

Голові спеціалізованої вченої ради  
Д 64.820.01 в Українському державному  
університеті залізничного транспорту  

---

Україна, 61050, м. Харків, площа  
Фейєрбаха, 7

## ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора Краснобаєва Віктора Анатолійовича на дисертаційну роботу Кунуп Тетяни Василівни *«Моделі та методи оцінки ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів в мультисервісних мережах»*, представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

**Актуальність теми дисертаційної роботи та зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Розвиток телекомунікації в світі забезпечив перехід до мультисервісних мереж, таких як NGN (Next Generation Network – мережа наступного покоління), FN (Future Network – мережа майбутнього) та нової специфікації передачі мультимедійного вмісту в електрозв'язку на основі протоколу IP – IMS (IP Multimedia Subsystem). В дисертаційній роботі в якості мультисервісної мережі розглядається NGN. В цьому аспекті виникає поняття потрібної послуги – Triple-Play Services та інтелектуальних сервісів (IC). Тобто сервісів, котрі спроможна надавати інтелектуальна надбудова NGN. Одним з основних аспектів, який повинен братися до уваги при проектуванні NGN, є забезпечення

відповідної якості сервісу, що надається, безумовно пов'язано з ефективністю функціонування системи управління наданням сервісів в телекомунікаційних мережах (ТКМ).

Враховуючи постійний розвиток мережних технологій та зростання попиту на ІС, найширший вибір котрих спроможна надати NGN, однією з важливих задач в сфері телекомунікації можна вважати розробку моделей та методів оцінки ефективності управління наданням ІС інтелектуальною надбудовою (ІН) NGN.

В роботах ХХ століття вважалося, що трафік відповідає Пуасонівському закону. Стандартні методи мережних розрахунків і моделювання, що засновані на Пуасонівському законі, припускали, що всі виклики, що надійшли в досліджувану систему, взаємно незалежні і інтервали часу між двома наступними викликами, що надходять, розподілені згідно експоненціального закону.

Останні дослідження довели, що в трафіку пакетних мереж присутній ефект самоподібності. В першу чергу це стосується ІР-телефонії. Властивість самоподібності було знайдено в трафіку різних рівнів моделі OSI – транспортного (TCP/UDP/SCTP) і прикладного (FTP, Telnet, HTTP, RTP). В цілій низці робіт враховується самоподібність трафіку при аналізі мультисервісних мереж. Однак при цьому не аналізується новий тип трафіку, що містить заявки на ІС.

Виникає актуальна задача з розробки моделей та методів оцінки ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів в NGN як без врахування, так і з врахуванням самоподібності трафіку, що створюється заявками на ІС.

Метою дисертаційної роботи є розв'язання комплексу науково-технічних питань, пов'язаних з дослідженням, удосконаленням, а також розробкою методів та моделей оцінки ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів в мультисервісних мережах.

Для досягнення мети дисертаційної роботи в роботі сформульована науково-технічна задача дисертації – розробка і вдосконалення моделей та методів оцінки ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів в мережах наступного покоління.

**Ступінь новизни, обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.**

У дисертаційній роботі Кунуп Т.В. отримано наступні нові наукові результати.

1. **Уперше розроблено** аналітичну модель інтелектуальної надбудови з централізованим принципом управління наданням ІС з урахуванням самоподібності потоку заявок на ІС, що надає можливість визначити потрібні мережні ресурси для забезпечення необхідного значення ефективності управління наданням ІС.

2. **Удосконалено** метод визначення комплексного критерію ефективності управління наданням ІС інтелектуальною надбудовою NGN, який, на відміну від відомих, дозволяє врахувати самоподібність трафіку на ІС, а також структурні мережні характеристики.

3. **Набув подальшого розвитку** метод оцінки функціональної живучості інтелектуальної надбудови NGN, що дозволяє визначити ймовірність виконання мінімум однієї функції з деякого класу ІС.

4. **Набули подальшого розвитку** методи побудови імітаційних моделей процесів управління наданням ІС інтелектуальною надбудовою, які, на відміну від існуючих, дозволяють врахувати самоподібність трафіку на ІС.

Зазначені наукові результати є обґрунтованими, насамперед з точки зору практики, а підтвердженням їхньої достовірності є адекватність між теоретичними та практичними результатами. Також обґрунтованість отриманих результатів засновується на коректному застосуванні методів системного підходу, алгоритмічного моделювання, дослідження операцій, методів імітаційного моделювання та аналізу.

Достовірність отриманих результатів підтверджується використанням апробованого математичного апарату, несуперечливістю отриманих даних відомим теоретичним положенням.

**Практичне значення наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

1. Результати імітаційного моделювання показали, що урахування особливостей самоподібності трафіку на ІС надає можливість більш точної оцінки ефективності управління наданням ІС в мультисервісних мережах.

2. Результати дисертаційної роботи знайшли практичне застосування в науково-дослідній роботі Навчально-науковий інститут Комп'ютерних систем і технологій «Індустрія 4.» ім. П. М. Платонова. Ряд положень дисертаційної роботи використані у науково-технічній діяльності Державного підприємства Український науково-дослідний інститут радіо та телебачення (ДП УНДІРТ), зокрема при проведенні НДР «Розроблення рекомендацій щодо єдиної методології визначення показників якості послуг телекомунікаційної мережі рухомого (мобільного) зв'язку загального користування» (№ДР 0117U006983).

3. У середовищі GPSS та NS-2 розроблено програмне забезпечення системи імітаційного моделювання управління наданням ІС в NGN, що реалізує удосконалені методи оцінки ефективності управління наданням ІС.

**Викладення наукових і прикладних результатів дисертації в опублікованих роботах.**

Наукові результати дисертації Кунуп Т.В. опубліковані в 10 друкованих роботах, зокрема у 7 статтях, з яких 3 надруковані у наукових спеціалізованих виданнях, затверджених Міністерством освіти і науки України, 1 стаття – у закордонному фаховому журналі. Основні результати дисертаційної роботи у цих публікаціях відображено достатньо повно.

### **Відповідність дисертаційної роботи паспорту спеціальності.**

Дисертаційна робота відповідає формулі паспорту спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі, оскільки вона присвячена вдосконаленню телекомунікаційних мереж з метою покращання показників якості обслуговування. Особистий вклад автора полягає в розробці та вдосконаленні моделей і методів оцінки ефективності управління наданням ІС в мультисервісних мережах. Дисертаційне дослідження спрямоване на розробку та вдосконалення моделей і методів оцінки ефективності управління наданням ІС в мультисервісних мережах (п. 6 напрямків досліджень за паспортом спеціальності).

Об'єкт дослідження – процес управління наданням інтелектуальних сервісів в мультисервісних мережах, а предмет дослідження – методи і моделі, що використовуються для оцінки ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів в мультисервісних мережах.

### **Рекомендації щодо використання результатів дисертації.**

Розроблені та обґрунтовані в дисертаційній роботі методи можуть бути рекомендовані для підвищення якості телекомунікаційних сервісів, особливо в умовах активного розвитку телекомунікацій в світі та Україні та впровадження нових телекомунікаційних сервісів.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеності й оформлення.**

Побудова дисертації відповідає прийнятим для наукового дослідження нормам. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків по дисертації, списку використаної літератури та шести додатків. Повний обсяг дисертації складає 204 сторінок, у тому числі: 166 сторінок основного тексту, бібліографія - 118 найменувань на 15 сторінках, 6 додатків. Таким чином, кількість сторінок дисертаційної роботи відповідає нормам, встановленим для кандидатських дисертацій з технічних наук.

Вступ дисертаційної роботи містить: сутність і стан наукової задачі, обґрунтування актуальності теми дисертації, визначення мети і завдання дослідження, формулювання об'єкту, предмету дослідження, представлення

методів дослідження, визначення основних елементів наукової новизни особисто одержаних автором результатів, зазначення зв'язку роботи з науковими планами, темами, дані щодо реалізації, апробації та публікації наукових і практичних результатів дисертації.

У першому розділі в результаті аналізу телекомунікаційної сфери визначена роль і місце ІС в процесі переходу від інтелектуальної мережі до концепції NGN і до концепції IMS, при реалізації яких ІН практично трансформувалася в рівень додатків. Показано, що при цьому переході завдання ефективного управління наданням ІС набуває все більшої актуальності. В результаті досліджень сучасних наукових публікацій, в яких доведено, що в мережах пакетної комутації трафік має самоподібний характер, встановлено, що оцінка ефективності управління здійснюється лише з урахуванням ймовірності блокування заявок, довжини черги та часу знаходження заявок у системі обслуговування. При цьому питання оцінки ефективності управління ІС залишаються недостатньо дослідженими. Показана необхідність розробки моделей та методів оцінки ефективності управління наданням ІС, а саме – дослідження факторів, що впливають на ефективність управління наданням ІС, формування комплексного критерію ефективності, в якому ураховується як характер трафіку на ІС, так і фактори, що впливають на ефективність управління наданням ІС, розробка аналітичних та імітаційних моделей для розрахунку показників.

У другому розділі розглянуто архітектуру ІН з централізованим принципом управління (ІНЦПУ) наданням ІС. Показано, що ефективність управління наданням ІС (ЕУНІС) буде оцінюватися комплексним критерієм, що містить в собі наступні критерії: час надання сервісу  $T$ , ймовірність відмови в наданні сервісу  $P_v$ , довжина черги, структурна та функціональна живучість  $P_{сфж}$ , структурна надійність  $P_{сн}$ , а також вартість ІН та ін.

Набув подальшого розвитку метод оцінки функціональної живучості ІН NGN, який дозволяє визначити ймовірність виконання хоча би однієї функції деякого класу ІС.

Розроблено метод визначення структурної живучості ІН на основі запропонованих показників структурної живучості, а також метод визначення структурної надійності ІН, що заснований на використанні потокового підходу з застосуванням методів мінімальних шляхів і мінімальних розрізів.

В третьому розділі обґрунтовано використання математичного апарату теорії масового обслуговування для побудови аналітичних та імітаційних моделей ІН, запропоновано аналітичні моделі ІН для випадків, коли потік заявок на ІС має експоненціальний та самоподібний характер.

До моделі ІН, що здійснює управління наданням ІС, і математичного апарату моделювання пред'являються такі вимоги: адекватно відображати процеси, що проходять при управлінні наданням ІС з урахуванням особливостей ІС, забезпечувати можливість оцінювати технічні підкритерії ефективності, забезпечувати вивчення поведінки інтелектуальної надбудови в різних режимах роботи. У СМО завжди існує стаціонарний режим, оскільки не може бути нескінченних черг.

Закодовано стани випадкового процесу, використовуючи які сформовано розмічений граф переходів. По розміченому графу переходів складено систему рівнянь для визначення стаціонарних ймовірностей, визначено середнє число заявок кожного класу в черзі, визначено завантаження пристрою відповідним класом заявок. Для розробки АМ2 досліджено характер потоку заявок на ІС. Для досліджень застосовано R/S метод, який реалізовано за допомогою програмного забезпечення *AutoSignal*. Аналіз проводився в мережі компанії «Х», яка постачає послуги хостингу сайтів (на прикладі ІС «Телеголосування»). Максимальна швидкість передачі даних в мережі дорівнює 100 Mbit/s. Результати вимірювань трафіку були отримані за допомогою програмного забезпечення *Zabbix*. Дані збиралися протягом року, 24 години на добу. Для подальшого аналізу отримані дані були розділені на групи: трафік протягом місяця, протягом тижня, за добу.

Побудовані графіки залежності  $\log(R/S(n))$  від  $\log(n)$  і визначений параметр Херста для кожного дня тижня, неділі, місяця, року.

Значення коефіцієнта Херста для кожного дня тижня представлені в табл. 3.1. Як видно з табл. 3.1, і вхідний трафік, і вихідний трафік кожного дня мають властивість самоподібності.

Для аналізу трафіку впродовж місяця було обрано місяць листопад. Як видно з табл. 3.2, значення показника Херста  $H$  завжди більше 0,5. Тобто вхідний і вихідний трафік кожного місяця мають властивість самоподібності.

Для вхідного та вихідного трафіку за рік представлено графіки залежності  $\log(R/S(n))$  від  $\log(n)$  на рис. 3.5 і рис. 3.6. Показник Херста  $H$  в обох випадках приблизно дорівнює 0,69. А отже річний трафік також є самоподібним. Таким чином, можна стверджувати, що трафік, що містить заявки на ІС (на прикладі ІС «Телеголосування») – це самоподібний процес. Ефект самоподібності проявляється в широкому діапазоні часу – від декількох годин до року.

Проведені дослідження довели, що досить актуальною задачею є розробка аналітичної моделі ІН NGN, яка відповідає за управління наданням ІС, з урахуванням самоподібності потоку заявок на ІС.

Запропонована аналітична модель ІН, що представлена у вигляді СМО з однорідним потоком заявок. Для врахування самоподібності трафіку введено функцію  $f(H)$ , котра залежить від коефіцієнта Херста  $H$ .

Наведено спосіб розрахунку критерію ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів (ЕУНІС).

У четвертому розділі автором розроблено імітаційні моделі ІН. Для імітаційних моделей ІН з експоненціальним трафіком використано загальноцільову систему імітаційного моделювання – GPSS (General Purpose Simulation System). Для розробки імітаційних моделей ІН з врахуванням самоподібності трафіку використано NS2 (network simulator). Запропоновано імітаційні моделі ІН з одним та трьома класами заявок без урахування самоподібності трафіку, що представлено у вигляді СМО виду  $M/M/1/m$  та  $M/M/1/3$ , відповідно. Алгоритм функціонування ІН з заданими параметрами представлено на рис. 4.2.



Реалізація процесу моделювання полягає в переміщенні в моделі деяких рухомих об'єктів, так званих транзактів. В нашому випадку в якості транзактів виступають заявки на ІС.

Розроблена імітаційна модель ІН з урахуванням самоподібності потоку заявок на ІС. Для генерації трафіку в системі NS-2 використано об'єкти типу Traffic. Вони створюються методами Traffic/type. В нашому випадку type – Pareto, об'єкт Traffic/Pareto – ON/OFF генератор трафіку згідно розподіленню Парето. Проста ON/OFF модель передбачає, що джерела перемикаються між двома станами: ON-стан, в якому джерела генерують трафік з постійною швидкістю, OFF-стан, в котрому вони простоюють. При постійному розмірі пакетів ON і OFF періоди розподілені згідно закону Парето. За результатами імітаційного моделювання для ІН, що обслуговує один клас заявок на ІС, розраховано критерії ефективності управління наданням ІС.

Використовуючи табл. 4.3 та табл. 4.4, побудовано графіки, що відображають залежність значення критеріїв з врахуванням та без врахування самоподібності трафіку від інтенсивності надходження заявок на ІС –  $\lambda$  (рис. 4.4 та рис. 4.5).

Автором було розраховано значення комплексного критерію ЕУНІС без врахування самоподібності потоку заявок на ІС при потоках великої інтенсивності –  $F = 3.308$ . Порівнюючи отримані значення, можна стверджувати, що при зростанні інтенсивності надходження заявок на ІС ЕУНІС погіршується. Розраховано значення комплексного критерію ЕУНІС з врахуванням самоподібності потоку заявок на ІС при потоках великої інтенсивності –  $F = 2.052$ . Значення критерію ЕУНІС без врахування та з врахуванням самоподібності трафіку при потоках великої інтенсивності відрізняється на 38%. Таке відхилення значно менше ніж при потоках малої інтенсивності, однак, все таки досить суттєве для прийняття рішень при проектуванні мультисервісних мереж.

*У висновках* стисло сформульовані основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи. Положення пунктів наукової новизни

приведено в тексті дисертації. Дисертація написана грамотною науковою мовою та оформлена відповідно до існуючих нормативних документів, текст і графічний матеріал виконані акуратно з використанням комп'ютерної техніки.

Зміст автореферату повністю відповідає отриманим у дисертації науково-практичним результатам і висновкам.

### **Основні недоліки та зауваження.**

1. У дисертації сформульовано науково-технічну задачу дисертації з розробки та вдосконаленню моделей та методів оцінки ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів в мережах наступного покоління. Однак, в роботі не визначено поняття “наступне покоління”. Ця невизначеність не дозволяє зрозуміти якою класифікацією інтелектуальних сервісів користується автор. Це у свою чергу не дає можливості у повній мірі оцінити розроблені та вдосконалені моделі та методи оцінки ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів в мережах.

2. У розділі 2, при представленні методу формування комплексного критерію ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів, необхідно було уточнити, які структурні мережні характеристики урахуються в комплексному критерії. Крім цього, на мій погляд, нема результату досліджень, щодо взаємозв'язків між частинними показниками оцінки ефективності управління. Цей факт дуже важливий при необхідності у подальшому проведення оптимізації та розрахунку конкретного значення комплексного критерію ефективності управління.

3. Самоподібність характеру трафіку на інтелектуальні сервіси була показана лише на одному прикладі інтелектуального сервісу «Телеголосування». Доказ самоподібності трафіку на інтелектуальні сервіси був би значно більш теоретично та практично обґрунтованим, якщо би аналізувалися й інші інтелектуальні сервіси. Чіткий доказ самоподібності

трафіку на інтелектуальні сервіси потребує додаткової обробки та аналізу статистичних даних великої кількості даних.

4. У третьому розділі було представлено аналітичні моделі оцінки ефективності управління надання інтелектуальних сервісів. Однак, при використанні моделей слід було врахувати пріоритети обслуговуваних інтелектуальних сервісів, що дозволило би отримати та застосувати більш вірогідні результати моделювання.

5. У розділі 4 було представлено імітаційні моделі оцінки ефективності управління надання інтелектуальних сервісів. З тексту розділу 4 неясно, чи існують та саме які обмеження при використанні моделей, що пов'язано з кількістю використовуваних показників оцінки, з кількістю обслуговуючих пристроїв, з кількістю класів інтелектуальних сервісів тощо. Повне врахування усіх обмежень, при використанні моделей, дає можливість більш адекватно оцінити отримані результату моделювання.

6. З метою належного практичного застосування результатів моделювання, у роботі було би необхідно розробити основні науково-практичні напрямки подальшого розвитку розробленої імітаційної моделі.

7. Є зауваження щодо оформлення дисертації та автореферату.

#### **Відповідність дисертації встановленим вимогам і загальні висновки.**

Незважаючи на вищезазначені недоліки та зауваження, можна зробити висновок про те, що дисертаційна робота Кунуп Тетяни Василівни на тему «Моделі та методи оцінки ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів в мультисервісних мережах» є завершеним науково-дослідницьким дослідженням, в якому отримані нові науково-обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують конкретну науково-технічну задачу дисертації з розробки та вдосконалення моделей та методів оцінки ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів в мережах наступного покоління.

Результати дисертаційного дослідження в сукупності є суттєвими для розвитку теорії та практики підвищення якості телекомунікаційних сервісів.

Розглянута дисертаційна робота відповідає вимогам п. 9, пп. 11 – 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 656 від 19.08.2015, що ставляться до кандидатських дисертацій, а її автор – Кунуп Тетяна Василівна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

### Офіційний опонент

професор кафедри електроніки та управляючих систем  
Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна,  
Почесний радист, Заслужений винахідник України,  
доктор технічних наук, професор

В. А. Краснобасв

“ ” \_\_\_\_\_ 2018р.



*В. А. Краснобасв*

