

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Харківського аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»
доктору технічних наук, професору
Фесенку Герману Вікторовичу

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора Шкарупила Вадима Вікторовича

на дисертаційну роботу Панаріна Артема Сергійовича

на тему

**«Методи і засоби забезпечення функційної безпечності інформаційно-керуючих систем
АЕС на програмовних платформах з використанням комбінованої диверсності»,**

подану на здобуття ступеня доктора філософії у галузі знань

12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обґрунтування актуальності теми дисертації.

Сучасний рівень складності комп'ютерних систем і відповідних компонентів є таким, що обумовлює визначальну значимість аспекту функційної безпечності (ФБ). Дана позиція набуває особливої вагомості у випадку розроблення, впровадження і експлуатації комп'ютерних систем критичного призначення – таких систем, незаплановані та/або непередбачені розробниками сценарії функціонування яких, супроводжуються небажаними критичними наслідками, у тому числі істотними матеріальними і часовими втратами на їх усунення. Показовою у даному контексті є сфера атомної енергетики: за умов триваючого повномасштабного вторгнення країни-агресора критичність відповідних інформаційно-керуючих систем (ІКС) не викликає сумнівів.

У напрямі сприяння ФБ ІКС здобувачем реалізується комбінована диверсність та проводиться модельно-базована верифікація. Водночас варто відзначити, що належне вирішення сучасних задач атомної енергетики супроводжується використанням програмовних платформ, включно із FPGA. Враховуючи зауважене, автором представленої дисертаційної роботи пропонується підвищувати ФБ мультиверсійних ІКС за рахунок залучення програмовних платформ – FPGA, SoC. Це уможливило досягнення необхідних значень показників масштабованості, реконфігурованості та швидкодії розроблюваних систем критичного призначення. У свою чергу, залучення програмовних систем і відповідних компонентів супроводжується небажаним наслідком – виникненням характерного для мультиверсійних ІКС критичного виду збоїв – відмови за загальною причиною (ВЗЗП). Представлена дисертаційна робота присвячена стримуванню ризиків, обумовлених означеним видом збоїв – шляхом слідування принципу диверсності за рахунок розроблення, дослідження і впровадження відповідного формалізованого інструментарію кількісного обґрунтування вибору окремих видів диверсності, з урахуванням заданих вимог стосовно безпечності і вартості.

Отже, актуальність теми дисертаційної роботи не викликає сумнівів.

Ступінь обґрунтованості наукових результатів, їх достовірності.

Дисертаційна робота викладена послідовно, із наданням необхідної аргументації.

Ступінь обґрунтованості наукових результатів, відповідних положень, рекомендацій є належним. Це досягається здобувачем, зокрема, за рахунок наступних позицій: коректним формулюванням мети, узгодженою із цим формулюванням постановкою вирішуваних задач.

Обґрунтованості сприяють, у тому числі, застосування здобувачем методів досліджень, відповідних вирішуваним задачам. Такими є методи системного аналізу, теорії надійності, теорії графів, статистичного аналізу тощо.

Обґрунтованості і достовірності також сприяють посилення автора на актуальні джерела за тематикою дослідження (загалом 138 позицій), більшість з яких є англомовними.

Позитивним чином відзначаються на достовірності послідовність і аргументованість викладення винесених на захист здобутків, коректність використання математичного апарату, висвітлення експериментальних даних і результатів впровадження, що супроводжуються поданням у формі додатків копій актів впровадження – у ПАТ «НВП «Радій», ТОВ «НВП «РАДІКС», а також у навчальному процесі та науково-дослідних роботах кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

Достовірності винесених на захист результатів сприяють також кількість і якість публікацій автора за темою дисертації, включно із працями у частині апробації отриманих результатів: загалом 16 праць, включно із публікаціями у виданнях з індексацією у наукометричній базі Scopus.

Наукова новизна винесених на захист результатів.

Позиції наукової новизни дисертації полягають у наступному:

- набула подальшого розвитку графова модель опису програмно-апаратних версій для ІКС на програмовних платформах;
- набув подальшого розвитку метод вибору видів диверсності з урахуванням мультирівневості видів версійної надмірності, включно з внутрішньою диверсністю інформаційних каналів;
- набули подальшого розвитку методи програмно-апаратної диверсності, що базуються на процедурах функційно-просторової диверсифікації засобів шинної організації, контролю цілісності даних, налаштувань проєкту, синхронізації з керованими зсувами;
- розроблено метод модельно-базованої верифікації систем програмовної логіки, який, на відміну від відомих рішень, полягає у проведенні співставлення версій, одержуваних із залученням мови програмування Haskell та відповідного VHDL-подання.

Практична значимість результатів.

Практична значущість винесених на захист результатів полягає у використанні розробленого методу, а також удосконалених методів і моделі при проєктуванні нових і доопрацюванні вже наявних ІКС, застосовуваних у сфері атомної енергетики.

Додатковим підтверджуючим аспектом слугує впровадження отриманих результатів у ПАТ «НВП «Радій», ТОВ «НВП «РАДІКС», у навчальному процесі Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

Оцінка змісту дисертації, її структури, завершеності, оформлення.

Дисертаційна робота А. С. Панаріна є завершеною науковою працею. Вона викладена послідовно, із наведенням необхідних обґрунтувань. Окремо при цьому варто відзначити вагомий науковий внесок здобувача. Даний внесок належним чином окреслено у дисертаційній роботі.

Праця оформлена у відповідності до вимог Наказу МОН України № 40 від 12 січня 2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації». Науково-технічний рівень тексту відповідає нормам наукового стилю.

За змістом дисертація відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія», а також спрямованості освітньо-наукової програми Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

Робота містить наступні структурні елементи: анотацію, перелік умовних скорочень, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел, два додатки.

У *першому розділі* представлено результати проведеного аналізу методів і засобів оцінювання та забезпечення ФБ мультиверсійних ІКС, застосовуваних при вирішенні задач атомної енергетики. Підсумовано значимість розроблення нових методів і моделей забезпечення належного вибору видів диверсності для систем, що базуються на програмовних платформах.

У *другому розділі* охоплено, у тому числі, аспекти класифікації видів диверсності для програмовних платформних рішень, висвітлення елементів розвинення графової моделі видів диверсності, методу вибору видів диверсності. Наведено відповідні аналітичні оцінки, доповнені даними, зведеними у формі таблиць і графіків. Це забезпечує високий рівень комплексності сприйняття матеріалу. Здобувачем підсумовано, що представлені у межах розділу результати формують завершену теоретичну основу для апробації запропонованих удосконалень методів, а також розробленого методу модельно-базованої верифікації систем програмовної логіки.

Третій розділ містить висвітлення розроблених методики формування зсунутого у часі кортежу тактування для функційно еквівалентних каналів; підходу щодо отримання альтернативних фізичних реалізацій проєкту ПЛІС. Автором запропоновано детермінувати верхню межу часу, що сплинув до моменту виявлення помилки, через період перевірок і розмір блоків. Стверджується стосовно узгодженості запропонованих удосконалень методів: структурно-просторова диверсність адресує фізичні аспекти, а двоканальні процедури контролю охоплюють алгоритмічну складову.

У *четвертому розділі* представлено розроблений метод та супутні засоби модельно-базованої верифікації програмовних платформних рішень для ІКС. Висвітлено аспекти впровадження винесених на захист результатів. Підсумовується, що практичне застосування розробленого методу уможливило зниження ризиків, обумовлених залишковими прихованими дефектами.

У *результуючих висновках* підсумовано висвітлені здобутки. Поставлено акценти при цьому і на науковій, і на практичній складовій, із наведенням відповідних оціночних значень.

Список використаних джерел охоплює 138 найменувань, більшість з яких є англomовними.

У формі двох *додатків* зведено копії трьох актів впровадження, а також перелік публікацій здобувача за темою дисертаційного дослідження.

Загальний обсяг роботи, включно із двома додатками, становить 230 сторінок.

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

Здобувачем відзначається, що дослідження проведено у відповідності до державних програм, а також планів науково-дослідних робіт Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут». Вказується також на відповідність роботи проектам розроблення та впровадження ІКС атомних електростанцій. Відзначаються при цьому ПАТ «НВП «Радій» та ТОВ «НВП «РАДІКС».

Зазначається зв'язок праці з програмами сертифікації програмовних платформ на відповідність вимогам стандарту IEC 61508 та критеріям US NRC.

Дотримання принципів академічної доброчесності.

Проведений аналіз представленої дисертаційної роботи надає підстави стверджувати, що принципи академічної доброчесності автором дотримано. Це забезпечується, у тому числі, за рахунок належного посилання на першоджерела.

Фактів привласнення здобутків інших авторів та/або фабрикації результатів не виявлено.

Отже, вважаємо, що принципи академічної доброчесності здобувачем дотримано.

Мова, стиль викладення роботи.

Дисертаційна робота представлена українською мовою. Науковий стиль викладення витримано. Залучено відповідний охоплений предметній області понятійний апарат.

Матеріал викладено послідовно, з належною аргументацією. Формули, таблиці, рисунки представлено із дотриманням норм подання. Скорочення, що фігурують у тексті понад два рази, зведено у формі відповідного переліку умовних скорочень.

Графічний матеріал, табличні дані, включно із такими, представленими у формі додатків, формули, умовні позначення дозволяють сформулювати більш повне враження від дисертаційного дослідження.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій у наукових публікаціях за темою дисертації.

Матеріал дисертаційного дослідження у повній мірі висвітлено у 16 наукових публікаціях, включно із наступними: 8 статей у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 1 стаття у періодичному виданні Springer (Scopus, Q4); 3 колективні монографії, з яких 1 – з індексацією у наукометричній базі Scopus; 4 публікації у міжнародних конференціях з індексацією у базі Scopus.

Апробація охоплює представлення результатів на 7 міжнародних наукових конференціях, з яких окремо варто виділити наступні: 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), IEEE, 2017; 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), IEEE, 2018.

Враховуючи теми і зміст публікацій, а також рівень визнання відповідних науково-технічних видань, є підстави вважати, що повнота висвітлення матеріалу є належною.

Дискусійні положення, рекомендації, зауваження стосовно дисертаційної роботи.

Можна констатувати високий науково-технічний рівень представленої дисертаційної роботи. При цьому вважаємо доречним вказати на наступні зауваження і дискусійні аспекти:

1. У розділі 1 (с. 57, рис. 1.6) представлено логічну структуру взаємозв'язків між факторами, рішеннями, задачами і результатами досліджень. Дану структуру вбачається доречним подавати у формі двох або більше рисунків. Це позитивним чином відзначилось би на сприйнятті відповідного контекстного навантаження.

2. У розділі 2 (с. 69, рис. 2.2) фігурує розроблена графова модель видів диверсності, у межах якої здобувачем виокремлено чотири рівні. У даному контексті хотілося б бачити дещо розгорнутішу інформацію стосовно доцільності оперування саме чотирма рівнями. Варто, однак, зауважити, що специфіку двох доданих рівнів (до основних двох) здобувачем було розкрито у межах заключного абзацу на с. 65.

3. У розділі 3 (с. 137, рис. 3.8) наводиться демонстрація налаштування процесу компіляції. Враховуючи, що аспекти впровадження здобутків охоплюються у наступному розділі (розділ 4), вбачається доцільним розміщення даної демонстрації у розділі 4. Це позитивним чином відзначилось би на аспекті цілісності сприйняття матеріалу.

4. У розділі 4 (с. 173, рис. 4.7) для подання алгоритму рекомендовано використовувати засоби UML-нотації (наприклад діаграму дій). Це можна розглядати як крок у напрямі актуалізації форм подань здобутків автора.

Вказані зауваження і дискусійні аспекти несуть рекомендаційний характер і не ставлять під сумнів достовірність і наукове значення отриманих здобувачем результатів.

Загальний висновок.

Підсумовуючи зауважене вище, вважаємо, що дисертаційна робота здобувача Панаріна Артема Сергійовича на тему «Методи і засоби забезпечення функційної безпечності інформаційно-керуючих систем АЕС на програмовних платформах з використанням комбінованої диверсності» виконана на високому науково-технічному рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є завершеним науковим дослідженням. Сукупність наукових результатів і практичних здобутків автора забезпечує успішне вирішення наукового завдання, що має істотне значення для галузі знань 12 «Інформаційні технології» у рамках спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною відповідає вимогам чинного законодавства України, а саме – пп. 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 12.01.2022 р. № 44.

Здобувач Панарін Артем Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Офіційний опонент:

професор кафедри комп'ютерних систем,
мереж та кібербезпеки
Національного університету біоресурсів і
природокористування України,
доктор технічних наук, професор



Вадим ШКАРУПИЛО