

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної
роботи та досліджень

Олена ЛЮТАК

« 30 » жовтня 2023 р.



ВИСНОВОК

Луцького національного технічного університету
щодо дисертаційної роботи Якимчук Наталії Миколаївни, поданої на здобуття
наукового ступеня кандидата технічних наук

Тема дисертаційної роботи в остаточній редакції затверджена на засіданні Вченої
ради Луцького національного технічного університету
«30» жовтня 2018 року (протокол № 3).

ВИТЯГ

з протоколу № 5

розширеного засідання кафедри електроніки та телекомунікацій Факультету
комп'ютерних та інформаційних технологій Луцького національного технічного
університету
від «20» грудня 2022 року

ПРИСУТНІ: завідувач кафедри, к.т.н. доц. Заблоцький В.Ю., к.т.н.,
доц. Євсюк М.М., к.т.н., доц. Баховський П.Ф., к.т.н., доц. Лишук В.В., к.ф.-
м.н., доц. Хвищун М.В., к.т.н., доц. Селепина Й.Р., к.т.н., доц. Мороз С.А.,
к.т.н., доц. Приступа С.О., к.т.н., доц. Ткачук А.А., асистент Якимчук Н.М., ст.
лаборант Цизь Т.П., завідувач кафедри засобів захисту інформації
Національного авіаційного університету д.т.н., проф. Козловський В.В., д.т.н.,
доц. Одарченко Р.С., Національний авіаційний університет, д.т.н., доц.
Мельник Ю.В., Національний авіаційний університет; д.т.н., доц. Туровський
О.Л., Національний авіаційний університет – всього 15 осіб.

ПОРЯДОК ДЕННИЙ: наукова доповідь асистента кафедри
електроніки та телекомунікацій Якимчук Н.М. за темою дисертаційної роботи
«Методи боротьби з перевантаженнями телекомунікаційних мереж нових
поколінь шляхом формування потоків різномірного мережного трафіку»,
поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі
спеціальності 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі. Науковий
керівник: завідувач кафедри засобів захисту інформації Факультету
кібербезпеки, комп'ютерної та програмної інженерії Національного авіаційного
університету, д. т. н., професор, Козловський Валерій Валерійович.

СЛУХАЛИ: доповідь асистента кафедри електроніки та телекомунікацій Якимчук Н.М. за темою дисертаційної роботи «Методи боротьби з перевантаженнями телекомунікаційних мереж нових поколінь шляхом формування потоків різнорідного мережного трафіку», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі.

У обговоренні дисертації з **позитивною оцінкою** результатів роботи взяли к.т.н. доц. Заблоцький В.Ю., к.т.н., доц. Євсюк М.М., к.т.н., доц. Баховський П.Ф., к.т.н., доц. Лишук В.В., к.ф.-м.н., доц. Хвищун М.В., к.т.н., доц. Селепина Й.Р., к.т.н., доц. Мороз С.А., к.т.н., доц. Приступа С.О., к.т.н., доц. Ткачук А.А., д.т.н., проф. Козловський В.В., д.т.н., доц. Одарченко Р.С., д.т.н., доц. Мельник Ю.В., д.т.н., доц. Туровський О.Л.

УХВАЛИЛИ: Дисертація, тема якої в остаточній редакції затверджена на засіданні Вченої ради Луцького національного технічного університету «30» жовтня 2018 року (протокол № 3), виконана на кафедрі електроніки та телекомунікацій Факультету комп'ютерних та інформаційних технологій Луцького національного технічного університету, спеціальності 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі, є науковою працею, що містить нові науково обґрунтовані результати, які у сукупності забезпечують вирішення наукового завдання по розробці моделей комутаційного мережного вузла як однолінійної системи масового обслуговування з виявленням/прогнозуванням появи стану перевантажень мережних вузлів; а також розробці загального методу та апаратних і програмних пристроїв адаптивного передавання пакетів мережного трафіку з формуванням та згладжуванням трафіку.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційне дослідження відповідає вимогам статті 5 Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» від 11 липня 2001 року № 2623-III (зі змінами та доповненнями від 29.01.2021 р.), пункту першого розділу другого «Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2021 року», затвердженого Постановою КМУ від 7 вересня 2011 р. № 942.

Наукові результати, викладені в дисертації Якимчук Н.М., були використані в НДР, які виконувались:

1) У Державному підприємстві «Український науково-дослідний інститут зв'язку»:

– НДР № 0116U000489 «Організація науково-технічної експертизи завдань (проектів) Національної програми інформатизації»;

– НДР № 0113U005217 «Дослідження щодо впровадження нових телекомунікаційних технологій на телекомунікаційних мережах загального користування України»,

2) У Державному університеті телекомунікацій:

– НДР №0115U001472 «Методи і алгоритми управління надійністю комп'ютерних мереж».

Найбільш значущі наукові результати, отримані здобувачем:

1. Удосконалено модель управління параметрами інформаційних потоків у телекомунікаційних мережах. На відміну від існуючих, запропоновану модель побудовано на підґрунті теорії марківських процесів, що дозволяє аналізувати потоки самоподібного трафіку з не гаусівськими імовірнісними розподілами, зокрема, розподілами з важкими хвостами (long-tale distributions).

2. Сформована стратегія пошуку перевантажень за інформаційним критерієм, показано, що використання порівняльних оцінок розподілів заснованих на ентропії є універсальним і наочним. Була розрахована залежність ентропії розподілів від імовірності успішної передачі даних одного із мережних вузлів. Показано вплив ентропії розподілу на потрібний ресурс для обміну даними.

3. Розроблено метод адаптивного формування потоків мережного трафіку з непрямым зворотним зв'язком. Метод відрізняється від раніше запропонованих тим, що має принципово розширений вектор керуючих дій, внаслідок чого виключається потреба у додатковому каналі зворотного зв'язку.

4. Вперше розроблено метод оптимізації параметрів та структури формувача мережного трафіку з контролем довжин інтервалів перевищення рівнів параметрів потоку. Розроблений метод, на відміну від існуючих, дає додаткові можливості згладжування викидів самоподібного трафіку з мінімальними втратами користувальницької інформації.

Найважливіші практичні результати роботи:

1) Статистичні моделі квазідетермінованого потоку $Qd/M/1$, $Qd/D/1$ легко алгоритмізуються та можуть використовуватися при розрахунках та моделюванні. Вони засновуються на уповні логічних правилах імовірнісного оцінювання (зокрема, на правилі "трьох сігма"), що дозволяє отримувати практичні оцінки поточних характеристик квазідетермінованих потоків.

2) Сформована стратегія пошуку перевантажень за інформаційним критерієм є універсальною і наочною, дозволяє ефективно використовувати приведені методики в дослідженні мереж, що працюють при високому навантаженні (при близьких до одиниці коефіцієнтах використання мережі, тобто на грані насичення). Використання методики при рівні граничного показника коефіцієнту використання $\rho \geq 10\%$ дозволяє зафіксувати ризик перевантаження мінімум на 0,2 умовних одиниці часу (тобто на 20%) раніше, ніж при періодичному вимірюванні нормалізованої довжини черги.

3) Розроблені схеми адаптивних формувачів з цифровими системами управління є достатньо наочними; методи й алгоритми адаптації, наприклад, управління частотою генераторів маркерів просто реалізувати програмно чи апаратно.

4) Предиктори Сміта зі степеневим згладжуванням природно узгоджуються зі статистиками самоподібного трафіку, який має розподіли з "важкими хвостами". Спостерігається зменшення СКВ флуктуацій та інтервалу спадання частоти генератора маркерів до 25% у порівнянні із експоненціальним згладжуванням.

Отримані результати впроваджено:

– на кафедрі електроніки та телекомунікацій Факультету комп'ютерних та інформаційних технологій Луцького національного технічного університету, у навчальний процес при проведенні занять згідно з програмою навчальних дисциплін «Телекомунікаційні системи та мережі» зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» та в науково-дослідні роботи НДР № 0116U000489 «Організація науково-технічної експертизи завдань (проектів) Національної програми інформатизації», НДР № 0113U005217 «Дослідження щодо впровадження нових телекомунікаційних технологій на телекомунікаційних мережах загального користування України», НДР №0115U001472 «Методи і алгоритми управління надійністю комп'ютерних мереж».

Впровадження результатів дослідження підтверджуються відповідними актами, наведеними в додатку до дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Якимчук Н.М. є завершеною роботою, виконаною здобувачем особисто у вигляді спеціально підготовленого рукопису, містить висунуті для прилюдного захисту науково обґрунтовані результати і наукові положення. Робота характеризується єдністю змісту і свідчить про особистий внесок здобувача в науку. Дисертація містить в собі науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати, які в сукупності вирішують наукове завдання по розробці моделей комутаційного мережного вузла як однолінійної системи масового обслуговування з виявленням/прогнозуванням появи стану перевантажень мережних вузлів; а також розробці загального методу та апаратних і програмних пристроїв адаптивного передавання пакетів мережного трафіку з формуванням та згладжуванням трафіку.

Особистий внесок здобувача

Наукові положення та результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Особисто автором здійснена розробка загальної концепції дисертаційної роботи, вибір об'єктів, визначено мету та завдання дослідження, обрано та обґрунтовано методи досліджень.

В дисертаційній роботі узагальнено результати досліджень, виконаних автором самостійно і опублікованих одноосібно в роботах [7,12,17,18] та в співавторстві в роботах [1-6,8-11, 13-16]. Усі наукові результати, що подаються до захисту, одержано особисто автором, наукові статті, опубліковані у фахових виданнях, відповідають вимогам як за назвою, так і за змістом.

В наукових публікаціях у співавторстві автору належать: провідна роль у виборі та обґрунтуванні напрямку досліджень, постановка задачі на різних етапах виконання роботи, аналіз та інтерпретація одержаних результатів. В дисертаційній роботі не використовувалися ідеї та розробки, що належать співавторам, з якими опубліковано наукові праці.

В роботах, що були опубліковані у співавторстві, внесок здобувача такий: [1] – розроблено алгоритми аналізу появи перевантажень мережних вузлів; [2, 9] – запропоновано і вдосконалено спосіб контролю стану мережних вузлів з урахуванням затримок інформації про параметри конкретного мережного вузла і затримок керуючої інформації, необхідної для регулювання параметрів мережного вузла як об'єкта управління; [3] – запропоновано алгоритм тестування телекомунікаційної мережі з оцінюванням пропускну здатності каналу; [4, 16] –

проаналізовано математичні моделі процесів управління потоками трафіку, розроблено рекомендації щодо структури і параметрів системи управління залежно від інтенсивності потоків даних, їх статистичних описів; [5, 13] – проведено моделювання функціонування різнорідної мережі для самоподібного вхідного трафіку даних, отримано ентропійні характеристики геометричного, біноміального, рівномірного, експоненціального та нормального модельних розподілів; [6] – виконані асимптотичні порівняльні оцінки для класичного пуасонівського і самоподібного потоків одноканальної системи масового обслуговування з очікуванням, отримані аналітичні вирази для рекурентного обчислення розподілів тривалості очікування обслуговування для будь-якої заявки (пакета); [8] – розроблений спосіб динамічного розподілу смуги пропускання каналів передачі між користувачами з урахуванням їх пріоритетів, який дозволяє уникати періодичних місцевих перевантажень маршрутів, а також алгоритм вибору маршрутів по критерію рівномірного завантаження ліній передачі; [10] – запропонований алгоритм для оптимального визначення біта затору керуючої схеми на основі використання функції чутливості продуктивності системи для створення зворотного зв'язку від мережі до джерел даних; [11, 15] – проведено порівняльний аналіз методів компенсації затримки зворотного зв'язку стосовно системи управління частотою генератора маркерів та предиктора Сміта зі степеневим згладжуванням з використанням моделі авторегресії і ковзного середнього (АРКС) або шляхом усереднення параметрів вікна.

Апробація результатів дисертаційної роботи

Результати, отримані в дисертаційній роботі, апробовані та отримали позитивну оцінку на шести науково-технічних конференціях. Основні положення роботи доповідались на:

- 3 Міжнародній конференції передових інформаційних і комунікаційних технологій (АІСТ), 2-6 червня, 2019, Львів;
- НТК «Актуальні проблеми інформаційних технологій» (АРІТ); 8-10 листопада 2017 р. Київський національний університет імені Тараса Шевченка;
- НТК «Актуальні проблеми інформаційних технологій» (АРІТ); 20-21 листопада 2018 р., Київський національний університет імені Тараса Шевченка;
- XXXI МНТК «Актуальные научные исследования в современном мире. Секция: Технические науки», Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет ім. Григорія Сковороди, 26-27 листопада 2017 р.;
- XII МНТК «Проблеми інформатизації», Київ, Державний університет телекомунікацій. – 12-13 грудня 2018 р.

Достовірність отриманих результатів підтверджується коректним використанням методів математичного аналізу й синтезу складних технічних систем. В процесі проведення досліджень використовувалися сучасні і класичні методи теорії сигналів і систем, методи математичного й системного аналізу, методи теорії зв'язку, теорії ймовірності і математичної статистики, теорії телетрафіку, теорії оптимізації. Вірогідність наукових результатів, висновків та рекомендацій, викладених у дисертаційній роботі, підтверджується обґрунтовано коректним використанням математичного апарату та моделюванням на ЕОМ.

Оцінка мови та стилю дисертаційної роботи

Матеріали дисертаційної роботи та автореферат структуровані, написані грамотно, з дотриманням чинних вимог до оформлення, а стиль викладення матеріалу забезпечує легкість і доступність їх сприйняття.

Відповідність змісту дисертаційної роботи спеціальності, за якою вона подається до захисту

Дисертаційна робота відповідає вимогам Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року N 1197,

Дисертаційна робота відповідає паспорту наукової спеціальності 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі та профілю спеціалізованої вченої ради Д 26.062.19 при НАУ.

Робота подається до захисту вперше.

Основні наукові результати здобувача повністю опубліковані в наступних роботах:

Статті у наукових періодичних виданнях, які включено до наукометричної бази SCOPUS:

1. Yakymchuk, N., Selepyna, Y., Yevsiuk, M., Prystupa, S., Moroz, S. Monitoring of link-level congestion in telecommunication systems using information criteria. *Informatyka, automatyka, pomiary w gospodarce i ochronie środowiska*, 12(4), 2022, pp. 26-30. <https://doi.org/10.35784/iapgos.3076>

2. Zablotskyi, V., Selepyna, Y., Lyshuk, V., Yakymchuk, N., Tkachuk, A. Method for evaluation quality parameters of telecommunications services | sposób oceny parametrów jakości usług telekomunikacyjnych *Informatyka, automatyka, pomiary w gospodarce i ochronie środowiska*, 2022, 12(2), pp. 30–33. DOI: <https://doi.org/10.35784/iapgos.2918>

3. Tkachuk, A., Zablotskyi, V., Zabolotnyi, O., Čagánová, D., Yakymchuk, N. Basic Stations Work Optimization in Cellular Communication Network *EAI/Springer Innovations in Communication and Computing* this link is disabled, 2021, pp. 1–19. DOI: 10.1007/978-3-030-69705-1_1

4. Yaroslav Toroshanko, Nataliia Yakymchuk, Yosyp Selepyna, Vyacheslav Cherevyk. Control of Traffic Streams with the Multi-Rate Token Bucket // 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT), 2-6 July, 2019, Lviv, Ukraine. pp. 352-355. DOI: 10.1109/AIACT.2019.8847860.

Статті у вітчизняних та закордонних наукових фахових виданнях:

5. Moshenskyi A. Algorithms for searching congestions on the basis of the analysis of entropic characteristics of network traffic / A. Moshenskyi, P. Stanko, A. Toroshanko, N. Yakymchuk. // *Magyar Tudományos Journal (Hungary)*. – 2021. – No. 49. – pp. 52-57.

6. Valerii Kozlovsky, Nataliia Yakymchuk, Andrii Toroshanko. Comparative evaluation of Puasson's and self-similar traffic of telecommunications networks // *Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології*. – 2021. – №2(21). – С. 41-50.

7. Якимчук Н.М. Статистичні моделі мережного трафіку / Н.М. Якимчук // Зв'язок. – 2021. – №1. – С. 27-34.
8. Штіммерман А.М. Управління мережним трафіком на основі диференційованих і інтегрованих послуг / А.М. Штіммерман, Н.М. Якимчук, Д.В. Сорокін, А.І. Торошанко // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2020. – №4(69). – С. 60-68.
9. Якимчук Н.М. Торошанко А.І. Методи ідентифікації та комплексної діагностики телекомунікаційних систем / Н.М. Якимчук, А.І. Торошанко // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2020. – №69. – С. 58-65.
10. Торошанко Я.І. Використання функцій чутливості для контролю заторів в телекомунікаційних мережах / Я.І. Торошанко, Н.М. Якимчук // Вісник Університету «Україна». Серія: Інформатика, обчислювальна техніка та кібернетика. – 2019. – 1(22). – С. 142-147.
11. Торошанко Я.І., Якимчук Н.М. Статистичні моделі управління телекомунікаційними мережами та методи боротьби з перевантаженнями // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2017. – №3(56). – С. 111-118.
12. Якимчук Н.М. Порівняльний аналіз методів кореляційного та регресійного аналізу телекомунікаційних мереж / Н.М. Якимчук // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2017. – № 5. – С. 128-131.
13. Торошанко Я.І., Якимчук Н.М. Аналіз і моделювання різнорідного самоподібного трафіку комп'ютерних мереж // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2017. – №4(57). – С. 42-51.

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

14. Торошанко Я. І., Якимчук Н. М. Використання функцій чутливості для контролю заторів в телекомунікаційних мережах: Міжнародний науково-технічний симпозіум «Теоретичні та прикладні аспекти новітніх технологій інфокомунікацій», 13-17 січня 2019 р., Вишків-Карпати-УУ'19 // Вісник Університету «Україна». Серія: Інформатика, обчислювальна техніка та кібернетика. – 2019, 1(22). – С. 142-147.

15. Якимчук Н.М., Стайко П.О. Кореляційно-регресійний аналіз інформаційних мереж з нестационарним трафіком // Науково-технічна конференція «Актуальні проблеми інформаційних технологій», 20-21 листопада 2018 р. – Київський національний університет ім. Тараса Шевченка. – С. 25-26.

16. Торошанко Я.І., Якимчук Н.М. Діагностика телекомунікаційної мережі на основі множинної та покрокової регресії. XII міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми інформатизації», 12-13 грудня 2018 р. – Київ: ДУТ. – С. 52.

17. Якимчук Н.М. Марківські моделі розвитку навантаження на телекомунікаційну мережу // Науково-технічна конференція «Актуальні проблеми інформаційних технологій», 8-10 листопада 2017 р., Київський національний університет імені Тараса Шевченка. – С.49-50.

18. Якимчук Н.М. Аналіз та оптимізація комп'ютерних мереж з різномірним самоподібним трафіком / Н. М. Якимчук // XXXI Міжнародна наукова конференція «Актуальні наукові дослідження в сучасному світі», Секція: Технічні науки. Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет ім. Григорія Сковороди, 26-27 листопада 2017 г. – Вип. 11(31), частина 12. – С. 81-86.

Рекомендація дисертаційної роботи до захисту

Враховуючи наукове і практичне значення роботи, кафедра електроніки та телекомунікацій Факультету комп'ютерних та інформаційних технологій Луцького національного технічного університету рекомендує дисертаційну роботу Якимчук Наталії Миколаївни «Методи боротьби з переваженнями телекомунікаційних мереж нових поколінь шляхом формування потоків різномірного мережного трафіку» до захисту в Спеціалізованій вченій раді Д 26.062.19 при Національному авіаційному університеті для здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за науковою спеціальністю 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі.

Висновок прийнято одногосно.

Завідувач кафедри електроніки
та телекомунікацій к.т.н., доц.

Валентин ЗАБЛОЦЬКИЙ

Секретар кафедри електроніки
та телекомунікацій

Тетяна ЦИЗЬ