

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

«30» вересня 2025р.

ВИТЯГ З ПРОТОКОЛУ №3

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

м. Київ

«30» вересня 2025 р.

ПРИСУТНІ 17 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., д.т.н., с.д. Зубок В.Ю., 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 за матеріалами дисертаційної роботи **«Метод побудови паралельних чисельних моделей динамічних систем на базі протоколу**

реактивних потоків», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» (Освітньо-наукова програма «Комп'ютерні науки»).

Тему дисертаційної роботи **«Метод побудови паралельних чисельних моделей динамічних систем на базі протоколу реактивних потоків»** затверджено на засіданні Вченої ради ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАНУ (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., д.т.н., с.д. Зубок В.Ю., 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., д.т.н., с.д. Зубок В.Ю., к.т.н. Кравцов Г.О.

УХВАЛИЛИ:

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

1. Актуальність теми дослідження

Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності, гнучкості та масштабованості процесів моделювання у сучасних багатопроцесорних і розподілених обчислювальних системах. Зі зростанням складності динамічних систем, які потребують точного відтворення поведінки у реальному часі, традиційні методи симуляції, що базуються на послідовному або централізовано синхронізованому виконанні, втрачають актуальність. Запропонований у дисертації підхід, заснований на поєднанні структурованих графів переходів і реактивних потоків, відповідає сучасним тенденціям розвитку обчислювальних технологій, орієнтованих на подієві, асинхронні та потоково-орієнтовані моделі. Така концепція відкриває можливості для створення адаптивних систем моделювання, здатних ефективно працювати в умовах високого навантаження, непередбачуваних

подій і динамічної зміни середовища. Таким чином, дослідження має як теоретичну значущість для розвитку методів паралельного моделювання, так і практичну цінність для розробки сучасних інженерних і науково-аналітичних 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. Розроблено метод побудови паралельних чисельних моделей складних динамічних систем на базі протоколу реактивних потоків, який, на відміну від існуючих, враховує поточну архітектуру обчислювальних систем і сучасні методи розроблення програмного забезпечення, що дозволяє підвищити ефективність виконання чисельного моделювання у багатопроцесорних і розподілених середовищах.
2. Запропоновано підхід до подання станів динамічних систем у вигляді множини підстанів із використанням унікальних ключів, що, на відміну від монолітних станів в традиційних паралельних моделях, забезпечує модульність, повторне використання та узгодженість при побудові графів переходів і обчислювальних графів в паралельних моделях.
3. Запропоновано подання динамічних моделей у вигляді графа переходів і розроблено підхід його перетворення у структуровану графову модель, що на відміну від використання імперативних описів (наборів інструкцій для виконання машинами) істотно спрощує процес створення та масштабування моделей у багатопроцесорних і розподілених середовищах.
4. Запропоновано використання push- та pull-шаблонів для паралельного інтерактивного моделювання складних динамічних систем, що на відміну від класичних шаблонів, забезпечує ефективне використання обчислювальних ресурсів та менший час відгуку моделі, під час синхронізації отриманих моделей з реальною системою по параметрах моделі.

5. Розроблено метод перетворення графів переходів на обчислювальні графи, що реалізуються у парадигмі реактивних потоків (зокрема, з використанням бібліотеки АККА Streams). Такий метод, на відміну від традиційних (побудованих на основі потоків інструкцій), забезпечує більш природне поєднання абстрактної специфікації з виконуваними обчисленнями, а також спрощує процес масштабованої реалізації моделей у багатопроцесорних та розподілених середовищах.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи

Теоретичне значення роботи полягає у формуванні цілісної формально-методологічної основи для паралельного моделювання динамічних систем, яка поєднує апарат графів переходів з парадигмою реактивних потоків. Запропоновано нову модель представлення стану у вигляді множини підстанів із унікальними ключами, що забезпечує модульність, повторне використання та строгі умови узгодженості при побудові графів переходів і обчислювальних графів; тим самим уточнюється семантика станів і переходів у багатопроцесорних та розподілених середовищах. Розроблено формальний підхід перетворення графів переходів на структуровані обчислювальні графи в термінах реактивних потоків (зокрема в екосистемі АККА Streams), який задає однозначне відображення від абстрактної специфікації до виконуваних обчислень і тим самим зменшує теоретичну та алгоритмічну складність проектування масштабованих симуляторів. Уведення push- і pull-шаблонів як базових комунікаційних патернів для інтерактивного паралельного моделювання формалізує правила балансування навантаження та синхронізації з реальною системою, що дає змогу аналітично обґрунтовувати часові характеристики відгуку і ефективність використання ресурсів. Сукупно ці результати розвивають теорію паралельного чисельного моделювання, уточнюють формальні засади узгодженості й спостережуваності у розподілених обчисленнях та пропонують узагальнюваний механізм композиції моделей, придатний для подальших досліджень і практичних реалізацій.

Практичне значення полягає в наступному:

1. Реалізовано демонстраційний приклад обчислювального графа на базі бібліотеки АККА Streams для задачі змішування сольових розчинів, результати якого співпадають з аналітичними розрахунками, що підтверджує коректність підходу. На цьому прикладі апробовано методи оптимізації обчислювальних графів та інтерактивного моделювання.
2. Розроблено практичні рекомендації щодо перспектив використання паралельних моделей складних динамічних систем, в різних галузях (енергетика, фізичне моделювання, біологічні та соціальні системи).

5. Апробація/використання результатів дисертації

Основні положення та результати дослідження, пов'язані з розробкою методу паралельного моделювання на основі протоколу реактивних потоків, були представлені та обговорені на науково-практичних конференціях різного рівня: XLI Науково-технічна конференція молодих вчених та спеціалістів (Київ, 2023, 17 травня 2023 р., форма участі – виступ і публікація тез). Та круглий стіл «Meaningful Artificial Intelligence – 2024» (Київ, 2025, 26 січня 2024 р., форма участі – виступ і публікація тез).

Результати роботи також були представлені на наукових семінарах відділу математичного та комп'ютерного моделювання Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація **Сіроткіна О.В.** 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 6 наукових публікацій, у тому числі:

- 2 статті у наукових фахових виданнях України за спеціальністю, в т.ч. 2 статті у яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб;
- 2 статі у періодичних наукових виданнях проіндексованих у базах WoS та/або Scopus;
- 1 статтю у виданнях, віднесену до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports, чи одноосібних монографій, що відповідають зазначеним вимогам;
- 2 тез виступів на наукових конференціях.

Статті у виданнях, індексованими у наукометричній базі Scopus, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank:

1. **O. Sirotkin**, A. Prymushko, I. Puchko, H. Kravtsov, M. Yaroshynskyi, V. Artemchuk, Parallel simulation using reactive streams: A graph-based approach for dynamic modeling and optimization, *Computation* 2025, 13(5), 103; <https://doi.org/10.3390/computation13050103>. **Index in SCOPUS Q2.** (Особистий внесок – приймав участь у проведенні аналітичного огляду, та концептуалізації для побудови методу побудови паралельних чисельних моделей динамічних систем на базі протоколу реактивних потоків, узагальненні результатів та підготовці всіх розділів).

Стаття у виданні, індексованому у наукометричній базі Scopus:

2. M. Yaroshynskyi, A. Prymushko, I. Puchko, **O. Sirotkin**, D. Sinko, Akka as a tool for modelling and managing a smart grid system, *Journal of Edge Computing* 2025, 4(1), pp.105–115. <https://doi.org/10.55056/jec.822>. **Index in SCOPUS**. (Особистий внесок – приймав участь у дослідженні розумних мереж, та редагуванні всіх розділів, також приймав участь розробці програмного забезпечення).

Статті у наукових фахових виданнях України категорії Б:

3. **О.В. Сіроткін**, М.С. Ярошинський, Д.П. Сінько, С.Б. Гунько, Д.О. Манолук, Моделювання у фазовому просторі під-станів, *Електронне моделювання* 2025, 47(2):28-45, <https://doi.org/10.15407/emodel.47.03.028>. Фахове видання категорії Б. (Особистий внесок – приймав участь у проведенні аналітичного огляду, та розробці програмного забезпечення).
4. М.С. Ярошинський, **О.В. Сіроткін**, Д.П. Сінько, С.Б. Гунько, Д.О. Манолук, Коректність пласкої класифікації, *Електронне моделювання* 2023, 45(2):34-43, <https://doi.org/10.15407/emodel.45.02.034>. Фахове видання категорії Б. (Особистий внесок – приймав участь у дослідженні пласкої класифікації, та редагуванні всіх розділів).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. **О.В. Сіроткін**. Паралельне моделювання з використанням реактивних потоків: Матеріали XLI науково-технічна конференція молодих вчених та спеціалістів інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. Київ, 17 травня 2023 р. С. 167-175.
6. **О.В. Сіроткін**. Циклічно спрямована імовірнісна графічна модель: пропозиція, основана на структурованих результатах: Матеріали Круглого столу «Meaningful Artificial Intelligence – 2024» Київ, 26 січня 2024 р. С. 15-21.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота **Сіроткіна О.В. «Метод побудови паралельних чисельних моделей динамічних систем на базі протоколу реактивних потоків»**, 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 Інформаційні технології зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу «Метод побудови паралельних чисельних моделей динамічних систем на базі протоколу реактивних потоків», подану **Сіроткіним Олексієм Вікторовичем** 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., проф., **Винничук Степан Дмитрович**, завідувач відділу моделювання енергетичних процесів і систем Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України.

Члени:

Рецензенти:

д.т.н., с.н.с., **Гільгурт Сергій Якович**, завідувач відділу математичного та економетричного моделювання Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України,

д.т.н., старший дослідник, **Шевченко Сергій Станіславович**, провідний науковий співробітник відділу моделювання енергетичних процесів і систем Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України.

Опоненти:

д.т.н., проф., **Ляхно Валерій Анатолійович**, професор кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки Національного університету біоресурсів і природокористування України,

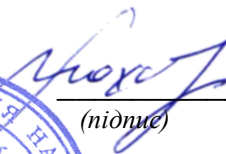
д.т.н., с.н.с., **Зайцев Євген Олександрович**, завідувач відділу теоретичної електротехніки Інституту електродинаміки Національної академії наук України.

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 ШКАРУПИЛО
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

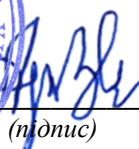
Гарант освітньо-наукової програми,
член-кореспондент НАН України,
д.т.н., проф.


(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)