

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи

Національного технічного університету України

“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”



к.ф.і.с. н., професор

Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

березня 2024 року

ВИТЯГ

з протоколу № 24 від 6 березня 2024 року розширеного засідання кафедри Інженерії програмного забезпечення в енергетиці Навчально-наукового інституту атомної і теплової енергетики Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри інженерії програмного забезпечення в енергетиці: в.о. завідувача кафедри інженерії програмного забезпечення в енергетиці д.т.н, доц. Коваль О.В., професор д.т.н., проф. Барабаш О.В., професор д.т.н., проф. Гаврилко Є.В., професор д.т.н, доц., Мусієнко А.П., професор д.т.н., доц. Недашківський О.Л., професор д.е.н., проф. Сігайов А.О., професор д.т.н., доц. Федорова Н.В., доцент к.т.н., доц. Гагарін О.О., доцент к.т.н., доц. Кузьмініх В.О., доцент к.т.н., доц. Стативка Ю.І., доцент к.т.н., доцент к.ф.-м.н., доц. Свинчук О.В., доцент к.т.н. Варава І.А., доцент к.е.н., Гусева І.І., доцент к.т.н. Шпурик В.В., ст. викл. Дацюк О.А., ст. викл. Колумбет В.П., ст. викл. Бандурка О.І., ас. Оленєва К.М., ас. Швайко В.Г., асп.Олексій А.О., асп. Гейко О.О., асп. Бочок В.О., зав. лаб. Гайдаржи В.І., інж. Вакулович О.В., зав. лаб. Беленцов О.С.

- з інших кафедр КПІ ім. Ігоря Сікорського:

гарант ОНП зі спеціальності 121 завідувачка кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем факультету прикладної математики д.т.н., доцент Сулема Євгенія Станіславівна;

декан факультету інформатики та обчислювальної техніки, д.т.н., доцент Корнага Ярослав Ігорович.

Запрошені з інших організацій:

завідувачка кафедри технологій цифрового розвитку навчально-наукового інституту інформаційних технологій Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій, д.т.н., доцент Жебка Вікторія Вікторівна;

старший науковий співробітник Інституту проблем моделювання в енергетиці ім.Г.Є. Пухова, к.т.н, Кравцов Григорій Олексійович;

завідувач лабораторії моделювання процесів тепломасообміну Інституту технічної теплофізики НАН України, д.т.н., професор Круковський Павло Григорович.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення випускника аспірантури кафедри інженерії програмного забезпечення в енергетиці Старовіта Івана Сергійовича за матеріалами дисертаційної роботи “Методи та програмні засоби обробки даних цифрового двійника конфайнменту Чорнобильської атомної електростанції”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Освітньо-наукова програма «Інженерія програмного забезпечення».

Тему дисертаційної роботи затверджено на засіданні Вченої ради теплоенергетичного факультету (протокол № 5 від 30 листопада 2020 року) та перезатвердженню на тему “Моделі та програмні засоби управління вентиляційними установками НБК ЧАЕС з використанням машинного навчання” на засіданні Вченої ради навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” (протокол № 3 від 14 вересня 2023 року).

Науковими керівниками затверджені: доктор технічних наук, доцент ГАВРИЛКО Є.В., доктор технічних наук, професор КРУКОВСЬКИЙ П.Г.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили: д.т.н., доцент Федорова Н.В., Гайдаржи В.І., к.т.н., доцент Стативка Ю.І., к.т.н., доцент Варава І.А., д.т.н., доцент Недашківський О.Л..

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь: д.т.н., доц. Сулема Є.С., д.т.н, доц. Коваль О.В., д.т.н., доцент Федорова Н.В., д.т.н., доцент, Мусієнко А.П..

УХВАЛИЛИ:

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

1. Актуальність теми дослідження.

Аварія на ЧАЕС, що сталась в 1986 році, та результатом якої був викид великої кількості радіоактивних речовин мала катастрофічні наслідки для навколишнього середовища. Сумарна маса ядерного палива, що була безпосередньо завантажена в реактор та зберігалась в межах об'єкту, складала близько 200 тон. Значна частина паливного пилу була розсіяна за межами пошкодженого четвертого енергоблока у вигляді радіоактивних аерозолів (РА), спричиняючи радіоактивне забруднення територій, решта осіла в межах енергоблока та на поверхні споруд.

З метою подальшої мінімізації наслідків аварії, у 2019 році здано в експлуатацію Новий Безпечний Конфайнмент (НБК). Основне призначення НБК – перешкоджання виходу радіоактивних речовин за його межі під час звичайної експлуатації та аварійних ситуацій, найбільш небезпечними з яких є вже згадані радіоактивні аерозолі. Виконання даного завдання – складний інженерний, та технологічний виклик, одним з напрямів рішення якого є створення спеціалізованих моделей та програм для вибору оптимального режиму управління вентиляційними установками (ВУ) НБК ЧАЕС, з врахуванням поточного стану об'єкту, запланованих режимів роботи персоналу та параметрів оточуючого середовища. Врахування різноманітних умов експлуатації об'єкту, а також забезпечення персоналу всією необхідною інформацією вимагає

розроблення відповідної системи підтримки прийняття рішень (СППР) для оптимального управління ВУ.

Окреслене сформувало комплексне протиріччя: з одного боку, в ході експлуатації НБК виникає необхідність оцінки та прогнозування гідравлічного стану, мінімізації викидів радіоактивних речовин та використання електроенергії ВУ; з іншого боку, НБК є складною динамічною системою, де знаходження оптимальних режимів проведення робіт та ефективна робота підсистем залежать від різноманітних факторів, таких як зміни умов експлуатації та навколишньому середовищі, внутрішні процеси об'єкту (вимагає ретельного балансування між потребами в енергоефективності та безпекою, а також надійністю та адаптивністю систем управління). Відповідне протиріччя (поєднання теоретичних напрацювань з практичними потребами) може бути вирішене за допомогою розроблення і впровадження передових інформаційних та аналітичних технологій, включно з використанням прогнозуючих моделей, які здатні надати рекомендації щодо керування у відповідь на змінні умови, забезпечуючи тим самим підвищення ефективності та безпеки експлуатації НБК.

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

Дисертаційне дослідження відповідає вимогам статті 5 Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» від 11 липня 2001 року № 2623-III (зі змінами та доповненнями від 12.01.2023 р.), пункту першого розділу другого «Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2023 року», затвердженого Постановою КМУ від 7 вересня 2011 р. № 942. Дисертаційна робота виконана відповідно з поточними та перспективними планами наукової та науково-технічної діяльності кафедри інженерії програмного забезпечення в енергетиці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» для подальшого розвитку інженерії програмного забезпечення. Результати дисертаційної роботи є складовою науково-дослідної роботи: «Програмне забезпечення системи підтримки прийняття рішень забезпечення техногенно-екологічної безпеки» (РК № 0121U109761).

Особисто автором в НДР запропоновано метод знаходження оптимальних витрат вентиляційними установок НБК за рахунок моделей для обчислення внутрішніх тисків в НБК та сумарних витоків радіоактивних аерозолей з основного об'єму до навколишнього середовища, а також запропоновано

відповідну архітектуру системи підтримки прийняття рішень щодо оптимального керування при змінних граничних умовах.

3. Наукова новизна отриманих результатів.

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

Вперше розроблено архітектуру системи підтримки прийняття рішень щодо оптимального управління вентиляційними установками, що дозволяє в режимі реального часу отримувати інформацію щодо оптимальних витрат ВУ та проводити прогностні розрахунки гідравлічного стану НБК.

Удосконалено програмні методи знаходження тисків всередині НБК та площ неконтрольованих протічок на основі фізичної моделі, які на відміну від відомих застосовують алгоритм з використанням багатопоточності (паралелізм на рівні даних), що дозволило пришвидшити розрахунки в 3-4 рази.

Вперше розроблено метод використання моделей машинного навчання для оцінки гідравлічного стану НБК, який відрізняється від відомих тим, що використовує нейронні мережі для прогнозування перепадів тисків, що дозволило підвищити точність прогнозування тисків всередині НБК, а саме зменшити середню абсолютну похибку прогнозування на 30.5% для внутрішнього датчика та 34% для зовнішніх датчиків.

Вперше розроблено програмний метод знаходження оптимальних витрат ВУ при змінних граничних умовах з використанням моделей на основі машинного навчання, який дозволив знизити витрати електроенергії в 2 рази, а витіки радіоактивних аерозолей за межі НБК на 98%.

Вперше розроблено програмний метод застосування статистичних метеорологічних даних для оцінки викидів РА за межі НБК, що дозволило розрахувати очікувані викиди РА при різних режимах роботи ВУ.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи. Практичне значення результатів роботи, розроблених моделей та програмних засобів дозволило підвищити ефективність управління ВУ, мінімізувати необхідний час для прийняття рішень щодо управління. Розроблений метод оптимізації витрат ВУ, протестований на експлуатаційній виборці показав можливість майже більшості викидів РА (близько 98% на тестовій виборці), з одночасним зменшенням витрат електроенергії в 2 рази (до 52%). Результати дослідження прийнято до впровадження в Державному спеціалізованому підприємстві «Чорнобильська АЕС» (№ 0700-148 від 29.06.2023); в Інституті технічної

теплофізики НАН України (акт реалізації від 12.01.2024 р.); в навчальному процесі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (акт реалізації від 15.09.2023 р.) при викладанні дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація процесів і системи».

5. Апробація/використання результатів дисертації. Результати досліджень, викладені у дисертаційній роботі, доповідались та обговорювались на міжнародних та всеукраїнських конференціях та семінарах: XX Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» (25-28 квітня, 2023, м. Київ); II Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні технологічні тенденції інтелектуальної індустрії та Інтернету речей» (24–25 січня, 2023, м. Київ); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інформаційні технології та інженерія» (7–10 лютого 2023, м. Миколаїв); II Міжнародній науково-практичній конференції «Technologies and strategies for the implementation of scientific achievements» (November 18, 2022. Stockholm, Kingdom of Sweden); X Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти та молод. вчених з автоматичного управління (12 квіт.2023, Херсон – Хмельницький); XII Міжнародній конференції «Проблеми Теплофізики та Теплоенергетики» (26-27 жовтня 2021, м. Київ).

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Старовіта І. 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 дисертаційної роботи опубліковано 15 наукових публікацій, у тому числі:

- 8 статей у наукових фахових виданнях України за спеціальністю;
- 7 тезах виступів на наукових конференціях.

1. Pysmennyu Y., Havrylko Y., Krukovskyi P., Starovit I., Diadiushko Y. Розробка спеціального програмного математичного забезпечення управління вентиляційними установками Нового Безпечного Конфайнменту ЧАЕС. Ядерна та радіаційна безпека, 2022, 2(94), С. 35-43. Категорія «А», Scopus Q2.

Особистий внесок – розроблення методу застосування машинного навчання для оцінки гідравлічного стану НБК;

2. Krukovskiy P.G., Diadiushko Ye.V., Skliarenko D.J., Starovit I.S. Unorganized air releases with radioactive aerosols from the New Safe Confinement of CHNPP into the environment. *Питання атомної науки та техніки*. 2021. №6 (136) С. 181-186. Категорія «А», Scopus Q3.

Особистий внесок – розроблення методу для знаходження оптимальних витрат ВУ з використанням машинного навчання;

3. Petro Loboda, Ivan Starovit, Oleksii Shushura, Yevhen Havrylko, Ventilation control of the New Safe Confinement of the CHNPP based on neuro-fussy networks. *Informatyka, Automatyka, Pomiaru W Gospodarce I Ochronie Środowiska*. 2023. Vol. 13 (4). P. 114-118. Іноземне видання, Scopus Q3.

Особистий внесок – розроблення методу знаходження оптимальних витрат ВУ, які застосовувались для навчання нейро-фізичної моделі;

4. Лобода П.П., Старовіт І.С. Розробка архітектури програмного забезпечення прогнозування і управління термогазодинамічними процесами і радіаційним станом Нового безпечного Конфайнменту ЧАЕС. *Вісник Херсонського національного технічного університету. Технічні науки*. 2022. №4(83). С. 67-73. Категорія «Б»..

Особистий внесок – розроблення моделей та методів прогнозування і управління термогазодинамічними процесами і радіаційним станом НБК

5. Loboda P.P., Starovit I.S. Architecture of the digital twin for the New safe confinement of the CHNPP. *Зв'язок*. 2022. №2. С. 22-26. Категорія «Б».

Особистий внесок – узагальнення розроблених моделей керування ВУ для подальшої розробки архітектури;

6. Лобода П.П., Старовіт І.С. Моделювання та управління процесами Нового безпечного конфайнменту ЧАЕС на основі технології цифрових двійників. *Вісник Херсонського національного технічного університету. Технічні науки*. 2023. №2(85). С. 168-173. Категорія «Б».

Особистий внесок – розроблення методу знаходження оптимальних витрат ВУ, які застосовувались для навчання нейро-фізичної моделі;

7. Лобода П.П., Старовіт І.С. Модель бази даних та знань цифрового двійника Нового безпечного конфайнменту ЧАЕС. *Computer Science and Applied Mathematic*. 2022. №2. С. 50-57. Категорія «Б».

Особистий внесок – розроблення методів та моделей інтерфейси яких застосовані при проектуванні баз даних;

8. Старовіт І.С. Система підтримки прийняття рішень щодо оптимального керування вентиляцією НБК ЧАЕС. *Зв'язок*. 2023, №2. С. 46-49. Категорія «Б».

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. Старовіт І.С., Дядюшко Є.В. Застосування технології нейронних мереж для аналізу гідравлічного стану Нового Безпечного Конфайнмента Чорнобильської АЕС. *Проблеми Теплофізики та Теплоенергетики*: Матеріали XII Міжнародної онлайн-конференції, м. Київ, 26-27 жовтня 2021 р. / Інститут Технічної Теплофізики НАН України

Особистий внесок – розроблення методу застосування машинного навчання для оцінки гідравлічного стану НБК;

10. Дядюшко Є.В., Скляренко Д.І., Старовіт І.С. Неорганізований повітрообмін Нового Безпечного Конфайнменту ЧАЕС з оточуючим середовищем. *Проблеми Теплофізики та Теплоенергетики*: Матеріали XII Міжнародної онлайн-конференції, м. Київ, 26-27 жовтня 2021 р. / Інститут Технічної Теплофізики НАН України

Особистий внесок – удосконалення розрахункових моделей для оцінки викидів повітря з НБК;

11. Старовіт І.С., Лобода П.П., Гаврилко Є.В. Оптимізація роботи вентиляційних установок НБК ЧАЕС при змінних граничних умовах. *Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики. У 2-х т. : Матеріали XX Міжнар. наук.-практ. конф. молод. вчених і студ. (присвячена 125-річчю КПІ ім. Ігоря Сікорського та 90-річчю НН ІАТЕ (ТЕФ))*, м. Київ, 25–28 квіт. 2023 р. / КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка» Київ, 2023. Т. 2. С. 111 – 112.

Особистий внесок – розроблення методу застосування машинного навчання для оцінки викидів повітря з НБК;

12. Старовіт І.С., Лобода П.П., Гаврилко Є.В., Шушура О.М. Нейрончїтке управління вентиляцією нового безпечного конфайнменту ЧАЕС. *Х Всеукр. наук.-практ. конф. здобув. вищої освіти та молод. вчених з автоматичного управління : тези доп.*, 12 квіт. 2023, Херсон – Хмельницький / редкол.: Рудакова Г.В. та ін. Херсон – Хмельницький, 2023. С. 57 – 59.

Особистий внесок – розроблення методу застосування машинного навчання

для оцінки викидів повітря з НБК;

13. Petro Loboda, Ivan Starovit. Data formalization of the digital twin for the New Safe Confinement of the CHNPP. *Новітні технологічні тенденції інтелектуальної індустрії та Інтернету речей*. : Матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. «ГТСІІТ-2023», м. Київ, 24–25 січня 2023 р. / КНУБА Київ, 2023. С. 15 – 19.

Особистий внесок – розроблення методів та моделей, які застосовались при проектуванні цифрового двійника НБК ЧАЕС;

14. Коваль О.В., Гаврилко Є.В., Лобода П.П., Старовіт І.С. Структура бази даних та знань цифрового двійника Нового безпечного конфайнменту ЧАЕС. *Інформаційні технології та інженерія* : Матеріали всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, м. Миколаїв, 7–10 лютого 2023 р. / ЧНУ імені Петра Могили. Миколаїв, 2023. С. 100 – 101.

Особистий внесок – розроблення методів та моделей, які застосовались при проектуванні цифрового двійника НБК ЧАЕС;

15. Лобода П.П., Старовіт І.С., Коваль О.В., Гаврилко Є.В., Шушура О.М. Технологія цифрових двійників в задачах управління процесами Нового безпечного конфайнменту ЧАЕС. *Technologies and strategies for the implementation of scientific achievements* : collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the II International Scientific and Theoretical Conference, November 18, 2022. Stockholm, Kingdom of Sweden: European Scientific Platform, 2022. PP. 103 – 105.

Особистий внесок – розроблення методів та моделей, які застосувались при проектуванні цифрового двійника НБК ЧАЕС;

Якість та кількість публікацій відповідають “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”.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Старовіта І.С. “Моделі та програмні засоби управління вентиляційними установками НБК ЧАЕС з використанням машинного навчання”, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного

забезпечення 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 КПІ ім. Ігоря Сікорського "Інженерія програмного забезпечення" зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу "Моделі та програмні засоби управління вентиляційними установками НБК ЧАЕС з використанням машинного навчання", подану Старовітом Іваном Сергійовичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

доктор технічних наук, доцент, завідувачка кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем факультету прикладної математики, Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» СУЛЕМА Євгенія Станіславівна;

Члени ради:

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, професор кафедри інженерії програмного забезпечення в енергетиці навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» БАРАБАШ Олег Володимирович;

доктор технічних наук, доцент, професор кафедри інженерії програмного забезпечення в енергетиці навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» ФЕДОРОВА Наталія Володимирівна;

Опоненти:

доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри технологій цифрового розвитку навчально-наукового інституту інформаційних технологій Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій ЖЕБКА Вікторія Вікторівна;

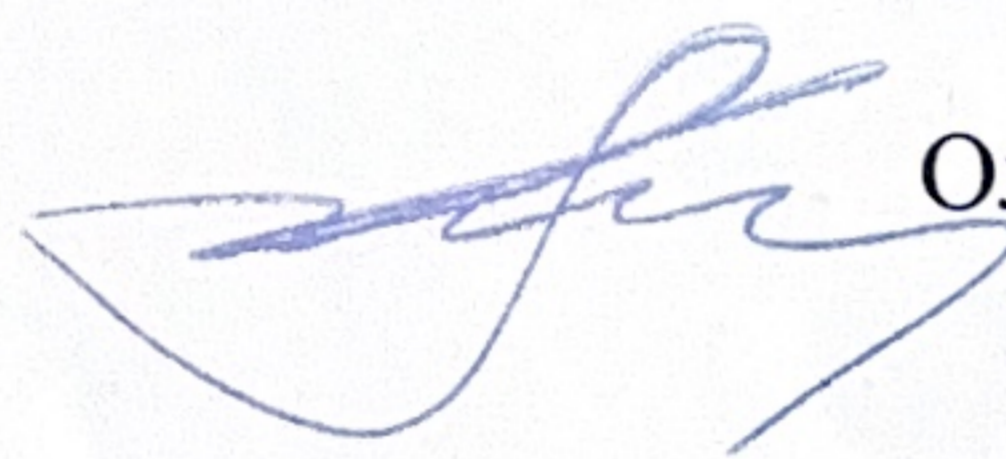
кандидат технічних наук Кравцов Григорій Олексійович, старший науковий співробітник Інституту проблем моделювання в енергетиці імені Г. Є. Пухова Національної академії наук України.

Головуючий на засіданні

В.О. завідувача кафедри інженерії програмного забезпечення в енергетиці навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

доктор технічних наук, професор

«_____» березня 2024 року



Олександр КОВАЛЬ

Гарант освітньо-наукової програми

завідувачка кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем факультету прикладної математики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

доктор технічних наук, доцент

«_____» березня 2024 року



Євгенія СУЛЕМА

Учений секретар кафедри інженерії програмного забезпечення в енергетиці навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

доктор технічних наук, доцент

«_____» березня 2024 року



Андрій МУСІЄНКО