

ВІДГУК

*офіційного опонента
доктора технічних наук, професора,
завідувача кафедри комп'ютерних систем та мереж
Криворізького національного університету*

Купіна Андрія Івановича

*на дисертаційну роботу Вичужаніна Олексія Володимировича
на тему «Стохастичні моделі та методи діагностики, оцінки та
прогнозування технічного стану складних систем критичного застосування»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки,
галузь знань 12 – Інформаційні технології*

Актуальність теми.

За даними ООН, за останні 30 років збитки, завдані техногенними катастрофами, досягають 200 млрд. \$ на рік. Тому для мінімізації таких збитків є сенс постійного пошуку новітніх наукових та інженерних рішень, що забезпечують поліпшення надійності, відмовостійкості, експлуатаційних характеристик різноманітних технічних систем та засобів. Актуальність саме цього дослідження обумовлена необхідністю підвищення ефективності експлуатації складних технічних систем (СТС) критичного застосування (КЗ) в умовах невизначеності. Спостережуване зростання застосування СТС, встановлених на транспорті, енергетиці супроводжується зростанням інтенсивності відмов СТС КЗ, техногенних аварій. Зростаюча складність технічних систем, різноманітність їхніх параметрів і недостатність інформаційного опису стану систем вимагають удосконалення прийнятих рішень щодо забезпечення надійності обладнання систем на основі результатів діагностики, оцінки та прогнозування технічного стану (ТС) складних систем КЗ. Розробка та вдосконалення структурних моделей і методів діагностики, оцінки та прогнозування ТС складних систем КЗ, що реалізуються в інформаційних інтелектуальних системах, є важливим з огляду на часткові та/або повні відмови устаткування СТС та є актуальним науково-прикладним завданням сьогодення.

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

Актуальність теми підтверджується тісним зв'язком проведених здобувачем досліджень з держбюджетної науково-дослідної роботи (НДР), виконаної у Національному університеті «Одеська політехніка» за темою «Інформаційно-технологічне забезпечення управління функціонально-топологічними структурами розподілених систем» № 163-176, 2018 — 2023 р.р. (номер держ. реєстрації 00119U000257). Автор дисертації був безпосереднім відповідальним виконавцем цієї НДР.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі

Основні ідеї, що розкривають складові наукової новизни, ґрунтуються на аналізі сучасних наукових досягнень у сфері експлуатації складних технічних систем, інтелектуалізації діагностики, оцінювання та прогнозування ТС систем з метою підвищення ефективності експлуатації СТС, як в українському, так і міжнародному контексті.

Наукові положення, висновки та рекомендації проведеного дослідження здобувача ґрунтуються на загальнонаукових і спеціалізованих методах. Обґрунтованість використання таких методів підтверджується їх адаптацією до отриманих результатів досліджень. На особливу увагу заслуговує застосування байєсівських мереж довіри, методу когнітивного імітаційного моделювання та інших методів для діагностики, оцінок і прогнозування ризику відмов за невизначеностей в умовах експлуатації обладнання складних технічних систем критичного застосування. У дисертаційній роботі здобувачем застосовано методи теорії інформації, графів, штучного інтелекту, об'єктно-орієнтованого програмування.

Достовірність результатів, повнота відображення висновків і рекомендацій в опублікованих роботах

Достовірність наукових положень, рекомендацій та висновків, отриманих у дисертації, забезпечено використанням численних актуальних інформаційних джерел (184 джерела, більшість із них іноземні, опубліковані останніми роками), які відносяться до мети та завдань досліджень. Використання сучасних методів досліджень, апробація результатів дисертації в судноплавній компанії, у навчальному процесі, на науково-практичних конференціях підтверджують достовірність отриманих результатів.

Результати дисертації, що відображають наукову новизну, повністю опубліковані у двадцяти двох наукових працях, дванадцять - наукові роботи. Шість статей опубліковано у виданнях, включених до Переліку фахових видань України, одна стаття - у самостійному розділі в монографії, дві статті - у колективних монографіях, три статті - у матеріалах міжнародних науково-практичних конференцій, включених до наукометричної бази Scopus. Інші десять наукових робіт - це тези на науково-практичних конференціях.

Наукові результати, представлені в дисертації та публікаціях, були отримані автором самостійно, про що відповідає зміст його публікацій. Публікації в повному обсязі відображають основні результати та наукову новизну проведених досліджень.

Вимоги, встановлені "Порядком присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії", затвердженим Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року. № 44, (зі змінами), щодо кількості та якості публікацій у фахових виданнях виконано.

Проведені дослідження є завершеною науково-дослідною роботою, логічно структурованою. Висновки та рекомендації є достовірними та достатньо обґрунтованими, що підтверджується теоретичними і практичними результатами.

Наукова новизна положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Дисертаційна робота вирішує актуальну науково-практичну задачу з розробки нових моделей та методів діагностики, оцінки та прогнозування ТС складних систем КЗ для забезпечення підвищення ефективності експлуатації СТС КЗ.

Робота містить раніше незахищені наукові положення та отримані автором нові науково обґрунтовані результати. А саме:

1. Вперше:

- запропоновано стохастичну модель діагностики ТС складних систем, яка одночасно враховує наявність підсистем, компонентів та елементів, їх взаємні зв'язки та ймовірність часткової або повної відмови працездатності, що дозволило запропонувати метод діагностики ТС на основі байєсівської мережі довіри для складних систем критичного застосування;

- розроблено модель прийому та передачі даних при діагностиці, оцінці та прогнозуванні ТС складних систем КЗ, яка враховує наявність множини суперечливих вимог та конкуруючих критеріїв, що дозволило знайти Парето-оптимальні розв'язки для забезпечення ефективності прийому та передачі даних.

2. Набули подальшого розвитку:

- метод діагностики ТС складних систем на основі байєсівської мережі довіри, що дозволило своєчасно виявити та візуалізувати структурні, функціональні вразливості та підвищити ефективність експлуатації складних систем критичного застосування;

- метод міркувань на основі прецедентів, що дозволило забезпечити оцінку та прогнозування технічного стану та підвищити працездатність складних систем критичного застосування;

3. Удосконалено:

- когнітивну імітаційну модель, в якій застосовуються імітаційні вражаючі імпульси, що дозволяє діагностувати ТС обладнання систем з урахуванням їх взаємного зв'язку та впливу.

Аналіз змісту та форми дисертаційної роботи.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Вичужаніна Олексія Володимировича повністю відповідає Стандарту освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії зі спеціальності 122 - «Комп'ютерні науки», галузі знань 12 - «Інформаційні технології» та напрямкам досліджень відповідно до третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти «Комп'ютерні науки». Робота написана на достатньому мовно-стилістичному рівні.

У вступі обґрунтовано актуальність розробки стохастичних моделей, методів діагностики, оцінки та прогнозування ТС складних систем КЗ.

Показано, що ефективна експлуатація СТС КЗ залежить від своєчасного виявлення та усунення відмов обладнання. Підвищення ефективності експлуатації СТС можливо шляхом використання інформаційних інтелектуальних систем (ИС), які дозволяють оцінювати, прогнозувати ТС за результатами діагностики з урахуванням повних та часткових відмов обладнання СТС.

Визначено: об'єкт, предмет, задачі та методи дослідження; наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів; висвітлено особистий внесок здобувача. Наведено інформацію про структуру та апробацію роботи, а також про публікації автора за темою дисертації.

У першому розділі виконано аналіз моделей, методів діагностики, оцінки та прогнозування ТС складних систем КЗ та особливостей їх застосування при невизначеності в умовах експлуатації. СТС КЗ, з погляду інформаційних технологій, є ієрархічними структурами та містять численні функціональні

підсистеми, компоненти, елементи та зв'язки між ними.

З результатів аналізу літературних джерел випливає: перспективними методами моделювання для діагностування ТС є байєсовські мережі довіри (БМД), що використовуються з урахуванням невизначеностей, стохастичності характеру робочих процесів та неповних даних СТС. Також актуальні методи когнітивного імітаційного моделювання, що дозволяють оцінювати структурні та функціональні вразливості обладнання систем. В ІІС перспективними методами оцінки та прогнозування ТС складних систем є методи міркування на основі прецедентів. За результатами проведеного аналізу автором визначено мету та сформульовано задачі дослідження.

У *другому та третьому розділах* вперше запропоновано стохастичну модель діагностики ТС складних систем, яка одночасно враховує наявність підсистем, компонентів та елементів, їх взаємні зв'язки та ризик часткової або повної відмови працездатності, що дозволило запропонувати метод діагностики ТС на основі БМД для складних систем КЗ.

Для своєчасного виявлення та візуалізації структурних, функціональних вразливостей, спрямованих на підвищення ефективності експлуатації СТС КЗ, запропоновано метод діагностики ТС складної системи на основі БМД. Набув подальшого розвитку метод діагностики ТС складних систем на основі БМД, що дозволило своєчасно виявити та візуалізувати структурні, функціональні вразливості та підвищити ефективність експлуатації СТС КЗ.

Для діагностики ТС обладнання систем з урахуванням їх взаємного зв'язку та впливу, відстеження реакції систем на ризики відмов з неочевидними причинами розроблено когнітивну імітаційну модель (КІМ) діагностики ризиків відмов обладнання, використовуючи імітаційні вражаючі моделюючі імпульси. Удосконалена КІМ, яка застосовує імітаційні вражаючі імпульси, що дозволяє діагностувати ТС обладнання систем з урахуванням їх взаємного зв'язку та впливу.

У четвертому розділі розроблено метод оцінки та прогнозування ТС складної системи КЗ і модель прийому-передачі даних при діагностиці, оцінці та прогнозуванні ТС складних систем.

Набув подальшого розвитку метод міркувань на основі прецедентів, що дозволило забезпечити оцінку та прогнозування ТС і підвищити працездатність складних систем КЗ.

Вперше розроблено модель прийому-передачі даних при діагностиці, оцінці та прогнозуванні ТС складних систем КЗ, яка враховує наявність множини суперечливих вимог та конкуруючих критеріїв, що дозволило знайти Парето-оптимальні розв'язки для забезпечення ефективності прийому-передачі даних.

У п'ятому розділі розроблено інформаційну інтелектуальну систему оцінки та прогнозування ТС складних систем КЗ з використанням методу міркувань на основі прецедентів.

Врахування часткових (повних) відмов обладнання СТС КЗ необхідне для забезпечення прийняття рішення, спрямованого на передвідмовне обслуговування систем, забезпечити працездатність, а значить підвищувати ефективність їх експлуатації.

Результати обчислення ефективності експлуатації СТС КЗ з урахуванням часткових відмов обладнання та проведення передвідмовного обслуговування його дозволяє збільшити ймовірність працездатного стану СТС.

У висновках сформульовано отримані в ході роботи над дисертацією науково-практичні результати.

У додатках представлено довідки впровадження та додаткові матеріали.

Результати досліджень отримали впровадження у діяльності: судноплавної компанії Maersk (Данія); науковій діяльності та навчальному процесі Національного університету «Одеська політехніка».

Анотація дисертації коректно відображає її основні положення. Ознак порушень академічної доброчесності в роботі не зафіксовано.

Зауваження до дисертаційної роботи.

Оцінюючи позитивно наукові та практичні результати дисертаційної роботи, слід зазначити деякі недоліки у роботі:

1. При доведенні актуальності досліджень, у висновках до основних розділів та у загальному висновку бажано наводити конкретні чисельні показники, що підтверджують ефективність рішень автора. Також це доцільно було зробити в окремих наукових положеннях (стосовно методів).

2. На стор.76 автор стверджує, що «З точки зору технічної безпеки діагностика ризику відмов СТС є необхідним та складною задачею, що вимагає розробку та застосування спеціального математичного апарату. Розв'язок задач такого роду часто ґрунтується на аналізі «дерева відмов». Однак для дослідження надійності СТС використовується когнітивне імітаційне моделювання.

3. Для апробації розробленого ПЗ, в якому створена КІМ СТС, у якості прикладу обраний двигун внутрішнього згоряння. Однак у роботі головним чином як СТС КЗ використовується судова енергетична установка.

4. На стор.88 зазначено, що «Зведення задачі діагностики ризику відмов FE і FC СТС до побудови БМД дозволить використовувати алгоритмічний апарат теорії БМД і програмний інструментарій GeNIe». Автор не вказує, чому вибрано програмний інструментарій GeNIe?

5. При проведенні досліджень розроблених моделей діагностики ТС складних систем дослідження враховували зміни ТС протягом 20000 годин. Чим аргументувалася така тривалість експлуатації СТС?

6. На стор.128 автор розглядає структуру СВР циклу. Необхідно було б детальніше зупинитися на тому, чим запропонована структура СВР циклу відрізняється від класичної структури.

7. Редакція головної наукової задачі роботи, що вирішена автором та

задекларована у преамбулі загального висновку (с.146, так само як і у вступі, с.29) майже збігається з метою роботи («підвищення ефективності...», с.30). На переконання опонента, «підвищення ефективності...» є метою роботи (як і є у дисертації), а головною задачею є розробка авторських «моделей та методів...», що забезпечують «підвищення ефективності...» (тобто, досягнення мети).

8. Щодо оформлення дисертації. У роботі також присутні деякі неточності: в останньому науковому положенні пропущений термін «модель»; застосування спеціальної термінології (наприклад, «управління» замість «керування», с.74, с.79; «русизмів» («таким чином», с. 36, с.40, с.51, с.65); небажане вживання прийменника «по» (с.77, с.82, с.106 тощо); у формулах та на малюнках автором не завжди наводяться відповідні одиниці вимірювання.

Перелічені зауваження не є принциповими і такими, що піддають сумніву результати дослідження та ніяким чином не зменшують наукову і практичну цінність роботи та позитивне враження від впровадження її результатів.

Відповідність роботи вимогам академічної доброчесності

Дисертація Вичужаніна Олексія Володимировича на тему "Стохастичні моделі та методи діагностики, оцінки та прогнозування технічного стану складних систем критичного застосування" є результатом власних досліджень автора. Використані висновки та наукові результати інших авторів відмічені належним станом з посиланнями на відповідні наукові джерела. У дисертації не встановлено порушень вимог академічної доброчесності.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Вичужаніна О.В. є закінченою кваліфікаційною науковою працею, яка містить раніше не захищені наукові положення і одержані автором нові науково обґрунтовані результати.

Виходячи з актуальності мети дослідження, отриманих автором наукових положень та результатів практичного впровадження, вважаю, що дисертаційна робота «Стохастичні моделі та методи діагностики, оцінки та прогнозування технічного стану складних систем критичного застосування» відповідає вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у ЗВО (наукових установах), затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року № 261 (зі змінами) та вимогам п.п. 5 – 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 12.01.2022 №44 (зі змінами). Автор дисертаційного дослідження - Вичужанін Олексій Володимирович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки, галузь знань 12 – Інформаційні технології.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,

завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж

Криворізького національного університету



Андрій КУПШ