

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КУНУП ТЕТЯНА ВАСИЛІВНА

УДК 621.391:681.5

ДИСЕРТАЦІЯ

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ
НАДАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СЕРВІСІВ
В МЕРЕЖАХ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ

Спеціальність: 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі
172 – Телекомунікації та радіотехніка

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела

_____ Т.В. Кунуп

Науковий керівник Князева Ніна Олексіївна, доктор технічних наук, професор

Ідентичність всіх примірників дисертації засвідчую:

Учений секретар спеціалізованої вченої ради

/К.А. Трубчанінова/

Одеса – 2018

ЗМІСТ

ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАНЬ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ НАДАННЯМ СЕРВІСІВ В NGN.....	28
1.1. Розвиток мультисервісних мереж	28
1.1.1. Архітектурна концепція інтелектуальної мережі	30
1.1.2. Архітектура та особливості NGN, FN	31
1.1.3. Існуючі концепції побудови NGN	39
1.2. Управління сервісами в NGN	43
1.2.1. Класифікація сервісів.....	43
1.2.2. Особливості управління наданням сервісів в NGN	46
1.2.3. Методи оцінки ефективності управління наданням сервісів в мережах наступного покоління	50
1.3. Визначення напрямку досліджень.....	59
Висновки до першого розділу	60
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КРИТЕРІЮ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ НАДАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СЕРВІСІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЮ НАДБУДОВОЮ NGN	61
2.1. Архітектура інтелектуальної надбудови з централізованим принципом управління	61
2.2. Розробка критерію ефективності управління інтелектуальними сервісами	64
2.3. Розробка методу формування комплексного критерію ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів	68
2.4. Розробка методів визначення підкритеріїв	73
2.4.1. Метод визначення структурної живучості ІН.....	73
2.4.2. Метод визначення функціональної живучості ІН.....	77

2.4.3. Метод визначення структурної надійності ІН.....	89
2.4.4. Метод визначення вартості інтелектуальної надбудови з урахуванням дисконтної ставки.....	92
2.5 Урахування самоподібності потоку заявок на ІС при побудові аналітичної моделі ІНЦПУ	94
Висновки до другого розділу.....	95
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АНАЛІТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ НАДАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СЕРВІСІВ В NGN	
3.1. Обґрунтування вибору математичного апарату	97
3.2. Розробка аналітичної моделі інтелектуальної надбудови.....	98
3.3. Дослідження характеру потоку заявок на інтелектуальні сервіси в NGN... 108	
3.3.1. Методи розрахунку показника Херста	109
3.3.2. Дослідження характеру трафіку, що містить заявки на інтелектуальні сервіси	116
3.4. Розробка аналітичної моделі інтелектуальної надбудови з урахуванням самоподібності потоку заявок на ІС	121
Висновки до третього розділу	127
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ НАДАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СЕРВІСІВ В NGN	
4.1. Використання імітаційних моделей для дослідження інтелектуальних надбудов	129
4.2. Розробка імітаційної моделі інтелектуальної надбудови з одним класом заявок та без урахування самоподібності трафіку.....	130
4.3. Розробка імітаційної моделі інтелектуальної надбудови з трьома класами заявок з відносними пріоритетами та без урахування самоподібності трафіку	138
4.4. Розробка імітаційної моделі інтелектуальної надбудови з урахуванням	

самоподібності потоку заявок на інтелектуальні сервіси	142
4.5. Оцінка ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів	148
Висновки до четвертого розділу	156
ВИСНОВКИ	158
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	164
ДОДАТОК А. Інтелектуальні сервіси	179
ДОДАТОК Б. Розмічений граф переходів	181
ДОДАТОК В. Імітаційна модель інтелектуальної надбудови, що обслуговує один клас заявок без врахування самоподібності трафіку	183
ДОДАТОК Г. Імітаційна модель інтелектуальної надбудови, що обслуговує три класи заявок з відносними пріоритетами без врахування самоподібності трафіку	184
ДОДАТОК Д. Імітаційна модель інтелектуальної надбудови з врахуванням самоподібності трафіку	186

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

EIGRP – Enhanced Interior Gateway Routing Protocol

FN – Future Networks

IN – Intelligent Network

ITU – International Telecommunication Union

IGRP – Interior Gateway Routing Protocol

QS – Queueing Systems

NGN – Next Generation Networks

OSPF – Open Shortest Path First

TMN – Telecommunication Management Network

ІН — інтелектуальна надбудова

ІС — інтелектуальні сервіси

БД — база даних

ЗКС — загальний канал сигналізації

ЗНВ — зовнішній несприятливий вплив

ПЗ – програмне забезпечення

ЕУНІС — ефективність управління наданням інтелектуальних сервісів

СУНІС — система управління наданням інтелектуальних сервісів

СВ – середньозважена величина

ТКМ — телекомунікаційна мережа

ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток телекомунікацій 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). Надалі в якості мережі наступного покоління будемо розглядати NGN [27, 32-33]. Виникає поняття потрійної послуги – Triple-Play Services та інтелектуальних сервісів (IC) – сервісів, котрі спроможна надавати інтелектуальна надбудова NGN. Одним з основних аспектів, який повинен братися до уваги при проектуванні NGN, є забезпечення відповідної якості надаваного сервісу, що безумовно пов'язано з ефективністю функціонування системи управління наданням сервісів в телекомунікаційних мережах (ТКМ).

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

Аналіз науково-технічної літератури показує, що дослідженням архітектури NGN, розробкою комплексного критерію ефективності управління та моделей і методів оцінки ефективності займалася низка українських та зарубіжних вчених.

Огляду архітектури NGN присвячені роботи Б. Гольдштейна, О. Гольдштейна та М. Соколова [33-42, 101] О. Атцика [26], О. Пінчука [89], Ю. Ісаченка [51], Л. Лесіна [80], в яких розкриваються питання переходу до NGN, мобільної конвергенції, аналізуються дві конкуруючі концепції NGN – IPCC і

TISPAN, а також доповнюючі технології NGN – MPLS, Softswitch, Call-центри, протокол SIP. Практичному застосуванню технології NGN пмалвячені публікації О. Тітова, М. Глінникова, О. Антоняна, Є. Скуратовської, І. Бакланова [27], В. Макарова [81] і інших. Серед українських фахівців публікації щодо NGN належать С. Отроху [88], О. Єфремову, А. Дуднику та ін.

Питання стосовно оцінювання ефективності управління наданням сервісів та розрахунку мережних показників якості обслуговування зазвичай базуються на теорії телетрафіку. Значний внесок в розвиток зазначеного напрямку зробили такі вчені: Г. Башарін, Б. Лівшиц, В. Саморезов, Д. Потапов, В. Вишнівський, С. Самохвалов, В. Крилов, У. Іверсен, Л. Клейнрок, П. Кюн, А. Росляков [93], Д. Агеєв [23,24], Б. Цибаков [22,110], Н. Князева [58-67], С. Шестопапов [65,67,115] П. Фергюсон, Р. Хастон, М. Таqqu [17], В. Willinger, D. Wilson та ін.

В роботах ХХ століття вважалося, що трафік відповідає пуасонівським процесам. Стандартні методи мережних розрахунків і моделювання, засновані на пуасонівських моделях, 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 наявний 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, НТТР, RTP). В цілій низці робіт [52-54] враховується самоподібність трафіку при аналізі мультисервісних мереж. Однак при цьому не аналізується новий тип трафіку, що містить заявки на ІС.

Виникає актуальне питання 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.

Науково-технічна задача дисертації – розробка і вдосконалення моделей та методів оцінки ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів в мережах наступного покоління.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження в дисертаційній роботі проводились згідно наступним нормативним актам:

1. Концепція Національної програми інформатизації, схвалена Законом України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» від 4 лютого 1998 р., № 75/98-ВР (із змінами, внесеними згідно із Законами N 3421-IV (3421-15) від 09.02.2006, N 3610-VI (3610-17) від 07.07.2011, 406-VII (406-18) від 04.07.2013).

2. Концепція розвитку телекомунікацій в Україні, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 7 червня 2006 р., N 316-р (із змінами, внесеними згідно з Розпорядженням КМ N 1612-р (1612-2008-р) від 27.12.2008)

3. Державна науково-технічна програма «Створення перспективних телекомунікаційних систем та технологій».

4. Постанова про затвердження Правил надання та отримання телекомунікаційних сервісів від 11 квітня 2012 р. № 295 (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 251 від 29.04.2015).

5. Стратегія сталого розвитку "Україна – 2020", схвалена Указом Президента України від 12 січня 2015 року № 5/2015.

6. Тема дисертаційної роботи пов'язана з пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки, наведеними в «Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на 2011-2015 роки», затвердженому Постановою Кабінету міністрів України № 942 від 7 вересня 2011 р.

Дослідження, результати яких викладені в дисертації, проводились згідно з державними планами НДР, які виконуються на кафедрі Комп'ютерної інженерії Одеської національної академії харчових технологій:

– «Принципи створення інтелектуальної надбудови в мережах наступного покоління» (Одеська національна академія харчових технологій, ДР № 0115U000286 МК 15-05, 2015 р.);

– «Підвищення ефективності функціонування телекомунікаційних мереж» (Одеська національна академія харчових технологій, ДР № 0115U004197 МК 15-07, 2015 р.);

Участь автора у зазначених науково-дослідних темах та проектах, в яких дисертант був безпосереднім виконавцем, полягає в дослідженні та удосконаленні моделей та методів оцінки ефективності управління наданням ІС в NGN.

Мета та задачі досліджень. Метою дисертаційної роботи є розв'язання комплексу науково-технічних питань, пов'язаних з дослідженням, удосконаленням, моделей та методів оцінки ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів в мережах наступного покоління.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити сформульовану в роботі загальну науково-технічну задачу дисертації. У свою чергу, для вирішення загальної науково-технічної задачі дисертації необхідно вирішити наступні наукові задачі досліджень:

1. Дослідити принципи побудови NGN.

2. Проаналізувати існуючі методи і моделі оцінки ефективності управління наданням телекомунікаційних сервісів в мережах наступного покоління.

3. Визначити характер трафіку на ІС в мережах наступного покоління

4. Удосконалити метод визначення комплексного критерію якості управління наданням ІС інтелектуальною надбудовою NGN, який дозволить врахувати самоподібність трафіку на ІС, а також структурні мережні характеристики.

5. Розробити аналітичну модель інтелектуальної надбудови з централізованим принципом управління наданням інтелектуальних сервісів з урахуванням самоподібності потоку заявок на ІС.

6. Розвинути метод оцінки функціональної живучості ІН NGN, що дозволяє визначити ймовірність виконання хоча би однієї функції деякого класу ІС.

7. Розвинути методи побудови імітаційних моделей процесів управління наданням інтелектуальних сервісів інтелектуальною надбудовою, які дозволять врахувати самоподібність трафіку на ІС.

Об'єкт досліджень – процес управління наданням інтелектуальних сервісів в мережах наступного покоління.

Предмет досліджень – методи і моделі, що використовуються для оцінки ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів в мережах наступного покоління.

Методи досліджень. Під час вирішення частинних задач дисертації використовувались методи і принципи системного підходу, методи теорії систем масового обслуговування, теорії марківських процесів, методи алгоритмічного моделювання. Так, при розробці аналітичних моделей ІН з централізованим принципом управління наданням ІС без урахування і з урахуванням самоподібності потоку заявок на ІС використовувались методи і

принципи системного підходу, методи теорії систем масового обслуговування, теорії марківських процесів. При розробці імітаційних моделей управління наданням ІС використовувались методи алгоритмічного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів

1. **Уперше розроблено** аналітичну модель інтелектуальній 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 хоча би однієї функції 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.

5. **Практичне значення отриманих результатів** досліджень полягає в наступному.

1. Результати імітаційного моделювання показали, що урахування самоподібності трафіку на ІС надає можливість більш точної оцінки ефективності управління наданням ІС в мережах наступного покоління, а саме – значення критерію ефективності зменшується не менш ніж на 38%.

2. Результати дисертаційної роботи знайшли практичне застосування в науково-дослідній роботі Навчально-наукового інституту комп'ютерних систем

і технологій «Індустрія 4.0» ім. П.М. Платонова Одеської національної академії харчових технологій. 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 середовищах GPSS та NS-2 розроблено програмне забезпечення системи імітаційного моделювання управління наданням ІС в NGN, що реалізує удосконалені методи оцінки ефективності управління наданням ІС.

Вірогідність наукових результатів, висновків та рекомендацій, викладених в дисертаційній роботі, обґрунтована коректним використанням математичного апарату та моделюванням на ЕОМ.

Результати наукових досліджень впроваджено в науково-дослідній та навчальній роботі Навчально-наукового інституту комп'ютерних систем і технологій «Індустрія 4.0» ім. П.М. Платонова Одеської національної академії харчових технологій, у проектній роботі Державного підприємства ДП УНДІРТ, що є головним галузевим інститутом, який відповідає за науково-технічне забезпечення галузі та координує проведення системних досліджень науково-дослідних організацій та підприємств Держспецзв'язку та захисту інформації України, що підтверджується відповідними актами впровадження.

Особистий вклад автора полягає в розробці та вдосконаленні моделей і методів оцінки ефективності управління наданням ІС в NGN. Отримані наукові результати забезпечують вирішення поставлених у дисертації окремих задач досліджень. Усі основні наукові та практичні результати дисертації отримані особисто автором. Роботи [72, 73, 74, 77] опубліковані без співавторів. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать: розробка методу

визначення функціональної живучості інтелектуальної надбудови відносно надання хоча би одного виду ІС даного класу – [16], удосконалення методу підвищення структурної живучості інтелектуальної надбудови за рахунок використання потокового підходу [74], удосконалення методу визначення функціональної живучості інтелектуальної надбудови – [72], обґрунтування складових критерію ефективності управління ІС [10], розробка структури СМО для декількох класів ІС [16], визначення характеру трафіку, що створює ІС [15].

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень дисертації доповідались, обговорювались та були схвалені на міжнародних науково-технічних конференціях: XV, XVI, XVII Всеукраїнські науково-технічні конференції молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій» (Одеса 29 квітня 2015 р., Одеса 25-26 квітня 2016р., Одеса 19 квітня 2017 р., відповідно); X міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій» (19-22 квітня 2016 р., Київ); VIII Міжнародна науково-технічна конференція студентів і аспірантів «Перспективи розвитку інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем» (19-22 квітня 2016 р., Київ); XIII International Conference TCSET'2016 «Modern problems of radio engineering, telecommunications, and computer science» (Lviv-Slavsko, Ukraine, 2016); XXV Международная научно-практическая конференция «Наука в современном мире» (Київ, Україна, 2017г.); XV International Conference TCSET'2018 «Modern problems of radio engineering, telecommunications, and computer science». (Lviv-Slavsko, Ukraine, February 20-24, 2018).

Публікації. Основні результати дисертації опубліковано в 10 друкованих роботах, в тому числі 3 статті у виданнях, що індексуються у наукометричній базі SCOPUS [13, 14, 15], 1 стаття у зарубіжному журналі (Budapest) «Science and Education a new Dimension, Natural and Technical Science» [16], і 2 статті у

фахових збірниках наукових праць [72, 73], а також 4 тези доповідей у збірниках науково-технічних конференцій [74, 75, 76, 77].

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків по дисертації, списку використаної літератури та п'яти додатків. Повний обсяг дисертації складає 202 сторінок, у тому числі: 161 сторінки основного тексту, бібліографія зі 118 найменувань на 15 сторінках, 5 додатків на 23 сторінках. Дисертація написана українською мовою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. General aspects of the Intelligent Network Application protocol [Text]: ITU-T. – Q.1208. – Женева, 1997. – 9 с.
2. Intelligent Network – Global functional plane architecture [Text]: ITU-T. – I.329/Q.1203. – Женева, 1999. – 9 с.
3. Intelligent network distributed functional plane architecture [Text]: ITU-T. – Q.1204. – Женева, 1993. – 28 с.
4. Intelligent network physical plane architecture [Text]: ITU-T. – Q.1205. – Женева, 1993. – 10 с.
5. Introduction of intelligent network capability set 1 [Text]: ITU-T. – Q.1211. – Женева, 1993. – 34 с.
6. ITU-R Recommendation E.800 – Quality of telecommunication services: concepts, models, objectives and dependability planning – Terms and definitions, related to Quality of Services and network performance including dependability”. – Approved in 2008. – 30 p.
7. ITU-T Recommendation Q.1215 [Text] – Physical plane for intelligent network CS-1, Helsinki, 1993.
8. ITU-T Recommendation Q.1220 [Text] – Series intelligent network capability Set-2, Helsinki, 1993.
9. ITU-T Recommendation Q.1230 [Text] – Series intelligent network capability Set-3, Helsinki, 1993.
10. ITU-T Recommendation Y.1540 – Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters – Approved in 2007. – 46 p.
11. Kirichenko, L. Modeling telecommunications traffic using the stochastic multifractal cascade process // L. Kirichenko, T. Radivilova, E. Kayali //

Problems of Computer Intellectualization / ed. K. Markov, V. Velychko, O. Voloshin. – Kiev–Sofia: ITHEA. – 2012. – P. 55–63. (стаття у колективній монографії).

12. Kniazieva N. Complex quality criterion of control of the intellectual services provision in NGN [Text] / N. Kniazieva, S. Shestopalov // Refrigeration engineering and technology. – Odessa: ONAFT, 2016. – Vol. 52(3). – pp. 42-47
13. Kniazieva N. A. Research of Intelligent Network Services Traffic in NGN / Kniazieva N. A., Shestopalov S. V., Kunup T. V., Kondratenko A. A // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science Proceedings of the 14 International Conference TCSET'2018. – Lviv-Slavske: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2018.
14. Kunup T. Analytical model of application layer in NGN of mining industry enterprises [Текст] / T. Kunup, N. Kniazieva, S. Shestopalov // Науковий вісник національного гірничого університету. – Дніпро: 2017р. – С. 145-150
15. Kunup T. Increasing the Structural Survivability of Telecommunication Networks [Текст] / T. Kunup, N. Kniazieva // Modern problems of radio engineering, telecommunication, and computer science. – Slavske, Ukraine:2016. – P.572-576.
16. Kunup T. The Method of Functional Survivability of the Control of the Intelligent Services [Текст] / T. Kunup. N. Kniazieva, L. Zimenko // Natural and Technical Sciences. – Budapest: 2016. – Vol. IV(10), Issue: 91. – P.79-85.
17. M. S.Taqqu and V. Teverovsky. Robustness of Whittle-type estimates for time series with long-range dependence. Preprint, 1995. – p. 6-7.

18. Nenov A. Approach to the Complex Estimation of Factors, Influencing on Communication Networks' Reliability / Alexey Nenov // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science Proceedings of the Xth International Conference TCSET'2010. — Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2010. — P. 190.
19. Principles of intelligent network architecture [Text]: ITU-T. — I.312 / Q.1201. — Женева, 1992. — 33 с.
20. RS-анализ (анализ фрактальной структуры временных рядов) [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/256381/> — Загл. с экрана. (Дата обращения: 21.11.2017).
21. S.Pnickis, Research of the network server in self-similar traffic environment, RTU, Riga, 2003.
22. Tsybakov B., Georganas N.D. On self-similar traffic in ATM queues: definition, overflow probability bound, and cell delay distribution // IEEE/ACM Trans. on Networking. — 1997. — Vol. 5, No 3. — P. 397–408.]
23. Агеев Д. В. Методика определения параметров потоков на разных участках мультисервисной телекоммуникационной сети с учетом эффекта самоподобия / Д. В. Агеев, А. А. Игнатенко, А. Н. Копылев // — Электронне наукове фахове видання - журнал «Проблеми телекомунікацій» — № 3 (5) — 2011 — С. 18 — 35
24. Агеев Д.В. Параметрический синтез мультисервисных телекоммуникационных систем при передаче группового трафика с эффектом самоподобия / Д.В. Агеев. // Проблемы телекоммуникаций. — Харьков, 2013.— №1(10). — С. 46-65.
25. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем / Алиев Т.И. — СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. — 363 с.

26. Атцик А. Еще один взгляд на NGN: мобильная конвергенция / А. Атцик, А. Гольдштейн // Мобильные телекоммуникации. – 2006. – № 2. – С. 46-51.
27. Бакланов И.Г. NGN. Принципы построения и организации / И.Г. Бакланов. – Эко-Трендз, 2008. – 400 с.
28. Беркман Л.Н. Концепция построения системы управления интеллектуальной сетью / Л.Н. Беркман // Харьков-Туапсе: 3 Международная конференция “Теория и техника передачи, приема и обработки информации”. – 1997. – С. 28-30.
29. Беркман Л.Н. Построение интеллектуальной сети [Текст] / Л.Н. Беркман // Зв’язок. – 1998. – №2. – С. 14-16.
30. Варакин Л. Е. Интеллектуальная сеть: эволюция сетей и услуг связи [Текст] / Л. Е. Варакин // Электросвязь. – 1992. – №1. – С. 22-24.
31. Веников В. А. Теория подобия и моделирования / В. А. Веников, Г. В. Веников. – М.: Высшая школа, 1984. – 439 с.
32. Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола интернет и сети последующих поколений [Текст]. – Recommendation MCE–T Y.3001 (05/2011), ITU–T Study Group. Серия Y.. утв. 2011. – 26с.
33. Гольдштейн А. Б. Еще раз о Softswitch или сравнение реализаций трехгранной пирамиды / А. Б. Гольдштейн // Вестник связи. – 2003. – №9. – С. 40-53.
34. Гольдштейн А. Б. На пути к Next Generation Networks. Сколько шагов осталось пройти к сети будущего? / А. Гольдштейн, Н. Соколов // Connect! Мир связи.— 2006.— № 11.— С. 128-134.
35. Гольдштейн А. Б., Гольдштейн Б. С. SOFTSWITCH / А. Б. Гольдштейн, Б. С. Гольдштейн. – СПб.: БХВ, 2006. – 368 с.

36. Гольдштейн А.Б. Подводная часть айсберга по имени NGN / А.Б. Гольдштейн, Н.А. Соколов // Технологии и средства связи. – 2006. – № 2. – С. 12-21.
37. Гольдштейн А.Б. Подводная часть айсберга по имени NGN. [Ч.2] / А.Б. Гольдштейн, Н.А. Соколов // Технологии и средства связи. – 2006. – № 3. – С. 22-29.
38. Гольдштейн А.Б. Построение NGN: IPCC vs. TISPAN / А.Б. Гольдштейн, А. Атцик // Connect! Мир связи. – 2006. – № 4. – С. 90-95.
39. Гольдштейн Б. С. Сети связи [Текст]: учебник для ВУЗов / Б. С. Гольдштейн, Н. А. Соколов, Г.Г. Яновский. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2010. – 400 с.
40. Гольдштейн Б.С. Интеллектуальные сети. [Текст] / Б.С.Гольдштейн, И.М. Ехриель, Р.Д. Рерле. – М.: Радио и связь, 2000. – 504 с.
41. Гольдштейн Б.С. Проблемы анализа ВВХ Softswitch в архитектуре IMS / Б.С. Гольдштейн, Д.Н. Николаев // Научно–техническая конференция профессорско–преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов: Материалы, 23 – 27 января 2006 г. / Минсвязи России, СПбГУТ им. проф. М.А.Бонч–Бруевича. – СПб.: [Б.и.], 2006. – С. 4.
42. Гольдштейн Б.С. Сети связи пост-NGN [Текст] / Б. С. Гольдштейн, А.Е. Кучерявый – СПб.: БХВ: Петербург, 2014. – 160 с.
43. Гордеев Э. Н. Новые технологии в системах управления сетями связи / Э. Н. Гордеев // Вестник связи. – 2000. – №1. – С. 29-32.
44. ГОСТ Р 51901.5-2005 (МЭК 60300-3-1:2003) Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2005. – 49 с.

45. Громов Ю. Ю. Синтез и анализ живучести сетевых систем [Текст]: учеб. пособие / Ю. Ю. Громов, В. О. Драчев, К. А. Набатов, О. Г. Иванова. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2007. – 88с.
46. Деякі особливості управління мережами NGN / [Беркман Л.Н., Слюсар В.О., Колченко Г.Ф., Варфоломеева О.Г.] // Зв'язок. – 2007. – №7. – С. 19-25.
47. Дисперсійний аналіз [Електронний ресурс] – Режим доступа: http://pidruchniki.com/1929100153035/statistika/dispersiyniy_analiz – Загол. з екрану. (Дата звернення: 21.11.2017).
48. Додонов А.Г. Живучесть информационных систем. / А.Г. Додонов, Д.В. Ландэ. – К.: Наук. думка, 2011. – 256 с.
49. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення [Текст]. – Чинний від 1996–01–01. – К. : Держспоживстандарт України, 1996. – 76 с. – (Національний стандарт України).
50. Интеллектуальные сети связи [Текст] / Б.Я. Лихтциндер, М.А. Кузякин, А.В. Росляков, С.М Фомичев. – Эко-Трендз, 2002. – 206 с.
51. Исаченко Ю.С. Анализаторы протоколов для NGN: Статья содержит сравнительный анализ платформ тестирования: Tektronix (K1297/K1205), SNT (SNT7531, SNTlite, NetTest (Lite 3000), LinkBit (AnyTest), RADCOM (PrismLite, PrismUltraLite), SunriseTelecom (NeTracker) / Ю.С. Исаченко // Вестник связи. – 2006. – № 9. – С. 40-45.
52. Кириченко Л.О., Чалая Л.Э. Комплексный подход к исследованию фрактальных временных рядов // International Journal “INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE”. - 2014. - Vol.8., №1. - С.22-28

53. Кириченко, Л. О. Анализ методов повышения QoS в сетях MPLS с учетом самоподобия трафика / Л. О. Кириченко, Э. Кайали, Т. А. Радивилова // Системні технології. – 2011. – Вип. 3. – С. 52–59.
54. Кириченко, Л. О. Влияние методов маршрутизации на качество обслуживания в мультисервисных сетях при самоподобной нагрузке / Л. О. Кириченко, Т. А. Радивилова, Э. Кайали // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – 1/2 (49). – С. 15–18. (Входит до міжнародних наукометричних баз Ulrich's Periodicals Directory, DRIVER, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Index Copernicus, WorldCat, ПИНЦ, Directory of Open Access Journals (DOAJ), EBSCO, American Chemical Society, ResearchBib, Directory Indexing of International Research Journals.)
55. Кириченко, Л. О. Исследование нелинейной динамики изменения окна перегрузки TCP протокола / Л. О. Кириченко, Т. А. Радивилова, А. В. Карпухин, А. В. Борисов, Э. Кайали // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – №5. – С. 281–286.
56. Кириченко, Л. О. Моделирование телекоммуникационного трафика с использованием стохастических мультифрактальных каскадных процессов / Л. О. Кириченко, К. А. Демерчян, Э. Кайали, А. Ю. Хабачёва // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2012. – №1 (26). – С. 48–53. (Входит до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, INSPEC, INIS, EBSCO, DOI, Ulrich's).
57. Кільчицький Є. В. Технології управління / Є. В. Кільчицький // Вісник УБЕНТЗ. – 2000. – №1. – С. 38-43.
58. Князева Н. А. Метод оценки структурной надежности сети при изменении ее структуры / Н. А. Князева, А. Л. Ненов // Вісник ДУІКТ, Т. 9, № 4, 2011. — С. 318–325.

59. Князева Н.А. Метод обеспечения структурной живучести телекоммуникационной сети. / Н.А. Князева // International Journal “Information Technologies & Knowledge”. — 2014. — №. 8. — С. 152-166.
60. Князева Н.А. Оценка качества услуг связи с позиций удовлетворенности потребителей / Н.А. Князева, А.С. Кальченко // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Science. Vol. 8. – Budapest: 2013. – P. 156-161.
61. Князева Н.А. Повышение структурной живучести телекоммуникационной сети / Н.А. Князева // International Journal “Information Models and Analyses”. — 2013. — №. 2. — С. 275-284.
62. Князева Н. О. Теорія проектування комп'ютерних систем і мереж. Ч.2. Методи аналізу і синтезу комп'ютерних систем і мереж [Текст]: навч. посібник / Н. О. Князева. – Одеса: СПД, 2012. – 240 с.
63. Князева Н. О. Оцінка структурної надійності телекомунікаційної мережі [Текст] / Н. О. Князева, О. Л. Ненов // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – № 688. Комп'ютерні системи та мережі. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2010. – С. 129–137.
64. Князева Н.О. Оцінка ефекту від побудови мережі синхронних передавачів вздовж автомагістралі / Н. О. Князева, Л. О. Бескровна. // Праці УНДІРТ. – 2008. – №4 (51) - 1(53). – С. 33-36.
65. Князева Н.О. Підвищення якості управління послугами при застосуванні децентралізованої системи управління / Н.О. Князева, С.В. Шестопапов, // Вісник ДУІКТ. – т.8. – №1 – К.: ДУІКТ, 2010. – С. 21-28.

66. Князева Н.О. Теорія проектування комп'ютерних систем і мереж. Ч.2. Методи аналізу і синтезу комп'ютерних мереж / Н.О. Князева. Одеса: СПД Бровкін О.В., 2012. -240 с.
67. Князева Н.О. Управління інтелектуальними сервісами в мережах наступного покоління / Князева Н.О. Шестопапов С.В. – Одеса: ТОВ Плутон, 2017. – 268 с.
68. Концептуальное положение по построению мультисервисных сетей [Электронный ресурс]/ Министерство по связи и информатизации, 15.12.2017. Режим доступа <http://niits.ru/public/2003/064.pdf>, свободный. – Яз. Рус.
69. Кривошея Д.О. Подход к оценке функциональной живучести иерархической системы видеоконференцсвязи на беспроводной ячеистой сети / Д.О. Кривошея //Интернет-журнал «Науковедение». — 2014. — №. 5(24).
70. Крюков Ю.С. Использование существующей сетевой инфраструктуры для реализации функций СОРМ в сетях связи следующего поколения / Крюков Ю.С. // Защита информации. Инсайд. – 2006. –№ 6. – С. 38-42.
71. Кудрявцев Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем / Е.М. Кудрявцев. – М: ДМК Пресс, 2004. – 320 с.
72. Кунуп Т.В. Аналітична модель рівня сервісів та додатків мережі наступного покоління [Текст] / Т.В. Кунуп // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Северодонецьк: 2017р. – С.1-58.
73. Кунуп Т.В. Імітаційна модель інтелектуальної надбудови з трьома класами заявок з відносними пріоритетами [Текст] / Т.В. Кунуп//
74. Кунуп Т.В. Метод формування комплексного критерію ефективності управління наданням телекомунікаційних сервісів [Текст] / Т.В. Кунуп

// Мультидисциплинарный научный журнал «Архивариус». – Київ: 2017 р. – С. 49-55.

75. Кунуп Т.В. Оценка структурной живучести телекоммуникационной сети / Т.В. Кунуп [Текст] // XV Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій», м. Одеса 29 квітня 2015р. – Одеса: 2015р. – С.152-153.
76. Кунуп Т.В. Оценка эффективности управления интеллектуальными услугами [Текст] / Т.В. Кунуп, Б.Л. Пустовой // Десята міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій» і Восьма Міжнародна науково-технічна конференція студентів і аспірантів «Перспективи розвитку інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем», м. Київ 19-22 квітня 2016р. – Київ: 2016. – С. 244-246.
77. Кунуп Т.В. Подход к определению функциональной живучести системы управления интеллектуальными услугами [Текст] / Т.В. Кунуп Б.Л. Пустовой // XVI Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій», м. Одеса 25-26 квітня 2016р. – Одеса: 2016р. – С.117-120.
78. Кунуп Т.В.Урахування самоподібності трафіку в аналітичній моделі рівня додатків в NGN [Текст] / Т.В. Кунуп // XVII Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених, аспірантів та студентів. «Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій», м. Одеса 19 квітня 2017 р. – Одеса: 2017р. Ч.2. – С. 44-47.
79. Ладыженский Ю.В., Моргайлов Д.Д., Моатаз Юнис. Моделирование самоподобного входного трафика сетевых процессоров в системе NS-2

// Наукові праці ДонНТУ випуск 16 (204) Серія “Інформатика, кібернетика 2012 та обчислювальна техніка”

80. Лемешко А. В. Разработка и исследование потоковой модели адаптивной маршрутизации в программно-конфигурируемых сетях с балансировкой нагрузки / А. В. Лемешко, Т. В. Вавенко // Доклады ТУСУР. – 2013. – № 3(29). – С. 100-108.
81. Лесин Л.М. TDM vs. NGN: выбор очевиден? / Л.М. Лесин, А.В. Александров // Технологии и средства связи. – №4. – 2005. – (http://www.protei.ru/company/pdf/publications/2005/TSS_4_2005.pdf)
82. Макаров В.В. Создание системы управления мультисервисными сетями / В.В. Макаров, Л.З. Гильченко // Вестник связи. – 2006. – № 4. – С. 136-138.
83. Международный союз электросвязи (ITU) официальное Интернет-представительство. — Режим доступа: <http://www.itu.int> (дата обращения 20.03.2015 г.).
84. Ненов А. Л. Имитационная модель оценки структурной надежности сети связи / А. Л. Ненов // Холодильна техніка і технологія. — 2010. — № 6 (128). — С. 85–89. — ISSN 0453-8307.
85. Нетес В.А. Управление сетями: стандарты, проблемы и перспективы // Вестник связи. – 2000. – №2. – С. 83-88.
86. Нечипоренко В. И. Структурный анализ систем (эффективность и надежность) [Текст] / В. И. Нечипоренко. – М. : Сов. радио, 1977. – 216 с.
87. Одноканальная СМО с ожиданием. – Режим доступа: http://stu.sernam.ru/book_rop.php?id=54 (дата обращения 06.10.2017 г.).
88. Оперативно-техническое управление телекоммуникационными сетями и услугами Единой национальной системы связи / [Кильчицкий

- Е.В., Копейка О.В., Слюсарь В.А., Колченко Г.Ф., Сумський А.И.] // Вісник Українського будинку економічних та науково-технічних знань. – 2003. – №2. – С. 6-11.
89. Отрох С. І. Архітектура мережі нового покоління NGN / С. І. Отрох, О. С. Єфремов // Вісник ДУКТ. Спецвипуск. – 2007. – С. 65-71.
90. Пинчук А.В. Прагматическая стратегия перехода к NGN: Модернизация телефонной сети, подразумевающая переход к NGN / А.В. Пинчук, Н.А. Соколов // Вестник связи. – 2006. – № 6. – С. 66-72.
91. Проектування телекомунікаційних мереж / [В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман]. – Техніка, 2002. – 792 с.
92. Рекомендация ИТУ-Т У.3001: Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола интернет и сети последующих поколений [Электронный ресурс] / [ITU: Committed to connecting the world](http://www.itu.int).— Режим доступа: \www/<http://www.itu.int/> — 10.03.2012 г. — Загл. с экрана.
93. Рекомендация ИТУ-Т У.3001: Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола интернет и сети последующих поколений [Электронный ресурс] / [ITU: Committed to connecting the world](http://www.itu.int).— Режим доступа: \www/<http://www.itu.int/> — 10.03.2012 г. — Загл. с экрана.
94. Росляков А.В., Кашин М.М. Исследование свойств сигнального трафика протокола SIP / А.В. Росляков, М.М. Кашин //ТComm, №5, 2009, с. 26-29.
95. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем [Текст] / И. А. Рябинин. – СПб.: Политехника, 2001. – 248 с.

96. Самойленко Н. И. Функциональная надежность трубопроводных транспортных систем [Текст] / Н. И. Самойленко, И. А. Гавриленко. ; под ред. Н. И. Самойленко. – Харьков: ХНАГХ, 2008. – 193 с.
97. Самоподобные (фрактальные) случайные последовательности [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://sernam.ru/t_62.php – [Загл. с экрана. \(Дата обращения: 21.11.2017\).](#)
98. Сигорский В. П. Математический аппарат инженера / В. П. Сигорский. – Техника, 1977. – 768 с.
99. Сидоренко И.А. Агентное моделирование трафика телекоммуникационной компании / И.А. Сидоренко, И.В. Солдатов // Белгородский государственный университет // Научные ведомости – 2009. – №9(64). – с. 2-3.
100. Система управления сетью связи второго уровня TMN с комбинированным принципом управления / [В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман, Л.В. Рудык, А.С. Стец.] // Зв’язок. – 2005. – № 5. – С. 66-69.
101. Советов Б. Я. Моделирование систем / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 2005. – 295 с.
102. Соколов Н. А. Качество обслуживания трафика речи в сети NGN / Н. А. Соколов // Connect! Мир связи. – 2006. – № 7. – С. 127-131.
103. Стеклов В. К. Особенности проектирования системы управления интеллектуальной сетью / В. К. Стеклов, Л.Н. Беркман // Вісн. держ. ун-ту Львівська політехніка. – 2000. – № 387. – С. 19-22.
104. Стеклов В. К. Проектування систем автоматичного керування / В. К. Стеклов. – К.: Вища школа, 1995. – 231 с.
105. Стеклов В. К. Проектування телекомунікаційних мереж [Текст]: підруч. для студ. вищ. навч. закл. за напрямком «Телекомунікації» /

- Стеклов В. К., Беркман Л. Н.; за ред. В. К. Стеклова. – К.: Техніка, 2002.– 792с .
106. Стеклов В.К. Основи управління мережами та послугами телекомунікацій [Текст] / В.К.Стеклов, Є.В. Кільчицький. – К.: Техніка, 2002.– 348с.
 107. Стекольников Ю.И. Живучесть систем – СПб.: Политехника, 2002. – 155с.
 108. Требования к сетевым показателям качества для служб, основанных на протоколе IP: МСЭ-Т. – Y.1541. – [Переизд. Фев. 2007 с изм.]. – Женева, 2007. – 43 с.
 109. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій/ [В.Г. Кривуца, В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман, Б.Я. Костік, В.Ф. Олійник]. – Техніка, 2007. – 384 с.
 110. Филин Б. П. Методы анализа структурной надежности сетей связи [Текст] / Б. П. Филин. – М.: Радио и связь, 1988. – 208 с.
 111. Цыбаков Б.С. Модель телеграфика на основе самоподобного случайного процесса // Радиотехника. – 1999. – № 5. – С. 24–31.
 112. Черкесов Г. Н. Надежность аппаратно-программных комплексов [Текст]: учебное пособие / Г. Н. Черкесов. – СПб.: Питер, 2005. – 479 с.
 113. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 420 с.
 114. Шестоपालов С.В. Оцінка якості децентралізованої системи керування / С.В. Шестоपालов // Світ інформації та телекомунікацій – 2008. Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції студентства та молоді: тези доп. – К.: ДУІКТ. – 2008. – С. 46-47.
 115. Шестоपालов С.В. Визначення складової “вартість” критерію якості функціонування систем управління / С. В. Шестоपालов // Світ

інформації та телекомунікацій – 2010. Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції студентства та молоді: тези доп. – К.: ДУІКТ, 2010 – С. 146-147.

116. Шестопапов С.В. Качество управления интеллектуальными услугами в сетях последующего поколения // International Journal «Information Models and Analyses» Vol.2/2013, Number 3. – 2013. – с.262-274
117. Шестопапов С.В. Качество управления интеллектуальными услугами в сетях последующего поколения // International Journal «Information Models and Analyses» Vol.2/2013, Number 3. – 2013. – с.262-274
118. Шестопапов С.В. Результуючий критерій якості системи управління додатковими послугами в NGN / С.В. Шестопапов // Науковий Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – №2 (5Е). – Краматорск: Издательство ДГМА, 2009р. – С. 185-189.

