

Вченому секретарю спеціалізованої  
вченої ради Д 64.052.09  
у Харківському національному  
університеті радіоелектроніки

---

Харків-166, проспект Науки, 14

## Відгук

офіційного опонента, професора ЛЕМЕШКА Олександра Віталійовича, на дисертаційну роботу МЕРСНІ Амаль за темою «Моделі та метод балансування навантаження в телекомунікаційних мережах при розв'язанні задач маршрутизації та резервування ресурсів», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 "Телекомунікаційні системи та мережі"

**Актуальність теми дисертації** Мерсні Амаль підтверджується наявністю наступних тенденцій, які, доповнюючи одна одну, мають місце в сучасних телекомунікаційних технологіях:

- орієнтація мережних рішень, перш за все, на забезпечення якості обслуговування;
- часові показники міжкінцевої якості обслуговування, показники надійності та продуктивності напряму залежать від ефективності роботи протоколів маршрутизації та резервування мережних ресурсів;
- функціональність протоколів маршрутизації та резервування мережних ресурсів залежить від адекватності та типу використаних математичних моделей та методів, на яких вони ґрунтуються;
- при розробці нових математичних моделей і методів маршрутизації та резервування мережних ресурсів науковці все частіше орієнтуються на використання потокових та оптимізаційних підходів.

Тому тема та проблематика дисертаційної роботи Мерсні Амаль, що пов'язана з розробкою потокових моделей та методу маршрутизації та резервування ресурсів із забезпеченням балансування навантаження в телекомунікаційних мережах (ТКМ), є назрілою та досить актуальною.



## Ступінь обґрунтованості, достовірності та новизни наукових положень

У дисертаційній роботі Мерсні А. розв'язано актуальну наукову задачу, яка пов'язана з оптимізацією процесів маршрутизації та резервування мережних ресурсів на основі балансування навантаження в телекомунікаційних мережах, шляхом розробки та вдосконалення відповідних математичних моделей та методів для підвищення якості обслуговування в ТКМ в цілому. До нових наукових результатів, що отримані в дисертаційній роботі в ході розв'язання поставленої наукової задачі, варто віднести наступні:

1. Отримала подальший розвиток математична модель багатоадресної маршрутизації в телекомунікаційній мережі. Новизна моделі полягає в тому, що для забезпечення балансування навантаження в мережі на підставі використання багатошляхової маршрутизації кожен з багатоадресних потоків керовано розбивався на множину підпотоків з розрахунком для кожного з них свого окремого багатоадресного шляху. В результаті узгодження рішень щодо розрахунку багатоадресних шляхів та балансування між ними навантаження вдалося знизити середню міжкінцеву затримку пакетів від 10-12% до 22-27%.

2. Вперше запропоновано ієрархічний метод багатошляхової маршрутизації багатоадресних потоків. Новизна методу полягає в тому, щоб відповідно до принципу прогнозування взаємодій розділити по двох ієрархічних рівнях розв'язання задач щодо визначення багатоадресних шляхів (нижній рівень) та оптимального балансування навантаження (верхній рівень). За рахунок координації цих двох задач вдалось підвищити масштабованість рішень щодо багатошляхової багатоадресної маршрутизації, знизивши їх обчислювальну складність шляхом переходу від розв'язання нелінійної оптимізаційної задачі високої розмірності до послідовності менш розмірних задач лінійної оптимізації.

3. Отримала подальший розвиток комплексна математична модель маршрутизації багатоадресних потоків та спільного явного резервування каналного ресурсу в телекомунікаційній мережі. Новизна запропонованої моделі полягає в тому, що вдалось забезпечити погоджене розв'язання задач багатоадресної маршрутизації та резервування каналного ресурсу на основі модифікації системи умов щодо запобігання перевантаження каналів зв'язку при здійсненні спільного явного резервування. Як результат, це дозволило



зменшити від 3,5% до 11% об'єм використаної пропускної здатності каналів зв'язку при забезпеченні спільного явного резервування каналного ресурсу.

4. Удосконалено модель балансування навантаження при реалізації багатошляхової стратегії маршрутизації в телекомунікаційних мережах, які мають структурну та функціональну неоднорідність. При цьому неоднорідність проявлялась в тому, що мережа містила розріз, який мав значно меншу пропускну здатність порівняно з іншими розрізами. Новизна запропонованої моделі полягає у використанні лінійно-квадратичного критерію оптимальності маршрутних рішень, в якому лінійна форма відповідала за мінімізацію верхнього порогу завантаження мережі в цілому, а квадратична форма – за мінімізацію завантаження кожного окремого каналу зв'язку мережі. Це дозволило зменшити середню міжкінцеву затримку пакетів в телекомунікаційній мережі з неоднорідною архітектурою в середньому від 20-30% до 40-60% у порівнянні з рішеннями Traffic Engineering та від 5-9% до 20-40% у порівнянні з використанням лінійного аналогу запропонованого критерію оптимальності.

### **Практична значимість дисертаційної роботи**

Дисертаційні дослідження проводились відповідно до Закону України «Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки» від 09.01.2007 р., №537-V, Закону України «Про телекомунікації» від 18.11.2003 р., №1280-IV, Державної науково-технічної програми «Створення перспективних телекомунікаційних систем і технологій», планів наукової, науково-технічної діяльності Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Запропоновані Мерсні А. математичні моделі та метод можуть бути використані при розробці перспективних протоколів одно- та багатоадресної маршрутизації та резервування каналних ресурсів у новітніх мультисервісних телекомунікаційних мережах. Їх впровадження, як показали результати досліджень, дозволили покращити рівень балансування навантаження в мережі та знизити середню міжкінцеву затримку пакетів.

### **Повнота викладу в опублікованих працях**

Основні результати дисертаційної роботи Мерсні Амаль достатньо повно викладено у 19 наукових працях, серед яких 8 статей та 11 матеріалів конференцій. Сім статей опубліковані в наукових фахових виданнях,



затверджених МОН України, 1 стаття в іноземному фаховому виданні. Дві конференції проходили під егідою IEEE, а відповідні матеріали викладені в наукометричних базах Scopus та IEEE Xplore Digital Library. У роботі та авторефераті досить чітко вказано особистий вклад дисертанта при отриманні нових наукових результатів.

### **Недоліки по роботі**

1. У роботі запропоновані рішення щодо підвищення масштабованості мережі при розв'язанні задач багатоадресної багатошляхової маршрутизації. Проте подібні рішення дуже затребувані й при погодженому розв'язанні задач маршрутизації та резервування мережних ресурсів, що є предметом дослідження в межах третього наукового результату.

2. У дисертації розглянуто приклади аналізу ТКМ з неоднорідною топологією, яка містила лише один розріз, що мав значно меншу пропускну здатність порівняно з іншими розрізами. Але не показано, як відіб'ється на середній міжкінцевій затримці пакетів наявність в структурі мережі декількох таких розрізів.

3. У роботі не наведено приклади аналізу ефективності використання модифікованого критерію оптимальності маршрутних рішень (четвертий науковий результат) при реалізації багатоадресної маршрутизації в телекомунікаційних мережах з неоднорідною архітектурою. Тому не зрозуміло, чи є переваги від використання запропонованої моделі при реалізації багатоадресної маршрутизації в ТКМ з подібною архітектурою.

4. Запропоновані у роботі рішення відносяться до класу статичних математичних моделей, тобто не враховують динаміку зміни стану мережі в часі. Проте процеси балансування навантаження є досить динамічними, тому варто було б провести додаткові дослідження щодо області застосування та обмежень запропонованих рішень в умовах коливань навантаження та зміни структури самої мережі.

5. У рамках третього наукового результату введено ряд умов, що стосуються спільного явного резервування каналного ресурсу при реалізації багатоадресної маршрутизації. Але у роботі не зазначено, що буде відбуватись, коли ці умови в ході розв'язання поставленої оптимізаційної задачі не можуть бути виконаними, тобто каналного ресурсу на всі потоки SE-груп не вистачить. Крім того, не показано, як будуть розподіляться каналні ресурси між потоками, що вимагають індивідуального та спільного резервування пропускну здатності каналів.



## Оцінка мови та стилю дисертації та автореферату

Назва дисертаційної роботи Мерсні Амаль повністю відповідає її змісту та відображає суть сформульованої та вирішеної наукової задачі. Мова дисертації ясна та чітка, матеріал викладено аргументовано та обґрунтовано з розумінням мети та методів дослідження. Автореферат дисертації достатньо повно та послідовно розкриває зміст дисертаційної роботи.

### Загальний висновок щодо дисертації

1. У дисертаційній роботі Мерсні Амаль розв'язано актуальну наукову задачу, яка пов'язана з оптимізацією процесів маршрутизації та резервування мережних ресурсів на основі балансування навантаження в телекомунікаційних мережах, шляхом розробки та вдосконалення відповідних математичних моделей та методів для підвищення якості обслуговування в ТКМ в цілому.

2. За ступенем обґрунтованості, наукової новизни та практичної значимості отриманих у роботі результатів дисертація Мерсні Амаль відповідає вимогам положень «Порядку присудження наукових ступенів».

3. Здобувачка, Мерсні Амаль, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі.

### Офіційний опонент

професор кафедри інфокомунікаційної інженерії  
Харківського національного університету радіоелектроніки

доктор технічних наук  
професор



О.В. Лемешко

Підпис професора Лемешка О.В. засвідчую

Проректор з науково-методичної роботи  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки

доктор технічних наук  
професор



І.В. Рубан