

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0423U100089

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 16-06-2023

**Статус:** Захищена

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:**



## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Якимчук Наталія Миколаївна

2. Yakymchuk Nataliia Mykolaivna

**Кваліфікація:**

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Вид дисертації:** кандидат наук

**Шифр наукової спеціальності:** 05.12.02

**Назва наукової спеціальності:** Телекомунікаційні системи та мережі

**Галузь / галузі знань:** Не застосовується

**Освітньо-наукова програма зі спеціальності:** Не застосовується

**Дата захисту:** 08-06-2023

**Спеціальність за освітою:** Автоматизоване управління виробничими процесами

**Місце роботи здобувача:** Луцький національний технічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 05477296

**Місцезнаходження:** вул. Львівська, буд. 75, м. Луцьк, Луцький р-н., Волинська обл., 43018, Україна

**Форма власності:**

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

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Не застосовується

### **III. Відомості про дисертацію**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** Д 26.062.19

**Повне найменування юридичної особи:** Національний авіаційний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 01132330

**Місцезнаходження:** проспект Любомира Гузара, буд. 1, м. Київ, 03058, Україна

**Форма власності:**

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

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Не застосовується

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

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

**Код за ЄДРПОУ:** 05477296

**Місцезнаходження:** вул. Львівська, буд. 75, м. Луцьк, Луцький р-н., Волинська обл., 43018, Україна

**Форма власності:**

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

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Не застосовується

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

**Код за ЄДРПОУ:** 05477296

**Місцезнаходження:** вул. Львівська, буд. 75, м. Луцьк, Луцький р-н., Волинська обл., 43018, Україна

**Форма власності:**

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

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Не застосовується

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:**

**Коди тематичних рубрик:** 50.39

**Тема дисертації:**

1. Методи боротьби з перевантаженнями телекомунікаційних мереж нових поколінь шляхом формування потоків різнорідного мережевого трафіку

## 2. Methods of combating congestion of telecommunication networks of new generations by forming flows of heterogeneous network traffic

### Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена створенню методів та пристроїв формування потоків різноманітного мережного трафіку. Показано, що такий різноманітний трафік є самоподібним (фрактальним). Основною специфікою самоподібного трафіку є виникнення швидких спорадичних сплесків інтенсивності при середній порівняно низькій інтенсивності трафіку на протяжних інтервалах передачі даних. Це приводить до наростання черг у буферній пам'яті і, як наслідок, перевантажень комутаційних вузлів. Тому задача дослідження та розробки нових методів побудови пристроїв формування трафіку з адаптацією до змін параметрів та стану мережі є актуальною. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності функціонування телекомунікаційних мереж нових поколінь шляхом усунення перевантажень апаратно-програмними засобами адаптивного перетворення статистики вхідного трафіку. У дисертаційній роботі отримані наступні нові наукові результати. 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. Вперше розроблено алгоритм визначення перевантажень за інформаційним критерієм. В якості критерію пропонуємо використати апроксимовану ентропію параметрів часових рядів. 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. Удосконалено 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 та введенням додаткового модуля прогнозування необхідного розміру буфера відповідно до змін інтенсивності надходження вхідних пакетів. У першому розділі здійснено аналіз сучасного стану проблеми проектування, впровадження та застосування формувачів мережного трафіку, перспектив реалізації єдиного інформаційного простору у будь-якій мережі, контрольованій за допомогою системи формування мережного трафіку і т.д. Проаналізовано основні чинники виникнення перевантажень, за результатами аналізу сформульовано мету й задачі та досліджені механізми управління мережами, такі як управління мережними ресурсами за стандартами концепції управління TMN (Telecommunication Management Network). Досліджено математичні моделі мережного трафіку; особливу увагу приділено статистиці самоподібного трафіку з повільно убуваючими часовими та частотними залежностями й імовірнісними розподілами з "важкими хвостами". Другий розділ присвячений методам моніторингу та аналізу мережного обладнання, яке використовується для розв'язання задач управління характеристиками мережі. Побудовано узагальнену модель управління параметрами інформаційних потоків у телекомунікаційних мережах. Сформульовані спрощуючі припущення щодо початкових умов функціонування мережного сегменту. Сформовано алгоритм визначення мережних аномалій на основі ентропії часових рядів. Показано, що швидкість зростання необхідного обсягу пам'яті в комутаційних вузлах зростає при збільшенні параметра Херста. Розглянуто формувач трафіку зі змінними швидкостями надходження і обробки пакетів. Розглянуто методи адаптивного формування потоків мережного трафіку і способи настройки структур управління систем з непрямым зворотним зв'язком, які керують параметрами і структурою формувача. Розроблено загальний функціонал ефективності передачі з основними та додатковими ключовими мережними функціями. У четвертому розділі проведений аналіз ефективності розроблених методів та пристроїв формування трафіку телекомунікаційних мереж нових поколінь. Розглянуті порівняльні характеристики часу очікування та середньої кількості повідомлень у чергах; проведено порівняння параметрів черг  $M/M/1$ ,  $M/D/1$  та  $Qd/D/1$  і дослідження впливу якості формування трафіку на імовірності блокування та відкидання пакетів для різних

моделей очікування. Розроблена схема адаптивного формувача трафіку  $M$ -го порядку з використанням модифікованого модуля прогнозування на основі предиктора Сміта. Показано, що при степеневому згладжуванні та двохкроковому прогнозуванні спостерігається зменшення інтервалу спадання частоти приблизно на 25% у порівнянні із експоненціальним згладжуванням.

2. The dissertation is devoted to the creation of methods and devices for the formation of flows of heterogeneous network traffic. It is shown that such heterogeneous traffic is self-similar (fractal). The main feature of self-similar traffic is the occurrence of rapid sporadic bursts of intensity at average and relatively low traffic intensity at long data transfer intervals. This leads to the growth of queues in the buffer memory and, as a result, overloads of switching nodes. Therefore, the task of researching and developing new methods of building traffic shaping devices with adaptation to changes in network parameters and status is urgent. The aim of the dissertation is to increase the efficiency of the functioning of telecommunication networks of new generations by eliminating overloads with hardware and software means of adaptive transformation of incoming traffic statistics. The following new scientific results were obtained in the dissertation work. 1. The model for managing the parameters of information flows in telecommunication networks has been improved. Unlike the existing models, the proposed model is built on the basis of the theory of Markov processes, which allows the analysis of self-similar traffic flows with non-Gaussian probability distributions, in particular, long-tale distributions. 2. For the first time, an algorithm for determining overloads based on the information criterion was developed. As a criterion, we suggest using the approximated entropy of time series parameters. The dependence of the entropy of distributions on the probability of successful data transmission of one of the network nodes was calculated. The influence of the distribution entropy on the required resource for data exchange is shown. 3. The method of adaptive formation of network traffic flows with indirect feedback has been improved. The method differs from the previously proposed ones in that it has a fundamentally expanded vector of control actions, as a result of which the need for an additional feedback channel is eliminated. 4. For the first time, a method of optimizing the parameters and structure of the network traffic shaper was developed with the control of the length of the intervals of exceeding the levels of the flow parameters and the introduction of an additional module for predicting the required buffer size according to changes in the intensity of incoming packets. In the first section, an analysis of the current state of the problem of design, implementation and application of network traffic shapers, prospects for the implementation of a single information space in any network controlled by a network traffic shaping system, etc., was carried out. The main causes of overloading were analyzed, based on the results of the analysis, the goal and objectives were formulated, and the mechanisms of network management were investigated, such as the management of network resources according to the standards of the TMN (Telecommunication Management Network) management concept. Mathematical models of network traffic were studied; special attention is paid to self-similar traffic statistics with slowly decreasing time and frequency dependencies and probability distributions with "heavy tails". The second section is devoted to methods of monitoring and analysis of network equipment, which are used to solve problems of managing network characteristics. A generalized model of managing the parameters of information flows in telecommunication networks has been built. Simplifying assumptions regarding the initial conditions of the network segment's functioning are formulated. An algorithm for determining network anomalies based on the entropy of time series has been developed. It is shown that the rate of growth of the required amount of memory in switching nodes increases with an increase in the Hurst parameter. The traffic shaper with variable speeds of arrival and processing of packets is considered. The methods of adaptive formation of network traffic flows and methods of setting up control structures of systems with indirect feedback, which control the parameters and structure of the shaper, are considered. A general transmission efficiency functionality with core and additional key network functions is developed. The scheme of the  $M$ -th order adaptive traffic shaper using a modified prediction module based on the Smith predictor was developed. It is shown that with power-law smoothing and two-step forecasting, there is a decrease in the frequency drop interval by approximately 25% compared to exponential smoothing.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:**

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:**

**Підсумки дослідження:**

**Публікації:**

**Наукова (науково-технічна) продукція:**

**Соціально-економічна спрямованість:**

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:**

**Зв'язок з науковими темами:**

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

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Козловський Валерій Валерійович
2. Kozlovskiy Valerii Valeriiovych

**Кваліфікація:** 05.12.13

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Не застосовується

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

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Толюпа Сергій Васильович
2. Toliupa Serhii Vasylovych

**Кваліфікація:** 05.12.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Не застосовується

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Дробик Олександр Васильович

2. Drobyk Oleksandr V.

**Кваліфікація:** 05.12.13

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Не застосовується

**Рецензенти**

## **VIII. Заключні відомості**

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

Козловський Валерій Валерійович

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

Одарченко Роман Сергійович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

**Реєстратор**

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



Юрченко Т.А.