

**СПІЛЬНЕ ПІДПРИЄМСТВО «ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ  
УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ НАУК»**



Україна, 03148, м. Київ, пр-т 50-річчя Жовтня, 2-Б

Абонентська поштова скринька № 90

тел./факс 407-65-47, 407-94-30

E-Mail: [iec@naverex.kiev.ua](mailto:iec@naverex.kiev.ua)

**ВІДГУК**

офіційного опонента, к.т.н., академіка Української академії наук

Наритника Теодора Миколайовича

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 із спеціальності

05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи

Створення комбінованих телекомунікаційних систем є одним з ключових завдань розвитку сучасних радіотехнічних систем. В системі організації повітряного руху цивільної авіації задача оцінки координат та параметрів руху об'єктів, що маневрують, розв'язується в наш час на основі суміщення функцій управління радіонавігаційними та радіолокаційними пристроями. Автоматизація рішення цієї задачі висуває жорсткі вимоги до технічних характеристик засобів спостереження за об'єктами, що маневрують, точності навігаційних параметрів та якості траєкторної обробки. Ці вимоги в основному стосуються супроводу об'єктів, що маневрують, їх координат та вектора швидкості.

Перспективним напрямком розвитку комбінованих радіолокаційних систем є багатопозиційні радіолокаційні системи, що здатні виконувати функції виявлення, точного вимірювання координат, супроводу, уточнення траєкторій руху, розпізнання цілей. Сучасна територіально-розподілена радіолокаційна система має рознесених два прийомних вузла і передавальний вузол з віддаленням один від одного на відстані десятки, майже 100 км і більше. Така радіолокаційна система істотно підвищує ефективність виявлення літальних апаратів, у тому числі виготовлених за технологією "Stealth". Незамінними засобами зв'язку для даної радіолокаційної системи можуть бути радіосистеми НВЧ-діапазону типу LOS+BLOS, здатних вирішувати завдання з передачі інформації між прийомними та передавальними вузлами з можливістю передачі каналів на пункти управління.

Відзначимо, що в Україні згідно з розпорядженням Кабінету Міністрів України від 26 липня 2018 р. № 543-р в переліку найважливіших науково-технічних (експериментальних) розробок за пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки в рамках виконання державного замовлення на найважливіші науково-технічні (експериментальні) розробки та науково-технічну продукцію у 2018-2019 роках проводиться науково-технічна (експериментальна)

ОНАЗ ім. О.С.Попова  
01-32-477  
22.11.2019 р



розробка «Розроблення комплексу приймально-передавального і модемного обладнання для модернізації тропосферної станції». Це дасть можливість створити в сфері телекомунікацій новітню мобільну комбіновану цифрову тропосферно-радіорелейну станцію (МЦТРРС). Науково-технічним завданням для такого класу радіотехнічних систем є необхідність розробки єдиної системи контролю та діагностики (СКД). Існує необхідність розробки єдиної СКД для комбінованих радіотехнічних систем не тільки мобільного типу, а й таких, що приймають участь в управлінні повітряними рухом. Радіотехнічні системи спеціального призначення (зв'язок, радіолокація, радіонавігація) потребують діагностики траси розповсюдження радіохвиль, а тому СКД перетворюється в складну систему з обчислювальними процедурами високих порядків. Тому, створення єдиної СКД для комбінованих радіотехнічних систем, у тому числі для комбінованої МЦТРРС є актуальною темою.

Комбіновані системи зв'язку НВЧ діапазону LOS + BLOS розвиваються по шляху реалізації різних функцій контролю та діагностики, комплексності видаваних команд, можливості функціонування в різних мережевих конфігураціях. Як відомо, наземні цифрові системи зв'язку НВЧ діапазону виконують контроль працездатності системи на відміну від супутникових систем зв'язку лише по «малому кільцю». Для виконання контролю працездатності системи необхідно, щоб у складі СКД систем зв'язку НВЧ діапазону налічувався імітатор багатопроменевого каналу зв'язку з завмираннями. У цьому випадку можливий контроль працездатності по «великому кільцю», що особливо необхідно для комбінованих системи зв'язку НВЧ діапазону LOS + BLOS. Це також необхідно для інших комбінованих радіотехнічних систем, наприклад тих, що суміщують радіолокаційне та радіонавігаційне обладнання. Також слід відмітити, що у цьому випадку можлива діагностика середовища поширення радіохвиль, тому і можливо створення єдиної СКД для цифрових комбінованих радіотехнічних систем.

До основних завдань побудови імітатора багатопроменевого каналу з завмираннями відносяться: розробка математичного опису каналу, вибір розробка структурної схеми імітатора, що відповідає прийнятій моделі каналу, апаратно-програмна реалізація прийнятої структурної схеми. Критерієм ефективності прийнятих при цьому теоретичних і технічних рішень є забезпечення максимальної адекватності імітатора і каналу, що моделюється. Це пояснюється тим, що реальне скорочення термінів розробки і виробництва радіотехнічної системи за рахунок застосування імітатора можливе лише при високій достовірності результатів досліджень, отриманих з його допомогою.

Тому, розробка моделі системи контролю та діагностики цифрової комбінованої радіотехнічної системи, що включає імітатор багатопроменевого каналу з завмираннями та її наукове обґрунтування, є актуальною темою дослідження.

Теоретичні дослідження автора здійснені в трьох напрямках. В першому розділі дисертації, проведений аналіз існуючих рішень на міжнародному ринку радіорелейних та тропосферних систем, на базі якого створені порівняльні таблиці та виділені основні перспективні напрямки розвитку цифрових комбінованих радіотехнічних систем НВЧ діапазону. В



роботі показано, що розробки автора відповідають світовим тенденціям та можуть конкурувати на ринку телекомунікаційних послуг.

Здійснено огляд цифрових тропосферних і радіорелейних станцій та порівняно системи управління та контролю. Запропоновано науково-технічне рішення щодо модернізації МЦТрРРС, яка може використовуватися в районах стихійних та техногенних катастроф, при виникненні надзвичайних і позаштатних ситуацій. З огляду на науково-технічний потенціал України виробництво мобільної цифрової тропосферно-радіорелейної станції може бути освоєно вітчизняною промисловістю, притому в декількох конструктивних варіантах. 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 автор обмежився взаємодією двох підсистем – СКД і модему та імітатором багатопроменевого каналу із завмираннями. Відзначено, що імітатор виконуватиме функції сполучної ланки між СКД і модемом.

Особливістю багатопроменевого каналу із завмираннями, по якому функціонує МЦТрРРС, є недостатність інформації щодо його якості. Це пов'язано зі зміною умов поширення радіохвиль. Достатній обсяг апріорної інформації можна отримати через вбудований в СКД імітатор багатопроменевого каналу із завмираннями.

Другий розділ дисертації присвячений дослідженню методів подолання міжсимвольної інтерференції (МСІ) в багатопроменевих каналах зв'язку із завмираннями. Автор визначає, що методи боротьби з МСІ передбачають як вибір сигналів при передачі, так і адаптивну структуру побудови приймальних пристроїв. Визначено функцію  $F(\xi)$ , яка описує форму сигналу, частотна характеристика якого має більш круті схили, ніж «піднятий косинус», і схеми еквалайзера, що реалізують таку частотну характеристику.

Знайдено функцію  $F(\xi)$ , що описує форму сигналу кінцевої тривалості  $\Delta f$  з більш крутими схилами, ніж у «припіднятого косинуса».

В роботі відзначено, що отриманий тут результат для частотної характеристики сигналу при використанні QPSK можна поширити на випадок багаторазової фазової модуляції. Використання схем показаних у роботі еквалайзерів, визначається, як правило, розробником залежно від вимог до характеристик і параметрів цифрової тропосферної системи передачі.

У розділі дається оцінка спотворень у багатопроменевому каналі з завмираннями при МСІ за допомогою модифікованого фільтра Калмана з



алгоритмом адаптивного розподілу біт і потужності. Наведено структурні схеми некогерентних і когерентних демодуляторів.

Реалізація цифрового фільтра Калмана для оцінки частотної характеристики каналу в OFDM-системах є складною в обчислювальному плані, особливо при великій кількості піднесучих. Компенсація впливу МСІ є найбільш витратним фрагментом в обчислювальній процедурі обробки сигналу. В основу алгоритму модифікованого фільтра Калмана для оцінки спотворень у каналі з МСІ лежить двохпараметричний розподіл щільності ймовірності.

Завдання розподілу ресурсів по піднесучих є багатопараметричним завданням нелінійного програмування. Застосовано метод ітерацій, який дає наступний результат: при вимозі застосування адаптації по бітах і потужності дозволяє збільшити швидкість передачі інформації на 10%. Формування OFDM-сигналів з  $N \geq 256$  досягається за рахунок застосування швидкого перетворення Фур'є. Однак застосування багатопозиційних видів модуляції, особливо m-QAM, призводить до появи фазових флуктуацій і частотних розладнень. Наявність, наприклад, фазових флуктуацій призводить до порушення ортогональності піднесучих і зменшення швидкості передачі інформації. Автором показано, що в каналах з багатопроменевістю із завмираннями використання m-PSK більш переважно в порівнянні з іншими багаторазовими видами модуляції.

Однак у системі OFDM існує недолік, обумовлений збільшенням коефіцієнта пікового значення випромінюваного сигналу у порівнянні з одночастотною передачею. Бажання збільшити швидкість в багатопроменевому каналі зі завмираннями вимагає збільшення числа піднесучих  $N \geq 256$ , а це у свою чергу призводить до збільшення пікфактора сигналу.

У роботі проаналізовано використання OTDM-системи для компенсації впливу МСІ. При дослідженні OTDM-системи використано критерій мінімізації середньоквадратичного відхилення (СКВ) сигнального імпульсу на виході каналу від тестового, за рахунок чого вдається компенсувати не тільки глибокі завмирання, але і більш глибокі частотно-селективні завмирання.

В роботі досліджено, що OTDM-система програє по енергетичній ефективності адаптивним еквалайзерам, але є кращою з цієї точки зору в порівнянні із застосуванням лінійних трансверсальних еквалайзерів.

У каналах зі змінними параметрами, а таким є канал тропосферного зв'язку, адаптивні еквалайзери зі зворотним зв'язком за рішенням можуть виявитися в боротьбі з МСІ кращими, ніж OTDM-системи. У даному розділі дисертації показано, що при реалізації радіотехнічних систем, які працюють по каналах з МСІ, вибір способу боротьби, як правило, визначається розробником залежно від вимог, що пред'являються до такої системи.

Наступний напрямок досліджень, що розкритий в третьому розділі стосується моделювання системи контролю та діагностики і середовища поширення у цифрових комбінованих радіотехнічних системах. У 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 роботі автором зроблена спроба описати системні функції аналітичним методом, тобто представити їх у явному вигляді. Математичне моделювання багатопроменевого каналу зв'язку має передбачати спільний облік часових затримок і доплерівського зсуву частоти сигналу. Спектр доплерівських частот імпульсної реакції каналу характеризується системною функцією.

Розглянутий випадок передачі і прийому інформації на декількох частотах по суті є частотно-рознесеним прийомом, який впроваджений в деякі системи тропосферного зв'язку. Частотно-рознесений прийом – один із способів боротьби із завмираннями сигналу і зосередженими завадами. Найбільш поширеним способом боротьби з завмираннями в системах тропосферного зв'язку є просторово-рознесений прийом. Це саме можна сказати і стосовно комбінованої МЦТрРРС. У випадку, коли тропосферна станція має дві антени, що працюють на передачу і прийом, але випромінювання і прийом сигналу здійснюється у своїх піддіапазонах частот у кожному на одній частоті від системної функції спрощується.

У роботі знайдено системну функцію, яка може бути представлена через еліптичні функції та еліптичні інтеграли.

Тому математичний опис багатопроменевих каналів зв'язку за допомогою системних функцій, що мають явний вигляд, виражених через еліптичні функції, еліптичні інтеграли і тета-функції є актуальним при побудові ліній і мереж зв'язку на цифрових комбінованих радіотехнічних системах.

З енергетичним потенціалом радіолінії пов'язані такі найважливіші якісні показники радіотехнічної системи, як ймовірність помилкового прийому прийнятої інформації і час безвідмовної роботи (надійність зв'язку). Тому контроль за ресурсною ефективністю є важливою складовою функціонування СКД.

Результатом дослідження здобувача Зайченка В.В. є розробка та експериментальне дослідження імітатора багатопроменевого каналу із завмираннями, що складається з діючого експериментального зразка.

Відповідно до розробленої математичної моделі тропосферного каналу зв'язку і викладеними принципами апаратно-програмної реалізації автором виготовлено імітатор багатопроменевого каналу зв'язку з завмиранням, що дозволяє досліджувати реальні цифрові радіотехнічні системи, які використовують тропосферні канали зв'язку. Моделювання спотворення радіосигналів здійснюється на імітаційних лініях зв'язку протяжністю 80 ... 350 км. Створений апаратно-програмний комплекс імітатор піддано



експериментальним дослідженням з метою підтвердження подібності імітатора реальним тропосферним каналам зв'язку. В результаті експериментальних досліджень імітатора зроблено наступні висновки:

- власний шум розробленого імітатора не перевищує адитивний шум, що зустрічається на реальних тропосферних лініях зв'язку;

- імітатор дозволяє моделювати швидкі завмирання з різною глибиною завмирань до 25 дБ, повільні завмирання з величиною стандартного відхилення, яка визначається параметрами цифрової радіотехнічної системи і траси, що моделюється, добовий хід рівня досліджуваного на імітаторі сигналу і часові завмирання з випадковою затримкою досліджуваного сигналу в інтервалі часу до 10 мкс.

Окремою частиною експериментального дослідження є поєднання функцій системи управління і СКД в єдиному функціональному пристрої. Таким пристроєм є виносний пульт управління.

Застосування при лабораторних і заводських дослідженнях імітаторів каналів зв'язку дозволяє не тільки прискорити терміни науково-дослідних робіт, присвячених питанням підвищення ефективності функціонування систем зв'язку і надати їм більшу цілеспрямованість, але і безпосередньо визначати якість досліджуваної системи зв'язку, що само по собі дуже важливо. Найчастіше методика аналітичного визначення якості системи зв'язку досить складна, а для нових перспективних видів модуляції і кодування зовсім відсутня через малий обсяг статистичного матеріалу по поширенню таких сигналів через конкретні канали зв'язку.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі, полягає у тому, що в роботі застосовано математичний апарат модифікованих функцій Бесселя дробового порядку, еліптичних функцій Якобі, еліптичних інтегралів, тета-функцій в методах боротьби з міжсимвольною інтерференцією. Застосовані елементи теорії ймовірності та теорії випадкових процесів із використанням аналітичних виразів функції розподілу та щільностей ймовірностей при моделюванні багатопроменевих каналів з завмираннями. Застосовані подвійні ряди Бернштейна, що сходяться абсолютно та рівномірно при моделюванні імітатора тропосферного каналу. В роботі використано метод декомпозиції, суть якого полягає у розчленуванні структури на незалежно модельовані частини. Метод декомпозиції, наприклад, знайшов широке застосування у внутрішніх завданнях прикладної електродинаміки. Обраний математичний апарат є адекватним завданню, що сформульовано в дисертаційній роботі. Достовірність отриманих автором результатів підтверджується на декількох рівнях дослідження: проведенні експерименту з моделюванням у програмному середовищі ArduinoIDE, розробці експериментального зразку моделі багатопроменевого каналу, затвердженими протоколом експериментального дослідження, листами підтримки.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у розробці моделі системи контролю та діагностики цифрових комбінованих радіотехнічних систем, моделюванні багатопроменевого каналу із завмираннями, який реалізовано в розробленому імітаторі тропосферного каналу. Дану 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.

Створено програму підготовки даних керування імітатором тропосферного каналу для системи контролю та діагностики цифрових мобільних цифрових комбінованих тропосферно-радіорелейних станцій, на яку отримано позитивне рішення на видачу патенту України на винахід. Створено діючий експериментальний зразок у вигляді апаратно-програмного комплексу імітатора багатопроменевого каналу. Проведено експериментальне дослідження з імітації завмирань у багатопроменевому каналі зв'язку.

Створення імітатора багатопроменевого каналу із завмираннями дає можливість оператору зв'язку здійснювати підбір радіообладнання в офісних умовах та скорочує час на тестування радіомережі. Надані результати, висновки та рекомендації даної дисертаційної роботи можуть використовуватися при модернізації мереж зв'язку, що створені за безпроводовими технологіями. Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі, що підтверджено актами впровадження: 1) Одеської національної академії зв'язку ім. О.С. Попова при підготовці студентів-магістрів і студентів; 2) Київського коледжу зв'язку при підготовці студентів-бакалаврів.

Наукова новизна положень та результатів роботи визначається тим, що у дисертаційній роботі отримані наступні нові наукові результати:

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

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

- набули подальшого розвитку методи подолання міжсимвольної інтерференції в багатопроменевих каналах з завмираннями на основі модифікації схеми цифрового фільтра Кальмана, яка відрізняється від відомих алгоритмом оцінювання спотворень в такому каналі з використанням двухпараметричного розподілення щільності ймовірності;

- набула подальшого розвитку модель багатопроменевого каналу, що застосовується до каналу з повторною передачею інформації на декількох частотах та системні функції якої записуються через повні еліптичні інтеграли та тета-функції;

- набуло подальшого розвитку математичне моделювання імітатору багатопроменевого каналу через опис функції розподілу рівня сигналу у точці прийому багатопроменевого каналу з завмираннями подвійним рядом, що абсолютно та рівномірно сходиться, який узагальнює представлення відомих функцій розподілу по законам розподілу швидких та повільних завмирань.

Наукові результати дисертаційної роботи отримали підтримку Концерном РРТ, операторами зв'язку ПАТ «Укртелеком» та ТОВ «ТриМоб», що підтверджуються відповідними листами підтримки згідно Наказу МОН № 40 від 12.01.2017.

Основні результати дисертаційної роботи повністю викладені 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 патенту України на винахід.

З реєстру у наукових фахових виданнях України визначено наступні категорії використаних публікацій:

1) Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Радіотехніка. Радіоапаратобудування: Категорія В.

2) Системи управління, навігації та зв'язку: Категорія В.

3) Цифрові технології: Категорія В.

4) Телекомунікаційні та інформаційні технології: Категорія В.

5) Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова: Категорія Б.

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 найменування і займає 10 сторінок. Загальний обсяг роботи складає 164 сторінки. Наведено документи, що підтверджують впровадження результатів досліджень дисертаційної роботи у вигляді додатків.

Робота написана грамотно. У дисертації одержані результати викладено послідовно. Термінологія дисертаційної роботи є загальноновизнаною.

Зміст автореферату ідентичний змісту дисертації.

*Зауваження до дисертаційної роботи:*

1) на рис.2.7. не визначено одиниць виміру значень вісі відношення сигнал/шум;



2) на графіках рис.2.12 не позначені точки, що відповідають експериментальному дослідженню;

3) в роботі не представлена повна структура блок-діаграми розробленої програми в середовищі ArduinoIDE для СКД;

4) розроблена методика експериментального дослідження та функціональна схема експериментальної установки із запропонованими варіантами впливу завад на сигнали управління та контролю МЦТрРРС, що міститься у статті Почерняев В.М., Повхліб В.С., Зайченко В.В. «Экспериментальное исследование устойчивости системы управления мобильной цифровой тропосферно-радиорелейной станцией при воздействии различных мешающих сигналов», *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2017, № 5, С. 146-153, не знайшли відображення у дисертаційній роботі здобувача;

5) у деяких формулах спостерігається коливання розмірів символів, в тексті дисертації налічуються синтаксичні та орфографічні помилки в результаті перекладу слів з іноземних мов.

Однак, вказані вище зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, оскільки робота має завершеність, одержано нові наукові результати, а положення, висновки та рекомендації науково обґрунтовано.

#### **Висновки:**

1. Дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», які пред'являються до дисертаційних робіт, а зміст відповідає спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

2. Дисертаційна робота Зайченка В.В. є завершеною працею, в якій розроблено метод, що полягає у побудові та науковому обґрунтуванні моделі системи контролю та діагностики для комбінованих радіотехнічних систем різного призначення з можливістю імітації середовища поширення сигналу, яке представляє собою багатопроменевий канал з завмираннями. Даний метод враховує способи подолання міжсимвольної інтерференції. Вирішені наукові-технічні завдання, що спрямовані на реалізацію даного методу.

3. Дисертаційна робота виконана автором на достатньому науковому рівні і її автор Зайченко В.В. заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Директор інституту

Лауреат Держпремій СРСР, УРСР та України в галузі науки і техніки,  
кандидат технічних наук,

академік Української академії наук

Т.М.Наритник

