

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 26.062.19. Національного
авіаційного університету
Козловському В.В.
03058, м. Київ, проспект Любомира
Гузара, 1.

ВІДГУК

Офіційного опонента – доктора технічних наук, професора,
завідувача кафедри кібербезпеки та комп'ютерної інженерії
Київського національного університету будівництва і архітектури,

Хлапоніна Юрія Івановича, на дисертаційну роботу

Нестеренка Миколи Миколайовича на тему:

„Методологія управління пропускнуою спроможністю та якістю
обслуговування трафіка реального часу в гетерогенних електронних
комунікаційних мережах із обхідними шляхами”

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Актуальність. На сьогоднішній день подальший розвиток електронних комунікаційних мереж у відповідності з концепцією Future networks, говорить про те, що основний акцент робиться на перехід на „all-IP” мережеві технології з можливістю інтеграції різнотипних сегментів електронної комунікаційної мережі із різнорідним мережевим обладнанням та систем сигналізації. При чому необхідно відмітити що, обслуговування трафіку реального часу вимагає використання більш складних методів для забезпечення гарантованої якості обслуговування абонентів в гетерогенній електронній комунікаційній мережі (ЕКМ).

Не зважаючи на досягнуті окремі наукові результати в цьому напрямку як вітчизняних так і зарубіжних вчених вказує на те що, спроби розробки методології управління пропускнуою спроможністю та якістю обслуговування трафіка реального часу носять фрагментарний характер. А саме, розробка моделей та методів управління розподілом потоків повідомлень при обслуговуванні трафіку реального часу вирішуються без врахування взаємодії рівнів складної гетерогенної ЕКМ, не враховують дотримання заданих показників якості обслуговування QoS трафіка реального часу, не враховують використання обхідних шляхів передачі в залежності від наявного мережевого ресурсу, структурної надмірності мережі та коливання об'ємів вхідного навантаження.

Окреслене коло питань обґрунтовує подання дисертаційної роботи Нестеренка М.М. до розгляду, оскільки вирішує актуальну науково-прикладну проблему, яка полягає в розвитку науково-методологічного апарату розподілу потоків повідомлень при використанні обхідних шляхів

передачі в складних гетерогенних електронних комунікаційних мережах за показниками пропускної спроможності та якості обслуговування трафіка реального часу з урахуванням коливання об'єму вхідного навантаження та впливу дестабілізуючих факторів.

Вирішення вище приведених проблем полягає в розробці інтеграційної архітектури на основі вимог сучасних концепцій побудови ЕКМ, а також у створенні моделей, методів управління розподілом потоків повідомлень для гарантованого обслуговування трафіку реального часу за рахунок обхідних шляхів передачі, які визначають основну мету та зміст дисертаційного дослідження, є актуальними на даному етапі розвитку складних гетерогенних ЕКМ.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Представлена на розгляд дисертаційна робота відрізняється високим ступенем наукової обґрунтованості та має послідовну і логічну побудову.

У дисертаційному дослідженні, підготовленому М.М. Нестеренком, автор спирається на результати авторитетних вчених як закордонних та і вітчизняних, що спеціалізуються на проблемах вдосконалення функціонування гетерогенних електронних комунікаційних мереж за показниками пропускної спроможності та якості обслуговування трафіка реального часу за рахунок збільшення ефективності використання наявного мережевого ресурсу з урахуванням функціональних можливостей мережі.

Для досягнення мети в дисертаційній роботі вирішувалися наступні задачі: проведено аналіз проблематики управління якістю обслуговування (QoS) трафіка реального часу в складних гетерогенних ЕКМ та особливостей побудови сучасних концепцій з урахуванням міжнародних стандартів; визначено основні вимоги до моделей, технологій, систем управління та недоліки існуючого науково-методологічного апарату управління розподілом потоків повідомлень в гетерогенних ЕКМ для забезпечення нормованих показників якості обслуговування трафіка реального часу (QoS); розроблено модель функціонування інформаційних напрямків із врахування показників пропускної спроможності та якості обслуговування (QoS) трафіка реального часу при використанні обхідних шляхів передачі в гетерогенній ЕКМ; розроблено метод оцінки пропускної спроможності ЕКМ при забезпеченні якості обслуговування (QoS) трафіка реального часу в процесі експлуатації та метод визначення достатнього мережевого ресурсу гілок ЕКМ при дотриманні заданих показників якості обслуговування (QoS) трафіка реального часу; здійснено розробку методу проектування мережі сигналізації в залежності від продуктивності програмно-функціональних блоків ядра IMS гетерогенної ЕКМ; розроблено модель визначення інтервалів опитування системою моніторингу в залежності від її структури та завантаженості гетерогенної ЕКМ; здійснено розробку рекомендацій щодо побудови інтеграційної архітектури ЕКМ шляхом використання переваг сучасних концепцій в умовах: різнорідного електронного комунікаційного середовища існуючих мереж, різнотипних систем сигналізації, коливання об'єму вхідного навантаження, обмеженого

мережевого ресурсу та впливу дестабілізуючих факторів; також сформовано, на основі розроблених моделей та методів, методологію управління пропускною спроможністю та якістю обслуговування трафіка реального часу в гетерогенних електронних комунікаційних мережах із обхідними шляхами; проведена оцінка ефективності розробленого науково-методологічного апарату шляхом імітаційного моделювання процесів обслуговування трафіка реального часу при дотриманні заданих показників якості обслуговування.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

Достовірність одержаних наукових результатів підтверджується коректним використанням математичного апарату, обґрунтованими теоретичними твердженнями, аналітичними розрахунками, а також збіжністю результатів імітаційного моделювання з аналітичною оцінкою. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується використанням апробованих математичних моделей, а достовірність отриманих результатів підтверджується результатами аналітичних розрахунків, імітаційного моделювання та комп'ютерної симуляції у тому числі для прогнозування ефективності впровадження отриманих наукових результатів.

Практичне застосування результатів досліджень підтверджується підкріплене актами впровадження, які додаються до дисертаційної роботи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

розроблена нова модель оцінки якості обслуговування трафіка реального часу із обхідними шляхами передачі в інформаційних напрямках електронної комунікаційної мережі, яка на відміну від існуючих, враховує забезпечення показників якості обслуговування (QoS) трафіка реального часу за інформаційними напрямками, при суперпозиції ймовірнісних потоків в гілках мережі, в процесі встановлення наскрізного з'єднання між абонентами при використанні обхідних шляхів передачі в гетерогенній електронній комунікаційній мережі із технологією віртуальних каналів або тунелів, згідно моделі Integrated Service;

удосконалений метод оцінки відповідності заданих показників пропускної спроможності та якості обслуговування трафіка реального часу функціонуючої електронної комунікаційної мережі, який на відміну від існуючих, використовує модель оцінки якості обслуговування трафіка реального часу із обхідними шляхами передачі в інформаційних напрямках та квазістатичний метод формування плану розподілу навантаження з урахуванням рівня навантаженості та втрат на гілках мережі, а також враховує різні типи кодеків на кінцевому обладнанні мереж із технологією віртуальних каналів або тунелів;

удосконалений метод визначення достатньої кількості мережевого ресурсу гілок електронної комунікаційної мережі із гарантованою якістю обслуговування трафіка реального часу, який на відміну від існуючих, використовує модель оцінки якості обслуговування трафіка реального часу із обхідними шляхами передачі в інформаційних напрямках та квазістатичний

метод формування плану розподілу навантаження, за найкоротшими та незалежними шляхами передачі для кожного інформаційного напрямку, в залежності від рівня навантаженості та коефіцієнту використання ресурсу гілок електронної комунікаційної мережі із технологією віртуальних каналів або тунелів;

розроблений новий метод проектування системи сигналізації гетерогенної електронної комунікаційної мережі. Новизна методу полягає в декомпозиції функцій ядра підсистеми сигналізації IMS при інтеграції різнорідних мереж сигналізації, що дозволяє розрахувати обсяг службового трафіку при його транскодуванні до стандартизованого вигляду, а також забезпечити нормовані рівні показників якості обслуговування трафіку сигналізації в залежності від структури гетерогенної електронної комунікаційної мережі, різних типів протоколів сигналізації, вхідного навантаження та кількості абонентів;

удосконалена модель визначення інтервалів опитування в системі моніторингу в залежності від завантаження гетерогенної електронної комунікаційної мережі, яка на відміну від існуючих, враховує випадковий час обслуговування службових повідомлень в буферах і портах активного мережевого обладнання та час затримки в гілках мережі для визначення допустимих значень інтервалів опитування NMS-менеджерами SNMP-агентів в залежності від ієрархічної структури мережі моніторингу, кількості NMS-менеджерів та SNMP-агентів, заданих вимог щодо оперативності збору даних про стан елементів мережі, а також резервів пропускнуєї спроможності в гілках гетерогенної електронної комунікаційної мережі.

Повнота викладу основних положень дисертації в опублікованих працях. Основні наукові положення та результати дисертаційного дослідження опубліковано в 55 наукових працях. Серед праць 24 статей у наукових журналах і збірниках наукових праць, включених до Переліку наукових фахових видань України: одне видання індексується науково-метричною базою Web of Science, чотири видання індексуються науково-метричною базою Scopus, дві статті у періодичних міжнародних виданнях. Також опубліковано: 28 тез доповідей на науково-практичних конференціях та семінарах державного та міжнародного рівнів, з них п'ять видань індексуються науково-метричною базою Scopus; 1 колективна монографія, 1 патент на корисну модель та 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір.

Практичне значення результатів дослідження полягає у наступному:

1. Розроблена інтеграційна архітектура електронної комунікаційної мережі, в основу якої покладені переваги сучасних концепцій Next Generation Network (NGN) та IP Multimedia Subsystem (IMS), комбінування яких дозволяє: провести об'єднання існуючих ЕКМ у відповідності до вимог NGN, тобто створити загальне електронно комунікаційне середовище із мереж різних технологій, різнорідного несумісного мережевого обладнання та

удосконалити ЕКМ на рівні управління та сигналізації, шляхом застосування вимог концепції IMS. А саме, інтегрувати апаратно-незалежну платформу у вигляді програмно-функціональних блоків для взаємодії різнотипних систем сигналізації.

2. Використання розробленої моделі оцінки якості обслуговування трафіка реального часу із обхідними шляхами передачі в інформаційних напрямках ЕКМ дозволить врахувати якість обслуговування (QoS) при наскрізному встановленні з'єднання між абонентами згідно моделі Integrated Service.

3. Метод оцінки відповідності заданих показників пропускної спроможності та якості обслуговування трафіка реального часу функціонуючої електронної комунікаційної мережі дозволяє, підвищити пропускну спроможність при виконанні заданих показників якості обслуговування (QoS) трафіку реального часу за рахунок ефективного використання мережевого ресурсу ЕКМ з обхідними шляхами передачі. Виграш за показником якості обслуговування (QoS) в інформаційному напрямку складає 30%; за показником пропускної спроможності в середньому складає 16–18%, в залежності від розмірності та зв'язності мережі.

4. Метод визначення достатньої кількості мережевого ресурсу гілок електронної комунікаційної мережі із гарантованою якістю обслуговування трафіка реального часу дозволяє, визначити необхідний мережевий ресурс в гілках ЕКМ, який забезпечить нормовану якість обслуговування трафіка реального часу в інформаційних напрямках за рахунок використання не менше двох незалежних шляхів передачі з урахуванням завантаженості гілок мережі в процесі формування плану розподілу навантаження. Виграш за показником якості обслуговування в інформаційному напрямку складає 35 %; виграш за показником коефіцієнта використання мережевого ресурсу в гілках мережі збільшується в 1,15 рази; виграш за показником пропускної спроможності 19–20 %, в залежності від розмірності та зв'язності мережі.

5. Метод проектування системи сигналізації гетерогенної електронної комунікаційної мережі, дозволяє сформулювати вимоги до необхідної кількості мережевого ресурсу мережі сигналізації із врахуванням трасування різних типів протоколів сигналізації, а також визначити необхідну кількість та продуктивність програмно-функціональних блоків ядра IMS в системі сигналізації. Виграш, при впровадженні рівня IMS, за показником середнього часу відклику системи (RTT) складає 15% в порівнянні із класичною IP мережею, а використання доменної структури IMS дозволяє отримати виграш в середньому на 19%.

6. Застосування моделі визначення інтервалів опитування в системі моніторингу в залежності від завантаження гетерогенної електронної комунікаційної мережі, дозволяє визначити допустимі значення інтервалу опитування SNMP-агентів при налаштуванні NMS-менеджерів в залежності: від структури та конфігурації системи моніторингу, а також заданих вимог щодо оперативності збору даних про стан елементів мережі.

7. Представлені моделі, методи, а також імітаційні моделі процесу обслуговування трафіка реального часу дозволяють сформулювати вимоги щодо інтеграційної архітектури ЕКМ та забезпечити нормовані показники QoS трафіка реального часу при використанні технологій Traffic Engineering в умовах перевантажень.

Наведені наукові результати застосовані та успішно впроваджені у науково-дослідні роботи: шифр „КОНУС” (ДР № 0118U000034т) Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут та „Інформаційна та авіаційна безпека об'єктів критичної інфраструктури” (ДР № 0119U102297) Національного авіаційного університету, а також в освітній процес Навчально-наукового інституту телекомунікаційних систем Національного технічного університету „Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” та в освітній процес Національного авіаційного університету.

У додатку до дисертаційної роботи включені документи, які підтверджують фактичне використання та валідацію науково-практичних результатів дослідження. Всі реалізації отриманих результатів відображені в відповідних актах.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності і відповідності встановленим вимогам. Дисертаційне дослідження автора є індивідуальною, оригінальною та закінченою науковою працею, яка успішно вирішує актуальну наукову проблему

Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації становить 322 сторінки, із них 253 сторінки – основного тексту. Робота містить 113 рисунків, 20 таблиць, 3 додатки. Список використаних джерел налічує 209 найменувань.

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету та наукову проблему дослідження, наукову новизну і практичне значення отриманих результатів. Відображено відомості про апробацію та впровадження результатів дослідження, конкретизовано особистий внесок автора у працях, написаних у співавторстві.

В першому розділі проведено аналіз сучасного стану ЕКМ при обслуговуванні трафіку реального часу, визначено недоліки існуючої інформаційно-комунікаційної системи та обмеженість існуючого науково-методологічного апарату, щодо забезпечення заданих показників пропускнуої спроможності та якості обслуговування трафіку реального часу в умовах різноманітного мережевого обладнання та різноманітних систем сигналізації, коливання об'єму вхідного навантаження, обмеженого мережевого ресурсу та впливу дестабілізуючих факторів.

В результаті аналізу та визначення переваг сучасних концепцій NGN та IMS для побудови (модернізації) інформаційно-комунікаційної системи розроблена інтеграційна архітектура ЕКМ, яка дозволяє створити загальне електронне комунікаційне середовище із різноманітних мереж. А також, об'єднати різноманітні системи сигналізації для забезпечення нормованих показників QoS трафіка реального часу.

У другому розділі здійснено постановку проблеми управління розподілом повідомлень трафіка реального часу, трафіка сигналізації та моніторингу для забезпечення показників пропускної спроможності та якості обслуговування в гетерогенних ЕКМ при використанні технологій Traffic Engineering (TE).

Запропоновано узагальнену модель системи управління (СУ) трафіком реального часу ЕКМ, розглянуті принципи, функції, задачі управління при використанні моделей QoS та методів TE, запропонована схема функціонування системи управління трафіком реального часу в процесі забезпечення заданих показників якості обслуговування QoS. Формалізовано опис та запропоновано схему системного аналізу і синтезу методів управління розподілу повідомлень на різних рівнях інтеграційної архітектури ЕКМ з обхідними шляхами передачі в інформаційних напрямках.

У третьому розділі розроблено нову модель оцінки якості обслуговування трафіка реального часу із обхідними шляхами передачі в інформаційних напрямках ЕКМ та удосконалено метод оцінки відповідності заданих показників пропускної спроможності та якості обслуговування трафіка реального часу функціонуючої ЕКМ.

Розроблена модель дозволяє визначити якість обслуговування для будь-якого інформаційного напрямку ЕКМ, що має декілька найкоротших та незалежних шляхів передачі (мінімум два шляхи передачі) із врахуванням суперпозиції та типів ймовірнісних потоків на гілках мережі при обслуговуванні трафіка реального часу. В свою чергу, удосконалений метод дозволяє проводити оцінку пропускної спроможності ЕКМ із забезпеченням нормованих показників якості обслуговування QoS трафіка реального часу та визначати доступні резерви пропускної спроможності в інформаційних напрямках та у гілках мережі із технологією віртуальних каналів або тунелів.

У четвертому розділі здійснено удосконалення методу визначення достатньої кількості мережевого ресурсу гілок електронної комунікаційної мережі із гарантованою якістю обслуговування трафіка реального часу, за рахунок використання декількох шляхів передачі в кожному інформаційному напрямку для розподілу навантаження трафіка реального часу.

Суть удосконаленого методу полягає в тому, що він визначає необхідні показники якості обслуговування трафіка реального часу в гілках ЕКМ та обґрунтовує достатній мережевий ресурс гілок мережі із технологією віртуальних каналів або тунелів, а також формує план розподілу навантаження, що забезпечує дотримання нормованих показників (QoS) трафіка реального часу в інформаційних напрямках, застосовується на етапі планування. Також для усунення невизначеностей в процесі формування плану розподілу навантаження, у випадку рівнозначних за кількістю транзитів шляхів передачі, була використана розроблена аналітична модель коефіцієнта використання мережевого ресурсу гілок ЕКМ.

У п'ятому розділі проведено аналіз сучасних протоколів VoIP та особливості роботи протоколу SNMP та розроблено науково-методологічний апарат, що дозволяє обґрунтувати вимоги до елементів системи сигналізації згідно концепції IMS та системи моніторингу складної гетерогенної ЕКМ.

В результаті був розроблений метод проектування системи сигналізації гетерогенної електронної комунікаційної мережі, який дозволяє визначити достатній мережевий ресурс для трафіку сигналізації в ядрі IMS гетерогенної ЕКМ та провести обґрунтування необхідної продуктивності та кількості програмно-функціональних блоків системи сигналізації.

Також удосконалена модель визначення інтервалів опитування в системі моніторингу в залежності від завантаження гетерогенної ЕКМ. Дана модель дозволяє провести обґрунтування максимально допустимого обсягу службового трафіку системи моніторингу в залежності від значення інтервалу опитування NMS-менеджерами SNMP-агентів та функціонуючого корисного навантаження трафіка реального часу в гілках гетерогенної ЕКМ.

У шостому розділі проведена оцінка ефективності розробленого науково-методологічного апарату в порівнянні з існуючим за відомими показниками із врахуванням зазначених особливостей розробленої інтеграційної архітектури ЕКМ та особливостей функціонування системи сигналізації та моніторингу.

В результаті було проведено аналітичне та імітаційне моделювання процесу обслуговування трафіка реального часу на різних рівнях гетерогенної електронної комунікаційної мережі. Адекватність розробленого аналітичного науково-методологічного апарату підтверджується шляхом проведення імітаційного моделювання обслуговування трафіку реального часу в мережевому симуляторі дискретних подій NS 2, щодо доцільності використання обхідних шляхів передачі для балансування навантаження в мережі. Також була проведена оцінка ефективності впровадження ядра IMS на рівні управління, при обслуговуванні трафіка сигналізації, на основі розробленої імітаційної моделі в емуляторі комп'ютерної мережі Mininet з графічним інтерфейсом MiniEdit для різних умов функціонування.

Висновки до роботи містять узагальнену інформацію щодо ключових отриманих результатів, оцінку отриманих переваг і недоліків у порівнянні з існуючими аналогами. Відображають значний і теоретичний рівень отриманих результатів. Зміст та висновки роботи свідчить про те, що поставлене завдання є виконаним в повній мірі.

Послідовність та оформлення викладу матеріалів, наукових положень й висновків відповідає вимогам до дисертаційного дослідження та забезпечує їхнє сприйняття й розуміння фахівцями галузі управління ресурсами електронних комунікаційних мереж. В дисертації достатньою мірою наведено графічний та табличний матеріали результатів дослідження.

Автореферат та основні положення дисертації за змістом є ідентичними. Автореферат достатньою мірою висвітлює основні наукові та практичні положення дисертаційної роботи.

Дисертація є завершеною науковою працею.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.

1. Параграф 1.3. дисертаційної роботи присвячений аналізу напрямків удосконалення системи управління трафіком реального часу в інформаційно-комунікаційній системі на основі сучасних концепцій побудови електронних

комунікаційних мереж. Проте запропонована інтеграційна архітектура на основі переваг NGN та IMS (рис. 1.9, стор. 62) налічує чотири рівня, що відповідає більш раннім концепціям побудови мереж. Не повністю розкриті питання, яким чином запропонована інтеграційна архітектура ЕКМ, буде сумісною при переході на більш сучасні мережеві технології на транспортному рівні та рівні мереж доступу.

2. В роботі розглядається задача управління потоками повідомлень трафіка реального часу при використанні обхідних шляхів передачі в інформаційних напрямках для ефективного використання наявного мережевого ресурсу, відповідно до формалізованої постановки задачі дисертаційного дослідження. Який фізичний сенс несуть параметри в отриманому виразі (вираз 2.1, стор. 94) щодо забезпечення заданих показників якості обслуговування QoS при використанні залежних шляхів передачі?

3. Для запропонованого удосконаленого методу оцінки відповідності заданих показників пропускної спроможності та якості обслуговування трафіка реального часу функціонуючої ЕКМ (пункт 3.2.), доцільно було б показати особливості використання статичного та квазістатичного методів формування плану розподілу навантаження.

4. В дисертаційній роботі представлена аналітична модель коефіцієнта використання мережевого ресурсу гілок ЕКМ (пункт 4.1.), яка дозволяє застосовувати евристичні правила на етапі формування плану розподілу навантаження. В такому випадку варто було б конкретизувати умови її використання при однакових значеннях функціонуючого навантаження на гілках мережі в рівнозначних по кількості транзитів шляхах передачі.

5. В методі проектування системи сигналізації гетерогенної електронної комунікаційної мережі (підрозділ 5.2.) не розглянуто питання масштабування ядра IMS в залежності від розрахункових спроможностей апаратної частини серверного обладнання в залежності від вхідного навантаження абонентів сегментів мережі із різними протоколами сигналізації.

6. В роботі (підрозділ 6.1. рис. 6.10 – 6.15) представлені результати експериментів моделювання обслуговування трафіка реального часу на імітаційних моделях в NS2, при корегуванні плану розподілу навантаження. Не повністю розкриті питання в якій мірі це впливатиме на основні мережеві параметри та як враховувався час щодо зміни шляхів передачі в процесі перерозподілу навантаження.

Зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку отриманих автором наукових результатів

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Нестеренка Миколи Миколайовича на тему „Методологія управління пропускною спроможністю та якістю обслуговування трафіка реального часу в гетерогенних електронних комунікаційних мережах із обхідними шляхами” включає оригінальні авторські, науково обґрунтовані результати, що успішно адаптовані для практичного використання в сфері електронних комунікацій. Всі результати,

отримані здобувачем, вирішують актуальну науково-прикладну проблему щодо підвищення пропускної спроможності та якості обслуговування складних гетерогенних електронних комунікаційних мереж за рахунок збільшення ефективності використання наявного мережевого ресурсу шляхом впровадження нового науково-методологічного апарату розподілу потоків повідомлень при управлінні порядком використання обхідних шляхів передачі в інформаційних напрямках в залежності від структурної надмірності.

Запропонована дисертаційна робота представляє собою закінчену наукову працю на сучасну тему, яка містить нові, науково обґрунтовані теоретичні та практичні відкриття і концепції, що відображають особистий науковий внесок автора в цю галузь.

Дисертаційна робота Нестеренка М.М. на тему „Методологія управління пропускною спроможністю та якістю обслуговування трафіка реального часу в гетерогенних електронних комунікаційних мережах із обхідними шляхами” відповідає паспорту спеціальності 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі, вимогам пункту 9, 10, 12 „Порядку присудження наукових ступенів” затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, зі змінами, внесеними згідно Постанови Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015р. № 656, а також на підставі Постанови Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197 “Деякі питання присудження (позбавлення) наукових ступенів”, які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора наук, а її автор, Нестеренко Микола Миколайович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за науковою спеціальністю 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент

Завідувач кафедри кібербезпеки та комп'ютерної інженерії

Київського національного університету будівництва і архітектури

доктор технічних наук, професор
„_____” _____ 2024 р.

Юрій ХЛАПОНІН

Підпис Хлапоніна Ю.І. засвідчую:

Секретар Вченої ради

Київського національного університету
будівництва і архітектури



Микола КЛИМЕНКО