

Міністерство освіти і науки України  
Українська державна академія залізничного транспорту

КУБРАКОВА КАТЕРИНА МИКОЛАЇВНА



УДК 621.395

**МЕТОД БУФЕРИЗАЦІЇ ЗАПИТІВ НА ПЕРЕДАЧУ ПОТОКІВ ДАНИХ  
У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ**

05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Краснобаєв Віктор Анатолійович,**  
Полтавський національний технічний університет  
ім. Юрія Кондратюка, завідувач кафедри  
комп'ютерної інженерії.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Козелков Сергій Вікторович,**  
Державний університет телекомунікацій,  
директор навчально-наукового інституту  
телекомунікацій та інформатизації;

доктор технічних наук, професор  
**Кучук Георгій Анатолійович,**  
Харківський університет Повітряних Сил імені  
Івана Кожедуба, провідний науковий співробітник  
наукового центру Повітряних Сил.

Захист відбудеться «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 року о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.01 в Українській державній академії залізничного транспорту, 61050, м. Харків, пл. Фейербаха 7.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту, 61050, м. Харків, пл. Фейербаха 7.

Автореферат розісланий «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради



К.А. Трубчанінова

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Згідно «Концепції розвитку зв'язку України» пріоритетним напрямом розвитку є створення сучасних широкополосних мультисервісних транспортних мереж на базі єдиних протоколів, сумісних з Інтернет-протоколами.

Кількість нових, розгорнутих мережевих додатків, що передають і одержують аудіо та відеодані по Інтернету, за останні кілька років збільшується експоненціально. Нові мультимедійні додатки (також звані додатками з безперервними потоками даних або потоками реального часу) – відео, IP-телефонія, телеконференції, інтерактивні ігри, віртуальні світи, дистанційне навчання та багато іншого – інтенсивно розробляються і впроваджуються.

У даний час більшість інформаційних потоків, переданих у сучасних телекомунікаційних мережах з комутацією пакетів (голос, відео), утворюють мультимедійний трафік. Інтенсивність передачі інформації, ініційована роботою відповідних програмних засобів у реальному часі, є досить високою і близькою до постійного значення, тому такий вид трафіку часто називають потоковим або трафіком реального часу.

Інтенсивність надходження від користувачів запитів на передачу потоків реального часу змінюється випадковим чином. При випадковому зростанні цієї інтенсивності в мережі спостерігається тимчасовий дефіцит каналних ресурсів. Це обумовлює появу відмов в обслуговуванні запитів, які надійшли від користувачів. При зниженні зазначеної інтенсивності зменшується мережеве навантаження, канали мережі працюють в недовантаженому режимі, і спостерігаються паузи в їх використанні. Таким чином, канали сучасних телекомунікаційних мереж навантажуються нерівномірно в часі, в результаті чого використовуються неефективно.

Для того, щоб згладити потік запитів на передачу потоків реального часу, які надходять у мережу, доцільно в умовах дефіциту каналних ресурсів (мережевих перевантажень) здійснювати буферизацію цих запитів. При цьому важливим і складним завданням є вибір максимального значення довжини черги запитів на передачу потоків реального часу (ППРЧ) в телекомунікаційній мережі (ТКМ). Зростання цієї величини, з одного боку, покращує якість обслуговування користувачів, тому що в цьому випадку велика кількість запитів може перебувати в черзі на обслуговування і меншому числу користувачів буде відмовлено в обслуговуванні. З іншого боку, чим більше запитів може перебувати в черзі, тим більше часу користувачам доведеться чекати обслуговування своїх запитів, що знаходяться в черзі, що негативно позначиться на якості їх обслуговування.

Роботи вітчизняних і зарубіжних вчених у галузі дослідження мережевого трафіку свідчать про те, що існує потреба у ефективних засобах управління потоками даних. Серед зарубіжних і вітчизняних авторів, які вирішували окремі завдання в цій галузі, можна відзначити наступних:

Behdin S., Fidge C., Helberg A.S.J., Saeed S., Jumari K., Nishikido J., Chaudhuri G., Lee M.J., Vandenhoute M., Yang X., Yi P., Tsukamoto K., Higashino T., Korner U., Gaur M.S., Jun Zhou, Salvador P., Nogueira A., Barlet S., Serral-Gracia R., Кучерявий Е.А., Д.М. Молчанов, С.В. Андреев, О.О. Галиніна, Н.В. Васильєва, П.Н. Гончуков, Є.А. Беляєв, Польщиків К.А., Лосєв Ю.І., Лемешко О.В., Рвачова Н.В. та інші.

Незважаючи на значну кількість робіт по підвищенню якості обслуговування різних видів трафіку, на сьогоднішній день є потреба в ефективних методах управління потоками трафіку даних, зокрема, якісною доставкою потоків реального часу.

Саме невирішеність задачі якісної передачі потоків реального часу по каналу телекомунікаційної мережі визначили мету, загальну науково-технічну задачу дисертації, частинні задачі досліджень і зміст даної дисертаційної роботи.

**Науково-технічна задача дисертації** – розробка і вдосконалення моделей і методу підвищення якості обслуговування запитів на передачу потоків реального часу.

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

1. Концепція Національної програми інформатизації, схвалена Законом України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» від 4 лютого 1998 р., № 75/98-ВР.

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

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

Дослідження, результати яких викладені в дисертації, проводились згідно з державними планами НДР, програмами та договорами, які виконуються на кафедрі комп'ютерної інженерії Полтавського національного університету імені Юрія Кондратюка, а також в інших організаціях:

– “ Розробка та дослідження методів і засобів кодування, передачі, обробки та корекції даних комп'ютерних пристроїв телекомунікаційних систем і мереж, що функціонують у класі лишків ” (Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, ДР № 0114U004136);

– “ Дослідження технологічних умов функціонування системи гнучкої комутації для мережі технологічного зв'язку залізничного транспорту на базі SI 2000 з розробкою технічних умов, їх погодженням з Укрзалізстандартом та у Державній адміністрації залізничного транспорту України “Укрзалізниця” та реєстрування технічних умов у відповідних державних

органах влади ” (Українська державна академія залізничного транспорту, 2011 р.);

– “ Методологія створення відмовостійких і швидкодіючих засобів обробки цифрової інформації реального часу на основі застосування модулярної системи числення ” (Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, ДР № 0110U000669, 2010-2014 рр.);

– “ Розробка методики визначення обсягу робіт з експлуатації телекомунікаційного обладнання ” (Українська державна академія залізничного транспорту, ДР № 0111U007919, 2012 р.).

Участь автора у зазначених науково-дослідних темах та проектах, в яких дисертант був безпосереднім виконавцем, полягає в розробці безпосередньо методів забезпечення якості обслуговування запитів на передачу потоків реального часу.

**Мета та задачі досліджень.** Метою дисертаційної роботи є підвищення коефіцієнту використання каналів і якості обслуговування користувачів.

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

1. Дослідити методи обслуговування запитів на передачу потоків реального часу.
2. Удосконалити математичну модель обслуговування запитів для оцінки коефіцієнту використання телекомунікаційного каналу.
3. Розробити імітаційні моделі обслуговування запитів на передачу потоків реального часу у телекомунікаційній мережі.
4. Розробити математичну модель оцінки якості обслуговування запитів на передачу потоків реального часу.
5. Розвинути моделі нейронечіткого прогнозування параметрів трафіку.
6. Удосконалити метод буферизації запитів на передачу потоків реального часу.

*Об’єкт досліджень* – процес обслуговування запитів на передачу потоків реального часу у телекомунікаційній мережі.

*Предмет досліджень* – методи і моделі обслуговування запитів на передачу потоків реального часу у телекомунікаційній мережі.

*Методи досліджень.* Під час вирішення частинних задач дисертації використовувались теорія систем масового обслуговування, математичний апарат нечіткої логіки і ймовірно-часових графів. Так, при розробці математичних моделей обслуговування потоків реального часу, а також оцінки якості обслуговування запитів на передачу потоків реального часу використовувались елементи теорії ймовірностей і систем масового обслуговування. При вдосконаленні математичних моделей нейронечіткого прогнозування і вдосконаленні методу буферизації використовувались елементи теорії нечітких множин і нечіткої логіки.

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

1. **Удосконалена** математична модель обслуговування запитів, які надходять в телекомунікаційний канал, за рахунок можливості одночасної передачі по каналу множини потоків реального часу, що дозволяє визначити коефіцієнт використання каналу при заданих параметрах запитів на передачу потоків реального часу.

2. **Уперше розроблено** математичну модель оцінки якості обслуговування, яка, на відміну від відомих, за рахунок врахування ймовірності обслуговування запитів дозволяє оцінити якість обслуговування запитів на резервування каналних ресурсів.

3. **Отримали подальший розвиток** моделі нейронечіткого прогнозування параметрів трафіку телекомунікаційної мережі шляхом урахування залежності середньої інтенсивності надходження запитів на передачу потоків реального часу по телекомунікаційному каналу і середньої тривалості передачі цих потоків, що дозволяє спрогнозувати параметри трафіку мережі.

4. **Удосконалено** метод буферизації запитів на передачу потоків реального часу за рахунок врахування ймовірності обслуговування запитів на передачу потоків реального часу, що підвищує якість обслуговування запитів на передачу потоків реального часу.

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

1. Результати розрахунків показали, що застосування вдосконаленого методу буферизації покращує показники якості обслуговування запитів на передачу потоків реального часу, зокрема коефіцієнт використання телекомунікаційного каналу підвищується на 5-15% в залежності від параметрів буферизації запитів на передачу потоків реального часу.

2. Порівняльна оцінка показала, що ймовірність обслуговування запиту зростає в середньому на 3,9 % – 12,8 % в залежності від параметрів запитів на передачу потоків реального часу.

3. Отримані результати використані в науково-дослідних роботах, які проводяться в рамках «Концепції розвитку зв'язку в Україні», та використані в навчальному процесі та науково-дослідних роботах Полтавського національного технічного університету ім. Юрія Кондратюка.

4. У середовищі MATLAB + Simulink розроблені імітаційні моделі, які дозволяють отримати кількісні показники, які характеризують залежність коефіцієнту використання каналів мережі від параметрів буферизації.

5. Удосконалена математична модель обслуговування запитів для оцінки коефіцієнту використання телекомунікаційного каналу, розроблена математична модель для оцінки якості обслуговування запитів на передачу потоків реального часу, вдосконалений метод буферизації запитів на передачу потоків реального часу, а також розвинуті моделі нейронечіткого прогнозування параметрів трафіку реального часу є науково-практичною основою для створення телекомунікаційної системи, яка забезпечує якісну передачу потоків реального часу.

**Результати наукових досліджень впроваджено** на підприємстві “Malkos” (ПП «Єгура») при виконанні завдань, пов’язаних з проектуванням і розробкою програмної системи для передачі і управління мультимедійними потоками (акт реалізації від 25.04.2014) та в навчальному процесі Полтавського національного технічного університету ім. Юрія Кондратюка (акт реалізації від 23.05.2014).

**Особистий вклад автора** полягає в розробці та удосконаленні моделей і методів підвищення якості обслуговування запитів на передачу потоків реального часу. Отримані наукові результати забезпечують вирішення поставлених у дисертації частинних задач досліджень. Усі основні наукові та практичні результати дисертації отримані особисто автором. Робота [6] опублікована без співавторів. У роботах, опублікованих у співавторстві здобувачеві належать: методика моделювання інтенсивності трафіку реального часу у телекомунікаційній мережі [1], порівняльний аналіз існуючих методів і технологій обслуговування запитів на передачу потоків реального часу [2], імітаційні моделі обслуговування запитів на передачу потоків реального часу у телекомунікаційній мережі [3], математична модель оцінки використання телекомунікаційного каналу під час передачі потоків реального часу [4], аналіз технологій обслуговування запитів на передачу потоків реального часу [5], математична модель оцінки якості обслуговування запитів на передачу потоків реального часу [6], модель нейронечіткого прогнозування середньої інтенсивності надходження запитів на передачу потоків реального часу по каналу телекомунікаційної мережі [7], метод буферизації запитів на передачу потоків реального часу в телекомунікаційній мережі [8], математична модель обслуговування запитів на резервування пропускної здатності каналів телекомунікаційної мережі [9].

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати наукових досліджень дисертації доповідалися, обговорювалися та були схвалені на міжнародних науково-технічних конференціях: V , VI Міжнародна конференція “ Гарантоздатні (надійні та безпечні) системи, сервіси та технології DESSERT-2010, DESSERT-2012” (м. Кіровоград, Україна, 2010р., м. Севастополь, Україна, 2012 р. відповідно); “64-а наукова конференція професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету ” (м. Полтава, Україна, 2012 р.); V Всеукраїнський науково-практичний форум установ Національної академії наук України та ВНЗ України “ Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки ” (м. Полтава, Україна, 2012 р.); Всеукраїнская научно-техническая конференция “Современные информационные технологии, средства автоматизации и электропривод” (м. Краматорськ, Україна, 2012 р.); “65-а наукова конференція професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету ” (м. Полтава, Україна, 2012 р.); Third International Workshop “Critical Infrastructure Safety and Security” CrISS-DeSSerT 2013, (м. Севастополь, Україна, 2013 р.); XII Міжнародна науково-технічна конференція “ Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та комп’ютерної інженерії TCSET-2014” (м. Славське, Україна, 2014 р.);

**Публікації.** Основні результати дисертації опубліковано в 13 друкованих роботах, зокрема 7 статей у наукових журналах [ 1-6, 9], 2 статті у збірниках наукових праць [7,8], а також 4 тези доповідей у збірниках науково-технічних конференцій [10-13].

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків по дисертації, списку використаної літератури та одного додатку. Повний обсяг дисертації складає 145 сторінок, у тому числі: 130 сторінок основного тексту, бібліографія зі 110 найменувань на 12 сторінках, 1 додаток на 3 сторінках. Дисертація написана російською мовою.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**Вступ** дисертаційної роботи містить: обґрунтування актуальності теми дослідження; інформацію про зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами; мету роботи та частинні задачі досліджень; формулювання об'єкту, предмету і методів дослідження; характеристику наукової новизни та практичного значення отриманих результатів досліджень, а також особистого внеску здобувача; представлено дані щодо реалізації, апробації та публікації наукових і практичних результатів дисертації.

**У першому розділі** проведено аналіз відомих методів обслуговування запитів на передачу потоків реального часу у сучасних телекомунікаційних мережах. Розглянуто три основні архітектури якості обслуговування – доставки за вимогою (Best Effort), інтегрованого обслуговування (Integrated Services) і диференційованого обслуговування (Differentiated Services). Проведений аналіз показав, що у випадку, коли необхідні для передачі мережні ресурси недоступні, то користувач отримує відмову. Провідними вченими і інженерами доведено, що якісна передача трафіку реального часу можлива тільки у випадку попереднього резервування ресурсів, однак існуючі механізми резервування мають суттєві недоліки і не забезпечують необхідної якості обслуговування – QoS (Quality of Service) – під час передачі потоків реального часу у телекомунікаційній мережі.

На основі отриманих результатів досліджень можна зробити висновок, що відомі методи обслуговування запитів на передачу потоків реального часу (ППРЧ) припускають відмову користувачеві у випадку відсутності доступної пропускної здатності. При випадковому зростанні інтенсивності надходження запитів на ППРЧ у мережі спостерігається тимчасовий дефіцит каналних ресурсів. При зниженні вказаної інтенсивності зменшується мережне навантаження, канали мережі працюють у недовантаженому режимі і наявні паузи у їх використанні. Таким чином, канали сучасних телекомунікаційних мереж навантажуються нерівномірно у часі, у результаті чого використовуються неефективно. Ця обставина і визначила мету роботи, формулювання загальної науково-технічної задачі дисертації, на основі якої були визначені частинні задачі досліджень, а також тему та зміст даної дисертаційної роботи.



У якості показника для кількісної оцінки якості обслуговування будемо використовувати ймовірність обслуговування запиту на резервування каналних ресурсів. У розділі також представлено формулювання науково-технічної задачі дисертації.

**У другому розділі** вдосконалено математичну модель обслуговування запитів для оцінки коефіцієнту використання каналів мережі, а також розроблено математичну модель оцінки якості обслуговування запитів на передачу потоків реального часу. Для кількісної оцінки використання каналів телекомунікаційної мережі застосовується коефіцієнт використання (утилізації). Аналіз відомих підходів до його обчислення свідчить про те, що існуючі методи не дозволяють точно обчислити наскільки раціонально використовується пропускна здатність каналів мережі під час передачі потоків реального часу. Таким чином, необхідно вдосконалити аналітичну модель кількісної оцінки використання каналів при ППРЧ.

Для кількісної оцінки використання каналу мережі введемо величину  $U$  – показник використання каналу, чисельно рівний відношенню величини  $I$  – кількості інформації, переданої по каналу протягом заданого проміжку часу  $\Delta t$  до величини  $I_{\max}$  – максимальної кількості інформації, яку здатен передати канал за цей же проміжок часу:

$$U = \frac{I}{I_{\max}}.$$

Формули для обчислення показника використання каналу при ППРЧ із використанням буферизації і без, отримані за допомогою елементів теорії телетрафіку:

$$U = \frac{\rho r}{C_{\max}} \left( 1 - \frac{\frac{\rho^n}{n!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!}} \right), \quad U = \frac{\rho r}{C_{\max}} \left( 1 - \frac{\frac{\rho^n \left(\frac{\rho}{n}\right)^m}{n!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^n}{n!} \sum_{s=1}^m \left(\frac{\rho}{n}\right)^s} \right), \text{ де}$$

$\lambda$  – інтенсивність надходження запитів на ППРЧ (потік запитів на ППРЧ є найпростішим);  $\tau$  – середня тривалість ППРЧ, розподілена по експоненціальному закону;  $\rho$  – величина навантаження, яке надходить, рівне добутку  $\lambda\tau$ ;  $r$  – середня швидкість передачі одного потоку РЧ;  $C_{\max}$  – пропускна здатність каналу, по якому передаються потоки РЧ;  $m$  – число, яке обмежує кількість запитів на ППРЧ, які знаходяться у каналній черзі.

Для підтвердження адекватності отриманої моделі у програмному середовищі MATLAB + Simulink розроблені імітаційні моделі, які дозволяють отримати кількісні показники, які характеризують залежність використання каналу від параметрів буферизації запитів на ППРЧ. З розробленими моделями була проведена серія імітаційних експериментів, у ході яких обчислювався показник використання каналу із застосуванням у мережі буферизації і без. У ході досліджень використовувались моделі із

$m = 0, 2, 4, 6$ . Аналіз результатів експериментів показує, що застосування буферизації запитів на ППРЧ дозволяє суттєво підвищити використання каналів мережі. При цьому величина виграшу може досягати 15%. Вказана буферизація найбільш ефективна, якщо значення завантаження каналу наближається до одиниці. Адекватність побудованих моделей доведена: контролем результатів обчислень, які здійснювалися під час імітації досліджуваного процесу; перевіркою коректності моделювання у характерних для досліджуваного процесу ситуаціях; порівнянням результатів, отриманих у ході імітаційного та аналітичного моделювання.

Застосування буферизації доцільно здійснювати у каналах, на яких спостерігаються систематичні перевантаження. У якості показника якості обслуговування пропонується використовувати ймовірність обслуговування запиту на резервування пропускної здатності каналу, необхідної для передачі потоку реального часу:

$$\Omega = 1 - \frac{\lambda_{\xi}}{\lambda} \quad (1)$$

де  $\lambda_{\xi}$  – інтенсивність невдалих спроб здійснити резервування пропускної здатності каналу для ППРЧ;  $\lambda$  – інтенсивність запитів на резервування пропускної здатності каналу для ППРЧ.

Невдалі спроби здійснити резервування каналних ресурсів, можливість яких враховує показник  $\Omega$ , можна поділити на два типи. Невдала спроба 1-го типу (Q-спроба) відбувається у тому випадку, якщо в момент надходження запиту на резервування каналних ресурсів довжина черги запитів, які чекають звільнення необхідної пропускної здатності, дорівнює граничному значенню  $m$ . Невдала спроба 2-го типу (E-спроба) обумовлена тим, що користувач відмовляється від ППРЧ через неприйнятно довгий час очікування обслуговування свого запиту. Дослідження показали, що одна невдала спроба 2-го типу оцінюється користувачами як кілька невдалих спроб 1-го типу. У цьому розумінні можна стверджувати, що вага E-спроби у  $\gamma$  разів більше ваги Q-спроби. Відповідно, визначення інтенсивності  $\lambda_{\xi}$  варто здійснювати із врахуванням ваги тієї чи іншої спроби. Таким чином, необхідно отримати залежність величини  $\Omega$  від параметру  $m$  в аналітичному вигляді. Ймовірно-часовий граф (ЙЧГ), який моделює обслуговування запитів на резервування пропускної здатності каналу при  $\gamma = 2$ , представлений на рис. 1. Вершини цього графу моделюють наступні стани:

«Start» – початковий стан; «R» – надійшов запит на резервування пропускної здатності каналу; «S» – запит, який надійшов, буде обслужений; «E» – сталася E-спроба; «Q1» – сталася перша Q-спроба; «R1» – надійшов запит після здійснення першої Q-спроби; «Q2» – сталася друга Q-спроба; «Fin» – кінцевий стан.

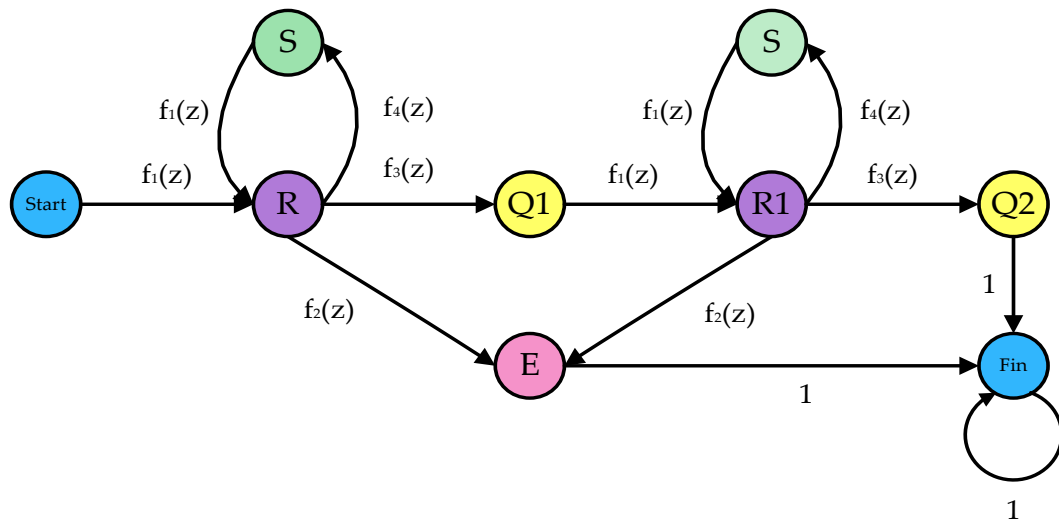


Рис.1. Ймовірно-часовий граф, який моделює обслуговування запитів при  $\gamma = 2$ .

Переходи між вказаними станами моделюються ребрами графу. Тому або іншому ребру відповідає одна із наступних функцій:

$$f_1(z) = z^{\frac{1}{\lambda}}, \quad (2)$$

$$f_2(z) = P_E z^{\theta}, \quad (3)$$

$$f_3(z) = P_Q, \quad (4)$$

$$f_4(z) = (1 - P_E - P_Q) z^{\frac{1}{\lambda}}, \quad (5)$$

де  $P_E$  – ймовірність E-спроби;  $P_Q$  – ймовірність Q-спроби.

Вираз для визначення величини  $P_E$  можна отримати на основі формули імовірності того, що запит залишиться не обслуженим у системі із очікуванням:

$$P_E = \frac{\beta}{\alpha} \cdot \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \sum_{s=1}^m \frac{s \alpha^s}{\prod_{l=1}^s (n + l\beta)}}{\sum_{k=1}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{s=1}^m \frac{\alpha^s}{\prod_{l=1}^s (n + l\beta)}}, \quad (6)$$

Вираз для визначення величини  $P_Q$  можна отримати на основі формули імовірності того, що запит залишиться не обслуженим у системі із обмеженням по довжині черги:

$$P_Q = \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{\alpha^m}{\prod_{l=1}^m (n+l\beta)}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{s=1}^m \frac{\alpha^s}{\prod_{l=1}^s (n+l\beta)}}, \quad (7)$$

За допомогою еквівалентних перетворень ЙЧГ, представлений на рис.1, зводиться до найпростішого вигляду (рис. 2):

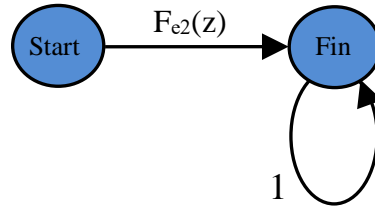


Рис. 2. Ймовірно-часовий граф після еквівалентних перетворень.

Похідна функція графу  $F_{e2}(z)$  може бути знайдена за формулою:

$$F_{e2}(z) = f_1(z)F_2(z) \quad (8)$$

де

$$F_2(z) = \frac{f_2(z) + f_3(z)f_1(z)F_1(z)}{1 - f_1(z)f_4(z)}, \quad (9)$$

де

$$F_1(z) = \frac{f_2(z) + f_3(z)}{1 - f_1(z)f_4(z)} \quad (10)$$

Для випадку  $\gamma > 2$  похідна функція може бути знайдена за формулою:

$$F_{e\gamma}(z) = f_1(z) \frac{f_2(z) + f_3(z)f_1(z)F_{(\gamma-1)}(z)}{1 - f_1(z)f_4(z)}, \quad (11)$$

$$F_{(\gamma-1)}(z) = \frac{f_2(z) + f_3(z)f_1(z)F_{(\gamma-2)}(z)}{1 - f_1(z)f_4(z)}. \quad (12)$$

Середній час, упродовж якого будуть здійснені  $\gamma$  невдалих спроб 1-го типу або одна невдала спроба 2-го типу, можна обчислити за допомогою виразу:

$$T_\gamma = \left. \frac{dF_{e\gamma}(z)}{dz} \right|_{z=1}. \quad (13)$$

Інтенсивність невдалих спроб здійснити резервування пропускної здатності каналу для ППРЧ є величиною оберненою  $T_\gamma$ :

$$\lambda_\xi = \frac{1}{T_\gamma}. \quad (14)$$

Визначивши величину  $\lambda_\xi$ , за формулою (1) можна обчислити шукану ймовірність обслуговування запиту на резервування пропускної здатності

каналу, необхідної для ППРЧ. Розроблена математична модель може бути застосована для вибору граничної довжини черги запитів на резервування пропускної здатності для ППРЧ. Для визначених вихідних даних були проведені розрахунки  $\Omega$  і отримані залежності, представлені на рис.3 і 4.

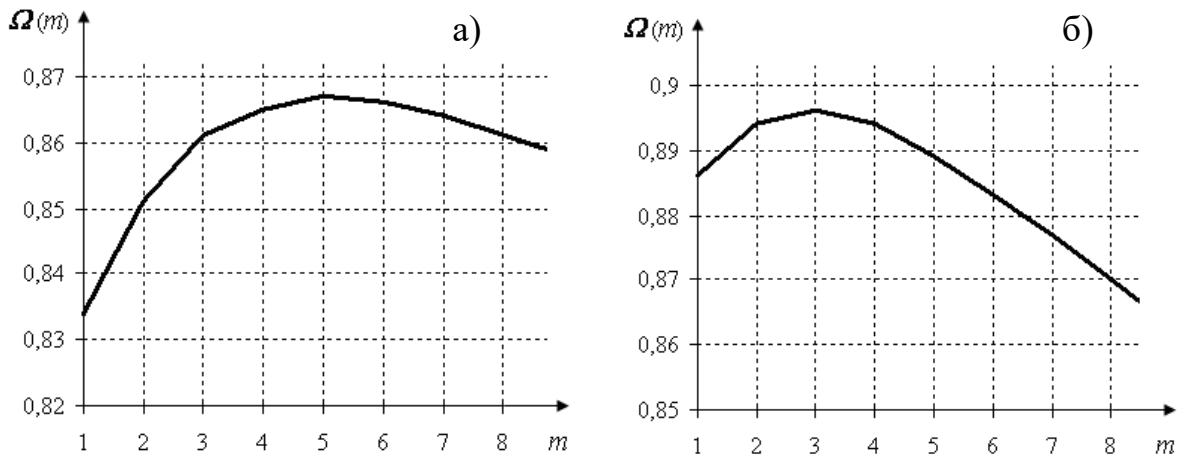


Рис. 3. Графік залежності значення  $\Omega(m)$  а) при  $\gamma = 2$ ; б) при  $\gamma = 3$ .

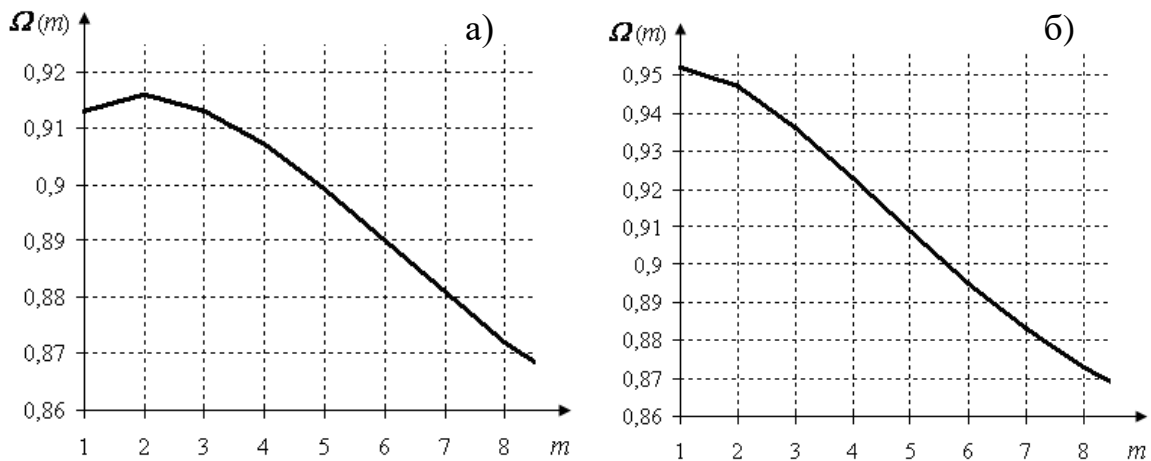


Рис. 4. Графік залежності значення  $\Omega(m)$  а) при  $\gamma = 4$ ; б) при  $\gamma = 8$ .

Аналіз представлених залежностей показує, що для заданих параметрів процесу, який моделюється, можна вибрати таке значення  $m$ , при якому резервування ресурсів, необхідних для ППРЧ буде найбільш ефективним. Ці дані представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Дані рекомендованих значень  $m$  при заданих  $\gamma$

Задане значення $\gamma$	Рекомендоване значення $m$
$\gamma = 2$	$m = 7$
$\gamma = 3$	$m = 3$
$\gamma = 4$	$m = 2$
$\gamma = 8$	$m = 1$

Також були розраховані значення  $\Omega$  при різних значеннях інтенсивності надходження запитів на резервування каналних ресурсів, оскільки величина

$\lambda_{\Sigma}$  є найбільш мінливою протягом доби. Зокрема для  $\lambda = 50$  1/год,  $\lambda = 75$  1/год,  $\lambda = 100$  1/год, при  $\gamma = 2$  знайдені рекомендовані показники  $m$ , представлені у таблиці 2.

Таблиця 2

Дані рекомендованих значень  $m$  при заданих  $\lambda_{\Sigma}$

Задане значення $\gamma$ , 1/час	Рекомендоване значення $m$
$\lambda_{\Sigma} = 50$	$m = 5$
$\lambda_{\Sigma} = 75$	$m = 9$
$\lambda_{\Sigma} = 100$	$m = 15$

Розрахунки показали, що вибір раціональних значень  $m$ , який здійснюється на основі застосування запропонованої математичної моделі, дозволить збільшити на 3,9 % – 12,8 % ймовірність обслуговування запиту на резервування пропускної здатності каналу, необхідної для ППРЧ.

У третьому розділі розвинуті моделі нейронечіткого прогнозування параметрів трафіку телекомунікаційної мережі. Для раціонального управління розміром ємкості буферизованих запитів необхідно мати дані про те, які значення буде приймати величина інтенсивності надходження запитів на ППРЧ по каналу телекомунікаційної мережі, а також їх тривалості. Для прогнозування інтенсивності надходження цих запитів упродовж визначеного інтервалу часу  $\tau_i$  (вихідної величини  $\tilde{\lambda}_i$ ) пропонується використовувати нечітку нейронну мережу, на вхід якої подаються виміряні протягом чотирьох попередніх тактів значення інтенсивності надходження запитів на передачу (вхідних величин  $\lambda_{i-4}$ ,  $\lambda_{i-3}$ ,  $\lambda_{i-2}$  і  $\lambda_{i-1}$ ).

Вказаний процес прогнозування включає в себе виконання наступних процедур: 1) протягом кожного поточного такту вимірюється завантаження телекомунікаційної мережі; 2) на вхід нечіткої нейронної мережі подаються значення величин  $\lambda_{i-4}$ ,  $\lambda_{i-3}$ ,  $\lambda_{i-2}$  і  $\lambda_{i-1}$ ; 3) на основі виконання нейронечіткого виводу обчислюється значення величини  $\tilde{\lambda}_i$ , яка прогнозується.

Нечітка нейронна мережа повинна бути максимально простою, але при цьому забезпечувати достатню якість прогнозу. Із врахуванням цих критеріїв вибрані наступні параметри нейронечіткої системи: алгоритм нечіткого виводу – Сугено 1-го порядку, кількість функцій приналежності для кожної вхідної величини – 2, форма функцій приналежності для кожної вхідної величини – трикутна, алгоритм навчання нейронів – алгоритм зворотного розповсюдження помилки.

Для створення навчальної вибірки був здійснений моніторинг завантаження телекомунікаційної мережі протягом інтервалу часу, який включає 100 тактів по 1 хв. кожен. Тривалість одного такту вибрана із врахуванням часу, необхідного для оцінки надходження інтенсивності запитів на ППРЧ.

На основі вимірних значень сформована навчальна матриця, яка має наступний вигляд:

$$\begin{pmatrix} \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 & \lambda_4 & \lambda_5 \\ \lambda_2 & \lambda_3 & \lambda_4 & \lambda_5 & \lambda_6 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \lambda_{96} & \lambda_{97} & \lambda_{98} & \lambda_{99} & \lambda_{100} \end{pmatrix}. \quad (15)$$

Для налаштування ваги нейронів виконано 8 циклів навчання нечіткої нейронної мережі. У результаті отримані вирази для функцій приналежності вхідних величин:

$$\mu_1(\lambda_{i-k}) = \begin{cases} 1, & \lambda_{i-k} < 0; \\ \frac{24,77 - \lambda_{i-k}}{24,77}, & 0 \leq \lambda_{i-k} < 24,77; \\ 0, & \lambda_{i-k} \geq 24,77; \end{cases} \quad \mu_2(\lambda_{i-k}) = \begin{cases} 0, & \lambda_{i-k} < 0; \\ \frac{\lambda_{i-4}}{24,77}, & 0 \leq \lambda_{i-k} < 24,77; \\ 1, & \lambda_{i-k} \geq 24,77; \end{cases}$$

де  $k=1, 2, 3, 4$ .

Крім того, налаштування нечіткої нейронної мережі дозволило отримати значення коефіцієнтів виводів нечітких правил для кожного правила  $(a_r, b_r, c_r, d_r)$ . Функціонування отриманої нейронечіткої системи засновано на використанні бази нечітких правил:

$$\text{Если } (\lambda_{i-4} = \alpha^1) \text{ и } (\lambda_{i-3} = \beta^1) \text{ и } (\lambda_{i-2} = \gamma^1) \text{ и } (\lambda_{i-1} = \delta^1), \text{ то } (\tilde{\lambda}_i = Y_1), \quad (16)$$

$$\text{Если } (\lambda_{i-4} = \alpha^1) \text{ и } (\lambda_{i-3} = \beta^1) \text{ и } (\lambda_{i-2} = \gamma^1) \text{ и } (\lambda_{i-1} = \delta^2), \text{ то } (\tilde{\lambda}_i = Y_2), \quad (17)$$

$$\dots \dots \dots \text{Если } (\lambda_{i-4} = \alpha^2) \text{ и } (\lambda_{i-3} = \beta^2) \text{ и } (\lambda_{i-2} = \gamma^2) \text{ и } (\lambda_{i-1} = \delta^2), \text{ то } (\tilde{\lambda}_i = Y_{16}) \quad (18)$$

де  $\alpha^1$  – терм номер 1 вхідної величини;  $\lambda_{i-4}$ ;  $\alpha^2$  – терм номер 2 вхідної величини  $\lambda_{i-4}$ ;  $\beta^1$  – терм номер 1 вхідної величини  $\lambda_{i-3}$ ;  $\beta^2$  – терм номер 2 вхідної величини  $\lambda_{i-3}$ ;  $\gamma^1$  – терм номер 1 вхідної величини  $\lambda_{i-2}$ ;  $\gamma^2$  – терм номер 2 вхідної величини  $\lambda_{i-2}$ ;  $\delta^1$  – терм номер 1 вхідної величини  $\lambda_{i-1}$ ;  $\delta^2$  – терм номер 2 вхідної величини  $\lambda_{i-1}$ ;  $Y_r$  – індивідуальний вивід нечіткого правила номер  $r, r = 1, 2, \dots, 16$ .

$$Y_r = a_r \lambda_{i-4} + b_r \lambda_{i-3} + c_r \lambda_{i-2} + d_r \lambda_{i-1} + e_r \quad (19)$$

Нейронечітка система складається із п'яти шарів. Перший шар виконує процедуру фазифікації, яка полягає у тому, що для конкретних значень вхідних величин  $\lambda_{i-4}^*$ ,  $\lambda_{i-3}^*$ ,  $\lambda_{i-2}^*$  і  $\lambda_{i-1}^*$  обчислюються значення  $\mu_1(\lambda_{i-k}^*)$  і  $\mu_2(\lambda_{i-k}^*)$ . Другим шаром нейронечіткої системи здійснюється процедура агрегування, у процесі якої визначаються ступені істинності умов кожного правила при конкретних значеннях вхідних величин:

$$G_1 = \mu_1(\lambda_{i-4}^*) \wedge \mu_1(\lambda_{i-3}^*) \wedge \mu_1(\lambda_{i-2}^*) \wedge \mu_1(\lambda_{i-1}^*), \quad (20)$$

$$G_2 = \mu_1(\lambda_{i-4}^*) \wedge \mu_1(\lambda_{i-3}^*) \wedge \mu_1(\lambda_{i-2}^*) \wedge \mu_2(\lambda_{i-1}^*), \quad (21)$$

.....

$$G_{16} = \mu_2(\lambda_{i-4}^*) \wedge \mu_2(\lambda_{i-3}^*) \wedge \mu_2(\lambda_{i-2}^*) \wedge \mu_2(\lambda_{i-1}^*), \quad (22)$$

За допомогою третього шару нейронів виконується нормалізація результатів агрегування:

$$\bar{G}_r = \frac{G_r}{\sum_{r=1}^{16} G_r}, \quad (23)$$

Четвертий шар здійснює активізацію по формулі (19) і обчислює добуток результатів нормалізації і активізації:

$$y_r = \bar{G}_r \cdot Y_r. \quad (24)$$

Процедура дефазифікації (обчислення чіткого значення вхідної величини) виконується п'ятим шаром нейронів. При цьому складаються результати функціонування четвертого шару системи:

$$\tilde{\lambda}_i^* = \sum_{r=1}^{16} y_r. \quad (25)$$

Аналогічним чином отримана модель нейронечіткого прогнозування середньої тривалості ППРЧ по телекомунікаційному каналу. Із вдосконаленими моделями був проведений ряд імітаційних експериментів. Зокрема, була порівняна інтенсивність надходження запитів на ППРЧ у реальній телекомунікаційній мережі із інтенсивністю надходження запитів, прогнозованих за допомогою синтезованої нейронечіткої мережі.

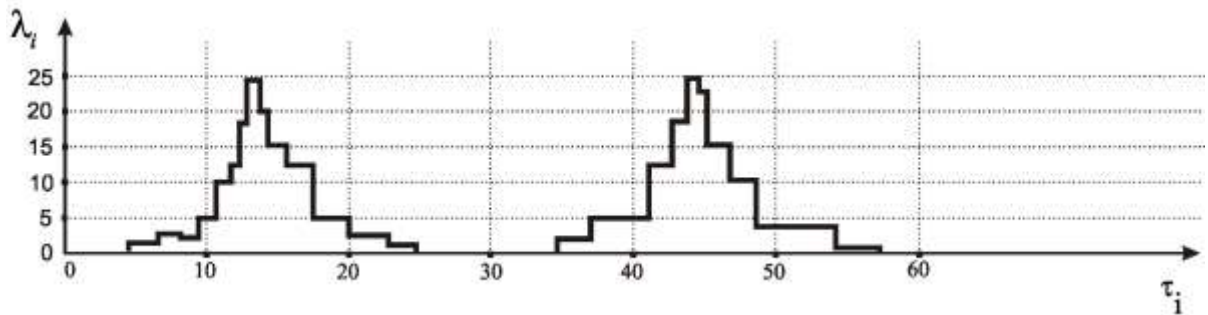


Рис.5. Реальна інтенсивність надходження запитів на ППРЧ

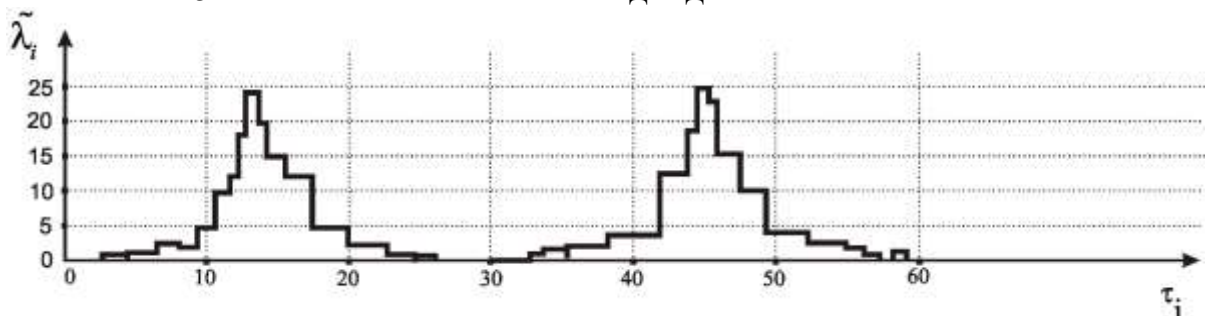


Рис.6. Прогнозована інтенсивність надходження запитів на ППРЧ



Для підтвердження адекватності побудованих моделей у редакторі *anfisedit* системи MATLAB також були побудовані нейронечіткі мережі для прогнозування інтенсивності надходження запитів на ППРЧ, а також середньої тривалості передачі потоку реального часу.

Аналіз результатів імітаційних експериментів показує, що використання нейронечіткої системи дозволяє отримати точність прогнозу порядку  $10^{-3}$ , що вказує на адекватність отриманих моделей.

**У четвертому розділі** вдосконалений метод буферизації запитів на передачу потоків реального часу. На основі застосування теорії ймовірнісно-часових графів отримано аналітичний вираз, який відображає залежність показника QoS запитів на ППРЧ від різноманітних параметрів:

$$\Omega = f(\lambda, \tau, \theta, C, L, \xi_1, \xi_2, m), \quad (26)$$

де  $\lambda$  – прогнозована інтенсивність надходження запитів на ППРЧ;  $\tau$  – прогнозована середня тривалість передачі одного потоку РЧ;  $\theta$  – допустимий час очікування користувачем обслуговування свого запиту на ППРЧ;  $C$  – пропускна здатність телекомунікаційного каналу;  $L$  – пропускна здатність необхідна для якісної передачі одного потоку РЧ;  $m$  – гранична довжина черги запитів на ППРЧ. Аналіз розробленої математичної моделі показує, що при заданих параметрах процесу, який моделюється, можна вибрати таке значення  $m$ , при якому резервування ресурсів, необхідних для ППРЧ, буде найбільш ефективним.

Для прогнозування цих параметрів – величин інтенсивності і тривалості передачі потоків РЧ використовуються нейронечіткі мережі, на вхід яких подаються виміряні упродовж чотирьох попередніх тактів значення інтенсивності надходження запитів на ППРЧ (вхідних величин  $\lambda_{i-4}$ ,  $\lambda_{i-3}$ ,  $\lambda_{i-2}$  і  $\lambda_{i-1}$ ) та їх тривалості ( $\tau_{i-4}$ ,  $\tau_{i-3}$ ,  $\tau_{i-2}$  і  $\tau_{i-1}$ ). Функціонування отриманих нейронечітких мереж засновано на використанні бази нечітких правил.

Застосування цих моделей дозволяє отримати коректні вихідні дані інтенсивності надходження запитів на ППРЧ та тривалості їх передачі для вибору раціонального значення граничної довжини черги запитів на ППРЧ по каналу телекомунікаційної мережі.

Вдосконалений метод буферизації дозволяє здійснити вибір граничного значення довжини черги запитів на резервування каналних ресурсів для ППРЧ. Даний метод дозволяє визначити, при яких сумарних значеннях інтенсивності надходження запитів на ППРЧ –  $\lambda_{\Sigma}$  ймовірність відмови у обслуговуванні цього запиту буде мінімальною. Також враховується вага невдалих спроб здійснити резервування.

Основні етапи вибору величини  $m^*$  (ємності буферної пам'яті для передачі потоків реального часу) представлені на рис. 7.

На першому етапі вводяться вихідні дані:  $\Omega_{\max}$  – максимальне значення показника QoS,  $\theta$  – допустимий час очікування користувачем обслуговування свого запиту,  $C$  – пропускна здатність каналу телекомунікаційної мережі,  $L$  – пропускна здатність необхідна для якісної

передачі потоку РЧ,  $\xi_1$ ,  $\xi_2$  – ваги невдалих спроб здійснити ППРЧ 1-го і 2-го типів відповідно.

1	Уведення вихідних даних: $\Omega_{\min}, \theta, C, L, \xi_1, \xi_2$
2	Прогнозування даних $\lambda$ і $\tau$
3	Визначення довжини черги $m$
4	Обчислення показника якості $\Omega = f(\lambda, \tau, \theta, C, L, \xi_1, \xi_2, m)$
5	Порівняння показників якості обслуговування запитів на передачу потоків реального часу $\Omega < \Omega_{\max}$
6	Визначення максимального значення показника якості $\Omega$ , $\Omega_{\max} = \Omega$ , і раціонального значення $m = m^*$
7	У разі необхідності подальшого визначення $\Omega_{\max}$ повторення кроків 3-6

Рис. 7. Метод буферизації запитів на ППРЧ

Після уведення вихідних даних здійснюється нейронечітке прогнозування величин  $\lambda$  і  $\tau$ . Потім для кожного значення  $m$  ( $m=1, 2, \dots, M$ ) із використанням розробленої математичної моделі (формули 1-14) обчислюється величина  $\Omega$ . Після цього здійснюється пошук максимального значення  $\Omega$ . Шуканим значенням  $m^*$  буде таке  $m$ , при якому величина  $\Omega$  є максимальною.

Таким чином, використовуючи математичну модель і нейронечіткі моделі для прогнозування параметрів трафіку, можна визначити раціональне значення ємкості буферної пам'яті запитів на передачу потоків реального часу, при якому буде максимізована ймовірність обслуговування запиту на резервування пропускної здатності каналу, необхідної для передачі потоку реального часу.

## ВИСНОВКИ

У дисертації вирішено нову важливу і актуальну науково-технічну задачу по розробці і вдосконаленню моделей і методів підвищення якості обслуговування запитів на передачу потоків реального часу. Проведені у дисертації дослідження, результати вирішення частинних наукових задач, а також результати розрахунків, дали змогу отримати наступні наукові та практичні результати.

1. Результати проведених досліджень у області якості обслуговування дають можливість зробити висновок, що існуючі на сьогоднішній день методи обслуговування запитів на ППРЧ не припускають засобів обробки запитів на ППРЧ. Запити, які надійшли в момент, коли необхідна пропускна здатність недоступна, отримують відмову у обслуговуванні. При випадковому зростанні інтенсивності запитів на ППРЧ у мережі спостерігається тимчасовий дефіцит каналних ресурсів. При зниженні вказаної інтенсивності зменшується мережне навантаження, і спостерігаються паузи у використанні каналів, у результаті чого вони використовуються неефективно.

2. Для оцінки використання каналу телекомунікаційної мережі під час ППРЧ була вдосконалена математична модель, у якій врахована можливість одночасної передачі по телекомунікаційному каналу множини потоків РЧ. Результати імітаційних експериментів показали, що застосування буферизації запитів на ППРЧ, які надходять від користувачів, дозволяє підвищити коефіцієнт використання каналу на 5-15%.

3. Для того, щоб оцінити якість обслуговування запитів на резервування каналних ресурсів, необхідних для передачі потоків реального часу, була розроблена математична модель, яка відображає залежність імовірності обслуговування запитів на резервування каналних ресурсів від параметрів цих запитів і телекомунікаційного каналу. Застосування моделі дозволяє здійснити вибір граничної довжини черги запитів на резервування каналної пропускної здатності для ППРЧ. Розрахунки показали, що вибір раціональних значень  $m$ , який здійснюється на основі застосування розробленої математичної моделі, дозволяє збільшити на 3,9 % – 12,8 % ймовірність обслуговування запиту на резервування пропускної здатності каналу, необхідної для передачі потоку РЧ.

4. Для прогнозування даних, необхідних для вибору оптимальної довжини черги запитів на резервування каналних ресурсів, були розвинуті моделі нейронечіткого прогнозування інтенсивності надходження запитів на ППРЧ, а також тривалості їх передачі. Отримані моделі відображають залежність середньої інтенсивності надходження запитів на ППРЧ (і середньої тривалості передачі потоків РЧ) по телекомунікаційному каналу, які очікуються протягом поточного інтервалу часу, від значень вказаних параметрів, зафіксованих у ряді попередніх інтервалів часу. Результати імітаційного моделювання показали, що застосування синтезованих нейронних мереж дозволяє отримати якість прогнозу із точністю до  $10^{-3}$ .

5. Обґрунтованість отриманих результатів засновується на коректному застосуванні основних положень теорії масового обслуговування, ймовірно-часових графів та математичного апарату нечіткої логіки.

6. Достовірність отриманих результатів підтверджується: заданими реальними вихідними даними, використанням апробованого математичного апарату, несуперечливістю отриманих даних відомим положенням теорії масового обслуговування, збіжністю теоретичних результатів з експериментальними даними, отриманими шляхом математичного

моделювання процесу обслуговування запитів на резервування каналних ресурсів та прогнозування параметрів надходження цих запитів.

7. Вдосконалений метод буферизації дозволяє здійснити вибір граничного значення довжини черги запитів на резервування каналних ресурсів для ППРЧ і визначити, при яких сумарних значеннях інтенсивності надходження запитів на ППРЧ –  $\lambda_{\Sigma}$  ймовірність відмови у обслуговуванні цього запиту буде мінімальною. Вдосконалений метод буферизації запитів на ППРЧ у телекомунікаційній мережі рекомендований до практичного використання при експлуатації, проектуванні і створенні існуючих і перспективних телекомунікаційних систем і мереж. Результати розрахунків і порівняльна оцінка якості обслуговування запитів на резервування каналних ресурсів, проведені у дисертаційній роботі, показали, що з подальшим зростанням пропускної здатності телекомунікаційних мереж, що характерно для сучасної тенденції розвитку сучасних мультисервісних мереж і систем, ефективність застосування методу буферизації запитів на передачу потоків даних зростатиме.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Lyubchenko Y.N. Technique of modeling the intensity of the real time traffic in a telecommunication network channel with switching packages [Текст] / Polschykov K.A., Rvachova N.V., Lyubchenko Y.N. // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – Харків: 2010р. Випуск 6(47). – С.312-315.

2. Любченко Е.Н. Анализ методов и технологий обслуживания запросов на передачу потоков реального времени в телекоммуникационной сети [Текст] / Польщикова К.А., Одарущенко О.Н., Любченко Е.Н. // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – Харків: 2012 р. Випуск 7(59). – С.68-72.

3. Любченко Е.Н. Модели обслуживания запросов на передачу потоков реального времени в телекоммуникационной сети [Текст] / Польщикова К.А., Одарущенко О.Н., Любченко Е.Н. // *Научный вестник Донбасской государственной машиностроительной академии*. – Краматорськ: 2012 р. Випуск 2(10Е) – С.100-106.

4. Kubrakova K.N. Methods and technologies analysis of the real-time traffic transmission requests servicing [Text] / Polschykov K.A., Odaruschenko O.N., Kubrakova K.N. // *World Applied Programming*. – Dadaab: 2013. Vol. (3), Issue (9). – p. 446-450.

5. Lyubchenko K.N. Analytic model of the real time traffic transmission requests service in a telecommunication network [Текст] / Polschykov K.A., Odaruschenko O.N., Lyubchenko K.N. // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – Харків: 2013р. Випуск 5(64). – С.313-318.

6. Kubrakova K.N. Mathematical model for quality estimation of real time flows requests servicing in a telecommunications network [Text] / Kubrakova K.N. // *Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer*

Science: Proceedings of the International Conference TCSET'2014 – Lviv: 2014. – p.536-538.

7. Кубракова Е.Н. Модель нейронечеткого прогнозирования средней интенсивности поступления запросов на передачу потоков реального времени по каналу телекоммуникационной сети [Текст] / Польщиков К.А., Кубракова Е.Н., Краснобаев В.А. // Системы обработки інформації: зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – Харків: 2014 р. – Випуск 2 (118). – С.193-197.

8. Кубракова Е.Н. Метод буферизации запросов на передачу потоков реального времени по каналу телекоммуникационной сети [Текст] / Польщиков К.А., Кубракова Е.Н. // Системы обработки інформації: зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – Харків: 2014 р. – Випуск 4 (120). – С.184-187.

9. Кубракова Е.Н. Математическая модель обслуживания запросов на резервирование пропускной способности каналов телекоммуникационной сети для передачи потоков реального времени [Текст] / Польщиков К.А., Кубракова Е.Н. // Проблемы телекомунікацій. – Харків: 2014 р. – Випуск 1(13). – С.74-83.

10. Любченко К.М. Аналіз методів і технологій обслуговування запитів на передачу потоків реального часу у телекомунікаційній мережі [Текст] / Польщиков К.О., Любченко К.М., Одарущенко О.М. // 64 наукова конференція професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Тези доповідей. – Полтава. – 2012. – 17 квітня - 11 травня 2012р. – Том 3. – С. 82-83.

11. Любченко К.М. Порівняльний аналіз методів і технологій обслуговування запитів на передачу потоків реального часу у телекомунікаційній мережі [Текст] / Польщиков К.О., Любченко К.М., Одарущенко О.М. // V Всеукраїнський науково-практичний форум установ Національної академії наук України та ВНЗ України «Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки». Тези доповідей. – Полтава. – 12-14 грудня 2012 р., С.161-162.

12. Любченко К.М. Аналитическая модель обслуживания запросов на передачу потоков реального времени в телекоммуникационной сети [Текст] / Польщиков К.О., Любченко К.М. // Всеукраинская научно-техническая конференция "Современные информационные технологии, средства автоматизации и электропривод". Тезисы докладов. – Краматорск. – 10-14 декабря 2012., С.23-25.

13. Любченко К.М. Аналітична модель обслуговування запитів на передачу потоків реального часу у телекомунікаційній мережі [Текст] / Польщиков К.О., Любченко К.М. // 65 наукова конференція професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Тези доповідей. – Полтава. – 2013. – 22 квітня - 15 травня 2013р. – Том 4. – С. 50-51.

## АНОТАЦІЯ

**Кубракова К.М. Метод буферизації запитів на передачу потоків 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, 2014.

В дисертаційній роботі вирішується науково-технічна задача – розробка і вдосконалення моделей і методів підвищення якості обслуговування запитів на передачу потоків реального часу. Мета роботи – підвищення коефіцієнту використання каналів і якості обслуговування користувачів.

У дисертаційній роботі удосконалена математична модель обслуговування запитів, які надходять в телекомунікаційний канал, за рахунок можливості одночасної передачі по каналу множини потоків реального часу, що дозволяє визначити коефіцієнт використання каналу при заданих параметрах запитів на передачу потоків реального часу. Уперше розроблено математичну модель оцінки якості обслуговування, яка, на відміну від відомих, за рахунок врахування ймовірності обслуговування запитів дозволяє оцінити якість обслуговування запитів на резервування каналних ресурсів. Отримали подальший розвиток моделі нейронечіткого прогнозування параметрів трафіку телекомунікаційної мережі шляхом врахування залежності середньої інтенсивності надходження запитів на передачу потоків реального часу по телекомунікаційному каналу і середньої тривалості передачі цих потоків, що дозволяє спрогнозувати параметри трафіку мережі. Удосконалено метод буферизації запитів на передачу потоків реального часу за рахунок врахування ймовірності обслуговування запитів на передачу потоків реального часу, що підвищує якість обслуговування запитів на передачу потоків реального часу.

**Ключові слова:** якість обслуговування, потік реального часу, буферизація запитів, нечітка нейронна мережа, резервування пропускну здатності.

## АННОТАЦИЯ

**Кубракова Е.Н. Метод буферизации запросов на передачу потоков 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, 2014.

Согласно “Концепции развития связи Украины” приоритетным направлением развития является создание современных широкополосных мультисервисных транспортных сетей на базе единых протоколов, совместимых с Интернет-протоколами.

В настоящее время большинство информационных потоков, передаваемых в телекоммуникационных сетях с коммутацией пакетов, образуют мультимедийный трафик. Интенсивность поступления запросов на передачу потоков реального времени изменяется случайным образом, и каналы современных телекоммуникационных сетей нагружаются неравномерно во времени и используются неэффективно. Для того, чтобы сгладить поток запросов на передачу потоков реального времени, которые поступают в сеть, целесообразно в условиях дефицита канальных ресурсов осуществлять буферизацию этих запросов. При этом важным заданием является выбор максимального значения длины очереди запросов на передачу потоков реального времени в телекоммуникационной сети.

Именно нерешенность задачи качественной передачи потоков реального времени по каналу телекоммуникационной сети, определили цель, общую научно-техническую задачу диссертации, частные задачи исследований и содержание данной диссертационной работы.

Научно-техническая задача диссертации – разработка и совершенствование моделей и методов повышения качества обслуживания запросов на передачу потоков реального времени. Целью диссертационной работы является повышение коэффициента использования каналов, и качества обслуживания пользователей при передаче потоков реального времени в телекоммуникационной сети.

В диссертационной работе усовершенствована математическая модель обслуживания запросов, поступающих в телекоммуникационный канал, за счет возможности одновременной передачи по каналу множества потоков реального времени, что позволяет определить коэффициент использования канала при заданных параметрах на передачу потоков реального времени; впервые разработана математическая модель оценки качества обслуживания, которая, в отличие от известных, за счет учета вероятности обслуживания запросов позволяет оценить качество обслуживания запросов на резервирование канальных ресурсов; получили дальнейшее развитие модели нейронечеткого прогнозирования параметров трафика телекоммуникационной сети, путём учета зависимости средней интенсивности поступления запросов на передачу потоков реального времени по телекоммуникационному каналу и средней длительности передачи этих потоков, что позволяет спрогнозировать параметры трафика сети; усовершенствован метод буферизации запросов на передачу потоков реального времени за счет учета вероятности обслуживания запроса на резервирование пропускной способности канала, что повышает качество обслуживания запросов на передачу потоков реального времени.

Практическое значение полученных результатов исследований состоит в следующем. Результаты расчетов и сравнительная оценка показали, что применение усовершенствованного метода буферизации улучшает основные показатели качества обслуживания запросов на передачу потоков реального времени, а именно коэффициент использования телекоммуникационного канала повышается на 5-15% в зависимости от параметров запросов на

передачу потоков реального времени, а вероятность обслуживания запроса возрастает в среднем на 3,9 % – 12,8 %. Кроме того, полученные результаты использованы в научно-исследовательских работах, которые проводятся в рамках «Концепции развития связи в Украине», а также использованы в учебном процессе и научно-исследовательских работах Полтавского национального технического университета им. Юрия Кондратюка.

В среде MATLAB + Simulink разработаны имитационные модели, позволяющие получить количественные показатели, характеризующие зависимость коэффициента использования каналов сети от параметров буферизации. Усовершенствованная математическая модель обслуживания запросов для оценки коэффициента использования телекоммуникационного канала, разработанная математическая модель для оценки качества обслуживания запросов на передачу потоков реального времени, усовершенствованный метод буферизации запросов на передачу потоков реального времени, а также получившие дальнейшее развитие модели нейронечеткого прогнозирования параметров трафика реального времени являются научно-практической основой для создания телекоммуникационной системы, обеспечивающей качественную передачу потоков реального времени.

**Ключевые слова:** качество обслуживания, поток реального времени, буферизация запросов, нечеткая нейронная сеть, резервирование пропускной способности.

## ABSTRACT

**Kubrakova K.N. Requests buffering method of real-time traffic transmission in a telecommunication network. – Manuscript.**

Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences on specialty 05.12.02 – Telecommunication systems and networks. – Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkiv, 2014.

Dissertation is devoted to the development and enhancement of mathematical models and quality of service increasing method for real-time traffic requests servicing. The purpose of work is to increase channel efficiency and quality of service for users.

In the dissertation incoming requests service mathematical model is improved by means of simultaneous real time flows transmission that allows channel efficiency estimation under the given real time flows parameters. Mathematical model for quality estimation is developed for the first time as distinct from known allows estimation quality by means of channel bandwidth requests service probability considering. Neuro-fuzzy models are further developed by means of mean requests arrival intensity and mean transmission time considering that allows network traffic parameters prediction. Real-time traffic transmission requests buffering method is improved by means of requests service probability considering that allows real time flows quality of service improvement.

**Key-words:** quality of service, real time flow, requests buffering, neuro-fuzzy network, bandwidth reservation.



КУБРАКОВА КАТЕРИНА МИКОЛАЇВНА

УДК 621.395

**МЕТОД БУФЕРИЗАЦІЇ ЗАПИТІВ НА ПЕРЕДАЧУ ПОТОКІВ ДАНИХ  
У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

С.В. Коваленко

---

Підписано до друку «15» вересня 2014 р.  
Формат паперу 60x84 1/16. Папір офсетний  
Умовн.-друк.арк. 0,9. Тираж 100. Замовлення № 458.

---

Видавець та виготовлювач ФОП Мирон І.А.  
Свідоцтво ПЛ № 33 від 29.11.2010 р.  
36040, м. Полтава, вул. Г. Сталінграду, 34/24-а, к.1, кв. 128