Отрох Сергій Іванович, завідувач кафедри мобільних та відеоінформаційних технологій Державного універ&shy;ситету телекомунікацій: &laquo;Методологія підвищення якос&shy;ті функціонування мережі майбутнього (FN) в умовах дії дестабілізуючих факторів&raquo; (05.12.02 - телекомунікаційні системи та мережі). Спецрада Д 26.861.01 у Державному університеті телекомунікацій

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

Отрох Сергій Іванович

Прим. №

УДК 621.391.8

(індекс)

ДИСЕРТАЦІЯ

МЕТОДОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕРЕЖІ

МАЙБУТНЬОГО (FN)

В УМОВАХ ДІЇ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ

(назва дисертації)

05.12.02 - телекомунікаційні системи та мережі (шифр і назва спеціальності)

Технічні науки
(галузь знань)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

 С.І. Отрох

(підпис ініціали та прізвище здобувана)

Науковий консультант Беркман Любов Наумівна, д.т.н.,професор

(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Київ - 2018

**ЗМІСТ**

**ВСТУП**

**АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, РОЗВИТОК ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ УКРАЇНИ ТА ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ЄДИНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА З ПЕРЕХОДОМ ДО СТВОРЕННЯ МЕРЕЖІ МАЙБУТНЬОГО**

Еволюційний перехід мережі наступного покоління NGN до

телекомунікаційної мережі майбутнього FN

Глобальне Інформаційне Суспільство (ГІС) - як мета розвитку

техногенної цивілізації

FN - напрям технічного розвитку телекомунікацій

Впровадження високорівневого інтелекту в мережі

майбутнього

Концепція організації управління программно -

конфігурованими мережами SDN

Архітектура программно-конфігурованих мереж

Тенденції та проблеми розвитку інфраструктури

телекомунікацій

Розвиток мереж

Розвиток сервісів

Розвиток інформаційних систем

Стратегічні напрямки розвитку телекомунікаційних мереж

Транспортні мережі та мережі доступу

Магістральна DWDM та ІР-мережа

Мережа дистрибуції/агрегації ІР-трафіку

Мережа DSL- доступу

Мережа Ethernet-доступу

Мережі радіо доступу

Архітектура мережі майбутнього

Висновки

**МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ СТАЛОСТІ МЕРЕЖІ МАЙБУТНЬОГО**

1. Поняття та умова сталості мережі майбутнього
2. Визначення сталості мережі майбутнього





















































1. 















1. 







Умова сталості мережі майбутнього



1. 































1. 







**НАДІЙНІСТЬ МЕРЕЖ МАЙБУТНЬОГО**

Поняття про критерії сталості мережі майбутнього

Алгебраїчні критерії сталості мережі майбутнього

Критерій сталості Гурвіца

Граничний коефіцієнт підсилення системи

Коефіцієнт запасу сталості за підсиленням

Частотні критерії сталості

Амплітудно-фазовий критерій сталості мережі майбутнього.... Поняття про умовну сталість багатоконтурних систем. Правило про кількість переходів амплітудно-фазових частотних

характеристик

Фізичне значення амплітудно-фазового критерію сталості

Логарифмічний частотний критерій сталості

Методика оцінки сталості мережі майбутнього в умовах дії

зовнішніх непрогнозованих дестабілізуючих факторів

Дослідження показників стійкості до дії зовнішніх дестабілізуючих факторів мережі

майбутнього

Висновки

Основні види та властивості систем мережі майбутнього, як

складних систем

Статичні системи

Динамічні системи

Властивості складних систем ..

Керованість

Властивості резервованих не відновлювальних систем мережі

майбутнього

Види резервування об’єктів мережі майбутнього

Пасивне резервування з незмінним навантаженням та навантажене активне резервування з дуже надійним

перемикаючим пристроєм

Особливості активного резервування



















1. 

























1. Оптимальне число ділянок резервування 146
2. Ненавантажений і полегшений резерв 150
3. Ковзне резервування

Особливості пасивного резервування

Властивості резервованих відновлюваних систем

Шляхи підвищення надійності відновлювальних систем мереж

майбутнього

Значення контролю для резервованих відновлюваних об’єктів

мережі майбутнього

Значення контролю для об’єктів, що допускають перерви в

роботі

Значення контролю для об'єктів, що не допускають перерв у

роботі

Особливості резервування відновлюваних об’єктів мережі

майбутнього, які допускають перерву в роботі

Резервування об'єктів, для яких відмови допустимі, але немає

резерву часу на ремонт

Функціонування об'єктів, що мають резерви часу на

відновлення

Методи розрахунку надійності телекомунікаційних мереж

майбутнього

Висновки

**ПОБУДОВА ЕФЕКТИВНОГО ЦИФРОВОГО КАНАЛУ ЗВ’ЯЗКУ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ МЕРЕЖІ МАЙБУТНЬОГО**

















































1. 







Розробка структурної схеми демодулятора багатопозиційних









просторових OFDM-сигналів

Маніпуляційне кодування сигнальних n-вимірних

багатопозиційних сузір'їв на основі оптимальних за

завадостійкістю регулярних структур

Методологія розрахунку завадостійкості багатопозиційних

сигнальних сузір'їв

Ефективність каналу передачі даних

Висновки

**КОНЦЕПЦІЯ ТА ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ УТВОРЕННЯ КІЛЬЦЕВИХ КОДІВ**

1. Опис поняття та структура кільцевих кодів











1. 





























5.2. Характеристики векторів показників зсуву

1. Сутність поняття вектора показників зсуву
2. Властивості векторів показників зсуву

Методи формування векторів показників зсуву спеціальних



























кільцевих кодів з попереднім спотворенням

Реалізація алгоритму формування векторів показників зсуву шляхом заміни елементів вихідного вектору кільцевого коду.... Реалізація алгоритму формування векторів показників зсуву шляхом зміщення елементів вихідного вектору кільцевого коду Унікальні властивості особливих кільцевих кодів зі зсувом

початкового вектора

Огляд основних властивостей стандартних кільцевих кодів

Особливі кільцеві коди зі зсувом початкового вектора

Винятки щодо особливих кільцевих кодів зі зсувом початкового вектора

Загальний опис сімейств кільцевих кодів

Сутність поняття сімейства кільцевих кодів

Формування сімейства кільцевого коду типу 011100

Аналіз властивостей сімейства кільцевих кодів на основі дельта-фактору типу 0011100

Формування сімейства кільцевого коду типу 010101 ..

Аналіз властивостей сімейства кільцевих кодів на основі дельта- фактору типу 1010100

Висновки

**ІНВАРІАНТНІСТЬ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ МЕРЕЖІ МАЙБУТНЬОГО (FN)**

Порівняння способів підвищення точності систем





автоматичного управління FN

Умова абсолютної інваріантності похибки відносно збурного діяння та можливість його реалізації у комбінованих системах

управління мережі майбутнього

Умова абсолютної інваріантності похибки відносно задавального діяння і можливість її реалізації в комбінованих

































1. 

слідкуючих системах мережі майбутнього

Підвищення порядку астатизму комбінованої слідкуючої системи за допомогою зв’язку за задавальним діянням мережі

майбутнього

Підвищення швидкодії комбінованих слідкуючих систем за допомогою зв’язку за задавальним діянням мережі майбутнього Підвищення швидкодії комбінованих слідкуючих систем за допомогою зв’язку за задавальним діянням мережі майбутнього Слідкуючі системи з принципом управління за відхиленням і диференціальними зв’язками. Ітераційні системи управління

мережі майбутнього

Висновки

ДОДАТОК А Акт впровадження наукових результатів дисертаційної роботи в ПрАТ «Український інститут із проектування і розвитку

**ВИСНОВКИ**

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДОДАТКИ**

інформаційно-комунікаційної інфраструктури «Діпрозв’язок»

ДОДАТОК Б Акт впровадження наукових результатів дисертаційної

роботи в ТОВ «ІФК «СИМВОЛ»

ДОДАТОК В Акт впровадження наукових результатів дисертаційної

роботи в Державному університеті телекомунікацій

ДОДАТОК Г Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

**ВСТУП**

**Актуальність теми.** Розвиток телекомунікацій як важлива складова інформатизації суспільства та забезпечення населення високоякісними послугами зв'язку - є одним з найважливіших напрямів національного та економічного розвитку будь-якої держави, і, зокрема, України. Неймовірно збільшені потоки інформації - телефонні розмови, факсимільна інформація, електронна пошта, масиви даних та телебачення - показують, якою мірою світ стає ще більш залежним від засобів телекомунікацій, що змінюють бізнес, стиль життя, суспільство в цілому. Комунікаційні послуги стирають кордони між культурами, мовами та часом. Новий етап у розвитку українських телекомунікацій - це етап повноправного входження нашоїкраїнидо світовоїінформаційної спільноти.

Характерною рисою інформаційного суспільства є реалізація сукупності суспільних відносин у різних сферах людської діяльності (в політиці, економіці, державному управлінні, освіті, медицині, культурі, дозвіллі, особистому житті) з широким використанням сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, що дає змогу кожному створювати інформацію та накопичувати знання, мати вільний доступ до них, можливості для їхнього розповсюдження і використання з метою суспільного прогресу та особистого інтелектуального зростання. В умовах, коли нові технології все більше завойовують світовий ринок, невідкладним завданням стає створення такої мережі, яка забезпечить розвиток міжнародної економіки у відповідності до загальносвітового руху в напрямку Глобального Інформаційного Суспільства (ГІС).

На хвилі цього історичного розвитку виникла ідея світової інформаційної цивілізації і концепція єдиного ГІС як її основи - тема, якою зайняті в усьому світі фахівці в області телекомунікацій. Практично реалізувати концепцію ГІС може саме мережа майбутнього. Впровадження принципів створення мережі майбутнього покоління - FN (Future Networks), згідно з визначенням Міжнародного союзу електрозв’язку (МСЕ) прогнозується починаючи з 2015 року в період до 2020 року. Технологія FN виступає як складовий елемент нової загальносвітової культурної революції, який може розглядатися як один з ключових, оскільки відповідає за комунікацію (спілкування) людей в новому інформаційному просторі. Аналізуючи тенденції розвитку сьогодення видно, що активно йде еволюційний, а не революційний розвиток мережі наступного покоління з поступовим переходом до мережі майбутнього на базі глобальної інформаційної інфраструктури з використанням інтернет протоколів (ІР).

Мережа майбутнього - це глобальна інформаційна інфраструктура, яка об’єднує в собі вже існуючі інформаційно-комунікаційні мережі з врахуванням компонент, які тільки плануються до впровадження з єдиним центром управління глобальною інформаційною інфраструктурою, що здатна надавати повний спектр телекомунікаційних послуг (в будь-якому географічному місці, гарантованої якості, прийнятної вартості, в будь-який час) на базі нових та інноваційних технологій. Для побудови FN будуть використовуються кремнієві та оптичні технології, швидкість передачі даних в мережі невпинно росте і вже сягає більше 1 Тбіт/с.

Головною відмінністю мережі майбутнього є здатність до самовідновлення, самопристосування, самонавчання та самоорганізації за рахунок її сталості та стійкості до дії стихійного лиха, які останнім часом у зв’язку зі зміною клімату дедалі частіше спостерігаються, такі як землетруси, паводки, цунамі, повені, буревії, тощо. Тому надання телекомунікаційних послуг зупиняється в тому чи іншому регіоні світу. Це свідчить, що ми живемо в епоху глобальних змін, тому потрібно сформувати вимоги до FN такі, щоб вона була стійка та стала до впливу вищезазначених зовнішніх дестабілізуючих факторів (ЗДФ). Для того, щоб мінімізувати пошкодження та/або захистити мережу необхідно розробити певні рекомендації щодо проектування FN з метою мінімізації дії ЗДФ та відновлення сталого функціонування мережі.

В умовах нестабільного соціально-економічного розвитку в окремих регіонах нашої країни, зростання числа катастроф техногенного та природного характеру, загрози локальних конфліктів, істотне значення набуває завдання забезпечення сталого функціонування телекомунікаційної мережі в цілому. Безвідмовне функціонування телекомунікаційної мережі, яка будується за принципами мережі майбутнього забезпечує потреби управління державою, оборони, безпеки, охорони правопорядку, економіки країни, а також потреби фізичних та юридичних осіб в послугах телекомунікацій.

Одним із способів вирішення цих завдань щодо покращення функціонування мережі майбутнього з врахуванням підвищення надійності засобів, систем і об'єктів зв'язку, вдосконаленням топології мереж зв'язку, є розробка в цілому методології поліпшення показників якості телекомунікаційної мережі в умовах дії зовнішніх непрогнозованих дестабілізуючих факторів**.**

Рішенню завдання підвищення якості функціонування телекомунікаційних мереж присвячено багато робіт українських та закордонних вчених. Створення методів побудови сталих телекомунікаційних мереж до дії деструктивних впливів, теорії катастроф і теорії надійності, пов’язано з роботами таких вчених, як Варакін Л.Є., Вітербі Е.Д., Лазарєв В.Г., Аріпов М.Н., Стеклов В.К., Беркман Л.Н., Климаш М.М., Нетес В.А., Якубайтіс Е.А., Фінк Л.М., Куо Ф.Ф., Бертсекас Д.В., Галлагер Р., Захаров Г.П., Батіщев Д.І., Поспєлов Г.С., Шеннон К., Шахгільдян В.В., Шнепс М.А., Блек Ю., Г андел Р., Девід Е., Болгер Дж., Сігалл А. та інші.

Зважаючи на вищенаведене, актуальним питанням є розробка методології підвищення якості функціонування мережі майбутнього в умовах дії дестабілізуючих факторів для рішення тематичних завдань, що є перспективним, важливим і економічно обґрунтованим напрямом розвитку науки і техніки на сучасному етапі.

**Науково-прикладною проблемою,** вирішенню якої присвячена дисертаційна робота, є розробка методологічних основ підвищення якості функціонування мережі майбутнього в умовах дії дестабілізуючих факторів .

**Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана в рамках Закону України “Про Загальнодержавну цільову програму захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2013-2017 роки”, діяльності ПрАТ Діпрозв’язок при розробці галузевих будівельних норм та реалізації Стратегії розвитку інфраструктури ПАТ «Укртелеком», річних планів наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності Державного університету телекомунікацій на 2018 рік.

Дослідження проведено в межах науково-дослідних робіт (№0201U000602) розробка галузевих будівельних норм ГБН В.2.2-34620942-002:2015 “Лінійно- кабельні споруди телекомунікацій. Проектування” та (0118U003890) “Розробка рекомендацій щодо побудови ефективного цифрового каналу зв’язку з використанням и-вимірних багатопозиційних групових OFDM-сигналів кубічно- амплітудно-фазової модуляції”.

**Мета і задачі досліджень.** Метою дисертаційної роботи є розв’язання комплексу науково-прикладних завдань, пов’язаних з розробкою методології підвищення якості функціонування мережі майбутнього в умовах дії дестабілізуючих факторів.

Для досягнення поставленої мети і вирішення зазначеної проблеми необхідно розв’язати наступні задачі:

1. Провести аналіз основних завдань щодо еволюційного переходу мережі наступного покоління до мережі майбутнього.
2. Розробити узагальнену архітектуру мережі майбутнього на базі існуючих та перспективних технологій.
3. Дослідити умови функціонування сучасної телекомунікаційної мережі та визначити дестабілізуючі фактори, які впливають на функціонування мережі майбутнього.
4. Класифікувати зовнішні дестабілізуючі фактори, які впливають на роботу мережі майбутнього та розробити рекомендації щодо проведення запобіжних заходів з мінімізації їх наслідків.
5. Розробити методику оцінки сталості мережі майбутнього в умовах дії найпоширеніших зовнішніх дестабілізуючих факторів та визначити показники сталості мережі майбутнього, а саме надійності і живучості та розробити систему відновлення мережі майбутнього.
6. Розробити методику підвищення надійності мереж майбутнього в умовах дії найпоширеніших дестабілізуючих факторів на базі алгоритму визначення оптимального числа об'єктів резервування.
7. Розробити метод формування кільцевого коду та алгоритм його утворення і синтезувати математичні моделі утворення сімейств кільцевих кодів для побудови ефективного каналу передачі інформації мережі майбутнього.
8. Розробити конструкції просторових багатопозиційних сигналів та провести порівняльний аналіз завадостійкості багатопозиційних сигнальних сузір’їв квадратурно- амплітудної Q-фазової модуляції (QAM), гексагонально-амплітудної Q-фазової модуляції (HAP) та просторової кубічно-амплітудної Q-фазової модуляції (САМ).
9. Розробити універсальний алгоритм оптимального прийому за критерієм ідеального спостерігача для будь-яких систем просторових багатопозиційних сигналів.
10. Розробити модель комплексного впливу задавальних та збурюючих факторів на функціонування мережі майбутнього, яка дозволяє розрахувати параметри і режим роботи системи управління.

**Об’ єкт дослідження -** процес визначення параметрів мережі майбутнього.

**Предмет дослідження -** методи, методики, модель підвищення якості функціонування мережі майбутнього в умовах дії дестабілізуючих факторів.

**Методи досліджень.** У дисертаційній роботі нові наукові результати й висновки отримано на єдиній методологічній основі математичного аналізу та синтезу складних технічних систем. Також використано сучасні і класичні методи теорії сигналів і систем, математичного й функціонального аналізу, теорії зв’язку та методи теорії інформації, теорії ймовірностей і математичної статистики, методи теорії інваріантності і оптимального управління, методи імітаційного моделювання, методи перевірки результатів дослідження для підтвердження основних положень теоретичних досліджень.

**Наукова новизна роботи.** У процесі теоретичних досліджень і моделювання у дисертаційній роботі отримано наступні нові наукові результати, а саме:

- розроблено узагальнену архітектуру мережі майбутнього, яка складається з рівнів ядра мережі, рівня дистрибуції/агрегації та рівня мережі доступу на базі проводових (xDSL, FTTX) та безпроводових (WEMax, LTE) технологій;

* удосконалено методику оцінки сталості мережі майбутнього в умовах дії найпоширеніших зовнішніх дестабілізуючих факторів та на її основі розроблено систему відновлення мережі майбутнього;
* розроблено методику підвищення надійності мереж майбутнього в умовах дії найпоширеніших дестабілізуючих факторів на базі алгоритму визначення оптимального числа об'єктів резервування;
* вперше розроблено метод побудови цифрового каналу передачі інформації, який використовує просторові багатопозиційні сигнальні сузір’я, що мають найвищу завадостійкість наближену до потенційно можливої;
* вперше розроблено алгоритм оптимального прийому просторових багатопозиційних сигнальних сузір’їв за критерієм ідеального спостерігача;
* вперше розроблено метод утворення кільцевого коду та сформовані математичні моделі утворення сімейств кільцевих кодів для побудови ефективного каналу передачі мережі майбутнього;
* розроблено модель комплексного впливу задавальних та збурюючих факторів на функціонування мережі майбутнього.

Отримані методи, методики, модель у поєднанні з алгоритмами їх застосування формують методологіюпідвищення якості функціонування мережі майбутнього в умовах дії дестабілізуючих факторів для рішення тематичних завдань, що визначено предметом дисертаційного дослідження.

**Практична цінність одержаних результатів.** Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи реалізовані в рамках виконання науково-дослідної роботи (НДР) з розробки галузевих будівельних норм ГБН В.2.2-34620942-002:2015 “Лінійно-кабельні споруди телекомунікацій. Проектування”(ДР № 0201U000602) та в рамках НДР “Розробка рекомендацій щодо побудови ефективного цифрового каналу зв’язку з використанням «-вимірних багатопозиційних групових OFDM- сигналів кубічно-амплітудно-фазової модуляції” (ДР № 0118U003890) і використовуються в навчальному процесі Державного університету телекомунікацій. Впровадження результатів дослідження підтверджуються відповідними актами, наведеними в додатку до дисертаційної роботи.

**Публікації.** Основні результати дисертаційного дослідженняопубліковані після захисту кандидатської дисертації в 51 наукових працях, серед них 8 одноосїбних. Всього опублїковано в наукових фахових виданнях 29 статей. Зроблено 16 доповідей на наукових та науково-технічних конференціях, з яких 7 всеукраїнських та 10 мїжнародних. В рамках досліджень опублїковано 3 навчальні посібники та розроблено Галузеві будівельні норми України ГБН В.2.2-34620942- 002:2015 “Лінійно-кабельні споруди телекомунікацій. Проектування”.

**Особистий внесок здобувача.** Нові наукові положення та результати дисертації одержані особисто здобувачем. У дисертації не використовувалися ідеї та розробки, що належать співавторам, з якими опубліковано наукові праці. Усі наукові результати, що подаються до захисту одержано особисто автором, наукові статті опубліковані у фахових виданнях, відповідають вимогам, як за назвою, так і за змістом.

В роботах, що написані в співавторстві, особистий внесок здобувачу належить: [1, 3, 6, 7, 9] визначена архітектура NGN і її основні протоколи та перехід до мережі майбутнього; [15, 18, 19] визначена методика оцінювання сталості та стійкості мережі майбутнього в умовах дії зовнішніх непрогнозованих дестабілізуючих факторів та побудова системи відновлення; [14] методики розрахунку надійності телекомунікаційних мереж майбутнього; [21,22] розробка методики підвищення надійності мереж майбутнього з використанням алгоритму визначення оптимального числа об'єктів резервування; [20] проведений порівняльний аналіз завадостійкості систем при використанні и-вимірних багатопозиційних сигналів та [24] методологія розрахунку завадостійкості просторових багатопозиційних сигнальних сузір'їв; [25, 26] розробка структурної схеми демодулятора багатопозиційних просторових OFDM-сигналів; [27] розробка алгоритму формування кільцевих кодів для побудови ефективного каналу передачі даних мережі майбутнього.

**Апробащя результатїв дисертації.** Основні положення і результати дисертації, практичні висновки і рекомендації, які одержано під час роботи, апробовано та оприлюднено в ході: ІІІ Міжнародної науково-методичної конференції „Болонський процес: трансформація навчального процесу у технологію навчання” (м. Київ, ДУІКТ, 26-27.10.2006); 6-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми управління телекомунікаційними мережами та послугами в умовах конкурентного ринку» (смт. Партеніт , УНДІЗ, 19-21.09.2007); науково- практичної конференції професорсько-викладацького складу та студентів ННІТІ «Новітні інформаційні та телекомунікаційні технології» (м. Київ, ДУІКТ, 4.04. 2007); ІУ Міжнародної науково-методичної конференції (м. Київ, ДУІКТ, 25-26.10.2007); ІУ Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології» (АР Крим, м. Ялта-Лівадія ДУІКТ, 15-19.09. 2008 р.); У науково-методичної конференції «Сучасні тенденції розвитку вищої освіти, трансформація навчального процесу у технології навчання» (м. Київ, ДУІКТ, 23-24.10. 2008); У Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології» (м. Київ, ДУІКТ, 05-09.10. 2009); ІУ наукової конференції ДУІКТ «Сучасні тенденції розвитку технологій в інфокомунікаціях та освіті» (м. Київ, ДУІКТ, 05-06.11. 2009); 8-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми управління телекомунікаційними мережами та послугами в умовах конкурентного ринку» (смт. Партеніт, УНДІЗ, 23-25.09.2009); 9-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми управління мережами та послугами телекомунікацію) (смт. Партеніт, УНДІЗ, 27-29.09.2010); УІІ Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології» (АР Крим м. Ялта, ДУІКТ, 05-09.10. 2009);

1. ої студентської науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій» (м. Київ, ДУТ, 2014); Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології» (м. Київ, ДУТ, 17-20.11.2015р.); II Міжнародної науково-технічної конференції «Актуальні проблеми розвитку науки і техніки» (м. Київ, ДУТ, 20.12.2015 р.); регіональної конференції Міжнародної спілки електрозв’язку «Перспективи надання послуг на основі мереж пост NGN, 4G та 5G. Організаційні та технічні рішення їх будова та захист» (м. Київ, ДУТ,
2. 9.06. 2017 р.). Крім того основні положення і результати дисертації, практичні висновки і рекомендації, також апробовано на міжкафедральному семінарі ННІТІ

Державного університету телекомунікацій.

**Обсяг і структура дисертації**. Зміст дисертації викладено на 334 сторінках, ілюстровано 99 рисунками та 44 таблицями. Матерїали дисертації складаються зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел з 206 найменувань.

ВИСНОВКИ

У дисертації згідно до поставленої мети, на основі теоретичних досліджень розв’язано важливу науково-технічну проблему, а саме розроблено методологія підвищення якості функціонування мережі майбутнього в умовах дії дестабілізуючих факторів. Отримані в даній дисертаційній роботі результати, носять самостійне значення й можуть бути використані для проектування, планування будівництва та експлуатації мережі майбутнього.

Основні результати роботи полягають в наступному:

1. Розроблено узагальнену архітектуру мережі майбутнього, яка на складається з рівнів ядра мережі, рівня дистрибуції/агрегації та рівня мережі доступу на базі проводових (xDSL, FTTX) та безпроводових (WbMax, LTE) технологій.
2. Удосконалено методику оцінки сталості мережі майбутнього в умовах дії найпоширеніших зовнішніх дестабілізуючих факторів та на її основі розроблено систему відновлення мережі майбутнього. Запропоновано архітектуру мережі майбутнього, яка дозволяє підвищити показники надійності і живучості на 11% в порівняні з тими, які використовують в своїй діяльності оператори телекомунікацій.
3. Розроблено методику підвищення надійності мереж майбутнього в умовах дії найпоширеніших дестабілізуючих факторів на базі алгоритму визначення оптимального числа об'єктів резервування. Визначено, що ненавантажений резерв є найбільш адекватною формою підвищення надійності мережі майбутнього з урахуванням вартості елементу резервування.
4. Вперше розроблено метод побудови цифрового каналу передачі інформації, який використовує просторові багатопозиційні сигнальні сузір’я, що мають найвищу завадостійкість наближену до потенційно можливої. Визначено, що використання САМ в порівнянні з QAM, HAP дає виграш більше 3дБ, а в порівняні з неоптимальними методами прийому більше ніж на 11 дБ.
5. Вперше розроблено алгоритм оптимального прийому просторових багатопозиційних сигнальних сузір’їв за критерієм ідеального спостерігача. Доведено, що використання OFDM-сигналів для побудови сучасної системи передачі інформації значною мірою покращить ефективність проектованого каналу зв’язку більше 10 дБ. З метою впровадження обладнання на базі технологій 4-го (LTE) та 5-го покоління запропоновано структурну схему демодулятора багатопозиційних просторових OFDM-сигналів, основними перевагами застосування якої є: забезпечення максимально можливої завадостійкості в умовах білого шуму, мінімальні затрати на обчислювальні витрати та відсутність у потребі підстройки амплітуди і фази сигналу.
6. Вперше розроблено метод утворення кільцевого коду та сформовані математичні моделі утворення сімейств кільцевих кодів для побудови ефективного каналу передачі мережі майбутнього. Виграш використання кільцевого коду становить 2,7 рази порівняно з обсягом переданої інформації.
7. Розроблено модель комбінованої системи управління мережі майбутнього, яка враховує комплексний вплив задавальних та збурюючих факторів та дозволяє розрахувати параметри і режим роботи системи управління мережі майбутнього. Вдосконалена комбінована структура системи управління мережі майбутнього забезпечує інваріантність системи до дії дестабілізуючих факторів, що забезпечує ефективне функціонування мережі майбутнього.

Розроблені методи, методики та модель формують методологію підвищення якості функціонування мережі майбутнього в умовах дії дестабілізуючих факторів, що визначено метою дисертаційного дослідження. Таким чином, поставлені наукові задачі вирішені в повному обсязі, мета дослідження досягнута.

Представлені дослідження, розроблені методи, методики охоплюють новітні технологічні рішення, дозволяють здійснювати точні довгострокові прогнози щодо розвитку мережі FN з визначеною вірогідністю та цифрову передачу інформації якісними каналами зв’язку і доцільні для найбільш ефективної реалізації їх в телекомунікаційних мережах України.