

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора з науково-організаційної роботи Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова Національної академії наук України, д.т.н., с.н.с.



Володимир АРТЕМЧУК

« 27 » липня 2026 р.

ВИТЯГ З ПРОТОКОЛУ № 3

засідання науково-технічного семінару
відділу моделювання енергетичних процесів і систем
Інституту проблем моделювання в енергетиці
ім. Г.Є. Пухова Національної академії наук України

м. Київ

« 27 » липня 2026 р.

ПРИСУТНІ [10] осіб:

д.т.н., ст.д-к. Зубок В. Ю.; д.т.н., проф. Винничук С.Д.; д.т.н., с.н.с. Артемчук В.О.; д.т.н., с.н.с. Гільгурт С. Я.; д.т.н., ст. досл. Шевченко С.С.; к.ф.-м.н., с.н.с. Митко Л.О.; к.т.н., пров.н.с. Плетяний І.В.; аспіранти Кравчук О.А., Тарановський А.О., Шевченко С.С.

ГОЛОВУВАВ: д.т.н., ст.д-к., заступник директора з наукової роботи ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України Зубок В.Ю.

ПОРЯДОК ДЕННИЙ:

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта 4-го року навчання відділу моделювання енергетичних процесів і систем ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України **Шевченка Станіслава Сергійовича** за матеріалами дисертаційної роботи «Інформаційна технологія створення інтерактивних сценаріїв на основі 3D-моделей з навчання спеціалістів з ремонту насосів атомних станцій», 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 «Інформаційна технологія створення інтерактивних сценаріїв на основі 3D-моделей з навчання спеціалістів з ремонту насосів атомних станцій» затверджено на засіданні Вченої ради ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України (протокол № 13 від 29 грудня 2022 р.) та перезатверджено на засіданні Вченої ради ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України (протокол № 5 від 30 квітня 2026 р.).

Науковим керівником затверджений доктор технічних наук, професор Винничук С.Д.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили: д.т.н., ст.д-к. Зубок В. Ю.; д.т.н., с.н.с. Артемчук В.О.; д.т.н., с.н.с. Гільгурт С. Я.; к.т.н., пров.н.с. Плетяний І.В.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь: д.т.н., ст.д-к. Зубок В. Ю.; д.т.н., проф. Винничук С.Д.; д.т.н., с.н.с. Артемчук В.О.; д.т.н., с.н.с. Гільгурт С. Я.

УХВАЛИЛИ:

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

1. Актуальність теми дослідження

Створення комп'ютерних навчальних мультимедійних засобів для підготовки фахівців з ремонту насосів атомних електричних станцій передбачає розробку сценаріїв, їх верифікацію та візуалізацію. При виконанні ремонтних робіт приймають участь ряд спеціалістів, тому сценарії є багатокористувацькими, де кожен зі спеціалістів виконує певну визначену йому роль. Для створення сценаріїв на даний час існує ряд систем опису діяльності з урахуванням ролей, наприклад, BPMN 2.0, для яких проблемними є вирішення завдань верифікації. Сценарій у вигляді мережі Петрі – це математична модель, на аналізі якої можна вирішити завдання верифікації, проте в них не передбачено врахування ролей учасників сценарію. При візуалізації процесів виконання сценарію з використанням 3D-моделей насосного обладнання важливо реалізувати коректне з'єднання елементів насоса, врахувати ймовірність візуального перевантаження користувача, а також знизити вплив мережевих затримок на процес спільної взаємодії.

Тому актуальним є завдання з розробки інформаційної технології створення сценаріїв, їх верифікації та візуалізації при навчанні спеціалістів з ремонту насосного обладнання АЕС на основі представлення сценарію як мережі, заснованої на ідеї мереж Петрі із врахуванням ролей учасників сценарію, що дозволяє вирішувати завдання верифікації сценаріїв, а для

уникнення візуального перевантаження при візуалізації дозволяє обмежувати обсяг інформації на сцені.

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

Робота виконувалася відповідно до плану наукових досліджень ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України та в межах пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки в Україні.

3. Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна роботи полягає у розробці та теоретичному обґрунтуванні нових моделей і методів:

1. *Дістала подальшого розвитку* технологія створення інтерактивних навчальних сценаріїв, що включає:

- *запропоновану* модель сценарію як мережі, заснованої на апараті ієрархічних мереж Петрі, де можливим є послідовне та паралельне виконання дій, послідовність яких визначається на основі функціональних обов'язків (ролей) учасників (модель рольової взаємодії у віртуальному середовищі (MPB)). На відміну від класичних мереж Петрі модель пов'язує дискретні стани 3D-моделей з цілеспрямованими діями конкретних ролей, сформованими за принципом передумова → наслідок. На відміну від методів побудови сценаріїв (наприклад, стандарту BPMN 2.0), забезпечується автоматична верифікація сценарію, у тому числі оцінка наявності тупикових ситуацій та взаємних блокувань;
- *вперше запропоновану* інформаційну модель віртуальних навчальних 3D-моделей, представлену кортежем, що включає дані про геометрію, характерні властивості, кінематичні обмеження та функції реакцій. У ній, на відміну від традиційних архітектур 3D-рушіїв, розширено можливості об'єктно-орієнтованого наслідування на архітектуру ієрархічних графів 3D-моделей та інтегровано механізм фіксації залежностей, що усуває ризик деструктивного каскадного ефекту та забезпечує ізоляцію дочірніх компонентів від несанкціонованих або критичних змін у батьківських шаблонах. Розроблено механізм ієрархічного блокування, що дозволяє встановлювати захист від змін на різних рівнях вкладеності: від окремої властивості до 3D-моделі цілком разом із її дочірніми елементами – що гарантує детермінованість логіки під час виконання (Runtime) сценарію.

2. На основі аналізу алгоритмічних зв'язків між геометрією та логікою сценарію *запропоновано* метод автоматичного видалення внутрішньої топології вузлів, які не задіяні у конкретному сценарії, із залишенням їх зовнішньої оболонки, що, на відміну від класичних алгоритмів сліпої геометричної децимації, суттєво знижує навантаження на систему візуалізації без втрати важливої для навчання інформації.

3. *Вперше запропоновано* метод управління обсягом інформації на сцені для забезпечення прийняттого когнітивного навантаження на користувача, що ґрунтується на теорії когнітивного навантаження (Cognitive Load Theory) і

дозволяє утримувати обсяг інформації в межах пропускну здатності робочої пам'яті користувача відповідно до заданого (інструктором або учнем) рівня складності симуляції. Метод включає:

- проактивне сповіщення інструктора про можливе когнітивне перевантаження (кількість одночасно доступних активних об'єктів та дій перевищує встановлену норму) при створенні сценарію;
- візуальне приглушення об'єктів, не задіяних у поточних переходах при виконанні сценарію, що забезпечує динамічне зниження впливу інформації на сцені, яка знаходиться в полі зору користувача;
- автоматичне конвертування частини дій, визначених інструктором, у автоматичні або/та мовчазні τ -переходи при виконанні сценарію (що дозволяє автоматизувати виконання етапів, які не є критичними для обраного рівня складності).

4. *Вперше розроблено аналітико-параметричний метод реплікації гармонічних станів для розподіленої мережевої синхронізації навчальних комплексів.* Обґрунтовано, що на відміну від класичних алгоритмів (стандарту DIS IEEE 1278.1), які спираються на поліноміальну екстраполяцію (Dead Reckoning) і зазнають інтенсивного кумулятивного зростання помилок при високочастотних осциляціях (вібраціях), запропонований метод базується на подієвій трансляції спектральних параметрів (частоти, амплітуди, мітки часу), що робить обсяг мережевого трафіку інваріантним до частоти коливальності об'єкта. А використання глобальної часової мітки забезпечує збереження фазової узгодженості в умовах флуктуацій мережевої затримки (джиттеру), гарантуючи синхронне сприйняття високочастотних динамічних процесів та аварійних режимів усіма учасниками. Водночас делегування обчислень на рівень вершинних шейдерів графічного процесора забезпечує візуально-діагностичну еквівалентність відображення без залучення важких систем інженерного моделювання (CAE).

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи

Теоретичне значення роботи полягає у розвитку математичного апарату та алгоритмічних засад конструювання інтерактивних систем. Запропоновані моделі формують теоретико-методологічний базис для крос-доменної інтеграції формалізму мереж Петрі та обчислювальної геометрії у веб-орієнтованих архітектурах.

Практичним результатом роботи є створення програмно-алгоритмічного забезпечення та розробка прототипу у вигляді функціональних модулів інформаційної технології створення інтерактивних сценаріїв на основі 3D-моделей з навчання спеціалістів з ремонту насосів атомних станцій. Прототип включає візуальний редактор сценаріїв, що дозволить експертам предметної області створювати навчальні сценарії для їх подальшого розгортання у хмарному середовищі або як автономних локальних симуляторів без залучення програмістів. Застосування методу автоматичного видалення внутрішньої топології вузлів на практиці дозволяє забезпечити стабільну візуалізацію промислового обладнання у веб-браузерах та алгоритмічно підвищує захист пропрієтарних креслень виробників, знижуючи можливості несанкціонованого

копіювання конструкцій обладнання (реверс-інжинірингу). Апробація прототипу на тестових групах підтвердила його працездатність, алгоритмічну стійкість. Експериментальні тестування мережевої архітектури зафіксували суттєве зменшення обсягу переданих даних в умовах імітації деградованих каналів зв'язку.

5. Апробація/використання результатів дисертації

Результати дисертаційного дослідження пройшли апробацію через представлення на науково-практичних та науково-технічних конференціях: Двадцять третя міжнародна науково-технічна конференція “Проблеми інформатики та моделювання (ПІМ-2023)”, м. Харків, 20-22 вересня 2023 року; Науково-практична конференція “Резильєнтність критичної інфраструктури – 2023”, м. Київ, 21 червня 2023 року; Науково-практична конференція “Технології створення і використання засобів підготовки персоналу на об'єктах критичної інфраструктури – 2023”, м. Київ, 8 листопада 2023 року; V Науково-практична конференція “Безпека енергетики в епоху цифрової трансформації”, м. Київ, 22 листопада 2023 року; Науково-практична конференція “Технічна діагностика обладнання АЕС”, м. Київ, 6 грудня 2023 року; XLII науково-технічна конференція молодих вчених та спеціалістів Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, 15 травня 2024 року; VI міжнародна конференція “Перспективи впровадження інновацій у атомну енергетику”, м. Київ, 27 вересня 2024 року; Науково-практична конференція “Резильєнтність динамічних систем”, м. Київ, 27 грудня 2024 року; XLIII науково-технічна конференція молодих вчених та спеціалістів Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, 14 травня 2025 року; Науково-практична конференція “Кібербезпека енергетики”, м. Київ, 28 травня 2025 року.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Шевченка Станіслава Сергійовича 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 15 наукових праць, у тому числі:

- 2 статті у наукових фахових виданнях України за спеціальністю, в яких число співавторів включно із здобувачем не перевищує двох осіб;
- 2 статті у періодичних наукових виданнях проіндексованих у базі даних Scopus, з яких 2 статті у виданнях, віднесених до першого-третього квартилів (Q1-Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank;
- 1 патент України на корисну модель;
- 10 тез доповідей на наукових конференціях.

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Шевченко С. С. Комплексний підхід та модель ролевої взаємодії при проектуванні кооперативних сценаріїв в інтерактивних навчально-тренувальних системах. *Електронне моделювання*. 2025. Т. 47, № 5. С. 75–86.

DOI: 10.15407/emodel.47.05.075.

2. Шевченко С. С. Алгоритмічне забезпечення верифікації та виконання кооперативних сценаріїв у розподілених тренажерних системах. *Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології*. 2025. № 2 (10). С. 142–149.

DOI: 10.36994/2788-5518-2025-02-10-18.

Статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus та віднесених до першого-третього квартилів (Q1-Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank:

3. Shevchenko T., Shams Esfandabadi Z., Ranjbari M., Saidani M., Mesa J., Shevchenko S. et al. Metrics in the circular economy: An inclusive research landscape of the thematic trends and future research agenda. *Ecological Indicators*. 2024. Vol. 165. 112182.

DOI: 10.1016/j.ecolind.2024.112182.

Квартиль за класифікацією SCImago Journal and Country Rank: Q1.

Особистий внесок: брав участь у розробці методології дослідження та обґрунтуванні впливу цифрових інструментів на показники ресурсоощадності та екологічної ефективності.

4. Shevchenko S., Shevchenko S. Increasing the Operational Safety of NPP Pumping Equipment by Using Interactive Automated Remote Educational and Training Systems. *Nuclear and Radiation Safety*. 2024. Vol. 1(101). P. 19–27.

DOI: 10.32918/nrs.2024.1(101).02.

Квартиль за класифікацією SCImago Journal and Country Rank: Q3.

Особистий внесок: розроблено архітектуру інтерактивної системи дистанційного навчання для персоналу АЕС та запропоновано методику візуалізації насосного обладнання.

Патенти:

5. Пат. 149786 Україна, МПК (2021.01) G09B 19/00. Інтерактивна автоматизована дистанційна навчально-тренувальна система / С. С. Шевченко; заявник та патентовласник С. С. Шевченко. – № у 2021 05876; заявл. 19.10.2021; опубл. 01.12.2021, Бюл. № 48.

Матеріали конференцій:

6. Shevchenko S. S. Creation of interactive automated educational and training systems. *Проблеми інформатики та моделювання (ПІМ-2023)*: тези 23-ї міжнар. наук.-техн. конф. (м. Харків, 2023 р.). Харків: НТУ "ХПІ", 2023. С. 102–104.

7. Шевченко С. С. Інтерактивні автоматизовані дистанційні навчально-тренувальні системи як важлива ланка у резильєнтності критичної інфраструктури. *Резильєнтність критичної інфраструктури – 2023*: матеріали наук.-практ. конф. (м. Київ, 21 червня 2023 р.). Київ, 2023. С. 102–103.

8. Шевченко С. С. Вибір технологій для створення інтерактивних автоматизованих дистанційних навчально-тренувальних систем. *Технології створення і використання засобів підготовки персоналу на об'єктах*

критичної інфраструктури – 2023: матеріали наук.-практ. конф. (м. Київ, 8 листопада 2023 р.). Київ, 2023. С. 32–34.

9. Шевченко С. С. Підвищення кваліфікації персоналу як засіб покращення безпеки енергетики у цифрову епоху. *Безпека енергетики в епоху цифрової трансформації: матеріали V наук.-практ. конф. (м. Київ, 22 листопада 2023 р.). Київ, 2023. С. 117–119.*

10. Шевченко С. С. Підвищення ефективності використання діагностичної інформації шляхом втілення інтерактивної системи навчання персоналу АЕС. *Технічна діагностика обладнання АЕС: матеріали наук.-практ. конф. (м. Київ, 6 грудня 2023 р.). Київ, 2023. С. 55–56.*

11. Шевченко С. С. Питання безпеки контенту та вихідних матеріалів у інтерактивних навчальних системах. *XLII науково-технічна конференція молодих вчених та спеціалістів Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України (м. Київ, 15 травня 2024 р.). Київ, 2024. С. 52–53.*

12. Шевченко С. С. Інтерактивні автоматизовані дистанційні навчально-тренувальні системи як інструмент покращення безпеки енергетики у цифрову епоху. *Перспективи впровадження інновацій у атомну енергетику: матеріали VI міжнар. конф. (м. Київ, 27 вересня 2024 р.). Київ, 2024. С. 222–224.*

13. Шевченко С. С., Винничук С. Д. Роль автоматизованих навчальних платформ у забезпеченні стійкості динамічних систем до зовнішніх змін. *Резильєнтність динамічних систем: матеріали наук.-практ. конф. (м. Київ, 27 грудня 2024 р.). Київ, 2024. С. 128–129.*

Особистий внесок: обґрунтовано роль автоматизованих платформ у забезпеченні резильєнтності динамічних систем.

14. Шевченко С. С. Синхронізоване кооперативне навчання як інструмент підвищення ефективності командної роботи в енергетиці. *XLIII науково-технічна конференція молодих вчених та спеціалістів Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України (м. Київ, 14 травня 2025 р.). Київ, 2025. С. 71–73.*

15. Шевченко С. С. Моделювання сценаріїв кібератак в інтерактивних 3D-середовищах як інструмент підвищення кіберстійкості персоналу енергетичних підприємств. *Кібербезпека енергетики: матеріали наук.-практ. конф. (м. Київ, 28 травня 2025 р.). Київ, 2025. С. 55–56.*

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Шевченка Станіслава Сергійовича «Інформаційна технологія створення інтерактивних сценаріїв на основі 3D-моделей з навчання спеціалістів з ремонту насосів атомних станцій», що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 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 (рівень вищої освіти: третій, освітньо-науковий; ступінь вищої освіти: доктор філософії; галузь знань: 12 Інформаційні технології, спеціальність:

122 Комп'ютерні науки; освітня кваліфікація: доктор філософії з комп'ютерних наук).

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу «Інформаційна технологія створення інтерактивних сценаріїв на основі 3D-моделей з навчання спеціалістів з ремонту насосів атомних станцій», подану Шевченком Станіславом 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 Національної академії наук України утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

д.т.н., с.н.с., завідувач відділу Математичного та економетричного моделювання ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, Гільгурт Сергій Якович;

Члени:

Рецензенти:

д.т.н., с.н.с., заступник директора з науково-організаційної роботи ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України Артемчук Володимир Олександрович;

к.т.н., с.н.с., пров.н.с. науково-організаційного відділу, ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України Плетяний Ігор Васильович;

Опоненти:

к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова Топалов Андрій Миколайович;

д.т.н., проф., професор кафедри біомедичної кібернетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Кучанський Олександр Юрійович.

Головуючий на засіданні,

д.т.н., ст.д-к., заступник директора
з наукової роботи
ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України



Віталій ЗУБОК

Гарант освітньо-наукової програми,
член-кореспондент НАН України,
д.т.н., проф., радник при дирекції
ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України



Володимир МОХОР

Учений секретар
ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,
к.т.н.



Вікторія ЧОЧЬ