

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора з наукової
роботи Інституту проблем
моделювання в енергетиці
ім. Г.Є. Пухова Національної академії
наук України, д.т.н., проф.



Олександр ЧЕМЕРИС
«29» вересня 2025 р

ВИТЯГ З ПРОТОКОЛУ №2

засідання науково-технічного семінару
відділу математичного та комп'ютерного моделювання
Інституту проблем моделювання в енергетиці
ім. Г.Є. Пухова Національної академії наук України

м. Київ

«29» вересня 2025 р.

ПРИСУТНІ 16 осіб:

чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф. Мохор В.В., д.т.н., проф. Чемерис О.А., д.т.н., доц. Шкарупило В.В., к.т.н., доц. Душеба В.В., д.т.н., проф. Винничук С.Д., д.т.н., с.н.с. Борукаєв З.Х., д.т.н., с.н.с. Гільгурт С.Я., д.т.н., с.н.с. Владимирський О.А., д.т.н., с.н.с. Яцишин А.В., д.т.н., с.н.с. Артемчук В.О., к.т.н. Кравцов Г.О., к.т.н. Потенко О.С., аспіранти Примушко А.М., Сіроткін О.В., Ярошинський М.С., Пучко І.В.

ГОЛОВУВАВ: д.т.н., доц. Шкарупило В.В., провідний науковий співробітник відділу математичного та комп'ютерного моделювання ІМПЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України.

ПОРЯДОК ДЕННИЙ:

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта відділу математичного і комп'ютерного моделювання Ярошинського Миколи Сергійовича за матеріалами

дисертаційної роботи **«Метод виявлення несумісних версій сервісів перед розгортанням розподілених програмних систем»**, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 122 «Комп’ютерні науки» (Освітньо-наукова програма «Комп’ютерні науки»).

Тему дисертаційної роботи **«Метод виявлення несумісних версій сервісів перед розгортанням розподілених програмних систем»** затверджено на засіданні Вченої ради ІМПЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України (протокол № 18 від «30» грудня 2021 р.) та перезатверджено на засіданні Вченої ради ІМПЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України (протокол №6 від «26» червня 2025 р.).

Науковим керівником затверджений член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор, Мохор В.В.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили: д.т.н., проф. Чемерис О.А., д.т.н., доц.. Шкарупило В.В., к.т.н., доц.. Душеба В.В., д.т.н., проф. Винничук С.Д., д.т.н., с.н.с. Борукаєв З.Х., д.т.н., с.н.с. Гільгурт С.Я., д.т.н., с.н.с. Артемчук В.О., к.т.н. Кравцов Г.О.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь: чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф. Мохор В.В., д.т.н., проф. Чемерис О.А., д.т.н., доц.. Шкарупило В.В., к.т.н., доц.. Душеба В.В., д.т.н., проф. Винничук С.Д., д.т.н., с.н.с. Борукаєв З.Х., д.т.н., с.н.с. Гільгурт С.Я., д.т.н., с.н.с. Артемчук В.О., к.т.н. Кравцов Г.О.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження Сучасні програмні засоби, зокрема ті, що є основою для критично важливих систем та комерційних продуктів, дедалі частіше будуються на основі розподілених архітектур. Така парадигма розробки, як мікросервісна або сервіс-орієнтована архітектура, забезпечує високу масштабованість, відмовостійкість і гнучкість у розробці. Вона дає змогу автономно розробляти, розгортати та оновлювати окремі компоненти (сервіси) системи. Водночас, ця автономність приносить із собою нові виклики, які потребують системного вирішення для забезпечення стабільної

та надійної роботи. Особливо гостро ця проблема постає в системах управління, де безперервність функціонування є критично важливою.

Еволюція програмних систем передбачає розвиток їхніх компонентів та прикладних програмних інтерфейсів (API). У розподілених архітектурах оновлення сервісів може відбуватися в різний час, змінюючи їхні функціональні можливості та способи обміну даними. Цей асинхронний процес змін створює ризик виникнення несумісних змін в API, коли один сервіс очікує дані в одному форматі, а інший, оновлений, передає їх уже в новому, невідтримуваному форматі. Такі розбіжності можуть залишитися непоміченими на етапі розробки окремих частин системи.

Ігнорування цього ризику може призвести до серйозних наслідків на етапі розгортання та експлуатації. Виявлення несумісних версій API вже в розгорнутій системі може спричинити часткову або повну втрату працездатності, розрив функціональних ланцюгів. Сучасні практики розробки та розгортання, націлені на автоматизацію, але часто не містять ефективних механізмів для раннього виявлення міжсервісних несумісностей. Це створює "сліпу зону" в процесі забезпечення якості програмного забезпечення, що вимагає розробки нових методів. Також сучасні методи вимагають значної ручної роботи з виявлення таких несумісностей.

Таким чином, актуальним науковим завданням є розроблення методу виявлення несумісних версій сервісів перед розгортанням розподілених програмних систем.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Тематика дисертаційної роботи відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки в Україні. Робота виконувалась відповідно до плану наукових досліджень Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, зокрема в рамках НДР «Розвиток наукових засад алгебраїчної теорії сильного штучного інтелекту стосовно кібернетичної безпеки об'єктів критичної інфраструктури в галузі енергетики» (№ ДР 0123U100913, 2023–2027 рр.) та «Розвиток розподіленої енергетики в умовах ринку електричної енергії України з використанням технологій та систем цифровізації. Розділ 1. Організаційні та математичні моделі взаємодії учасників децентралізованого ринку електроенергії» (№ ДР 0125U000237, 2025–2026 рр.).

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації одержані такі нові наукові результати:

1. Вперше розроблено метод виявлення несумісних версій сервісів перед розгортанням розподілених програмних систем, який, на відміну від існуючих, базується на формалізованих критеріях сумісності API, що забезпечує автоматизацію блокування несумісних релізів, знижує ризики каскадних відмов через

- несумісні зміни API і гарантує вибір сумісних конфігурацій не допускаючи появи несумісних API в робочому середовищі.
2. Розроблено програмне забезпечення для перевірки ефективності методу, що дозволило здійснити його експериментальну апробацію на архітектурно-програмному стенді та підтвердити придатність до практичного застосування у реальних сценаріях розподілених систем. Реалізовані інструменти забезпечують автоматизовану перевірку сумісності gRPC- та JSON Schema-сервісів, інтегруються у конвеєри CI/CD та перемикають трафік на новий реліз, що дозволило обґрунтувати підвищення надійності і відмовостійкості при оновленні критично важливих інформаційних сервісів.
 3. Дістали подальшого розвитку існуючі стратегії мінімізації впливу у розподілених системах за рахунок їх комбінації із запропонованим методом, що дозволило обґрунтувати поєднання з процесуальним підходом. Така інтеграція забезпечує багаторівневу перевірку стабільності: на першому рівні відбувається автоматизоване блокування несумісних версій API ще до моменту їхнього потрапляння у тестове середовище, а на другому — здійснюється відтворення повноцінних сценаріїв роботи системи в умовах тестового середовища. Це дозволяє не лише гарантувати технічну сумісність інтерфейсів, але й оцінити поведінку сервісів під навантаженнями, наближеними до продуктивних.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи

Робота робить внесок у розвиток теорії управління еволюцією програмних інтерфейсів у розподілених системах шляхом формалізації понять несумісних змін API та побудови моделі каскадних відмов. Уперше запропоновано метод виявлення несумісних версій сервісів перед розгортанням, що ґрунтується на формалізованих критеріях сумісності API та забезпечує автоматизоване блокування небезпечних релізів. Це дало змогу обґрунтувати наукові засади проактивного контролю сумісності у розподілених середовищах.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що розроблений метод дозволяє інженерам і командам розробки підвищити надійність і стабільність програмних систем. Застосування цього методу на етапі підготовки до розгортання дасть змогу автоматично виявляти та усувати несумісності API між сервісами ще до того, як вони можуть спричинити збій у роботі і, як наслідок, зменшити кількість інцидентів, пов'язаних із міжсервісними конфліктами, скоротить час на їх діагностику та виправлення.

Крім того, запропонований підхід сприятиме оптимізації процесів розробки та розгортання (DevOps). Інтеграція методу в існуючі конвеєри безперервної інтеграції та доставки (CI/CD) забезпечує додатковий рівень контролю якості, що є особливо важливим для складних розподілених систем. Це дозволяє зменшити витрати, пов'язані з виправленням помилок після розгортання, і забезпечити безперервну роботу критично важливих сервісів.

В рамках роботи розроблено та реалізовано аплікацію, що дозволяє виявити несумісність версій API сервісів перед розгортанням розподілених програмних систем.

Таким чином, результати дослідження можуть бути використані в комерційних та державних організаціях, які розробляють та експлуатують розподілені програмні системи, для підвищення їхньої відмовостійкості та ефективності.

5. Апробація/використання результатів дисертації Результати дисертаційного дослідження доповідались на науково-практичних конференціях: XLI науково-технічна конференція молодих вчених Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, Київ, Україна, 2023; круглий стіл “Meaningful Artificial Intelligence” Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, Київ, Україна, 2024; науково-практична конференція “Резильєнтність динамічних систем”, Київ, Україна; 2024 14th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Athens, Greece: IEEE, Oct. 2024.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація **Ярошинського М.С.** визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 12 наукових публікацій, у тому числі:

- 5 статей у наукових фахових виданнях України за спеціальністю, в т.ч. 4 статі у яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб;
- 4 статті у періодичних наукових виданнях проіндексованих у базах WoS та/або Scopus;
- 3 статті у виданнях, віднесену до першого —другого квартилів (Q1—Q2) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports, чи одноосібних монографій, що відповідають зазначеним вимогам;
- 4 тез виступів на наукових конференціях. В тому числі однієї міжнародної конференції, яка індексується у Scopus

1. **М.С. Ярошинський**, О.В. Сіроткін, Д.П. Сінько, С.Б. Гунько, Д.О. Манолук, ‘Коректність пласкої класифікації’, Електронне моделювання Т. 45, № 2 (2023) с. 34-43 doi: /10.15407/emodel.45.02.034. Фахове видання категорії Б. (Особистий внесок – Брав участь у аналізі матеріалів, розробці та формальному обґрунтуванні математичного апарату для оцінки коректності пласких класифікацій. На основі введених операцій та поняття відносної відстані між класами, запропонував формальну міру відмінності між двома класами).
2. А.М.Примушко, І.В. Пучко, **М.С. Ярошинський**, Д.П. Сінько, ‘Програмний дизайн розподіленої високонавантаженої системи електроенергетичної мережі на базі моделі акторів із застосуванням смарт-контрактів’, Електронне моделювання Т. 46, № 3 (2024) с. 57-72 doi: /10.15407/emodel.46.03. Фахове видання категорії Б. (Особистий внесок – технічне обґрунтуванні архітектурних рішень, що реалізують запропоновану високорівневу концепцію. Визначенні структури даних, що передаються між вузлами системи, запропонував та формалізував JSON-формат із обов'язковим набором параметрів, запропонував модель поведінки IoT-пристроїв у системі, визначивши три ключові стани: Активний, Пасивний та Неактивний).
3. **Ярошинський М.С.**, Пучко І.В. Способи розв'язання проблеми асинхронності зміни прикладного програмного інтерфейса в мікросервісній архітектурі. Електронне моделювання Т. 47, № 4 (2025) с. 57-72 doi: /10.15407/emodel.47.04.057. Фахове видання категорії Б. (Особистий внесок – брав участь в аналізі існуючих стратегій управління еволюцією API, брав участь у створенні математичної моделі поширення збоїв через несумісні зміни API).
4. О.В. Сіроткін, **М.С. Ярошинський**, Д.П. Сінько, С.Б. Гунько, Д.О. Манолук, ‘Моделювання у фазовому просторі під-станів’, Електронне моделювання Т. 47, № 3 (2025), с. 28-45 doi: /10.15407/emodel.47.03.028 Фахове видання категорії Б. (Особистий внесок – брав участь у побудові концептуальної моделі, симуляції моделі)

Стаття у виданні, індексованому у наукометричній базі Scopus:

5. **М. Yaroshynskyi**, A. Prymushko, I. Puchko, O. Sirotkin, and D. Sinko, ‘Akka as a tool for modelling and managing a smart grid system’, J. Edge Comp., vol. 4, no. 1, pp. 105–115, May 2025, doi: 10.55056/jec.822. Фахове видання категорії Б. **Indexed in Scopus**. (Особистий внесок – брав участь у аналізі ключових викликів в управлінні інтелектуальними мережами та в розробці моделі управління інтелектуальною мережею на основі ієрархічної структури акторів Akka, моделював архітектуру мережі — від регіонів до окремих пристроїв, брав участь у концептуалізації та впровадженні підходу, що поєднує моделювання та реальне управління в єдиній акторній архітектурі).

Статті у виданнях, індексованими у наукометричній базі Scopus, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q2) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank:

6. **M. Yaroshynskyi**, I. Puchko, A. Prymushko, H. Kravtsov, and V. Artemchuk, 'Investigating the Evolution of Resilient Microservice Architectures: A Compatibility-Driven Version Orchestration Approach', *Digital*, vol. 5, no. 3, p. 27, July 2025, doi: 10.3390/digital5030027. **Indexed in Scopus Q2.** (Особистий внесок – брав участь в аналізі існуючих стратегій управління еволюцією API, запропонував підхід з Compatibility-Driven Version Orchestrator, створення математичної моделі поширення збоїв через несумісні зміни API, брав участь в організації експериментів, проведення експериментів, візуалізація результатів).
7. O. Sirotkin, A. Prymushko, I. Puchko, H. Kravtsov, **M. Yaroshynskyi**, and V. Artemchuk, 'Parallel Simulation Using Reactive Streams: Graph-Based Approach for Dynamic Modeling and Optimization', *Computation*, vol. 13, no. 5, p. 103, Apr. 2025, doi: 10.3390/computation13050103. **Indexed in Scopus Q2.** (Особистий внесок – брав участь у аналізі та інтерпретації результатів, в розробці математичної моделі для динамічного моделювання).
8. A. Prymushko, I. Puchko, **M. Yaroshynskyi**, D. Sinko, H. Kravtsov, and V. Artemchuk, 'Efficient State Synchronization in Distributed Electrical Grid Systems Using Conflict-Free Replicated Data Types', *IoT*, vol. 6, no. 1, p. 6, Jan. 2025, doi: 10.3390/iot6010006. **Indexed in Scopus Q1.** (Особистий внесок – брав участь у плануванні і проведенні експериментів, брав участь у візуалізації даних, брав участь у формалізації структури стану вузла та потоків комунікації всередині мережі, формуванні і моделюванні графу роботи мережі).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. **М.С. Ярошинський**, 'Захист від атак підробки та перехоплення за допомогою jwt для неконфіденційної інформації', Матеріали науково-практичної конференції 'XLI науково-технічна конференція молодих вчених та спеціалістів інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України', с. 141-145, Україна, 2023, URL: <https://ipme.kiev.ua/konferencii/konferenciya-molodix-vchenix-2023>
10. **Ярошинський М.С.**, 'Використання генеративного штучного інтелекту для синхронізації задач та документації на проектах, які використовують гнучку підхід розробки ПЗ', Матеріали круглого столу 'Meaningful Artificial Intelligence' Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, Україна. с 9 – 12, 2024

11. І.В. Пучко, А.М. Примушко, **М.С. Ярошинський**, Г.О. Кравцов, 'Підвищення резильєнтності динамічних систем при синхронізації станів за допомогою CRDT', Матеріали науково-практичної конференції 'Резильєнтність динамічних систем, с. 50–52, Київ, Україна, 2024 URL: <https://ipme.kiev.ua/konferencii/naukovo-praktichna-konferenciya-rds-2024>
12. Prymushko A., **Yaroshynskyi M.**, Puchko I. Representation and synchronization of states of distributed electrical grid systems based on conflict free replicated data types. 2024 14th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Athens, Greece, 2024, pp. 1-5, DOI: /10.1109/DESSERT65323.2024.11122143. **Indexed in Scopus.**

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота **Ярошинського М.С. «Метод виявлення несумісних версій сервісів перед розгортанням розподілених програмних систем»**, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред'являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми «Комп'ютерні науки» Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу **«Метод виявлення несумісних версій сервісів перед розгортанням розподілених програмних систем»**, подану **Ярошинським Миколою Сергійовичем** на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

д.т.н., старший дослідник, Зубок Віталій Юрійович, провідний науковий співробітник відділу математичного і комп'ютерного моделювання Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України.

Члени:

Рецензенти:

д.т.н., проф., Ковальчук Людмила Василівна, провідний науковий співробітник відділу математичного та комп'ютерного моделювання Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України.

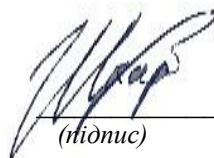
д.т.н., старший дослідник, Гончар Сергій Феодосійович, заступник директора з науково-технічної роботи Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України;

Опоненти:

д.т.н., с.н.с., Зайцев Євген Олександрович, завідувач відділу теоретичної електротехніки Інституту електродинаміки Національної академії наук України;

к.т.н., доц., Кудерметов Равіль Камілович, завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж Національного університету «Запорізька політехніка».

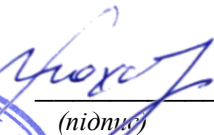
Головуючий на засіданні,
провідний науковий співробітник
відділу математичного та
комп'ютерного моделювання
ІМПЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,
д.т.н., доц.



(підпис)

Вадим ШКАРУПИЛЮ
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

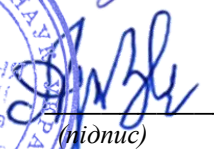
Гарант освітньо-наукової програми,
член-кореспондент НАН України,
д.т.н., проф.



(підпис)

Володимир МОХОР
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

В.о вченого секретаря
ІМПЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,
д.т.н., с.н.с.



(підпис)

Володимир АРТЕМЧУК
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)