

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 26.861.01
доктору технічних наук, професору
ТОЛУБКУ В.Б.

Державний університет
телекомунікацій
03110, м. Київ, вул. Солом'янська, 7.

ВІДГУК

офіційного опонента професора кафедри телекомунікацій та радіотехніки Хмельницького національного університету, доктора технічних наук, доцента Бойка Юлія Миколайовича на дисертаційну роботу Недашківського Олексія Леонідовича на тему «Методологія підвищення ефективності надання телекомунікаційних послуг в мультисервісних мережах», яку подано на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за науковою спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Актуальність роботи. Сучасний етап суспільного розвитку нерозривно пов'язаний з рухом по шляху побудови глобального інформаційного суспільства. Побудова інформаційного суспільства в значній мірі забезпечується за рахунок розвитку і вдосконалення архітектури мереж і систем телекомунікацій, істотного поліпшення їх експлуатаційних характеристик, до яких насамперед належать характеристики якості телекомунікаційних послуг, що надаються в цих мережах.

Для підвищення ефективності надання телекомунікаційних послуг постає необхідність реалізувати глобальну мультисервісну мережу зв'язку для обслуговування як споживачів послуг, так і постачальників контенту з метою забезпечення надвисокої оперативності, гнучкості та ефективності надання всього спектру сучасних послуг. Очевидно, що провідну роль у наданні інформації користувачам займатиме глобальна мультисервісна

мережа, заснована на протоколі IP. При цьому найбільш динамічним є сегмент Інтернет. Мультисервісні мережі (МСМ) забезпечать перехід на єдину пласку мережу передачі даних. Джерела і отримувачі послуг в такій мережі перетворюються на мультифункціональні кінцеві мережеві пристрої із значним ступенем уніфікації.

Виходячи з цього, розроблення методології підвищення ефективності надання телекомунікаційних послуг в мультисервісних мережах є важливим і актуальним напрямом розвитку телекомунікацій. Отже, в роботі тісним чином органічного поєднано дослідження аспектів надання всього спектру сучасних телекомунікаційних послуг в мультисервісних мережах з високим рівнем ефективності.

Автором досліджено відомі теорії побудови телекомунікаційних систем та мереж видатних вчених, а саме Л.Н. Беркман, Г.П. Башаріна, В.І. Неймана, В.М. Вишневіського, О.І. Шелухіна, Г.П. Захарова, О.С. Чугреєва, Б.С. Гольдштейна, L. Kleinrock, W. Vuk, W. Leland, M. Taggu, I. Norros та інших.

Робота пов'язана з вимогами положень Постанови Верховної Ради України про «Концепцію національної інформаційної політики», «Концепції конвергенції телефонних мереж і мереж з пакетною комутацією в Україні», «Стратегії розвитку інформаційного суспільства в Україні», Закону України «Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки».

Автором обґрунтовано зроблено висновок, що системні дослідження проблематики підвищення ефективності надання телекомунікаційних послуг в мультисервісних мережах, які спираються на знання процесів побудови мереж та систем для надання телекомунікаційних послуг на базі технологій мережі Інтернет не проводилися. Такий висновок став підґрунтям до обґрунтованого в дисертаційному дослідженні **протиріччя** між нагальною необхідністю підвищення показників якості телекомунікаційних послуг, а з іншого боку - потребою зменшення витрат на побудову та підтримку мультисервісних телекомунікаційних мереж та систем України.

Враховуючи тісний зв'язок науково-прикладної проблеми із анонсованим вище протиріччям, в дисертаційному дослідженні її можна окреслити як: **забезпечення функціональної ефективності структури мультисервісних мереж на етапі модернізації телекомунікаційних систем в Україні.** Напрямок розв'язку цієї проблеми є впровадження широкосмугових оптичних, провідних і гібридних технологій, що створить передумови для підвищення якості надання телекомунікаційних послуг.

Отже, актуальним завданням дисертаційної роботи є розробка методології підвищення ефективності надання телекомунікаційних послуг в мультисервісних мережах, що є перспективним, важливим і економічно обґрунтованим напрямом розвитку науки і техніки на сучасному етапі.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Ступінь обґрунтованості наукових положень підтверджується науковою обґрунтованістю теоретичних положень, коректним використанням результатів аналізу факторів, які впливають на ефективність застосування мультисервісних мереж для ефективного надання телекомунікаційних послуг при проведенні математичного моделювання і побудові адекватних математичних моделей, що дозволило врахувати специфіку їх застосування; коректністю виведення математичних залежностей для формулювання актуальної наукової проблеми; узгодженістю з наявними результатами інших авторів, опублікованими у вітчизняній і зарубіжній літературі; даних про їх успішне практичне застосування.

Розроблені автором практичні рекомендації ґрунтуються на розробленому ним науково-методичному апараті.

Достовірність одержаних результатів, які захищаються здобувачем, висновків і рекомендацій підтверджується їх співставленням з відомими положеннями теорії масового обслуговування, теорії ймовірності, теорії статистики, теорії графів, теорії зв'язку, а також збіжністю отриманих результатів з результатами відповідного математичного моделювання.

Новизна отриманих наукових результатів.

1. Удосконалена модель мультисервісної мережі для надання телекомунікаційних послуг на базі технологій пакетних мереж, яка на відміну від існуючих враховує рівень сервісуючих систем.

2. Вперше розроблена методика інтегральної оцінки характеристик ефективності надання послуг мультисервісними мережами, яка враховує: показники доступності; питомий показник проникнення мережі; мінімальні, середні і пікові значення швидкостей доступу до мереж.

3. Набула подальшого розвитку методика вимірювання параметрів якості телекомунікаційних послуг в мультисервісних мережах, яка на відміну від існуючих дозволяє вимірювати параметри мереж доступу, внутрішньомережевого та міжмережевого рівнів.

4. Набула подальшого розвитку методика побудови пасивних оптичних мереж, а саме на базі розробленої моделі пасивних оптичних

сплітерів вперше розроблено аналітичний метод балансування пасивних оптичних мереж.

5. Вперше розроблено Метод оцінки ефективності телекомунікаційних послуг в мультисервісних мережах, який дозволяє здійснювати синтез і оптимізацію мереж з різними технологіями доступу.

6. Удосконалена методика оцінки надійності функціонування мультисервісних мереж, яка на відміну від існуючих враховує умови виділення найменшої частини ресурсів мережі для доставки повідомлень за необхідний час із заданою надійністю.

7. Вперше розроблено способи побудови будинкових розподільчих сегментів мультисервісних мереж, які основані на технологіях структурованих кабельних систем, та методику вибору оптимальної конфігурації мережі.

8. Вперше розроблено способи побудови будинкових розподільчих сегментів мультисервісних мереж, які основані на технологіях будинкових ліній електропередач.

9. Удосконалено концепцію побудови транспортних мереж та мереж доступу на базі ліній електропередач середньої та низької напруги, яка на відміну від існуючих передбачає спільне застосування низько та високошвидкісних технологій.

Отриманий метод, методики, модель у поєднанні з алгоритмами їх застосування формують методологію підвищення ефективності надання телекомунікаційних послуг в мультисервісних мережах, що визначено предметом дисертаційного дослідження.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що:

1. Встановлено, що ефективність використання мультисервісних мереж залежить від параметрів внутрішньомережевого тяготіння, та може заощадити до 46% ресурсів зовнішньомережевого трафіку за рахунок введення системи розподілу контенту, що стало можливим завдяки запропонованій узагальненій моделі мультисервісної мережі.

2. Запропонована методика вимірювання параметрів якості телекомунікаційних послуг в мультисервісних мережах та параметрів внутрішньомережевого та міжмережевого рівнів дозволила проводити виміри з втричі більшою точністю.

3. Розроблені способи побудови будинкових розподільчих сегментів мультисервісних мереж дозволяють отримати економічний ефект в розмірі до 10% по капітальним витратам та до 5% по загальних витратах.

4. Розроблена нова модель пасивних оптичних сплітерів дозволила створити методику балансування пасивних оптичних мереж, яка забезпечила автоматизацію проектування, та дозволяє зменшити вимоги до динамічного діапазону систем автоматичного регулювання рівня.

5. Показано значну економічну доцільність побудови транспортних мереж і мереж доступу на базі ліній електропередач середньої та низької напруги. Такі мережі доцільно використовувати в автоматизованих системах контролю і обліку електроенергії, а також для надання телекомунікаційних послуг.

6. Рекомендації до концепції побудови уніфікованої єдиної транспортної мережі і мережі ядра для систем і мереж 2G, 2,5G, 3G, 4G та 5G на базі технологій Metro Ethernet операторського класу та IP/MPLS для передачі як синхронного, так і асинхронного трафіку, дозволяють отримати максимально простий перехід та міграцію від мереж з комутацією каналів до мереж з комутацією пакетів, вартість яких у 5 разів менша.

Основні результати роботи використовуються Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації, в Українському науково-дослідному інституті зв'язку, Державному університеті телекомунікацій Міністерства освіти і науки України, ПрАТ «РОКС».

Повнота викладення основних результатів дисертації в опублікованих працях.

Наукова новизна безсумнівна та достатня для докторської дисертації. Основні наукові і практичні результати, що отримані в ході дисертаційного дослідження, опубліковано з необхідною повнотою після захисту кандидатської дисертації в 40 наукових працях, з яких 26 одноосібні.

Всього опубліковано в наукових фахових виданнях, рекомендованих МОН України, 24 статті, з яких 4 зареєстровано у наукометричних базах даних. Опубліковано 15 доповідей на наукових, науково-практичних і науково-технічних конференціях (семінарах) різного рівня, з яких 14 на міжнародних конференціях. Результати дослідження увійшли до 3 звітів про виконання науково-дослідних робіт та 1 навчальний посібник.

Дисертація є завершеною науковою роботою. Її обсяг, структура, зміст і оформлення відповідають вимогам МОН України, що висуваються до докторських дисертацій. Робота відповідає паспорту спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. Недашківського О.Л. відповідає змісту примірника дисертації та відображає його основні наукові положення.

Аналіз структури та змісту дисертації, її оформлення та завершеності

Структура дисертаційної роботи відповідає вимогам які висуваються до докторських дисертацій. Основна частина дисертації складається з вступу, п'яти розділів, висновків до розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків.

У вступі наведена загальна характеристика роботи, обґрунтовано актуальність теми досліджень, сформульована мета та задачі досліджень, розкритий зв'язок роботи з науковими планами та програмами, показана наукова новизна та практична цінність отриманих результатів, відзначений особистий внесок автора.

У першому розділі на основі опрацьованих літературних джерел та статистичних даних визначені основні умови і фактори, що впливають на побудову мультисервісних телекомунікаційних систем та мереж, якими надаються сучасні телекомунікаційні послуги. Встановлено, що основою у наданні телекомунікаційних послуг користувачам є МСМ, включаючи глобальну мережу Інтернет, які базуються на стеку протоколів ТСП/ІР. Серед головних завдань будь-якої МСМ є задача підключення великої кількості абонентів, які розосереджені по всій території країни, для надання усього спектру телекомунікаційних послуг з заданими параметрами якості. Запропонована модель МСМ для надання всього спектру телекомунікаційних послуг, яка може описувати МСМ як загальнонаціонального масштабу, так і мережу окремого регіонального оператора/провайдера. При проведенні дослідження вузьких місць при побудові МСМ для надання високоякісних телекомунікаційних послуг, в розділі пропонується проводити їх аналіз за технологічним та прикладним напрямкам.

У другому розділі розглянуто предмет, задачі й структура теоретичних основ побудови МСМ, досліджені методи статистичного моделювання, розроблена узагальнена структурно-організаційна модель оцінки ефективності надання телекомунікаційних послуг в МСМ, сформульована наукова концепція дослідження. Для оптимізації МСМ з метою підвищення ефективності надання послуг запропонована концептуальна модель, яка базується на класичних потокових моделях. Її відмінністю є врахування двох критеріїв, а саме вартість реалізації плану оптимізації та величини максимальної пропускної здатності, що дозволило сформулювати бікритеріальну задачу оптимізації. Сукупність Парето-оптимальних рішень такої задачі можна отримати за допомогою методів повного перебору, «гілок та границь», «імітації отжигу» та «еволюційно-генетичного». На основі

попередніх досліджень запропонована концептуальна модель побудови глобальної МСМ, що складається з чотирьох зон, які є істотними з точки зору впливу на якість послуг, що надаються: зона контенту, магістральна зона IP транспорту, зона доступу та зона споживачів контенту.

У третьому розділі проведено розробку структурних елементів запропонованої методології підвищення ефективності надання телекомунікаційних послуг в мультисервісних мережах.

Запропоновано методику інтегральної оцінки характеристик ефективності надання послуг мультисервісними мережами, яка враховує: показники доступності по площі зони покриття та по населенню; питомий показник проникнення мережі; мінімальні, середні і пікові значення швидкостей доступу до мультисервісних мереж, які формуються виходячи з потенційно досяжних і реально отриманих значень.

Для оцінки якості надання телекомунікаційних послуг в роботі удосконалена існуюча методика вимірювання параметрів якості телекомунікаційних послуг в МСМ. А саме розроблена розширена схема вимірювання від архітектури конкретної МСМ, яка враховує вплив систем обмеження трафіку, які застосовуються у відповідності до тарифних планів. Адже існуючі методики вимірювання параметрів якості послуг в МСМ регламентують тільки базовий сценарій для доступу до Інтернет, де не розглядаються мережі Metro Ethernet, які в Україні розвиваються випереджаючими темпами. Враховуючи викладене, запропоновано кілька сценаріїв проведення вимірювань.

Розроблена математична модель пасивних оптичних мереж складної структури, яка може бути використана як при впровадженні пасивних оптичних мереж доступу, так і в мережах кабельного телебачення.

Розроблено алгоритм пошуку параметрів і характеристик пасивних оптичних мереж побудованих за топологією типу «чиста шина» для аналітичного розв'язку задачі балансування гілок пасивних оптичних мереж.

В роботі розроблена методика синтезу і оптимізації мереж з різними технологіями доступу. Пошук критеріїв оптимізації проведений шляхом вирішення завдань аналізу мережі із застосуванням апарату теорії масового обслуговування, теорії надійності. Наведена в розділі сукупність з методів, методик, моделей та алгоритмів, представляють методологію підвищення ефективності надання телекомунікаційних послуг в мультисервісних мережах, що відповідає завданням дисертаційного дослідження.

У четвертому розділі, який присвячено верифікації запропонованої методології, здійснено перевірку адекватності методології та визначення основних напрямків її застосування та переваг на практиці.

В розділі дістала подальшого розвитку методика побудови пасивних оптичних мереж для топологій типу «шина з розгалудженням» та шина з відгалудженням», для яких виведені рекурентні співвідношення для аналітичного рішення задачі балансування пасивних оптичних мереж. Сформульовано технологічно досяжний метод побудови пасивних оптичних мереж, який можна отримати з точного методу. Запропоновано правило отримання існуючого інженерного методу побудови пасивних оптичних мереж з точного методу. Виконано синтез пасивних оптичних мереж за критерієм технологічної ефективності та перевірено на прикладі топології «чиста шина» для різних кроків розміщення солітерів. В розділі для оптимізації мереж останнього кроку для технології Metro Ethernet визначено декілька способів наближення точки підключення без зміни технології останнього кроку та розроблена методика розрахунку техніко-економічних показників, здійснено класифікацію телекомунікаційних мереж і класів обладнання, яке підтримує технологію PLC, проаналізовано та розроблено сценарії організації зв'язку з використанням технології VPL в Metro Ethernet мережах доступу.

У п'ятому розділі дисертаційного дослідження розроблено категоріальний і понятійний апарат, що дозволяє мати єдине розуміння та формулювання понять. Запропоноване дозволяє перейти до формування Державного або галузевого стандарту та забезпечити спілкування та документообіг на єдиній понятійній базі. Запропонований понятійний апарат та визначені показники/параметри якості (ПІЯ) послуг з передачі даних (ПД) і доступу до Інтернет (ДІ) можна застосовувати для розвитку нормативно правової бази до різних технологій доступу. Запропонована у розділі методика призначена для застосування Українським державним центром радіочастот, в сферу відповідальності якого входить створення нормативно правових актів, в тому числі, для проведення вимірювання якості послуг доступу до Інтернет, що надають оператори, провайдери телекомунікацій (ОПТ).

В розділі сформульовані основні принципи побудови мереж передачі даних для надання VPN і Інтернет послуг та описано архітектуру, параметри і властивості таких мереж. Запропоновано структуру мережі та ієрархію вузлів і обладнання, для якої описано схему організації послуги доступу до

мережі Інтернет в умовах автоматичного конфігурування та ідентифікації абонентського обладнання.

Розроблені практичні рекомендації та проект концепції завершують розв'язання науково-прикладної проблеми дисертаційної роботи та досягнення мети дослідження.

Аналіз змісту та структури дисертації дозволяє констатувати те, що дисертація є логічно структурованою та на писана на сучасній українській науково-технічній мові із використанням специфічних притаманних телекомунікаційній галузі понять та аббревіатур. Оформлення дисертації проведено у відповідності до вимог, а стиль та формулювання наукових положень та висновків має доступне подання.

За змістом автореферат дисертації в повній мірі відповідає основним положенням дисертації.

Оформлення автореферату та дисертації проведено у відповідності до чинних вимог.

Недоліки роботи. Відмічаючи позитивні риси роботи, разом з тим необхідно зазначити наступне:

1. У рукопису дисертації на сторінці 3, сторінці 85, сторінці 90, некоректно сформульовано науково-прикладну проблему яка вирішується в дисертаційному дослідженні. Проблема не може полягати у *розробці Методології*, а має ґрунтуватись на необхідності: розвитку, підвищенні, забезпеченні, вдосконаленні та інше, функціональної ефективності структури мультисервісних мереж на етапі їх модернізації в Україні, шляхом впровадження широкосмугових оптичних, проводових і гібридних технологій, що створить передумови для підвищення якості надання телекомунікаційних послуг. В цьому контексті, *розробка Методології підвищення ефективності надання телекомунікаційних послуг в мультисервісних мережах* є засобом вирішення цієї проблеми.

2. На сторінці 32 рукопису дисертації та на сторінці 3 автореферату некоректно сформульований предмет дисертаційного дослідження. Предметом дослідження не може бути процес (*підвищення ефективності*). Предметом дослідження може бути метод, модель, методологія, положення теорії тощо.

3. На сторінці 34 рукопису дисертації, у науковій новизні, анонсовано подальший розвиток методики вимірювання параметрів якості телекомунікаційних послуг в мультисервісних мережах з підвищенням точності вимірювання, але не зазначено кількісної оцінки точності

вимірювання яка відображається похибкою вимірювання: методичною, абсолютною, приведеною, відносною тощо.

4. В роботі недостатньо повно розглянуто питання аналізу функціонування мультисервісних мереж з кільцевою топологією, які часто застосовуються на рівнях агрегації, дистрибуції, краю та ядра в моделі п'ятирівневої мультисервісної мережі.

5. З роботи не ясно, чи можна застосовувати запропоновані методики для підвищення ефективності надання послуг в безпроводових системах доступу, наприклад для технологій 4G та 5G.

6. При розгляді концепції побудови транспортних мереж і мереж доступу на базі ліній електропередач середньої та низької напруги показано значну економічну доцільність їх застосування, але не проведено порівняльний аналіз з іншими технологіями передачі сигналів.

7. На сторінці 139 для розрахунку втрат, які вносяться оптичним сплітером, здійснюється за формулою 3.8, проте такий розрахунок можна здійснювати за іншими апроксимуючими функціями, тому необхідно було обґрунтувати вибір саме такого рішення.

8. На сторінці 277 схема (рис. 5.13) уніфікованої єдиної транспортної мережі має фрагменти PDH та SDH, які вимагають підтримки жорсткої синхронізації. В роботі не висвітлено цей аспект, а в авторефераті на сторінці 30 вказано тільки посилання на джерела.

Вказані недоліки безумовно знижують якість роботи, але не є визначальними для оцінки отриманих результатів та висновків у цілому.

Загальні висновки. Дисертаційна робота Недашківського О.Л. розглянула важливі для розвитку інформаційного суспільства питання. Робота є завершеною науковою працею, у якій отримані нові наукові положення та науково обґрунтовані результати, що у сукупності вирішують актуальну науково-прикладну проблему забезпечення функціональної ефективності структури мультисервісних мереж на етапі модернізації телекомунікаційних систем в Україні, розв'язок якої проведений шляхом розроблення методології підвищення ефективності надання телекомунікаційних послуг в мультисервісних мережах.

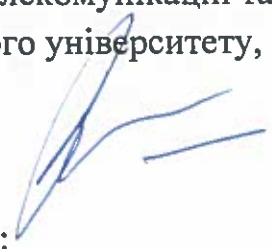
Теоретичні викладки включають розроблені базові та концептуальні математичні моделі у складі її структурної та функціональної частини.

Проведене наукове дослідження, що відображено в дисертаційній роботі, відповідає п. 9, 10 та 12 вимог «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», а її

автор заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент: професор кафедри телекомунікацій та радіотехніки Хмельницького національного університету, доктор технічних наук, доцент

«5» 10 2018 року



Ю.М.Бойко

Підпис професора Ю.М. Бойка засвідчую:

Перший проректор, проректор з науково-педагогічної та наукової роботи Хмельницького національного університету, д.е.н, професор



М.П. Войнаренко