

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Комп'ютерна інженерія»

Група: 2БКС-26

# **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

**здобувача освіти денної форми навчання**

**БКС.26.05.000.КРБ**

# **ГОРБАЧОВОЇ ОЛЕКСАНДРИ СЕРГІЇВНИ**

**м. Одеса  
2022 р.**

Спеціальність: **123 «Комп'ютерна інженерія»**

Освітня програма: **«Комп'ютерна інженерія»**

Група: **2БКС-26**

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

До кваліфікаційної роботи бакалавра на тему: \_\_\_\_\_

### ***Розробка імітаційних моделей для надання інтелектуальних сервісів в мережах наступного покоління***

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на \_\_\_\_\_ сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на \_\_\_\_\_ аркушах (слайдах)

Виконавець \_\_\_\_\_ (Горбачова О.С.)

Керівник проекту \_\_\_\_\_ (Кунуп Т.В.)

#### **Консультанти:**

з охорони праці \_\_\_\_\_ ( Чорновол Н.І. )

з дотримання вимог ЄСКД \_\_\_\_\_ ( Петрашова В.І. )

старший консультант \_\_\_\_\_ ( Скорнякова О.В. )

#### **До захисту допущений**

Завідувачка кафедри \_\_\_\_\_ ( Іванова Л.В. )

Завідувач відділення \_\_\_\_\_ ( Суліма Ю.Ю. )

Захист « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 \_\_\_\_ р.      Протокол ДКК № \_\_\_\_\_

Оцінка ДКК \_\_\_\_\_

Секретар ДКК \_\_\_\_\_

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Відділення комп'ютерних систем Кафедра комп'ютерної інженерії  
Освітньо-професійна програма «Комп'ютерна інженерія»  
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВР \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на кваліфікаційну роботу бакалавра**

Здобувачеві (здобувачці) освіти ***Горбачової Олександрі Сергіївні***

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *Розробка імітаційних моделей для надання інтелектуальних сервісів в мережах наступного покоління*

затверджена наказом по коледжу від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи)

3. Вихідні данні до проекту (роботи) *Оцінка ефективності управління наданням сервісів в мультисервісних мережах. Архітектура інтелектуальної мережі. Сервіси в NGN. Критерії ефективності керування наданням інтелектуальних сервісів.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

*1. Вступ*

*2. Технологічний розділ. Розробка імітаційної моделі оцінки ефективності керування інтелектуальними сервісів в NGN*

*4. Охорона праці. Висновки. Перелік використаних джерел*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

*1. Мультимедійна презентація*

Консультанти по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що стосується їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділи ДП	Кунуп Т.В.		
Охорона праці	Чорновол Н.І.		
ЄСКД	Петрашова В.І.		

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ Керівник \_\_\_\_\_ Кунуп Т.В.

Керівник

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Аналіз теми ДП та огляд літературних джерел</i>	18.05.2022 р.	
	<i>Аналіз технічного завдання</i>		
2	<i>Аналіз розвитку мультисервісних мереж</i>	23.05.2022 р.	
3	<i>Розробка технологічного розділу КРБ</i>	31.05.2022 р.	
	<i>Розробка імітаційної моделі оцінки ефективності керування інтелектуальних сервісів в NGN</i>	08.06.2022р.	
4	<i>Виконання розділу «Охорона праці»</i>	09.06.2022 р.	
5	<i>Виконання пояснювальної записки КРБ</i>	07.06.2022 р.	
6	<i>Виконання мультимедійної презентації КРБ</i>	10.06.2022 р.	
7	<i>Малий захист</i>	17.06.2022 р.	
8	<i>Захист роботи</i>	24.06.2022 р.	

Дипломник \_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник проекту \_\_\_\_\_

(підпис)



# ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	2
<b>1. Технологічний розділ</b>	4
1.1 Розвиток мультисервісних мереж NGN	5
1.1.1 Архітектура інтелектуальної мережі	6
1.1.2 Концепції побудови NGN	7
1.2. Управління сервісами в NGN	10
1.2.1 Класифікація сервісів	10
1.2.2. Розробка критерію ефективності управління ІС	12
1.3. Розробка методу формування комплексного критерію ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів	14
1.4 Розробка імітаційних моделей оцінки ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів	15
1.4.1. Розробка імітаційної моделі інтелектуальної надбудови з одним класом заявок та без урахування самоподібності трафіку	19
1.4.2 Припущення і допущення	
1.5 Розробка імітаційної моделі інтелектуальної надбудови з трьома класами заявок з відносними пріоритетами та без урахування самоподібності трафіку	29
1.6 Розробка імітаційної моделі інтелектуальної надбудови з урахуванням самоподібності потоку заявок на інтелектуальні сервіси	36
1.7 Оцінка ефективності управління наданням ІС	
<b>2. Охорона праці</b>	43
2.1 Вступ	43
2.2 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників, що впливають на працівника	43
2.3 Пожежна безпека	44
2.4 Охорона навколишнього середовища	44
<b>ВИСНОВОК</b>	49
Перелік використаних джерел	51

					<i>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</i>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		1

## ВСТУП

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 [19,20]. Виникло 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 (IH) 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.

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. 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

					<i>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</i>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

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 [28-30] 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.

					<i>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</i>	Арк.
<i>Ізм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		3

## 1.ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.

### 1.2 Розвиток мультисервісних мереж NGN

В історичному розвитку мереж та послуг зв'язку можна виділити наступні етапи: PSTN (Public Switched Telephone Network), IDN (Integrated Digital Network), ISDN (Integrated Service Digital Network), IN (Intelligent Network), NGN, FN (Future Network).

Перший етап – побудова телефонної мережі загального користування (PSTN). Телефонний зв'язок ототожнювався з єдиною послугою – передачею мовних повідомлень. Надалі по телефонним мережам за допомогою модемів стала здійснюватися передача даних.

Другий етап – цифровизація телефонної мережі: були створені інтегральні цифрові мережі IDN, які також надавали в основному послуги телефонного зв'язку на базі цифрових систем комутації та передачі.

Третій етап – інтеграція послуг: з'явилася концепція цифрової мережі з інтеграцією служб ISDN. У процесі розвитку мереж зв'язку особлива увага стала приділятися інтелектуальним послугам. Саме тому інтеграція служб починає замінюватися концепцією IN.

Четвертий етап – інтелектуальна мережа (IN). Ця мережа призначена для швидкого, ефективного та економічного надання інтелектуальних сервісів масовому користувачеві. Принципова відмінність IN від попередніх мереж – у гнучкості та економічності надання сервісів [20, 24].

Подальшим розвитком стала поява мереж зв'язку наступного покоління. Основу мережі NGN складає мультипротокольна мережа – транспортна мережа зв'язку, яка входить до складу мультисервісної мережі, що забезпечує перенос різних типів інформації з використанням різних протоколів передачі. NGN являє собою єдину транспортну платформу, на базі якої об'єднуються різні види сервісів. Ключовими особливостями мережі NGN є [19, 20, 41]:

- використання режиму комутації пакетів для передачі даних;

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

- поділ функцій управління на функції, пов'язані з управлінням транспортом, управлінням викликами/сесіями і додатками/сервісами;
- відділення процесу надання сервісів від процесу транспорту, використання відкритих інтерфейсів;
- підтримка великого набору сервісів, додатків і механізмів, заснованих на конструктивних блоках, включаючи потокові сервіси, сервіси в режимі реального та нереального часу, мультимедійні сервіси;
- підтримка широкосмугових технологій з наскрізним («з кінця в кінець», end-to-end) забезпеченням якості обслуговування;
- взаємодія з існуючими мережами через відкриті інтерфейси;
- мобільність в узагальненому сенсі (generalized mobility);
- необмежений доступ користувачів до різних постачальників сервісів;
- безліч схем ідентифікації абонента;
- одні й ті ж характеристики для однакових з погляду користувача сервісів;
- конвергенція сервісів мобільних і фіксованих мереж;
- незалежність сервісо-орієнтованих функцій від транспортних технологій;
- підтримка різних технологій для реалізації мережі доступу та ін.

На сьогоднішній день можна говорити про Пост-NGN, а, точніше, про використання підходів IMS.

Розглянемо більш детально основні етапи розвитку мультисервісних мереж.

### **1.1.1 Архітектура інтелектуальної мережі**

В свій час концепція IN була досить поширеною. Навіть зараз не можна повністю забувати про неї, адже принципи її побудови (архітектура) серйозно вплинули на інфокомунікаційні процеси та на організацію більш сучасних підходів [ 1-9, 15, 20].

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

IN об'єднує інтереси трьох сторін – постачальників сервісів, постачальників обладнання, користувачів мережі. Вона передбачає швидке та ефективне надання сервісів. Особливістю IN є розподіл функцій комутації та функцій надання сервісів. Адже до цього надання сервісів здійснювалось на основі комутаційних систем. Інтелектуальна мережа – це архітектура, для якої характерні такі принципи [27]:

- широке використання сучасних засобів обслуговування інформації;
- ефективне використання мережних ресурсів;
- модульність мережних функцій з можливістю багаторазового їх використання;
- одночасне створення і впровадження сервісів завдяки модульним, повторно використовуваним мережним функціям;
- інваріантність засобів розміщення мережних функцій у різних фізичних об'єктах;
- взаємодія мережних функцій через незалежні від сервісів стандартизовані інтерфейси;
- можливість керування деякими атрибутами сервісів з боку абонентів і користувачів;
- стандартизоване керування логікою сервісів.

Функціональну архітектуру IN можна представити у вигляді формули: інтелектуальна мережа=комутатор + комп'ютер [32,24]. Такий підхід дозволяє створювати та впроваджувати нові функції, не змінюючи комутаційного устаткування.

Інтелектуальна надбудова IN складається з наступних частин [32, 14]:

- Вузол комутації сервісів (ВКС);
- Вузол керування обслуговуванням (ВКО);
- Система керування сервісами (СКС);
- Вузли інтелектуальної периферії.

Інтерфейсом між базовою мережею та інтелектуальною надбудовою практично служить ВКС.

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

В IN, як уже зазначалося, відбувається розподіл функцій комутації та функцій надання сервісів. Взаємодія між вузлами комутації та керування здійснюється по протоколу INAP, який використовує підсистему ЗКС-7 (ЗКС – загальний канал сигналізації). Передавання інформації між ВКО та СКС здійснюється по протоколу Х.25.

Наступницею IN стала мережа наступного покоління NGN.

### 1.1.2 Концепції побудови NGN

Концепції побудови NGN розглянуто детально в роботах Б. Гольдштейна, О.Кучерявого [22, 23]. Архітектура NGN, розроблена IPСС, розподілена на наступні рівні.



Рис. 1.1. Чотири цільові установки та 12 задач проектування мереж майбутнього

На нижньому рівні архітектури знаходиться транспортний рівень (Transport Layer), що відповідає за перенесення по мережі сигнальних повідомлень і мультимедійної інформації. Також він забезпечує взаємодію і обмін сигнальною та медіаінформацією з PSTN і іншими пакетними мережами [22, 23].

Транспортний рівень, у свою чергу, підрозділяється на три підрівні: IP-транспорту, міжмережної взаємодії і відмінного від IP (NON-IP) доступу.

Підрівень IP-транспорту надає магістральну мережу передачі і структуру комутації/маршрутизації для транспортування пакетів по VoIP-мережі. До цього рівня відносяться маршрутизатори і комутатори, а також пристрої, що відповідають за забезпечення якості обслуговування (Quality of Service, QoS) і політики передачі даних.

Підрівень міжмережної взаємодії відповідає за перетворення сигнальної і мультимедійної інформації, що отримується із зовнішніх мереж, у форму, придатну для передачі усередині VoIP-мережі, і навпаки. Тут функціонують такі пристрої, як шлюзи сигналізації (Signaling Gateways), медіашлюзи (Media Gateways) і міжмережні шлюзи (Interworking Gateways).

Підрівень NON-IP доступу об'єднує несумісні термінали і безпроводові радіомережі, що мають доступ до VoIP-мережі. До цього підрівня відносяться шлюзи доступу або резидентні шлюзи для несумісних терміналів або телефонів, ISDN-термінали, кабельні модеми або МТА (Multimedia Terminal Adaptors) для HFC-мереж (Hybrid /Fiber Coaxial), медіашлюзи мереж GSM/3G і мереж радіодоступу.

Наступний рівень – управління викликами і сигналізації (Call Control & Signaling). Управляє основними елементами VoIP-мережі, що знаходяться на транспортному рівні. Пристрої і функції цього рівня управляють викликом, ґрунтуючись на сигнальній інформації, отриманій від транспортного рівня, зокрема, здійснюють встановлення і розрив медіазв'язку в VoIP-мережі, передаючи команди мережевим компонентам. Рівень управління викликами і сигналізації містить такі пристрої, як контролери медіашлюзів (MGC, Call Agent, Call Controller), LDAP-сервери.

Третій рівень – сервісів і додатків (Service & Application) – забезпечує управління, логіку і виконання деякого числа сервісів або додатків. Пристрої, що відносяться до цього рівня, управляють потоком викликів, ґрунтуючись на запрограмованій логіці виконання сервісів, за допомогою взаємодії з пристроями рівня управління викликами і сигналізації. До самого рівня сервісів і додатків відносяться такі пристрої, як сервери додатків і сервери сервісів.

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

Останній рівень – управління (Management) виконує функції призначеного для користувача забезпечення, підтримку операцій і надання сервісів, а також вирішує завдання білінга і інші завдання мережевого управління. Рівень управління може взаємодіяти з будь-яким з трьох перерахованих, використовуючи стандартні або внутрішньофірмові протоколи і програмні інтерфейси API.

## 1.2. Управління сервісами в NGN

### 1.2.1 Класифікація сервісів

Мережа наступного покоління спроможна надати найширший спектр сервісів. Дамо визначення терміну “сервіс” та спробуємо класифікувати існуючі сервіси. У рекомендації МСЕ I.112 термін сервіс визначається як: “те, що пропонується споживачам для задоволення певної комунікаційної потреби”. У цій же рекомендації сервіс надання зв'язку визначений як “вид обслуговування, що повністю реалізує можливості (включаючи функції термінального устаткування) зв'язку між користувачами відповідно до протоколів, встановлених для відповідного виду зв'язку”. Під сервісами користувача розуміється те, що пропонується користувачеві, здається йому в оренду або оплачується ним.

На сьогоднішній день оператори часто класифікують сервіси по одному з критеріїв. Це в свою чергу приводить до певних труднощів, наприклад, при розрахунку тарифів. Тому інколи доцільно класифікувати сервіси, використовуючи систему класифікаторів.

Найбільш розповсюджені види класифікацій наступні:

1. Класифікація сервісів по типу інформації, котра передається (контенту).
2. Класифікація сервісів по способу забезпечення доступу клієнта до сервісу.
3. Класифікація сервісів по типу клієнта.
4. Класифікація сервісів по типу обміну інформацією.

Для кожного типу сервісів можливий їх підрозділ за наступними ознаками:

1. По пріоритету впровадження та важливості – базові (основні) сервіси та додаткові.

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

2. По маркетинговій функції – сервіси, орієнтовані в основному на отримання доходу, та сервіси, направленні на залучення нових клієнтів.

Особливий інтерес викликає розподіл сервісів на основні (basic services) і додаткові (supplementary services).

Основний сервіс визначається функціональним призначенням пристрою. Передача мови при з'єднанні двох користувачів телефонної служби є прикладом надання основного сервісу.

Додаткові сервіси (сервіси з додатковою вартістю) можуть бути постійними і разовими. Постійний додатковий сервіс надає на певний період часу власникові пристрою додаткові можливості, які для пристрою даного типу не є обов'язковими. Разовий додатковий сервіс надається клієнтові по його запиту. Найбільш поширеними в даний час додатковими сервісами є:

1. Безумовне перенаправлення виклику (**CFU**) – можливість направляти всі вхідні виклики на інший номер.

2. Перенаправлення виклику при зайнятості абонента (**CFB**) – можливість направляти на інший номер всі вхідні виклики, що надходять під час зайнятості крайового пристрою користувача.

3. Перенаправлення виклику при невідповіді абонента (**CFNR**) – можливість всі вхідні виклики, на які немає відповіді впродовж певного проміжку часу, направляти на інший номер.

4. Конференц-зв'язок (**CONF**) – надає можливість брати участь і управляти одночасним зв'язком декількох користувачів.

5. Утримання виклику (**HOLD**) – дозволяє користувачеві переривати і відновлювати зв'язок на існуючому з'єднанні.

6. Інші.

У зв'язку з ускладненням сервісів з'являється нове устаткування, яке окрім стандартних функцій комутації виконує функції управління сервісами. В такому випадку використовується так званий мережний інтелект.

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

Мережний інтелект – це програмне забезпечення, призначене для управління процесами з'єднання крайового устаткування і надання користувачам інфокомунікаційних сервісів [34]. Використання мережного інтелекту та розподіл сервісної логіки і логіки комутації передбачає створення так званої інтелектуальної надбудови.

Додаткові сервіси, що надаються за допомогою інтелектуальної надбудови, називають інтелектуальними сервісами [5]. Інтелектуальні сервіси включають і персоналізовані сервіси, що базуються на постійно оновлюваній інформації про місцезнаходження користувача, про його записи в органайзері, особистих перевагах і тому подібне, підказують цьому користувачеві найбільш доцільний напрям пересування, нагадують йому про покупку подарунка до дня народження, організують поїздки, бронювання квитків, отримання інформації про погоду у вказаному пункті, надають банківську інформацію, проводять фінансові операції і багато іншого.

### **1.2.2. Розробка критерію ефективності управління інтелектуальними сервісами**

У зв'язку зі збільшеним попитом на сучасні інтелектуальні сервіси (ІС) виникає необхідність в підвищенні ефективності управління сервісами, що надаються. Ефективність управління ІС залежить від можливості забезпечити оптимальні значення критеріїв якості обслуговування заявок на ІС. Оцінка ефективності управління ІС пов'язана з аналізом архітектури мережі, принципом побудови системи управління і розробкою критерію ефективності управління ІС.

Питання, пов'язані з дослідженням методів оцінки ефективності управління ІС, розглянуті в роботах [1, 2, 3, 42-44]. У роботах [35,47] пристрої управління (ПУ) розглянуті як системи масового обслуговування – СМО (при централізованому принципі управління) або як мережі масового обслуговування - МеМО (при децентралізованому або змішаному принципах управління). Потоки заявок, що надходять на обслуговування вважаються експоненційними. В результаті використання цих моделей отримані характеристики СМО виявляються більш оптимістичнішими, ніж характеристики реальних мереж.

В мережах пакетної комутації трафік має яскраво виражені властивості самоподібності [13, 37, 28]. Врахування цих властивостей дозволяє точніше характеризувати поведінку мережного трафіку, ніж при використанні пуасонівських моделей. Результати проведених досліджень [13, 17] показали, що трафік, формований ІС, має властивість самоподібності як в межах доби, так і по днях тижня. Крім того, ця властивість проявляється у будь-якому часовому інтервалі в межах року. Дані дослідження проводилися за даними вхідного та вихідного трафіку декількох років. Виходячи з цього, при оцінці ефективності управління ІС для отримання реальних результатів дослідження, що відповідають реальним мережам, обов'язковою умовою є врахування самоподібності трафіку.

Параметром, що характеризує міру самоподібності, являється параметр Херста  $H$ ,  $0 < H < 1$ , що визначається для часового ряду  $x(t_i)$ ,  $t_i$  – дискретні моменти часу,  $1 \leq i \leq N$  [52]. Якщо  $H > 0,5$ , то досліджуваний потік має тривалу пам'ять і є самоподібним.

Як вже відзначалось, у роботах з оцінки ефективності управління ІС [42-43, 47] на підставі рекомендацій МСЕ розглядаються наступні показники, які слід урахувати як часткові критерії (підкритерії): швидкість, точність і достовірність, надійність. Подібні критерії використовуються для найрізноманітніших систем та мереж. Узявши до уваги матеріали, надані в роботах [35, 46], як часткові критерії (підкритерії) ефективності управління наданням ІС слід використати:

1. Загальний година обслуговування заявки на ІС системою управління  $T$ ;
2. Ймовірність відмови в наданні сервісу  $P_e$ . Цей частковий критерії суттєвий лише у випадку обмеженої черги;
3. Кількість заявок, що очікують на обслуговування в системі управління  $L$  (середня довжина черги);

Ці часткові критерії є технічними. Крім необхідності врахування цих технічних підкритеріїв, виходячи з рекомендацій МСЕ [7], необхідно також урахувати важливість забезпечення живучості та надійності ТКМ та їх підсистем – інтелектуальної надбудови (ІН).

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

$P_{сфж}$  – це загальна ймовірнісна характеристика структурної та функціональної живучості, якові запропоновано визначати наступним чином (1.1) :

$$P_{сфж} = P_{сж} W_{сж} + P_{фж} W_{фж} \quad . \quad (1.1)$$

Тут  $P_{сж}$  – показник структурної живучості,  $P_{фж}$  – показник функціональної живучості;

$W_{сж}, W_{фж}$  – вагові характеристики структурної та функціональної живучості, відповідно, які мають задовольняти умові (1.2) :

$$W_{сж} + W_{фж} = 1. \quad (1.2)$$

Ці показники доцільно визначати на основі експертизи.

Таким чином, при формуванні оцінки (критерію) ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів (ЕУНІС) в цій роботі запропоновані наступні часткові критерії (підкритерії) критерію ЕУНІС [37]:

1. Технічні підкритерії: загальний час обслуговування заявки на ІС –  $T$ , ймовірність блокування заявки на ІС (ймовірність втрати заявки) –  $P_{в}$ , кількість заявок, котрі очікують обслуговування (довжина черги при сервері) –  $L$ , розрахунок яких має здійснюватися з урахуванням характеру потоку заявок, що надходять на обслуговування (самоподібності трафіку на ІС);

2. Підкритерій, що враховує структурну та функціональну живучість  $P_{сфж}$  системи управління наданням інтелектуальних сервісів (СУНІС) – інтелектуальної надбудови –  $И$ ;

3. Підкритерій, що враховує структурну надійність  $P_{сн}$  СУНІС;

4. Економічний підкритерій – загальна вартість СУНІС (при відповідному принципі управління) –  $C$ .

Критерій  $K$  ЕУНІС представляється у векторній формі (1.3) :

$$K = (T, P_{в}, L, P_{сфж}, P_{сн}, C) \quad . \quad (1.3)$$

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
						13
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівняння отриманих результатів – значення критерію  $K$  для СУНІС з різною структурою або принципами управління – дозволяє виконати оцінку ефективності управління наданням ІС.

### 1.3. Розробка методу формування комплексного критерію ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів

Як вже було визначено, при формуванні оцінки (критерію) ЕУНІС в даній роботі, на підставі проведених досліджень, запропоновано технічні підкритерії –  $T$ ,  $P_{\theta}$ ,  $L$ , а також підкритерії  $P_{\text{сфж}}$ ,  $P_{\text{сн}}$  та  $C$ , які є складовими вектору (1.3).

Слід відзначити, що працювати з векторним критерієм досить незручно. При порівнянні ефективності ІН (СУНІС) з різними структурою чи принципами управління на основі векторного критерію у формі (1.3) необхідно, щоб всі підкритерії ЕУНІС ІН з певним принципом управління та складністю відповідали аналогічним підкритеріям ЕУНІС ІН з іншим принципом управління та складністю. Якщо ж ця умова не виконується, то необхідно вводити додаткові умови для порівняння ефективності СУНІС з різними принципами управління та складністю.

Виходячи з обраних підкритеріїв, ІН  $S'$  краща або не гірша за ІН  $S''$  лише в тому випадку коли виконуються наступні нерівності [37]:

$$\begin{aligned}
 T' &\leq T''; \\
 P_{\theta}' &\leq P_{\theta}''; \\
 L' &\leq L''; \\
 P_{\text{сфж}}' &\geq P_{\text{сфж}}''; \\
 P_{\text{сн}}' &\geq P_{\text{сн}}''; \\
 C &\leq C.
 \end{aligned}
 \tag{1.4}$$

Якщо хоча б одна умова з (1.4) не виконується, то сказати що ІН  $S'$  ефективніше управляє наданням ІС, ніж ІН  $S''$  не можна. Тому запропоновано перейти до

скалярного комплексного критерію ефективності управління наданням ІС (цільової функції).

Для створення комплексного скалярного критерію ЕУНТС  $F$ , коли можна визначити вагомість кожного з підкритеріїв, використовують адитивну функцію корисності виду (2.5):

$$F = \sum_{i=1}^n K_i' v_i, \quad (1.5)$$

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 використаємо експертні оцінки пріоритету підкритеріїв та сформуємо матрицю пріоритетів. По матриці пріоритетів сформуємо систему рівнянь. Розв'язавши систему рівнянь, знайдемо значення вагових коефіцієнтів  $v_i$ .

Почнемо з формування матриці пріоритетів [42,43]. Маємо шість підкритеріїв, зазначених вище. Їх порядковий номер відповідає послідовності в табл. 1.1, яка є матрицею пріоритетів. Для заповнення матриці пріоритетів на підставі експертних оцінок слід визначити співвідношення пріоритетів підкритеріїв відносно один одного. Так, якщо один підкритерій ( $i$ -й) вагоміший, ніж інший ( $j$ -й), скажимо, вдвічі, тоді у рядку  $i$  у стовпчику  $j$  записується значення пріоритету «2», а у рядку  $j$  у стовпчику  $i$  записується значення пріоритету «1». В останньому стовпчику табл. 2.1 записується сума елементів кожного рядка, що є сумою пріоритетів кожного з підкритеріїв, отриманих у результаті порівняння підкритеріїв.

Нехай в результаті отриманих експертних оцінок підкритерій  $P_6$  вагоміший ніж підкритерій  $T$  вдвічі. На перетині першого рядка ( $T$ ) та другого стовпчика ( $P_6$ ) ставимо «1». На перетині другого рядка ( $P_6$ ) та першого стовпчика ( $T$ ) ставимо

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

«2». Далі нехай підкритерій  $T$  вагомійший ніж підкритерій  $L$  вдвічі. Тоді на перетині першого рядка ( $T$ ) та третього стовпчика ( $L$ ) ставимо «2», а на перетині третього рядка  $L$  та першого стовпчика ( $T$ ) ставимо «1». Таким чином заповнюється матриця пріоритетів. Значення діагональних елементів встановлюємо в «0». Як вже визначалося, останній стовпчик (восьмий у даному випадку) містить суми елементів рядків.

Таблиця 1.1

Матриця пріоритетів

		$T$	$P_6$	$L$	$P_{сфж}$	$P_{сн}$	$C$	$\pi_k$
1	$T$	0	1	2	2	2	3	10
2	$P_6$	2	0	3	3	3	5	16
3	$L$	1	1	0	2	2	3	9
4	$P_{сфж}$	1	1	1	0	1	2	6
5	$P_{сн}$	1	1	1	0	1	2	6
6	$C$	1	1	1	1	1	0	5

Для визначення вагових коефіцієнтів  $v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6$  слід сформуванати систему рівнянь (1.6).

$$\left. \begin{aligned} \frac{v_1}{v_2} = \frac{10}{16}; \frac{v_1}{v_3} = \frac{10}{9}; \frac{v_1}{v_4} = \frac{10}{6}; \frac{v_1}{v_5} = \frac{10}{6}; \frac{v_1}{v_6} = \frac{10}{5}; \\ \frac{v_2}{v_3} = \frac{16}{9}; \frac{v_2}{v_4} = \frac{16}{6}; \frac{v_2}{v_5} = \frac{16}{6}; \frac{v_2}{v_6} = \frac{16}{5}; \\ \frac{v_3}{v_4} = \frac{9}{6}; \frac{v_3}{v_5} = \frac{9}{6}; \frac{v_3}{v_6} = \frac{9}{5}; \\ \frac{v_4}{v_5} = 1; \frac{v_4}{v_6} = \frac{6}{5}; \\ \frac{v_5}{v_6} = \frac{6}{5} \\ \sum_{i=1}^6 v_i = 1 \end{aligned} \right\} \quad (1.6)$$

Розв'язавши систему рівнянь, отримаємо:  $v_1 = 0.2$ ,  $v_2 = 0.3$ ,  $v_3 = 0.17$ ,  $v_4 = 0.115$ ,  $v_5 = 0.115$ ,  $v_6 = 0.1$ .

Перевіримо:  $0.2 + 0.3 + 0.17 + 0.115 + 0.115 + 0.1 = 1$ .

Тоді комплексний критерій ЕУНТС для запропонованого в табл. 1.1 випадку можна представити наступним чином:

$$F = 0.2K'_1 + 0.3K'_2 + 0.17K'_3 + 0.115K'_4 + 0.115K'_5 + 0.1K'_6, \quad (1.7)$$

де,  $K'_1$  – деяке нормоване значення  $T$ ;

$K'_2$  – деяке нормоване значення  $P_6$ ;

$K'_3$  – деяке нормоване значення  $L$ ;

$K'_4$  – деяке нормоване значення  $P_{сфж}$ ;

$K'_5$  – деяке нормоване значення  $P_{сн}$ ;

$K'_6$  – деяке нормоване значення  $C$ .

Тепер залишилося розібратися з нормуванням показників.

Вважаючи на те, що чим більшого значення набуває комплексний критерій ефективності  $F$ , тим ефективніше відбувається управління наданням ІС, а також виходячи з того, що загальний час обслуговування заявки на ІС  $T$ , ймовірність блокування заявки  $P_6$ , кількість заявок, які очікують на обслуговування  $L$ , загальна вартість СУНТС (при відповідному принципі управління) –  $C$  є підкритеріями, значення яких мають бути мінімізованими для підвищення ефективності управління наданням телекомунікаційних сервісів, а значення підкритеріїв, що ураховують структурну та функціональну живучість  $P_{сфж}$  СУНІС і структурну надійність  $P_{сн}$  СУНТС мають бути максимізованими для підвищення ефективності управління наданням телекомунікаційних сервісів [12, 35, 37] для розрахунку нормованих значень підкритеріїв запропоновано наступні вирази (1.8):

$$K_1' = \frac{T(\max)}{T}; K_2' = \frac{P_e(\max)}{P_e}; K_3' = \frac{L(\max)}{L} \quad (1.8)$$

$$K_4' = \frac{P_{сфжс}}{P_{сфжс}(\min)}; K_5' = \frac{P_{сн}}{P_{сн}(\min)}; K_6' = \frac{C(\max)}{C}$$

Тут  $K_i(\max)$  – максимально допустиме значення підкритерію  $K_i$ ,  $K_i(\min)$  – мінімально допустиме значення підкритерію  $K_i$ .

Вибір  $K_i(\max)$  чи  $K_i(\min)$  для підкритеріїв  $K_i$  залежить від змісту підкритеріїв, а саме – від того, яке зі значень підкритеріїв є кращим – максимальне чи мінімальне [57].

Запропонований метод формування комплексного критерію ЕУНТС, що оснований на формуванні адитивної функції корисності, в якій ураховані вагові коефіцієнти підкритеріїв, а також ураховано зміст окремих підкритеріїв при нормуванні значень підкритеріїв, надає можливість кількісної оцінки ефективності СУНТС з різними складністю та використовуваними принципами управління.

#### **1.4 Розробка імітаційних моделей оцінки ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів з використанням імітаційних моделей для дослідження інтелектуальних надбудов**

Створення аналітичних моделей інтелектуальних надбудов - більш складний процес і несе за собою певні ускладнення у зв'язку з трудомісткістю процесу. Тому в такому випадку для визначення підкритеріїв ефективності управління наданням інтелектуальних сервісів можна скористатися імітаційним моделюванням інтелектуальних надбудов, для яких розроблені аналітичні моделі, порівняти результати, отримані при їх використанні і при незначних похибках надалі використовувати імітаційні моделі у випадку складності створення аналітичних моделей.

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

Дано визначення терміну моделювання. Заміщення одного об'єкту іншим з метою отримання інформації про найважливіші властивості об'єкта-оригіналу за допомогою об'єкту-моделі називається моделюванням. Таким чином, моделювання може бути визначене як заміщення об'єкту моделлю для отримання інформації про цей об'єкт шляхом проведення експериментів з його моделлю. Теорія заміщення одних об'єктів (оригіналів) іншими об'єктами (моделями) і дослідження властивостей об'єктів на їх моделях називається теорією моделювання [46]. В нашому випадку моделюємо процеси управління наданням інтелектуальних сервісів інтелектуальними надбудовами.

Для моделювання інтелектуальних надбудов у вигляді СМО на ПК доцільно скористатися GPSS, AnyLogic або NS2.

GPSS (General Purpose Simulation System) – загально-цільова система імітаційного моделювання, призначена для розробки моделей складних систем з дискретним і безперервним характером функціонування.

NS (network simulator) – назва ряду мережних симуляторів дискретних подій, зокрема, NS-1, NS-2 та NS-3. Всі вони є дискретно-подієвими комп'ютерними мережними тренажерами.

AnyLogic – програмне забезпечення для імітаційного моделювання бізнес-процесів. Інструмент забезпечений сучасним графічним інтерфейсом та дозволяє використовувати мову програмування Java для розробки моделей.

При моделюванні інтелектуальних надбудов без врахування самоподібності потоку заявок на інтелектуальні сервіси доцільно скористатися GPSS, оскільки ця система досить проста, процес моделювання не трудомісткий, дає точні результати.

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

### 1.4.1. Розробка імітаційної моделі інтелектуальної надбудови з одним класом заявок та без урахування самоподібності трафіку

Представимо таку ІН у вигляді одноканальної СМО з накопичувачем обмеженою ємкості ( $M/M/1/r$ ). В такому випадку отримаємо.

#### Опис системи

1. Система (рис.1.2) містить один обслуговуючий прилад (П), тобто є одноканальною.
2. Потік заявок, що надходять у систему, однорідний.
3. Тривалість обслуговування заявок в приладі – величина випадкова.
4. Перед приладом мається  $r$  місць для заявок, які очікують обслуговування і утворюють чергу, тобто в системі є накопичувач обмеженої ємкості:  $r < \infty$ .

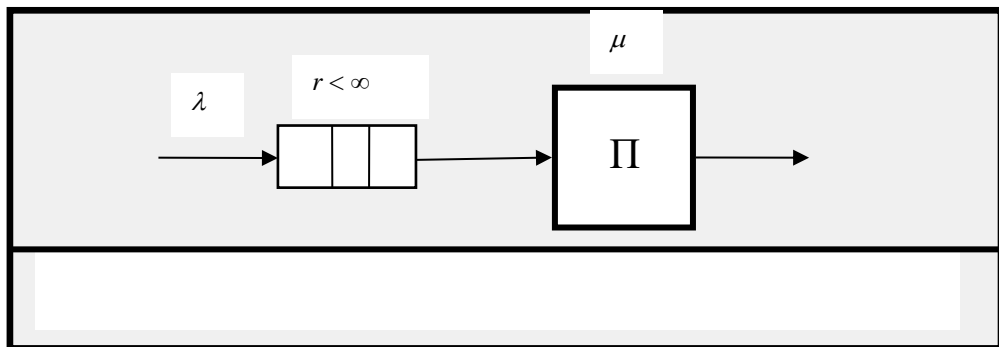


Рис. 1.2. СМО з накопичувачем обмеженою ємкості

### 1.4.2 Припущення і допущення

1. Заявки, що надходять в систему, утворюють найпростіший потік з інтенсивністю  $\lambda$ .
2. Тривалість обслуговування заявок в приладі розподілена за експоненціальним законом з інтенсивністю  $\mu = 1/b$ , де  $b$  – середня тривалість обслуговування заявок в приладі.
3. Дисципліна буферизації – з втратами: заявка, що надійшла в систему і застала накопичувач заповненим, втрачається.

4. Дисципліна обслуговування – в порядку надходження за правилом «першим прийшов – першим обслужений» (*FIFO*).

У СМО з накопичувачем обмеженою ємкості завжди існує стаціонарний режим, оскільки довжина черги не буде рости до нескінченності навіть при великих значеннях навантаження.

Для побудови імітаційної моделі, як вже зазначалося, скористаємося загально-цільовою системою імітаційного моделювання *GPSS*. Будемо вважати, що довжина черги обмежена  $r = 4$ .

Реалізація процесу моделювання полягає в переміщенні в моделі деяких рухомих об'єктів, так званих транзактів. В нашому випадку в якості транзактів виступають заявки на інтелектуальні сервіси. Транзакти послідовно переміщуються від блоку до блоку в заданій алгоритмом моделювання послідовності. Транзакти створюються і знищуються в моделі за допомогою операторів (блоків): **GENERATE** і **TERMINATE**. На початку моделювання в *GPSS*-моделі немає жодного транзакта. У процесі моделювання транзакти формуються в моделі в певні моменти часу відповідно до умов, заданих за допомогою блоку **GENERATE**.

Призначення оператора **GENERATE**: генерування транзактів відповідно до заданих правилом формування інтервалів між транзактами.

Формат оператора [25, 71]: **GENERATE [A][B][C][D][E]**

**A** – середній інтервал часу між транзактами, що генеруються або імовірнісний розподіл інтервалу з вбудованої бібліотеки процедур, поміщений в круглі дужки; [за умовчанням – нуль];

Значення операндів:

**B** – величина напівінтервалу рівномірно розподіленого інтервалу або модифікатор таблично заданої функції; [за умовчанням – нуль];

**C** – зміщення – момент формування першого транзакта; [за умовчанням – нуль];

**D** – обмежувач – число транзактів, що генеруються даним оператором; [за умовчанням – не обмежено];

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
						21
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

**E** – рівень пріоритету від 0 до 127 (чим більше номер, тим вище пріоритет); [за умовчанням – нуль].

Оскільки час надходження заявок розподілений за експоненційним законом, то в якості першого операнда слід використати бібліотечну функцію **EXPONENTIAL (G,Min,Mean)**. Тут **G** – номер генератора рівномірно розподілених випадкових чисел (від 1 до 999) – використовується як аргумент для формування випадкових величин із заданим законом розподілу, **Mean** – математичне очікування (середнє значення) випадкової величини, розподіленої за експоненційним законом, **Min** – зміщення розподілу щодо нуля (мінімальне значення випадкової величини) [36].

Тоді для генерування заявок оператор буде мати вигляд **GENERATE (Exponential(1,0,1/λ))**.

Наступним елементом системи, до якого потрапляють заявки є черга. Черга – об'єкт, котрий використовується для накопичення транзактів, що знаходяться в стані очікування якоїсь події. В нашому випадку при моделюванні інтелектуальної надбудови черга використовується для імітації процесів очікування перед обслуговуванням на сервері. Насправді транзакти, чекаючи звільнення серверу, заносяться в список затримки відповідного серверу (приладу), при цьому формування списків затримки, тобто занесення в чергу і видалення з черги відбувається автоматично, незалежно від наявності операторів **QUEUE** і **DEPART**. Останні використовуються тільки з метою збору статистики по чергам шляхом фіксації моментів надходження транзакта в чергу і видалення його з черги [25]. Для перевірки вільного місця в черзі доцільно скористатися оператором: **TEST X A,B,[C]**

Призначення оператора: перевірка значення і передача активного транзакта в блок, відмінний від подальшого, якщо вказана умова не виконується.

Значення операндів:

**A** – значення, що перевіряється;

**B** – контрольне значення;

**C** – ім'я (мітка) блоку призначення **C**; [за умовчанням – режим відмови];

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

**X** – оператор відношення, що визначає умову перевірки операнда **A** з операндом **B**. Значення оператора **X** представлені в таблиці 1.2 [36].

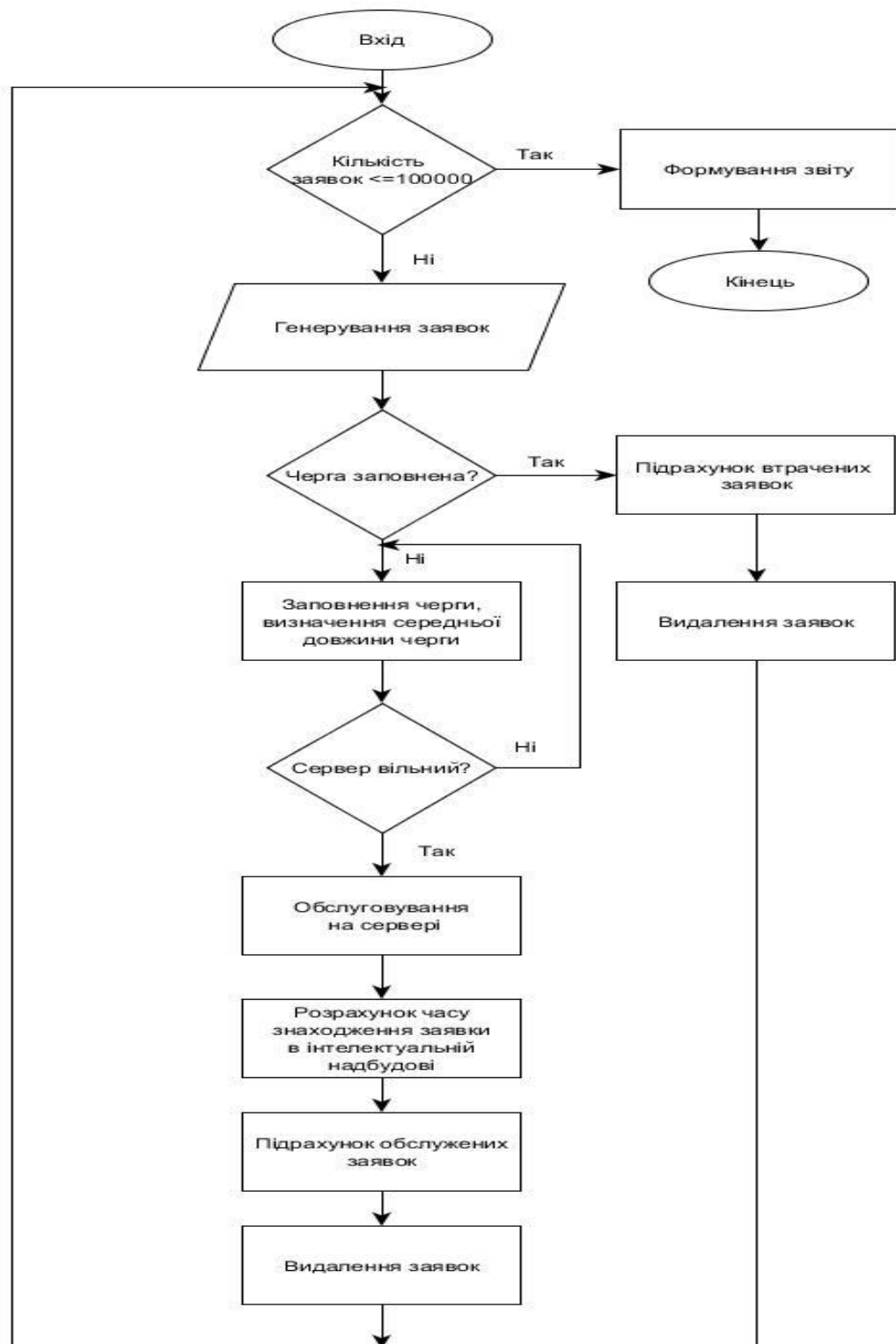


Рис. 1.2. Алгоритм функціонування інтелектуальної надбудови.

Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

## Значення оператора X

Значення X	Інтерпретація в сенсі блоку TEST
G	A більше B?
GE	A більше або рівне B?
E	A рівне B?
NE	A не рівне B?
LE	A менше або рівне B?
L	A менше B?

В нашому випадку існує єдина черга з назвою **1**. За довжину черги відповідає стандартний системний числовий атрибут **Q**. Як вже зазначалося довжина черги  $r=4$ . Тоді оператор для перевірки вільного місця в черзі для заявок матиме вигляд: **TEST L Q1,4,M**. У разі заповнення черги заявка передається до мітки **M** для підрахунку необслужених заявок та їх видалення.

При існуючих припущеннях та обмеженнях сервер необхідно моделювати за допомогою приладу. Прилади (одноканальні пристрої) – об'єкти, які можуть знаходитися в одному з двох станів: вільному або зайнятому. При моделюванні систем масового обслуговування використовуються для імітації процесів заняття і звільнення приладу, тобто для моделювання одноканальних СМО; заняття і звільнення приладу транзактом виконується за допомогою операторів **SEIZE** і **RELEASE** [36].

Для імітації часу обслуговування заявки сервером доцільно скористатися оператором **ADVANCE**.

Призначення оператора: затримка транзакта на заданий час.

Формат оператора: **ADVANCE [A][B]**

Значення операндів:

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
						24
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

**A** – середній час затримки або імовірнісний розподіл з вбудованої бібліотеки процедур, поміщеної в круглі дужки; [за умовчанням – нуль];

**B** – величина напівінтервалу рівномірно розподіленого інтервалу затримки або модифікатор таблично заданої функції; [за умовчанням – нуль] .

Середній час затримки розподілений також за експоненційним законом. Тоді для моделювання часу обслуговування заявки на сервері оператор матиме вигляд **ADVANCE (Exponential(1,0,b))**.

Для визначення загального часу обслуговування заявки (часу перебування заявки в системі) необхідно скористатися оператором **TABULATE**. З його допомогою в таблицю буде заноситися стандартний системний числовий атрибут **M1** – резидентний час транзакта (абсолютний модельний час мінус час появи транзакта в моделі).

Транзакти покидають модель (знищуються), потрапляючи у блок **TERMINATE**. Функціонування моделі припиняється після надходження до неї необхідної кількості заявок, котра визначається користувачем.

По завершенню моделювання результати формуються автоматично у вигляді стандартного звіту, котрий містить значення середньої довжини черги, часу знаходження заявки в системі. Ймовірність блокування заявки можна розрахувати як відношення кількості необслужених заявок до кількості обслужених, використовуючи для підрахунку та видалення кожної з них окремі блоки **TERMINATE**. Імітаційну модель ІН, що обслуговує один клас заявок без врахування самоподібності потоку заявок на інтелектуальні сервіси представлено в додатку В.

Змінюючи значення інтенсивності потоку заявок на інтелектуальні сервіси  $\lambda$ , будемо порівнювати результати, отримані за допомогою аналітичної та імітаційної моделей. Результати тестування внесені в табл.. 1.3

В результаті тестування моделей на основі табл. 1.3 було встановлено, що різниця результатів, отриманих за допомогою аналітичної та імітаційної моделей становить в середньому 1%.

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

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

Отримані значення похибки дозволяють говорити про достовірність та ідентичність результатів, отриманих за допомогою аналітичної та імітаційної моделей. Це твердження дозволяє в тих випадках, коли інтелектуальна надбудова має досить складну структуру і практичне використання її аналітичної моделі пов'язане з певними труднощами, використовувати імітаційну модель.

### 1.5 Розробка імітаційної моделі інтелектуальної надбудови з трьома класами заявок з відносними пріоритетами та без урахування самоподібності трафіку

Представимо ІН у вигляді системи масового обслуговування  $M/M/1/3$ .

Опис системи (рис. 1.3):

1. Система – *одноканальна*.
2. Вхідний потік заявок – *неоднорідний*: при цьому у систему надходить обмежена кількість класів (три класи) заявок.
3. Накопичувач для заявок – *обмеженою ємкістю*  $m = 3$ .
4. Дисципліна буферизації – *без витіснення* заявок: якщо при надходженні в систему заявки будь-якого класу накопичувач заповнений до кінця, то заявка втрачається.
5. Дисципліна обслуговування – *з відносними пріоритетами*.

Припущення:

1. Заявки трьох класів, що надходять в систему, утворюють *найпростіші* потоки з інтенсивностями  $\lambda_1, \lambda_2$  та  $\lambda_3$ , відповідно.
2. Тривалість обслуговування заявок кожного класу розподілена по *експоненційному* 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 [25].

3. Для побудови імітаційної моделі також скористаємося середовищем GPSS.

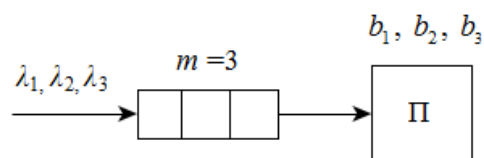


Рис. 1.3. Представлення ІН у вигляді СМО виду М/М/1/3 з пріоритетами

Представимо алгоритм (правила) функціонування ІН (рис. 1.4). Для досягнення необхідної точності результатів модель повинна працювати протягом певного часу або до неї має надійти відповідна кількість заявок. Спочатку відбувається генерування заявок трьох класів з різними пріоритетами, які надходять до системи. Система перевіряє, чи є місце в черзі. Якщо місця немає, то заявка втрачається. Ведеться підрахунок втрачених заявок першого, другого та третього класів, що є необхідним для розрахунку ймовірності блокування. Якщо ж місце в черзі

є, то заявка потрапляє до черги і перевіряється, чи вільний сервер. Якщо сервер вільний, то заявка, не чекаючи в черзі, обслуговується. Інакше поки що залишається в черзі на першому місці доти, поки не надійде заявка з вищим пріоритетом. Паралельно відбувається підрахунок середньої довжини черги та часу знаходження у черзі заявки кожного класу. Після обслуговування заявки відбувається розрахунок часу знаходження заявки в системі, визначення кількості обслужених заявок та їх видалення.

Імітаційна модель буде містити три модулі – окремий модуль для кожного класу. Оскільки час надходження заявок розподілений за експоненційним законом, то в якості першого операнда в кожному з модулів слід використати бібліотечну функцію **EXPONENTIAL**. Тоді для генерування заявок першого класу оператор буде мати вигляд **GENERATE (Exponential(1,0,1/λ<sub>1</sub>)),,,,,5**, для другого класу – **GENERATE (Exponential(1,0,1/λ<sub>2</sub>)),,,,,3**, для третього класу – **GENERATE (Exponential(1,0,1/λ<sub>3</sub>))**.

В нашому випадку існує єдина черга з назвою **1**. За довжину черги відповідає стандартний системний числовий атрибут **Q**. Як вже зазначалося довжина черги  $r=3$ . Тоді оператор для перевірки вільного місця в черзі для заявок матиме вигляд: **TEST L Q1,3,M**. У разі заповнення черги заявка передається до мітки **M** для підрахунку необслужених заявок та їх видалення. Оператор **TEST** необхідно розмістити у кожному з трьох модулів.

Імітація обслуговування на сервері в кожному модулі описується операторами **SEIZE**, **RELEASE** та **ADVANCE**.

Для визначення часу знаходження в черзі та загального часу обслуговування заявки (часу перебування заявки в системі) необхідно скористатися операторами **TABULATE**.

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
						28
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

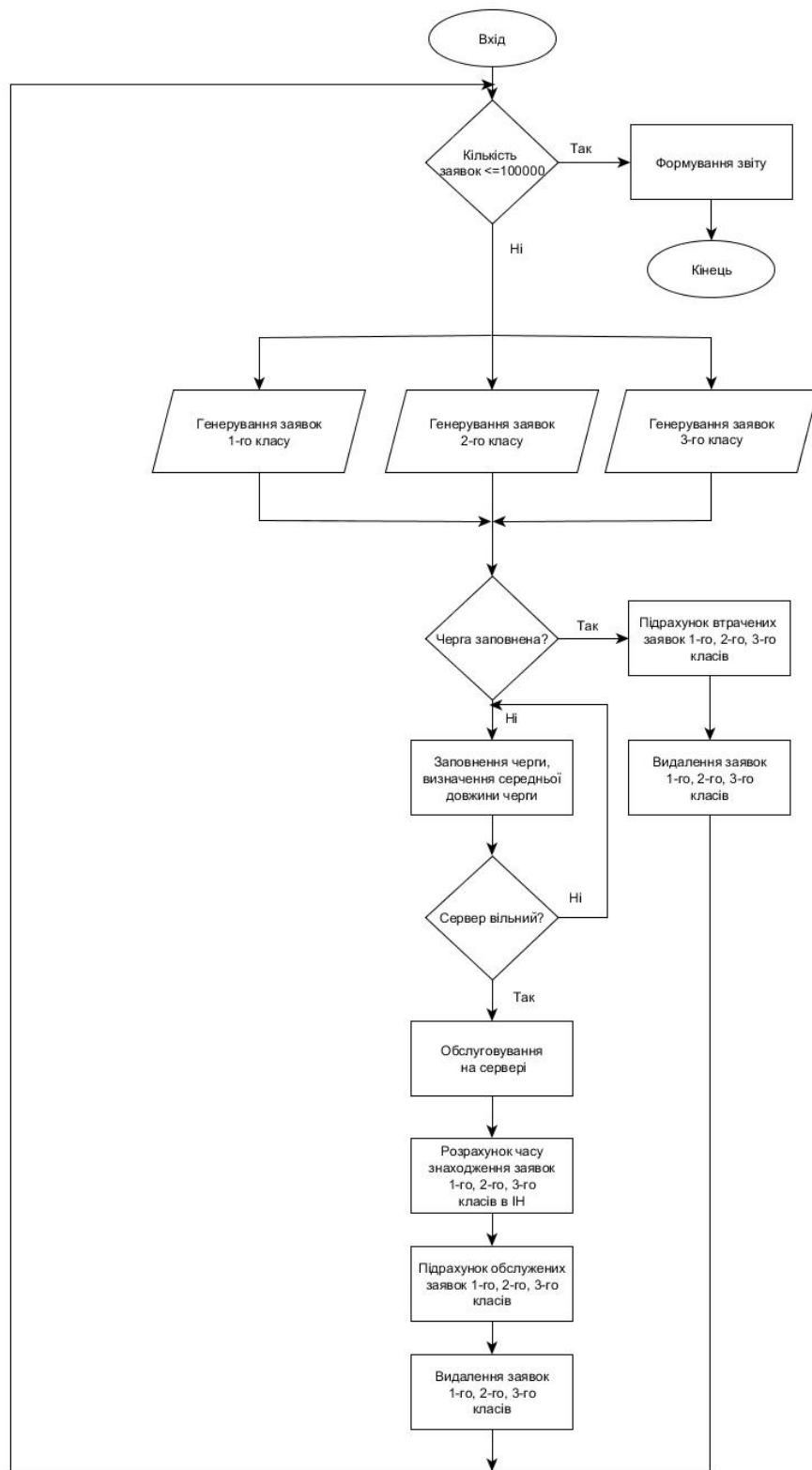


Рис. 1.4. Алгоритм функціонування ІІІ

Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

По завершенню моделювання результати формуються автоматично у вигляді стандартного звіту, котрий містить значення середньої довжини черги, часу знаходження заявки в системі для кожного класу. Ймовірність блокування заявки можна розрахувати як відношення кількості необслужених заявок до кількості обслужених, використовуючи для підрахунку видалення кожної з них окремі блоки **TERMINATE**. Імітаційну модель ІН, що обслуговує три класи заявок з відносними пріоритетами, представлено в додатку Г.

Моделювання будь-якої ІН з іншими параметрами відбувається подібним чином.

### **1.6 Розробка імітаційної моделі інтелектуальної надбудови з урахуванням самоподібності потоку заявок на інтелектуальні сервіси**

Для моделювання ІН з урахуванням самоподібності потоку заявок на інтелектуальні сервіси використовуємо «Network Simulator-2» (NS-2). У порівнянні з іншими системами імітаційного моделювання – Cisco Packet Tracer, Riverbed Modeler (у минулому OPNET), OMNeT++, QualNet, SimPy, AnyLogic, GPSS та іншими – NS-2 вигідно відрізняється вдалою комбінацією низки характеристик: безкоштовністю, широкими можливостями, відкритою архітектурою, наявністю засобів анімації модельних процесів тощо.

При генеруванні заявок на ІС необхідно вказати розмір пакетів даних (packetSize \_), інтервал їх відправки (rate \_) і розмір вікна TCP (window \_).

Відправка заявок відбувається через протокол TCP. В імітаційній моделі допущено, що мережа має необмежену пропускну здатність. Абоненти генерують самоподібний трафік.

Для генерації трафіку в системі NS-2 використовуються об'єкти типу Traffic. Вони створюються методами Traffic/type, де, 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,

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

OFF-стан, в котрому вони простоюють. При постійному розмірі пакетів ON і OFF періоди розподілені згідно закону Парето.

Розподілення Парето має функцію розподілення:

$$F(x) = 1 - \left(\frac{\beta}{x}\right)^\alpha, \quad (1.9)$$

де  $\alpha$  – параметр форми,  $\beta$  – мінімальне значення випадкової величини  $x$ .

Щільність розподілення Парето задається функцією:

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{\beta}{x}\right)^{\alpha+1}, \text{ коли } x > \beta \text{ и } \alpha > 0, \quad (1.10)$$

$$f(x) = F(x) = 0, \text{ коли } x \leq \beta.$$

Середнє значення випадкової величини визначається з формули:

$$m(x) = \frac{\alpha\beta}{\alpha - 1}. \quad (1.11)$$

Параметр  $\alpha$  визначає середнє і дисперсію випадкової величини:

- якщо  $\alpha \leq 1$ , розподілення має нескінченне середнє;
- якщо  $1 \leq \alpha \leq 2$ , розподілення має кінцеве середнє і нескінченну дисперсію;
- якщо  $\alpha \leq 2$ , розподілення має нескінченну дисперсію.

Існує відношення між параметром  $\alpha$  і параметром Хьорста ( $H$ ):

$$H = \frac{3 - \alpha}{2}. \quad (1.12)$$

Тривалість ON і OFF періодів є випадковими величинами з розподіленням Парето, які задаються середніми значеннями.

Сервер обслуговування здатний обробляти лише одну заявку в одиницю часу. Час обслуговування заявки змінюється в залежності від її розміру. Якщо сервер обслуговування зайнятий, заявки стають в чергу. Максимальна довжина черги задається параметром queue-limit; якщо довжина перевищується, відбувається втрата заявок.

Отриманий в результаті моделювання trace-файл дає змогу розрахувати час знаходження заявки в мережі, середню довжину черги на обслуговування, поточну

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
						31
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

довжину черги, ймовірність блокування заявки в мережі, а також кількість втрачених і доставлених пакетів.

Розроблена імітаційна модель ІН, що містить 100 абонентських вузлів 0 – 99, які генерують мережний трафік, один Softswitch, а також сервер, який складається з основного вузла і допоміжного вузла, введеного для реалізації певного алгоритму обробки заявок.

Імітаційна модель реалізована в системі NS-2 у вигляді сценарію мовою TCL. Блок-схема алгоритму цього сценарію наведена на рис. 1.5. Повний текст сценарію наведений у Додатку Д. Далі описані основні блоки наведеного алгоритму моделювання. Екземпляр симулятора створюється стандартною командою: `set ns [new Simulator]`

Трасування результатів роботи моделі здійснюється в файл `trace.tr` завдяки командам: `set tracefd [open trace.tr w]`

```
$ns trace-all $tracefd
```

Вузли абонентів (`sp_#`), Softswitch (`ss_#`), сервера і вузла обслуговування (`serv1_n#`, `serv1_ob1_n#`) створюються командами:

```
set sp_($i) [$ns node]
```

```
set ss_($j) [$ns node]
```

```
set serv1_n($m) [$ns node]
```

```
set serv1_ob1_n($k) [$ns node]
```

В описаних командах `$c` – кількість абонентів;

`$j` – номер вузла Softswitch;

`$m` – номер вузла сервера обслуговування;

`$k` – номер вузла обслуговування.

Зв'язки між вузлами-абонентами, Softswitch та сервером обслуговування моделюються об'єктами `duplex-link`. Зв'язки створюються і налаштовуються командами: `$ns duplex-link $sp_($i) $ss_($j) $L $d DropTail`

```
$ns duplex-link $ss_($j) $serv_n($c) $L $d DropTail
```

					<i>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</i>	Арк.
						32
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $S_i$  – номер вузла абонента;  
 $S_j$  – номер вузла Softswitch;  
 $S_c$  – номер вузла сервера обслуговування;  
 $L$  – пропускна здатність каналу зв'язку;  
 $d$  – затримка між вузлами.



Рис. 1.4 Загальний алгоритм сценарію моделювання ІН в системі NS-2

Параметр DropTail вказує, що черга між вузлами будуватиметься за структурою FIFO.

Для налаштування вузла обслуговування задіюються об'єкти duplex-link і queue-limit:

```
$ns duplex-link $serv_($i) $obs1_($j) $L 0ms DropTail
```

```
$ns queue-limit $serv_($i) $obs1_($j) $queueLimit
```

де, \$i – номер вузла сервера обслуговування;

\$j – номер вузла обслуговування;

\$L – час обслуговування, який розраховується як добуток необхідного часу обслуговування і розміру відправленого пакету;

\$queueLimit – максимальна довжина черги на обслуговування.

Налаштування генераторів трафіку 3 виконується такими командами: set tcp\_(\$i) [new Agent/TCP/Newreno]

```
$ns attach-agent $sp_($i) $tcp_($i)
```

```
set sink_($j) [new Agent/TCPSink/DelAck]
```

```
$sink_($j) set fid_ $j
```

```
$ns attach-agent $serv_($c) $sink_($j)
```

```
$ns connect $tcp_($i) $sink_($j)
```

```
$tcp_($i) set fid_ $i
```

```
$tcp_($i) set window_ $windowSize
```

```
$tcp_($i) set segsize_ $packetSize
```

```
set traffic_($m) [new Application/Traffic/$type]
```

```
$traffic_($m) set burst_time_ $burstTime
```

```
$traffic_($m) set idle_time_ $idleTime
```

```
$traffic_($m) set rate_ $rate
```

```
$traffic_($m) set shape_ $shape
```

```
$traffic_($m) set packetSize_ $packetSize
```

```
$traffic_($m) attach-agent $tcp_($i)
```

В наведеному кодi використовуються такі параметри:

\$i – номер агента з'єднання;

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
						34
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

\$j – номер агента відповіді від сервера про доставлені пакети;  
 \$c – номер сервера;  
 windowSize\_ – розмір вікна TCP з'єднання;  
 packetSize\_ – розмір пакетів, що будуть відправлятися;  
 \$m – номер генератора трафіку;  
 \$type – вид генерованого трафіку (Exponential, Pareto);  
 \$burstTime – середній час ON періоду роботи генератора;  
 \$idleTime – середній час OFF періоду роботи системи;  
 \$rate – бітова швидкість, з якою агент буде генерувати пакети;  
 \$shape – параметр, що визначає середнє значення і дисперсію випадкової величини, які обумовлюють самоподібні властивості генерованого трафіку.

Розклад роботи агентів здійснюється командами:

\$ns at \$timeStart "\$traffic\_(\$i) start"

\$ns at \$timeEnd "\$traffic\_(\$i) stop"

\$ns at 5.0 "finish"

де \$i – номер генератора трафіку;

\$timeStart – час початку роботи генератора;

\$timeEnd – час закінчення роботи генератора.

## 1.8 Оцінка ефективності управління наданням ІС

Використаємо імітаційні моделі без врахування та з врахуванням самоподібності трафіку, запропоновані в даному розділі для інтелектуальної надбудови, що обслуговує один клас заявок на ІС для розрахунку підкритеріїв ефективності управління наданням ІС.

Використовуючи вирази розрахуємо комплексний критерій та порівняємо оцінку ефективності управління наданням ІС з врахуванням та без врахування самоподібності трафіку.

При моделюванні ІН будемо вважати, що сервери мають постійний середній час обслуговування заявки, тобто час від початку обслуговування на сервері до

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
						35
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

завершення, не враховуючи час очікування в черзі. Довжина черги  $r=2$ . Змінюватимемо значення часу обслуговування заявок на ІС  $b$ . Результати моделювання представлено в таблиці 1.5 та таблиці 1.6.

Таблиця 1.5

Результати імітаційного моделювання інтелектуальної надбудови без врахування самоподібності потоку заявок на ІС

$\lambda$	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 1.6

Результати імітаційного моделювання інтелектуальної надбудови з врахуванням самоподібності потоку заявок на ІС

$\lambda$	4	6	8	10	15	30
$\mu$	8	8	8	8	8	8
$H$	<b>0.75</b>	<b>0.75</b>	<b>0.75</b>	<b>0.75</b>	<b>0.75</b>	<b>0.75</b>
$P_e$	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 таблиці 1.5 та 1.6, побудуємо графіки, що відображають залежність значення підкритеріїв з врахуванням та без врахування самоподібності трафіку від інтенсивності надходження заявок на ІС –  $\lambda$ .

На рис. 1.4 представлено графіки залежності ймовірності відмови в наданні ІС  $P_e$  з врахуванням та без врахування самоподібності трафіку від інтенсивності 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. Тобто в реальній мережі буде втрачатися значно більше заявок, ніж при визначенні без врахування самоподібності

трафіку за допомогою імітаційного чи аналітичного моделювання.

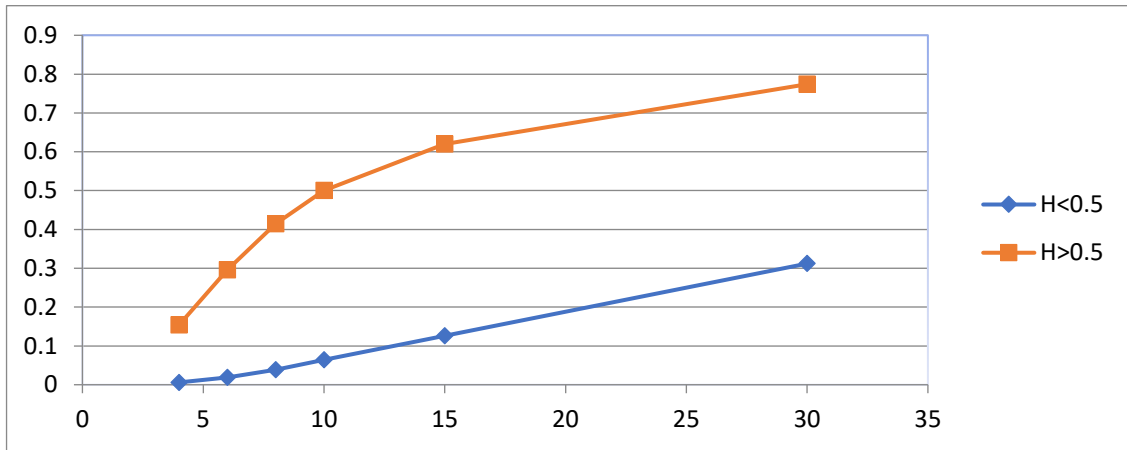
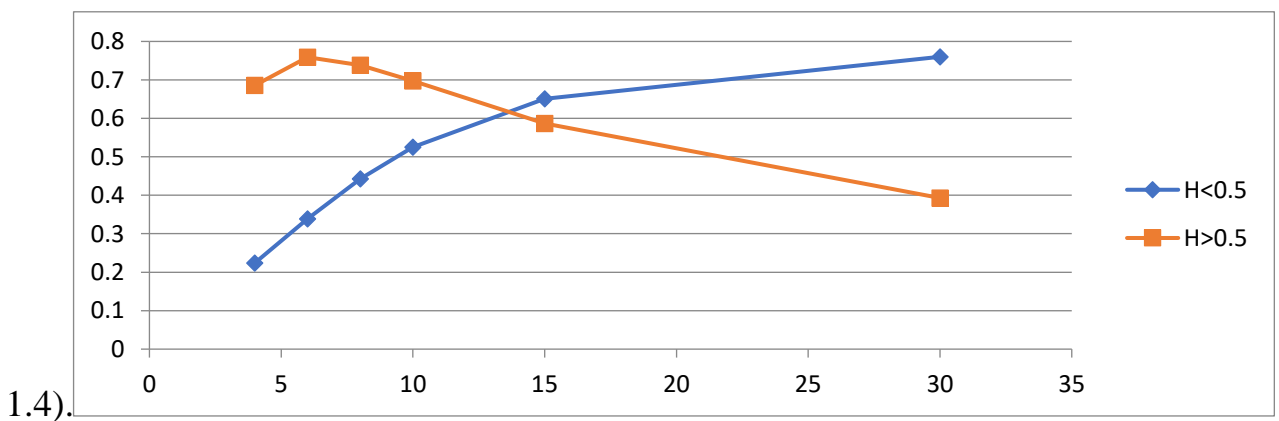


Рис. 1.4 Графіки залежності ймовірності відмови в наданні ІС від інтенсивності надходження заявок

На рис. 1.5 представлено графіки залежності довжини черги  $L$  при сервері з врахуванням та без врахування самоподібності трафіку від інтенсивності надходження заявок на ІС. Як видно з графіків, при значенні  $\lambda < 15$  од./год. довжина черги  $L$  для самоподібного трафіку більша, ніж для експоненційного (максимальне відхилення складає порядку 65 % при значенні  $\lambda = 5$  од./год., але починаючи зі значення  $\lambda = 15$  од./год. і при подальшому збільшенні значення  $\lambda$  довжина черги  $L$  для самоподібного трафіку поступово стає меншою, ніж для експоненційного. Це пов'язано з характером трафіку (фрактальність), а також з тим, що істотно збільшується показник – ймовірність втрати заявки  $P_v$  для самоподібного трафіку (рис.



1.4).

Рис. 1.5. Графіки залежності довжина черги при сервері від інтенсивності надходження заявок

Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

На рис. 1.6 представлено графіки залежності часу обслуговування заявки в ІН  $T$  з врахуванням та без врахування самоподібності трафіку від інтенсивності надходження заявок на ІС. Як видно з графіків час обслуговування спочатку буде майже однаковим. При збільшенні інтенсивності надходження заявок на ІС суттєво зростає ймовірність втрати заявки  $P_v$  при врахуванні самоподібності трафіку  $i$ , відповідно, зменшується середній час обслуговування.

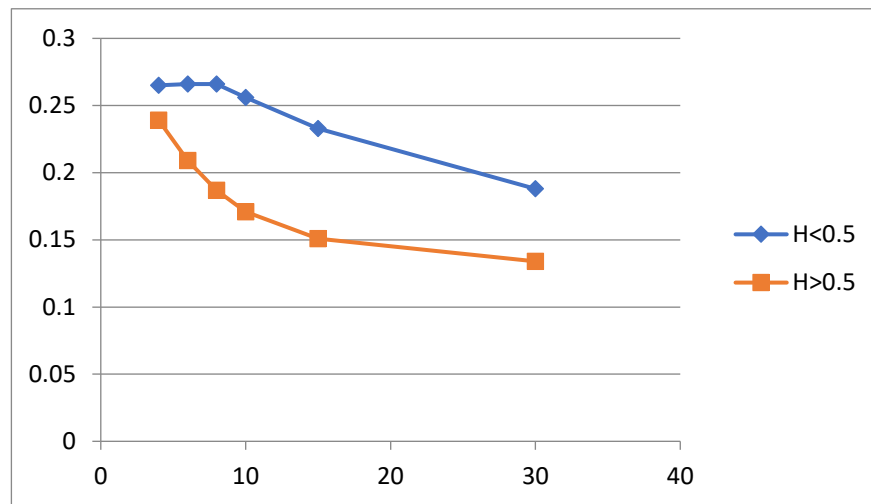


Рис. 1.6. Графіки залежності часу обслуговування заявки в ІН від інтенсивності надходження заявок

Використовуючи значення, коли ІН слабо навантажена (третій стовбець таблиць 1.7 та 1.8) та коли ІН перенавантажена (шостий стовбець таблиць 1.7 та 1.8) розрахуємо значення комплексного критерію ефективності. Поточні значення та значення для нормування підкритеріїв при слабкому навантаженні представлено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7

Поточні значення та значення для нормування підкритеріїв

Підкритерії якості	Значення для нормування	Поточне значення Без врахуванням самоподібності	Поточне значення з врахуванням самоподібності
1. Час надання сервісу $T$	0,5 с	0,266 с	0,209 с
2. Довжина черги $L$	2	0,339	0,759
3. Ймовірність відмови в наданні сервісу $P_v$	0,8	0.019	0,296

4. Структурна та функціональна живучість $P_{сфж}$	70%	95%	95%
5. Структурна надійність $P_{сн}$	70%	90%	90%
6. Вартість інтелектуальної надбудови $C$	5 млн. у.о.	3 млн. у.о.	3 млн. у.о.

Розрахуємо значення комплексного критерію ефективності без врахування самоподібності потоку заявок на ІС:

$$K_1' = \frac{0,5}{0,266} = 1,88; K_2' = \frac{0,8}{0,019} = 42; K_3' = \frac{2}{0,339} = 5,9 \quad (1.13)$$

$$K_4' = \frac{95}{70} = 1,34; K_5' = \frac{90}{70} = 1,28; K_6' = \frac{5}{3} = 1,67$$

$$F = 0.2 \cdot 1.88 + 0.3 \cdot 42 + 0.17 \cdot 5.9 + 0.115 \cdot 1.34 + 0.115 \cdot 1.28 + 0.1 \cdot 1.67 = 14.446 \quad (1.14)$$

Розрахуємо значення комплексного критерію ефективності з врахуванням самоподібності потоку заявок на ІС:

$$K_1' = \frac{0,5}{0,209} = 2,39; K_2' = \frac{0,8}{0,296} = 2,7; K_3' = \frac{2}{0,759} = 2,63 \quad (1.15)$$

$$K_4' = \frac{95}{70} = ; K_5' = \frac{90}{70} = 1,28; K_6' = \frac{5}{3} = 1,67$$

$$F = 0.2 \cdot 2.39 + 0.3 \cdot 2.7 + 0.17 \cdot 2.63 + 0.115 \cdot 1.34 + 0.115 \cdot 1.28 + 0.1 \cdot 1.67 = 2.205 \quad (1.16)$$

Критерій ефективності повинен мати як можна більше значення. Розрахунки (1.14)-(1.16) показують, що неврахування самоподібності потоку заявок на ІС призводить до занадто оптимістичних результатів. Значення критерію ефективності управління наданням ІС без врахування та з врахуванням самоподібності трафіку при слабкому навантаженні ІН відрізняється на 85%, що досить суттєво впливає на прийняття рішення під час проектування NGN.

Проведемо розрахунки для випадку, коли ІН перевантажена. Поточні значення та значення для нормування підкритеріїв при перенавантаженні представлено в табл. 1.9

Таблиця 1.9

Поточні значення та значення для нормування підкритеріїв

Підкритерії якості	Значення для нормування	Поточне значення без врахування самоподібності	Поточне значення з врахуванням самоподібності
1. Час надання сервісу $T$	0,5 с	0,233 с	0,151 с
2. Довжина черги $L$	2	0,651	0,587
3. Ймовірність відмови в наданні сервісу $P_e$	0,8	0.126	0,62
4. Структурна та функціональна живучість $P_{сфж}$	70%	95%	95%
5. Структурна надійність $P_{сн}$	70%	90%	90%
6. Вартість інтелектуальної надбудови $C$	5млн. у.о.	3млн. у.о.	3млн. у.о.

Розрахуємо значення комплексного критерію ефективності без врахуванням самоподібності потоку заявок на ІС при перенавантаженні ІН:

$$K'_1 = \frac{0,5}{0,233} = 2,14; K'_2 = \frac{0,8}{0,126} = 6,35; K'_3 = \frac{2}{0,651} = 3 \quad (1.17)$$

$$K'_4 = \frac{95}{70} = 1,34; K'_5 = \frac{90}{70} = 1,28; K'_6 = \frac{5}{3} = 1,67$$

$$F = 0.2 \cdot 2.14 + 0.3 \cdot 6.35 + 0.17 \cdot 3 + 0.115 \cdot 1.34 + 0.115 \cdot 1.28 + 0.1 \cdot 1.67 = 3.308 \quad (1.18)$$

Порівнюючи значення, отримані в виразах 3.6 та 3.10 можна стверджувати, що при зростанні інтенсивності надходження заявок на ІС ефективність управління наданням ІС погіршується.

Розрахуємо значення комплексного критерію ефективності з врахуванням самоподібності потоку заявок на ІС при перенавантаженні ІН:

$$K'_1 = \frac{0,5}{0,151} = 3,31; K'_2 = \frac{0,8}{0,62} = 1,29; K'_3 = \frac{2}{0,587} = 3,4 \quad (1.19)$$

$$K'_4 = \frac{95}{70} = 1,36; K'_5 = \frac{90}{70} = 1,28; K'_6 = \frac{5}{3} = 1,67$$

$$F = 0.2 \cdot 3.31 + 0.3 \cdot 1.29 + 0.17 \cdot 3.4 + 0.115 \cdot 1.34 + 0.115 \cdot 1.28 + 0.1 \cdot 1.67 = 2.052 \quad (1.20)$$

Як вже зазначалося, критерій ефективності повинен мати як можна більше значення. Розрахунки доводять, що неврахування самоподібності потоку заявок на ІС призводить до оптимістичних результатів. Значення критерію ефективності управління наданням ІС без врахування та з врахуванням самоподібності трафіку при перенавантаженні ІН відрізняється на 38%. Таке відхилення значно менше ніж при слабко навантаженій ІН, однак, все таки досить суттєве для прийняття рішень при проектуванні NGN.

Значення, отримані в виразах підтверджують, що при зростанні інтенсивності надходження заявок на ІС ефективність управління наданням ІС погіршується.

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
						41
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 2.1 Вступ

В даному розділі розглядаються питання забезпечення безпеки при виконання основних видів робіт на об'єктів дипломного проектування, пожежної безпеки, охорони навколишнього середовища та значення охорони праці у формуванні комфортного виробничого середовища.

Охорона праці є важливою системою норм і заходів, дотримання яких дозволяє зберегти як життя, так і здоров'я працівників під час виконання ними своїх обов'язків.

### 2.2 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників, що впливають на працівника.

На здоров'я людей в офісному приміщенні можуть впливати різні шкідливі і небезпечні фактори:

1. Найпоширеніший небезпечний фактор – електричний струм. Він небезпечний своєю неможливістю його ідентифікації до моменту отримання травми.

2. Важливим є питання освітленості робочого місця. Особливо – для персоналу, який проводить більшу частину свого робочого часу біля комп'ютера.

3. Не менш важливим питанням для забезпечення безпеки в офісі є дотримання правил пожежної безпеки. Потрібно не тільки навчити персонал правильно поводитися з побутовою та офісною електротехнікою, а й організувати тренінги з протипожежної евакуації з включенням систем оповіщення про початок пожежі. Володіючи всіма цими знаннями і навичками, можна за короткий термін виявити джерело пожежі і перешкодити його подальшому розповсюдженню.

4. Евакуаційні тренінги, досконале знання шляхів для аварійного виходу в непередбачених складних ситуаціях – запорука протипожежної безпеки офісу. Найбільший відсоток смертей під час пожежі пов'язаний з панікою і отруєнням чадним газом через неможливість знайти вихід з офісу.

У комплексі всі ці заходи і є – охорона праці офісним персоналом.

					<i>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</i>	Арк.
						42
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.3 Пожежна безпека

Вимоги пожежної безпеки. Будь-які перепланування, зміни функціонального призначення приміщень здійснювати тільки за наявності проектної документації, яка пройшла попередню експертизу на відповідність нормативним актам з питань пожежної безпеки з позитивним результатом в органах державного пожежного нагляду.

Меблі та устаткування мають розміщатися так, щоб забезпечити вільний евакуаційний прохід до виходу з приміщення (завширшки не менше 1,0 м). Евакуаційні шляхи та виходи слід завжди утримувати вільними, нічим не зашарашеними. В міру накопичення горючих відходів (використаного паперу тощо), а також після закінчення роботи їх слід прибирати у спеціально відведені сміттєзбірники.

Електромережі, електроприлади та апаратура повинні експлуатуватися тільки у справному стані з урахуванням вказівок і рекомендацій заводів-виробників. У разі пошкоджень електромереж, вимикачів, розеток та інших електроприладів слід негайно вимкнути їх і вжити необхідних заходів щодо приведення до пожежобезпечного стану.

Документи, папір та інші горючі матеріали слід зберігати на відстані, не менше: 1,0 м — від електрощитів, електрокабелів, проводів; 0,5 м — від світильників; 0,25 м — від приладів опалення.

Шляхи евакуації, що не мають природного освітлення, у разі наявності людей повинні постійно освітлюватись електричним світлом.

Електрощити, групові електрощитки повинні бути оснащені схемами підключення споживачів з пояснювальними написами і вказаним значенням номінального струму апарата захисту (плавкої вставки).

Встановлення на горючі основи (конструкції) електророзеток, вимикачів, перемикачів та інших подібних апаратів допускається тільки з підкладанням під них суцільного негорючого матеріалу, що виступає за габарити апарата не менш ніж на 0,01 м.

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

Засоби протипожежного захисту слід утримувати у справному стані. Всі працівники в офісі зобов'язані вміти користуватися наявними вогнегасниками, іншими первинними засобами пожежогасіння та внутрішніми пожежними кранами, знати місця їх розташування. Відстань від найвіддаленішого місця офісу до найближчого вогнегасника не повинна перевищувати 20 м.

Пожежні сповіщувачі повинні функціонувати цілодобово і постійно утримуватися в чистоті. До них має бути забезпечений вільний доступ. Відстань від складованих матеріалів і устаткування до сповіщувачів повинна бути не менше 0,6 м.

У всіх, незалежно від призначення, приміщеннях, які після закінчення роботи замикаються і не контролюються черговим персоналом, з усіх електроустановок та електроприладів, а також з мереж їх живлення повинна бути відключена напруга (за винятком чергового освітлення, протипожежних та охоронних установок, а також електроустановок, що за вимогами технології працюють цілодобово).

У службових приміщеннях (офісах) забороняється:

- улаштовувати тимчасові електромережі, застосовувати саморобні некалібровані плавкі вставки в запобіжниках і саморобні подовжувачі, які не відповідають вимогам *Правил улаштування електроустановок*, експлуатувати світильники зі знятими ковпаками (розсіювачами);

- використовувати вимикачі та штепсельні розетки для розвішування на них одягу або інших предметів, обгортати електролампи й світильники папером, заклеювати ділянки електропроводки горючою тканиною, папером;

- користуватися електрочайниками, мікрохвильовими печами та ін. (окрім спеціально відведених та обладнаних місць), залишати без нагляду ввімкнені в електромережу кондиціонери, комп'ютери, інше електроустаткування тощо, порушувати правила експлуатації електроприладів;

- захарашувати підходи до засобів пожежогасіння, використовувати пожежні кран-комплекти і пожежний інвентар не за призначенням;

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
						44
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- використовувати для зберігання документів, різних матеріалів, предметів та інвентарю шафи (ніші) інженерних комунікацій;

- курити (крім спеціально відведених місць, позначених написом "Місце для куріння" та обладнаних урною або попільничками з негорючого матеріалу), проводити зварювальні та інші вогневі роботи без оформлення відповідного дозволу (наряду-допуску), застосовувати ЛЗР.

Відповідальний за пожежну безпеку після закінчення роботи зобов'язаний:

- ретельно оглянути всі службові приміщення, пересвідчитись у тому, що нема порушень, які можуть призвести до виникнення пожежі;

- вимкнути освітлення, знеструмити прилади та устаткування (за винятком електроустаткування, яке відповідно до вимог технології має працювати цілодобово).

Обов'язки та дії працівників у разі виникнення пожежі:

У разі виявлення пожежі (ознак горіння) кожен працівник зобов'язаний:

- негайно повідомити про це пожежну охорону (номер телефону для виклику –101 (внутрішній 8101). При цьому необхідно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище;

- повідомити про пожежу відповідальну особу та керівника підрозділу (дільниці);

- у разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газорятувальну тощо);

- вжити (по можливості) заходів до евакуації людей та збереження матеріальних цінностей, гасіння пожежі з використанням вогнегасників та інших наявних засобів пожежогасіння.

Посадова особа об'єкта, що прибула на місце пожежі, зобов'язана:

- перевірити, чи викликана пожежна охорона (продублювати повідомлення);

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
						45
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування (евакуацію), а також захист матеріальних цінностей;
- видалити за межі небезпечної зони всіх працівників, не пов'язаних з ліквідацією пожежі;
- припинити роботи в будівлі, крім робіт, пов'язаних із заходами щодо ліквідації пожежі;
- здійснити (за необхідності) відключення електроенергії (за винятком систем протипожежного захисту), зупинення систем вентиляції (за винятком пристроїв протидимного захисту);
- забезпечити дотримання техніки безпеки працівниками, які беруть участь у гасінні пожежі;
- організувати зустріч підрозділів пожежної охорони, забезпечити безперешкодний доступ їх до місця виникнення пожежі та надати їм допомогу під час локалізації та ліквідації пожежі.

### **2.3 Охорона навколишнього середовища**

Охорона навколишнього середовища на підприємстві характеризується комплексом вжитих заходів, які спрямовані на попередження негативного впливу діяльності підприємства на навколишнє середовище, що забезпечує сприятливі та безпечні умови праці. Для охорони навколишнього середовища на підприємстві проводяться заходи для зниження рівня забруднень, що виробляється підприємством:

- Виявлення, оцінка, постійний контроль та обмеження викиду шкідливих елементів в атмосферу.
- Розробка нормативно-правових актів та комплексу природоохоронних заходів.

Крім екологічної безпеки об'єкта (охорона навколишнього середовища на підприємстві) не менш важлива і безпека життєдіяльності на підприємстві. У це поняття входить комплекс організаційних і технічних засобів для запобігання негативного впливу виробничих факторів на працівників. Крім техніки безпеки праці

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

робітники повинні дотримуватися правил з технічних вимог і нормативів підприємства, а також підтримувати санітарно-гігієнічні норми і мікроклімат на робочому місці.

Всі норми і правила екологічної та робочої безпеки повинні бути визначені і зафіксовані в певному документі . Екологічний паспорт містить загальні відомості про підприємство, використовувану сировину, опис технологічних схем вироблення основних видів продукції, схем очищення стічних вод і викидів у повітря, їх характеристики після очищення; дані про тверді й інші відходи, а також відомості про наявність у світі технологій, що забезпечують досягнення найкращих показників з охорони природи.

Працівники служби екологічного контролю беруть участь у заповненні і оформленні всіх граф екологічного паспорта, враховуючи сумарний вплив шкідливих викидів у навколишнє середовище. При цьому враховуються допустимі концентраційні рівні шкідливих речовин на прилеглих до підприємства територіях, повітрі, поверхневих шарах ґрунту і водойм.

					<i>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</i>	Арк.
						47
<i>Ізм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВИСНОВКИ.

На підставі аналізу алгоритмів функціонування ІН запропоновано її імітаційні моделі. Для імітаційного моделювання використано GPSS (General Purpose Simulation System) – загально-цільову систему імітаційного моделювання, призначену для розробки моделей складних систем з дискретним і безперервним характером функціонування у тих випадках, коли не враховується самоподібність потоку заявок на ІС та Network Simulator-2 (NS-2) – у тих випадках, коли враховується самоподібність потоку заявок на ІС. Визначено способи моделювання окремих елементів ІН.

Запропоновано імітаційні моделі ІН з одним класом заявок без урахування самоподібності трафіку, з трьома класами заявок з відносними пріоритетами без урахування самоподібності трафіку, з одним класом заявок з урахуванням самоподібності трафіку. Зазначені моделі дозволяють визначити підкритерії ефективності управління наданням ІС на основі заданих вхідних параметрів – інтенсивність надходження заявок на ІС, інтенсивність обслуговування заявок сервером, кількість класів заявок та їх пріоритети.

1. Використовуючи імітаційні та аналітичні моделі без урахування та з урахуванням самоподібності трафіку для ІН, що обслуговує один клас заявок на ІС, розраховано підкритерії ефективності управління наданням ІС. В результаті аналізу отриманих результатів встановлено, що ймовірність відмови в наданні сервісу при врахуванні самоподібності потоку на ІС завжди більша ніж без врахування. Максимальна різниця, виходячи з отриманих даних, становить порядку 80%. Максимальна різниця довжини черги для самоподібного трафіку і для експоненціального складає порядку 65%.

2. Для випадків, коли ІН обслуговує потоки з малою та великою інтенсивностями, розраховано значення комплексного критерію ефективності. Значення критерію ефективності управління наданням ІС з урахуванням самоподібності тра-

					<i>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</i>	Арк.
<i>Ізм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

фіку зменшується у порівнянні з урахуванням експоненціального характеру трафіку не менш ніж на 60%. 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 мережевих ресурсів.

					<i>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</i>	Арк.
<i>Ізм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		49

## ПЕРЕЛІК 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 dependanning – 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).

					<i>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</i>	Арк.
						50
<i>Ізм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

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] / Т. Кунуп, N. Kniazieva, S. Shestopalov // Науковий вісник національного рірничого університету. – Дніпро: 2017р. – С. 145-150
15. Principles of intelligent network architecture [Text]: ITU-T. – I.312 / Q.1201. – Женева, 1992. – 33 с.
16. S.Ilnickis, Research of the network server in self-similar traffic environment, RTU, Riga, 2003.
17. 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.]
18. 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.
19. Бакланов И.Г. NGN. Принципы построения и организации / И.Г. Бакланов. – Эко-Трендз, 2008. – 400 с.
20. Гольдштейн А. Б. Еще раз о Softswitch или сравнение реализаций трехгранной пирамиды / А. Б. Гольдштейн // Вестник связи. – 2003. – №9. – С. 40-53.
21. Гольдштейн А.Б. Подводная часть айсберга по имени NGN / А.Б. Гольдштейн, Н.А. Соколов // Технологии и средства связи. – 2006. – № 2. – С. 12-21.
22. Гольдштейн А.Б. Подводная часть айсберга по имени NGN.[Ч.2]/ .Б. Гольдштейн, Н.А. Соколов // Технологии и средства связи. - 2006. - № 3. - С. 22-29.

23. Гольдштейн А.Б. Построение NGN: IPCC vs. TISPAN / А.Б. Гольдштейн, А. Атцик // Connect! Мир связи. – 2006. – № 4. – С. 90-95.
24. Гольдштейн Б.С. Проблемы анализа VBX 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.
25. Гольдштейн Б.С. Сети связи пост-NGN [Текст] / Б. С. Гольдштейн, А.Е. Кучерявый – СПб.: БХВ: Петербург, 2014. – 160 с.
26. Гордеев Э. Н. Новые технологии в системах управления сетями связи / Э. Н. Гордеев // Вестник связи. – 2000. – №1. – С. 29-32.
27. Интеллектуальные сети связи / Б.Я. Лихтциндер, М.А. Кузякин, А.В. Росляков, С.М Фомичев. – Эко-Трендз, 2002. – 206 с.
28. 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
29. 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.
30. 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
31. 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.
32. Кільчицький Є. В. Технології управління / Є. В. Кільчицький // Вісник УБЕНТЗ. – 2000. – №1. – С. 38-43.

					<b>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</b>	Арк.
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		52

33. 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.
34. Концептуальное положение по построению мультисервисных сетей [Электронный ресурс]/ Министерство по связи и информатизации, 05.04.2022.
35. Кудрявцев Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем / Е.М. Кудрявцев. – М: ДМК Пресс, 2004. – 320 с.
36. 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.
37. Кунуп Т.В. Імітаційна модель інтелектуальної надбудови з трьома класами заявок з відносними пріоритетами [Текст] / Т.В. Кунуп//
38. 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.
39. Советов Б. Я. Моделирование систем / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 2005. – 295 с.
40. 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.
41. Стеклов В. К. Проектування систем автоматичного керування / В. К. Стеклов. – К.: Вища школа, 1995. – 231 с.
42. Филин Б. П. Методы анализа структурной надежности сетей связи [Текст] / Б. П. Филин. – М.: Радио и связь, 1988. – 208 с.

					<i>БКС.26.05.000.01 КРБ ПЗ</i>	Арк.
<i>Ізм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		54