

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора,
професора кафедри технічної експлуатації флоту
Національного університету «Одеська морська академія»,
Заслуженого діяча науки і техніки України

Онищенко Олега Анатолійовича

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

1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЇ

Актуальність теми зумовлена необхідністю забезпечення ефективної експлуатації складних технічних систем (СТС), що функціонують на транспорті. Сучасні транспортні технічні системи мають складну структуру, численне обладнання зі складними функціональними взаємними зв'язками. Під час експлуатації таких систем їх технічний стан (ТС) характеризується невизначеністю і неповнотою інформації. Експлуатація СТС супроводжується відмовами обладнання систем, що може призвести, наприклад, навіть до техногенних аварій. Існуючі застосовані заходи щодо забезпечення безпеки функціонування СТС, які належать до систем критичного застосування (КЗ), не завжди гарантовано сприяють зниженню відмов і аварій, які залишаються досить високими.

Ефективність експлуатації СТС КЗ, зокрема встановлених на сучасному

транспорті, залежить від своєчасної діагностики, оцінки та прогнозування їхнього ТС. Підвищення ефективності експлуатації СТС, а отже забезпечення безпеки функціонування таких систем можливий з використанням результатів отриманих при розробленні відповідних моделей і методів, та реалізованих в інформаційних інтелектуальних системах, наприклад – підтримки прийняття рішень. Застосування відомих моделей і методів діагностики, оцінки та прогнозування ТС не завжди забезпечує ефективну за визначеними критеріями експлуатацію СТС.

Це пов'язано з тим, що такі моделі та методи враховують лише повні відмови обладнання систем від працездатного стану, і при цьому не завжди враховують часткові відмови. Крім того, існуючі моделі та методи їх реалізації (програмно-апаратні) мають високу розмірність за необхідності розв'язання чисельних розрахункових задач і є громіздкими.

Виходячи з викладеного, вважаю, що застосування запропонованих і розроблених у дисертації моделей та методів діагностики, оцінки та прогнозування ТС систем КЗ, які враховують, як повні, так і часткові відмови обладнання, невідомість та неповноту інформації, що характеризує ТС систем, сприяє підвищенню загальної ефективності експлуатації СТС КЗ і є актуальним для вирішення науково-технічним завданням.

Вважаю, що дисертаційне дослідження Вичужаніна О. В. присвячена розробленню стохастичних моделей і методів діагностики, оцінки та прогнозування технічного стану складних систем критичного застосування є актуальною і практично значущою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу Вичужаніна О. В. виконано на кафедрі інформаційних технологій Навчально наукового Інституту комп'ютерних систем Національного університету «Одеська політехніка», в рамках проведення досліджень НДР «Інформаційно-технологічне забезпечення управління функціонально-топологічними структурами розподілених систем» № 163-176, 2018-2023 р.р., ДР 00119U000257 Націона-

льного університету «Одеська політехніка». Тема дисертації відповідає науковому напрямку досліджень кафедри.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації - 215 сторінок, у тому числі 148 сторінок основного тексту, 84 рисунків і 6 таблиць. Список використаних джерел містить 184 найменування.

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

Визначено об'єкт, предмет, задачі та методи дослідження. Наведено формулювання наукової новизни та практичне значення отриманих результатів, висвітлено особистий внесок здобувача у роботу. Наведено інформацію про структуру та апробацію роботи, а також про публікації автора за темою дисертації.

У першому розділі дисертаційної роботи виконано аналіз існуючих моделей, методів діагностування, оцінки та прогнозування ТС складних систем КЗ та особливостей їх застосування при невизначеності в умовах експлуатації.

З результатів аналізу літературних джерел визначено, що відомі структурні моделі діагностування ТС складних систем враховують лише повні відмови працездатності, але не враховують часткові. Показано, що відомі методи оцінки та прогнозування ТС складних систем мають обмеження: зростання алгоритмічної та обчислювальної складності, необхідність складної попередньої обробки різноманітних даних.

За результатами проведеного аналізу визначено мету та сформульовані задачі дослідження.

У другому та третьому розділах запропоновано стохастичну модель діагностування ТС складних систем КЗ, яка одночасно враховує наявність підсистем, компонентів та елементів, їх взаємні зв'язки та ризики часткової або повної відмови працездатності, що дозволило запропонувати і аргументувати використання

методу діагностики ТС на основі байєсівської мережі довіри (БМД) для складних систем КЗ. Також, у роботі набув подальшого розвитку метод діагностування ТС складних систем на основі БМД, що дозволило своєчасно визначати з візуалізацією структурні, функціональні вразливості та підвищити ефективність експлуатації СТС КЗ.

Для діагностування ТС обладнання складних систем (з урахуванням їх взаємного зв'язку та впливу, відстеження реакції систем на ризики відмов з неочевидними причинами) розроблено когнітивну імітаційну модель (КІМ) діагностування ризиків відмов обладнання СТС. Проведені дослідження довели, що розроблена КІМ відображає пряму залежність ТС обладнання СТС від її структури та дозволяє виявити найменш працездатне обладнання, функціонування якого суттєво впливає на загальну працездатність, тобто на ефективність та надійність експлуатації всієї системи.

У **четвертому розділі** для оцінки та прогнозування ТС і підвищення працездатності складних систем КЗ набув подальшого розвитку метод міркувань на основі прецедентів.

Розроблена модель прийому-передачі діагностичних даних, оцінки та прогнозування ТС складних систем КЗ забезпечує ефективність прийому-передачі цих даних при зменшенні надмірності інформації на окремих етапах її обробки, максимального її захисту, мінімізації похибки.

У **п'ятому розділі** розроблено інформаційну інтелектуальну систему оцінювання та прогнозування ТС складних систем КЗ з використанням методу міркувань. Система функціонує на основі прецедентів та використовує розроблену стратегію прийняття рішень щодо пошуку відмов обладнання на основі встановлених оцінок їх ТС.

Врахування часткових (повних) відмов обладнання СТС КЗ дозволить приймати рішення, спрямовані на передвідмовне обслуговування систем, гарантувати їх працездатність, і, відповідно, підвищувати ефективність їх експлуатації.

Послідовність прийняття рішень з використанням запропонованої інформаційної інтелектуальної системи підтримки, що враховує операції обробки та структуризації даних за прецедентами, в рамках функціонування розробленого ПЗ, забезпечує роботу інформаційної інтелектуальної системи з неповною інформацією. Результати обчислення ефективності експлуатації СТС КЗ з урахуванням часткових відмов обладнання та проведення передвідмовного обслуговування його враховували те, що ефективність визначається ймовірністю збереження працездатності системи. При цьому ймовірність збереження СТС у працездатному стані збільшується, щонайменш, на 3 %.

Запропоновані в роботі моделі, методи та їх застосування в інформаційній інтелектуальній системі отримали впровадження у діяльності судноплавної компанії Maersk (Данія), науковій діяльності та навчальному процесі Національного університету «Одеська політехніка».

У **висновках** сформульовані отримані в ході дослідження науково-практичні результати, з якими можна погодитися.

2. СТУПІНЬ ОБҐРУНТОВАНOSTІ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ

Наукові положення, висновки і рекомендації, які відображені у дисертаційній роботі Вичужаніна О. В. базуються на ретельному аналізі сучасних літературних джерел за обраною темою дослідження, на чіткій постановці мети і задач дослідження, на використанні сучасних теоретичних методів дослідження, на якісному та аргументованому формулюванні висновків.

При вирішенні поставлених у дисертаційній роботі задач, створенні наукових положень, висновків та рекомендацій здобувачем застосовані дані, які одержані застосуванням методів математичного, імітаційного та комп'ютерного моделювання, експертного оцінювання, теорій інформації, управління, прийняття рішень, графів, штучного інтелекту, когнітивного аналізу, змістовному аналізу

літератури та обробки даних, діагностики, прогнозування, а також теоретичного, прикладного та об'єктно-орієнтованого програмування, методів теорії оптимізації (при розробці моделі прийому-передачі даних).

Вважаю, що створенні наукові положення, висновки та рекомендації можна вважати достатньо обґрунтованими.

Достовірність наукових положень, рекомендацій та висновків, отриманих у дисертації, підтверджена порівнянням основних результатів теоретичних та експериментальних досліджень, коректним застосуванням математичного апарату, сучасних методів моделювання, а також впровадженням запропонованих рішень при створенні інформаційної інтелектуальної системи діагностування, оцінки та прогнозування ТС складних систем КЗ, що дозволило підвищити їх ефективність експлуатації.

3. НАУКОВА НОВИЗНА ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ, СФОРМУЛЬОВАНИХ У ДИСЕРТАЦІЇ

В роботі визначено ряд нових наукових результатів, які є значущими для підвищення ефективності експлуатації СТС КЗ при їх практичному використанні. Зокрема, наступні.

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.

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.

Удосконалено:

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

4. ПРАКТИЧНА ЗНАЧИМІСТЬ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці інформаційної інтелектуальної системи, яка дозволяє автоматизувати процеси оцінювання та прогнозування ТС обладнання складних систем КЗ, що перебувають в різних станах працездатності, та у розробці концепції пошуку відмов підсистем, компонентів, елементів і їх взаємних зв'язків - на основі встановлених оцінок їх ризику відмов, що дозволяє реалізувати стратегію цілеспрямованого функціонування інформаційної інтелектуальної системи.

Розроблено інтерфейс користувача бази знань, що дозволяє експертам переглядати формалізовані дані та, на їх основі, здійснювати кінцеві оцінки ризику відмов обладнання СТС КЗ.

Одержані наукові результати досліджень, у вигляді інформаційного та програмного забезпечення, впроваджено у діяльності судноплавної компанії Maersk (Данія), знайшли відображення у науковій діяльності та навчальному процесі кафедри інформаційних технологій НУ «Одеська політехніка».

5. ПОВНОТА ВИКЛАДУ В НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЯХ, ЗАРАХОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ. ВІДСУТНІСТЬ ПОРУШЕННЯ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

Основні положення і практичні результати дисертаційної роботи доповідалися та одержали схвалення на конференціях: IX International Scientific and Practical Conference "Information Control Systems & Technologies (ICST-2020), Odesa, September, 24 - 26, 2020 p., Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології – 2023, IX Міжнародна науково-практична конференція молодих учених, аспірантів і студентів АКІТ – 2023, Київ, 19 квітня 2023 p.; IV Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Сучасні інформаційні технології та системи в управлінні», Київ, 20 -21 квітня 2023 p.; XXIII Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій», Одеса, 20 - 21 квітня 2023 p.; VIII Міжнародна науково-практична конференція «Інформатика. Культура. Технології» ІКТ2021, XI International Scientific and Practical Conference "Information Control Systems &Technologies (ICST-2023), September 21 - 23, 2023; «Інформаційні управляючі системи і технології» (ІУСТ-ОДЕСА-2021), X Міжнародної науково-практичної конференції, 23 - 25 вересня 2021 p., Одеса; VI International scientific and practical conference «Modeling, control and information technologies», Rivne, November 9 - 11, 2023; II Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій» (ІПШРІТ-2023), 6 грудня 2023 p., Черкаси; VII міжнародна науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених «Інформаційні технології: теорія і практика», Дніпро 20 - 22 березня 2024 p.

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 12 наукових робіт, у тому числі: 6 статей опубліковано у виданнях, включених до Переліку фахових видань України (Категорія "Б"), 1 стаття у самостійному розділі у монографії, 2 статті у колективних монографіях, 3 статті у матеріалах міжнародних науково-

практичних конференцій, включених до наукометричної бази даних Scopus.

Публікація автором результатів досліджень у рецензованих виданнях, які передбачають попередню перевірку матеріалів на відсутність запозичень, є одним із елементів підтвердження відсутності порушень академічної доброчесності.

У дисертаційній роботі порушень академічної доброчесності не виявлено.

6. ЗАУВАЖЕННЯ ТА ДИСКУСІЙНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Перший розділ перевантажений довідковою інформацією. Не вся надана теоретична та аналітична інформація використовується в подальшому дослідженні, є надлишковою. У роботі мають місце стилістичні та синтаксичні неточності і похибки. Так, на стор. 81 - «с метою», «розробкою відповідних», на стор. 90 «відмових від...», на стор 125 «та і транспортний шлюз» і т.і.

2. Не з'ясовано вплив запропонованих методів діагностування на підвищення наукового рівня прийнятих рішень. На жаль, у роботі не визначено і не аргументовано, наскільки розроблені методи спроможні підвищити точність прийняття рішень (за яким критерієм) для забезпечення більш ефективної роботи складних технічних систем.

3. На рис. 3.34 – 3.37 наведено результати, отримані моделюванням у КІМ значень оцінок структурних збитків та ризику відмов від ймовірностей виходу з ладу для елементів, компонентів, підсистем та їх взаємних зв'язків та виконання ранжування результатів розрахунків. Однак відсутні значення оцінок функціональних збитків та ризику відмов обладнання СТС, що сприяє більш повному рівню діагностуванню технічного стану складних систем.

4. Необхідно більш детально пояснити, як в запропонованій інформаційній інтелектуальній системі діагностування, оцінки та прогнозування технічного стану складної системи критичного застосування оброблюються невизначеності та інтегруються експертні знання і висновки.

5. Необхідно приділити увагу оцінюванню обмежень, та пояснити яким чином урахуються потенційні обмеження пропонованого підходу, який використовує метод міркувань на основі прецедентів.

6. Відсутність опису циклу CBR і його функціональних можливостей суттєво ускладнюють аналіз пропонованих рішень.

7. На рис. 5.5 наведено інтерфейс головної форми програмної системи із вкладкою управління процесом створення прецедентів, проте через відсутність коментарів до рисунку не розкривається суть, центральна ідея управління процесом створення прецедентів.

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

7. ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Дисертаційна робота, яка представлена на відгук, є закінченою кваліфікаційною науковою працею, яка містить раніше не захищені наукові положення і одержані автором нові науково обґрунтовані результати в області підвищення ефективності експлуатації СТС КЗ.

У підсумку, з оглядом на актуальність визначеної наукової задачі діагностування, оцінки та прогнозування технічного стану складних систем критичного застосування, особистий внесок автора у наукові дослідження, пов'язані з підвищенням ефективності експлуатації СТС КЗ, високий рівень виконаних досліджень та отримані практичні результати і впровадження, вважаю, що дисертаційна робота «Стохастичні моделі та методи діагностики, оцінки та прогнозування технічного стану складних систем критичного застосування» відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової

спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, із змінами, а її автор - Вичужанін Олексій Володимирович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю – 122 Комп'ютерні науки, галузь знань – 12 Інформаційні технології.

Офіційний опонент,

Заслужений діяч науки і техніки України,

професор, доктор технічних наук,

професор кафедри технічної

експлуатації флоту

Національного університету

«Одеська морська академія»

05.08.2024

Олег ОНИЩЕНКО