

ЗАТВЕРДЖЕНО

Наказ Міністерства освіти і науки України

24 квітня 2024 року № 578

Рішення
разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії Козельський Олександр Володимирович,

(власне ім'я, прізвище здобувача)

1990 року народження, громадянин України,

(назва держави, громадянином якої є здобувач)

освіта вища: закінчив (ла) у 2012 році Хмельницький національний університет

(найменування закладу вищої освіти)

за спеціальністю (спеціальностями) Системне програмування,

(за дипломом)

Працює асистентом викладача в Хмельницькому національному університеті, Міністерство освіти і науки України, м. Хмельницький,

(посада)

(місце основної роботи, підпорядкування, місто)

виконав (ла) акредитовану освітньо-наукову програму Комп'ютерна інженерія (наказ від 29 серпня 2022 року №101 Хмельницький національний університет).

Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом Хмельницького національного університету, Міністерства освіти і науки України, м. Хмельницький від «30» березня 2026 року № 41-ас

(повне найменування закладу вищої освіти (наукової установи), підпорядкування (у родовому відмінку), місто)

зі змінами (за наявності), внесеними наказом від « » 20 року № , у складі:

Голови разової

спеціалізованої вченої ради – Сергія ЛИСЕНКО, д.т.н., професора, професора кафедри

комп'ютерної інженерії та інформаційних систем,

Хмельницького національного університету.

(власне ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання, посада, місце роботи)

Рецензентів -

Марії КАПУСТЯН, к.т.н., доцента кафедри

комп'ютерної інженерії та інформаційних систем,

Хмельницького національного університету

(власне ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання, посада, місце роботи)

Андрія НІЧЕПОРУКА, к.т.н., доцента кафедри

комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Хмельницького національного університету.

(власне ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання, посада, місце роботи)

Офіційних опонентів -

Артема ВОЛОКИТИ, к.т.н., доцента кафедри

обчислювальної техніки

Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

(власне ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання, посада, місце роботи)

Ірини ЖУРАВСЬКОЇ, д.т.н., професора, завідувача

кафедри комп'ютерної інженерії,

Чорноморський національний університет

імені Петра Могили

(власне ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання, посада, місце роботи)

на засіданні «22» травня 2026 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології»

(галузь знань)

Козельському Олександру Володимировичу

(власне ім'я, прізвище здобувача у давальному відмінку)

на підставі публічного захисту дисертації «**Методи та засоби планування задач і підвищення ефективності операційних систем реального часу**»

(назва дисертації)

за спеціальністю (спеціальностями) **123 «Комп'ютерна інженерія»**

(код і найменування спеціальності (спеціальностей) відповідно до Переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти)

Дисертацію виконано у (в) **Хмельницькому національному університеті, Міністерства освіти і науки України, м. Хмельницький**

(найменування закладу вищої освіти (наукової установи), підпорядкування, місто)

Наукові керівники **Богдан САВЕНКО- доктор філософії, Хмельницький національний університет (МОНУ), доцент кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем, Максим КОРОБЧИНСЬКИЙ – доктор технічних наук, професор, Воєнна академія імені Євгенія Березняка, (МОУ), начальник другої кафедри Другого навчально-наукового інституту.**

(власне ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання, місце роботи, посада)

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису (наводиться аналіз дисертації щодо дотримання вимог пункту 6 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 року № 44 (зі змінами зі змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 341 від 21.03.2022, № 502 від 19.05.2023, № 507 від 03.05.2024)).

Здобувач має **10** наукових публікацій за темою дисертації, з них **6** статей у фахових наукових журналах України, **3** статей апробаційного характеру, **3** з яких опубліковані у виданнях, що індексуються в наукометричній базі Scopus, а також **1** свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір (програму):

1. Козельський О., Савенко Б. Виявлення фальсифікацій та аномалій у цифрових сигналах від кіберфізичних систем на основі комбінованого фільтра Калмана. Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security, 2025. №2. С. 23–35. DOI: <https://doi.org/10.32782/IT/2025-2-4>

2. Козельський О.В. Метод тензорної декомпозиції для адаптивного розподілу ресурсів у системах реального часу. Measuring and computing devices in technological processes. 2025. №82(2). С. 426-433. DOI: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-82-61>

3. Козельський О., Савенко Б., Савенко О. Дворівнева стратегія підвищення відмовостійкості операційних систем реального часу з використанням ймовірнісного аналізу. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences. 2025. №353(3.2). С. 438-446. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-353-60>

4. Козельський О., Савенко Б. Зовнішня адаптивна система кластеризації для підвищення гнучкості операційних систем реального часу на основі динамічного планування завдань. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 5. 2025. Ч. 2. С. 124-132 DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.5.2/18>

5. Козельський О., Савенко О. Проактивний механізм інформаційної безпеки в операційних системах реального часу з використанням гібридного сторожового таймера. Measuring and computing devices in technological processes. 2025. №83(3). С. 459 – 466. DOI: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-83-57>

6. Козельський О., Савенко Б. Виявлення зловмисних атак на сенсори та підробки телеметрії в кіберфізичних системах на основі модифікованого фільтра Калмана. Measuring

and computing devices in technological processes. 2025. №84(4). С. 228–235. DOI: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-84-24>

7. Kozelskiy O., Kashtalian A., Stetsyuk V., Martiniuk D., Sachenko A. A model of an intelligent clustering system with an external module for the architecture of RTOS with intensive changes of states regarding their flexibility and balancing. 1st International Workshop on Advanced Applied Information Technologies: (AdvAIT-2024), Khmelnytskyi, Ukraine and Zilina, Slovakia, December 5, 2024. Vol. 3899. P. 234-243. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3899/paper21.pdf> (Scopus)

8. Kozelskiy O., Drozd A., Savenko B., Gaj P. A model for probabilistic monitoring and proactive restart of real-time operating systems under intensive state changes in cyber-physical systems. 2nd International Workshop on Intelligent & CyberPhysical Systems: (ICyberPhyS 2025), Khmelnytskyi, Ukraine, July 4, 2025. Vol. 4013. P. 198-210. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-4013/paper16.pdf> (Scopus)

9. Gaj P., Sochor T., Korobchynskyi M., Savenko B., Kozelskiy O. Hybrid Method for Protecting RTOS from Failures and Cyberattacks Using Compact Markov Models. The International Workshop on Applied Intelligent Security Systems in Law Enforcement (AISSLE-2025), Vinnytsia, Ukraine, October, 30 – November, 02, 2025. Vol. 4126. pp. 361-376. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-4126/paper19.pdf>

10. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №141525. Комп'ютерна програма «Програмне забезпечення аналізатора імовірності відмов у реальному часі для операційних систем кіберфізичних систем з інтенсивними змінами станів (АІВРЧ)» / О.В. Козельський, Б.О. Савенко. Дата реєстрації 17.12.2025. URL: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1897556>.

У дискусії взяли участь (голова, рецензенти, офіційні опоненти, інші присутні) та висловили зауваження:

Голова разової спеціалізованої вченої ради Лисенко Сергій Миколайович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем Хмельницького національного університету.

Зауваження:

1. У роботі запропоновано використання зовнішнього аналітичного модуля для обробки телеметрії та адаптивного керування параметрами ОСРЧ, однак питання періодичності повторного збирання телеметричних даних і повторного виконання тензорної декомпозиції розглянуто недостатньо детально. Зокрема, доцільно було б чіткіше обґрунтувати, як кількість повторних циклів оновлення тензорної моделі впливає на стабільність адаптації, точність прийняття рішень та ресурсні витрати зовнішнього модуля.

2. У деяких фрагментах дисертації спостерігається повторне повернення до опису окремих архітектурних компонентів і принципів роботи запропонованої системи, що частково збільшує обсяг роботи. Певне скорочення повторюваних пояснень могло б зробити виклад більш компактним.

3. У роботі загалом дотримано логіки подання матеріалу та наведено достатню кількість ілюстративних матеріалів, однак трапляються окремі редакційно-технічні неузгодженості в оформленні рисунків, блок-схем і списку використаних джерел і оформлення посилань.

Рецензент Капустян Марія Вікторівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук Хмельницького національного університету:

Зауваження:

1. У другому розділі показано, що в разі втрати зв'язку із зовнішнім аналітичним модулем ОСРЧ продовжує роботу, використовуючи останні валідні параметри планування або базові статичні налаштування. Разом із тим, для підвищення завершеності архітектурного опису доцільно було б більш чітко визначити критерії актуальності цих параметрів та умови переходу від режиму використання попередньо сформованих налаштувань до повністю базового режиму планування.

2. Експериментальну перевірку запропонованих методів виконано на відладочній платформі STM32F407G-DISC1 під керуванням FreeRTOS, що є достатнім для підтвердження

працездатності прототипу. Разом із тим, для посилення прикладної цінності результатів доцільно було б більш чітко окреслити можливості перенесення запропонованих рішень на інші мікроконтролерні платформи або класи вбудованих систем, зокрема з відмінними обсягами пам'яті, продуктивністю та складом периферії.

3. У роботі трапляються окремі неузгодженості між різними частинами довідково-бібліографічного апарату. Зокрема, у переліку апробацій матеріалів дисертації публікація за матеріалами AISSLE-2025 подана без позначення (Scopus), тоді як у списку використаних джерел це саме видання вже наведено з відповідною позначкою. Такі неузгодженості доцільно було б уніфікувати під час остаточного редагування роботи.

4. У вступі та першому розділі поняття «інтенсивні зміни станів» визначено через досягнення граничних значень ключових параметрів функціонування системи. Водночас для посилення формальної строгості викладу доцільно було б подати це поняття у вигляді більш уніфікованої системи кількісних критеріїв або індикаторів, що дозволило б ще чіткіше окреслити межі застосовності запропонованих методів.

5. Дисертація достатньо проілюстрована. Деякі рисунки, наприклад рис. 1.1 (стор. 35) і ряд інших хоч є досить інформативними і займають вагоме місце в науковій роботі, але разом з тим їх недоліком є велика кількість деталізацій, які зменшують їх читабельність та сприйняття.

Рецензент Нічепорук Андрій Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук Хмельницького національного університету:

Зауваження:

1. У роботі зазначено, що запропонована архітектура допускає можливість інтеграції зовнішнього аналітичного модуля безпосередньо до складу кіберфізичної системи за наявності достатніх обчислювальних ресурсів. Разом із тим, для повнішого обґрунтування практичної гнучкості підходу доцільно було б більш детально окреслити умови такого перенесення, зокрема вимоги до обчислювального ресурсу платформи, допустимого фону навантаження та механізмів недопущення впливу аналітичного модуля на детермінованість виконання задач реального часу.

2. Експериментальні результати подано достатньо інформативно, однак більш явне розмежування основних і допоміжних метрик оцінювання зробило б їх інтерпретацію ще простішою. Наприклад можна було б окремо позначити, яка з них характеризує точність, а яка - стійкість до хибних тривог, не лише в тексті, а й у компактному підсумку.

3. У табличному матеріалі четвертого розділу не скрізь витримано єдиний стиль оформлення. Зокрема, у табл. 4.1 заголовок стовпця «Середньо-квадратичне Відхилення(м)» оформлено не зовсім уніфіковано: назва розбита на два рядки, друге слово починається з великої літери, а перед дужкою відсутній пробіл. Такі неточності не впливають на зміст, але помітні при читанні.

4. У підрозділі 4.2, присвяченому експериментальній перевірці методу превентивного відновлення, наведено низку важливих показників, зокрема час виявлення збою, середній час відновлення, коефіцієнт готовності та частку глобальних перезапущів. Разом із тим, для підвищення наочності сприйняття результатів доцільно було б подати ці метрики також у вигляді узагальнювальної порівняльної таблиці для традиційного та запропонованого підходів.

5. Порівняльна оцінка ефективності комбінованого фільтра Калмана виконана за інтегральним показником, що агрегує середньоквадратичну похибку, процесорне навантаження та кількість хибних спрацювань. Разом із тим, для різних класів кіберфізичних

систем доцільним могло б бути окреме обґрунтування вибору саме такого набору критеріїв і їх відносної вагомості в експериментальній частині.

6. У списку публікацій та списку використаних джерел не завжди повністю уніфіковано подання сторінок і розділових знаків, зокрема в одних позиціях використано формат «С. 459 – 466», в інших — «С. 426-433». Бажано було б витримати єдиний редакційний стандарт оформлення бібліографічних описів.

Офіційний опонент Волокита Артем Миколайович, в.о. завідувача кафедри обчислювальної техніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», кандидат технічних наук, доцент:

Зауваження:

1. У першому розділі дисертаційної роботи ґрунтовно висвітлено особливості функціонування ОСРЧ у кіберфізичних системах, а також проаналізовано підходи до забезпечення відмовостійкості, прогнозування збоїв і виявлення аномалій, що підтверджується самою структурою підрозділів 1.1 -1.4. Водночас для посилення логіки переходу від аналітичного огляду до постановки задачі дослідження доцільно було б більш чітко систематизувати в кінці розділу виявлені обмеження існуючих підходів окремо за напрямками адаптивного планування, превентивного відновлення та виявлення аномалій.

2. У другому розділі наведено метод динамічного розподілу задач і ресурсів в ОСРЧ на основі тензорної декомпозиції. Викладено послідовно і аргументовано, проте для повноти сприйняття доцільно було б окремо узагальнити залежність між розмірністю тензорного подання, глибиною аналізу та обчислювальними витратами при переході до складніших конфігурацій взаємозв'язку між параметрами задач і компонентами ОСРЧ, тобто перехід до тензорів більшої розмірності.

3. У параграфі 3.2, присвяченому методу превентивного відновлення компонентів ОСРЧ на основі низькорозмірної марковської моделі, доцільно було б більш детально пояснити принцип вибору контрольованих системних метрик і порогових значень, а також їх зв'язок з інтенсивністю зміни станів системи.

4. У роботі показано ефективність запропонованих методів на прототипі ОСРЧ, реалізованому на базі STM32F407 під керуванням FreeRTOS. Разом із тим, для посилення прикладної цінності результатів доцільно було б більш детально окреслити умови адаптації запропонованих методів до інших конфігурацій кіберфізичних систем, що можуть відрізнятися кількістю задач, інтенсивністю телеметричного потоку та обмеженнями обчислювальних ресурсів.

5. У параграфі 3.3, присвяченому методу виявлення фальсифікацій та аномалій у сигналах кіберфізичних систем на основі модифікованого комбінованого фільтра Калмана, доцільно було б більш детально розглянути обмеження застосування методу на основі фільтра Калмана, зокрема щодо чутливості параметрів налаштування та умов функціонування ОСРЧ, що дозволило б повніше оцінити межі ефективного використання методу.

Офіційний опонент Журська Ірина Миколаївна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили:

1) 1. У першому розділі дисертаційної роботи наведено змістовний аналіз сучасних підходів до побудови ОСРЧ для КФС, методів підвищення відмовостійкості та виявлення аномалій. Водночас більш чітко структуроване виділення обмежень відомих підходів та ширше використання узагальнювального ілюстративного матеріалу зробили б аналітичну частину ще більш концентрованою.

2. У другому розділі переконливо обґрунтовано архітектуру ОСРЧ із залученням зовнішнього аналітичного модуля та показано, що аналітична обробка виконується поза критичним контуром реального часу. Разом із тим, вибір інтервалу аналітичного оновлення параметрів планування не отримав достатньо формалізованого обґрунтування, тому більш чітке подання критеріїв його визначення для різних режимів функціонування системи зробило б виклад матеріалів переконливішим.

3. У роботі наявні порушення вимог ДСТУ 3008:2015 у частині оформлення ілюстративного матеріалу (рис., табл.), а також ДСТУ ISO 5807:2016 у частині побудування блок-схем (відсутні блоки введення вхідних даних / виведення результатів роботи алгоритмів). Такі неузгодженості не впливають на рівень наукових результатів роботи, але помітні при читанні.

Результати відкритого голосування:

«За» 5(п'ять) членів ради,

«Проти» 0 (немає) членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує
Козельському Олександровичу Володимировичу

(власне ім'я, прізвище, здобувача у давальному відмінку)

ступінь доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології»

(галузь знань)

за спеціальністю (спеціальностями) 123 «Комп'ютерна інженерія».

(код і найменування спеціальності (спеціальностей) відповідно до Переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти)

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Окрема думка члена разової ради додається (за наявності).

Голова разової спеціалізованої вченої ради

(підпис)

Сергій Лисенко

(власне ім'я та прізвище)

<https://svr.naq.gov.ua/#/all-defenses?specs=123>

