

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

ЛОБОДИ Петра Петровича

на тему «Методи та програмні засоби обробки даних цифрового двійника
конфайнменту Чорнобильської атомної електростанції»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 12 – Інформаційні технології,

за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

Актуальність теми дисертації.

Радіаційна катастрофа Чорнобильської атомної електростанції (ЧАЕС) в квітні 1986 році стала найбільшою техногенною аварією в історії людства. Для захисту населення та територій в складних умовах надвеликої радіації в стислі терміни в 1986 році над 4-м аварійним блоком було побудовано тимчасову захисну споруду – об'єкт «Укриття» (ОУ).

Плановий термін експлуатації ОУ становив 30 років, що давно сплив. Тому для захисту населення та територій у 2000 - 2017 рр. за допомогою світового співтовариства було побудовано нову захисну споруду, що отримало назву «Новий безпечний конфайнмент» - НБК ЧАЕС.

НБК є унікальною надвеликою та складною інженерною системою підвищеної безпеки. Основною метою експлуатації НБК є захист населення й довкілля від шкідливого радіоактивного забруднення та забезпечення виконання робіт з перетворення ОУ на екологічно безпечний об'єкт.

В результаті впливу різноманітних факторів в НБК, термін експлуатації якого повинен становити 100 років, відбуваються процеси і явища, що вимагають постійного нагляду та вразі чого прийняття оперативних рішень. Саме для управління цими процесам створена цілісна Інформаційна система управління НБК. Однак, така система побудована на принципах і підходах, що,

з огляду на можливості сучасних інформаційних технологій, певним чином, вже застаріли.

Безпечна експлуатація об'єктів такого типу, яким є НБК, можлива, в тому числі, і на основі паралельної експлуатації свого цифрового двійника. Наразі такого ще немає.

На сьогодні в Україні відсутні комплексні та узагальнені наукові дослідження в галузі інженерії програмного забезпечення, що формують цілісне бачення проблематики створення цифрових двійників радіаційно і ядерно небезпечних об'єктів, яким є єдиний у світі НБК ЧАЕС.

Тому питання розробки архітектури, методів і програмного забезпечення цифрового двійника НБК ЧАЕС та обробки його даних, яке розглядається в дисертаційній роботі Лободи П.П. є актуальним і значущим для науки і безпеки в цілому.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- вперше розроблено багаторівневу архітектуру цифрового двійника НБК, яка враховує особливості об'єкту автоматизації, взаємодію з наявними інформаційними системами, моделі та алгоритми управління та прийняття рішень, що дозволило визначити підходи до розробки програмного забезпечення цифрового двійника;

- отримала подальший розвиток модель бази даних НБК ЧАЕС, що на відміну від відомих побудована за рахунок інтеграції в структурах даних його цифрового двійника інформації з різних підсистем з врахуванням просторових координат, часової динаміки та змін обладнання, що поліпшило можливості обробки історичних даних, візуалізації та прогнозування стану НБК ЧАЕС;

- вперше розроблена архітектура програмного забезпечення 3D візуалізації інформації стану цифрового двійника НБК, що побудована на основі технології мікросервісів з використанням цифрових геометричних

моделей НБК та ОУ, яка дозволила реалізувати 3D візуалізацію даних та покращило можливості аналізу стану НБК;

- вперше розроблено метод керування вентиляцією НБК на основі його цифрового двійника, новизна якого полягає в використанні нейро-нечітких моделей для розрахунку витрат вентиляційних установок, що враховують стан тисків в основному і кільцевому просторі НБК, що дозволило покращити процес прийняття рішень персоналом.

Перевірка на контрольній вибірці показала, що похибка розрахунків по розроблених нейро-нечітких моделях не перевищує 2.5% та 3.2%, що свідчить про їх адекватність та можливість практичного застосування.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що їх використання підвищило рівень автоматизації проектувальних робіт, розширило можливості обробки даних та підтримки прийняття рішень в задачах управління вентиляційними системами та дозволило поліпшити навчальний процес з підготовки виробничого персоналу НБК ЧАЕС.

Застосування запропонованого методу нейро-нечіткого управління вентиляційними системами дозволяє скоротити неорганізовані викиди повітря з радіоактивними аерозолями із НБК ЧАЕС в оточуюче середовище в середньому на 17,2%.

Результати дослідження прийнято до впровадження в Державному спеціалізованому підприємстві «Чорнобильська АЕС» (№ 6700-149 від 29.06.2023); в Інституті технічної теплофізики НАН України (акт реалізації від 08.09.2023 р.) та в навчальному процесі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Достовірність та обґрунтованість наукових результатів дисертаційної роботи забезпечується коректним застосуванням методів дослідження, використанням експериментальних даних при побудові методів і моделей та при перевірці їх адекватності, а також їх використанням профільними підприємствами та установами, що підтверджено відповідними актами впровадження.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі Інженерії програмного забезпечення в енергетиці Навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» в рамках виконання науково-дослідної роботи “Програмне забезпечення системи підтримки прийняття рішень забезпечення техногенно-екологічної безпеки” (РК № 0121U109761) під керівництвом професора Є. В. Гаврилка.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання, що полягає у розробці архітектури, методу і програмного забезпечення обробки даних цифрового двійника НБК ЧАЕС виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота аспіранта Лободи П.П. 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 розробки програмного забезпечення цифрових двійників складних систем.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Лободи Петра Петровича 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.

Викладення матеріалу дисертації логічне, послідовне, відповідає вимогам наукового стилю. Загальноприйнята термінологія використана правильно, висновки дисертаційного дослідження обґрунтовані.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації склав 199 сторінок.

У вступі дисертаційної роботи наведено мету, об'єкт, предмет, завдання та актуальність роботи, а також надано загальну характеристику роботи.

У першому розділі наведено аналіз програмних засобів, опис НБК та систем його управління, досліджено підходи до моделювання та управління конфайнменту, розглянуто концепцію та особливості побудови цифрових двійників, поставлено наукове завдання дослідження.

В другому розділі детально досліджено функціональні та системні можливості НБК, архітектуру та можливості інтегрованої системи управління (ICU) НБК, проведено нейро-нечітке моделювання витрат вентиляційних установок основного об'єму та кільцевого простору НБК.

В третьому розділі сформовано вимоги до цифрового двійника НБК, розроблено його архітектуру та формалізовано основні інформаційні об'єкти, розроблено структуру його бази даних та знань.

В четвертому розділі розроблено спеціалізоване програмне забезпечення для проведення 3D візуалізації стану НБК. Сформульовано вимоги до програмного забезпечення, його архітектуру, обрано засоби реалізації та наведено результати використання.

В додатку наведено лістинг програмного забезпечення.

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 висвітлено у 5 наукових статтях здобувача у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України, та 8 тезах доповідей та матеріалах наукових фахових конференцій.

Науковий рівень публікацій високий, принципи академічної доброчесності дотримано.

Особистий внесок здобувача у зазначених наукових публікаціях є достатнім.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. В роботі застосовано нейро-нечітке моделювання, проте недостатньо необґрунтовано, чому саме такий вид моделі обрано. З огляду на кількість інформації від Інформаційної системи управління НБК, стаціонарних та рухомих приладів оперативного контролю поза межами НБК ЧАЕС, обробка такого значного обсягу інформації нейро-нечіткими моделями буде ускладнена, оскільки знизить оперативність і буде потребувати значних потужностей обчислювальної техніки.

2. В роботі розглянуто питання експлуатації НБК ЧАЕС в частині аналізу гідродинамічного стану основного об'єму, кільцевого простору НБК, вітрового навантаження на НБК. Питання радіаційного контролю, теплового, сейсмічно і вологісного контролю в роботі не розглянуто, що не повністю описує роботу складових НБК ЧАЕС відповідно і самого цифрового двійника НБК ЧАЕС.

3. На рисунку 3.6 дисертаційної роботи представлено «Концептуальну модель бази даних та знань Цифрового двійника НБК». Складові бази даних в тексті дисертаційної роботи описані досить детально, однак питання структури, наповнення та використання бази знань не висвітлено належним чином. Слід більш широко висвітлювати інформацію, яку винесено як науковий результат.

Вважаю, що надані 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 Лободи Петра Петровича на тему «Методи та програмні засоби обробки даних цифрового двійника конфайнменту Чорнобильської атомної електростанції» 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 інформаційних технологій. 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 Лобода Петро Петрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

Рецензент:

Професор 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

16 01 2024 року

