

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента, к.т.н., професора Бреславця Віталія Сергійовича

на дисертаційну роботу Лазуренко Богдана Олександровича

«МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ НАДШИРОКОСМУГОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ»

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 172 - Телекомунікації та радіотехніка

1. Актуальність теми

Сучасні інформаційні та комунікаційні технології зазнають стрімкого розвитку, що призводить до значного збільшення обсягів переданої інформації. Використання інтернету для потокового відео, відеоконференцій, хмарних сервісів та інших застосунків вимагають високої якості обслуговування (QoS). Із зростанням кількості підключених пристроїв і впровадженням технологій 5G, важливість забезпечення QoS стає ще більш актуальною. Однак обмеженість радіочастотного спектру не дозволяє забезпечити якість обміну інформацією, особливо в умовах складної електромагнітної обстановки, яку створено щільно розташованими мобільними безпроводовими пристроями. Ефективно використовувати радіочастотний спектр, забезпечувати високий рівень якості обслуговування та завадозахищеності каналів у безпроводовій телекомунікаційній мережі дозволяє застосування технології надширокосмугового зв'язку. Однак вони вимагають удосконалення існуючих моделей і методів для забезпечення високих стандартів обслуговування.

Таким чином, тема дослідження «Моделі та методи підвищення якості мобільного зв'язку шляхом застосування надширокосмугових технологій» є надзвичайно актуальною в контексті сучасного розвитку технологій, економіки та суспільства.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертація виконувалась відповідно до завдань держбюджетної теми МОН України (НДР №20440, № ДР 0119U002571) у Науково-дослідному та

проектно-конструкторському інституті «Молнія» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» та міжнародного проєкту за програмою ERASMUS+ (Project Number: 598236-EPP-1-2018-1-LT-EPPKA2-SBHE-SP) на кафедрі систем інформації ім. В.О. Кравця НТУ «ХПІ».

3. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Ґрунтовно проаналізувавши дисертаційну роботу можна відмітити, що наукові положення, висновки та рекомендації, що висвітлені в роботі, є достатніми, повними, а також належними чином повністю обґрунтованими. Для їх отримання та підтвердження автором було проведено як теоретичні, так і емпіричні, експериментальні дослідження, при цьому використовувалися вітчизняні та міжнародні вузькопрофільні та актуальні джерела.

Робота Лазуренко Б.О. є завершеною науковою роботою та присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі, пов'язаної з розробкою та подальшим удосконалення моделей та методів підвищення якості мобільного зв'язку шляхом застосування надширокосмугових технологій. Дисертація складається з анотації, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел і 3 додатків.

У **вступі** автором представлена загальна характеристика роботи, обґрунтована актуальність наукової теми, сформульовані мета і задачі дослідження, відображено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів і висновків, наведено дані щодо їх апробації та впровадження.

У **першому розділі** дисертації проведено аналіз науково-технічної задачі забезпечення якості обслуговування та завадозахищеності у безпроводових телекомунікаційних мережах. На основі отриманих результатів сформульована мета, задачі, об'єкт та предмет дослідження.

У **другому розділі** розроблено метод створення сигнально-кової конструкції інформаційного сигналу та метод формування незалежних завадозахищених каналів зв'язку. Розроблено метод формування ансамблів

складних сигналів в системах мобільного зв'язку та модель, яка реалізує метод одночасного формування опорного та інформаційного сигналів.

У третьому розділі створено моделі і методи побудови антенних систем для реалізації технології надширокосмугового зв'язку. Розроблено метод випромінювання ансамблю складних надширокосмугових сигналів та модель антенної системи, що його реалізує. Показано, що формування складного інформаційного сигналу випромінювання доцільно здійснювати шляхом інтерференції його складових у еквівалентному загальному розкритті антени.

В четвертому розділі досліджено та удосконалено метод кореляційного прийому ансамблю складного сигналу. Показано, що достовірне відновлення переданої бінарної інформації можливе за умови великої бази сигналу. Це дозволяє розпізнати і вилучити інформаційний сигнал із суміші гаусового білого шуму та корисного сигналу.

У висновках наведено основні результати наукової роботи щодо вирішення поставлених наукових задач дослідження.

Вищенаведене свідчить про обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, що викладено у дисертаційній роботі Лазуренко Богдана Олександровича.

4. Наукова новизна одержаних результатів

У дисертаційній роботі отримані такі основні науково обґрунтовані результати:

– вперше запропоновано метод формування ансамблю складного надширокосмугового інформаційного сигналу в системах мобільного зв'язку, який дає можливість здійснювати безпроводовий зв'язок в широкій смузі частот, коли рівень інформаційного сигналу дорівнює чи нижче рівня шуму;

– вперше запропоновано моделі і методи побудови антенних систем для реалізації технології надширокосмугового зв'язку та метод мерехтливої поляризації, що дозволяє забезпечити вимоги завадозахищеності

безпроводових рухомих телекомунікаційних систем із підтримкою якості обслуговування;

– удосконалено метод одночасного кодування та модуляції інформації шляхом створення сигнально - кодової конструкції, який базується на зсуві у часі кодуючого сигналу щодо його основного положення у послідовності сигналів та відрізняється від відомих тим, що величина часового зсуву складає чверть тривалості кодуючого сигналу;

- удосконалено метод формування незалежних завадозахищених каналів із застосуванням ортогонального кодування, який базується на додатковому зсуві у часі кодуючого сигналу відносно опорної їх послідовності та відрізняється тим, що величина часового зсуву відносно опорної послідовності складає 2-3 порядки тривалості кодуючого сигналу, що дозволяє ущільнити канали зв'язку без порушення якості їх роботи;

– отримав подальший розвиток метод кореляційного прийому надширококутових сигналів, який дозволяє збільшити співвідношення сигнал/завада на вході приймача;

– отримав подальший розвиток метод розпізнавання і вилучення інформаційного сигналу із суміші гаусового білого шуму та корисного сигналу шляхом кореляції прийнятого і опорного сигналу, що дозволяє підвищити достовірність прийому.

За результатами дослідження підтверджено практичну та теоретичну цінність розроблених моделей та методів, надано практичні рекомендації, щодо застосування розроблених моделей та методів та розглянуто перспективи їх подальшого розвитку.

5. Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність отриманих результатів зумовлено поставленими метою та завданнями, а також використанням відповідної методології дослідження. Крім того, достовірність заявлених положень обґрунтовується комплексним

підходом у вивченні визначеного об'єкта, що також зумовлює і низку певних методів, які були використані в процесі дослідження.

6. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Практична цінність полягає у тому, що розроблені у роботі моделі і методи дозволяють безпосереднього використовувати їх для забезпечення завадозахищеності із підтримкою якості обслуговування в безпроводових телекомунікаційних систем. Представлені на їх основі інженерні методи та алгоритми дають змогу в широкій смузі частот здійснювати багатоканальний зв'язок, який забезпечує захист та прихованість інформації в безпроводових мережах; підвищити захист від зовнішнього електромагнітного випромінювання та пасивних завад, захистити від багатопроменевого розповсюдження радіохвиль.

Результати дослідження впроваджені в системи передачі інформації НДПКІ «Молнія» (м. Харків) та в навчальний процес кафедри «Системи інформації ім. В.О. Кравця», НТУ «ХП».

7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових положень та результатів в опублікованих працях

Основні ідеї здобувача та результати дослідження викладено у 34 роботах, серед яких: 5 статей у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України, 2 статті у закордонних наукових фахових виданнях, які включені до міжнародної наукометричної бази WoS, 5 статей у наукових фахових виданнях України, які включені до міжнародної наукометричної бази Scopus, 11 тез доповідей та матеріалів конференцій, 2 патенти України на винахід, 6 патентів України на корисну модель та 2 свідоцтва про реєстрацією авторського права на твір. Основні результати дисертаційної роботи у цих публікаціях відображено достатньо повно.

8. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

В процесі ознайомлення з роботою позитивне враження справило докладне обґрунтування усіх висунутих у роботі положень.

Але при цьому виникли такі зауваження та недоліки:

1. Модель розділеного формування опорного та інформаційного сигналів, запропонована у другому розділі, має переваги перед іншими, визначеними за результатами проведеного аналізу. Але їх конкретно не зазначено.

2. У третьому розділі запропоновано модель надширокосмугової антенної системи, де сигнал випромінювання формують безпосереднє у ближній зоні антени. В роботі не пояснено, чим викликане таке формування сигналу випромінювання.

3. Цифровий інформаційний сигнал, який кодований серію малопотужних імпульсів-чипів, випромінюють безпосередньо до вільного простору. Однак в матеріалах дисертації не визначено діючу робочу зону розповсюдження такого інформаційного сигналу.

Вищенаведені недоліки не впливають на загальне позитивне рішення цієї рецензії, та мають рекомендаційний характер для подальших досліджень здобувача за тематикою дисертації.

9. Висновки

Дисертаційна робота Лазуренко Б. О. є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково-обґрунтовані результати, має наукову новизну та дає перспективи подальших досліджень. Тема дослідження відповідає галузі знань 17 – «Електроніка та телекомунікації» і спеціальності 172 – «Телекомунікації та радіотехніка».

Отже, враховуючи актуальність теми, отримані результати та певну практичну значущість вважаю, що дисертаційна робота Лазуренко Богдана Олександровича «Моделі та методи підвищення якості мобільного зв'язку шляхом застосування надширокосмугових технологій» відповідає вимогам 6, 7,

8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціальної вченої ради Закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 р. № 44 та вимогам до оформлення дисертації МОН України від 12.01.2022 № 40, а сам автор, Лазуренко Богдан Олександрович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 172 – «Телекомунікації та радіотехніка».

Рецензент – кандидат технічних наук,
професор кафедри систем інформації ім. В.О. Кравця
Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут» *Бреславець* Віталій БРЕСЛАВЕЦЬ

05.08.2022

Підпис <i>проф. Віталій Бреславець</i>	
ЗАСВІДЧУЮ: ВЧЕННИЙ СЕКРЕТАР НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"	
05 08 2022 р.	БРЕСЛАВЕЦЬ В. І.