

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

**Мелешко Єлизавета Владиславівна**

УДК 621.391 (0.43)

**МЕТОД ДИНАМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЧЕРГАМИ ДЛЯ  
ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАТИВНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У  
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ**

**Спеціальність 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

**Харків 2011**

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Кіровоградському національному технічному університеті Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук, доцент  
**Смірнов Олексій Анатолійович**  
Кіровоградський національний технічний  
університет,  
доцент кафедри програмного забезпечення.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Лістровий Сергій Володимирович**  
Українська державна академія залізничного  
транспорту,  
професор кафедри спеціалізованих комп'ютерних  
систем.

кандидат технічних наук, доцент  
**Дуравкін Євген Володимирович**  
Харківський національний університет  
радіоелектроніки,  
доцент кафедри телекомунікаційних систем.

Захист відбудеться «6» квітня 2011 р. о 14:30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.820.01 при Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту, 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий «3» березня 2011 р.

Вчений секретар спеціалізованої  
вченої ради, к.т.н.

К.А. Трубчанінова

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Теоретичні основи сучасних методів ідентифікації й динамічного управління чергами в багатопротокольних вузлах зв'язку (БП ВЗ) телекомунікаційної мережі (ТКМ) закладені в роботах відомих учених: Задираки, Бертсекаса, Галлагера, Клейнрока, Петерса, Саати, Шенона та ін., у яких викладені основні положення теорії зв'язку й теорії масового обслуговування, визначені принципи побудови, функціонування й управління чергами в мережах передачі даних, розглянуті підходи рішення широкого кола задач ідентифікації об'єктів керування. Подальший розвиток даного напрямку отримано в роботах Брока, Дечерта, Шейнкмана, Вегешни, Клікушина, Кучерявого, Назарова й ін., у яких розроблені методи й обчислювальні алгоритми структурної й параметричної ідентифікації об'єктів керування, розрахунку основних ймовірностно-часових характеристик мереж передачі даних, досліджені мережні моделі управління інформаційними потоками й мережними ресурсами, що дозволило розробити механізми, алгоритми й протоколи, які забезпечують необхідну якість обслуговування для окремих додатків і послуг мережі зв'язку. Однак методи підвищення оперативності передачі даних у телекомунікаційних мережах із сучасними протоколами прикладного рівня, процедурами доступу й управління, критеріями й обмеженнями, що враховують особливості передачі різного роду даних (потоків відео, аудіоінформація, інтерактивні служби й т.д.), досліджені недостатньо.

Перспективним напрямком у вирішенні зазначених протиріч є розробка й застосування методів, алгоритмів і процедур ідентифікації трафіку й динамічного управління чергами в багатопротокольних вузлах зв'язку телекомунікаційної мережі.

Таким чином, розробка методу динамічного управління чергами з урахуванням результатів ідентифікації трафіку в багатопротокольних вузлах зв'язку для підвищення оперативності передачі даних у телекомунікаційній мережі є актуальною.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.**

Дослідження дисертаційної роботи виконувалися у відповідності з наступними нормативними актами:

1. Концепція Національної програми інформатизації, схвалена Законом України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» від 4 лютого 1998 р. N 75/ 98-ВР.

2. Концепція розвитку зв'язку України до 2010 року, затверджена постановою Кабінету Міністрів України «Про Концепцію розвитку зв'язку України до 2010 року» від 9 грудня 1999 р. №2238.

3. Концепція створення Державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення керування рухливими об'єктами, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 17 липня 2003 р. № 410-р.

4. Концепція розвитку зв'язку України, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 7 червня 2006 р. № 316-р.

**Мета і задачі дослідження.** Мета дисертаційного дослідження полягає в підвищенні оперативності передачі даних на основі динамічного управління чергами з урахуванням результатів ідентифікації трафіку в багатопроTOCOLьних вузлах зв'язку телекомунікаційної мережі.

Відповідно до мети роботи необхідно вирішити **науково-прикладну задачу**, що полягає в розробці методу динамічного управління чергами з урахуванням результатів ідентифікації трафіку в багатопроTOCOLьних вузлах зв'язку для підвищення оперативності передачі даних у телекомунікаційній мережі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

1. Провести аналіз методів управління мережними ресурсами для підвищення оперативності передачі даних у ТКМ, обґрунтувати вибір напрямку дослідження й формалізувати постановку науково-прикладної задачі.

2. Розробити метод ідентифікації трафіку в телекомунікаційній мережі, що враховує статистичні залежності в інформаційному потоці різних інфо-комунікаційних послуг і параметри трафіку, отримані в результаті виконання процедури параметричної ідентифікації на основі n-мірного шкалювання.

3. Розробити математичну модель підсистеми управління й обслуговування в багатопроTOCOLьному вузлі зв'язку, що враховує особливості механізму «замовленого» обслуговування інформаційних пакетів із пріоритетними чергами для мультимедійного трафіку при оцінці «віртуального часу надходження» інформаційного пакета в чергу.

4. Розробити метод управління чергами в багатопроTOCOLьних вузлах зв'язку телекомунікаційної мережі, що враховує значення показника варіації часу затримки інформаційних пакетів (джиттера затримки) і забезпечує динамічний розподіл мережних ресурсів залежно від змін цього показника.

5. Провести дослідження ефективності розробленого методу динамічного управління чергами з урахуванням результатів ідентифікації трафіку в багатопроTOCOLьних вузлах зв'язку й обґрунтувати практичні рекомендації з його використання для підвищення оперативності передачі даних в ТКМ.

**Об'єкт дослідження** – процес передачі даних в багатопроTOCOLьних вузлах зв'язку телекомунікаційної мережі.

**Предмет дослідження** – метод динамічного управління чергами з урахуванням результатів ідентифікації трафіку в багатопроTOCOLьних вузлах зв'язку для підвищення оперативності передачі даних у телекомунікаційній мережі.

**Методи дослідження.** Дослідження структурних і функціональних властивостей багатопроTOCOLьних вузлів зв'язку проводилося з використанням теорії графів і теорії масового обслуговування. Дослідження характеру зміни інтенсивності інформаційних потоків між окремими елементами телекомунікаційної мережі опиралося на основні положення теорії ймовірностей, теорії зв'язку й теорії телетрафіку. Оцінка коректності й достовірності теоретичних і практичних результатів проводилася за допомогою методів математичного й імітаційного моделювання.

### **Наукова новизна отриманих результатів:**

1. **Вдосконалено** метод ідентифікації трафіку в телекомунікаційній мережі, що відрізняється від відомих оптимізацією  $n$ -мірної ідентифікаційної шкали за критерієм максимуму ймовірності правильної ідентифікації при врахуванні статистичних залежностей інформаційного потоку, отриманих за допомогою BDS-тестування, що дозволить підвищити достовірність структурно-параметричної ідентифікації інформаційного трафіку.

2. **Вдосконалено** математичну модель підсистеми управління й обслуговування в багатопротоковому вузлі зв'язку, що відрізняється від відомих врахуванням особливостей механізму «замовленого» обслуговування інформаційних пакетів із пріоритетними чергами для мультимедійного трафіку за рахунок введення додаткової функції пріоритетності вибору  $k$ -ого інформаційного пакета  $i$ -ого потоку інформації, при оцінці «віртуального часу надходження» інформаційного пакета в чергу, що дозволяє підвищити точність оцінки показника варіації часу доставки інформаційних пакетів в умовах підвищеної інтенсивності мультисервисного трафіку.

3. **Вдосконалено** метод управління чергами в багатопротокових вузлах зв'язку телекомунікаційної мережі, що відрізняється від відомих врахуванням значень варіації часу затримки інформаційних пакетів (джиттера затримки) і динамічним розподілом мережних ресурсів залежно від змін цього показника, що дозволяє підвищити оперативність передачі даних в умовах високого мережного навантаження.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в адаптації процесу управління чергами в багатопротокових вузлах зв'язку телекомунікаційної мережі до змін обсягів поступаючих мережних додатків для зменшення варіації часу доставки інформаційних пакетів, а також у можливості застосування запропонованих методів для розробки програмних засобів управління передачею даних у телекомунікаційній мережі.

- Розроблено спеціальне програмне й математичне забезпечення для моделювання управління чергами в багатопротокових вузлах зв'язку телекомунікаційної мережі, оцінки варіації середнього часу доставки інформаційних пакетів з урахуванням особливостей механізму «замовленого» обслуговування інформаційних пакетів із пріоритетними чергами для мультимедійного трафіку, оцінки оперативності передачі даних у ТКМ. Показано, що їхнє використання дозволяє до 3 разів підвищити точність оцінки варіації часу доставки інформаційних пакетів у ТКМ.

- Розроблено обчислювальні алгоритми структурно-параметричної ідентифікації інформаційного потоку. Показано, що їхнє використання дозволяє до 3,17 разів підвищити достовірність ідентифікації інформаційного трафіку в порівнянні з відомими кореляційними методами ідентифікації. Вироблено практичні рекомендації з використання розробленого методу ідентифікації трафіку в телекомунікаційній мережі.

- Розроблено обчислювальні алгоритми установки первісних параметрів обслуговування інформаційних потоків і динамічного розподілу ресурсів підсистеми управління й обслуговування в багатопротокових вузлах зв'язку.

Показано, що використання розробленого методу при високому завантаженні ТКМ дозволяє до 10 разів зменшити варіацію часу доставки інформаційних пакетів у порівнянні із системами статичного (централізованого) управління й до 4 разів у порівнянні із системами «справедливого» розподілу ресурсів. Вироблено практичні рекомендації з використання розробленого методу підвищення оперативності передачі даних у телекомунікаційній мережі.

- Отримані результати використано в науково-дослідній роботі Української державної академії залізничного транспорту за темою “Дослідження та проведення лабораторних випробувань системи мультисервісного радіодоступу в діапазоні частот 10,5 ГГц в умовах станції Знамянка” (№ держреєстрації 0109U001519, 2010р.) та впроваджено у навчальний процес кафедри програмного забезпечення Кіровоградського національного технічного університету (акт № 17-36/21-2315 від 18.09.2010).

**Особистий внесок здобувача.** Всі результати, викладені в дисертаційній роботі, отримані автором самостійно. У роботах, виконаних у співавторстві й опублікованих у виданнях, які ввійшли в перелік ВАК України, авторові належать:

- в [1] проведений аналіз перспективних напрямків розвитку цифрових телекомунікаційних систем і мереж;
- в [2] проведені порівняльні дослідження методик оцінки середнього часу обслуговування інформаційних пакетів у телекомунікаційній мережі;
- в [3] проведено порівняльні дослідження структурних методів ідентифікації трафіку в телекомунікаційній мережі;
- в [4] проведено дослідження методу структурної ідентифікації інформаційних потоків у телекомунікаційних мережах на основі BDS-тестування.

**Апробація результатів досліджень.** Основні результати дисертації доповідалися й були схвалені на наступних науково-технічних конференціях: шоста наукова конференція Харківського університету Повітряних Сил «Новітні технології - для захисту повітряного простору» 14-15 квітня, м. Харків, 2010 р.; International Conference «Statistical Methods of Signal and Data Processing (SMSDP-2010)», Kiev, Ukraine, National Aviation University “NAU-Druk” Publishing House, October 13-14, 2010; третя науково-технічна конференція студентів і аспірантів «Захист інформації з обмеженим доступом і автоматизація її обробки», м. Київ, 8-9 лютого 2011р.; друга всеукраїнська науково-практична конференція «Системний аналіз. Інформатика. Керування», м. Запоріжжя, 10-11 березня 2011р.

**Публікації.** Основні положення дисертаційної роботи викладено в 6 наукових статтях [1-6] у наукових журналах та збірниках наукових праць – фахових виданнях ВАК України, 4 тезисах виступів [7-10].

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних літературних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації становить 162 сторінки, у тому числі 156 сторінок основного тексту, 2 додатки на 6 сторінках, 49 рисунків, 7 таблиць, список використаних літературних джерел із 124 найменувань на 13 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета, об'єкт, предмет і методи дослідження, поставлені задачі, що вирішуються. Визначена наукова новизна, наукові і практичні результати, які виносяться на захист.

У першому розділі аналізуються перспективні напрямки розвитку єдиної інформаційно-телекомунікаційної системи, обґрунтовуються критерії й показники ефективності при передачі даних у ТКМ, проводиться порівняльне дослідження відомих методів ідентифікації трафіку й алгоритмів управління чергами у вузлах зв'язку телекомунікаційної мережі.

Проведені дослідження показали, що основними характеристиками якості інформаційного обміну є достовірність, оперативність і безпека. Показано, що одним з визначальних показників якості передачі інформації в режимі реального часу є час  $T$  доставки інформаційного пакета до одержувача, забезпечення якого можливе шляхом розробки й застосування нових методів ідентифікації трафіку й управління ресурсами мережного устаткування в процесі маршрутизації інформації.

Проведено порівняльний аналіз алгоритмів управління чергами в багатопротокольних вузлах зв'язку (БП ВЗ), показано, що найбільш перспективними серед них є алгоритми активного обмеження черг (RED, WRED) і алгоритми обслуговування черг із пріоритетами ( $WF^2Q$ , VC, SCFQ). Однак відсутність механізмів і засобів забезпечення необхідних значень джиттера затримок інформаційних пакетів при передачі різнорідних потоків інформації знижує ефективність функціонування наведених алгоритмів і унеможливає забезпечення якості обслуговування при передачі мультисервісного трафіку в цілому.

Проведений порівняльний аналіз методів ідентифікації трафіку показав, що простота реалізації й відносно висока швидкість ідентифікації трафіку кореляційними методами й методами ідентифікації за часовими характеристиками дозволяють їх використовувати в процесі управління високошвидкісними інформаційними потоками в ТКМ. Однак, виявлені в результаті аналізу, недоліки зазначених методів вимагають подальших досліджень і розробки методу структурної ідентифікації трафіку, що поряд з високою швидкістю виконання необхідних процедур забезпечив би максимальну точність ідентифікації трафіку в ТКМ.

Виходячи із проведеного аналізу в розділі сформульована науково-прикладна задача розробки методу підвищення оперативності передачі даних на основі ідентифікації трафіку й динамічного управління чергами в БП ВЗ ТКМ.

У другому розділі на прикладах різних інтерактивних мережних служб, що забезпечують основні телекомунікаційні послуги (потокове відео, IP-телефонія, відеоконференцзв'язок, FTP(HTTP)-трафік, мультисервісний трафік) досліджується поведінка інформаційного потоку в ТКМ.

На рис. 1-2 представлені фрагменти експериментальних даних поведінки різних мережних служб у часі. Рисунок ілюструють ряд характерних для

кожного виду трафіка закономірностей. Так, наприклад, рис. 1 (потоківне відео) ілюструє короткі «сплески» інтенсивності після деякого періоду постійного трафіку. Така поведінка викликана структурою передаваних відеоданих, отриманих в результаті виконання відповідних алгоритмів стиску (гібридного, внутрішньокадрового й міжкадрового кодування). На рис. 2 (IP-телефонія) нескладно помітити досить хаотичне чергування «режиму розмови» з «режимом мовчання» характерне для будь-якого виду телефонних переговорів.

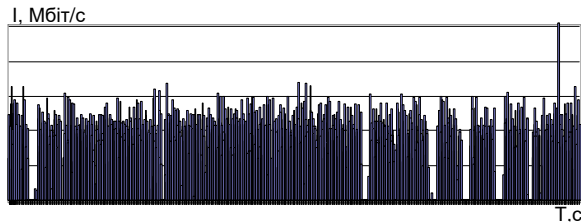


Рис. 1. Фрагмент експериментальних даних трафіку потоківного відео

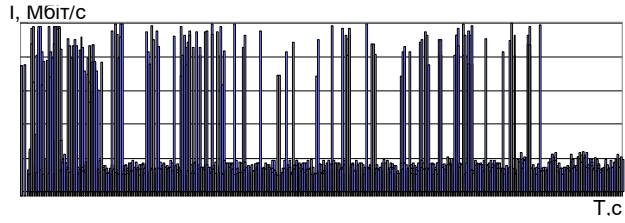


Рис. 2. Фрагмент експериментальних даних трафіку IP-телефонії

Однак, одне лише візуальне відображення моделей трафіку не дозволяє визначити й ототожнити різні інтерактивні служби. Тому з метою подальшого дослідження характеристик трафіку на основі отриманих даних сформовані фазові портрети й відповідні їм гістограми щільності ймовірності інтенсивності трафіків різних служб, приклади яких представлені на рис. 3-4.

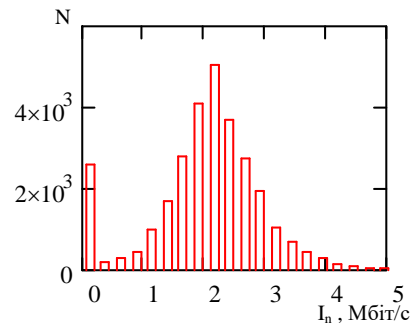
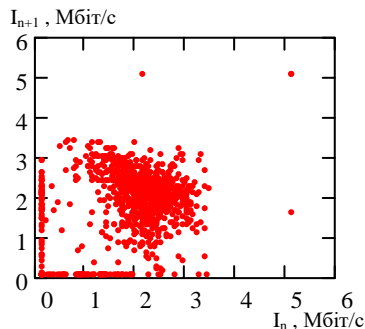


Рис. 3. Фазовий портрет і гістограма щільності ймовірності інтенсивності трафіку потоківного відео

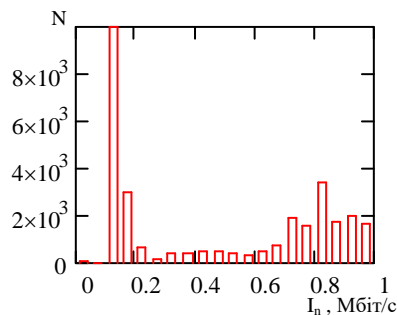
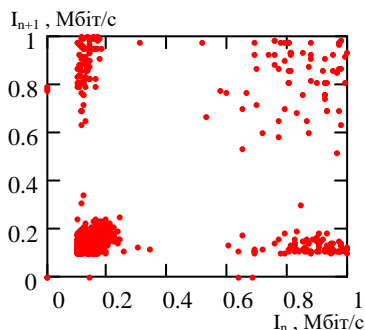


Рис. 4. Фазовий портрет і гістограма щільності ймовірності інтенсивності трафіку IP-телефонії

Порівняльний аналіз отриманих фазових портретів показав ряд закономірностей у поведінці більшості досліджуваних служб. Так, наприклад,



фазові портрети інтенсивності трафіку IP-телефонії й FTP(HTTP)-трафіку характеризуються більшою «розмитістю» (розкидом фазових траєкторій) у порівнянні з іншими службами. Фазові портрети й гістограми інтенсивності трафіку більшості мультимедійних служб, показали близькість щільності ймовірності, отриманої емпіричним шляхом до нормального закону розподілу.

Запропоновано для виявлення статистичних залежностей в інформаційному трафіку використати новий підхід тестування заснований на BDS-статистиці. Проведений аналіз показав, що BDS-тести являють собою ефективні методи виявлення залежностей у часових рядах у рамках їхнього нелінійного аналізу. Їх ціль полягає в тому, щоб розрізнити випадкові дані (I.I.D.) і будь-який вид залежності – перевірити нульову гіпотезу  $H_0$  про незалежність і тотожний розподіл значень часового ряду  $\bar{\xi} = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N)$ , використовуючи для цього критерій значимості. Відповідно до цього критерію для прийняття гіпотези  $H_0$  необхідно вибрати критичну область  $G_\alpha$ , що задовольняє умові  $P(g \in G) = \alpha$ , де  $g(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N)$  – статистика спостереження, а  $\alpha$  – встановлюваний рівень значимості. BDS-тест заснований на статистичній величині  $w(\varepsilon)$  (BDS-статистиці):

$$w_{m,N}(\varepsilon) = \sqrt{N - m + 1} \frac{C_{m,N}(\varepsilon) - C_{1,N-m}(\varepsilon)^m}{\sigma_{m,N}(\varepsilon)}, \quad (1)$$

де  $C_{m,N}(\varepsilon) - C_{1,N-m}(\varepsilon)^m$  – (чисельник BDS-статистики) визначається кореляційними інтегралами  $C_{m,N}(\varepsilon)$ ,  $C_{1,N}(\varepsilon)$  для розмірності  $m$ ;  $\sigma_{m,N}(\varepsilon)$  – середньоквадратичне відхилення різниці  $C_{m,N}(\varepsilon) - C_{1,N-m}(\varepsilon)^m$ ;  $\varepsilon$  – радіус гіперсфери;  $N$  – число елементів часового ряду.

Були проведені BDS-тести для трафіку різних мережних служб та різного числа елементів часового ряду  $N$  і радіуса гіперсфери  $\varepsilon$ .

Проведено порівняльний аналіз результатів BDS-тестування інформаційного трафіку з результатами, отриманими відомими кореляційними методами. Доведено доцільність використання BDS-тестування для виявлення статистичних закономірностей в інформаційному трафіку.

Однак, як показали дослідження, ідентифікація трафіку тільки за допомогою BDS-тестів не повною мірою гарантує адекватність отриманих результатів реальному процесу, що проходить у ТКМ (дуже велика залежність результатів статистики від  $N$  та  $\varepsilon$ ). Тому, для підвищення достовірності отриманих результатів у розроблювальний метод пропонується введення додаткової процедури класифікації трафіку на основі  $n$ -мірного шкалювання.

Поставлена задача оптимізації розмірності ідентифікаційної шкали за критерієм максимуму ймовірності правильної ідентифікації, наступним чином. Нехай  $N$  – множина ідентифікаційних шкал,  $U_n$  – підмножини  $n$ -мірних ідентифікаційних шкал  $U_n \subset N$ ,  $k_n$  – еталонне значення ідентифікатора в кожній  $n$ -мірній шкалі,  $h_n$  – значення моди гістограми розподілу досліджуваного трафіку. Задача оптимізації в цьому випадку полягає у визначенні такої підмножини  $U_n$  при якій:

$$P_{mi}(U_n) \rightarrow \max; \quad (2)$$

$$\xi = \frac{|k_1 - h_1| + |k_2 - h_2| + \dots + |k_n - h_n|}{n}; \quad (3)$$

$$|w_{m,N}(\varepsilon)| \leq 1,96; \quad (4)$$

$$t_{id} \leq t_n. \quad (5)$$

де  $P_{pi}$  – ймовірність правильної ідентифікації;  $\xi$  – середнє відхилення значень мод гістограми розподілу досліджуваного трафіку від еталонних значень ідентифікатора;  $W_{m,N}(\varepsilon)$  – значення BDS-статистики;  $t_{id}$  – час ідентифікації;  $t_n$  – необхідний час ідентифікації.

У ході дослідження визначено, що для ідентифікації інформаційного трафіку в більшості практичних випадків доцільно використовувати 3-х мірну шкалу форми трафіку. Це дозволить зменшити час ідентифікації  $t_{id}$  в порівнянні з іншими методами без погіршення достовірності ідентифікації трафіку (рис. 5).

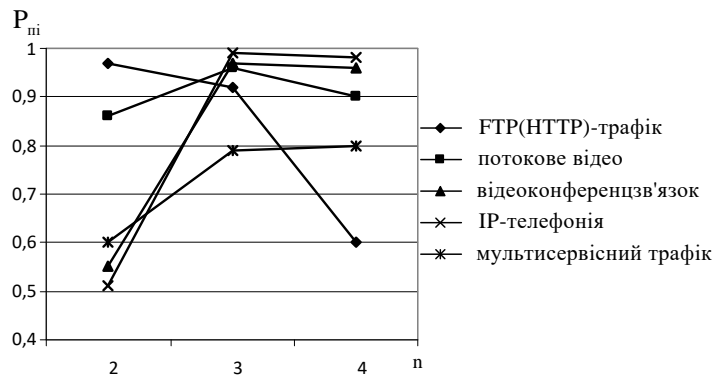


Рис. 5. Графік залежності ймовірності правильної ідентифікації  $P_{pi}$  від числа  $n$

На рис. 6 наведена структурна схема розробленого методу ідентифікації інформаційного трафіку в ТКМ.



Рис. 6. Структурна схема методу ідентифікації трафіку в ТКМ

Проведено порівняльний аналіз розробленого методу ідентифікації інформаційного трафіку в ТКМ із відомим кореляційним методом ідентифікації. Показано, що використання розробленого методу дозволить до 3,17 разів підвищити достовірність структурної ідентифікації інформаційного трафіку в порівнянні з відомими кореляційними методами ідентифікації.

У третьому розділі досліджується процес управління чергами в БП ВЗ ТКМ, і розробляється математична модель підсистеми управління й обслуговування та процедура динамічного управління чергами в БП ВЗ ТКМ.

З метою підвищення оперативності передачі інформаційних пакетів окремих видів трафіку й забезпечення заданих показників варіації (джиттера) затримки пакетів виникає необхідність у модифікації умови оцінки функції: «віртуального часу надходження» інформаційного пакета в чергу шляхом введення додаткової функції:  $\Psi_{(i,k)} = \{J_H^1, J_H^2, \dots, J_H^f\}$  пріоритетності вибору k-ого інформаційного пакета i-ого потоку інформації, що залежить від величин необхідних показників варіації затримки  $J_H$  для різних класів (1, 2, ..., f) інформаційного трафіку. Тоді задачу підвищення оперативності передачі інформації в ТКМ можна представити у вигляді оптимізаційної задачі:

$$J^{(1)} \rightarrow \min, \quad J^{(2, \dots, f)} = J_H, \quad (6)$$

а розроблювальну модель системи планування із пріоритетами за показниками варіації затримки (МПВЗ) можна представити у вигляді аналітичних виразів:

$$S_{(i,k)} = \max \left\{ \mathfrak{S}_{(i,k-1)}, V(t_{(i,k)}), \Psi_{(i,k)} \right\}, \quad (7)$$

$$\mathfrak{S}_{(i,k)} = S_{(i,k)} + \frac{L_{(i,k)}}{r_i}, \quad (8)$$

де  $J^{(1)}$  – значення варіації затримки інформаційного трафіку 1-го класу пріоритетності;  $J^{(2, \dots, f)}$  – значення варіації затримки інформаційного трафіку 2, ..., f-го класу пріоритетності;  $V(t_{(i,k)})$  – час, затрачуваний планувальником на обслуговування черги до моменту надходження k-го пакету i-ого потоку;  $L_{(i,k)}$  – довжина k-ого інформаційного пакета i-ого потоку інформації;  $r_i$  – пропускна здатність, що виділяється для обслуговування інформаційного потоку.

Відповідно до виразу (7) у розроблювальній математичній моделі підсистеми управління й обслуговування в БП ВЗ виникає необхідність у додатковій оцінці величини  $J_H$ . Тому загальні правила оцінки якості обслуговування інформаційних пакетів у буфері пам'яті можна представити у вигляді аналітичних виразів:

$$d_{(i,k)}^f - d_{(i,k-1)}^f \leq J_H^f, \quad (9)$$

$$d_{(i,1)}^f - d_{(i-1, k_{\max})}^f \leq J_H^f, \quad (10)$$

$$d_{(i,k)}^{(МПВЗ)} - d_{(i,k)}^{(GPS)} \leq \frac{L_{\max}}{r}, \quad (11)$$

$$W_i^{(GPS)}(0, \tau) - W_i^{(МПВЗ)}(0, \tau) \leq L_{\max}, \quad (12)$$

$$W_i^{(МПВЗ)}(0, \tau) - W_i^{(GPS)}(0, \tau) \leq (1 - \frac{r_i}{r})L_i, \quad (13)$$

де  $d_{(i,k)}^{(МПВЗ)}$  – час закінчення обслуговування  $i$ -го інформаційного потоку розроблювальною системою планування із пріоритетами за показниками варіації затримки;  $W_i^{(GPS)}(0, \tau)$  – кількість обслуговування, отримана потоком  $i$  за інтервал часу  $\tau$  відповідно до алгоритму GPS;  $W_i^{(МПВЗ)}(0, \tau)$  – кількість обслуговування, отримана потоком  $i$  за інтервал часу  $\tau$  відповідно до алгоритму управління буфером пам'яті розроблювальної системи планування із пріоритетами за показниками варіації затримки.

Представлення моделюємої системи у вигляді системи масового обслуговування дозволило сформуванати граф станів підсистеми управління й обслуговування в БП ВЗ представлений на рис. 7.

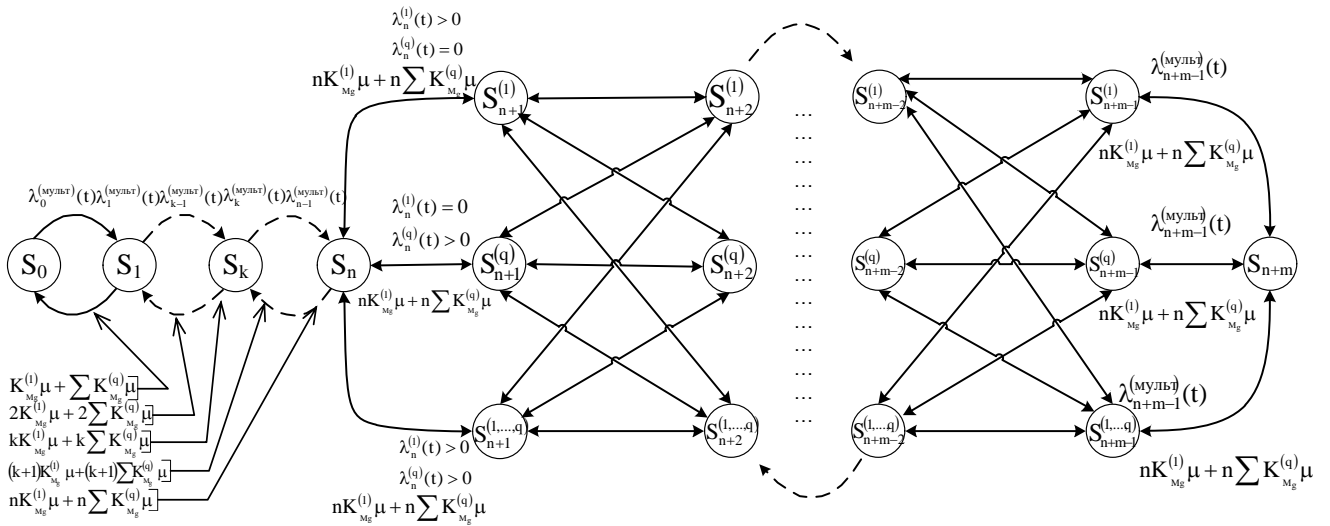


Рис. 7. Граф станів підсистеми управління й обслуговування в БП ВЗ

Граф станів підсистеми управління й обслуговування має  $n+m+1$  вершину, кожна з яких зв'язана по горизонталі парою вхідних і вихідних ребер. Перехід підсистеми управління й обслуговування зі стану в стан зліва направо (по графу) відбувається в силу впливу вхідного потоку пакетів. Розглянутий БП ВЗ в будь-який момент часу може перебувати в одному з наступних станів:  $S_0$  – всі процесори вільні;  $S_1$  – один процесор зайнятий,  $(n-1)$  процесорів вільні; ...  $S_k$  –  $k$  процесорів зайняті,  $(n-k)$  процесорів вільні; ...  $S_n$  –  $n$  процесорів зайняті;  $S_{n+1}^{(1)}$  –  $n$  процесорів зайняті, одна комірка пам'яті відведеної ділянки буфера зайнята пакетами даних 1 категорії пріоритетності;  $S_{n+1}^{(2)}$  –  $n$  процесорів зайняті, одна комірка пам'яті відведеної ділянки буфера зайнята пакетами даних 2 категорії пріоритетності; ...  $S_{n+1}^{(q)}$  –  $n$  процесорів зайняті, одна комірка пам'яті відведеної ділянки буфера зайнята пакетами даних  $q$  категорії пріоритетності;

$S_{n+1}^{(1,2,\dots,q)}$  –  $n$  процесорів зайняті, по одній комірці пам'яті буфера зайняті пакетами даних  $1,2,\dots,q$  категорії пріоритетності; ...  $S_{n+r}^{(1)}$  –  $n$  процесорів зайняті,  $r$  комірок пам'яті відведеної ділянки буфера зайняті пакетами даних 1 категорії пріоритетності;  $S_{n+r}^{(2)}$  –  $n$  процесорів зайняті,  $r$  комірок пам'яті відведеної ділянки буфера зайняті пакетами даних 2 категорії пріоритетності;  $S_{n+r}^{(1,2,\dots,q)}$  –  $n$  процесорів зайняті,  $r$  комірок пам'яті буфера зайняті пакетами даних  $1,2,\dots,q$  - категорії пріоритетності; ...  $S_{n+m}$  –  $n$  процесорів зайняті, всі  $m$  комірок буфера пам'яті зайнято.

Використовуючи граф станів, у ході виконання дисертаційної роботи, була складена система диференціальних рівнянь Колмогорова:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 -\lambda_0^{(\text{мульти})}(t) p_0 + \\
 + \mu p_1 \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) = \frac{dp_0}{dt}; \\
 \lambda_0^{(\text{мульти})}(t) p_0 - \lambda_1^{(\text{мульти})}(t) p_1 - \\
 - \mu p_1 \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) + \\
 + 2\mu p_2 \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) = \frac{dp_1}{dt}; \\
 \dots\dots\dots; \\
 \lambda_{k-1}^{(\text{мульти})}(t) p_{k-1} - \lambda_k^{(\text{мульти})}(t) p_k - \\
 - \mu p_k \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) + \\
 + (k+1)\mu p_{k+1} \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) = \frac{dp_k}{dt}; \\
 \dots\dots\dots; \\
 \lambda_{n-2}^{(\text{мульти})}(t) p_{n-2} - \lambda_{n-1}^{(\text{мульти})}(t) p_{n-1} - \\
 - (n-1)\mu p_{n-1} \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) + \\
 + n\mu \mu_n \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) = \frac{dp_{n-1}}{dt}; \\
 \lambda_{n-1}^{(\text{мульти})}(t) p_{n-1} - \lambda_n^{(1)}(t) p_n - \lambda_n^{(q)}(t) p_n - \\
 - \left( \lambda_n^{(1)}(t) + \lambda_n^{(q)}(t) \right) p_n - \\
 - n\mu \mu_n \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) + \\
 + qn\mu_{n+1} \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) = \frac{dp_n}{dt};
 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l}
 \lambda_n^{(1)}(t) p_n - n\mu \mu_n \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) - \\
 - \lambda_{n+1}^{(1)}(t) p_{n+1} - \lambda_{n+1}^{(q)}(t) p_{n+1} - \\
 - \lambda_n^{(q)}(t) p_n - n\mu \mu_n \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) - \\
 - \lambda_{n+1}^{(1)}(t) p_{n+1} - \lambda_{n+1}^{(q)}(t) p_{n+1} - \\
 - \left( \lambda_{n+1}^{(1)}(t) + \lambda_{n+1}^{(q)}(t) \right) p_{n+1} + qn\mu_{n+2} \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) = \frac{dp_{n+1}^{(1)}}{dt}; \\
 \left( \lambda_n^{(1)}(t) + \lambda_n^{(q)}(t) \right) p_n - n\mu \mu_n \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) - \lambda_{n+1}^{(1)}(t) p_{n+1} - \\
 - \lambda_{n+1}^{(q)}(t) p_{n+1} - \left( \lambda_{n+1}^{(1)}(t) + \lambda_{n+1}^{(q)}(t) \right) p_{n+1} + \\
 + qn\mu_{n+2} \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) = \frac{dp_{n+1}^{(q)}}{dt}; \\
 2p_{n+1} \left( \lambda_{n+1}^{(1)}(t) + \lambda_{n+1}^{(q)}(t) \right) + qn\mu_{n+3} \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) - \\
 - qn\mu_{n+2} \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) - \\
 - 2p_{n+2} \left( \lambda_{n+2}^{(1)}(t) + \lambda_{n+2}^{(q)}(t) \right) = \frac{dp_{n+1}^{(1\dots q)}}{dt}; \\
 \dots\dots\dots; \\
 2p_{n+m-2} \left( \lambda_{n+m-1}^{(1)}(t) + \lambda_{n+m-1}^{(q)}(t) \right) + qn\mu_{n+m} \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) - \\
 - qn\mu_{n+m-1} \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) - qp_{n+m} \lambda_{n+m-1}^{(\text{мульти})}(t) = \frac{dp_{n+m-1}}{dt}; \\
 \dots\dots\dots; \\
 q\lambda_{n+m-1}^{(\text{мульти})} p_{n+m-1} - qn\mu_{n+m} \left( K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)} \right) = \frac{dp_{n+m}}{dt}.
 \end{array} \right. \quad (14)$$

Оскільки граничні ймовірності системи постійні, то, заміна в диференціальних рівняннях Колмогорова відповідних похідних нульовими значеннями, дозволила одержати систему лінійних алгебраїчних рівнянь, що описують стаціонарний режим системи масового обслуговування.

Система була вирішена з рядом допущень: система подій є повною

$\sum_{k=0}^n p_k + \sum_{r=1}^m p_{n+r} = 1$ , сума коефіцієнтів розподілу пропускну здатності  
 $(K_{M_g}^{(1)} + \sum K_{M_g}^{(q)}) = 1$ , сумарний трафік різних служб  $\lambda_r^{(1)}(t) + \lambda_r^{(q)}(t) = \lambda_r^{(\text{мульти})}(t)$ .

Рішення даної системи дозволило одержати ряд аналітичних виразів, що дозволяють оцінити ймовірнісно-часові характеристики моделюємої системи. Так були отримані аналітичні вирази для розрахунку ймовірності відмови підсистеми управління й обслуговування багатопроTOCOLьного вузла зв'язку (19) та варіації часу доставки інформаційного пакету в ТКМ (20).

$$P_{\text{отк}} = \frac{\frac{\alpha_r^n}{n!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha_r^k}{k!} + \frac{\alpha_r^k \cdot m}{n!}}, \quad (19)$$

$$J = 2 \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[ \tau_{\text{прд}_i} - \frac{n_3}{\Re} + \frac{\alpha_r^n}{n\mu \cdot n!} \cdot \frac{1 - \left(\frac{\alpha_r}{n}\right)^m \left(m + 1 - \frac{m\alpha_r}{n}\right)}{\left(1 - \frac{\alpha_r}{n}\right)^2} P_0 \right]^2}. \quad (20)$$

Порівняльні дослідження розробленої математичної моделі з відомими (рис. 8) показали, що в умовах високого навантаження на БП ВЗ точність оцінки варіації часу доставки інформаційних пакетів підвищується до 3 разів.

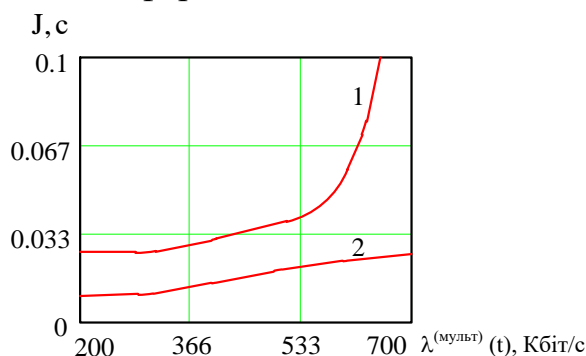


Рис. 8. Графіки залежності варіації часу доставки інформаційних пакетів від інтенсивності вхідного потоку інформації (залежність 1 - результати відомої моделі, представленої системою масового обслуговування типу M/G/1; залежність 2 - результати, отримані в ході дисертаційних досліджень)

Розроблена математична модель є основною складовою методу управління чергами в БП ВЗ ТКМ, при цьому проведене моделювання дозволило представити розроблений метод у вигляді сукупності відповідних алгоритмів і процедур: процедури динамічного управління чергами в БП ВЗ ТКМ; алгоритму установки первісних параметрів обслуговування інформаційних потоків; алгоритму динамічного розподілу ресурсів підсистеми управління й

обслуговування БП ВЗ.

Сукупність наведених у розділі моделі, процедури й алгоритмів являє собою вдосконалений метод управління чергами в БП ВЗ телекомунікаційної мережі, що відрізняється від відомих врахуванням значень варіації часу затримки інформаційних пакетів (джиттера затримки) і динамічним розподілом мережних ресурсів залежно від змін цього параметра, що дозволяє підвищити оперативність передачі даних в умовах високого мережного навантаження.

У четвертому розділі оцінюється ефективність розроблених методів ідентифікації трафіку й динамічного управління чергами в БП ВЗ, обґрунтовується достовірність отриманих результатів. Обґрунтовуються практичні рекомендації з використання розроблених методів для підвищення оперативності передачі даних у телекомунікаційних мережах.

Для оцінки ефективності методу підвищення оперативності передачі даних і обґрунтування достовірності отриманих результатів розроблена імітаційна модель систем ідентифікації трафіку й управління чергами в БП ВЗ ТКМ. Як основний інструментарій імітаційного моделювання було використано середовище символічної математики MathCAD-14. Узагальнена структурна схема розробленої імітаційної моделі представлена на рис. 9.

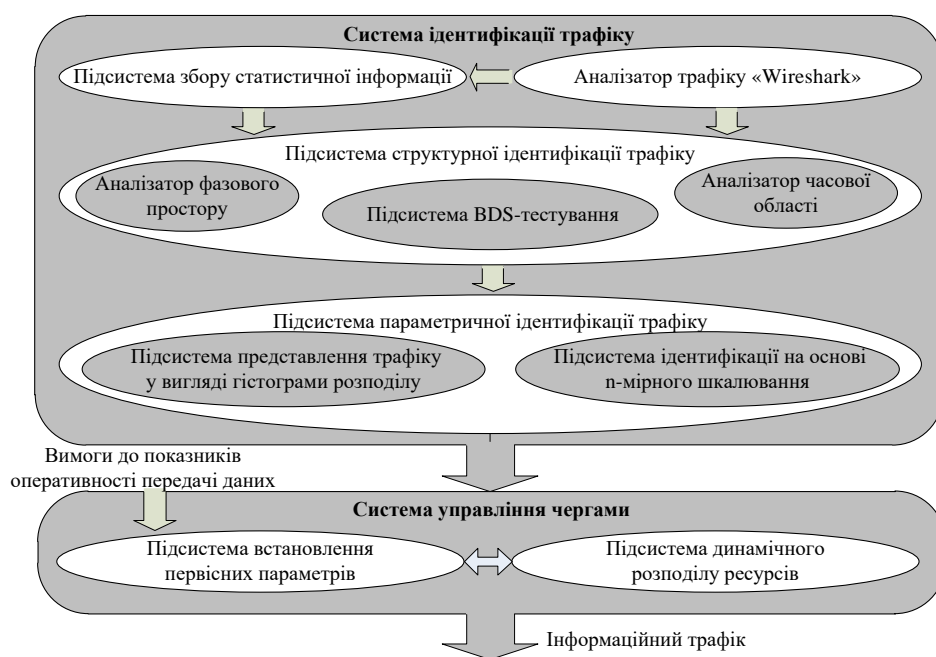


Рис. 9. Узагальнена структурна схема розробленої імітаційної моделі систем ідентифікації трафіку й управління чергами в БП ВЗ ТКМ

На основі проведеного математичного й імітаційного моделювання проведена оцінка ефективності розробленого методу підвищення оперативності передачі даних у ТКМ у порівнянні з відомими методами. У результаті дослідження показано, що використання розробленого методу при високому завантаженні ТКМ дозволить до 10 разів зменшити варіацію часу доставки інформаційних пакетів у порівнянні із системами статичного (централізованого) управління (рис. 10) і до 4 разів у порівнянні із системами «справедливого» розподілу ресурсів (рис. 11).

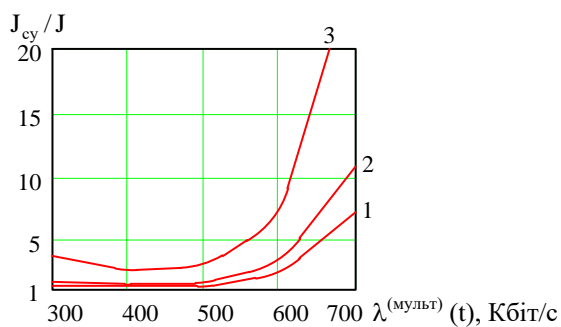


Рис. 10. Залежність відношення  $J_{cy}/J$  від сумарної інтенсивності мультисервісного інформаційного потоку  $\lambda^{(мульт)}(t)$

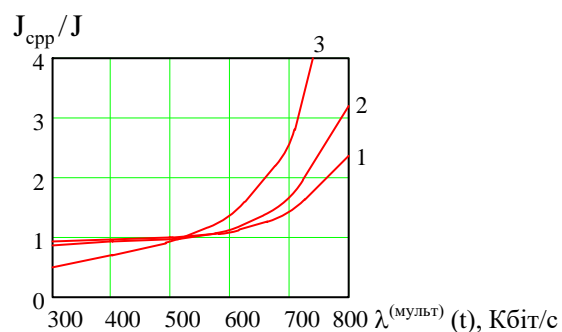


Рис. 11. Залежність відношення  $J_{cnp}/J$  від сумарної інтенсивності мультисервісного інформаційного потоку  $\lambda^{(мульт)}(t)$

Проведене імітаційне моделювання підтвердило достовірність розробленої в дисертації математичної моделі підсистеми управління й обслуговування в БП ВЗ і як наслідок, зроблених на основі її аналізу, висновків і рекомендацій. Це підтверджується зокрема тим, що «розрахункова» крива залежності варіації середнього часу доставки інформаційних пакетів від інтенсивності потоку інформації впевнено попадає в «усереднений» довірчий інтервал, що відповідає довірчій ймовірності  $\beta = 0,95$ , аналогічній експериментальній залежності (рис. 12). На рис. 12 для різних варіантів значень параметра  $\mu$  ( $\mu = 200$  Кбіт/с (рис. 12 а),  $\mu = 700$  Кбіт/с (рис. 12 б) наведені графіки залежності оцінок  $\hat{J}$  математичного очікування величини  $J$  варіації часу доставки інформаційного пакета в ТКМ від сумарної інтенсивності мультисервісного інформаційного потоку  $\lambda^{(мульт)}(t)$  (результати експерименту позначені «трикутниками») і відповідні їм границі довірчого інтервалу  $I_\beta$ .

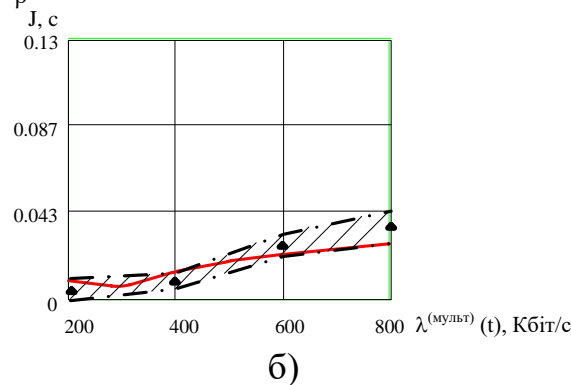
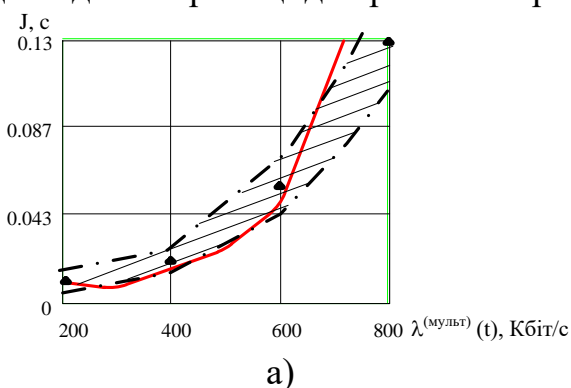


Рис. 12. Графік залежності оцінок  $\hat{J}$  математичного очікування величини  $J$  варіації часу доставки інформаційного пакета в телекомунікаційній мережі від сумарної інтенсивності мультисервісного інформаційного потоку  $\lambda^{(мульт)}(t)$

На підставі отриманих результатів порівняльного аналізу сучасних інформаційних і телекомунікаційних технологій, а також за результатами проведених у ході дисертаційної роботи теоретичних і експериментальних досліджень вироблені практичні рекомендації із застосування розробленого методу підвищення оперативності передачі даних.

У додатках наведено імітаційну модель системи ідентифікації трафіку й



управління чергами в багатопрокольних вузлах зв'язку в ТКМ та акти реалізації результатів дисертаційної роботи.

## ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

У дисертаційній роботі отримано теоретичне узагальнення й нове рішення важливої науково-прикладної задачі, що полягає в розробці методу динамічного управління чергами з урахуванням результатів ідентифікації трафіку в багатопрокольних вузлах зв'язку для підвищення оперативності передачі даних у телекомунікаційній мережі.

1. Проведений аналіз показав, що методи підвищення оперативності передачі даних у ТКМ із сучасними протоколами прикладного рівня, процедурами доступу й управління, критеріями й обмеженнями, що враховують особливості передачі різного роду даних (потокове відео, аудіоінформація, інтерактивні служби й т.д.), досліджені недостатньо. Перспективним напрямком у вирішенні виявлених протиріч є розробка й застосування методів, алгоритмів і процедур ідентифікації трафіку й динамічного управління чергами в БП ВЗ для підвищення оперативності передачі даних у ТКМ.

**2. Найбільш важливими науковими результатами**, отриманими в дисертації, є наступні:

– Вдосконалено метод ідентифікації трафіку в ТКМ, який відрізняється від відомих оптимізацією  $n$ -мірної ідентифікаційної шкали за критерієм максимуму ймовірності правильної ідентифікації при врахуванні статистичних залежностей інформаційного потоку, отриманих за допомогою BDS-тестування, що дозволило підвищити достовірність ідентифікації інформаційного трафіку.

– Вдосконалено математичну модель підсистеми управління й обслуговування в БП ВЗ, яка відрізняється від відомих врахуванням особливостей механізму «замовленого» обслуговування інформаційних пакетів із пріоритетними чергами для мультимедійного трафіку за рахунок введення додаткової функції пріоритетності вибору  $k$ -го інформаційного пакету  $i$ -го потоку інформації, при оцінці «віртуального часу надходження» інформаційного пакету в чергу, що дозволило підвищити точність оцінки показника варіації часу доставки інформаційних пакетів в умовах підвищеної інтенсивності мультисервісного трафіку.

– Вдосконалено метод управління чергами в БП ВЗ ТКМ, який відрізняється від відомих врахуванням значень варіації часу затримки інформаційних пакетів і динамічним розподілом мережних ресурсів залежно від змін цього показника, що дозволило підвищити оперативність передачі даних в умовах високого мережного навантаження.

**3. Найбільш важливими практичними результатами**, отриманими в дисертації, є наступні:

– Розроблено спеціальне програмне й математичне забезпечення для моделювання управління чергами в БП ВЗ ТКМ, оцінки варіації середнього часу доставки інформаційних пакетів з урахуванням особливостей механізму «замовленого» обслуговування інформаційних пакетів із пріоритетними

чергами для мультимедійного трафіку, оцінки оперативності передачі даних у ТКМ. Показано, що їхнє використання дозволяє до 3 разів підвищити точність оцінки варіації часу доставки інформаційних пакетів у ТКМ.

– Розроблено обчислювальні алгоритми структурно-параметричної ідентифікації інформаційного потоку. Показано, що їхнє використання дозволяє до 3,17 разів підвищити достовірність ідентифікації інформаційного трафіку в порівнянні з відомими кореляційними методами ідентифікації. Вироблено практичні рекомендації з використання розробленого методу ідентифікації трафіку в ТКМ.

– Розроблено обчислювальні алгоритми установки первісних параметрів обслуговування інформаційних потоків і динамічного розподілу ресурсів підсистеми управління й обслуговування в БП ВЗ. Показано, що використання розробленого методу при високому завантаженні ТКМ дозволяє до 10 разів зменшити варіацію часу доставки інформаційних пакетів у порівнянні із системами статичного (централізованого) управління й до 4 разів у порівнянні із системами «справедливого» розподілу ресурсів. Вироблено практичні рекомендації з використання розробленого методу підвищення оперативності передачі даних у ТКМ.

**4. Практичне значення отриманих результатів** полягає в адаптації процесу управління чергами в БП ВЗ ТКМ до змін обсягів поступаючих мережних додатків для зменшення варіації часу доставки інформаційних пакетів, а також у можливості застосування запропонованих методів для розробки програмних засобів управління передачею даних у ТКМ.

**5. Достовірність отриманих результатів** обґрунтовується їхньою несуперечністю основним теоретичним положенням і методам побудови ТКМ, теорії зв'язку й теорії телетрафіку, методам теорії імовірності, теорії графів і теорії масового обслуговування. Достовірність підтверджується збіжністю результатів математичного й імітаційного моделювання систем ідентифікації трафіку й управління чергами в багатопроTOCOLьних вузлах зв'язку ТКМ.

**6. Результати дисертаційної роботи рекомендується використовувати** при проведенні науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт зі створення нових засобів ідентифікації трафіку й управління чергами в багатопроTOCOLьних вузлах зв'язку на етапі модернізації автоматизованих систем моніторингу й управління, а також при створенні рекомендацій з оптимізації процесів управління в ТКМ. Результати досліджень будуть корисні для підготовки фахівців у вищих навчальних закладах МОНМС України при вивченні навчальних дисциплін по теорії зв'язку й теорії телетрафіку, методам побудови й оптимізації процесів управління в ТКМ.

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

1. Смирнов А.А. Анализ и сравнительное исследование перспективных направлений развития цифровых и телекоммуникационных систем и сетей. / А.А. Смирнов, В.В. Босько, Е.В. Мелешко // Системи обробки інформації. – Вип. 7 (74). – Х.: ХУПС. – 2008. – С. 120-123.

2. Смирнов А.А. Разработка методики оценки среднего времени обслуживания информационных пакетов в телекоммуникационной сети / А.А. Смирнов, В.В. Босько, Е.В. Мелешко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Вип. 2(10). – К.: ДП «ЦНДІНУ». – 2009. – С.162-165.
3. Семенов С.Г. Сравнительные исследования методов идентификации трафика в телекоммуникационной сети для повышения оперативности передачи данных / С.Г. Семенов, Е.В. Мелешко // Прикладная радиоэлектроника. – Том 9 №3. – Х.: ХНУРЕ. – 2010. – С.444-448.
4. Кузнецов А.А. Метод структурной идентификации информационных потоков в телекоммуникационных сетях на основе BDS-тестирования / А.А. Кузнецов, С.Г. Семенов, С.Н. Симоненко, Е.В. Мелешко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України.–Вип. 2 (4).–Х.: ХУПС.– 2010.–С.131-137.
5. Мелешко Е.В. Математическая модель подсистемы управления и обслуживания в многопротокольном узле связи / Е.В. Мелешко // Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил. – Вип. 4(26). – Х.: ХУПС. – 2010. – С.124-128.
6. Мелешко Е.В. Методы идентификации трафика и динамического управления очередями в многопротокольных узлах связи и оценка их эффективности / Е.В. Мелешко // Системи обробки інформації. – Вип. 8 (89). – Х.: ХУПС. – 2010. – С.68-74.
7. Семенов С.Г. Сравнительные исследования и анализ алгоритмов управления очередями в многопротокольных узлах связи телекоммуникационной сети / С.Г. Семенов, В.В. Босько, Е.В. Мелешко // Збірник тез та доповідей шостої наукової конференції – «Новітні технології – для захисту повітряного простору». – Х.: ХУПС. – 2010. – С. 132-133.
8. Semenov S.G. The method of processing and identification of telecommunication traffic based on BDS-tests / S.G. Semenov, A.A. Smirnov, E.V. Meleshko // Збірник тез та доповідей науково-практичної конференції – «Statistical Methods of Signal and Data Processing (SMSDP-2010)»: Proceeding. – Kiev: IEEE, National Aviation University “NAU-Druk” Publishing House, 2010. – P.166-168.
9. Мелешко Е.В. Усовершенствование математической модели подсистемы управления трафиком в узле телекоммуникационной сети / Е.В. Мелешко // Збірник тез та доповідей третьої науково-технічної конференції студентів та аспірантів – «Захист інформації з обмеженим доступом та автоматизація її обробки (RISAP-2011)». – К.: НАУ. – 2011. – С. 6.
10. Смирнов А.А. Усовершенствование метода управления очередями в многопротокольных узлах телекоммуникационной сети / А.А. Смирнов, Е.В. Мелешко // Збірник тез та доповідей другої всеукраїнської науково-практичної конференції «Системний аналіз. Інформатика. Управління». Запоріжжя: КПУ. – 2011. – С. 10-11.

## АНОТАЦІЯ

**Мелешко Є.В. Метод динамічного управління чергами для підвищення оперативності передачі даних у телекомунікаційній мережі. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі. – Українська державна академія залізничного транспорту. Харків, 2011.

Дисертаційна робота присвячена розробці методу динамічного управління чергами з урахуванням результатів ідентифікації трафіку в багатопротокольних вузлах зв'язку, дослідженню структурних і функціональних властивостей багатопротокольних вузлів зв'язку та характеру зміни інтенсивності інформаційних потоків між окремими елементами телекомунікаційної мережі. Вдосконалено метод ідентифікації трафіку в телекомунікаційній мережі, що дозволяє підвищити достовірність структурно-параметричної ідентифікації інформаційного трафіку. Вдосконалено математичну модель підсистеми управління й обслуговування в багатопротокольному вузлі зв'язку, що дозволяє підвищити точність оцінки показника варіації часу доставки інформаційних пакетів в умовах підвищеної інтенсивності мультисервисного трафіку. Вдосконалено метод управління чергами в багатопротокольних вузлах зв'язку телекомунікаційної мережі, що дозволяє підвищити оперативність передачі даних в умовах високого мережного навантаження.

В дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-прикладна задача, що полягає в розробці методу динамічного управління чергами з урахуванням результатів ідентифікації трафіку в багатопротокольних вузлах зв'язку для підвищення оперативності передачі даних у телекомунікаційній мережі.

**Ключові слова:** телекомунікаційна мережа, вузол зв'язку, передача даних, динамічне управління чергами, ідентифікація трафіку, оперативність, інформація, трафік.

## АННОТАЦИЯ

**Мелешко Е.В. Метод динамического управления очередями для повышения оперативности передачи данных в телекоммуникационной сети. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – Телекоммуникационные системы и сети. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта. Харьков, 2011.

Диссертационная работа посвящена разработке метода динамического управления очередями с учетом результатов идентификации трафика в многопротокольных узлах связи, исследованию структурных и функциональных свойств многопротокольных узлов связи и характера изменения интенсивности информационных потоков между отдельными элементами ТКМ.

Проведен анализ известных алгоритмов управления очередями в многопротокольных узлах связи, который показал, что наиболее

перспективными среди них являются алгоритмы активного ограничения очередей (RED, WRED) и алгоритмы обслуживания очередей с приоритетами ( $WF^2Q$ , VC, SCFQ). Однако отсутствие механизмов и средств обеспечения требуемых значений джиттера задержек информационных пакетов при передаче разнородных потоков информации снижает эффективность функционирования приведенных алгоритмов и делает невозможным обеспечение качества обслуживания при передаче мультисервисного трафика в целом. Это позволило сделать вывод о необходимости усовершенствования процедур обслуживания очередей на основе существующих алгоритмов. Для выполнения указанной задачи существует необходимость в разбиении информационного трафика по классам, при этом наиболее приоритетным классом следует считать информационный трафик с повышенными требованиями ко времени доставки информационных пакетов и вариации задержки.

Для решения оптимизационных задач в рамках исследуемого процесса управления сетевыми ресурсами были исследованы основные статистические характеристики входного потока данных, то есть проведена идентификация трафика. На примерах различных интерактивных сетевых служб, обеспечивающих основные телекоммуникационные услуги (потокое видео, IP-телефония, видеоконференцсвязь, FTP(НТТР)-трафик, мультисервисный трафик) проведено исследование поведения информационного потока в телекоммуникационной сети. На основе экспериментальных данных сформированы модели трафика, фазовые портреты и гистограммы плотности вероятности различных интерактивных служб. Проведенные исследования позволили выявить ряд закономерностей (динамические изменения в поведении информационного трафика во всех рассмотренных примерах, близость плотности вероятности полученной эмпирическим путем к нормальному закону распределения и др.) в поведении большинства исследуемых служб.

Усовершенствован метод идентификации трафика в телекоммуникационной сети, отличающийся от известных оптимизацией  $n$ -мерной идентификационной шкалы по критерию максимума вероятности правильной идентификации при учете статистических зависимостей информационного потока, полученных с помощью BDS-тестирования, что позволит повысить достоверность идентификации информационного трафика.

Усовершенствована математическая модель подсистемы управления и обслуживания в многопротокольном узле связи, отличающаяся от известных учетом особенностей механизма «заказного» обслуживания информационных пакетов с приоритетными очередями для мультимедийного трафика за счет введения дополнительной функции приоритетности выбора  $k$ -ого информационного пакета  $i$ -ого потока информации, при оценке «виртуального времени поступления» информационного пакета в очередь, что позволяет повысить точность оценки показателя вариации времени доставки информационных пакетов в условиях повышенной интенсивности мультисервисного трафика.

Усовершенствован метод управления очередями в многопротокольных узлах связи телекоммуникационной сети, который отличается от известных

учетом значений вариации времени задержки информационных пакетов (джиттера задержки) и динамическим распределением сетевых ресурсов в зависимости от изменений этого показателя, что позволяет повысить оперативность передачи данных в условиях высокой сетевой нагрузки.

Разработаны вычислительные алгоритмы установки первоначальных параметров обслуживания информационных потоков и динамического распределения ресурсов подсистемы управления и обслуживания в многопротокольных узлах связи.

Показано, что использование разработанного метода при высокой нагрузке ТКМ позволяет до 10 раз уменьшить вариацию времени доставки информационных пакетов по сравнению с системами статического (централизованного) управления и до 4 раз по сравнению с системами «справедливого» распределения ресурсов.

Выработаны практические рекомендации по использованию разработанного метода повышения оперативности передачи данных в ТКМ.

**Ключевые слова:** телекоммуникационная сеть, узел связи, передача данных, динамическое управление очередями, идентификация трафика, оперативность, информация, трафик.

## ABSTRACT

**Meleshko E.V. Method of dynamic queue management improving the efficiency of data transfer in telecommunication network. - Manuscript.**

Thesis for a Candidate of Technical Science Degree in speciality 05.12.02 – Telecommunication systems and networks. – Ukrainian State Academy of Rail Transport. Kharkiv, 2011.

The thesis is devoted to developing method of dynamic queue management on the basis of identifying traffic in multiprotocol communication nodes, to the investigation of structural and functional properties of multiprotocol communication nodes and nature of changes in the intensity of information flows between individual elements of a telecommunication network. The method for identifying traffic in telecommunication networks is improved, increasing the reliability of structural-parametric identification of information traffic. The mathematical model of the subsystem management and service on a multiprotocol communication node is improved, thus enhancing the accuracy of the information packets delivery time variation rate assessment in high-intensity multiservice traffic. The method of queue management in telecommunication network multiprotocol nodes allowing to increase data transfer efficiency at high network load is improved.

In this thesis an urgent scientific and applied problem was solved, which is to develop a method of dynamic queue management on the basis of traffic identification in multiprotocol communication nodes to improve efficiency of data transfer in telecommunication network.

**Key words:** telecommunication network, communication node, data transfer, dynamic queue management algorithm, traffic identification, efficiency, information, traffic.

Підписано до друку 28.02.2011. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.  
Надруковано на різнографі. Умов. Друк. арк.0,9.  
Зам № 114/2011. Тираж 100 прим.

© РВЛ КНТУ, м.Кіровоград, пр.Університетський, 8.  
Тел.(0522) 390-541, 559-245, 390-551.