

Голові спеціалізованої вченої ради  
Д 26.062.19 в Національному авіаційному  
університеті

03680, м. Київ, пр. Любомира Гузара, 1.

## ВІДГУК

офіційного опонента професора кафедри кібербезпеки та захисту інформації  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка  
доктора технічних наук, старшого наукового співробітника  
Наконечного Володимира Сергійовича  
на дисертаційну роботу Бахтіярова Дениса Ілшатовича за темою  
«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

**Ступінь актуальності обраної теми.** На сьогоднішній день комплекси радіомоніторингу електромагнітної обстановки знаходять широке використання в якості інструментарію при вирішенні складних завдань у різних сферах - від управління використанням радіочастотних ресурсів до визначення областей енергетичного покриття при оцінці якості радіозв'язку. При цьому, перелік завдань, що вирішуються системами радіомоніторингу, включає ідентифікацію електромагнітних випромінювань для виявлення джерел та перешкод сигналу, вимірювання параметрів сигналів та завад, рівнів електромагнітного випромінювання або щільність потоку енергії, оцінку ризику для користувача, визначення положення джерела електромагнітного випромінювання та перешкод. Крім того, ці завдання знаходять своє застосування і для потреб електрозв'язку, що в свою чергу, призводить до необхідності розрахунків зони «покриття», або зони електромагнітної доступності, та інтеграцію радіочастотних систем, найбільш доцільних з точки зору вимог ефективності використання радіотехнічних пристроїв моніторингу електромагнітної обстановки. Досвід створення технічних рішень для радіомоніторингу показує, що хоча методи проектування розроблялись протягом достатньо тривалого періоду часу, проте технічні особливості їх системної структури були недостатньо розвиненими. Вирішення даної задачі полягає у розвитку методологічних основ синтезу технічних засобів забезпечення електромагнітної доступності,

№ 010. 03/2021  
big 03.03.2021



які є складовою частиною комплексу моніторингу електромагнітних випромінювань, на базі розвитку методів розрахунку (прогнозування) енергетичних втрат і оптимального перерозподілу ресурсів в додатку до завдань прийому електромагнітних випромінювань.

Прикладна частина, яка використовується для вирішення даної задачі має включати перевірку аналітичних підходів та розробку методів забезпечення моніторингу електромагнітних випромінювань, оцінку операційної ефективності для забезпечення електромагнітної доступності з урахуванням впливу урбанізованого середовища на характер розповсюдження електромагнітних випромінювань.

Задача підвищення ефективності використання пристроїв моніторингу електромагнітних випромінювань стає все більш актуальною внаслідок зростання кількості міжнародних контактів та лібералізації ринку засобів радіозв'язку, а також загроз з боку зловмисників, які збирають інформацію про промислові та економічні таємниці комерційних й державних установ. Поява на новому рівні проблеми захисту інформації та розрахунку периметрів контрольованих зон наочно продемонструвала певне наукове і особливо технічне відставання вітчизняних засобів радіомоніторингу, здатних адекватно протистояти відповідним загрозам при проведенні контролю рівнів електромагнітних випромінювань, виявленні і локалізації їх потенційно небезпечних джерел, виявленні електромагнітних випромінювань і наведень, здатних призвести до витоку конфіденційної інформації. Тому представлена для захисту робота, що спрямована на пошук методу підвищення ефективності використання радіотехнічних пристроїв моніторингу електромагнітної обстановки в урбанізованих середовищах є наразі своєчасною та надзвичайно актуальною.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.** Дисертаційна робота Бахтіярова Д. І. є кваліфікаційною науковою працею, виконаною ним власноручно. Загальний обсяг дисертації становить 205 сторінок, з них: 75 ілюстрацій, 32 таблиці, список використаної літератури зі 111 та три додатки. Дисертація написана українською мовою.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, викладено зв'язок з науковими темами, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт і предмет дослідження, показано наукову новизну і практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі автор зробив змістовний огляд існуючої проблеми і сформулював завдання дослідження. Науково-технічне підґрунтя для підвищення ефективності використання пристроїв моніторингу електромагнітної



обстановки базується, насамперед, на використанні нових системоутворюючих факторів - складних розрахунків втрат енергії під час розповсюдження електромагнітного випромінювання. Представлені результати дослідження особливостей моделювання розповсюдження електромагнітних випромінювань у приміщенні. Показано, що на практиці широкое застосування знайшли моделі, отримані на основі обробки результатів експериментальних досліджень, які можуть використовуватися при організації і придушенні професійного радіозв'язку, оцінці рівнів основних та побічних електромагнітних випромінювань.

В кінці першого розділу визначено напрямки наукового дослідження, а саме розробка нових та удосконалення існуючих методів підвищення ефективності використання радіотехнічних пристроїв та засобів телекомунікацій для потреб радіомоніторингу та захисту від несанкціонованого отримання інформації. Відповідно до визначеної наукової задачі запропоновано провести 4 етапи дослідження, основний зміст яких розглянуто у наступних розділах дисертаційної роботи.

**Другий розділ** дисертаційної роботи присвячено розробленню методу уточнення моделей розповсюдження електромагнітних випромінювань. Викладено методіку дослідження структурних закономірностей розподілу електромагнітного поля всередині приміщень. Запропоновані формульні залежності для розрахунку затухання електромагнітних випромінювань між суміжними поверхнями та у стінах, що залежить від частоти та відстані відносно джерела випромінювання. Будується уточнена модель розповсюдження електромагнітних випромінювань всередині приміщень на основі виявлених структурних закономірностей розподілу поля та запропонованого математичного апарату.

**У третьому розділі** запропоновано метод оцінювання рівнів електромагнітних випромінювань радіотехнічними пристроями моніторингу електромагнітної обстановки, що полягає в синтезі чотирьохетапного процесу виявлення їх джерел в урбанізованому середовищі в умовах складної структури електромагнітного поля. Викладається зміст даних етапів в рамках якого запропоновано програмне забезпечення для визначення периметру зони електромагнітної доступності, метод підвищення інтегральної чутливості пошукової апаратури та її структуру. Розроблено методіку виявлення джерел «невідомих» електромагнітних випромінювань з урахуванням детермінованих та випадкових відхилень параметрів електромагнітного поля всередині приміщень. Проведено оцінку методу підвищення ефективності використання пристроїв моніторингу



електромагнітної обстановки на основі просторово-частотно-часового підходу.

**Четвертий розділ** присвячено експериментальній верифікації розроблених методів оцінки рівнів основних та побічних електромагнітних випромінювань в урбанізованих середовищах. Запропоновано конфігурацію експериментальної установки моніторингу електромагнітної обстановки придатної для проведення всього циклу дослідів в рамках даної дисертаційної роботи. Експериментально доведено, що запропонований метод уточнення моделей розповсюдження електромагнітних випромінювань дозволяє з високою точністю розрахувати периметр зони електромагнітної доступності для проведення процедури радіомоніторингу.

**У загальних висновках** дисертаційної роботи автором представлені найбільш важливі наукові та практичні результати.

**У додатках до дисертаційної роботи** представлені акти впровадження результатів роботи, що використовувались в дослідженнях, характеристика найпоширеніших моделей розповсюдження електромагнітних випромінювань всередині приміщень, лістинг коду запропонованого програмного продукту.

**Достовірність отриманих результатів, наукових положень, висновків і рекомендацій.** Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, обумовлена їх широкою апробацією на національному і міжнародному рівнях та підтверджується експериментальними дослідженнями й збігом теоретичних розрахунків з результатами експериментальних досліджень. Все це стало можливим завдяки коректному застосуванню методу теорії розповсюдження електромагнітних випромінювань – для аналізу затухання електромагнітного поля в залежності від частоти та відстані в реальних умовах експлуатації; методу математичного моделювання – для перевірки адекватності розроблених моделей та алгоритмів; методу обробки експериментальних даних – для удосконалення моделі розповсюдження радіохвиль. Розрахунки і математичні дослідження виконані методом моделювання з використанням програмного пакету MathCad і середовища програмування JavaScript. Для експериментальної частини використовувалося обладнання фірми Rohde & Schwarz та RTL-SDR V3.

Наявність в дисертації структурних схем та алгоритмів свідчить про високий ступінь готовності результатів досліджень до широкого практичного застосування.

**Наукова новизна результатів дослідження.** Наукова новизна результатів дослідження, що виносяться на захист, полягає в наступному:



1. Вперше розроблено метод підвищення ефективності використання пристроїв моніторингу електромагнітної обстановки в 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

**Практичне значення результатів дослідження** полягає у:

1) Виведені розрахунково-графічної залежності коефіцієнту затухання електромагнітних випромінювань, що дає можливість уточнити існуючі моделі розповсюдження електромагнітних випромінювань всередині приміщень.

2) Програмному застосунку 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 унеможлиблюється перехоплення радіосигналу.

3) Наданні пропозиції щодо 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.



4) Розробці методики 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.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Відповідно до наказу Національної академії наук України про затвердження основних наукових напрямків та найважливіших проблем фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних, суспільних і гуманітарних наук на 2019-2023 роки, одним із переліку галузей дисциплін є дослідження у сфері радіофізики та електроніки, якій відповідають дослідження проведені у ході дисертаційної роботи.

Результати дисертації використані у НДР № 874-ДБ13 “Створення та дослідження нових систем захищеного авіаційного радіозв'язку в рамках концепції CNS/ATM ICAO” (№ держ. реєстрації 0113U000093), в яких автор був виконавцем, та потенційно можуть знайти використання при проведенні процедури автоматичного радіомоніторингу в приміщеннях зі складною структурою електромагнітного поля.

**Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих здобувачем працях.** Основні результати дисертації опубліковано у 30 наукових працях, зокрема 10 статтях у фахових виданнях України, 4 статтях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science, 2 статтях у періодичному науковому виданні держави, що входить до Організації економічного співробітництва і розвитку та Європейського Союзу, а також 15 тезах доповідей на конференціях.

**Відповідність дисертаційної роботи спеціальності.** Дисертаційна робота Бахтіярова Д.І. за змістом відповідає спеціальності 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій, за якою вона представлена до захисту.

#### **Дискусійні положення та зауваження до дисертації.**

Разом з тим, слід зазначити, що робота не позбавлена деяких недоліків, які, на мій погляд, полягають у наступному:

1. З огляду на розділ 1 дисертації не зрозуміло навіщо обрана така структурованість: у підрозділах 1.1-1.2 розглядаються особливості розповсюдження електромагнітних випромінювань всередині приміщень, у підрозділі 1.3 - у вільному просторі, а в підрозділі 1.4 затухання електромагнітних випромінювань всередині приміщення (стор. 23-42 відповідно).



2. У підрозділі 1.6.4 дисертації (стор. 53-54) не достатньо описано методику порівняння моделей розповсюдження електромагнітних випромінювань.

3. У другому розділі дисертації (стор. 74-76) недостатньо ґрунтовно розглянуто зовнішньо-зовнішній сценарій розповсюдження електромагнітних випромінювань і не зовсім зрозуміло чи справедлива запропонована уточнена модель для даного сценарію.

4. В тексті дисертації не досить чітко визначені обмеження на використання методу оцінювання рівнів електромагнітних випромінювань радіотехнічними засобами моніторингу електромагнітної обстановки.

5. Деякий матеріал в дисертації (наприклад, рис. 3.6, стор. 123) можна було б винести в додатки.

6. З огляду на четвертий розділ дисертації не зовсім зрозуміло навіщо ускладнювати експериментальні дослідження оцінкою можливості перехоплення ПЕМВН у відеотракті персонального комп'ютера.

Проте, вказані недоліки не зменшують загальної позитивної оцінки роботи й не впливають на достовірність, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів.

**Відповідність дисертації встановленим вимогам і загальні висновки.** Дисертація і автореферат написані українською мовою. Стиль викладення матеріалів відповідає загальноприйнятому для наукових видань. Дисертаційна робота є завершеним дослідженням. Вона містить вступ, чотири розділи, висновки, перелік використаної літератури, додатки. В роботі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета, задачі та наукова новизна досліджень, показані їх зв'язки з науковими програмами та планами, особистий внесок здобувача. Відзначається структурованість роботи, чітке розділення досліджень на етапи, логічний зв'язок між ними, достатньо повне викладення суті та змісту проблемно-орієнтованих досліджень, що мають значущу наукову та прикладну цінність.

Результати дисертаційної роботи відповідають поставленим задачам, викладені логічно, послідовно та систематично на високому науковому рівні із застосуванням загально прийнятої наукової термінології. Висновки за дисертаційною роботою охоплюють основні результати теоретичних та практичних досліджень.

**Оцінка дисертації в цілому і висновки.** В цілому дисертаційна робота Бахтіярова Дениса Ілшатовича є завершеним науковим дослідженням, що містить вирішення актуальної науково-технічної задачі, в якій наведено результати досліджень від формулювання мети і задачі до практичного її застосування.

Тематика та зміст дисертації повністю відповідають паспорту спеціальності 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій, за якою вона подана до захисту, і профілю спеціалізованої вченої ради Д 26.062.19.

Вважаю, що дисертаційна робота Бахтіярова Дениса Ілшатовича «Метод підвищення ефективності використання радіотехнічних пристроїв моніторингу електромагнітної обстановки в урбанізованих середовищах» має важливе наукове та прикладне значення. За актуальністю розглянутих питань, обсягом виконаних досліджень, теоретичною і практичною цінністю одержаних результатів, ступенем апробації та впровадженням дисертація відповідає вимогам п.п. 9, 11 та 12.2 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567 (зі змінами, внесеними згідно з постановами КМ № 656 від 19.08.2015 року, № 1159 від 30.12.2015 року, № 567 від 27.07.2016 року) та вимогам МОН України до кандидатських дисертацій і авторефератів, 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,  
професор кафедри кібербезпеки та захисту  
інформації факультету інформаційних технологій  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка  
доктор технічних наук,  
старший науковий співробітник

26 лютого 2021 року

Наконечний В. С.

