**ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка Київського столичного університету імені Бориса Грінченка

**Довженко Надії Михайлівни**

на дисертаційну роботу **Читуляна Вадима Олеговича** на тему «Інформаційні технології автоматизованого проектування обчислювальних систем для корпоративних структур»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

## 1. Актуальність теми дисертації

Діяльність сучасних корпоративних структур, зокрема банківських і фінансових установ, телекомунікаційних операторів та освітніх платформ, залежить від обчислювальних систем, які розгортаються у хмарних і гібридних середовищах та працюють за змінного навантаження. До таких систем одночасно висуваються жорсткі вимоги щодо продуктивності, безперервності функціонування та безпеки, тому конфігурацію ресурсів, механізми забезпечення стійкості й архітектуру захисту необхідно обґрунтовувати кількісно ще до введення системи в експлуатацію.

Наявні засоби автоматизованого проєктування оцінюють зазначені властивості окремими моделями на різних етапах життєвого циклу. Прогнозування продуктивності здебільшого спирається на адитивні моделі впливу параметрів, які не відтворюють нелінійних взаємодій у просторі «конфігурація – навантаження» і не дають відкаліброваної оцінки невизначеності прогнозу, а функціональна стійкість забезпечується переважно реактивно. З позицій інформаційної безпеки слід окремо відзначити, що засоби захисту на практиці часто додаються до вже обраної архітектури, а обмежені ресурси безпеки розподіляються між компонентами без належного кількісного обґрунтування. Звідси виникає наукова суперечність між зростанням вимог до обчислювальних систем

корпоративних структур і можливостями засобів їх автоматизованого проєктування.

Таким чином, дисертаційна робота Читуляна В. О. «Інформаційні технології автоматизованого проектування обчислювальних систем для корпоративних структур», спрямована на сурогатне прогнозування продуктивності з відкаліброваною оцінкою невизначеності, інтегроване забезпечення функціональної стійкості в режимі реального часу та багатокритеріальне проєктування відмовостійкої й захищеної архітектури, є своєчасною, теоретично обґрунтованою та має безпосереднє практичне спрямування.

## 2. Ступінь обґрунтування наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність

Аналіз дисертаційного дослідження Читуляна В. О. та публікацій за його темою дозволяє зробити висновок про належний рівень обґрунтованості та достовірності викладених наукових положень і сформульованих висновків. Отримані результати ґрунтуються на коректному використанні апарату теорії ймовірностей і математичної статистики, гаусівської процесової регресії та машинного навчання, теорії масового обслуговування, методів статистичного контролю процесів і дисперсійного аналізу, математичного програмування й теорії графів, багатокритеріальної оптимізації, теорії надійності та методів оцінювання ризиків.

Достовірність результатів підтверджено експериментальною верифікацією засобами комп'ютерного моделювання, у якій кожен із запропонованих методів порівнювався з коректно визначеною базовою альтернативою на тих самих фізично обґрунтованих синтетичних даних. Усі експерименти є детермінованими й відтворюваними, а живучість і плавну деградацію додатково перевірено статистичним моделюванням методом

Монте-Карло та на цифровому двійнику. Позитивно слід оцінити й те, що автор чітко окреслив межі застосовності отриманих результатів.

Загальна оцінка змісту дисертаційної роботи підтверджує, що наукове дослідження виконано автором самостійно та є ґрунтовною, аргументованою й комплексною кваліфікаційною працею з чіткою та логічно вибудуваною структурою.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, є достатньо обґрунтованими та достовірними.

### 3. Повнота викладення основних результатів в опублікованих наукових працях

Основні результати дисертаційного дослідження опубліковано в 13 наукових публікаціях. У тому числі:

- 2 наукові статті у неперіодичних наукових виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus;
- 5 наукових статей у періодичних виданнях України, включених до «Переліку наукових фахових видань України»;
- 6 тез доповідей та матеріалів наукових конференцій.

Основні положення дисертації доповідалися на шести міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях, де отримали позитивну оцінку.

Внесок автора у роботи, опубліковані у співавторстві, достатньою мірою конкретизовано в переліку наукових праць. На захист дисертації виносяться авторські розробки.

### 4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації

*Теоретичне значення результатів дисертації.* Сукупність наукових положень, розроблених у дисертаційній роботі Читуляна В. О., формує

узгоджений апарат автоматизованого проєктування обчислювальних систем для корпоративних структур, який охоплює життєвий цикл системи від вибору конфігурації за продуктивністю через забезпечення функціональної стійкості в експлуатації до проєктування відмовостійкої й захищеної архітектури.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше розроблено метод автоматизованого проєктування обчислювальних систем на основі сурогатної моделі гаусівської процесової регресії, яка, на відміну від адитивних моделей впливу, апроксимує нелінійну поверхню відгуку у просторі «конфігурація – навантаження» та забезпечує оцінювання невизначеності прогнозу за допомогою відкаліброваних довірчих інтервалів; удосконалено інформаційну технологію забезпечення функціональної стійкості адаптивної корпоративної інформаційної системи, яка інтегрує статистичний моніторинг аномалій, прогнозування поведінки методами машинного навчання, оптимізацію інформаційних потоків та оцінювання ризиків у єдиний контур керування; набули подальшого розвитку метод та інформаційна технологія структурно-параметричного проєктування відмовостійких і захищених розподілених обчислювальних систем корпоративних структур, які використовують результати двох попередніх складових у поєднанні з багатокритеріальною оптимізацією розподілу ресурсів безпеки з урахуванням живучості, адаптивності та плавної деградації.

*Практичне значення результатів дисертації.* Розроблений метод сурогатного моделювання реалізовано у вигляді програмного засобу, який забезпечує апроксимацію поверхні відгуку продуктивності з коефіцієнтом детермінації 0,970 проти 0,381 в адитивної моделі та відкалібровані довірчі інтервали з покриттям 1,00 за очікуваної похибки калібрування 0,055 і дозволяє досягти заданого порогу точності за 75 натурних вимірювань замість 720, тобто скоротити їх обсяг на 89,6%. Застосування удосконаленої інформаційної технології забезпечення функціональної стійкості підвищує

індекс функціональної стійкості з 0,917 до 0,996 і значення цільової функції стійкості з 0,481 до 0,681, повністю усуває недообслуговування інформаційних потоків під час відмов (з 6,0% до 0,0%), забезпечує прогнозування навантаження із середньою абсолютною відсотковою похибкою 5,2% і знижує втрати від часу реагування на 53,5%. Метод та інформаційна технологія структурно-параметричного проєктування дозволяють на етапі проєктування підвищити допустиму частку втрати компонентів із 40% до 70% за умови плавної деградації, знизити інтегральний ризик системи з 1,769 до 0,722, тобто на 59%, підвищити індекс безпеки відмовостійкої основи з 0,103 до 0,736 та обрати збалансовану архітектуру за найвищим композитним критерієм 0,896.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в Інституті програмних систем НАН України для обґрунтування проєктних рішень щодо конфігурування, функціональної стійкості та захищеності обчислювальної інфраструктури інформаційно-аналітичних систем установи, а також у навчальний процес Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій у дисциплінах «Технології проектування комп'ютерних систем», «Архітектура інформаційних систем» і «Паралельні та розподілені обчислення», що підтверджено актами впровадження. ТОВ «Байт Орчард Консалтінг» надало статистичне підтвердження отриманих результатів.

Дисертаційна робота виконана в межах науково-дослідної роботи «Підвищення ефективності процесу управління 3D принтером з використанням методів машинного навчання» (державний реєстраційний номер РК 0124U001849, ДУІКТ) та госпдоговірної науково-дослідної роботи «Комплексна інформаційно-аналітична система дослідження освітніх траєкторій і професійної реалізації випускників».

## 5. Відповідність дисертаційної роботи встановленим вимогам

Дисертаційна робота Читуляна В. О. «Інформаційні технології автоматизованого проектування обчислювальних систем для корпоративних структур» є кваліфікованою науковою працею.

Робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 168 найменувань та чотирьох додатків, її загальний обсяг становить 220 сторінок, з них 166 сторінок основного тексту. Текст викладено українською мовою в науковому стилі. У дисертації логічно та послідовно сформульовано мету та задачі дослідження, визначено об'єкт і предмет, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Використані джерела відповідають тематиці дисертації та оформлені згідно з установленими вимогами. Це дозволяє стверджувати, що робота виконана відповідно до вимог і норм до дисертаційних робіт за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

## 6. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

Автор дисертації Читулян В. О. під час виконання роботи дотримувався принципів і норм академічної доброчесності.

За результатами перевірки дисертаційної роботи на наявність академічного плагіату встановлено коректність посилань на першоджерела для текстових та ілюстративних запозичень, що дозволяє зробити висновок про відсутність порушень академічної доброчесності та дотримання здобувачем усіх необхідних принципів і норм. Наукові положення, методичні та прикладні розробки, висновки отримані особисто здобувачем.

## 7. Дискусійні положення та зауваження

Поряд з позитивною оцінкою дисертаційної роботи, за результатами її вивчення необхідно висловити наступні дискусійні положення та зауваження.

1. У четвертому розділі механізми забезпечення захищеності (архітектура нульової довіри, постквантова криптографія, адаптивне виявлення загроз) описано переважно на концептуальному рівні, а в модель розподілу ресурсів безпеки вони входять через узагальнені показники ефективності, вартості та часу впровадження засобів захисту. Було б доцільно навести рекомендації щодо визначення цих показників для конкретних засобів захисту, наприклад за статистикою інцидентів або за результатами тестування на проникнення.

2. У моделі ймовірності успішної атаки, викладеній у підрозділі 4.3, класи компонентів розглядаються як окремі об'єкти впливу, а загострення загроз враховується узагальненим множником. Разом з тим, заслуговує на увагу питання врахування багатоетапних атак, за яких компрометація одного класу компонентів, наприклад крайових вузлів, підвищує ймовірність успіху атаки на суміжні класи.

3. У третьому розділі розроблена інформаційна технологія забезпечення функціональної стійкості містить власну складову статистичного моніторингу та оцінювання ризиків. Варто було б детальніше висвітлити питання її взаємодії з наявними в корпоративних структурах засобами моніторингу подій безпеки (SIEM-системами) та формат обміну даними з ними, що покращило б практичне впровадження технології службою експлуатації.

4. Вибір архітектури в методі структурно-параметричного проєктування виконується за композитним критерієм, вагові коефіцієнти якого задає особа, яка приймає рішення. Висновки п'ятого розділу були б переконливішими,

якби автор навів аналіз чутливості рейтингу кандидатних архітектур до зміни вагових коефіцієнтів у допустимих межах.

Висловлені зауваження мають дискусійний характер, не стосуються основних наукових положень, винесених на захист, і не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

**8. Загальний висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам**

Вивчення дисертації, анотації та публікацій за темою дослідження дозволяє зробити висновок, що дисертаційна робота Читуляна Вадима Олеговича «Інформаційні технології автоматизованого проектування обчислювальних систем для корпоративних структур» за змістом і структурою є цілісною, самостійно виконаною кваліфікаційною науковою працею. У ній наведено науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які дозволяють кількісно обґрунтувати конфігурацію та архітектуру обчислювальної системи ще до її розгортання з урахуванням продуктивності, функціональної стійкості, надійності та безпеки функціонування.

Отримані результати та запропоновані дисертантом рішення, висновки і рекомендації є достовірними та обґрунтованими, що підтверджується коректним використанням математичного апарату та результатами комп'ютерного моделювання. Опубліковані наукові праці, серед яких статті у фахових виданнях України та у виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus, повною мірою відображають зміст дисертації, головні результати дослідження, наукову новизну та практичне значення роботи.

Мета та завдання, поставлені у дисертаційній роботі, в цілому досягнуті та вирішені. За змістом, оформленням, актуальністю, обґрунтованістю вирішення наукових проблем, рівнем наукової новизни, теоретичним та практичним значенням одержаних результатів представлена дисертаційна

робота «Інформаційні технології автоматизованого проектування обчислювальних систем для корпоративних структур» повністю відповідає спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія», вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 03 лютого 2017 р. за № 155/30023, та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор Читулян Вадим Олегович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційної та
кібернетичної безпеки імені
професора Володимира Бурячка
Київського столичного
університету імені Бориса
Грінченка Надія ДОВЖЕНКО

КИЇВСЬКИЙ СТОЛИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ БОРИСА ГРІНЧЕНКА
Код ЄДРПОУ 45307965
ВЛАСНИЙ ПІДПИС
Довженко Н. ЗАСВІДЧУЮ
(ПІБ)
Провід. фах. В.К
(посада)
Н. Малірько
20.11.2026