

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
СТАРОВІТА Івана Сергійовича

на тему «МОДЕЛІ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ УПРАВЛІННЯ  
ВЕНТИЛЯЦІЙНИМИ УСТАНОВКАМИ НБК ЧАЕС З ВИКОРИСТАННЯМ  
МАШИННОГО НАВЧАННЯ»

представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 12 – Інформаційні технології  
за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення

### **Актуальність теми дисертації.**

У сучасному світі атомна енергетика залишається важливим джерелом енергії, однак вона також несе значні ризики, пов'язані з безпекою і захистом навколишнього середовища. Аварія на Чорнобильській АЕС 1986 року показала катастрофічні наслідки можливих збоїв у системах управління та безпеки. У зв'язку з цим, актуальним є вдосконалення методів і засобів управління технічними системами, особливо такими критичними, як система вентиляції Нового Безпечного Конфайнменту ЧАЕС, що має термін експлуатації 100 років та побудований з метою перетворення енергоблоку та «Об'єкт Укриття» на екологічно чисту систему.

Унікальність умов експлуатації НБК, а також різноплановий об'єм запланованих робіт вимагає розроблення програмних засобів та спеціалізованих моделей для управління гідравлічним станом об'єкту, враховуючи поточні параметри та умови навколишнього середовища. Це забезпечує підвищення ефективності роботи вентиляційних установок і зменшує ризики радіоактивного забруднення. Розроблення і впровадження систем підтримки прийняття рішень на основі цих моделей забезпечує надання персоналу всієї необхідної інформації для оптимального управління, що сприяє покращенню безпеки та ефективності експлуатації об'єкта в цілому.

Таким чином, дисертаційна робота Івана Сергійовича Старовіта присвячена розробці нових моделей та програмних засобів для оптимального управління вентиляційними установками Нового Безпечного Конфайнменту (НБК) Чорнобильської АЕС з використанням машинного навчання, що є надзвичайно актуальним і необхідним.

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

Наукова новизна результатів дослідження полягає в наступному:

1. Вперше, для Нового Безпечного Конфайнменту, 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 прогностичні розрахунки гідравлічного стану НБК.



2. Вперше запропоновано алгоритм з використанням багатопоточності (паралелізм на рівні даних) для удосконалення алгоритмічно-програмних методів визначення тисків всередині НБК та площ неконтрольованих протічok на основі фізичної моделі, що дозволило пришвидшити розрахунки в 5 разів (паралельність 80%).

3. Вперше розроблено спосіб 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% (0.432 Па) для внутрішнього датчика та 34% (5.61 Па) для зовнішніх датчиків.

4. Вперше розроблено алгоритмічно-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 (на 52%), а витрати радіоактивних аерозолей за межі НБК на 98% (з 4753 м<sup>3</sup> до 122 м<sup>3</sup>).

5. Вперше розроблено алгоритмічно-програмний метод оцінки очікуваних викидів радіоактивних аерозолей за межі НБК на підставі статистичних метеорологічних даних, що дозволило отримати розподіл викидів при різних режимах роботи вентиляційних установок.

Наукові результати дослідження є внеском у розвиток теоретичних і прикладних основ управління вентиляційними установками динамічних систем підвищеної небезпеки, зокрема пов'язаних зі зберіганням ядерних відходів.

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 систем».

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).

Використання розроблених моделей та програмних засобів дозволило підвищити ефективність, а також мінімізувати необхідний час для прийняття рішень щодо управління ВУ. Розроблений метод оптимізації витрат ВУ, протестований на експлуатаційній вибірці показав можливість уникнення більшості викидів РА (близько 98%), з одночасним зменшенням витрат електроенергії в 2 рази (на 52%).

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.



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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Старовіта І.С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 121- Інженерія програмного забезпечення та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Інженерія програмного забезпечення.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям Інженерії програмного забезпечення.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Старовіта Івана Сергійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

**Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою. В роботі використаний науковий стиль та загальноприйнята термінологія. Матеріал викладено зрозуміло та з логічною послідовністю. В кожному розділі є відповідні посилання на відповідні джерела та представлені результати досліджень. Робота виконана в чіткій логічній послідовності відповідно до поставлених мети і задач досліджень, що сприяє доступності сприйняття та використання.

Дисертаційна робота загальним обсягом 208 сторінок машинописного тексту складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних джерел із 109 найменувань на 13 сторінках.

Вступ розкриває актуальність дослідження та ключові аспекти, які впливають на роботу Нового Безпечного Конфайнменту (НБК) та його вентиляційної системи.

Перший розділ зосереджений на детальному аналізі системи вентиляції НБК, методах контролю систем вентиляції, складових прогнозного моделювання, аналізі існуючих систем підтримки прийняття рішень, формулюванні наукових завдань та цілей дослідження.

Другий розділ представляє основні методики та моделі для оцінки гідравлічного стану НБК, визначення оптимальних режимів роботи вентиляційної системи.

Третій розділ описує функціональні та нефункціональні вимоги до системи підтримки прийняття рішень, архітектуру системи, компоненти для оцінки гідравлічного стану та інструментарій розробки.

Четвертий розділ присвячений тренуванню моделей, порівнянню результатів застосування фізичних та машинного навчання моделей, оптимізації роботи вентиляційних систем на основі обраних даних та оцінці ефективності запропонованих методів.

П'ятий розділ демонструє використання метеорологічних даних для оцінки розподілу радіоактивних аерозолів при конкретних режимах роботи вентиляційних систем, а також реалізацію інтерфейсу СППР.



Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

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

Наукові результати дисертації висвітлені у 15 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 5 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 3 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus, з яких 3 статті у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3). Також результати дисертації були апробовані на 7 наукових фахових конференціях.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

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

1. В першому розділі дисертації проаналізовано сучасні методи контролю систем опалення, кондиціонування та вентиляції однак не проведено порівняльний аналіз можливості застосування кожного з даних методів для системи вентиляції НБК.

2. В третьому розділі для показаної діаграми прецедентів (рис. 3.1) було б доцільно відобразити види відносин, а також детальніше описати зв'язок даної діаграми з переліком функціональних вимог (табл. 3.1).

3. Автором наведено архітектуру системи підтримки прийняття рішень що містить PostgreSQL базу даних, при цьому не наведено порівняння обраної бази даних з іншими, як реляційними так і нереляційними БД.

4. В дисертаційній роботі показано діаграми послідовностей відображення гідравлічного стану НБК, однак варто було б показати аналогічні діаграми для більш складних по реалізації процесів, наприклад прогнозного моделювання.

5. В розділі 4.3 для експлуатаційної вибірки показано результат моделювання з використанням оптимізованих витрат вентиляційних установок та зроблено висновок про значне зменшення викидів радіоактивних аерозолей, однак, доцільно було б показати вплив похибки визначення оптимальних витрат на можливий об'єм викидів радіоактивних аерозолей з НБК.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

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

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Старовіта Івана Сергійовича на тему «Моделі та програмні засоби управління вентиляційними установками НБК ЧАЕС з використанням машинного навчання» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 12—Інформаційні технології. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що

передбачені в п. 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 Старовіт Іван Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

**Офіційний опонент:**

Завідувач кафедри технологій цифрового розвитку  
Державного університету  
інформаційно-комунікаційних технологій  
МОН України  
доктор технічних наук, професор



Вікторія ЖЕБКА

Підпис професора Жебки В.В. засвідчую

Учений секретар  
Державного університету  
інформаційно-комунікаційних технологій



Галина ЄНЧЕВА

« 03 » серпня 2024 року