

Голові
разової спеціалізованої вченої ради
Державного університету
інтелектуальних технологій і зв'язку
МОН України, декану факультету
Інформаційних технологій та
кібербезпеки, доктору технічних наук,
професору, професору кафедри
кібербезпеки та технічного захисту
інформації
Євгену ВАСІЛУ
вул. Кузнечна, 1, м. Одеса, 66000

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, проректора з науково-дослідної роботи та міжнародних зв'язків Черкаського державного технологічного університету Фауре Еміля Віталійовича на дисертацію Степанова Вадима Олександровича «Підвищення прихованості передавання широкосмугових таймерних сигналів на основі псевдовипадкового перескоку робочої частоти», подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 125 Кібербезпека.

Актуальність роботи

Актуальність дисертаційного дослідження Степанова Вадима Олександровича зумовлена необхідністю підвищення рівня захисту інформації від несанкціонованого доступу (НСД) в системах радіозв'язку, що функціонують в умовах радіоелектронного протиборства. Одним із важливих напрямів такого захисту є забезпечення прихованості передавання інформації, яка визначає здатність радіосистеми протидіяти виявленню, перехопленню та структурному аналізу сигналів засобами радіоелектронної розвідки.

Застосування методів розширення спектра та псевдовипадкового перескоку робочої частоти (ППРЧ) забезпечує зниження ймовірності виявлення сигналів і підвищення стійкості радіозв'язку до радіоелектронного подавлення. Водночас значна частина існуючих рішень формує переважно енергетичну та частотну невизначеність, тоді як часова структура сигналів може залишатися достатньо регулярною для проведення їх структурного аналізу.

Перспективним напрямом є використання таймерних сигнальних конструкцій (ТСК), у яких додатковий рівень прихованості формується за рахунок часової невизначеності. Поєднання таймерного кодування з прямим розширенням спектра (ПРС-ПВП) та ППРЧ створює багаторівневу структуру сигналу та передумови для підвищення його структурної й енергетичної прихованості.

Отже, розроблення методу підвищення прихованості передавання широкосмугових таймерних сигналів на основі псевдовипадкового перескоку робочої частоти є актуальним науковим завданням, спрямованим на підвищення ефективності захисту інформації від несанкціонованого доступу, її виявлення та перехоплення в умовах радіоелектронної протидії.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота Степанова Вадима Олександровича відповідає пріоритетним напрямам наукових досліджень Державного університету інтелектуальних технологій і зв'язку, зокрема в сфері інформаційно-комунікаційних і радіоелектронних систем і технологій, засобів радіоелектронної боротьби для забезпечення національної безпеки і оборони, а також систем захисту інформації від несанкціонованого доступу.

Тематика дисертаційного дослідження відповідає науковим напрямам, визначеним у п. 1.2.9 «Теорія та комп'ютерні технології інформаційної безпеки» та п. 1.2.9.5 «Кібербезпека інформаційно-комунікаційних систем» документа «Основні наукові напрями та найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2024-2028 роки», затвердженого постановою Президії НАН України від 10.01.2024 № 8.

Результати дисертаційного дослідження спрямовані на розроблення методів підвищення прихованості передавання інформації для її захисту від несанкціонованого доступу на основі розширення спектра таймерних сигнальних конструкцій із використанням псевдовипадкового перескоку робочих частот, що відповідає фаховій спрямованості освітньо-наукової програми підготовки докторів філософії за спеціальністю 125 Кібербезпека.

Робота виконувалася в межах держбюджетної науково-дослідної роботи «Розроблення методів підвищення захищеності передавання інформації в інформаційно-комунікаційних системах на основі інтегрованих сигнально-кодкових перетворень» (державний реєстраційний номер 0126U002946), а її результати увійшли до науково-технічного звіту за зазначеною НДР.

Таким чином, тематика дисертаційної роботи відповідає визначеним науковим пріоритетам і напрямам досліджень у галузі кібербезпеки, захисту інформації та радіоелектронної протидії.

Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в розробленні та обґрунтуванні методів підвищення прихованості передавання інформації для її захисту від несанкціонованого доступу на основі розширення спектра таймерних сигнальних конструкцій із використанням псевдовипадкового перескоку робочих частот.

До основних результатів, що визначають наукову новизну роботи, належать:

- вперше розроблено метод формування широкосмугового таймерного сигналу на основі інтеграції таймерного кодування, прямого розширення спектра псевдовипадковою послідовністю та псевдовипадкового перескоку робочої частоти, що забезпечує одночасне використання часової, кодової та частотної невизначеності;

- вперше встановлено аналітичні залежності структурної прихованості комбінованого сигналу від параметрів таймерної сигнальної конструкції, псевдовипадкової послідовності та характеристик псевдовипадкового перескоку робочої частоти, що дає змогу оцінювати вплив окремих складових на загальний рівень прихованості;

- набув подальшого розвитку математичний апарат оцінювання структурної прихованості широкосмугових таймерних сигналів шляхом урахування сукупного впливу часової, кодової та частотної складових сигнальної конструкції;

- удосконалено методи формування широкосмугових таймерних сигналів із псевдовипадковим перескоком робочої частоти за рахунок реалізації швидкого, повільного та багатоканального варіантів перебудови робочої частоти зі збереженням непозиційного принципу формування таймерної сигнальної конструкції;

- набув подальшого розвитку метод забезпечення структурної прихованості передавання інформації шляхом урахування взаємозв'язку параметрів таймерного кодування, кодової послідовності та закону псевдовипадкового перескоку робочої частоти, що дозволяє підвищити складність виявлення та структурного аналізу сигналу засобами радіоелектронної розвідки.

Отримані результати мають теоретичне значення для розвитку методів захисту інформації від несанкціонованого доступу на фізичному рівні та практичне значення для побудови захищених систем радіозв'язку. Вони відповідають предметній області спеціальності 125 Кібербезпека.

Практична цінність та впровадження отриманих результатів

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у можливості використання розроблених методів підвищення прихованості передавання інформації для її захисту від НСД в ІКС. Запропоновані рішення ґрунтуються на інтеграції розширення спектра таймерних сигнальних конструкцій методами ПРС-ПВП та ППРЧ, що забезпечує формування широкосмугових шумоподібних сигналів із додатковою часово-ковою та частотною невизначеністю.

Практичне значення отриманих результатів визначається розробленням комбінованого методу розширення спектра таймерних сигналів на основі ПРС-ПВП та ППРЧ, а також відповідних моделей формування і приймання шумоподібних таймерних сигналів. Розроблені методи можуть бути використані під час створення та модернізації засобів захищеного радіозв'язку, зокрема в інформаційно-комунікаційних системах, функціонування яких потребує підвищеної прихованості передавання інформації.

Практичні результати дисертаційного дослідження використано під час виконання держбюджетної науково-дослідної роботи «Розроблення методів підвищення захищеності передавання інформації в інформаційно-комунікаційних системах на основі інтегрованих сигнально-кодових перетворень» (державний реєстраційний номер 0126U002946), що підтверджується відповідними матеріалами науково-технічного звіту.

Практична значущість одержаних результатів підтверджується їх впровадженням у навчальний процес кафедри кібербезпеки та технічного захисту інформації Державного університету інтелектуальних технологій і зв'язку та використанням у діяльності ТОВ «БФ «Секрет Сервіс», що засвідчено відповідними актами впровадження.

Аналіз змісту, структури та обсягу роботи

Дисертаційна робота Степанова Вадима Олександровича має логічну структуру, відповідає визначеній меті та послідовно розкриває поставлені наукові завдання. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. У змісті послідовно представлено теоретичний аналіз методів захисту інформації, дослідження властивостей

таймерних сигнальних конструкцій, розроблення методів розширення спектра та оцінювання отриманих результатів.

У першому розділі проведено аналіз методів захисту інформації на основі широкосмугових сигналів, розглянуто показники прихованості передавання інформації, методи розширення спектра та недоліки їх застосування для забезпечення структурної прихованості. Розділ завершується постановкою завдання дослідження та обґрунтуванням використання таймерних сигнальних конструкцій.

Другий розділ присвячено методам захисту інформації на основі розширення спектра та псевдовипадкового перескоку робочої частоти. У ньому розглянуто класифікацію методів розширення спектра, математичні моделі сигналів, пряме розширення спектра, ППРЧ, комбіновані методи та обґрунтовано використання таймерних сигналів для підвищення прихованості передавання інформації.

Третій розділ спрямований на дослідження таймерних сигнальних конструкцій та їх властивостей у системах прихованого передавання інформації. У ньому досліджено статистичні та кореляційні властивості ТСК, формування шумоподібних сигналів, особливості їх кореляційного приймання та ефективність методів захисту інформації на основі широкосмугових сигналів.

Четвертий розділ є основним розрахунково-дослідницьким розділом дисертації. У ньому розглянуто параметри ТСК для маніпуляції та розширення спектра, проведено порівняльний аналіз позиційних і таймерних сигналів, розроблено методи швидкого, повільного та багатоканального ППРЧ для таймерних сигналів, запропоновано комбінований метод розширення спектра, а також проведено оцінювання структурної прихованості та інтегральної бази комбінованого сигналу. Окремо досліджено ентропійний аналіз та адаптивне керування параметрами шумоподібного таймерного сигналу.

Завершується робота загальними висновками, списком використаних джерел та трьома додатками, у яких наведено публікації здобувача, акти впровадження та інтерфейс програмного забезпечення для дослідження властивостей таймерних сигналів.

Загальний обсяг дисертації становить 173 сторінки, з яких основний текст викладено на 121 сторінці машинописного тексту, список використаних джерел містить 98 найменувань і займає 13 сторінок.

У цілому, структура дисертації є послідовною та відповідає логіці проведеного дослідження: від аналізу існуючих методів захисту інформації та обґрунтування наукового завдання до розроблення методів розширення спектра

таймерних сигналів, їх теоретичного оцінювання та дослідження практичних характеристик.

Мова та стиль викладання результатів

Дисертаційну роботу Степанова Вадима Олександровича написано українською мовою з дотриманням наукового стилю викладення. Матеріал наведено послідовно та структуровано відповідно до логіки проведеного дослідження. Автор використовує відповідну науково-технічну термінологію у сфері кібербезпеки, захисту інформації, радіозв'язку, розширення спектра та ТСК.

Теоретичні положення, математичні моделі та результати досліджень супроводжуються відповідними формулами, рисунками й таблицями, що сприяє їх обґрунтованому поданню та полегшує сприйняття отриманих результатів. Виклад основного матеріалу характеризується логічністю та взаємозв'язком між окремими положеннями дисертації.

Повнота викладу основних положень дисертації в опублікованих наукових працях

Основні результати дисертаційного дослідження Степанова В.О. достатньою мірою апробовані та опубліковані в наукових працях. За темою дисертації автором опубліковано 15 наукових праць, з яких 7 статей – у наукових фахових виданнях України, включених до Переліку наукових фахових видань України, у тому числі одна стаття у виданні, що індексується в наукометричній базі даних Scopus, а також 8 тез доповідей у матеріалах міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференцій. Крім того, результати дисертаційного дослідження використано під час виконання однієї ініціативної науково-дослідної роботи за спеціальною тематикою.

Кількість і характер опублікованих праць забезпечують належну апробацію результатів дисертації та відповідають установленим вимогам щодо опублікування основних результатів дисертаційних досліджень на здобуття ступеня доктора філософії. Аналіз публікацій свідчить, що в них відображено основні положення дисертаційної роботи, зокрема результати дослідження таймерних сигнальних конструкцій, методів розширення спектра та псевдовипадкового перескоку робочих частот.

Основні результати дослідження апробовано на науково-практичних конференціях і оприлюднено у профільних наукових виданнях. Це свідчить про

достатню повноту представлення результатів дисертаційної роботи у наукових публікаціях та їх належне представлення фаховій науковій спільноті.

Дотримання норм академічної доброчесності

Дисертаційну роботу виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності. Використані ідеї, результати та тексти інших авторів супроводжуються посиланнями на відповідні джерела. У дисертації зазначено особистий внесок здобувача в працях, опублікованих у співавторстві.

За результатами ознайомлення з дисертаційною роботою ознак академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації результатів не виявлено.

Зауваження та дискусійні положення

1. У підрозділі 1.3 достатньо детально розглянуто взаємозв'язок енергетичної та спектральної ефективності каналу з енергетичною прихованістю, однак доцільно було б чіткіше обґрунтувати кількісний зв'язок між показниками ефективності каналу та ймовірністю виявлення сигналу засобами радіоелектронної розвідки. Зокрема, варто уточнити граничні значення енергетичної та спектральної ефективності, за яких забезпечується необхідний рівень прихованості, а також показати цей взаємозв'язок на конкретних розрахункових прикладах для ПРС-ПВП та ППРЧ.

2. У підрозділі 1.4 наведено загальний огляд методів виявлення сигналів, проте вони переважно орієнтовані на позиційні сигнали, на основі яких формуються шумоподібні сигнали. Автором недостатньо враховано особливості шумоподібних таймерних сигналів, у яких змінюється часова структура сигналу, що може ускладнювати їх виявлення та структурний аналіз засобами радіорозвідки.

3. У підрозділі 2.4 розглянуто повільну, швидку та багатоканальну ППРЧ, проте не наведено їх порівняльного оцінювання щодо впливу на прихованість передавання та складність виявлення сигналів засобами радіорозвідки. Доцільно було б обґрунтувати, який із розглянутих варіантів ППРЧ найбільш доцільний для інтеграції з таймерними сигнальними конструкціями з урахуванням їх змінної часової структури.

4. У підрозділі 3.1 обґрунтовано доцільність дослідження статистичних і кореляційних властивостей таймерних сигнальних конструкцій для оцінювання можливостей забезпечення прихованості передавання інформації. Водночас наведені результати отримано для обмеженої кількості структур ТСК. Доцільним було б розширити дослідження для різних комбінацій параметрів

побудови ТСК m , s та i , що дозволило б повніше оцінити вплив їх зміни на статистичні та кореляційні властивості сигналів і рівень їх структурної прихованості.

5. У підрозділі 3.4 запропоновано алгоритм кореляційного приймання шумоподібних таймерних сигналів, однак не розглянуто питання адаптації параметрів кореляційного приймача до параметрів побудови ТСК m , s та i . Зокрема, не обґрунтовано вибір інтервалу та кількості інтервалів Δ , у межах яких приймається рішення про положення значущих моментів відновлення. Доцільно було б визначити залежність кількості інтервалів Δ від часової структури ТСК та обґрунтувати умови її вибору, оскільки цей параметр безпосередньо впливає на точність локалізації значущих моментів відновлення та відтворення часової структури сигналу.

6. У підрозділі 4.5 оцінювання структурної прихованості та інтегральної бази комбінованого сигналу проведено лише для швидкої ППРЧ. Для повільної та багатоканальної ППРЧ, розглянутих у п. 4.4, відповідного кількісного аналізу не наведено. Доцільно було б доповнити дослідження порівняльним оцінюванням зазначених варіантів ППРЧ.

Висновок

Дисертаційна робота Степанова Вадима Олександровича на тему «Підвищення прихованості передавання широкосмугових таймерних сигналів на основі псевдовипадкового перескоку робочої частоти» присвячена актуальному науково-прикладному завданню підвищення прихованості передавання інформації в інформаційно-комунікаційних системах. У роботі розроблено та досліджено методи формування, розширення спектра та приймання широкосмугових таймерних сигналів із використанням псевдовипадкового перескоку робочої частоти. Отримані результати характеризуються науковою новизною, теоретичною обґрунтованістю та практичною значущістю, а сформульовані висновки відповідають поставленій меті й завданням дослідження.

Окремі зауваження мають переважно рекомендаційний характер і стосуються розширення досліджень для різних параметрів побудови таймерних сигнальних конструкцій, адаптації параметрів кореляційного приймача до структури ТСК, а також порівняльного оцінювання швидкої, повільної та багатоканальної ППРЧ. Зазначені зауваження не впливають на загальну наукову цінність, достовірність отриманих результатів та практичну значущість дисертаційної роботи.

Вважаю, що дисертація Степанова Вадима Олександровича відповідає вимогам пунктів 5-8 Постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а також вимогам щодо оформлення дисертацій, а здобувач – Степанов Вадим Олександрович – заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 125 Кібербезпека галузі знань 12 Інформаційні технології.

Офіційний опонент:

проректор з науково-дослідної роботи
та міжнародних зв'язків
Черкаського державного
технологічного університету,
доктор технічних наук, професор



Еміль ФАУРЕ

Підпис Фауре Е.В. засвідчую:

учений секретар

Черкаського державного

технологічного університету

кандидат технічних наук, доцент



Ірина МИРОНЕЦЬ