

---

Україна, 03058, Київ, пр. Любомира Гузара, 1

### ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Савченко Аліни Станіславівни «Методи розподіленого управління корпоративними комп'ютерними мережами», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

**Актуальність теми дисертаційної роботи та зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота, що розглядається, присвячена розробці методів організаційного управління комп'ютерними мережами, які призначені для застосування у різних сферах людської діяльності за умов обмежень на ресурси. Актуальність теми дисертаційних досліджень підтверджується наступними міркуваннями.

Ресурси інформаційно-комунікаційних та обчислювальних систем будь-якого масштабу та призначення завжди обмежені. Спроби їх розширення, як правило, малоефективні. Більш того, після збільшення ресурсу системи користувачі відразу починають розробляти нові ресурсоємні застосунки, які спершу здаються більш зручними та універсальними, але дуже швидко призводять до вичерпування наявного ресурсу. Сучасний стан інформаційних систем такий, що їх просторово-частотні, часові та енергетичні ресурси об'єктивно знаходяться на грані природних обмежень, обумовлених фундаментальними законами фізики. Тому ефективне використання наявного ресурсу полягає не в простому його зростанні, а в оптимальному розподілі наявного на даний час ресурсу між користувачами. Але адміністратори та менеджери інформаційних систем просто не в змозі організувати оптимальне управління інформаційною системою як керованим об'єктом та підтримувати його на належному рівні хоча б впродовж робочої зміни, оскільки вони постійно оплутані низкою дрібних проблем, що виникають раптово й потребують негайної реакції та усунення. Тільки автоматизована система управлін-

ня (система «людина-машина») здатна постійно керувати ресурсом інформаційної системи та оптимально розподіляти його між користувачами, кількість яких та складність запитів на обслуговування є випадковим за визначенням.

З урахуванням наведених міркувань можна стверджувати, що тема дисертаційної роботи А.С. Савченко, присвяченої розв'язанню проблеми розподіленого оптимального управління інформаційними системами як об'єктами керування і як великими та складними системами, є **актуальною**.

Дисертаційна робота безпосередньо пов'язана з «Основними науковими напрямами та найважливішими проблемами фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук НАН України на 2019–2023 роки», виконана в межах наукового напрямку «Нові комп'ютерні засоби та технології інформатизації суспільства» визначеного пріоритетним у переліку актуальних проблем Міністерством освіти і науки України, концепції «Програми інформатизації НАН України на 2020-2024 роки за основними її напрямами». Теоретичні і практичні положення дисертаційної роботи були використані в науково-дослідних роботах, які виконувались у Національному авіаційному університеті

**Ступінь новизни, обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.** Ознайомлення зі змістом дисертації, основними публікаціями та авторефератом дозволяє визнати, що мету дослідження досягнуто. Це знайшло відображення в основних положеннях роботи, які сформульовані автором особисто і характеризуються такою науковою новизною:

1) *удосконалено* метод аналізу статистичних характеристик та моделі потоків вимог різнорідного мережного трафіку з маркуванням (пріоритизацією) потоків, сумарних та проріджених потоків, які завдяки урахуванню самоподібності сучасного трафіка та використанню диференціальної ентропії відповідних розподілів, дозволяє отримувати оцінки прогнозованого навантаження на мережу та відповідно налаштовувати параметри регуляторів системи управління;

2) *вперше* розроблено метод оптимального управління комп'ютерною мережею, який завдяки застосуванню модифікованого критерію узагальненої роботи О. А. Красовського з використанням інформаційної функції втрат дає можливість знаходити оптимальні управління для складеної мережі в реальному часі;

3) *вперше* розроблено метод управління сталістю системи, який завдяки монотонно-повільному поверненню особливих точок (полісів) передатної функції в область сталості забезпечує зменшення варіабельності перехідних процесів у системі управління та дозволяє забезпечувати стійкий стан системи при випадкових затримках сигнальної та управляючої інформації;

4) *удосконалено* математичну модель у вигляді передаточної функції мережного вузла як керованого об'єкту, яка, на відміну від відомих, враховує наявність затримок сигнальної і управляючої інформації, що забезпечує оптимальний вибір постійної часу реакції керованого об'єкта;

5) *удосконалено* метод передачі сигнальної та управляючої інформації, який завдяки визначенню оптимальної розподіленої ієрархічної структури управління та здійсненню транспорту управляючої інформації в автономному сегменті на канальному рівні, дозволяє скоротити час доставки службової інформації на 25%;

6) *вперше* розроблено метод оцінки ефективності системи управління розподіленою комп'ютерною мережею, який в якості умовного критерію ефективності визначає рівень бітових помилок та затримок пакетів, що дозволяє оцінити якість роботи системи управління по її впливу на продуктивність мережі;

7) *вперше* розроблено інформаційну технологію управління корпоративною комп'ютерною мережею, яка за рахунок етапів ідентифікації, прогнозування, вибору оптимальної стратегії управління стосовно до великої інформаційно-обчислювальної мережі з різноманітним обладнанням (складеної мережі), різними фізичними каналами доставляння даних, дає можливість досягнення цільових показників *QoS* для різних сервісів при мінімальних затратах інформаційного ресурсу (мінімум сигнальної та управляючої інформації) необхідних для цього.

Достовірність та обґрунтованість наукових результатів, отриманих здобувачем, забезпечується коректною постановкою задач, що розв'язуються, використанням при цьому вихідних даних, які отримані із застосуванням апробованого математичного апарату та підкріплюється результатами експериментальних досліджень. На користь достовірності результатів роботи свідчать акти використання та впровадження отриманих результатів у науково-виробничих організаціях та навчальному процесі.

**Практичне значення наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації** обумовлено тим, що запропоновані моделі і мето-

ди є науково-методологічною основою для розробки інформаційної технології створення систем управління корпоративними комп'ютерними мережами з використанням нових методів розподіленого управління наявними мережними ресурсами в умовах затримки сигнальної та управляючої інформації.

Безпосередньо практичне значення підтверджено низкою впроваджень отриманих результатів, а саме:

- розроблене алгоритмічне забезпечення відповідно до методу аналізу статистичних характеристик трафіку для потоків вимог різнорідного мережного трафіку, яке дозволяє отримувати оцінки прогнозованого навантаження на мережу, та відповідно до моделі мережного вузла, як керованого об'єкту, яке дозволяє розраховувати оптимальне значення часу реакції мережного вузла залежно від часу затримки доставки даних, впроваджено в ККМ ТОВ «Об'єднання ЮГ»;

- розроблене алгоритмічне забезпечення відповідно до методу управління сталістю системи, яке дозволяє переводити систему до стійкого стану шляхом розрахунку та застосування нових коефіцієнтів зворотного зв'язку, впроваджено у дата-центрі ТОВ «Об'єднані мережі України»;

- запропоновані патентні рішення щодо системи управління телекомунікаційною мережею впроваджені у Національному бюро з розслідування авіаційних подій та інцидентів з цивільними повітряними суднами.

- розроблене алгоритмічне забезпечення відповідно до інформаційної технології управління мережею та методу оптимального управління впроваджено у ПАТ «Укртелеком», дата-центрі ТОВ «Об'єднані мережі України», ТОВ «Головне підприємство обробки польотних даних».

Результати дисертаційної роботи пропонується використовувати науково-дослідним організаціям, підприємствам та телекомунікаційним операторам, дата-центрам України та інших країн при побудові високоефективних корпоративних комп'ютерних мереж та їх систем управління, а також для підвищення ефективності існуючих мереж.

**Повнота викладу основних положень дисертації в опублікованих працях.** Основні результати дисертації досить повно викладені в друкованих працях у фахових виданнях та досить детально доповідались та обговорювались на конференціях та семінарах. Зокрема, за тематикою роботи авторка має 47 публікацій (22 з яких одноосібні), у тому числі 20 наукових статей в фахових журналах за пе-

реліком МОН України, 3 наукові статі у журналах, індексованих у МНБ Scopus, 2 одноосібних патенти на корисну модель, 2 наукові статті у зарубіжних журналах, 19 тез і матеріалів доповідей на міжнародних конференціях, 1 з яких входять до МНБ Scopus, 1 монографія.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеності й оформлення.** Дисертаційна робота Савченко Аліни Станіславівни складається з анотації, списку скорочень, вступу, змісту, семи розділів, висновків та додатків. Робота містить актуальність теми, чітке формулювання мети, проблеми та завдань дослідження, наукової новизни роботи та положень, що виносяться на захист. В цілому назва дисертації відповідає її змісту та відбиває суть розв'язаної науково-прикладної проблеми. Автореферат відповідає змісту дисертаційної роботи та досить повно розкриває основні наукові та практичні результати, отримані здобувачем. Мова дисертації ясна та чітка, дисертантка вільно володіє науковою та технічною термінологією в області інформаційних технологій, мереж та комп'ютерних систем.

**Зауваження до дисертаційної роботи.** В процесі ознайомлення з роботою позитивне враження справила практична спрямованість досліджень. Але при цьому виникли такі зауваження та недоліки:

1. При аналізі статистичних характеристик різномірного трафіку у третьому розділі роботи констатується факт самоподібності трафіку без конкретизації можливих типів розподілів з важкими хвостами та повільно убуюючих залежностей.

2. Авторкою розглянуті сумарні та проріджені потоки різномірного трафіку, в тому числі й марковані потоки. На жаль, статистичні характеристики таких потоків у роботі не наведені.

3. У роботі застосований інформаційно-ентропійний підхід для розрахунку показників продуктивності мережі. З цим можна було б погодитися, якщо процеси, що досліджуються, є стаціонарними хоча б в широкому сенсі. Але, на жаль, доказів стаціонарності у роботі не наводиться.

4. При застосуванні функціоналу узагальненої роботи О.А. Красовського використовується інформаційна функція втрат. Виникає питання: як традиційні витрати на управління пов'язані з інформаційними витратами.

5. Сталість системи при затримках сигнальної та управляючої інформації забезпечується шляхом примусового введення полюсів до одиничного кола. Од-

нак у цифрових системах при переході особливої точки через границю одиничного кола можуть виникати коливання переповнення. Це питання, нажаль, у роботі не розглянуто.

6. У роботі відмічено, що зі збільшенням затримок система стає нестійкою при все менших коефіцієнтах зворотного зв'язку. Ясно, що колись ці коефіцієнти можуть стати настільки малими, що система управління взагалі не буде впливати на стан керованого об'єкту. Слід було б навести оцінку граничних значень затримок, вище яких необхідно змінювати структуру системи управління, наприклад, переходити до каскадних схем.

7. У третьому та шостому розділах детально розглянуті характеристики маршрутизаторів як універсальних пристроїв, які можуть виконувати як основну функцію маршрутизації, так і допоміжні функції пакетного фільтру, міжмережного екрану або транслятора мережних адрес. Однак у кінці шостого розділу несподівано пішла мова про комутатор.

**Відповідність дисертації встановленим вимогам і загальні висновки.** Зазначені недоліки суттєво не впливають на загальне позитивне враження від роботи, не зменшують її якості, а також наукової та практичної цінності. Вони не є визначальними і можуть бути враховані як напрямки подальших досліджень.

Під час вивчення та аналізу дисертаційної роботи **випадків порушення академічної доброчесності** виявлено не було.

На підставі детального ознайомлення з дисертацією, авторефератом та основними публікаціями вважаю, що дисертаційна робота є завершеним самостійним науковим дослідженням, яка об'єднує усі необхідні елементи: коректну і обґрунтовану постановку мети і задач досліджень, детальний аналіз відомих наукових результатів у досліджуваній галузі, обґрунтований вибір шляху досягнення поставленої мети та використаного математичного апарату, а також експериментальні підтвердження теоретичних положень та впровадження результатів дисертаційної роботи. Дисертаційна робота Савченко А. С. «Методи розподіленого управління корпоративними комп'ютерними мережами» є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності розв'язують актуальну науково-прикладну проблему щодо підвищення ефективності функціонування корпоративних комп'ютерних мереж у сенсі збільшення корисної пропу-

