 5 публікацій у матеріалах міжнародних науково-технічних і науково-практичних конференцій, з них 1 публікація одноосібна та отримано рішення на видачу патента України на винахід.

### **4. Аналіз роботи та її складових частин**

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, семи додатків і містить 134 сторінки основного тексту, 27 рисунків, 1 таблицю, 30 сторінок додатків. Список використаних джерел містить 92 найменувань і займає 10 сторінок. Загальний обсяг роботи складає 164 сторінок. Дисертація написана українською мовою.

*У першому розділі* здійснено огляд цифрових тропосферних і радіорелейних станцій та порівняно системи управління та контролю.

У дисертації запропоновано науково-технічне рішення щодо модернізації мобільної цифрової тропосферно-радіорелейної станції (МЦТрРРС), яка може використовуватися в районах стихійних та техногенних катастроф при виникненні надзвичайних і позаштатних ситуацій. Надано варіанти режимів роботи МЦТрРРС, особливу увагу приділено єдиній СКД. Особливістю даного рішення є наявність у комбінованій МЦТрРРС єдиної СКД, що включає імітатор багатопроменевого каналу з завмираннями і спільного тракту частотоформування.

У даній роботі аналізу піддається СКД, як одна із складових частин МЦТрРРС і як підсистема комбінованої радіотехнічної системи. Новим науково-технічним фрагментом є те, що СКД наземної радіотехнічної системи

НВЧ діапазону включає імітатор багатопроменевого каналу із завмираннями як базовий пристрій контролю та діагностики радіоканалу. Одним з ефективних методів, що використовуються в теорії складних систем, є метод декомпозиції. У застосуванні методу декомпозиції для досліджуваної комбінованої радіотехнічної системи використовується взаємодія двох підсистем – СКД і модему з імітатором багатопроменевого каналу із завмираннями. При цьому імітатор виконує функції сполучної ланки між СКД і модемом.

*Другий розділ* розкриває методи боротьби з МСІ, що передбачають як вибір сигналів при передачі, так і адаптивну структуру побудови приймальних пристроїв. Для цього визначено функцію, яка описує форму сигналу, частотна характеристика якого має більш круті схили, ніж «піднятий косинус», приводяться схеми еквалайзерів, що реалізують таку частотну характеристику.

В роботі відзначено, що отриманий результат для частотної характеристики сигналу при використанні QPSK можна поширити на випадок багаторазової модуляції..

У розділі дається оцінка спотворень у багатопроменевому каналі із завмираннями при МСІ за допомогою модифікованого фільтра Калмана з алгоритмом адаптивного розподілу біт і потужності. Наведено структурні схеми некогерентних і когерентних демодуляторів. Проаналізовано використання OTDM-системи для компенсації впливу МСІ.

*У третьому розділі* отримано набір конкретних функцій, які виконує система управління, контролю та діагностики, побудовано її модель відповідно до завдань лінійного програмування. Запропонована модель системи управління передбачає, окрім функцій безпосереднього управління об'єктами МЦТрРРС, наявність моніторингу станів цих об'єктів та стану траси.

Запропонована послідовність дій при моделюванні близька до послідовності дій алгоритмів розпізнавання, заснованих на обчисленні «оцінок». Моделювання багатопроменевих каналів зв'язку із завмираннями розглядається як моделювання багатопроменевого каналу з випадковими змінними параметрами. Такі канали характерні для багатьох цифрових радіотехнічних систем, траси поширення радіохвиль яких проходять через турбулентну атмосферу. Моделювання здійснено для тропосферного каналу зв'язку з метою створення імітатора такого каналу.

В дисертаційній роботі описані системні функції аналітичним методом, тобто представлено їх у явному вигляді. Математичне моделювання багатопроменевого каналу зв'язку має передбачати спільний облік часових затримок і доплерівського зсуву частоти сигналу. Розглянутий випадок передачі і прийому інформації на декількох частотах по суті є частотно-рознесеним прийомом, одним із способів боротьби із завмираннями сигналу і зосередженими завадами. Найбільш поширеним способом боротьби з завмираннями в системах тропосферного зв'язку зазначено просторово-рознесений прийом. У роботі

знайдено системну функцію, яка може бути представлена через еліптичні функції еліптичні інтеграли та тета-функції, актуальними при побудові ліній і мереж зв'язку на цифрових комбінованих радіотехнічних системах.

При розробці СКД цифрової комбінованої радіотехнічної системи з адаптацією по частоті використаний  $m$ -розподіл Накагамі, що дозволило контролювати величину BER при моделюванні тропосферного каналу.

**В четвертому розділі** описана структурна схема імітатора багатопроменевого каналу із завмираннями, що передбачає наявність наступних модулів:

- імітатор швидких завмирань, що здійснює зміни модуля і фази передавальної функції імітатора;
- імітатор повільних завмирань, що забезпечує флуктуації огинаючої сигналу;
- імітатори часових завмирань, що забезпечують випадкову затримку сигналу в регульованому інтервалі часу.

В цілому імітатор багатопроменевого каналу з завмираннями забезпечує також виконання закону Релея-Райса. Особливістю експериментального дослідження є поєднання функцій системи управління і СКД в єдиному функціональному пристрої.

Дисертація містить 7 додатків, які дозволяють більш об'єктивно оцінити науково-технічну значимість отриманих в роботі результатів.

Текст дисертації викладено послідовно та логічно. Робота написана з використанням загальноновизнаної технічної термінології. Тексту рукопису притаманна цілісність та зв'язність.

Зміст автореферату повністю відтворює матеріали дисертації.

#### **5. Виявлені недоліки дисертаційної роботи**

- 1) Автор не наводить порівняльну оцінку ефективності використання запропонованої комбінованої системи і супутникової системи ІНМАРСАТ при виникненні надзвичайних ситуацій.
- 2) В авторефераті відсутні пояснення наведених у формулах і на рис.2,3 позначень.
- 3) Не достатньо обгрунтовано використання технології OTDM при виконанні дослідження системи.
- 4) В роботі недостатньо приділено уваги розгляду систем вітчизняного виробництва.
- 5) В роботі не наводиться методика оцінки відповідності параметрів імітатора характеристикам реальної лінії зв'язку та величини похибки.

Однак, вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

## 6. Загальні висновки.

1. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, в якій послідовно і змістовно виконано роботу по зменшенню в багатопроменовому каналі з завмираннями міжсимвольної інтерференції та моделювання такого середовища поширення радіохвиль у цифрових комбінованих радіотехнічних системах НВЧ діапазону шляхом упровадження методу контролю та діагностики єдиної СКД з імітатором багатопроменового каналу з завмираннями.

2. Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

3. Зміст автореферату повністю відтворює матеріали дисертації.

4. Матеріали дисертації опубліковані в 12 наукових працях, 4 з яких індексовано в міжнародних наукометричних базах, та апробовані на 5 міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях.

5. За науковою новизною, актуальністю і практичною значимістю одержаних результатів дисертація відповідає вимогам до кандидатських дисертацій пункту 11 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, а її автор Зайченко Валентин Вікторович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Офіційний опонент

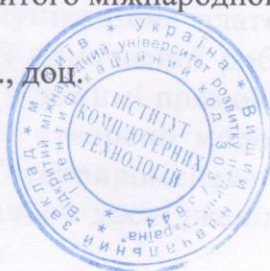
доктор технічних наук, професор,  
лауреат Державної премії СРСР,  
професор кафедри «Комп'ютерної інженерії»  
інституту комп'ютерних технологій  
відкритого міжнародного Університету  
розвитку людини «Україна»

  
Семенко А.І.

Особистий підпис Семенка А.І. засвідчую:

Директор інституту комп'ютерних технологій  
відкритого міжнародного Університету розвитку людини «Україна»

к.т. н., доц.



  
Шматок О.С.