

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Національного університету "Львівська політехніка"  
д.т.н., професору Опірському Івану Романовичу

## В І Д Г У К

офіційного опонента кандидата технічних наук, доцента Орленко Вікторії Сергіївни, доцента кафедри кібербезпеки Хмельницького національного університету на дисертаційну роботу Кутеня Романа Богдановича "Покращення захисту інформації при передачі бездротовими системами" подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 125 "Кібербезпека" (галузь знань 12 "Інформаційні технології")

### 1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Дана дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі – підвищення стабільності, захищеності і відмовостійкості процесу передавання інформації у бездротових системах.

Однією із таких систем, які найкритичніше потребують захисту у теперішній час, є системи зв'язку та керування безпілотними апаратами, зокрема безпілотними літальними апаратами (БПЛА) або так званими "дронами". Досвід років захисту територіальної цілісності України демонструє високу важливість безпілотних засобів розвідки, доставки, нанесення ураження, тощо.

Відповідно, захист інформації, що передається через бездротові мережі для керування такими апаратами, отримання з них даних на відстані є важливим аспектом їх експлуатації. І реалізація та випробування пропонованих в роботі концепцій саме на макеті квадрокоптера є вагомим фактором актуальності проведеного дослідження.

Враховуючи ці аспекти можна підсумувати, що питання та задачі щодо захисту бездротових систем, зокрема систем керування і зв'язку БПЛА, які підняті і опрацьовані у даній роботі, є актуальними.

### Аналіз змісту дисертаційної роботи

Дисертація Кутеня Романа Богдановича є завершеною науковою працею, яка містить науково обґрунтовані результати, викладені на 188 сторінках та складається з анотації, змісту, переліку скорочень, вступу, чотирьох основних розділів, в яких міститься 38 рисунків та 10 таблиць, списку використаних джерел із 97 найменувань, а також 2 додатки. За структурою, мовою та стилем викладення дисертація відповідає вимогам МОН України.

У вступі подані усі необхідні дані щодо актуальності обраної теми, її основні завдання та цілі дослідження, а також такі атрибути дослідження як мета, предмет, об'єкт. Також було обґрунтовано наукову новизну роботи, та вказано як і де вона була апробована та опублікована.

У **першому розділі** "Основні відомості щодо передавання інформації у інформаційних системах та мережах" проведено огляд вітчизняної та зарубіжної наукової літератури. На основі чого було проаналізовано аспекти застосування інформаційних мереж для обміну і передавання даних, використовуваних в них технології і проаналізовано їх поточне використання в цивільній та військовій сферах.

У **другому розділі** "Проблематика захисту інформації при передаванні бездротовими системами" детально розглянуто існуючі підходи до проблеми захисту інформації при передачі її у бездротових системах. Базуючись на попередніх результатах досліджень із першого розділу, основний аналіз всіх можливих засобів і концепцій захисту інформації в каналах зв'язку проводився в контексті можливості та способів їх застосування у безпілотних авіаційних системах.

У **третьому розділі** "Покращення захищеності бездротових систем керування та зв'язку в контексті БПЛА" запропоновано та науково обґрунтовано нову ідею для покращення стійкості та захищеності каналу зв'язку безпілотного пристрою перед засобами РЕБ. Запропоновані та розроблені методи покращення існуючих методів та засобів захисту. Запропоновані методики мають вагомe значення в питаннях захисту інформації в системах зв'язку і керування безпілотних пристроїв.

У **четвертому розділі** "Експериментальні дослідження запропонованих методів покращення захисту інформації у бездротових системах" проведено практичну реалізацію та експериментальне випробування ефективності та точності запропонованих методів захисту. Окремо були досліджені методи захисту відеосистеми та метод "аварійного відновлення зв'язку".

У **висновках** до роботи описано основні здобуті результати та заключення, які впливають із результатів проведених наукових та експериментальних досліджень. Представлено основні отримані показники характеристик роботи запропонованих та реалізованих систем захисту. Наведено порівняльну оцінку можливостей використання різних наборів метрик для засобу аварійного відновлення зв'язку із обґрунтуванням вибору найбільш оптимального набору на основі кількісних показників їхньої точності.

У **додатках** до дисертаційної роботи подано список наукових публікацій автора та акти впровадження результатів дисертаційного дослідження.

## **2. Наукова новизна одержаних результатів**

Найбільш суттєві результати проведеного дослідження, що складають наукову новизну, полягають у тому, що:

– *вперше запропоновано* критерій просторової стійкості, який визначає здатність дистанційно керованого пристрою до самостійного просторового переміщення,

– *вперше розроблено* математичну модель критерію просторової стійкості та обґрунтовано доцільність його використання при дослідженні захищеності інформаційних та кіберфізичних систем;

– *отримали подальший розвиток* існуючі методики оцінки стану захищеності бездротових систем керування, шляхом врахування до результатів їхнього оцінювання результату оцінки за запропонованим критерієм просторової стійкості;

– *розроблено* метод "аварійного відновлення зв'язку", який ґрунтується на відстеженні залежності якості зв'язку від просторового переміщення та автономному поверненні керованого пристрою до точки останнього стабільного зв'язку за інерційними даними маршруту, що дозволило значно підвищити ефективність протидії систем керування і зв'язку до засобів РЕБ та зменшити затрати на реалізацію засобів захисту пристрою;

– *розроблено* методику захисту інформації у бездротових системах, яка оснований на мінімізації потужності передавача інформації достатньої для зв'язку з пунктом керування. Дана методика, на відміну від існуючих, забезпечує захищеність даних від перехоплення засобами розвідки противника;

– *вдосконалено та адаптовано* до роботи у малопотужних автономних системах із симплексним зв'язком методи захисту інформації із використанням псевдовипадкового переналаштування несучої частоти передавача, що дозволило підвищити їх захищеність перед засобами розвідки без зниження швидкодії інформаційної системи.

**3. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати.**

Отримані в результаті досліджень наукові результати, можуть бути застосовані при розробці новітніх систем забезпечення безпеки інформації при передачі бездротовими каналами зв'язку, які використовують метод аварійного відновлення, адаптивної регуляції потужності для покращення доступності зв'язку та підвищення конфіденційності даних у системах зв'язку та дистанційного керування.

Також, отримані результати можуть бути впроваджені у навчальний процес при вивченні студентами дисциплін, що стосуються захисту бездротових каналів зв'язку, захисту рухомих об'єктів та систем. Зокрема, результати дослідження Кутеня Романа Богдановича вже впроваджені у навчальний процес кафедри захисту інформації Національного університету "Львівська політехніка" при вивченні дисципліни "Безпека технологій зв'язку" для студентів напрямку підготовки 125 "Кібербезпека та захист інформації".

**4. Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації, їх достовірність та новизна**

Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів базується на кваліфікованому підході до постановки завдань досліджень, кожне з яких було сформульовано чітко і в логічній послідовності. Це забезпечило логічно правильний вибір математичних моделей і коректне використання математичного апарату. При створенні наукових положень, моделей та методології здобувач проаналізував достатню кількість джерел і опирався на сучасні наукові напрацювання за тематикою дослідження.

Адекватність та достовірність отриманих результатів підтверджується також практичною реалізацією моделі на лабораторному макеті для проведення експериментальних випробувань. Створені наукові положення, методи та методології є достатньо обґрунтованими, що підтверджується результатами моделювання, експериментальних досліджень та отриманими практичними результатами.

#### **5. Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що:**

- застосування розробленого методу "аварійного відновлення зв'язку" для забезпечення постійного керування апаратом дозволило проведення неперервного "зондування" оперативного простору, завдяки чому з'явилася можливість складати топографічні схеми "безпечних" маршрутів для апаратів, які не обладнані такою системою захисту;

- розроблена методика захисту на основі керування параметрами відео-передавача БПЛА за допомогою додатково встановленого контролера дозволила здійснювати переналаштування частоти швидше від паспортного значення у ширшому діапазоні роботи. Отриманий мінімальний період зміни частоти складає 80 мс, замість 150 мс за паспортом, тобто частота переналаштування майже у 2 рази більша. Крім цього використання додаткового контролера дозволило розширити робочий діапазон частот відео-передавача з 5650-5950 МГц до 5000-6000 МГц;

- розроблені у роботі методи захисту можуть бути впроваджені у вже існуючий і функціонуючий пристрій із мінімальними змінами його конфігурації, що дозволило здійснити такий апгрейд фактично у польових умовах;

- експеримент із випробування методу "аварійного відновлення зв'язку" демонструє, що використання даних акселерометра (3 осі) і гіроскопа (3 осі) забезпечує високу точність (похибка відстеження прямолінійного польоту і маршруту з кривою складає 0,6% і 0,56% відповідно) і високу стійкість до впливу на апарат поривів вітру та інших перешкод (похибка зросла лише до 0,833% та 0,686% відповідно).

#### **6. Повнота оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Основні результати дисертаційної роботи Кутеня Романа Богдановича викладено у достатньому обсязі у дванадцяти наукових публікаціях, а саме: у трьох статтях у фахових наукових виданнях України і восьми тезах виступів на всеукраїнських та міжнародних науково-практичних заходах.

Особистий внесок здобувача у колективно опублікованих працях полягає у формуванні та розробці ключових ідей та результатів. З праць, опублікованих здобувачем у співавторстві, у дисертації використані дані та результати, які були отримані здобувачем самостійно.

### **7. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення**

Дисертаційна робота має чітко визначену та логічно побудовану структуру, що відповідає вимогам МОН України. Усі розділи дисертації послідовно викладенні, починаючи від вступу, який містить мету, завдання (атрибути) дослідження і завершуючи висновками. Кожен розділ послідовно описує етапи проведених досліджень.

У роботі використовується сучасна загальноприйнята професійна термінологія, а усі специфічні аббревіатури мають відповідне пояснення у списку використаних умовних позначень, скорочень та термінів, що робить текст зрозумілим для фахівців у відповідній галузі.

У дисертаційній роботі дотримані принципи академічної доброчесності. Будь-яке використання ідей, результатів і текстів інших авторів містить належне посилання на відповідне джерело.

### **8. Зауваження та дискусійні положення щодо змісту роботи**

Поряд із загальною позитивною оцінкою роботи присутні деякі аспекти, що потребують уточнення. Також робота містить деякі положення, які можуть слугувати предметом дискусії:

1. У роботі було розроблено математичну модель критерію просторової стійкості для оцінки тих чи інших систем, та описано його у загальному випадку як функцію "чорного ящика", поряд з цим у Розділі 3 висловлені припущення щодо передбачення приблизного розподілу значень цього критерію, в залежності від відомих зовнішніх обставин. Доцільно було би більше уваги приділити розробці детальнішої прогностичної моделі такого критерію.

2. У розділі 2 автор детально розглядав існуючі підходи до вирішення задачі приховування інформації в системах бездротового зв'язку, серед яких були методи захисту на основі стеганографії. В результаті аналізу було зроблено висновок, щодо недоцільності використання стеганографії, доцільно було б більш детально обґрунтувати такий висновок і за можливості навести кількісні параметри, що такий висновок зумовили.

3. У вступі до дисертації здобувач визначає методи дослідження, які були використані в процесі дослідження, проте немає конкретної інформації для якої задачі який метод був використаний.

4. У пункті 3.1 вказано, що одним із критеріїв оцінки розроблених систем захисту є вартість та ресурсозатрати на реалізацію. Доцільно було б привести числові характеристики за даними критеріями (наприклад вартість системи, реалізованої у лабораторному макеті та потенційні можливості її здешевлення).

5. У дисертаційній роботі є певні неточності стилістичного характеру. Також у декількох літературних джерелах пропущені сторінки або здійснено посилання на WEB-ресурс із документом (замість посилання на сам документ), тощо.

Водночас, вказані зауваження мають дискусійний характер, не є принциповими, істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не знижують її наукової і практичної цінності.

#### Загальні висновки щодо дисертаційної роботи

Аналіз роботи Кутеня Романа Богдановича "Покращення захисту інформації при передачі бездротовими системами" дозволяє дійти висновку, що дана робота є актуальним дослідженням. Зміст роботи відзначається науковою цінністю, та внеском у розвиток систем захисту бездротового зв'язку. Дана наукова робота є завершеною самостійною працею та відповідає паспорту спеціальності.

Вважаю, що дисертаційна робота за своєю актуальністю, науковою новизною, практичним значенням отриманих результатів, обґрунтованістю основних положень та висновків відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017 "Про затвердження вимог до оформлення дисертації", "Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії", який затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. №44, а її автор Кутень Роман Богданович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 125 "Кібербезпека".

#### Офіційний опонент:

кандидат технічних наук, доцент  
доцент кафедри кібербезпеки  
Хмельницького національного університету



Вікторія ОРЛЕНКО