

## ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, доцента  
кафедри систем автоматизованого проектування,  
Національного університету «Львівська політехніка»

Мельника Михайла Романовича,

на дисертаційну роботу **Фалькевича Віталія Геннадійовича**  
**Методологія проектування високонавантажених вебсистем:  
архітектура, кешування та оптимізація»** подану до захисту на  
здобуття наукового ступеня доктора філософії  
з галузі знань 12 Інформаційні технології  
спеціальності 122 Комп'ютерні науки

**Ступінь актуальності обраної теми.** Дисертаційна робота Фалькевича В.Г. спрямована на розв'язання актуальної науково-практичної проблеми, пов'язаної з формуванням методологічних та архітектурних засад проектування високонавантажених вебсистем, що реалізуються в умовах мікросервісної архітектури та підтримки множинних клієнтських інтерфейсів.

Сучасний етап розвитку вебтехнологій характеризується постійним ускладненням прикладних вебсистем, зростанням кількості одночасних користувачів і підвищенням вимог до їх масштабованості, продуктивності, надійності та узгодженості даних. За таких умов особливої ваги набувають питання раціональної організації взаємодії між клієнтськими та серверними компонентами, побудови ефективних механізмів кешування та оптимізації інфраструктурних процесів. Активне впровадження мікросервісних архітектур, розподілених інтерфейсів користувача, шаблонів BFF і сучасних підходів до автоматизації постачання та розгортання супроводжується появою нових викликів, зокрема зростанням складності керування залежностями між компонентами, трудомісткістю процесів підтримки узгодженості даних і підвищенням інфраструктурних витрат. У зв'язку з цим обрана тема

дисертаційного дослідження є актуальною, має істотне теоретичне та практичне значення і повністю відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

**Структура роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел зі 109 найменувань та додатків.

У вступі дисертації обґрунтовано актуальність теми дослідження, визначено мету й завдання роботи, об'єкт і предмет дослідження, розкрито наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів. Також наведено відомості щодо особистого внеску здобувача, апробації результатів дослідження та структури дисертаційної роботи. У загальних висновках підбито підсумки основних результатів дослідження та окреслено напрями подальших наукових досліджень.

У першому розділі здійснено аналіз сучасних підходів до проектування високонавантажених вебсистем. Розглянуто еволюцію архітектурних рішень вебзастосунків, зокрема шаблон BFF, альтернативні підходи до організації взаємодії клієнтських і серверних компонентів, а також проблематику кешування даних та інфраструктурні аспекти організації CI/CD у розподілених інтерфейсах користувача.

Другий розділ присвячено моделюванню архітектури взаємодії клієнтських і серверних компонентів на основі ш BFF. У розділі проаналізовано задачі агрегування даних у мікросервісній архітектурі, обмеження наявних інтеграційних рішень та обґрунтовано запропонований підхід, що базується на використанні фабрики API-провайдерів і централізованого API-шлюзу з розмежуванням публічних і приватних інтерфейсів.

У третьому розділі розглянуто проблеми забезпечення узгодженості кешованих даних у високонавантажених вебсистемах. Обґрунтовано декларативний підхід до інвалідації кешу, який дозволяє зменшити міжсервісні залежності, підвищити автономність компонентів та спростити масштабування системи.

Четвертий розділ присвячено практичним аспектам побудови розподілених інтерфейсів користувача та оптимізації CI/CD-процесів. У розділі розглянуто підходи до оптимізації процесів збирання та розгортання із застосуванням

кешування артефактів і специфічних контейнерних образів, а також наведено аналіз ефективності різних стратегій виконання конвеєрів CI/CD.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їх достовірність.** Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, забезпечується коректним вибором методології дослідження, системним аналізом сучасних наукових праць у відповідній предметній галузі, використанням теоретичних і практичних методів дослідження, а також апробацією отриманих результатів у реальних проєктах високонавантажених вебсистем.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у тому, що:

- *отримав* подальший розвиток архітектурний шаблон BFF, що на відміну від наявних архітектур поєднує фабрики API-провайдерів, централізований API-шлюз, підтримує одночасну взаємодію з REST та GraphQL, забезпечує агрегацію даних, масштабованість та керування доступом;

- *вперше* розроблено концепцію декларативної інвалідації кешу, що у порівнянні з існуючими рішеннями передбачає автономне керування кешем, зменшення залежностей між окремими сервісами та забезпечує узгодженість даних у вебсистемах з мікросервісною архітектурою;

- *отримали* подальший розвиток архітектурні підходи побудови множинних клієнтських інтерфейсів в межах монорепозиторіїв за рахунок структуризації спільних і брендированих компонентів, контролю залежностей та ізоляції середовищ, що підвищує стабільність та керованість процесу збирання та розгортання систем з мікросервісною архітектурою;

- *отримали* подальший розвиток методики оптимізації CI/CD-процесів для багатокомпонентних вебсистем на основі кешування артефактів, паралельного виконання, умовного запуску завдань і використання легковагих контейнерних образів, що дає змогу скоротити час розгортання та зменшити навантаження на інфраструктуру.

**Значущість результатів дослідження для науки і практики та можливі шляхи їх використання.** Отримані результати мають практичну цінність і можуть бути застосовані під час проєктування, розробки, постачання та розгортання масштабованих, продуктивних та надійних клієнт-серверних систем з мікросервісною архітектурою та множинними інтерфейсами користувача.

**Повнота викладу результатів дослідження у наукових публікаціях.** За темою дисертації опубліковано 6 наукових праць, зокрема: 1 стаття – у виданні, що індексується у міжнародній наукометричній базі Scopus; 3 статті – у наукових фахових виданнях України (2 – за спеціальністю 122 «Комп’ютерні науки», 1 – за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення»); а також 2 публікації – у матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій, що засвідчують апробацію результатів дисертаційного дослідження, в тому числі одна з них індексується у базі Scopus. Згідно з наукометричною базою Scopus, індекс Гірша (h-index) здобувача становить 2.

**Академічна доброчесність.** Порухення автором норм академічної доброчесності не виявлено.

**Відповідність роботи вимогам, які ставляться до дисертації.** За актуальністю та важливістю розв’язаних наукових задач, повнотою теоретичного обґрунтування, отриманими практичними результатами дисертаційна робота Фалькевича Віталія Геннадійовича відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою № 44 Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. та вимогам до оформлення дисертації, затвердженими наказом МОН України.

**Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.** Загалом, позитивно оцінюючи наукове та практичне значення отриманих здобувачем результатів, вважаю за доцільне висловити окремі зауваження та дискусійні положення.

роботі основну увагу приділено архітектурним аспектам проєктування

високонавантажених вебсистем, водночас недостатньо висвітлено питання формалізації критеріїв вибору запропонованих підходів для різних класів прикладних систем.

апропонована у третьому розділі методологія декларативної інвалідації кешу ґрунтовно обґрунтована з концептуальної точки зору, однак у роботі не наведено аналізу її поведінки в умовах динамічного масштабування мікросервісів, що є типовим сценарієм для високонавантажених систем.

орівняльний аналіз існуючих архітектурних рішень і підходів наведених у другому розділі подано з позицій їхніх функціональних можливостей та обмежень, проте відсутній аналіз кількісних показників та емпіричних даних.

ля підвищення наочності представленого матеріалу та кращого розуміння архітектурної взаємодії компонентів доцільно було б візуалізувати частину програмної реалізації, представленої лістингами коду, за допомогою блок-схем алгоритмів або діаграм послідовності.

підрозділі 4.3 для підвищення наукової переконливості слід розширити перелік показників для оцінювання (споживання ресурсів, стабільність, повторюваність результатів), а також чіткіше формалізувати умови проведення експерименту.

тексті дисертації спостерігається надмірне використання транслітерованої іншомовної термінології («мікрофронтеди», «патерн», «інвалідація») за наявності усталених українських відповідників. Також трапляються стилістичні неточності, зокрема вживання слова «дозволяє» замість «дає змогу», та використання кальки «консистентність» замість нормативного терміну «узгодженість» або «цілісність» даних.

Зазначені зауваження та дискусійні положення не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та не знижують наукової цінності отриманих результатів.

**Загальний висновок.** Дисертаційна робота Фалькевича Віталія Геннадійовича на тему «Методологія проєктування високонавантажених вебсистем: архітектура, кешування та оптимізація», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», являє

собою завершене наукове дослідження, у межах якого розв'язано актуальну науково-практичну проблему, що має істотне значення для розвитку сучасних прикладних вебсистем.

За рівнем актуальності обраної теми, наукової новизни, обґрунтованості отриманих результатів, а також їх теоретичної й практичної значущості дисертаційна робота відповідає вимогам «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 № 44 від 12 січня 2022 року, та чинним вимогам до оформлення дисертацій.

Здобувач, Фалькевич Віталій Геннадійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

### **ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ:**

Доцент кафедри систем автоматизованого проектування

Національного університету

«Львівська політехніка»

доктор технічних наук, доцент

Михайло МЕЛЬНИК

**Підпис д.т.н., доцента Мельника М.Р. засвідчую:**

Вчений секретар

Національного університету

«Львівська політехніка»

«10» лютого 2026 р.



Роман БРИЛИНСЬКИЙ