

## ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук Кунах Наталії Ігорівни на дисертацію Бахтіярова Дениса Ілшатовича на тему «Метод підвищення ефективності використання радіотехнічних пристроїв моніторингу електромагнітної обстановки в урбанізованих середовищах», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій

### **Актуальність теми дисертаційної роботи**

Засоби моніторингу електромагнітної обстановки відносяться до систем вилучення інформації. Апаратура радіомоніторингу набула широкого поширення в найширших областях діяльності людини. Ретроспективний аналіз показує, що історично вона розвивалася такими ж темпами, що і системи передачі інформації по радіоканалах наземних ліній зв'язку. Це обумовлено тим фактом, що сучасні цифрові наземні лінії зв'язку використовують більш складні сигнали і види модуляції, ніж в супутникових лініях зв'язку. До завдань моніторингу електромагнітної обстановки відносяться плановий контроль штатних засобів і вимір рівня ненавмисних перешкод, виявлення неліцензійних і неконтрольованих радіопередавачів та визначення їх розташування, вимір зон енергетичного покриття (або зон електромагнітної доступності) при оцінці якості радіозв'язку, визначення інтенсивності використання радіоресурсу.

Підвищення затребуваності апаратури даного класу в даний час обумовлено рядом причин, одна з яких пов'язана з триваючим технічним прогресом засобів радіозв'язку, який призводить до суттєвого ускладнення радіоелектронного обладнання, а інша - зі змінами економічного характеру, які відбулися в нашій країні і світі.

Актуальність необхідності підвищення ефективності використання пристроїв моніторингу електромагнітних випромінювань викликана тим, що збільшилась кількість міжнародних контактів та розширився ринок засобів радіозв'язку, а також можливістю загроз втрати інформації у державних та комерційних установах. На

сьогоднішній день спостерігається відставання, як наукове, так і технічне, вітчизняних засобів радіомоніторингу, які можуть протистояти даним загрозам при проведенні контролю рівнів електромагнітних випромінювань. Тому покращення можливостей виявлення та локалізації потенційно небезпечних джерел радіовипромінювання та наведення, здатних призвести до витoku конфіденційної інформації, поставить на новий рівень захист інформації та розрахунок периметрів контрольованих зон.

### **Оцінка обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків та рекомендацій**

Викладені наукові положення, методики, висновки і рекомендації є повністю обґрунтованими, а достовірність запропонованих гіпотез і математичних моделей підтверджується відповідними експериментальними даними та результатами верифікації запропонованих методів і алгоритмів. Отримані, під час експериментів, дані відповідають теоретичним висновкам роботи і повністю підтверджують їх. До того ж, коректно застосовані методи теорії розповсюдження електромагнітних випромінювань (для аналізу затухання електромагнітного поля в залежності від частоти та відстані в реальних умовах експлуатації), математичного моделювання (для перевірки адекватності розроблених моделей та алгоритмів), об'єктно-орієнтованого програмування та математичної статистики (розробка програмних засобів, проведення експериментів і обробка їх результатів, уточнення моделей розповсюдження радіохвиль).

### **Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації**

Проаналізувавши автореферат і дисертацію здобувача, можна зробити висновки, що в авторефераті з необхідною повнотою відображено загальну характеристику, основний зміст та висновки дисертаційної роботи. Для основних положень дисертації та змісту автореферату характерна повна ідентичність. Крім того, варто зауважити, що усі компоненти дисертаційної роботи оформлено відповідно до чинних вимог.



## **Оцінка змісту та структури дисертації**

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** було проведено аналіз особливостей розповсюдження електромагнітних випромінювань у вільному і обмеженому просторах та особливостей їх математичного моделювання. На основі аналізу обґрунтовується необхідність підвищення ефективності використання радіотехнічних пристроїв моніторингу електромагнітної обстановки в урбанізованих середовищах. Проводиться порівняння існуючих моделей для опису характеру розповсюдження електромагнітних випромінювань та робиться постановка завдання дисертаційного дослідження, що виконується в чотири етапи.

**Другий розділ** містить розробку методу уточнення моделей розповсюдження електромагнітних всередині приміщень складної конфігурації на основі врахування нових структурних закономірностей розподілу поля всередині приміщення.

**Третій розділ** містить розробку методу виявлення неконтрольованих та неліцензованих джерел електромагнітних випромінювань в умовах складної структури електромагнітного поля і розробку програмного забезпечення для визначення периметру зони електромагнітної доступності на основі запропонованих методів уточнення моделей розповсюдження електромагнітних випромінювань. Проводиться оцінка ефективності використання пристроїв моніторингу електромагнітної обстановки в урбанізованих середовищах.

У **четвертому розділі** представлено методику проведення експериментів, визначено мету та задачі експерименту, вхідні та вихідні параметри, гіпотезу і критерії дослідження, описано послідовність необхідних дій.

У **висновках** стисло сформульовано основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи.

У **додатках** розміщено акти впровадження результатів дисертаційної роботи, характеристики найпоширеніших моделей розповсюдження електромагнітних випромінювань всередині приміщень, лістинг коду запропонованого додатку.

### **Наукова новизна результатів роботи**

Наукова новизна отриманих результатів роботи полягає у наступному:

- вперше розроблено метод підвищення ефективності використання пристроїв моніторингу електромагнітної обстановки у системах радіотехніки малого радіусу покриття за рахунок удосконалення структури системи моніторингу та використання нових структурних закономірностей розподілу поля всередині приміщення, що дозволило уточнити існуючі моделі розповсюдження електромагнітних випромінювань;

- набули подальшого розвитку розрахункові методи визначення зони електромагнітної доступності з урахуванням особливостей розповсюдження радіосигналів всередині приміщень на етапі проектування будівлі, що дозволило визначати периметр території, за межами якої унеможлиблюється перехоплення радіосигналу;

- вперше розроблено метод оцінювання рівнів електромагнітних випромінювань радіотехнічними засобами моніторингу електромагнітної обстановки, що полягає в синтезі чотирьохетапного процесу виявлення їх джерел в урбанізованому середовищі в умовах складної структури електромагнітного поля, що дозволяє зменшити тривалість пошукового процесу та підвищити достовірність одержаної інформації;

- удосконалено принципи оптимального проектування радіотехнічних вузлів та пристроїв моніторингу електромагнітної обстановки через врахування детермінованих та випадкових відхилень параметрів електромагнітного поля всередині приміщень, що дозволило підвищити інтегральну чутливість засобів моніторингу електромагнітної обстановки та точність прогнозування електромагнітного поля з урахуванням особливостей джерел випромінювань.



## **Повнота викладу основних результатів та висновків в опублікованих працях**

Основні положення дисертації опубліковано в 30 наукових працях, у тому числі 10 наукових статей (4 – у міжнародних виданнях, що входить до бази даних Scopus, 2 – у періодичних наукових виданнях держав, що входять до Організації економічного співробітництва та розвитку та Європейського Союзу), а також 15 матеріалів і тез доповідей на конференціях. Зазначені публікації з достатньою повнотою відображають зміст дисертаційної роботи та її основні положення.

### **Практичне значення результатів**

Отримані в дисертаційній роботі результати можуть бути використані для підвищення ефективності використання радіотехнічних пристроїв моніторингу електромагнітної обстановки. Зокрема, практична цінність роботи полягає у наступному:

- виведені розрахунково-графічні залежності коефіцієнту затухання електромагнітних випромінювань дають можливість уточнити існуючі моделі розповсюдження електромагнітних випромінювань всередині приміщень;
- розробці додатку в середовищі JavaScript, що спрощує проведення розрахунків зони електромагнітної доступності з урахуванням особливостей розповсюдження електромагнітних випромінювань всередині приміщень на етапі проектування будівлі та дозволяє визначати периметр території, за межами якої унеможливується перехоплення радіосигналу;
- розробці структури системи моніторингу електромагнітної обстановки, що включає чотирьохетапний процес визначення місцезнаходження джерел електромагнітних випромінювань та забезпечує підвищення швидкодії цього процесу в умовах радіоперешкод та складної електромагнітної обстановки;
- методиці прийняття рішення про наявність джерел «невідомих» електромагнітних випромінювань з урахуванням детермінованих та випадкових відхилень параметрів електромагнітного поля всередині приміщень, що дозволяє в умовах складної структури електромагнітного поля проводити моніторинг

електромагнітної обстановки та отримувати результати з високим рівнем достовірності.

### **Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій**

Викладені наукові положення, висновки повністю обґрунтовані, а достовірність теоретичних положень підтверджується коректним застосуванням відомого математичного апарату, експериментальними даними та результатами верифікації запропонованих моделей та методів, а також впровадженням в практику.

### **Недоліки дисертаційної роботи:**

Дисертаційне дослідження Бахтіярова Д.І. має наступні недоліки, а саме:

1. В першому розділі з рис. 1.10, стор. 44 не зовсім зрозуміло, з якою саме моделлю порівнюється COST 231.

2. У пункті 1.6.4 на стор. 55 не обґрунтовано, чому саме обрано програмне забезпечення фірми AltairFeko™ Applications WinPropRadio Coverage and Planning для проведення порівняння моделей розповсюдження електромагнітних випромінювань за критеріями часу розрахунку при повному завантаженні обчислювальних ресурсів та гнучкості конфігурації.

3. У другому розділі рисунки 2.4-2.15 на стор. 84-87 дублюють результати на рис. 2.16, стор. 88. При чому, в нумерації рис. 2.15 присутня друкарська помилка (даний рисунок має номер 3.15 замість 2.15).

4. Параметри математичного виразу 3.7 на стор. 131 недостатньо прокоментовані, що ускладнює його розуміння.

5. Тексти дисертаційної роботи та автореферату містять значну кількість скорочень, аббревіатур, спеціальних позначень та формул, що ускладнює загальний процес оцінки роботи при її читанні. До того ж, не всі аббревіатури та скорочення пояснені у відповідному переліку, що наведений у дисертації.



## Висновки

Дисертаційна робота Бахтіярова Дениса Ілшатовича – є закінченою науковою працею, яка містить нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що у сукупності є суттєвими для розвитку теорії й практики телекомунікаційних та радіотехнічних систем. Усі одержані наукові результати можуть застосовуватися для підвищення ефективності використання вітчизняних комплексів радіомоніторингу. Дисертація повністю відповідає паспорту спеціальності 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

Отже, вважаю, що дисертаційна робота «Метод підвищення ефективності використання радіотехнічних пристроїв моніторингу електромагнітної обстановки в урбанізованих середовищах» повністю відповідає чинним вимогам МОН України, зокрема «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань», а її автор Бахтіяров Денис Ілшатович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

Офіційний опонент,  
викладач вищої категорії  
Київського коледжу зв'язку,  
Доктор технічних наук, професор



Н.І. Кунах

Підпис Кунах Н.І. засвідчую  
Директор Київського коледжу зв'язку



Чечуро С.А.