Рішення разової спеціалізованої вченої ради ДФ 26.204.007 про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії ГАШИМОВ Артур Маратович, громадянин України, освіта вища: у 2006 р. закінчив Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», отримав ступінь магістра за спеціальністю «Атомна енергетика». Аспірант Інституту проблем математичних машин і систем НАН України, м. Київ. Виконав акредитовану освітньо-наукову програму «Комп'ютерні науки».

Разова спеціалізована вчена рада ДФ 26.204.007, створена відповідно до наказу директора Інституту проблем математичних машин і систем НАН України від 17.09.2026 р. № 64-а (рішення Вченої ради Інституту проблем математичних машин і систем НАН України від 15.09.2026, протокол № 12), у складі:

Голова разової спеціалізованої вченої ради:

БЕЖЕНАР Роман Васильович, доктор технічних наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник Інституту проблем математичних машин і систем НАН України.

Рецензент:

КОВАЛЕЦЬ Іван Васильович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу № 215 Інституту проблем математичних машин і систем НАН України.

Офіційні опоненти:

СКАЛОЗУБОВ Володимир Іванович, доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії з науки і техніки України, професор кафедри атомних електростанцій Національного університету «Одеська політехніка»;

ЯЦИШИН Андрій Васильович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, заступник директора з наукової роботи Центру інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу об'єктів атомної енергетики НАН України;

МАСЛЯНКО Павло Павлович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, заступник завідувача кафедри прикладної математики з наукової роботи факультету програмних систем та прикладної математики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

На засіданні 29 жовтня 2026 року рада прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – Інформаційні технології Гашимову Артуру Маратовичу на підставі прилюдного захисту дисертації «Метод визначення критеріїв початку пошкодження активної зони реакторної установки ВВЕР-1000 за результатами моделювання теплогідравлічних процесів» за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Дисертацію виконано в Інституті проблем математичних машин і систем НАН України, м. Київ.

Науковий керівник:

БЄГУН Василь Васильович, доктор технічних наук, доцент.

Дисертація Гашимова Артура Маратовича на тему: «Метод визначення критеріїв початку пошкодження активної зони реакторної установки ВВЕР-1000 за результатами моделювання теплогідравлічних процесів», подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки, є завершеною самостійною роботою, що містить науково обґрунтовані результати, актуальність, наукову новизну, теоретичне та практичне значення і відповідає вимогам «Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах

вищої освіти (наукових установах)», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року № 261, «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), наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», затвердженого Міністерством юстиції України 03.02.2017 за № 155/30023.

Дисертація Гашимова Артура Маратовича та наукові публікації, у яких висвітлено наукові результати дисертації, виконані на належному науковому рівні з дотриманням академічної доброчесності. Гашимов Артур Маратович на високому рівні оволодів методологією наукової діяльності, набув теоретичних знань, відповідних умінь, навичок та компетенцій, вільно володіє матеріалом.

Здобувач має 19 наукових публікацій за темою дисертації, серед них 2 публікації у наукових фахових виданнях (з них 1 у виданні, проіндексованому у базі даних Scopus, Q1), 1 стаття у Web of Science, 7 тез міжнародних конференцій, 1 препринт, 5 звітів за міжнародними проєктами Horizon, 1 звіт за проєктом Euratom, 2 авторські набори лекційних матеріалів. Наукові результати дисертації обґрунтовано відповідно до мети (поставленого завдання) кожної статті. Отже, наукові статті здобувача відповідають вимогам пунктів 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії».

Перелік наукових публікацій здобувача:

1. Vaglio-Gaudard C., Airola M., Ambrosini W., Crevon S., De Angelis A., Fütterer M. A., Goicea A., Hashymov A., Hollands T., Ikonen J. P. et al. Nuclear Small Modular Reactors into low-carbon energy systems: an illustration using a recent European R&D initiative. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*.

2025. Vol. 78. Art. N 104787. DOI: 10.1016/j.seta.2025.104787. Бази: Scopus, WoS, Q1.

2. Böttcher M., Bernard O., Mas A., Sanchez V., Nop R., Belaunde F., Bourcier C., Ruban D., Hashymov A., Halim O., Pucciarelli A., Forgione N. CFD analysis of coolant mixing in VVER-1000/V320 reactor pressure vessel. *Annals of Nuclear Energy*. 2024. Vol. 197. Art. N 110274. DOI: 10.1016/j.anucene.2023.110274. Бази: Scopus, WoS, Q1.

3. von Oertzen G., Nitzsche O., Hashymov A. UC1 sampling plan, liquid waste storage tanks, JRC Ispra. *EPJ Nuclear Sciences & Technologies*. 2020. Vol. 6. Art. N 15. DOI: 10.1051/epjn/2019043. Бази: Scopus, WoS.

4. Verrier D., Vezzoni B., Calgaro. B., Bernard O., Previti A., Lafaurie C., Hashymov A., Groudev P., Stefanova A. et al. Codes and Methods Improvements for VVER Comprehensive Safety Assessment: The CAMIVVER H2020 Project. *Proc. of the 2021 28th Intern. Conf. on Nuclear Engineering. Vol. 2: Nuclear Fuels, Research, and Fuel Cycle; Nuclear Codes and Standards; Thermal-Hydraulics.* (ASME, Virtual, Online. August 4–6, 2021). Paper N: ICONE28-64169, V002T07A010. ASME, 2021. 6 P. ISBN: 978-0-7918-8525-3. DOI: https://doi.org/10.1115/ICONE28-64169. *(CrossRef, Scopus, ASME Digital Collection)*.

5. Stefanova A., Groudev P., Vryashkova P., Hashymov A. et al. Benchmark results of Main Coolant Pump start-up transient of the VVER-1000 Kozloduy-6 Nuclear Power Plant. *Proc. of ICAPP* 2023. (23–27 April 2023, Gyeongju, Korea). 2023. Paper N 2023117. 8 P. URL: https://www.researchgate.net/publication/377689533_Benchmark_results_of_Main_Coolant_Pump_start-up_transient_of_the_VVER1000_Kozloduy-6_Nuclear_Power_Plant. (дата звернення: 19.12.2025).

6. Hashymov A. Safety Analysis, Thermal hydraulic. RELAP5. Refresh. Support to the Nuclear Regulator in South Africa (Identification Nr: EU-

INTPA/2O221EA-RP/0067). Training Workshop, 10–14 February 2025. 79 p.

7. Hashymov A. Safety Analysis, Thermal hydraulic. RELAP5. Support to the Nuclear Regulator in South Africa (Identification Nr: EU-INTPA/2O221EA-RP/0067). Training Workshop, 21 October – 1 November 2024. 94 p.

8. Бєгун В.В., Гашимов А.М. Впровадження технології ММР в Україні. Адаптація існуючої системи поводження з ВЯП. Проблеми зняття з експлуатації об'єктів ядерної енергетики та відновлення навколишнього середовища (INUDECO 2025): Матеріали X Міжнар. конф. Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2024. С. 9.

9. Бєгун В.В., Гашимов А.М. Оцінка безпеки ММР по радіаційному фактору на майданчику АЕС. Проблеми зняття з експлуатації об'єктів ядерної енергетики та відновлення навколишнього середовища (INUDECO 2024): Матеріали IX Міжнар. конф. Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2024. С. 5.

10. Кньовець Д.В., Гашимов А.М. Визначення найбільш ефективної процедури відновлення при аварії з протічкою першого контуру. Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: матеріали XVII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених та студентів (Київ, 23–26 квітня 2019 р.). Київ, 2019. Т. 1. С. 17. URL: https://iate.kpi.ua/uploads/p_21_46257126.pdf. (дата звернення: 19.12.2025).

11. Бєгун В.В., Гашимов А.М. Модифікація комп'ютерної розрахункової моделі реакторної установки ВВЕР-1000. Детальне моделювання термопар. Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Івано-Франківськ, 6–8 липня 2023 р.). Івано-Франківськ, 2023. С. 165–166. ISBN: 978-617-8128-23-4.

12. Філонюк Д.А., Гашимов А.М. Визначення набору реєстрованих параметрів, які достовірно характеризують перехід від запроєктної аварії до тяжкої аварії. Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: матеріали

XVI Міжнар. наук.-практ. конф. аспірантів, магістрантів і студентів (Київ, 24–27 квітня 2018 р.). Київ, 2018. Т. 1. С. 31.

13. Vaglio-Gaudard C., Airola M., Ambrosini W., Crevon S., De Angelis A., Fütterer M. A., Goicea A., Hashymov A., Hollands T., Ikonen J. P. et al. The EURATOM TANDEM Project to Pave the Way of Nuclear SMR Integration into Hybrid Energy Systems Contributing to Net-Zero Emission. SSRN. 2025. (Preprint). DOI: https://doi.org/10.2139/ssrn.5405285.

14. Von Oertzen G., Nitzsche O., Gashimov A. Sampling plans for use case 1. UC1 sampling plan, liquid waste storage tanks, JRC Ispra. INSIDER Project (Horizon 2020). Deliverable D3.4. 2019. 20 p. URL: https://insider-h2020.eu/wp-content/uploads/2019/04/INSIDER-D3.4-UC1-sampling-plan-V2-PU.pdf (дата звернення: 19.12.2025).

15. Bernard O., Etcheto J., Garcia M., Hashymov A. et al. Description of thermal-hydraulics models. Results of steady-state benchmark. CAMIVVER Project (Horizon 2020). Deliverable D7.1. 2021. 30 p. URL: https://cordis.europa.eu/project/id/945081/ results. (дата звернення: 19.12.2025).

16. Hashymov A., Sevbo O. A comprehensive review of the available VVER data for verification and validation of neutronics and thermal-hydraulics codes. CAMIVVER Project (Horizon 2020). Deliverable D3.1. 2021. 25 p. URL: https://cordis.europa.eu/project/id/945081/results. (дата звернення: 19.12.2025).

17. Stefanova A., Groudev P., Vryashkova P., Hashymov A. et al. Results of Kozloduy-6 MCP start-up transient benchmark. CAMIVVER Project (Horizon 2020). Deliverable D7.2. 2022. 30 p. URL: https://cordis.europa.eu/project/id/945081/results. (дата звернення: 19.12.2025).

18. Bernard O., Böttcher M., Hashymov A. et al. Description of CFD models from partners. Result of outlet flow distribution benchmark. CAMIVVER Project (Horizon 2020). Deliverable D6.1. 2022. 35 p. URL: https://cordis.europa.eu/project/id/945081/ results. (дата звернення: 19.12.2025).

19. Weyermann F., Buchholz S., Hashymov A. Small modular reactor for a European safe and decarbonized energy mix (TANDEM). ATHLET SMR model description. TANDEM Project (EURATOM). Deliverable D2.7. 21 p. URL: http://tandemproject.eu/docs/deliverables/WP2/D2.7.pdf. (дата звернення: 19.12.2025).

У дискусії взяли участь голова і члени разової спеціалізованої вченої ради та висловили зауваження:

КОВАЛЕЦЬ Іван Васильович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу Інституту проблем математичних машин і систем НАН України, зауваження та побажання:

1. Для практичного застосування розробленого у розділі 4.4 радіаційного критерію, необхідно провести додаткову валідацію розроблених моделей, із залученням даних радіаційного моніторингу у реакторі.

2. Розділ 4.5 недостатньо розгорнуто описує аналіз невизначеності результатів. Зокрема, щодо чутливості результатів до вхідних параметрів моделювання, констатується проведення такого аналізу, але у розділі не представлено відповідних результатів.

3. Твердження у розділі 4.5 щодо того, що загальна похибка розрахункових значень теплофізичних параметрів знаходиться в інтервалі 5-10% не зовсім відповідає наведеним у розділі 3 результатам валідації розроблених моделей, зокрема, рисункам 3.2 і 3.3. Було б доцільно навести більш детальний аналіз причин розбіжностей за температурами у гарячих нитках ГЦТ.

4. Враховуючи формулювання мети дослідження, слід було б у висновках детальніше зупинитися на перспективах використання розроблених моделей у процесі оптимізації автоматизованої інформаційної системи підтримки оператора.

Вважаю, що наведені зауваження не мають принципового характеру і не зменшують наукової та практичної цінності роботи.

СКАЛОЗУБОВ Володимир Іванович, доктор технічних наук, професор, зауваження та побажання:

1. У розділі 1 при аналізі міжнародного досвіду (п. 1.4) доцільно було б більш чітко обґрунтувати вибір підходу Вестінгауз (650 °С) як найбільш близького до запропонованого критерію 700 °С, а також пояснити, чому критерії EDF (1100 °С) та Fortum (450 °С) не були прийнятні для ВВЕР-1000.

2. При обґрунтуванні вибору порогового значення потужності дози у гермооб'ємі (300 Р/год) у п. 4.4 варто було б більш розгорнуто представити аналіз чутливості цього значення до варіацій ізотопного складу та часу витримки палива після зупинки реактора. Зокрема, для стану «відразу після ППР» значення ПЕД може суттєво відрізнятися від наведених у табл. 4.19.

3. У розділі 3 при валідації розрахункової моделі спостерігаються розбіжності за температурами у гарячих нитках ГЦТ, пов'язані з явищем термічної стратифікації. Автор слушно зазначає, що одновимірна модель RELAP5 не враховує це явище, однак було б доцільно навести більш детальний кількісний аналіз впливу цього явища на точність визначення температури на виході з активної зони.

4. У п. 4.3 недостатньо чітко описано процедуру врахування консервативності залишкових енерговиділень (110% за стандартом ANSI/ANS-5.1) та її вплив на результати розрахунків. Було б корисно навести порівняльні графіки для сценаріїв з/без урахування цієї консервативності.

5. У роботі доцільно було б навести більш детальний опис процедури верифікації розрахункової моделі MICROSHIELD стосовно геометрії центральної зали ГО, оскільки прийняті припущення щодо рівномірного розподілу активності можуть впливати на результати.

6. У висновках до дисертації недостатньо повно відображено результати виконання завдання 6 (удосконалення імітаційної комп'ютерної моделі оцінки радіаційних полів у ГО РУ типу ВВЕР-1000) — доцільно було б більш детально описати отримані значення та їхній вплив на метод.

Разом із тим, зазначені зауваження мають дискусійний характер і не знижують наукової та прикладної значущості виконаного дослідження.

ЯЦИШИН Андрій Васильович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, зауваження та побажання:

1. У розділі 1 проаналізовано міжнародний досвід визначення критеріїв переходу від ІЛА до КУВА, а у розділі 4 запропонований температурний критерій 700 °С порівнюється, зокрема, з критерієм Westinghouse 650 °С. Доцільно було б детальніше обґрунтувати відмінність запропонованого значення від зазначеного міжнародного підходу з урахуванням особливостей реакторної установки ВВЕР-1000.

2. У підрозділі 4.4 при обґрунтуванні порогового значення потужності дози у гермооб'ємі на рівні 300 Р/год автор враховує стан палива після планового перевантаження, тривалість зупинки реактора та зміну активності радіонуклідів. Водночас цей фрагмент роботи можна було б посилити більш системним аналізом чутливості обраного порогового значення до зміни ізотопного складу палива, частки свіжого палива та різної тривалості витримки після зупинки реактора. Це дало б змогу повніше оцінити стійкість запропонованого радіаційного критерію для різних станів активної зони.

3. У підрозділі 4.4.2 наведено опис розрахункової моделі центральної зали гермооб'єму та зазначено, що валідацію коду MICROSHIELD подано у додатку Г. Водночас наведена в додатку валідація переважно підтверджує розрахункову точність самого програмного коду на еталонних конфігураціях. Доцільно було б окремо детальніше обґрунтувати адекватність саме прийнятої

геометричної моделі центральної зали гермооб'єму, зокрема вплив її спрощень і прийнятих припущень на розраховані значення потужності дози.

4. У математичних розрахунках дисертації наявні окремі технічні та арифметичні неточності. Зокрема, у формулі (2.36) неправильно обчислено об'єм гідравлічного елемента, у формулі (2.45) – відношення товщини конічної обичайки до гідравлічного діаметра, а у рівнянні (2.7) наведено подвійний знак «мінус». Зазначені записи доцільно перевірити та уточнити.

5. У формулі (2.46) значення площі $F_{кон}$, використане при розрахунку гідравлічного опору, не узгоджується зі значенням, отриманим у формулі (2.43), тому числову підстановку та кінцевий результат доцільно перевірити.

6. У дисертації наявна неузгодженість у використанні позначень множин вихідних подій Ω1–Ω4. Зокрема, на с. 27 та с. 145 Ω3 відповідає течії першого контуру за межі ГО, а Ω4 – течії першого контуру у другий контур, тоді як на с. 157–158 ці позначення використано навпаки. Крім того, в окремих фрагментах течію першого контуру у другий віднесено до Ω2. Доцільно уніфікувати зазначені позначення по всьому тексту дисертації.

7. У дисертації потребує уточнення хронологія та документальне підтвердження впровадження отриманих результатів. Так, у вступі зазначено, що дисертаційна робота пов'язана з виконанням Договору № 22/2019 між ТОВ «Енергориск» та НАЕК «Енергоатом», тоді як в акті впровадження від 10.07.2026 р. зазначено використання результатів дисертаційної роботи під час виконання робіт за Договором № 27/2018 від 21.06.2018 р. Доцільно пояснити співвідношення зазначених договорів та конкретизувати, які саме результати дисертаційного дослідження були отримані й використані в межах кожного з них.

Вважаю, що висловлені зауваження мають переважно уточнювальний та редакційний характер, не знижують наукової новизни і практичної значущості

отриманих результатів та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

***МАСЛЯНКО Павло Павлович**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, зауваження та побажання:*

1. У розділі 1 при аналізі міжнародного досвіду (п. 1.4) доцільно було б більш чітко обґрунтувати вибір підходу Вестінгауз (650 °С) як найбільш близького до запропонованого критерію - 700 °С.

2. При обґрунтуванні вибору порогового значення потужності дози у гермооб'ємі (300 Р/год) у п. 4.4 варто було б більш розгорнуто представити аналіз чутливості цього значення до варіацій ізотопного складу та часу витримки палива після зупинки реактора.

З моєї, суб'єктивної точки зору, аналіз чутливості цього значення до варіацій ізотопного складу та часу витримки палива після зупинки реактора потребує додаткового наукового та експериментального дослідження, що суттєво виходить за межі поданого дисертаційного дослідження.

У розділі 3 при валідації розрахункової моделі спостерігаються розбіжності за температурами у гарячих нитках ГЦТ, пов'язані з явищем термічної стратифікації. Було б доцільно навести більш детальний кількісний аналіз впливу цього явища на точність визначення температури на виході з активної зони.

При оформленні рисунків частина написів виконана англійською мовою (наприклад, рис. 3.26, рис. 4.36), тоді як дисертація написана українською. Бажано уніфікувати мову підрисункових написів. У тексті дисертації наявні граматичні та стилістичні помилки, наприклад на стор. 7 фраза «Розробка Методу /чомусь з великої літери/включає виконання серію / тут потрібно змінити відмінок на серії/», на стор. 57 вираз «Дані рекомендації…» слід було б подати як «діючі, наведені, або розроблені рекомендації…», а на

стор. 117 і 118 у табл. 2.10 і 2.11 у колонці «Кордонні координати» десяткові частини чисел відділяються від цілої частини крапками і комами.

5. У роботі доцільно було б навести більш детальний опис процедури верифікації розрахункової моделі на основі MICROSHIELD стосовно геометрії центральної зали ГО.

Разом із тим, зазначені зауваження мають дискусійний, редакційний та лінгвістичний характер і не знижують наукової та прикладної значущості виконаного дослідження. Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів роботи і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

БЕЖЕНАР Роман Васильович, доктор технічних наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник Інституту проблем математичних машин і систем НАН України, побажання:

Доцільно розглянути можливість підготовки монографії, яка узагальнюватиме ключові положення дисертаційної роботи та міститиме детальний виклад наукових результатів і здобутків автора. Крім того, перспективним напрямом є ширше оприлюднення результатів дослідження в цифровому середовищі, зокрема через публікацію на профільних наукових ресурсах та в електронних репозиторіях докладних описів застосованих методів, додаткових графічних матеріалів і супровідних даних. Реалізація цих рекомендацій сприятиме підвищенню доступності та зрозумілості отриманих результатів, поглибленню фахового обговорення й налагодженню наукової взаємодії з дослідниками з України та інших країн.

Результати відкритого голосування:

«За» – 5 членів ради,

«Проти» – немає.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада ДФ 26.204.007 присуджує ГАШИМОВУ Артуру Маратовичу ступінь доктора філософії з галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової спеціалізованої
вченої ради ДФ 26.204.007 Роман БЕЖЕНАР

Підпис Р.В. Беженара
ЗАСВІДЧУЮ

Вчений секретар ІПММС НАН України,
к.т.н., с.н.с. Микола ІЄВЛЄВ

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕМАТИЧНИХ МАШИН І СИСТЕМ
ІДЕНТИФІКАЦІЙНИЙ КОД 03417502
м. КИЇВ