

Вченому секретарю спеціалізованої  
вченої ради Д 35.052.10  
у Національному університеті  
«Львівська політехніка»

---

Львів-13, вул. С. Бандери, 12

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента на дисертаційну роботу Красько Олени  
Володимирівни «Методи та алгоритми підвищення ефективності  
функціонування конвергентних оптичних мереж доступу», поданої на  
здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності  
05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі**

### **Актуальність теми роботи**

Конвергентні мережі на сьогоднішній день являються ключовою компонентою ІТ-інфраструктур, які використовуються для надання сучасних мультимедійних послуг. Причому зростання обсягів трафіку, що генерується відповідними мультимедійними додатками, як фіксованих, так і мобільних мереж, стимулюють стрімкий розвиток та розгортання високошвидкісних оптичних мереж доступу, що в свою чергу сприяє підвищенню якості обслуговування кінцевих користувачів в цілому. Крім того, постійна зміна навантаження в різних сегментах мережі доступу вимагає використання ефективних методів та алгоритмів розподілення наявних мережних ресурсів з метою адаптації управління ресурсами до цих змін.

Виходячи з цього, є актуальною проблематика дисертаційної роботи Красько О.В., яка присвячена розв'язанню наукової задачі щодо підвищення ефективності використання пропускну здатності конвергентних оптичних мереж з інтеграцією фіксованого та мобільного доступу в умовах нестаціонарності трафіку та динамічних вимог до показників якості обслуговування.

Актуальність теми дисертації також підкріплена впровадженням отриманих дисертантом результатів у науково-дослідні роботи (НДР):

- «Підвищення ефективності оптичних мереж доступу з використанням кодового мультиплексування каналів» (ДБ/Доступ), (2009 – 2010 рр.), № держреєстрації 0109U001147;
- «Дослідження та розроблення телекомунікаційних мережних систем для застосувань телематики та телеметрії» (ДБ/КОМ), (2011 – 2012 рр.), № держреєстрації 0111U001223;
- «Моделі та структури конвергентних телекомунікаційних мереж на основі Cloud – технологій» (ДБ/CLOUD), (2013 – 2014 рр.), № держреєстрації 0113U003184;

- «Методи побудови та моделі інформаційно – телекомунікаційної інфраструктури на основі SDN – технологій для систем електронного урядування» (ДБ/SDN) (2015-2016), № держреєстрації 0115U000444;
- «Методи побудови гетерогенних інформаційно-комунікаційних систем для розгортання програмно-конфігурованих мереж 5G подвійного використання» (ДБ/5G), (2017–2019 рр.) № держреєстрації 0117U004449;
- «Розроблення методів адаптивного управління радіочастотним ресурсом у мережах мобільного зв'язку LTE-U для розвитку стандартів 4G/5G в Україні» (ДБ/LTE-U), (2017-2019 рр) № держреєстрації 0117U007177;
- № 0439 «Розробка та проектування міських ділянок ВОЛЗ (волоконно-оптичних ліній зв'язку) з подальшим використанням їх для будівництва міської WIMAX мережі та надання послуги Internet для абонентів», які виконувались у Національному університеті «Львівська політехніка».

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Красько О.В., випливають з достовірності отриманих дисертантом результатів, засвідчених відповідними актами впровадження, а також обговорення матеріалів дисертації на 18 міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях і наукових семінарах, де отримали схвальну оцінку. Адекватність отриманих рішень та оцінка їх ефективності підтверджені результатами моделювання та дослідження процесу передавання пакетного трафіку в конвергентних оптичних мережах доступу, а саме:

- дослідження статистичних характеристик трафіку мережі мобільного зв'язку за допомогою мережних аналізаторів;
  - моделювання запропонованого алгоритму мультиплексування корисного та службового трафіку у спектрально-часові ресурсні блоки;
  - моделювання запропонованого методу балансування трафіку між сегментами мережі доступу з урахуванням їх взаємозв'язності;
- а також імітаційного моделювання трафіку в гетерогенних мережах мобільного зв'язку 5G.

### **Достовірність і новизна наукових положень, висновків і рекомендацій**

У дисертаційній роботі Красько О.В. отримано такі наукові результати:

1. Запропоновано модель конвергенції фіксованих та мобільних мереж доступу, яка є адекватною в умовах, коли частотні ресурси комірки рівномірно розподілені між усіма активними абонентами мережі та пропускна здатність комірки у низхідному та висхідному каналі є однаковою. До переваг моделі варто віднести її наочність, низьку обчислювальну складність, та те, що вона

враховує кількість абонентів, смугу використаних частот та спектральну ефективність сигналів.

2. Запропоновано вербальну модель віртуалізації мережних функцій при застосуванні адаптивного планування та розподілу ресурсів з програмним управлінням конвергентною інфраструктурою мережі доступу. Застосування моделі орієнтоване на підвищення ефективності використання оптичних каналів передавання даних.

3. Удосконалено метод розподілу каналних ресурсів у пасивних оптичних мережах доступу зі спектральним ущільненням каналів шляхом групування спектрально-часових ресурсних блоків для абонентської та службової інформації, новизна якого полягає у формуванні спектрально-часових ресурсних блоків для обох напрямів передачі. Це дозволило підвищити ефективність використання пропускної здатності мережі за допомогою адаптації процесів передавання службового трафіку.

### **Практична значимість результатів роботи**

Отримані в дисертаційній роботі Красько О.В. наукові результати мають суттєву практичну цінність у зв'язку з тим, що можуть бути використані при створенні нових та вдосконаленні існуючих методів розподілу ресурсів та балансування трафіка з метою підвищення ефективності функціонування конвергентних оптичних мереж доступу. Впровадження запропонованих моделей, методів та алгоритмів дозволяє підвищити ефективність використання пропускної здатності конвергентних оптичних мереж з інтеграцією фіксованого та мобільного доступу за наступними показниками:

- підвищення коефіцієнту використання пропускної здатності пасивної оптичної мережі до 5% у низхідному каналі та до 15% у висхідному каналі в залежності від поточної інтенсивності трафіку;
- зниження обсягу службового трафіку в конвергентній мережі доступу до 20 % в залежності від поточного рівня мобільності абонентів;
- підвищення пропускної здатності для сегменту або комірки до 160, 240 або 320 Гбіт/с при агрегації 2, 3 або 4 ресурсних блоків відповідно у періоди пікового навантаження.

Важливість для практики результатів дисертаційної роботи підтверджена актами їх впровадження, а саме у ТзОВ ВТФ «Контех» розроблено та впроваджено алгоритм мультиплексування корисного та службового трафіку в низхідному та висхідному каналі, а результати експериментальних досліджень, виконаних на виробничих потужностях ТзОВ ВТФ «Контех», відповідають результатам досліджень; у ПП «Цифрові технології» для керування вузлом OLT у експериментальній конвергентній оптичній мережі розроблено архітектуру конвергентної мережі доступу з інтеграцією сегментів фіксованого та мобільного зв'язку, впроваджено алгоритм агрегації ресурсних блоків та алгоритм групування інформаційних потоків комірок мобільного зв'язку при здійсненні хендоверу.

Наукові та практичні результати виконаних дисертантом досліджень використано в навчальному процесі, а саме в лекційних курсах, які

проводяться для студентів кафедри телекомунікацій Національного університету «Львівська політехніка».

### **Повнота викладу основних результатів дисертації у фахових виданнях**

Проведений аналіз показав, що здобувач має необхідний обсяг наукових публікацій та апробацій. Результати дисертаційної роботи викладені в 24 наукових працях, серед них 6 наукових статей у фахових виданнях, з яких 2 статті в закордонних наукових періодичних виданнях. Дисертант доповідався на 18-ти міжнародних та всеукраїнських конференціях, з яких 9 доповідей були представлені на конференціях, які проходили під егідою IEEE, та індексуються в наукометричних базах Scopus та IEEE Xplore Digital Library.

### **Зауваження та недоліки**

1. При отриманні першого наукового результату були прийняті наступні допущення: пропускна здатність комірки у низхідному та висхідному каналі є однаковою, частотні ресурси комірки рівномірно розподілені між усіма активними абонентами. Проте на практиці ці допущення далеко не завжди є справедливими. У самій роботі не зазначено, до яких помилок призведе використання формул (2.10) та (2.11) та подальший розподіл частотного ресурсу, якщо прийняті допущення не будуть виконуватись.

2. Метод балансування трафіку між окремими сегментами мережі доступу представлено у роботі мінімально, на 1,5 сторінки, з яких 0,5 сторінки – малюнок, з якого дуже важко зрозуміти суть методу та його переваги. При дослідженні цього методу на рис. 3.35 неправильно підписана вісь ординат.

3. У роботі запропоновано чисельні алгоритми, такі як, алгоритм мультиплексування корисного та службового трафіку у спектрально-часові ресурсні блоки, алгоритм групування інформаційних потоків комірок мобільного зв'язку при здійсненні хендоверу та алгоритм агрегації ресурсних блоків в конвергентній оптичній мережі доступу. Проте не завжди зрозуміла їх роль та місце в структурі основних наукових результатів, що виносяться на захист. Це б дуже посилило загальний науковий рівень дисертації.

4. Запропонований у роботі алгоритм групування інформаційних потоків описаний лише в тексті дисертаційної роботи. Доцільніше було б представити його у вигляді блок-схеми та представити в авторефераті. З тексту дисертації не зрозуміло, як і за рахунок чого був отриманий виграш від застосування алгоритму і який саме трафік є надлишковим в конвергентній мережі доступу.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому й оформлення**

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Загальний обсяг роботи складає 153 сторінки друкарського тексту, із них: 7 сторінок вступу, 101 сторінка основного тексту, 63 рисунки, 5 таблиць, список використаних джерел зі 158 найменувань, додатки на 6 сторінках.

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення в цілому відповідає встановленим вимогам МОН України. Проте є зауваження щодо оформлення списку використаних джерел, наприклад, посилань [11-14], [17], [20], [26], [30-32] та інших. Посилання в тексті дисертації на наукові праці зі списку використаних джерел виконано не однаково. Нумерація сторінок в дисертації знизу, а не у верхньому правому куті сторінки. При нумерації формул введені літери, наприклад, у формулах (2.8.а), (2.8.б). В дисертації автором часто використовуються англійські скорочення, але перелік умовних скорочень з їх розшифруванням та перекладом в дисертації відсутній.

Анотування дисертації повністю відповідає змісту дисертаційної роботи, висвітлює всі отримані результати, сформульовані висновки та запропоновані рекомендації.

### **Загальний висновок:**

1) У дисертаційній роботі Красько О.В. розв'язано актуальну науково-прикладну задачу щодо підвищення ефективності використання пропускну здатності конвергентних оптичних мереж з інтеграцією фіксованого та мобільного доступу шляхом розробки та вдосконалення методів та алгоритмів адаптивного управління ресурсами у конвергентних оптичних мережах доступу.

2) Дисертаційна робота за своїм науковим змістом та стилем оформлення відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», а також положенням паспорту спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. Зміст анотування відповідає положенням дисертаційної роботи.

3) Здобувач Красько Олена Володимирівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент  
докторант кафедри інфокомунікаційної інженерії  
Харківського національного університету  
радіоелектроніки  
кандидат технічних наук  
доцент

Підпис докторанта Єременко О.С. засвідчую  
Учений секретар  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки



О.С. Єременко

І.В. Магдаліна