

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»  
доктору педагогічних наук, професору  
**БАКАЛЮК Т.А.**

## **ВІДГУК**

### **офіційного опонента**

кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри програмного  
забезпечення комп'ютерних систем Національного технічного університету  
України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**САЯПНОЇ Інни Олександрівни**

на дисертаційну роботу

**ВОЙТЮКА Олега Валерійовича**

на тему «**Моделі, методи та програмні засоби оновлення інтерфейсу  
вебзастосунків на основі об'єктів з глибокою вкладеністю**»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 12 – Інформаційні технології

за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення

### **Актуальність теми дисертації.**

Дисертаційне дослідження Войтюка Олега Валерійовича присвячене вирішенню технічної та наукової проблеми, що набуває дедалі більшого значення в умовах масштабування сучасних вебсистем. Зростання обсягів даних зі складною ієрархічною структурою, потреба в інтерактивному редагуванні великих таблиць і форм у режимі реального часу, а також обмеженість традиційних підходів до оновлення DOM – усе це формує суперечність між вимогами до продуктивності та можливостями існуючих інструментів. Ця проблема є характерною як для комерційних вебпродуктів, так і для державних і освітніх інформаційних систем.

Актуальність теми підтверджується не лише академічним інтересом до питань оптимізації рендерингу, а й прямим запитом із боку індустрії. Команди розробників щоденно стикаються з деградацією продуктивності у застосунках, де обсяг і вкладеність даних перевищують можливості стандартних diffing-механізмів. Дисертація пропонує теоретично обґрунтований і практично

верифікований підхід до усунення цього розриву через введення поняття точкового оновлення на основі графа залежностей і fine-grained реактивності.

Таким чином, тема дисертаційної роботи є науково обґрунтованою, своєчасною та відповідає потребам розвитку інженерії програмного забезпечення як галузі знань.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Аналіз змісту дисертаційної роботи та наукових публікацій здобувача засвідчує, що наукові положення, висновки та рекомендації обґрунтовані належним чином. Здобувач демонструє впевнене володіння сучасним науковим апаратом у сфері фронтенд-інженерії, реактивного програмування та оптимізації вебінтерфейсів.

Структура дисертації є логічно послідовною. Метою роботи є розробка моделей, методів та програмних засобів оновлення інтерфейсу вебзастосунків на основі об'єктів з глибокою вкладеністю. Завдання дослідження виконані у визначеній послідовності та взаємно обумовлюють одне одного.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у наступному:

1. *вперше* розроблено формальну модель точкового оновлення інтерфейсу вебзастосунків на основі об'єктів з глибокою вкладеністю та багатозалежними зв'язками, у якій процес оновлення формалізовано як задачу мінімізації кількості DOM-операцій за обмежень коректності відображення; у межах моделі введено поняття «область впливу змін» та «мінімальна множина DOM-вузлів, що підлягають оновленню», що дозволяє формально обґрунтувати ефективність алгоритмів точкового оновлення інтерфейсу;

2. *удосконалено* алгоритм оновлення компонентів вебінтерфейсів шляхом застосування механізму dependencyList та НОС-обгортки як проміжного рівня логіки, що дозволяє приймати рішення про повторний рендеринг на підставі перевірки релевантності змін і забезпечує зменшення часу виконання браузерних сценаріїв обробки даних;

3. *набули подальшого розвитку* теоретичні та методичні засади оптимізації оновлення інтерфейсу вебзастосунків, що дало змогу системно виявити фундаментальні обмеження традиційних diffing-підходів (DOM, Virtual DOM, Shadow DOM) при роботі з глибоко вкладеними структурами та обґрунтувати доцільність переходу до fine-grained відстеження залежностей.

Практичне значення результатів підтверджується реалізацією двох незалежних прототипів та серією відтворюваних вимірювань: React-прототип

при 1000 рядках забезпечує прискорення Scripting у 2,3 рази; нативний JavaScript при 10 000 рядках у сценарії зміни одного поля – приблизно у 465 разів, а у сценарії зміни папки кількість DOM-оновлень зменшено з 70 044 до 3. Стабільність тренду в досліджених експериментальних сценаріях і масштабах підтверджує детермінований, а не флуктуаційний характер ефекту.

Достовірність результатів забезпечується коректним застосуванням математичного апарату теорії графів, UML-моделюванням архітектурних рішень, формальними доведеннями асимптотичної ефективності та відтворюваністю вимірювань у браузерному середовищі. Результати апробовані в ІТ-компаніях та освітньому процесі Житомирщини, що підтверджується відповідними довідками про впровадження.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

Дисертаційна робота відповідає предметній області спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення в частині розробки теоретичних засад і програмних рішень для клієнтських вебсистем. Зміст роботи узгоджений із задекларованою метою та завданнями, кожен розділ завершується обґрунтованими висновками, що систематизують отримані результати.

Дисертаційна робота є самостійним, завершеним науковим дослідженням та свідчить про наявність власного наукового внеску здобувача у розвиток методологічної бази оптимізації вебінтерфейсів. Анотація дисертації містить підтвердження: «Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело». Здобувач зазначив, що технології штучного інтелекту не використовувались для генерування тексту дисертації чи формулювання наукових результатів. За наданими матеріалами перевірки академічної доброчесності показник текстових збігів не перевищує допустимих меж.

Посилання на першоджерела є коректними і охоплюють актуальний масив вітчизняних та зарубіжних публікацій. Всі запозичені ідеї та методи оформлені належним чином.

### **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертація написана українською мовою з дотриманням норм наукового стилю. Термінологічний апарат узгоджений і відповідає сучасним стандартам у галузі інженерії програмного забезпечення та вебтехнологій.

Ілюстративний матеріал, зокрема таблиці, графіки, UML-діаграми виконаний якісно і органічно вписується у логіку викладення. Дисертація має класичну структуру: вступ, три розділи та висновки. У вступі чітко сформульовано актуальність, мету, об'єкт, предмет і завдання дослідження, наукову новизну та практичне значення результатів.

У першому розділі виконано системний огляд підходів до оновлення вебінтерфейсів – DOM, Virtual DOM, Shadow DOM, Signals, Reactive Rendering, а також стратегій рендерингу CSR, SSR, SSG, ISR, прогресивна гідратація, стрімінговий SSR та ESR. Виявлені обмеження кожного підходу при роботі з глибоко вкладеними даними переконливо вмотивовують необхідність нового рішення. У другому розділі здобувач формалізує задачу оновлення інтерфейсу у термінах теорії графів, обґрунтовує кращу або не гіршу асимптотичну ефективність fine-grained підходу порівняно з diffing-механізмами за визначених умов, пропонує метод точкового оновлення через НОС-обгортки та dependencyList, підкріплений UML-діаграмами послідовності й активності. У третьому розділі представлено реалізацію двох прототипів (React/Redux/TypeScript та нативний JavaScript), описано методику профілювання та наведено детальні результати вимірювань у розрізі метрик Scripting, Rendering, Painting і кількості DOM-оновлень для різних масштабів даних.

Оформлення дисертаційної роботи відповідає вимогам наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40.

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Наукові результати дисертації висвітлені у 8 наукових працях здобувача, серед яких: 3 статті у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України категорії «Б», та 5 публікацій у матеріалах наукових конференцій.

Тематика публікацій охоплює всі ключові аспекти дисертації: від оптимізації рендерингу та аналізу методів оновлення вебзастосунків до теоретичних засад роботи з глибоко вкладеними структурами. Результати доповідались на конференціях різного рівня – всеукраїнських та міжнародних. Таким чином, основні наукові результати дисертаційної роботи оприлюднені достатньою мірою.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи:**

1. У другому розділі при формальному обґрунтуванні асимптотичної ефективності методу на основі fine-grained реактивності порівняно з diffing-підходами бажано було б чіткіше розмежувати умови, за яких запропонований метод демонструє асимптотичну перевагу, а за яких стає рівноцінним традиційним підходам: зокрема, прояснити, як змінюється ефективність методу у випадках, коли кількість залежних елементів наближається до загального розміру дерева (вироджений граф залежностей). Це б посилювало строгість теоретичної частини.

2. Архітектура прототипу на React/Redux з використанням HOC-обгортки та lodash.isEqual передбачає глибоке порівняння об'єктів при кожній зміні стану. У третьому розділі доцільно було б провести аналіз накладних витрат самого механізму відстеження залежностей (overhead) та визначити граничні умови, за яких ці витрати можуть нівелювати вигоду від локалізації оновлень.

3. Дисертація орієнтована переважно на табличні структури даних. Разом з тим, у сучасних вебзастосунках глибока вкладеність часто зустрічається у деревоподібних навігаційних компонентах, рекурсивних меню та конфігураційних панелях. Розширення переліку тестових сценаріїв за межі табличного представлення даних зробило б висновки про універсальність методу більш переконливими.

Висловлені зауваження мають рекомендаційний характер і не ставлять під сумнів наукову цінність та практичну значущість дисертаційної роботи Войтюка Олега Валерійовича.

### **Висновок про дисертаційну роботу.**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Войтюка Олега Валерійовича на тему «Моделі, методи та програмні засоби оновлення інтерфейсу вебзастосунків на основі об'єктів з глибокою вкладеністю» є самостійним, завершеним науковим дослідженням, підготовленим з дотриманням принципів академічної доброчесності. Робота вирішує актуальне науково-прикладне завдання підвищення продуктивності оновлення інтерфейсу вебзастосунків шляхом застосування формалізованої моделі на основі графа залежностей та fine-grained реактивності, що має суттєве значення для розвитку інженерії програмного забезпечення. Дисертаційна робота відповідає вимогам чинного законодавства України, передбаченим пунктами 6–9 «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.

Здобувач Войтюк Олег Валерійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

**Офіційний опонент:**

Кандидат технічних наук,  
доцент, доцент кафедри  
програмного забезпечення  
комп'ютерних систем  
Національного технічного  
університету України  
«Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря  
Сікорського»

М.П.

«11» червня 2026 року

