

**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

**КРИВАНИЧ ЄВГЕНІЙ МИХАЙЛОВИЧ**

**УДК 621.396**

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПЕРВИННОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНИХ  
КАНАЛІВ ДЛЯ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ**

Спеціальність 125 «Кібербезпека»

**АВТОРЕФЕРАТ**

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль – 2019 р.

Дипломною роботою за освітнім ступенем «магістр» є рукопис

Робота виконана на кафедрі кібербезпеки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

**Науковий керівник:**

кандидат технічних наук, доцент  
Баран Олег Ігоревич,  
декан факультету комп'ютерно-  
інформаційних систем і програмної  
інженерії,  
Тернопільський національний  
технічний університет імені Івана Пулюя

**Рецензент:**

доктор технічних наук, професор  
Пасічник Володимир Володимирович  
професор кафедри комп'ютерних наук,  
Тернопільський національний  
технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 24 грудня 2019 р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії № \_\_\_\_ у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №1, ауд. \_\_\_\_

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми дослідження.** Надшвидкими темпами розвиваються інформаційно-телекомунікаційні системи, які паралельно надають поштовх для розвитку систем зберігання, захисту та достовірності переданої інформації. Це відбувається на основі розвитку цифрових технологій. Захист інформації має як зовнішні так і внутрішні складові.

Кібербезпека – це технологія, яка є основою захисту внутрішніх інформаційних каналів на основі програмного забезпечення. Зовнішні чинники захисту інформаційних каналів при організації передачі на основі бездротових технологій ґрунтуються на технічних характеристиках антенних систем та вхідних ланок радіотехнічних систем, комплексів.

Один із таких поширених систем бездротового зв'язку – супутниковий зв'язок на основі технологій VSAT, передача даних, телебачення, радіолокація.

Епоха розвитку супутникового зв'язку почалась у 50-60 роки ХХ століття і на теперішній час є альтернативою наземного зв'язку, а у багатьох випадках і переважає з точки зору доступності та покриття території.

Враховуючи вищесказане, технічні характеристики різного роду терміналів, систем повинні відповідати заявленим даним та бути максимально адаптованими до електромагнітної сумісності, завадостійкості з другими системами. Завадне середовище може суттєво змінити структуру інформаційних каналів, внести завади, зменшити рівень.

На сьогднішній час є багато методів для боротьби з завадним середовищем, зовнішнім несанкціонованим втручанням, але вони в повній мірі не забезпечують на 100 % захист інформації, яка передається системами зв'язку.

**Метою дипломної роботи** є аналіз, систематизація існуючих методів боротьби з завадними інформаційними полями, які створюються як природнім шляхом так і штучним, створення нового методу гібридного типу для підвищення первинного інформаційного захисту каналів зв'язку, достовірності та ідентичності переданого та прийнятого сигналів.

### **Основні завдання дослідження:**

- провести аналіз архітектурних топологій існуючих систем супутникового зв'язку, які функціонують на різних штучних орбітах навколо Землі;
- дослідити існуючі методи захисту інформаційних каналів зв'язку;
- дослідити алгоритми роботи систем супутникового зв'язку з точки зору захисних функцій зі зменшення впливу дестабілізуючих факторів завадного середовища;
- здійснити оцінку достовірності організаційних та енергетичних методів захисту інформаційних каналів зв'язку;
- дослідити методи режекції для зменшення завадного шкідливого інформаційного поля;
- створити новий гібридний дуальний метод з покращеними кількісними та якісними характеристиками переданої інформації супутниковими каналами зв'язку;
- розробити алгоритм роботи гібридного методу;
- оцінити технічні характеристики систем передачі інформації;

- порівняти даний метод з існуючими.

**Об'єктом дослідження** є система супутникового зв'язку за технологією типу VSAT та методи первинного захисту інформаційних каналів зв'язку від зовнішнього завадного середовища.

**Предметом дослідження** є системи супутникового зв'язку геостаціонарного типу, засоби аналізу параметрів інформаційних каналів зв'язку, просторових параметрів електромагнітних хвиль, методи подалення паразитних завадних сигналів.

Теоретико-методологічною базою дипломної роботи є сучасна теорія та фундаментальні концепції створення систем з первинного захисту інформаційних каналів супутникового зв'язку, кібербезпеки.

У процесі дослідження використано такі методи з боротьби та подавлення завадного середовища: віртуального розширення смуги частот та пропускної спроможності каналу, використання протоколів SCPC, проведення ідентифікації, аутентифікацію та авторизації прав абонентів (користувачів) на початковому рівні перед проведенням сеансу зв'язку, підвищення скритності та маскуванню каналів при вузькосмуговій передачі інформації, просторової режекції завад, організаційний та енергетичний методи боротьби з завадами, фільтрації сигналів завадного середовища.

**Інформаційну базу дипломної роботи склали:** вітчизняна і закордонна література, міжнародні Регламенти радіозв'язку, норми та законодавчі акти міжнародного консультативного комітету по радіо при ООН, законодавчі акти, ТСЗІ, закони України (РНБО України) з точки зору інформаційної та кібербезпеки.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У дипломній роботі отримані наступні наукові результати:

- створено гібридний дуальний метод ефективної боротьби з завадним середовищем при передачі інформаційних каналів супутникових систем зв'язку;
- створено алгоритм роботи методу при первинному захисті інформації;
- виконано порівняльну характеристику параметрів сигналу з ідентичності та достовірності переданої інформації у порівнянні з другими методами з подавлення завадних сигналів.

**Практичне значення одержаних результатів.** Впровадження гібридного дуального методу підвищення безпекового первинного рівня у боротьбі з завадним середовищем природного та штучного характеру дасть можливість більш ефективно виконувати сеанси зв'язку та передачу інформації супутниковими каналами зв'язку, а саме:

- збільшення коефіцієнту достовірності та ідентичності переданої інформації каналами зв'язку;
- збільшення рівня подавлення завадних сигналів, особливо штучного походження;
- покращення ефективності роботи системи.

**Апробація результатів роботи та публікації.** Результати проведеного дослідження опубліковано у матеріалах VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ», 27-28 листопада 2019 року, м. Тернопіль.

**Структура та обсяг дослідження.** Дипломна робота складається зі вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг основної частини дипломної роботи складає 102 сторінок комп'ютерного тексту.

Дипломна робота містить 8 таблиць, 26 рисунків, 2 додатки на 3 сторінках. Перелік бібліографічних джерел нараховує 42 найменування на 4 сторінках тексту.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **Вступі** представлено актуальність теми дипломної роботи, обґрунтовано мету, сформувано завдання дослідження, предмет та об'єкт, перелічено методи досліджень, визначено інформаційну базу дослідження та практичне значення отриманих результатів.

У **розділі 1** «Аналіз первинного захисту інформаційних супутникових каналів» виконаний аналіз інформаційних джерел з точки зору інформаційної безпеки супутникових мереж та каналів зв'язку. Визначений пріоритет однієї із технологій передачі інформаційних каналів – VSAT станції, які на теперішній час є досить гнучкими, адаптованими до збільшення об'ємів інформації, захищеності від несанкціонованих втручань як ззовні, так і з середини мережі, мають можливість модернізуватись, розширювати смуги частот, пропускну здатність сигналів.

Визначені та проаналізовані основні засади з захисту інформаційних каналів та протоколи передачі інформації, а саме:

- модернізація антенних систем з точки зменшення бокових пелюсток для підвищення завадостійкості системи;
- логічне кодування;
- завадо захищеність при кодуванні (Turbo Coding);
- багатостанційний доступу з TDMA;
- технологія множинного доступу з поділом за часовими проміжками;
- правильний вибір пов'язаний з програмно - апаратними засобами з точки зору захисту інформації
- кодування пакетів інформації у спеціальну форму;
- ідентифікація, аутентифікацію, авторизація пакетів переданої інформації
- технологія передачі даних Frame Relay.

У сукупності дані засади захисту інформації у мережах супутникового зв'язку підвищують ступінь переданої достовірної інформації без спотворень, завад та несанкціонованого впливу.

У **розділі 2** «Методи захисту інформаційних мереж» розглянуто деталізовано різні методи захисту інформативних каналів, які є досить успішними при використанні. Однак вони самостійно не в повній мірі здатні захистити цілісність, достовірність, правдоподібність переданої та прийнятої інформації.

Також існує досить велика частина супутникових інформаційних каналів зв'язку, передачі даних, які є відритими для прийому досить великою кількістю абонентів.

Такі канали є досить вразливі від несанкціонованого доступу (спотворення, придушення, зашумлення, зменшення рівня потужності з порушенням і перебоями у

зв'язку, підробка, знищення та ін.), впливу дестабілізуючих факторів, як кліматичних, так і від завадної компоненти других супутникових та наземних систем зв'язку.

Тому незважаючи на велику кількість існуючих методів, які бажано використовувати паралельно, проблема забезпечення цілісності інформації існує і супутникові канали залишаються практично найбільш вразливими.

**У розділі 3** «Науково – технічне значення отриманих результатів та рекомендації із застосування» виконаний опис та приведені характеристики архітектурних топологій створення супутникових систем зв'язку з врахування системи безпеки та захисту інформаційних каналів передачі даних.

Надані рекомендації з практичної реалізації даних мереж.

Описаний створений новий дуальний метод передачі інформативних каналів, який має значно вищий рівень ймовірнісної інформаційної безпеки переданих даних.

Надані рекомендації при використанні протоколів даних та програмного забезпечення для максимального рівня безпеки та достовірної обробки, перетворення інформації, переданої мережею супутникового зв'язку.

Приведені формули, за допомогою яких можна розрахувати ймовірнісний характер та параметри завад та визначити їх рівень у інформаційній складовій.

Приведені технічні рекомендації у відповідності до міжнародного Регламенту Радіозв'язку для антенних систем з точки зору запобігання інформаційної безпеки абонентських терміналів, зменшення шумових складових від навколишнього середовища та несанкціонованого впливу на передану інформаційну складову у загальному інформаційному полі каналу зв'язку.

**У розділі 4** «Спеціальна частина» дана характеристика програмному забезпеченні HFSS Ansoft v. 9-11.

Програма HFSS використовується для моделювання електродинамічних процесів у системах телекомунікацій, розрахунку характеристик окремих НВЧ структур, моделювання електромагнітних полів у різних зонах випромінювання: ближня, проміжна, дальня, моделювання систем електромагнітної сумісності та завадостійкості систем.

При електродинамічному моделюванні використовується велика різноманітність математичних методів.

Метод моментів, реалізований у MWO, призначений для моделювання багат шарових схем.

Програма IE3D дозволяє, зокрема, розраховувати антенні системи складної конфігурації і аналізувати їх діаграми спрямованості.

Програма цієї ж компанії (Zeland) Fidelity вирішує завдання електродинамічного моделювання методом FDTD (Finite Difference Time Domain). Цей метод дозволяє аналізувати складні структури довільної конфігурації.

Серед нових можливостей Ansoft HFSS можна відзначити:

- періодичні граничні умови, призначені для аналізу антенних градок;
- систему макросів, яка значно розширює можливості програми;
- підпрограму аналізу власних коливань і власних хвиль (eigenmode solver);

- нові можливості візуалізації результатів аналізу, зокрема, анімації картин поля, побудова тривимірних діаграм спрямованості і ін.;
- адаптивний алгоритм рішення електродинамічних задач, що забезпечує високу ефективність моделювання складних структур;
- можливість аналізу багатополісників з багатомодовими портами;
- великі бази даних з НВЧ матеріалами та компонентами;
- можливість параметричного аналізу і оптимізації параметрів структури.

При удосконаленні програми HFSS у розробці брали участь фірми Hewlett Packard, Agilent і Ansoft.

У розділі 5 «Обґрунтування економічної ефективності» проаналізовані етапи розробки та виконання науково-дослідницької роботи, розраховані норми часу на проектування, витрати на оплату праці та відрахування на соціальні потреби, матеріальні витрати, витрати на електроенергію та амортизаційні відчислення.

На основі вище приведених вартісних значень за статтями витрат розраховані накладні витрати, собівартість та повна вартість науково – дослідницьких робіт при дипломному проектуванні. Визначена економічна ефективність виконаних робіт та терміни їх окупності.

У розділі 6 «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проаналізовано організацію охорони праці у виробничому та навчальному процесі (лабораторні дослідження) при використанні інформаційно – телекомунікаційних технологій. Описані методи захисту від електромагнітного випромінювання у радіотехнічному та оптичному діапазонах. Приведені показники впливу на людину потужностей випромінювання у різних зонах опромінення (ближня, проміжна, дальна). Описані засоби технічного захисту від прямого випромінювання у цих частотних діапазонах.

У розділі 7 «Екологія» проведений аналіз та наслідки від однієї із складових ядерного вибуху – електромагнітний імпульс (ЕМІ). Описані технічні характеристики ЕМІ. Надані рекомендації з захисту інформаційно – управляючих систем від ушкоджень під час дії ядерного вибуху.

Враховуючи актуальність різного роду природних та штучних катаклізмів, описана організація систем оповіщення та зв'язку на різних телекомунікаційних засобах та платформах до та під час виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

## **ВИСНОВКИ**

Епоха розвитку супутникового зв'язку почалась у 50-60 роки ХХ століття і на теперішній час є альтернативою наземного зв'язку, а у багатьох випадках і переважає з точки доступності та покриття території.

Враховуючи те, що згідно проекту компанії SpaceX про глобальний високошвидкісний ширококутовий інтернет Starlink, який передбачає запуск та покриття навколосезних орбіт низького рівня (ННО) штучними супутниками зв'язку у кількості 12 тис. штук, то ця реалізація стане інноваційним переворотом у системі мобільного зв'язку, передачі даних та телефонії. Основне сузір'я з 4 тис.

супутників Starlink розмістять на висоті (1110 – 1325) км, додаткові 7 тис. на висоті (335 – 346) км.

Враховуючи вищесказане, технічні характеристики різного роду терміналів, систем повинні відповідати заявленим даним та бути максимально адаптованими з точки зору електромагнітної сумісності, завадостійкості. Завадне середовище може суттєво змінити структуру інформаційних каналів, внести завади, зменшити рівень.

Проаналізувавши та дослідивши системи супутникового зв'язку за технологією VSAT з точки зору захисту інформаційних каналів та безпеки передачі даних каналами зв'язку можна зробити наступні висновки:

1. Проаналізовані типові системи супутникового зв'язку за технологією VSAT.
2. Проведений ґрунтовний аналіз схемних рішень з точки зору організації зв'язку та організації методів захисту інформаційних каналів.
3. Проаналізовані всі основні методи захисту інформаційних каналів на основі програмних та апаратних засобів.
4. Описані способи конфігурації функціонування мереж за технологією VSAT.
5. Проаналізовані методи віртуального розширення смуг пропускання та трафіків супутникових каналів зв'язку.
6. Досліджений та описаний захист від завадного середовища та наведені методи захисту від таких факторів.
7. Приведені та докладно проаналізовані організаційний, енергетичний, режективний методи боротьби з завадним середовищем під час проведення сеансів системами зв'язку.
8. Приведена практична реалізація даних методів боротьби з завадами.
9. Описана архітектура створення мереж типу VSAT для віддалених абонентів.
10. Розроблений власний дуальний метод захисту інформаційних каналів зв'язку під час проведення сеансів зв'язку.
11. Надані рекомендації з захисту інформації у каналах зв'язку при передачі та у процесі формування цифрових пакетів інформації та обробки після прийому.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ**

1. Криванич Є. Метод первинного захисту інформаційних каналів супутникового зв'язку / Євген Криванич, Григорій Химич // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ», 27-28 листопада 2019 року, м. Тернопіль. (м. Тернопіль, 27-28 листопада, 2019) / Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль: ФОП Цимбал Р. А., 2019. – С. 99.



## АНОТАЦІЯ

**Криванич Є.М. Дослідження методів первинного захисту інформаційних каналів для супутникових систем зв'язку. – Рукопис.**

Дослідження на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 125 «Кібербезпека». – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2019.

**Об'єктом дослідження** є система супутникового зв'язку за технологією типу VSAT та методи первинного захисту інформаційних каналів зв'язку від зовнішнього завадного середовища.

**Метою** дипломної роботи є аналіз, систематизація існуючих методів боротьби з завадними інформаційними полями, які створюються як природним шляхом так і штучним, створення нового методу гібридного типу для підвищення первинного інформаційного захисту каналів зв'язку, достовірності та ідентичності переданого та прийнятого сигналів.

### **Методи дослідження.**

Теоретико-методологічною базою дипломної роботи є сучасна теорія та фундаментальні концепції створення систем з первинного захисту інформаційних каналів супутникового зв'язку, просторових параметрів електромагнітних хвиль, методи подалення паразитних завадних сигналів, кібербезпеки.

У процесі дослідженні використано такі методи з боротьби та подавлення завадного середовища: віртуального розширення смуги частот та пропускної спроможності каналу, використання протоколів SCPC, проведення ідентифікації, аутентифікацію та авторизації прав абонентів (користувачів) на початковому рівні перед проведенням сеансу зв'язку, підвищення скритності та маскуванню каналів при вузькосмуговій передачі інформації, просторової режекції завад, організаційний та енергетичний методи боротьби з завадами, фільтрації сигналів завадного середовища.

**Ключові слова:** алгоритм, метод передачі інформації, оцінювання, супутникова система зв'язку, гібридний дуальний метод, vsat станція.

## ANNOTATION

### **Kryvanych E.M. Research of methods of primary protection of information channels for satellite communication systems. - Manuscript.**

Research on obtaining a Master's degree in specialty 125 "Cybersecurity". - Ivan Puluji Ternopil National Technical University. - Ternopil, 2019.

**The subject of the study** is a satellite communication system using VSAT technology and methods of primary protection of communication information channels from external interference.

**The purpose of the thesis** is to analyze, systematize existing methods of combating interfering information fields, which are created both naturally and artificially, to create a new hybrid type method to improve the primary information protection of communication channels, the reliability and identity of the transmitted and received signals.

#### **Research methods.**

The theoretical and methodological basis of the thesis is the modern theory and fundamental concepts of creation of systems for primary protection of information channels of satellite communication, spatial parameters of electromagnetic waves, methods of submission of parasitic interference signals, cyber security.

The study utilizes the following techniques to combat and suppress interference: virtual bandwidth and bandwidth utilization, use of SCPC protocols, authentication and authentication of entry-level subscribers (users) before a session, enhanced secrecy, and channel masking in narrowband information transmission, spatial interference mapping, organizational and energy interference suppression methods, noise filtering environment.

**Keywords:** algorithm, data transmission method, evaluation, satellite communication system, hybrid dual method, VSAT station.