

**Рішення
разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії**

Здобувач ступеня доктора філософії: Божуха Даніїл Ігорович, 1998 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2021 році Дніпровський державний технічний університет за спеціальністю «Прикладна математика», з 2022 року навчається в аспірантурі Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, виконав акредитовану освітньо-наукову програму «Інженерія програмного забезпечення».

Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, м. Дніпро, від «06» липня 2026 року № 248, у складі:

голови разової спеціалізованої вченої ради

- Володимира КОРЧИНСЬКОГО, доктора технічних наук, професора, професора кафедри телекомунікаційних систем та мереж Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України;

рецензентів:

- Марини ІВАНЧЕНКО, кандидатки технічних наук, доцентки, доцентки кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України;
- Світлани КЛИМЕНКО, кандидатки технічних наук, доцентки, завідувачки кафедри кібербезпеки та комп'ютерно-інтегрованих технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України;

офіційних опонентів:

- Андрія ГУБСЬКОГО, кандидата технічних наук, доцента кафедри інформатики та програмної інженерії факультету інформатики і обчислювальної техніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України;
- Бориса МОРОЗА, доктора технічних наук, професора, професора кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України;

на засіданні «27» серпня 2026 року прийняли рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології Божусі Даніілу Ігоровичу на підставі публічного захисту дисертації «Розроблення методів аналізу та побудови структури хмарних систем» за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Дисертацію виконано у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, м. Дніпро.

Науковий керівник: БАЙБУЗ Олег Григорович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису із дотримання вимог пункту 6 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 року № 44 (зі змінами).

У дисертаційній роботі вперше формалізовано чотирирівневу Edge-Fog-Cloud архітектуру хмарної системи засобами теорії систем масового обслуговування та запропоновано підхід до її проектування і перебудови на основі умов сталого режиму, швидкодії та розміщення ресурсів. Удосконалено механізми структурної організації та балансування навантаження шляхом використання двох типів вузлів, трьох конфігурацій їх взаємодії та агентно-орієнтованого управління. Дістали подальший розвиток методи імітаційного моделювання складних хмарних систем, що дозволило дослідити сотні тисяч конфігурацій архітектури, виявити закономірності виникнення й переміщення вузьких місць та експериментально встановити пороговий ефект впливу швидкості обслуговування на продуктивність системи.

Отримані результати мають практичне значення мають на етапі побудови архітектурних рішень хмарної системи для відстеження складності побудови та контролю динаміки навантаження хмарної системи, що дозволяє адаптувати отримані результати та програмні рішення до існуючих підходів хмарного сервісу. Розроблено набір програмних рішень (мовою Python) для моделювання чотирирівневих систем (із врахуванням зв'язків між вузлами, умов розміщення ресурсів і споживання послуг) з обчисленням показників ефективності роботи та засоби обчислення показників навантаження. Результати дослідження можуть бути використані для розвитку архітектурних рішень побудови хмарної системи та як основа для подальших наукових досліджень у галузі управління хмарними системами.

Результати дисертаційного дослідження впроваджено в освітній процес кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій факультету прикладної математики та інформаційних технологій ДНУ під час викладання освітніх компонент, пов'язаних з побудовою, моделюванням та аналізом показників ефективності і продуктивності систем.

Дисертація виконана державною мовою із дотриманням вимог до оформлення дисертації, встановлених МОН України. Обсяг основного тексту дисертації відповідає нормам, встановленим освітньо-науковою програмою «Інженерія програмного забезпечення» за спеціальністю 121 Інженерія

програмного забезпечення Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України.

Здобувач має 12 наукових публікацій за темою дисертації, з яких 4 статті у наукових фахових виданнях України категорії Б та 8 тез доповідей у збірниках матеріалів наукових конференцій, які відповідають вимогам пунктів 8, 9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, зокрема:

1. Божуха Д. І., Байбуз О. Г., Мащенко Л. В. Про підходи дослідження системи хмарних обчислень. Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій. 2022. Т. 26. С. 18-30. DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/432203> URL: <https://actualproblems.dp.ua/index.php/APAIT/article/view/211> (фахове видання категорії «Б»).

2. Божуха Д. І., Байбуз О. Г. Про імітаційні моделі блоків узагальненої системи хмарних обчислень. Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій. 2024. Т. 28, С. 81-86. DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/432407> URL: <https://actualproblems.dp.ua/index.php/APAIT/article/view/252> (фахове видання категорії «Б»).

3. Божуха Д., Байбуз О. Модель спільного динамічного розвантаження хмарної архітектури з балансуванням рівнів. Системні технології. 2025. Т. 6 № 161, С. 152-157. DOI: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-5-161-2025-15> URL: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/article/view/2257> (фахове видання категорії «Б»).

4. Божуха Д. І., Байбуз О. Г. Дослідження моделей хмарних систем на прикладі найпростішого потоку. Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій. 2025. Т. 29, С. 84-91. DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/432508> URL: <https://actualproblems.dp.ua/index.php/APAIT/article/view/297> (фахове видання категорії «Б»).

У дискусії взяли участь голова і члени спеціалізованої ради та присутні на захисті фахівці:

Голова спеціалізованої вченої ради – Корчинський Володимир Михайлович, доктор технічних наук (05.01.01 – Прикладна геометрія, інженерна графіка), професор, професор кафедри телекомунікаційних систем та мереж Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України. Зауважень немає.

Офіційний опонент – Губський Андрій Миколайович, кандидат технічних наук (05.13.07 – Автоматизація процесів керування), доцент кафедри інформатики та програмної інженерії факультету інформатики і

обчислювальної техніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України.

Зауваження:

1. Наведені результати практичної частини не відображають в повній мірі всі отримані можливості проведених експериментів.

2. Огляд літературних джерел є повним, але окремі підходи до багаторівневих архітектур подані без достатнього порівняння з сучасними промисловими рішеннями (наприклад, наявні узагальнені архітектури AWS, Google Cloud та Azure, але відсутня архітектури Kubernetes, Istio, OpenShift). Це зменшує можливість критичного зіставлення запропонованих рішень із реальними практиками.

3. Математичне формулювання побудови стратегії балансування на чотирирівневій системі є цікавим, але бракує порівняння з існуючими алгоритмами (наприклад, Round Robin, Least Connections, Weighted Fair Queueing).

4. У підрозділі 3.6 згадується DevOps, але не розкрито, як саме агентні підходи можуть бути інтегровані у CI/CD-процеси.

5. Як ви вважаєте, залучення квантових комп'ютерів могло б вирішити проблеми обчислювальної складності?

Офіційний опонент – Мороз Борис Іванович, доктор технічних наук (05.25.05 — Інформаційні системи і процеси), професор, професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України.

Зауваження:

1. Недостатньо наведено порівнянь із альтернативними підходами (наприклад, узагальненими мережами масового обслуговування з вузлами типу G/G/1), що могло б посилити аргументацію вибору моделі.

2. У підрозділах 1.1–1.3 спостерігається часткове дублювання описів компонентів хмарної архітектури. Наприклад, терміни «вузол», «сервер», «маршрутизатор», «рівень» інколи використовуються як взаємозамінні, що може ускладнювати розуміння структури системи. Варто було б чіткіше розмежувати поняття «рівень» та «компонент» для уникнення термінологічної неоднозначності.

3. У розділі 2 формалізація моделей масового обслуговування виконана якісно, але окремі припущення (наприклад, про найпростіший потік) не обговорюють можливі відхилення у реальних системах, де потоки мають bursty-структуру (від англ. burst — спалах, вибух, порив), тобто тип організації даних або процесів, за якого активність відбувається нерівномірно, короткими інтенсивними сплесками, що чергуються з тривалими періодами спокою.

4. У моделі використано припущення про сталий режим роботи, але не розглянуто сценарії деградації системи при перевищенні порогу навантаження.

5. Результати експериментів подані детально, але окремі висновки потребують ширшого узагальнення, зокрема щодо впливу різних конфігурацій вузлів на стабільність системи.

Рецензент – Іванченко Марина Геннадіївна, кандидатка технічних наук (05.13.06 – Автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології), доцентка, доцентка кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України.

Зауваження:

1. У роботі подано великий обсяг матеріалу, однак окремі частини потребують більш чіткої структуризації, зокрема розмежування теоретичних і практичних аспектів. Це особливо помітно у розділах 1 та 2, де описові фрагменти змішуються з формальними моделями.

2. Парадигми Edge/Fog описані коректно, але недостатньо розкрито їхні обмеження, зокрема проблеми енергоспоживання, нестабільність каналів зв'язку, безпекові ризики на периферійних вузлах, обмеженість обчислювальних ресурсів.

3. В розділі 2 при визначенні моделі чотирирівневої архітектури недостатньо розкрито вплив затримок між рівнями (особливо між ЕС та FC), що може суттєво змінювати поведінку системи.

4. Використання агентів-додатків є новаторським, однак не повністю розкрито ризики їхнього впливу на глобальну стабільність системи (наприклад, можливість конфліктів між агентами, надмірне дублювання рішень, вплив на глобальну стабільність).

5. У четвертому розділі моделювання 810000 та 244140625 структур є вражаючим, але варто було б пояснити критерії відбору структур для глибшого аналізу, оскільки повний аналіз другого набору може бути неможливий через обмеження ресурсів.

Рецензент – Клименко Світлана Володимирівна, кандидатка технічних наук, доцентка, завідувачка кафедри кібербезпеки та комп'ютерно-інтегрованих технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України.

Зауваження:

1. У тексті дисертаційної роботи трапляються терміни, які варто уніфікувати або додатково навести визначення.

2. У першому розділі дисертаційної роботи проведено аналіз існуючих методів оцінювання ефективності хмарних систем та підходів до їх

формалізації. Разом із тим, доцільним було б приділити більше уваги порівняльному аналізу придатності зазначених методів для багаторівневих архітектур, що поєднують вузли різних типів (DC/EC/FC/CC), з урахуванням особливостей розподілу навантаження, механізмів взаємодії між рівнями та вимог до забезпечення відмовостійкості системи.

3. Для запропонованих математичних моделей хмарних систем наведено основні припущення щодо їх функціонування, однак потребують більш детального формулювання структурні та ресурсні обмеження, пов'язані з особливостями взаємодії рівнів архітектури. Наведення прикладів використання таких обмежень для різних умов функціонування хмарних систем дозволило б підвищити практичну цінність запропонованих моделей та розширити можливості їх адаптації до реальних умов експлуатації.

4. У другому розділі дисертаційної роботи запропоновано формалізовану модель чотирирівневої хмарної системи з використанням рівнів Edge/Fog та апарату теорії систем масового обслуговування. Разом із тим, автором не наведено порівняльного аналізу впливу зміни кількості вузлів на кожному рівні архітектури на основні показники продуктивності системи (час очікування, середню довжину черги та коефіцієнт завантаження ресурсів). Наведення відповідних залежностей дозволило б більш повно оцінити масштабованість запропонованого підходу та визначити межі його ефективного застосування.

5. Отримані автором результати щодо існування порогового значення співвідношення між інтенсивністю вхідного потоку запитів та швидкістю їх обробки (близько 50 %) є цікавими з наукової точки зору. Проте в роботі не наведено достатнього обґрунтування щодо збереження зазначеної закономірності при використанні інших моделей надходження запитів, зокрема самоподібних або нерівномірних потоків даних, характерних для сучасних розподілених обчислювальних систем.

6. Запропоновані узагальнені умови аналізу складності хмарних систем та алгоритми дослідження різних конфігурацій багаторівневої архітектури достатньо повно формалізовані. Разом із тим, у роботі недостатньо висвітлено питання оцінювання обчислювальної складності запропонованих алгоритмів залежно від кількості вузлів та можливих комбінацій структурних елементів системи. Проведення такого аналізу дозволило б більш повно оцінити можливості масштабування запропонованих методів у високонавантажених хмарних середовищах.

7. У дисертаційній роботі основну увагу приділено питанням проектування архітектури хмарних систем, балансування навантаження та дослідженню їх продуктивності засобами імітаційного моделювання, що дозволило комплексно оцінити ефективність функціонування запропонованих архітектурних рішень. Водночас поза межами детального розгляду

залишилися окремі показники якості обслуговування хмарної системи, що може бути реалізовано у подальших наукових дослідженнях автора.

Результати відкритого голосування:

«За» – 5 членів ради,

«Проти» – немає.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує **БОЖУСІ Данілу** ступінь доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової спеціалізованої
вченої ради



(підпис)

Володимир КОРЧИНСЬКИЙ