

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U000817

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 03-04-2026

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Яворська Ольга Михайлівна

2. Olha Yavorska

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1790-7472

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 172

Назва наукової спеціальності: Електронні комунікації та радіотехніка

Галузь / галузі знань: електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Телекомунікації та радіотехніка

Дата захисту:

Спеціальність за освітою: Багатоканальний електров'язок

Місце роботи здобувача: Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку

Код за ЄДРПОУ: 43997335

Місцезнаходження: вул. Кузнечна, Одеса, 65023, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** PhD 12154

**Повне найменування юридичної особи:** Вінницький національний технічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 02070693

**Місцезнаходження:** вул. Хмельницьке шосе, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Вінницький національний технічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 02070693

**Місцезнаходження:** вул. Хмельницьке шосе, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 49.03.11, 49.03.07, 27.45.17

**Тема дисертації:**

1. Оптимізація транспортних потоків програмно-конфігурованої телекомунікаційної мережі методом мінімального транзиту на ST-планарному вільно-орієнтованому графі.
2. Traffic flow optimization in software-defined telecommunication networks via the minimum-transit method on an ST-planar free-oriented graph.

**Реферат:**

1. Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі підвищення продуктивності програмно-конфігурованих телекомунікаційних мереж на основі сучасних моделей оптимізації та розподілу цифрових потоків. Основна увага приділена розробленню методу, який ефективно використовує властивість сучасних каналів зв'язку до динамічного перерозподілу пропускної здатності у прямому та зворотному напрямках. В дисертаційній роботі представлені результати наукових досліджень і практичних розробок, спрямованих на удосконалення відомих методів оптимізації транспортних потоків. Це уможливило підвищити продуктивність програмно-конфігурованої телекомунікаційної мережі за рахунок розроблення методу мінімального транзиту на ST-планарному вільно-орієнтованому графі та програмної реалізації алгоритмів для розв'язання прямої та зворотної задач оптимізації. У роботі виконано аналіз існуючих моделей задачі максимального потоку (MaxFlow), встановлено їх обмеження щодо застосування в

мережах із динамічною реконфігурацією каналів, зокрема в архітектурі SDN. Обґрунтовано доцільність використання ST-планарного вільно-орієнтованого графа як адекватної математичної моделі сучасних телекомунікаційних мереж. Запропоновано удосконалену модель телекомунікаційної мережі на основі нормалізованого вільно-орієнтованого графа (FOG), у якому ребра мають фіксовану сумарну пропускну здатність із можливістю її довільного розподілу між напрямками. Сформульовано пряму задачу оптимізації потоків для визначення навантаження ребер за заданим розподілом потоків та розроблено відповідний алгоритм її розв'язання. Сформульовано зворотну задачу оптимізації, яка передбачає визначення максимального потоку та його розподілу по незалежних маршрутах. Для її розв'язання розроблено модифікований ітераційний алгоритм (MIA) з використанням пакетної обробки маршрутів і процедури Max Selection. Алгоритм реалізовано мовою Python та адаптовано до роботи в SDN-середовищі Mininet із контролером Ryu. Проведено комп'ютерне моделювання та експериментальні дослідження, що підтвердили ефективність запропонованого підходу. Показано переваги методу над класичними алгоритмами (Shortest Path, ECMP, Adaptive Routing) за рахунок більш ефективного використання пропускну здатності каналів і уникнення перевантажень. Експериментальна верифікація в умовах інтенсивного трафіку підтвердила стабільність і продуктивність алгоритму. Основні результати роботи полягають у наступному: 1. Удосконалено модель програмно-конфігурованої телекомунікаційної мережі SDN шляхом введення адаптивної метрики графу мережі, яка відрізняється від відомих моделей тим, що кожне ребро має фіксовану загальну пропускну здатність, яка може бути довільно розподілена для потоків у прямому та зворотному напрямках. За рахунок цього забезпечується максимальне можливе використання ресурсів мережі SDN та збільшується її продуктивність. 2. Удосконалено спосіб розв'язання задачі про максимальний потік мережі SDN шляхом пакетного обчислення розподілу потоків по незалежних маршрутах між полюсами вільно-орієнтованого графу, відмінний від відомих тим, що на кожній ітерації оновлюється залишкова вага лише тих ребер, які увійшли до складу попередньо знайдених маршрутів. Це дозволяє контролеру SDN аналізувати поточний стан завантаження каналів і спрямувати обчислювальні ресурси виключно на модифікацію активних маршрутів. 3. Удосконалено спосіб вибору маршрутів для розподілу потоків в мережі SDN шляхом аналізу маршрутів однакової довжини зі спільними ребрами, відмінний від відомих способів тим, що першочергово обирається маршрут з максимально можливим потоком, за рахунок чого зменшується кількість ітерацій алгоритму та збільшується його швидкодія. Результати роботи впроваджено в експериментальну SDN-мережу Акціонерного товариства «Укртелеком» (м. Одеса) та навчальний процес Державного університету інтелектуальних технологій і зв'язку. Ключові слова: програмно-конфігурована мережа (SDN), телекомунікаційна мережа, безпроводний канал, задача максимального потоку (MaxFlow), оптимізація, транспортні потоки, пропускну здатність, комп'ютерне моделювання, метод мінімального транзиту, модифікований ітераційний алгоритм (MIA), ST-планарний вільно-орієнтований граф, трафік, якість обслуговування (QoS), маршрутизація, конфігурація мережі.

2. This dissertation addresses the pressing scientific and practical problem of improving the performance of software-defined telecommunications networks based on modern models of optimization and digital traffic distribution. The main focus is on developing a method that effectively utilizes the property of modern communication channels to dynamically redistribute bandwidth in the forward and reverse directions. The dissertation presents the results of scientific research and practical developments aimed at improving known methods for optimizing transport flows. This made it possible to increase the performance of a software-configurable telecommunications network by developing a minimum transit method on an ST-planar freely-oriented graph and by implementing software algorithms to solve forward and reverse optimization problems. The study analyzes existing MaxFlow models and identifies their limitations in dynamically reconfigurable networks, particularly within SDN architectures. The use of an ST-planar free-oriented graph is substantiated as an adequate mathematical model for modern telecommunication networks. An improved telecommunication network model based on a normalized Free-Oriented Graph (FOG) is proposed. In this model, each edge has a fixed total capacity that can be flexibly distributed between opposite directions. A forward optimization problem is formulated to determine edge load metrics for a given flow distribution, along with a corresponding solution algorithm. A reverse

optimization problem is developed to determine both the maximum flow and its distribution across independent paths. A modified iterative algorithm (MIA) is proposed, incorporating batch path processing and a Max Selection procedure. The algorithm is implemented in Python and adapted for operation in an SDN environment using Mininet and the Ryu controller. Simulation and experimental studies confirm the correctness and efficiency of the proposed approach. The method demonstrates advantages over classical routing strategies (Shortest Path, ECMP, Adaptive Routing) due to better bandwidth utilization and avoidance of bottlenecks. Experimental validation under high traffic load conditions confirms the stability and effectiveness of the MIA algorithm. The main results of the work are as follows: 1. The model of a software-defined telecommunication network (SDN) is improved by introducing an adaptive network graph metric, which differs from known models in that each edge has a fixed total bandwidth capacity that can be arbitrarily distributed between flows in forward and reverse directions. This ensures maximal utilization of SDN network resources and increases network performance. 2. The method for solving the maximum flow problem in an SDN network is improved through packet-based computation of flow distribution over independent routes between the poles of a free-oriented graph. Unlike known methods, at each iteration only the residual weights of edges included in previously found routes are updated. This allows the SDN controller to analyze the current channel load state and direct computational resources exclusively toward modification of active routes. 3. The method of route selection for flow distribution in an SDN network is improved by analyzing routes of equal length with shared edges, differing from known approaches in that the route with the maximum possible flow is selected first, which reduces the number of algorithm iterations and increases its execution speed. The results of the study have been implemented in an experimental SDN network of the Joint-Stock Company "Ukrtelecom" (Odesa) and in the educational process of the State University of Intelligent Technologies and Telecommunications. Keywords: Software-Defined Networking (SDN), telecommunication network, wireless channel, maximum flow problem (MaxFlow), optimization, transport flows, throughput, computer modeling, minimal transit method, Modified Iterative Algorithm (MIA), ST-planar free-oriented graph, traffic, Quality of Service (QoS), routing, network configuration.

**Державний реєстраційний номер ДіР:** 0120U105548

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Інформаційні та комунікаційні технології

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

**Публікації:**

1. Tikhonov V., Tykhonova O., Tsyra O., Yavorskaya O., Taher A., Kolyada O., Kotova S., Semenchenko O., Shapenko E. Modeling the conveyor-modular transfer of multimedia data in a sensor network of transport system. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 2, No. 2 (98). P. 6–14.
2. Tikhonov V., Nesterenko S., Tykhonova O., Tsyra O., Yavorska O., Hlushchenko V. Management of digital streams of an autonomous system by the raw socket Ethernet channel virtualization method in Linux OS. Proceedings of the International Conference on Applied Innovation in IT. 2023. Vol. 11, No. 1. P. 1–6.
3. Tikhonov V., Nesterenko S., Taher A., Tykhonova O., Tsyra O., Yavorska O., Shulakova K. Inverse and direct Maxflow problem study on the free-oriented ST-planar network graph. Proceedings of the International Conference on Applied Innovation in IT. 2023. Vol. 11, No. 2. P. 1–10
4. Bodnar L., Bodnar M., Shulakova K., Vasylenko O., Siemens E., Tsarov R., Yavorska O., Tyurikova O. Advanced techniques for IaC: enhancing automation and optimization in cloud-based infrastructure management. Proceedings of the International Conference on Applied Innovation in IT. 2024. Vol. 12, No. 2. P. 19–25.
5. Tykhonova O. V., Yavorsckaya O. M., Berezovskiy V. V. Verification of the maxflow algorithm for a three-pole network graph. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. 2018. Issue 5 (265). P.

36–41.

- 6. Тіхонов В. І., Яворська О. М. Задача оптимізації розподілу потоків на вільно-орієнтованому графі. Вимірjувальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2025. № 84. С. 342–346.
- 7. Tikhonov V., Tykhonova O., Tsyra O., Yavorskaya O. The future internet – problems and perspectives. Вісник НТУ «ХПІ», серія: «Інформатика та моделювання». 2020. № 1 (3). С. 123–139.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** технології; методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація

**Соціально-економічна спрямованість:** підвищення автоматизації виробничих процесів; забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Планується до впровадження

**Зв'язок з науковими темами:**

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Тіхонов Віктор Іванович

2. Victor I. Tikhonov

**Кваліфікація:** д.т.н., доц., 05.12.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-4415-5234

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку

**Код за ЄДРПОУ:** 43997335

**Місцезнаходження:** вул. Кузнечна, Одеса, 65023, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. СЕМЕНОВ Андрій Олександрович

2. Andrii O. SEMENOV

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.12.13

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-9580-6602

**Додаткова інформація:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/H-8639-2018>

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/461205>

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55523102564>

[https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=9g6CNMcAAAAJ&view\\_op=list\\_works](https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=9g6CNMcAAAAJ&view_op=list_works)

**Повне найменування юридичної особи:** Вінницький національний технічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 02070693

**Місцезнаходження:** вул. Хмельницьке шосе, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

### **Офіційні опоненти**

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Скулиш Марія Анатоліївна

2. Mariia A. Skulysh

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.12.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-5141-1382

#### **Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Євдокименко Марина Олександрівна

2. Maryna Yevdokymenko

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.12.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-7391-3068

#### **Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Харківський національний університет радіоелектроніки

**Код за ЄДРПОУ:** 02071197

**Місцезнаходження:** проспект Науки, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## Рецензенти

### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Васильківський Микола Володимирович
2. Mykola Vasylykivskyj

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.12.13

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-6586-2563

### Додаткова інформація:

**Повне найменування юридичної особи:** Вінницький національний технічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 02070693

**Місцезнаходження:** вул. Хмельницьке шосе, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Михалевський Дмитро Валерійович
2. Dmytro Mykhalevskyi

**Кваліфікація:** д.т.н., доцент, 05.12.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-5797-164X

### Додаткова інформація:

**Повне найменування юридичної особи:** Вінницький національний технічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 02070693

**Місцезнаходження:** вул. Хмельницьке шосе, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Ковтун В'ячеслав Васильович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Ковтун В'ячеслав Васильович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Іванчук Ярослав Володимирович

**Реєстратор**

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна