

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ**

**КУНУП ТЕТЯНА ВАСИЛІВНА**



УДК 621.391:681.5

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

05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2018

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Одеській національній академії харчових технологій.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Князева Ніна Олексіївна,**  
Одеська національна академія харчових технологій,  
професор кафедри комп'ютерної інженерії.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Семенко Анатолій Іларіонович,**  
Інститут комп'ютерних технологій, Відкритий  
міжнародний університет розвитку людини «Україна»,  
професор кафедри комп'ютерної інженерії;

доктор технічних наук, професор  
**Краснобасв Віктор Анатольевич,**  
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна,  
професор кафедри електроніки та управляючих систем.

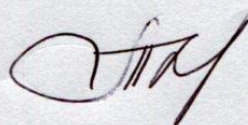
Захист відбудеться "21" вересня 2018 р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.01 в Українському державному університеті залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, пл. Фейербаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, пл. Фейербаха, 7.

Автореферат розісланий

" 10 " 08 2018 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради



К. А. Трубчанінова

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**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. Виникає поняття потрібної 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, О. Атцика, О. Пінчука, Ю. Ісаченка, Л. Лесіна, 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, В. Макарова і інших. Серед українських фахівців публікації щодо NGN належать С. Отроху, 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, Д. Агеєв, Б. Цибаков, Н. Князева, С. Шестопапов, П. Фергюсон, Р. Хастон, М. Таqqu, 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 IP-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 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 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 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 урахувати 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 [ 5, 6, 7, 10] 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 – [4], удосконалення методу підвищення структурної живучості інтелектуальної надбудови за рахунок використання потокового підходу

[1], удосконалення методу визначення функціональної живучості інтелектуальної надбудови – [6], обґрунтування складових критерію ефективності управління ІС [10], розробка структури СМО для декількох класів ІС [2], визначення характеру трафіку, що створює ІС [3].

**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 [1, 2, 3], 1 стаття у зарубіжному журналі (Budapest) «Science and Education a new Dimension, Natural and Technical Science» [4], і 2 статті у фахових збірниках наукових праць [5, 6], а також 4 тези доповідей у збірниках науково-технічних конференцій [ 7, 8, 9, 10].

**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.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

**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** вирішено першу та другу задачі дисертаційної роботи. 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. Тому 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 факторів (підкритеріїв).

У другому розділі вирішено четверту та шосту задачі та отримано пункти 2 та 3 наукової новизни дисертаційної роботи. Розглянуто архітектуру ІН з централізованим принципом управління (ІНЦПУ) наданням ІС (рис.1). Запропоновано ефективність управління наданням ІС (ЕУНІС) оцінювати комплексним критерієм, що містить в собі наступні підкритерії: час надання сервісу  $T$ , ймовірність відмови в наданні сервісу  $P_v$ , довжина черги, в яку потрапляє заявка для обслуговування  $L$ , структурна та функціональна живучість  $P_{сфж}$  та структурна надійність  $P_{сн}$ , а також вартість  $C$  ІН.

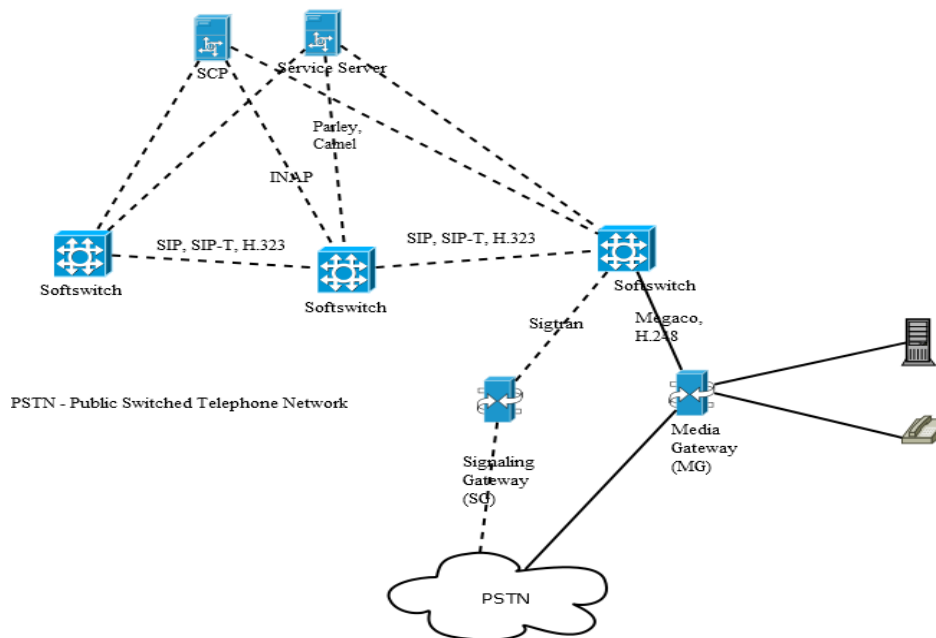


Рис. 1. Архітектура NGN з ІНЦПУ

Для об'єднання підкритеріїв в комплексний скалярний критерій ЕУНІС  $F$  пропонується використовувати адитивну функцію корисності виду:

$$F = \sum_{i=1}^n K_i' v_i, \quad (1)$$

де  $v_i$  – ваговий коефіцієнт  $i$ -го підкритерію;  $v_i \geq 0$ ,  $\sum_{i=1}^n v_i = 1$ ;  $n$  – кількість підкритеріїв (в нашому випадку  $n = 6$ );



$K'_i$  – нормоване значення  $i$ -го підкритерію.

Для визначення значень вагових коефіцієнтів  $v_i$   $i$ -х підкритеріїв запропоновано використовувати експертні оцінки та матрицю пріоритетів. Для розрахунку нормованих значень підкритеріїв запропоновано наступні вирази:

$$K'_1 = \frac{T(\max)}{T}; K'_2 = \frac{P_e(\max)}{P_e}; K'_3 = \frac{L(\max)}{L} \quad (2)$$

$$K'_4 = \frac{P_{сфжс}}{P_{сфжс}(\min)}; K'_5 = \frac{P_{сн}}{P_{сн}(\min)}; K'_6 = \frac{C(\max)}{C}$$

Тут  $K_i(\max)$  – максимальна допустима значення підкритерію  $K_i$ ,  $K_i(\min)$  – мінімально допустима значення підкритерію  $K_i$ .

Набув подальшого розвитку метод оцінки функціональної живучості ІН NGN, який дозволяє визначити ймовірність виконання хоча би однієї функції деякого класу ІС (3):

$$P_{f_{d_i}}^* = 1 - (P(E(r_{jA(l_A)}^q) \cup E(y_{A,1(l_A+\delta_A)}^q) \cup E(r_{j1(l_1)}^q) \cup E(y_{1,2(l_1+\delta_1)}^q) \cup E(r_{j2(l_2)}^q) \cup E(y_{2,3(l_2+\delta_2)}^q) \cup \dots \cup E(y_{(t-1),B(l_{t-1}+\delta_{t-1})}^q) \cup E(r_{jB(l_B)}^q))) \quad (3)$$

де  $E(r_{jA(l_s)}^q)$  – відмова ресурсу  $j$ -го виду, використовуваного в процесі надання ІС  $q$ -го класу по маршруту, що включає пункт  $A$ , розташований на рівні ієрархії  $l_s$ ;  $E(y_{js(l_s+\delta_s)}^q)$  – відмова функціонального зв'язку, що належить маршруту і що розташований на рівні  $(l_s + \delta_s)$ , пов'язаним з рівнем  $l_s$ .

Розроблено метод визначення структурної живучості ІН на основі запропонованих показників структурної живучості. Метод визначення структурної надійності ІН, що заснований на використанні потокового підходу з застосуванням методів мінімальних шляхів і мінімальних розрізів. Запропоновано розрахунок вартості  $C$  ІН виконувати з врахуванням дисконтних ставок.

**В третьому розділі** вирішено третю і п'яту задачі та отримано пункт 1 наукової новизни дисертаційної роботи. Обґрунтовано виконання математичного апарату теорії масового обслуговування (ТМО) для побудови аналітичних та імітаційних моделей ІН, запропоновано аналітичні моделі ІН для випадків, коли потік заявок на ІС має експоненціальний (АМ1) та самоподібний характер (АМ2).

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 такі технічні підкритерії ефективності як час надання сервісу  $T$ , ймовірність відмови в наданні сервісу  $P_v$ , довжину черги, в яку потрапляє заявка для обслуговування  $L$ , забезпечувати вивчення поведінки інтелектуальної надбудови в різних режимах роботи. Розробку моделей ІН потрібно здійснювати на основі комплексного використання різних типів математичного апарату відповідно до їх достоїнств та недоліків. ТМО задовольняє багатьом наведеним вище вимогам, тобто її використання в даному випадку дозволить

виконати завдання адекватного моделювання процесів управління наданням ІС. Деякі обмеження на параметри потоку, прийняті в ній, можуть бути зняті за рахунок використання методів теорії фракталів, шляхом врахування параметра Хьорста.

Аналітичні моделі АМ1 та АМ2 мають наступний вигляд.

В АМ1, зважаючи на те, що в NGN існує декілька класів заявок на ІС з різними пріоритетами, введено три класи заявок – для відео потоку, для передачі мови; для даних. Найбільш пріоритетним є перший клас, а найменш пріоритетним – останній. Представлено ІН у вигляді системи масового обслуговування М/М/1/3.

Опис системи (рис. 2): система – одноканальна; вхідний потік заявок – неоднорідний: при цьому у систему надходить обмежена кількість класів (три класи) заявок; накопичувач для заявок – обмеженою ємкістю  $m=3$ ; дисципліна буферизації – без витіснення заявок: якщо при надходженні в систему заявки будь-якого класу накопичувач заповнений до кінця, то заявка втрачається; дисципліна обслуговування – з відносними пріоритетами.

Припущення: Заявки трьох класів, що надходять в систему, утворюють найпростіші потоки з інтенсивностями  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  та  $\lambda_3$ , відповідно; тривалість обслуговування заявок кожного класу розподілена по експоненціальному закону з інтенсивностями  $\mu_1 = 1/b_1$ ,  $\mu_2 = 1/b_2$ ,  $\mu_3 = 1/b_3$ , де  $b_1$ ,  $b_2$  і  $b_3$  – середня тривалість обслуговування заявок класу 1, 2 і 3, відповідно.

У СМО завжди існує стаціонарний режим, оскільки не може бути нескінченних черг.

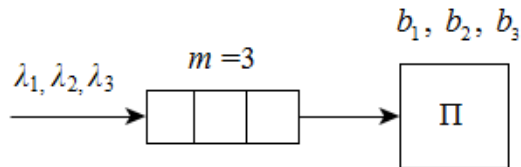


Рис. 2. Представлення ІН у вигляді СМО виду М/М/1/3 з пріоритетами

Закодовано стани випадкового процесу, використовуючи які сформовано розмічений граф переходів. По розміченому графу переходів складено систему рівнянь для визначення стаціонарних ймовірностей:

$$\left. \begin{aligned} p_1 \mu_1 + p_2 \mu_2 + p_3 \mu_3 &= p_0 (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) \\ p_0 \lambda_1 + p_4 \mu_1 + p_7 \mu_2 + p_{10} \mu_3 &= p_1 (\mu_1 + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) \\ p_0 \lambda_2 + p_5 \mu_1 + p_8 \mu_2 + p_{11} \mu_3 &= p_2 (\mu_2 + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) \\ \dots & \\ p_{30} \lambda_3 &= p_{60} \mu_3 \\ \sum_{i=0}^{60} p_i &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Середнє число заявок кожного класу в черзі:

$$\begin{aligned} L_1 &= p_4 + p_7 + p_{10} + p_{13} + p_{14} + 2p_{16} + p_{19} + p_{20} + 2p_{22} + p_{25} + p_{26} + 2p_{28} + \sum_{i=31}^{33} p_i + \\ &3p_{24} + 2p_{35} + p_{36} + 2p_{37} + p_{38} + 3p_{43} + 2p_{44} + 2p_{45} + p_{46} + p_{47} + 3p_{52} + \\ &2p_{53} + 2p_{54} + p_{55} + p_{56} \end{aligned} \quad (4)$$

$$L_2 = p_5 + p_8 + p_{11} + p_{13} + p_{15} + 2p_{17} + p_{19} + p_{21} + 2p_{23} + p_{25} + p_{27} + 2p_{29} + \sum_{i=31}^{33} p_i + p_{35} + 2p_{36} + p_{36} + 3p_{39} + 2p_{40} + p_{41} + p_{44} + 2p_{46} + 3p_{48} + 2p_{49} + p_{50} + p_{53} + 2p_{55} + 3p_{57} + 2p_{58} + p_{59} \quad (5)$$

$$L_3 = p_6 + p_9 + p_{12} + p_{14} + p_{15} + 2p_{18} + p_{20} + p_{21} + 2p_{24} + p_{27} + 2p_{30} + \sum_{i=31}^{33} p_i + p_{37} + 2p_{38} + p_{40} + 2p_{41} + 3p_{42} + p_{45} + 2p_{47} + p_{49} + 2p_{50} + 3p_{51} + p_{54} + 2p_{56} + p_{58} + 2p_{59} + 3p_{60} \quad (6)$$

Завантаження пристрою відповідним класом заявок:

$$\begin{aligned} \rho_1 &= p_1 + \sum_{i=4}^6 p_i + \sum_{i=13}^{18} p_i + p_{31} + \sum_{i=34}^{42} p_i \\ \rho_2 &= p_2 + \sum_{i=7}^9 p_i + \sum_{i=19}^{24} p_i + p_{32} + \sum_{i=43}^{51} p_i \\ \rho_3 &= p_3 + \sum_{i=10}^{12} p_i + \sum_{i=25}^{30} p_i + p_{33} + \sum_{i=52}^{60} p_i \end{aligned} \quad (7)$$

Продуктивності пристрою:

$$\lambda'_1 = \frac{\rho_1}{b_1}; \quad \lambda'_2 = \frac{\rho_2}{b_2}; \quad \lambda'_3 = \frac{\rho_3}{b_3}; \quad (8)$$

Ймовірність втрати заявок відповідного класу:

$$P_{e1} = P_{e2} = P_{e3} = \sum_{i=31}^{60} p_i. \quad (9)$$

Середнє число заявок відповідного класу в системі:

$$M_1 = \rho_1 + L_1; \quad M_2 = \rho_2 + L_2; \quad M_3 = \rho_3 + L_3. \quad (10)$$

Знайдемо час надання ІС кожного класу ІН:

$$T_1 = \frac{M_1}{\lambda'_1}; \quad T_2 = \frac{M_2}{\lambda'_2}; \quad T_3 = \frac{M_3}{\lambda'_3}. \quad (11)$$

Для розробки AM2 досліджено характер потоку заявок на ІС. Для досліджень застосовано R/S метод, який реалізовано за допомогою програмного забезпечення *AutoSignal*. Аналіз проводився в мережі компанії «X», 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 (рис. 3). Для подальшого аналізу отримані дані були розділені на групи: трафік протягом місяця, протягом тижня, за добу.

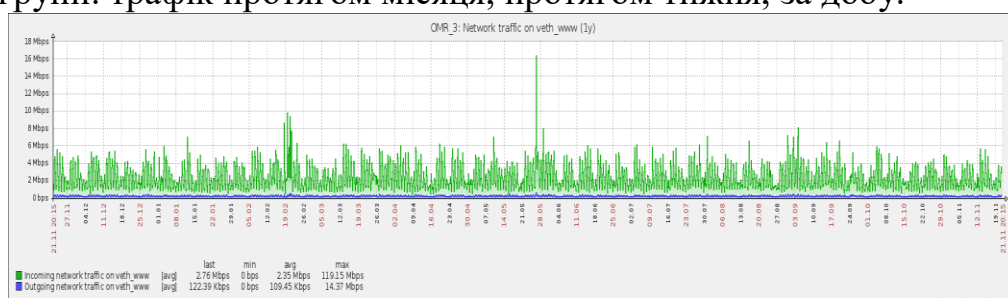


Рис. 3. Вхідний та вихідний трафіки за рік

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

Значення коефіцієнта Хьорста для кожного дня тижня представлені в табл. 1. Як видно з табл. 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. 2, значення показника Хьорста  $H$  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. 4. Показник Хьорста  $H$  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.

Таблиця 1

Дані вимірувань за тиждень

	Коефіцієнт Хьорста	
	Вхідний трафік	Вихідний трафік
Понеділок	0.75	0.73
Вівторок	0.76	0.75
Середа	0.83	0.71
Четверг	0.82	0.77
Пятниця	0.80	0.75
Субота	0.77	0.71
Неділя	0.79	0.69

Таблиця 2

Дані вимірувань за місяць (листопад)

	Коефіцієнт Хьорста	
	Вхідний трафік	Вхідний трафік
Перша неділя	0.56	0.68
Друга неділя	0.64	0.57
Третя неділя	0.72	0.75
Четверта неділя	0.70	0.77

Таблиця 3

Дані вимірувань за рік

	Коефіцієнт Хьорста	
	Вхідний трафік	Вхідний трафік
Січень	0.70	0.73
Лютий	0.70	0.76
Березень	0.67	0.66
Квітень	0.72	0.72
Травень	0.53	0.57
Червень	0.68	0.54
Липень	0.74	0.74
Серпень	0.65	0.68
Вересень	0.68	0.73
Жовтень	0.70	0.79
Листопад	0.66	0.68
Грудень	0.70	0.75

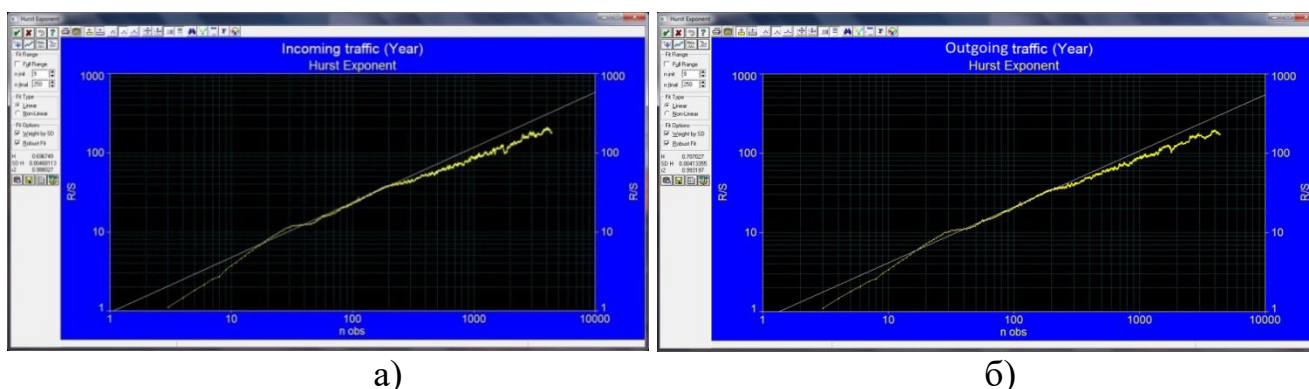


Рис. 4. Графік залежності  $\log(R/S(n))$  від  $\log(n)$  вхідного (а) та вихідного (б) трафіків за рік

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 – АМ2, що представлена у вигляді СМО виду  $M/M/1/m$  з однорідним потоком заявок. Для врахування самоподібності трафіку введено функцію  $f(H)$ , котра залежить від коефіцієнта Хьорста  $H$  і визначається як  $f(H) = 2H$ . При  $H=0,5$  властивість самоподібності відсутня. При зростанні  $H$  від 0,5 до 1 вплив самоподібності трафіку зростає.

Наведено спосіб розрахунку підкритеріїв критерію ЕУНІС:

$$\text{Завантаження системи } \rho: \quad \rho = \frac{\alpha \cdot \lambda}{\mu} \quad (12)$$

де  $\alpha$  – доля обслуженого трафіка:

$$\alpha = \frac{\lambda'}{\lambda} \quad (13)$$

Інтенсивність потоку обслужених заявок:

$$\lambda' = (1 - \overline{P_B}) \cdot \lambda \quad (14)$$

Довжина черги  $L$ :

$$L = \frac{\frac{\rho}{\pi} f(H)}{1 - \left[ \frac{\rho}{\pi} f(H) \right]^{m+2}} \cdot \frac{\left\{ 1 - (m+1) \left[ \frac{\rho}{\pi} f(H) \right]^m + m \left[ \frac{\rho}{\pi} f(H) \right]^{m+1} \right\}}{1 - \frac{\rho}{\pi} f(H)} \quad (15)$$

де  $\pi$  – ймовірність відсутності повторного запиту на ІС.

Загальний час надання сервісу  $T$ :

$$T = \frac{\overline{L}}{\lambda f(H)} + \frac{1}{\mu} = \frac{\frac{1}{\pi \mu}}{1 - \left[ \frac{\rho}{\pi} f(H) \right]^{m+2}} \cdot \frac{\left\{ 1 - (m+1) \left[ \frac{\rho}{\pi} f(H) \right]^m + m \left[ \frac{\rho}{\pi} f(H) \right]^{m+1} \right\}}{1 - \frac{\rho}{\pi} f(H)} + \frac{1}{\mu} \quad (16)$$

Ймовірність втрати заявки на ІС при переповненні черги  $P_e$  :

$$P_e = \frac{1 - \frac{\rho}{\pi} f(H)}{1 - \left[ \frac{\rho}{\pi} f(H) \right]^{m+2}} \cdot \left[ \frac{\rho}{\pi} f(H) \right]^{m+1} \quad (17)$$

Запропонована також аналітична модель ІН, що представлена у вигляді СМО виду  $M/M/1/m$  з  $K$  класами заявок без пріоритетів.

Розраховано підкритерії ІН:

Завантаження системи  $\rho$  :

$$\rho = \sum_{i=1}^K \frac{x_i \cdot \alpha_i \cdot \lambda_i}{\mu_i} \quad (18)$$

де  $\lambda_i$  – інтенсивність заявок  $i$ -го класу ( $i = \overline{1..K}$ );

$\alpha_i$  – доля обслужених заявок  $i$ -го класу;

$$\alpha_i = \frac{\lambda'_i}{\lambda_i} \quad (19)$$

$\lambda'_i$  – інтенсивність потоку обслужених заявок  $i$ -го класу;

$x_i$  – доля  $i$ -го класу в загальному потоці заявок:

$$x_i = \frac{\lambda_i}{\lambda}, \quad (20)$$

де  $\lambda = \sum_{i=1}^K \lambda_i$  – сумарна інтенсивність всіх класів заявок.

Тоді довжина черги  $L$  :

$$L = \frac{\frac{\rho}{\pi} f(H)}{1 - \left[ \frac{\rho}{\pi} f(H) \right]^{m+2}} \cdot \frac{\left\{ 1 - (m+1) \left[ \frac{\rho}{\pi} f(H) \right]^m + m \left[ \frac{\rho}{\pi} f(H) \right]^{m+1} \right\}}{1 - \frac{\rho}{\pi} f(H)} - \frac{\rho}{\pi} f(H) \quad (21)$$

де  $\pi$  – ймовірність відсутності повторного запиту на ІС для всіх класів заявок.

Загальний час надання сервісу  $T$  :

$$T = \frac{\bar{L} + \frac{\rho}{\pi} f(H)}{f(H) \cdot \sum_{i=1}^K x_i \cdot \lambda_i} + \frac{1}{\mu} = \frac{\frac{1}{\pi \mu}}{1 - \left[ \frac{\rho}{\pi} f(H) \right]^{m+2}} \cdot \frac{\left\{ 1 - (m+1) \left[ \frac{\rho}{\pi} f(H) \right]^m + m \left[ \frac{\rho}{\pi} f(H) \right]^{m+1} \right\}}{1 - \frac{\rho}{\pi} f(H)} + \frac{1}{\mu} \quad (22)$$

де  $\bar{\mu}$  – усереднене значення інтенсивності обслуговування заявок на ІС:

$$\bar{\mu} = \sum_{i=1}^K \frac{\sigma_i \mu_i}{K} \quad (23)$$

$\sigma_i$  – доля обслужених заявок  $i$ -го класу:

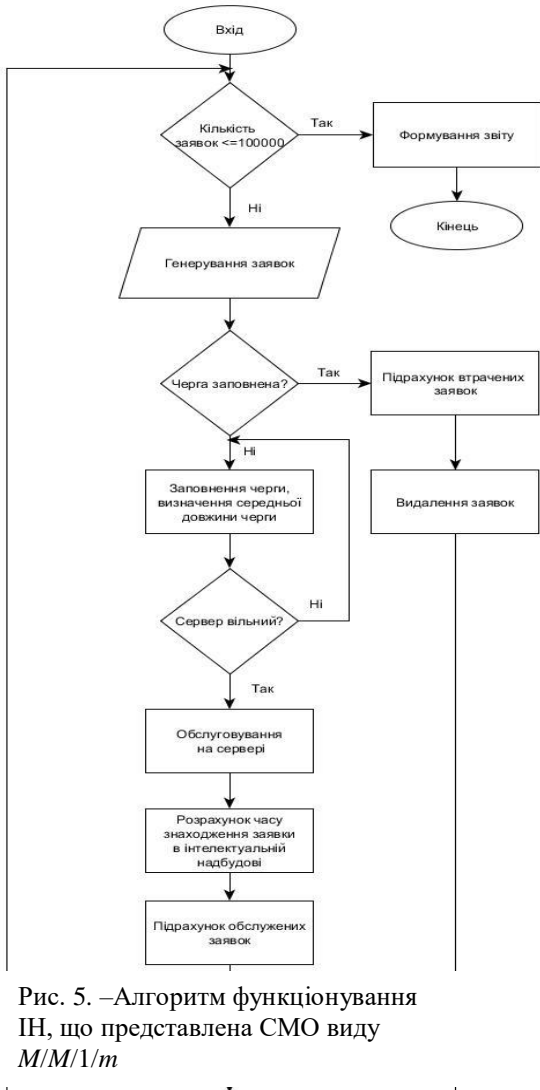


Рис. 5. –Алгоритм функціонування ІН, що представлена СМО виду  $M/M/1/m$

$$\sigma_i = \frac{\lambda'_i}{\lambda'} \quad (24)$$

Ймовірність втрати заявки на ІС при переповненні черги  $P_e$ :

$$P_e = \frac{1 - \frac{\rho}{\pi} f(H)}{1 - \left[ \frac{\rho}{\pi} f(H) \right]^{m+2}} \cdot \left[ \frac{\rho}{\pi} f(H) \right]^{m+1} \quad (25)$$

В четвертому розділі вирішено цьому задачу та отримано пункт 4 наукової новизни дисертаційної роботи. Розроблено імітаційні моделі ІН. Для імітаційних моделей ІН з експоненціальним трафіком використано загально-цільову 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. 5. 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.

Результати, що отримані для моделі  $M/M/1/m$

представлені в табл. 4.

Таблиця 4

Результати тестування аналітичної та імітаційної моделей інтелектуальної надбудови

	$r$	$\lambda$	$\mu$	$a$	$b$	$\rho$	$P_e$	$L$	$T$
Аналітична	4	4	8	0,25	0,128	0,492	0,016	0,413	0,23
Імітаційна	4	4	8	0,25	0,128	0,500	0,018	0,445	0,24
Аналітична	4	6	8	0,17	0,128	0,696	0,072	1,005	0,306
Імітаційна	4	6	8	0,17	0,128	0,698	0,072	1,009	0,315
Аналітична	4	10	8	0,1	0,128	0,911	0,271	2,22	0,43
Імітаційна	4	10	8	0,1	0,128	0,919	0,285	2,29	0,45
Аналітична	4	15	8	0,07	0,128	0,979	0,478	3,019	0,51
Імітаційна	4	15	8	0,07	0,128	0,978	0,467	2,988	0,52

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. По результатах імітаційного моделювання для ІН, що обслуговує один клас заявок на ІС, розраховано підкритерії ефективності управління наданням ІС (табл. 5, 6).

Таблиця 5

Результати імітаційного моделювання ІН без врахування самоподібності ІН трафіку

$\lambda$	4	6	8	10	15	30
$\mu$	8	8	8	8	8	8
$P_e$	0.006	0.019	0.039	0.064	0.126	0.312
$L$	0.224	0.339	0.443	0.525	0.651	0.76
$T$	0.265	0.266	0.266	0.256	0.233	0.188

Таблиця 6

Результати імітаційного моделювання з врахуванням самоподібності трафіку

$\lambda$	4	6	8	10	15	30
$\mu$	8	8	8	8	8	8
$H$	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
$P_e$	0.154	0.296	0.415	0.5	0.62	0.774
$L$	0.686	0.759	0.738	0.697	0.587	0.393
$T$	0.239	0.209	0.187	0.171	0.151	0.134

Використовуючи табл. 5 та 6, побудовано графіки, що відображають залежність значення підкритеріїв з врахуванням та без врахування самоподібності трафіку від інтенсивності надходження заявок на ІС –  $\lambda$  (рис. 6).

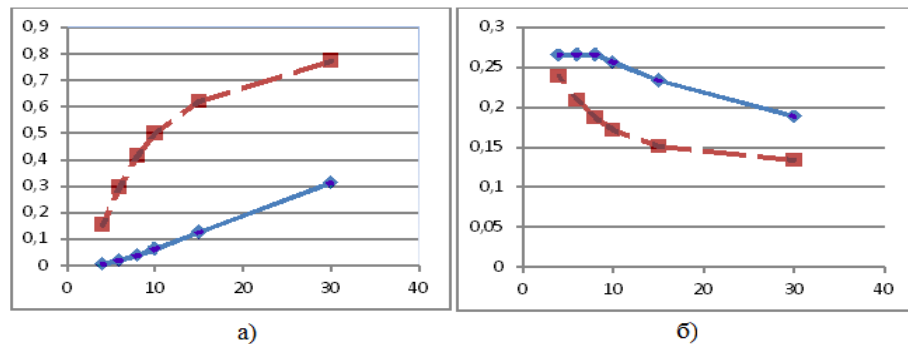


Рис. 6. Графіки залежності  $P_e$  (а), та  $T$  (б) від інтенсивності  $\lambda$  надходження заявок (пунктиром зображено випадок, коли  $H < 0.5$ , лінією – коли  $H > 0.5$ )

На рис. 6а представлено графіки залежності ймовірності відмови в наданні ІС  $P_e$  з врахуванням та без врахування самоподібності трафіку від інтенсивності  $\lambda$  надходження заявок на ІС. Як видно з графіків, ймовірність відмови в наданні сервісу  $P_e$  при врахуванні самоподібності потоку на ІС завжди більша, ніж без врахування. Максимальна різниця, виходячи з отриманих даних, становить порядку 80% при значенні  $\lambda = 15-30$  од./год. На рис. 6б представлено графіки залежності часу обслуговування заявки в ІН  $T$  з врахуванням та без врахування самоподібності трафіку від інтенсивності  $\lambda$  надходження заявок на ІС. Як видно з графіків, при збільшенні  $\lambda$  суттєво зростає ймовірність втрати заявки  $P_e$  при врахуванні самоподібності трафіку і, відповідно, зменшується середній час обслуговування.

Для випадків, коли ІН обслуговує потоки з малою та великою інтенсивностями, розраховано значення комплексного критерію ЕУНІС (шостий стовбець табл. 5 та 6).



Поточні значення та значення для нормування підкритеріїв, коли ІН обслуговує потоки з малою та великою інтенсивностями

Підкритерії Якості	Значення для нормування	Поточне значення без врахування самоподібності	Поточне значення з врахування самоподібності
Потоки з малою інтенсивністю			
$T$	0,5 с	0,266 с	0,209 с
$L$	2	0,339	0,759
$P_e$	0,8	0.019	0,296
$P_{сфж}$	70%	95%	95%
$P_{сн}$	70%	90%	90%
$C$	5млн. у.о.	3млн. у.о.	3млн. у.о.
Потоки з великою інтенсивністю			
$T$	0,5 с	0,233 с	0,151 с
$L$	2	0,651	0,587
$P_e$	0,8	0.126	0,62
$P_{сфж}$	70%	95%	95%
$P_{сн}$	70%	90%	90%
$C$	5млн. у.о.	3млн. у.о.	3млн. у.о.

Значення комплексного критерію ЕУНІС без врахування самоподібності потоку заявок на ІС –  $F = 4.44$ . Значення комплексного критерію ЕУНІС з врахування самоподібності потоку заявок на ІС –  $F = 2.205$ .

Критерій ЕУНІС повинен мати як можна більше значення. Значення критерію ЕУНІС управління наданням ІС без врахування та з врахування самоподібності трафіку при слабкому навантаженні ІН відрізняється на 85%, що досить суттєво впливає на прийняття рішення під час проектування NGN.

Поточні значення та значення для нормування підкритеріїв при перенавантаженні ІН представлено в табл. 7.

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 врахування самоподібності потоку заявок на ІС при потоках великої інтенсивності –  $F = 2.052$ . Значення критерію ЕУНІС без врахування та з врахування 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 NGN.

## ВИСНОВКИ

Науковий результат дисертаційної роботи знашов свою конструктивну реалізацію в наступному комплексі положень, методичних рішень і практичних рекомендацій з оцінки ефективності управління наданням ІС в NGN:

1. На підставі аналізу ситуації в телекомунікаційній сфері України, що характеризується застосуванням концепції IPCC при побудові NGN, визначено зріст трафіку на ІС, що потребує оцінки ефективності управління наданням ІС. З цього випливає необхідність визначення принципів управління наданням ІС з урахуванням технології надання інтелектуальних сервісів. Визначена роль і місце інтелектуальних сервісів в процесі переходу від інтелектуальної мережі до концепції NGN і до концепції IMS, при реалізації яких інтелектуальна надбудова практично трансформувалася в рівень додатків. Показано, що при цьому переході завдання ефективного управління наданням нових (інтелектуальних) сервісів набуває все більшої актуальності.

2. Аналіз сучасних наукових публікацій у сфері управління телекомунікаційними сервісами, в яких доведено, що в мережах пакетної комутації трафік має фрактальний (самоподібний) характер, показав, 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.

3. Визначено, що особливість принципів надання ІС у порівнянні з наданням традиційних телекомунікаційних сервісів потребує дослідження трафіку, що створюється інтелектуальними сервісами. Показана актуальність питання визначення ефекта самоподібності трафіку, що містить заявки на ІС. На основі аналізу існуючих методів визначення показника Хьорста для вхідного часового ряду обраний R/S метод, що не потребує занадто великого обсягу обчислень і дозволяє аналізувати велику кількість даних. Окрім того, існує спеціальне програмне забезпечення для реалізації R/S методу. Проаналізовано дані для сервера на прикладі ІС «Телеголосування». Досліджено трафік впродовж року, місяця, протягом тижня, за добу. Визначено, що трафік, що містить заявки на ІС, – це самоподібний процес. Ефект самоподібності проявляється в широкому діапазоні часу – від декількох годин до року.

4. Доведено, що актуальним є питання дослідження факторів, що впливають на ефективність управління наданням ІС, і розробка комплексного критерію ефективності, в якому ураховується як характер трафіку на ІС, так і фактори, що впливають на ефективність управління наданням ІС. Запропоновано ефективність управління наданням ІС оцінювати комплексним критерієм, що вміщує наступні підкритерії: час надання сервісу  $T$ , ймовірність відмови в наданні сервісу  $P_e$ , довжина черги, в яку потрапляє заявка для обслуговування  $L$ , структурна та функціональна живучість  $P_{сфжж}$  та структурна надійність, а також вартість  $C$  системи управління наданням ІС, яку слід розраховувати з урахуванням дисконтних ставок

5. Удосконалено метод формування комплексного критерію ЕУНІС, який, на відміну від відомих, дозволяє врахувати самоподібність трафіку на ІС, структурні

мережні характеристики, а також надає можливість кількісної оцінки ефективності ПУНІС з різною складністю та використовуваними принципами управління.

6. Набув подальшого розвитку метод оцінки функціональної живучості інтелектуальної надбудови NGN, що дозволяє визначити ймовірність виконання хоча би однієї функції деякого класу ІС.

7. 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.

8. Набули подальшого розвитку методи побудови імітаційних моделей процесів управління наданням інтелектуальних сервісів інтелектуальною надбудовою, які, на відміну від існуючих, дозволяють урахувати самоподібність трафіку на ІС.

9. В результаті тестування аналітичних та імітаційних моделей було встановлено, що різниця результатів, отриманих за допомогою аналітичних та імітаційних моделей становить в середньому 1%, що дозволяє вважати результати імітаційного моделювання вірогідними. Тому в тих випадках, коли ІН має досить складну структуру і практичне використання її аналітичних моделей пов'язане з певними труднощами, використовувати імітаційні моделі.

10. Набули подальшого розвитку методи побудови імітаційних моделей процесів управління наданням інтелектуальних сервісів інтелектуальною надбудовою, які, на відміну від існуючих, дозволяють урахувати усі фактори, включаючи самоподібність трафіку на ІС, що впливають на ефективність управління.

11. Визначено, що значення критерію ефективності управління наданням ІС з урахуванням самоподібності трафіку зменшується у порівнянні з урахуванням експоненціального характеру трафіку не менш ніж на 38%, тобто при самоподібному характері трафіку ефективність управління наданням ІС суттєво погіршується. Таким чином, при проектуванні NGN та її підсистеми – ІН обов'язковою умовою є дослідження характеру прогнозованого трафіку в мережі і його урахування при визначенні потрібних мережних ресурсів.

12. Подальший розвиток розроблених моделей та методів оцінки ефективності управління наданням ІС в NGN передбачає розробку моделей та методів підвищення ефективності управління наданням ІС, а також ефективне використання аналітичного та імітаційного моделювання з метою підвищення ефективності управління наданням ІС в NGN.

13. Достовірність отриманих результатів підтверджується: заданими реальними вихідними даними, використанням апробованого математичного апарату, несуперечливістю отриманих даних відомим підходам до оцінки ефективності управління наданням ІС, збіжністю теоретичних результатів з експериментальними даними, отриманими шляхом імітаційного моделювання процесу управління наданням ІС в NGN.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ У ВИДАННЯХ, ЯКІ ІНДЕКСУЮТЬСЯ У НАУКОМЕТРИЧНІЙ БАЗІ SCOPUS**

1. Kniazieva N. Increasing the Structural Survivability of Telecommunication Networks [Текст] / N. Kniazieva, T. Kunup // Modern problems of radio engineering, telecommunication, and computer science. – Slavske, Ukraine: 2016. – P.572-576.

2. Kniazieva N. Analytical model of application layer in NGN of mining industry enterprises [Текст] / N. Kniazieva, S. Shestopalov, T. Kunup // Науковий вісник національного рірничого університету. – Дніпро: 2017р. – С. 145-150.

3. 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. – Lviv-Slavske: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2018.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ У МІЖНАРОДНИХ ВИДАННЯХ**

4. Kniazieva N. The Method of Functional Survivability of the Control of the Intelligent Services [Текст] / N. Kniazieva, L. Zimenko, T. Kunup. //Natural and Technical Scinces. – Budapest: 2016. – Vol. IV(10), Issue: 91. – P.79-85.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ У ФАХОВИХ ВИДАННЯХ**

5. 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.145-150.

6. Кунуп Т.В. Метод формування комплексного критерію ефективності управління наданням телекомунікаційних сервісів [Текст] / Т.В. Кунуп // Мультидисциплінарний научний журнал «Архивариус». – Київ: 2017 р. – С. 49-55.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ТЕЗІВ ДОПОВІДЕЙ У ФАХОВИХ ВИДАННЯХ**

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. Пустовой Б.Л. Оценка эффективности управления интеллектуальными услугами [Текст] / Б.Л. Пустовой, Т.В. Кунуп // 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.

## АНОТАЦІЯ

**Кунуп Т.В. Моделі та методи оцінки ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів в мережах наступного покоління. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи і мережі. – Український державний університет залізничного транспорту, Харків, 2018.

У дисертаційній роботі досліджуються питання оцінки ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів (ІС) в мережах наступного покоління. Удосконалено метод формування комплексного критерію ефективності управління наданням ІС (ЕУНІС), який, на відміну від відомих, дозволяє врахувати особливості управління наданням ІС, а також надає можливість кількісної оцінки ЕУНІС. Набув подальшого розвитку метод оцінки функціональної живучості інтелектуальної надбудови NGN, що дозволяє визначити ймовірність виконання хоча би однієї функції деякого класу ІС. 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 ЕУНІС. Набули подальшого розвитку методи побудови імітаційних моделей процесів управління наданням ІС інтелектуальною надбудовою, які, на відміну від існуючих, дозволяють врахувати самоподібність трафіку на інтелектуальні сервіси.

**Ключові слова:** управління наданням інтелектуальних сервісів, моделі та методи оцінки ефективності, мережі наступного покоління, підкритерії ефективності, комплексний критерій, аналітична та імітаційна моделі інтелектуальної надбудови, самоподібність.

## АННОТАЦИЯ

**Кунуп Т.В. Модели и методы оценки эффективности управления предоставлением интеллектуальных сервисов в сетях следующего поколения. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети. – Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, Харьков, 2018.

В диссертационной работе исследуются вопросы оценки эффективности управления предоставлением интеллектуальных сервисов (ИС) в сетях следующего поколения. Усовершенствован метод формирования комплексного критерия

эффективности управления предоставлением интеллектуальных сервисов (ЭУПИС), который, в отличие от известных, позволяет учесть особенности управления предоставлением ИС, а также дает возможность количественной оценки ЕУПИС. Получил дальнейшее развитие метод оценки функциональной живучести интеллектуальной надстройки NGN, который позволяет определить вероятность выполнения хотя бы одной функции некоторого класса ИС. Впервые разработана аналитическая модель интеллектуальной надстройки с централизованным принципом управления предоставлением ИС с учетом самоподобия потока заявок на ИС, что дает возможность определить необходимые сетевые ресурсы для обеспечения требуемого значения ЭУПИС. Получили дальнейшее развитие методы построения имитационных моделей процессов управления предоставлением ИС интеллектуальной надстройкой, которые, в отличие от существующих, позволяют учесть самоподобие трафика на интеллектуальные сервисы.

**Ключевые слова:** управление предоставлением интеллектуальных сервисов, модели и методы оценки эффективности, сети следующего поколения, подкритерии эффективности, комплексный критерий, аналитическая и имитационная модели интеллектуальной надстройки, самоподобие.

## ABSTRACT

**Kunup T.V. Models and methods for assessing the effectiveness of management of providing intelligent services in next-generation networks. – Manuscript.**

The thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.12.02 - telecommunication systems and networks. – Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, 2018.

The thesis examines the questions of an estimation of management efficiency for providing intelligent services (IS) in next-generation networks. As a result of telecommunications analysis, the role and place of IS in the process of transition from the intelligent network to the concept of NGN and the concept of IMS is determined. It is proposed to evaluate the management effectiveness of the provision of IS (EMPIS) by a complex criterion, which includes the following sub-criteria: the time of service, the probability of refusal to provide the service, the length of the queue, which receives the application for service, structural and functional survivability and structural reliability, as well as cost intelligent superstructure. The method of formation of the complex criterion of EUPIS is improved, which, unlike known ones, allows to take into account the features of IP management, and also makes it possible to quantify the effectiveness of the principles of managing the provision of intelligent services with an intelligent superstructure. The method of estimating the functional survivability of the intelligent addition NGN has been further developed, which makes it possible to determine the probability of performing at least one function of a certain class of intelligent services. The nature of the flow of applications for IS is investigated. For research, the R/S method is implemented, with the help of AutoSignal software. The analysis was carried out on the network of the company, which provides hosting services sites. The results of traffic measurements were obtained

using the Zabbix software. It has been found that traffic that contains IS applications can range in time - from several hours to a year. The analytical model is an intelligent superstructure with a centralized management principle of providing IS with considering the self-similarity of the flow of request for IS for the first time, which provides the ability to identify the necessary network resources that are needed to provide the necessary value of the management effectiveness of providing intelligent services. The method of calculating the sub-criteria of the EMPIS criterion is given. The analytical model of intelligent superstructure presented in the form of queuing system with a homogeneous flow of applications is proposed. In order to take into account the self-similarity of traffic, a function has been introduced that depends on the Hurst coefficient. The analytical model of the intelligent superstructure presented in the form of the queuing system with K classes of applications without priorities is also proposed. The criterias EMPIS of intelligent superstructure are calculated. The methods for constructing simulation models for managing the provision of an intellectual superstructure by IS have been further developed, which, unlike existing ones, allows one to take into account the self-similarity of traffic to intelligent services. For simulation models of intelligent superstructure with exponential traffic, the general purpose simulation system (GPSS) (General Purpose Simulation System) was used. NS2 (network simulator) is used to develop simulation intelligent superstructure models taking into account the self-similarity of traffic. The simulation models of intelligent superstructure with one and three classes of applications are proposed without taking into account and taking into account the self-similarity of traffic. It is determined that the value of the criterion EMPIS provision taking into account the self-similarity of traffic decreases in comparison with the exponential nature of traffic of at least 38%, that is, with the self-similar nature of traffic, the effectiveness of management of IS provision significantly deteriorates. Thus, in the design of NGN and its subsystem - intelligent superstructure, the mandatory condition is the study of the nature of predicted traffic in the network and its consideration in determining the required network resources.

**Key words:** management of provision of intellectual services, models and methods of estimation the efficiency, next generation network, performance subcriteria, complex criterion, analytical and simulation models of intelligent superstructure, self-similarity.

**КУНУП ТЕТЯНА ВАСИЛІВНА**

УДК 621.391:681.5

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

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку \_\_\_\_\_ р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір офсетний

Умовн.-друк.арк. 0,9.Тираж 100 прим. Замовлення № 55

Видавець та виготовлювач ФОП Колісніченко С.Ю.

Свідоцтво № 2 556 000 0000 115440