

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної роботи
Національного технічного
університету України
"Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського"
к.т.н., доц.
Тетяна ЖЕЛЯСКОВА



" 20 " 03 2025 р.

з протоколу № 17 від 13 березня 2025 р. засідання
кафедри атомної енергетики
Національного технічного університету України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

БУЛИ ПРИСУТНІ:

З кафедри атомної енергетики: науковий керівник кафедри АЕ, д.т.н., проф. Письменний Є.М., завідувач кафедри АЕ, д.т.н., проф. Туз В.О., д.т.н., професор Хайрмасов С.М., д.т.н., професор Сорокова Н.М., д.т.н., професор Кравець В.Ю., д.т.н., доцент Кондратюк В.А., к.т.н., доцент Воробйов М.В., к.т.н., доцент Коньшин В.І., к.т.н. доцент Рогачов В.А., к.т.н., доцент Новаківський Є.В., к.т.н., доцент Філатов В.І., к.т.н., доцент Бібік Т.В., к.т.н., доцент Клевцов С.В., к.т.н., доцент Лебедь Н.Л., асистент Остапенко І.А.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри атомної енергетики Остаповця Андрія Олександровича за матеріалами дисертаційної роботи «Розробка методів кваліфікації модернізацій стратегії експлуатації систем, важливих для безпеки ядерних енергетичних установок», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 143 «Атомна енергетика». Освітньо-наукова програма «Атомна енергетика» третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти.

Тему дисертаційної роботи «Оптимізація періодичності регламентних випробувань та ремонту систем важливих для безпеки під час знаходження енергоблоку на потужності для АЕС з РУ ВВЕР-1000» затверджено на засіданні Вченої ради ТЕФ (протокол № 4 від “22” листопада 2021 року) та перезатверджено на засіданні Вченої ради НН ІАТЕ (протокол № 8 від “06” лютого 2025 року). Уточнена тема дисертаційної роботи «Розробка методів кваліфікації модернізацій стратегії експлуатації систем, важливих для безпеки ядерних енергетичних установок».

Науковим керівником затверджений к.т.н., доцент кафедри атомної енергетики Коньшин В.І.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили: завідувач кафедри АЕ, д.т.н., проф. Туз В.О., д.т.н., професор Сорокова Н.М., д.т.н., професор Кравець В.Ю., д.т.н., доцент Кондратюк В.А., к.т.н., доцент Воробйов М.В., к.т.н., доцент Бібик Т.В., к.т.н., доцент Лебедь Н.Л.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь: завідувач кафедри АЕ, д.т.н., проф. Туз В.О., д.т.н., професор Сорокова Н.М., д.т.н., професор Кравець В.Ю., д.т.н., доцент Кондратюк В.А., к.т.н., доцент Бібик Т.В., к.т.н., доцент Лебедь Н.Л.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження.

Унаслідок військової агресії енергетика України перебуває в критичному стані — значно пошкоджені або повністю зруйновані окремі енергогенеруючі об'єкти, а також постійно зазнають пошкоджень або руйнуються критичні інфраструктури енергетики. У складних екстремальних умовах енергетики України, часткова компенсація енергетичних втрат потужності можлива на основі підвищення ефективності виробництва електроенергії атомними електростанціями за забезпечення необхідного рівня безпеки.

Безпека українських АЕС з реакторами ВВЕР-1000 забезпечується захисними бар'єрами безпеки — оболонкою твела, корпусом реактора, захисною оболонкою гермооб'єму реакторної установки, системою управління аваріями. До складу систем управління аваріями входять обладнання та трубопроводи систем безпеки, системи контролю й автоматики, а також безпосередньо оперативний персонал станції.

Уроки воєнного часу показали, що на забезпечення необхідних умов безпеки АЕС України найбільший вплив мають численні пошкодження або руйнування критичних інфраструктур енергетики. Це спричиняє аварійні зупинки енергоблоків через зовнішнє знеструмлення (аналог вихідного

сценарію ядерних і радіаційних аварій на АЕС Фукусіма). У проєктних обґрунтуваннях безпеки ядерних енергетичних установок з ВВЕР вважалося, що ймовірність аварії зі знеструмленням енергоблоків не перевищуватиме одного випадку за мільйон років. Однак за три роки війни сталося кілька десятків аварійних зупинок енергоблоків АЕС України через пошкодження або руйнування критичних інфраструктур енергетики й зовнішнє знеструмлення станцій.

Таким чином, з урахуванням уроків екстремальних умов воєнного часу, загальний рівень безпеки атомної енергетики України суттєво знизився. У сформованій критичній ситуації вкрай актуально й необхідно для забезпечення необхідного рівня безпеки:

— Привести у відповідність до екстремальних умов воєнного часу правила й нормативні вимоги регулювання ядерної безпеки АЕС України.

— Удосконалити та експериментально кваліфікувати системи безпеки для домінантних груп вихідних аварійних подій в екстремальних умовах експлуатації.

У загальному випадку підвищення ефективності експлуатації АЕС (відповідно й основного показника ефективності експлуатації — коефіцієнта використання встановленої потужності — КВВП) може бути здійснено шляхом скорочення тривалості планово-попереджувальних ремонтів енергоблоків (“ремонтних кампаній”) і/або збільшення тривалості робочих режимів реактора (“паливних кампаній”) і/або підвищення номінальної потужності реактора в робочих режимах.

Реалізація стратегії підвищеної номінальної потужності реакторів може бути здійснена такими способами: модернізація нейтронно-фізичних і/або теплофізичних властивостей ядерного палива і/або конструктивно-технічних параметрів елементів активної зони реактора.

Відповідно до Правил і норм безпеки атомної енергетики України (ПНАЕ), модернізація систем, важливих для безпеки, має бути обґрунтована (кваліфікована) на забезпечення умов безпеки в робочих й аварійних режимах ядерних енергетичних установок. Основні обмеження відомих підходів до кваліфікації модернізації систем важливих для безпеки ядерних енергетичних установок, заснованих на розрахунковому моделюванні робочих і аварійних режимів т.зв. детерміністичними кодами, пов’язані з впливом на інтерпретацію результатів кваліфікації негативних ефектів “відмінностей детерміністичних кодів і/або користувачів детерміністичними кодами”, а також з виключенням можливості оптимізації визначальних параметрів стратегії підвищеної номінальної потужності реакторів. Тому актуальною є розробка альтернативних методів кваліфікації стратегії підвищеної номінальної потужності, які дозволяють оптимізувати визначальні параметри підвищеної номінальної потужності і виключають ефекти “відмінностей детерміністичних кодів і/або користувачів детерміністичними кодами”.

Таким чином, для підвищення ефективності безпечної експлуатації атомної енергетики України в екстремальних умовах воєнного часу актуальними є питання кваліфікації стратегії експлуатації на підвищеній номінальній потужності реактора й стратегії експлуатаційних випробувань

систем безпеки в умовах підвищеної номінальної потужності реактора та збільшення тривалості “паливної кампанії”. Актуальність цих питань визначає цілі й завдання представленої кваліфікаційної роботи.

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

Дисертаційна робота виконана на кафедрі атомної енергетики і відповідає пріоритетному напрямку «Енергетика та енергоефективність» відповідно Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки», а також переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 31-го грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні (Постанова Кабінету Міністрів України від 30 квітня 2024 р. № 476). Робота виконана відповідно до міжгалузевого плану АТ НАЕК «Енергоатом» і ДІЯРУ щодо подальшого підвищення безпеки АЕС України з урахуванням уроків аварії на АЕС Fukushima-Daiichi та Комплексної (зведеної) програми підвищення безпеки АЕС України.

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Вперше розроблено новий детерміністичний метод кваліфікації стратегії експлуатації реакторів на підвищеній тривалості паливних кампаній та підвищеній номінальній потужності, який дозволяє оптимізувати визначальні параметри модернізації й виключає вплив ефектів “відмінностей детерміністичних кодів і/або користувачів детерміністичними кодами” на результати кваліфікації.

2. Модернізовано ризик-орієнтований метод забезпечення максимальної надійності необхідних функцій безпеки для кваліфікації експлуатаційних випробувань систем безпеки на підвищеній тривалості паливних кампаній та підвищеній номінальній потужності.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження полягає у можливості їх застосування для проведення розрахункових аналізів при розробці та науково-технічній підтримці стратегій з аваріями на АЕС, а також для обґрунтування безпеки АЕС. Розроблені методи кваліфікації стратегій експлуатації ВВЕР, експлуатаційних випробувань систем безпеки на підвищеній тривалості паливних кампаній та підвищеній номінальній потужності можуть бути впроваджені в технічні рішення експлуатуючої компанії АТ НАЕК “Енергоатом” для підвищення ефективності безпечної експлуатації АЕС України.

5. Апробація результатів дисертації була здійснена на 2-ох міжнародних наукових конференціях:

1. Остаповець А. О. Кваліфікація стратегії підвищення номінальної потужності ядерних енергоустановок / А.О. Остаповець, В.І. Коньшин // I International Scientific and Practical Conference «European congress of scientific

discovery». Proc. – Madrid, Spain. – December 29 – 31. – 2024. – P. 238 – 243. (ISBN 978-84-15927-30-3). URL: <https://sci-conf.com.ua/i-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-european-congress-of-scientific-discovery-29-31-12-2024-madrid-ispaniya-arhiv/>.

2. Остаповець А. О. Адаптація ризик-орієнтованого підходу кваліфікації модернізації стратегій періодичності планових випробувань систем безпеки реактора / А.О. Остаповець, В.І. Коньшин // VI International Scientific and Practical Conference «Current trends in scientific research development». Proc. – Boston, USA. – January 16-18. – 2025. – P. 215 – 221. (ISBN 978-1-73981-122-8). URL: <https://sci-conf.com.ua/vi-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-current-trends-in-scientific-research-development-16-18-01-2025-boston-ssha-arhiv/>.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Остаповця А.О. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 5 наукових публікацій, у тому числі:

- 1 стаття, у наукових фахових виданнях категорії «Б» переліку наукових фахових видань України за спеціальністю 143 «Атомна енергетика»;
- 1 стаття, опублікована у періодичних наукових виданнях категорії «А» проіндексованих у базі Scopus Q3;
- 2 тези виступів на наукових міжнародних конференціях;
- 1 стаття, що додатково відображає результати дисертації.

Перелік публікацій, в яких опубліковані основні наукові та практичні результати дисертації:

1) Остаповець А. О. Дослідження методів і засобів підвищення ефективності експлуатації енергоблоків АЕС України за рахунок оптимізації планово-попереджувальних ремонтів / А.О. Остаповець, В.І. Коньшин // Науково-технічний журнал «Ядерна енергетика та довкілля». – 2024. – № 1 (29). – С. 3-12. URL: <http://dx.doi.org/10.31717/2311-8253.24.1.1>. *(Особистий внесок здобувача полягає в аналізі досвіду використання ризик-інформованих підходів до проведення технічних обслуговувань і ремонтів на АЕС у світі та стану їхньої реалізації в АТ «НАЕК «Енергоатом та визначенні низки застережень/невідповідностей у частині вимог та положень нормативних документів України, які мають бути або усунуті, або належним чином обґрунтовані для можливості впровадження ризик-інформованих підходів до проведення технічних обслуговувань і ремонтів).*

2) Остаповець А. О. Вимоги до технічного обслуговування і ремонту обладнання систем, важливих для безпеки атомних станцій / А.О. Остаповець, О.В. Кухоцький, Д.В. Гуменюк, О.І. Лігоцький, В.С. Потоскуєв,

А.М. Шишута // Науково-технічний журнал «Ядерна та радіаційна безпека». – 2024. – № 3. – С. 52 – 59. URL: [https://doi.org/10.32918/nrs.2024.3\(103\).06](https://doi.org/10.32918/nrs.2024.3(103).06) (Фахове видання включено до категорії «А» переліку фахових видань України індексується у міжнародних наукометричних базах SCOPUS Q3, UGC CARE). *(Особистий внесок здобувача полягає в аналізі вимог нормативно-правових актів України та документів міжнародних організацій щодо технічних обслуговувань і ремонтів обладнання систем важливих для безпеки АЕС).*

3) Остаповець А. О. Критеріальний метод кваліфікації стратегії підвищення номінальної потужності ядерних реакторів / А.О. Остаповець, В.І. Коньшин // Науковий журнал «Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2024. – № 2 (1368). – С. 47 – 52. URL: <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2024.02.05> *(Особистий внесок здобувача полягає в розроблені критеріального методу кваліфікації стратегії експлуатації ядерних реакторів на підвищеній номінальній потужності на основі модернізації теплофізичних властивостей ядерного палива та конструкційно-технічних параметрів елементів твелів, який виключає вплив ефектів різниці детерміністських кодів та/або користувачів кодами та враховує умови забезпечення безпеки за гранично допустимими температурами оболонок твелів і ядерного палива).*

4) Остаповець А. О. Кваліфікація стратегії підвищення номінальної потужності ядерних енергоустановок / А.О. Остаповець, В.І. Коньшин // I International Scientific and Practical Conference «European congress of scientific discovery». Proc. – Madrid, Spain. – December 29 – 31. – 2024. – P. 238 – 243. (ISBN 978-84-15927-30-3). URL: <https://sci-conf.com.ua/i-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-european-congress-of-scientific-discovery-29-31-12-2024-madrid-ispaniya-arhiv/>. *(Особистий внесок здобувача полягає в розробці альтернативного методу кваліфікації підвищення номінальної потужності з визначення гранично допустимої номінальної теплової потужності реактора та температури ядерного палива в робочих режимах, що забезпечують необхідні умови ядерної безпеки в постульованому процесі максимальної проектної аварії).*

5) Остаповець А. О. Адаптація ризик-орієнтованого підходу кваліфікації модернізації стратегій періодичності планових випробувань систем безпеки реактора / А.О. Остаповець, В.І. Коньшин // VI International Scientific and Practical Conference «Current trends in scientific research development». Proc. – Boston, USA. – January 16-18. – 2025. – P. 215 – 221. (ISBN 978-1-73981-122-8). URL: <https://sci-conf.com.ua/vi-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-current-trends-in-scientific-research-development-16-18-01-2025-boston-ssha-arhiv/>. *(Особистий внесок здобувача полягає в обґрунтуванні адаптації ризик-орієнтованого підходу оптимізації періодичності випробувань систем безпеки в умовах підвищеної номінальної потужності та підвищеної тривалості паливної кампанії ядерних енергетичних установок).*

Якість та кількість публікацій відповідають “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 р. № 44.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Остаповця А.О. «Розробка методів кваліфікації модернізацій стратегії експлуатації систем, важливих для безпеки ядерних енергетичних установок», що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 143 «Атомна енергетика» за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред'являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського «Атомна енергетика» третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти зі спеціальності 143 «Атомна енергетика».

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу «Розробка методів кваліфікації модернізацій стратегії експлуатації систем, важливих для безпеки ядерних енергетичних установок», подану Остаповцем Андрієм Олександровичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри атомної енергетики НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського **Туз Валерій Омелянович;**

Члени:

Рецензенти:

доктор технічних наук, доцент, професор кафедри атомної енергетики НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського **Кондратюк Вадим Анатолійович;**

кандидат технічних наук, доцент кафедри атомної енергетики НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського **Бібік Тимофій Вікторович;**

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри парогенераторобудування навчально-наукового інституту енергетики, електроніки та електромеханіки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» **Єфімов Олександр Вячеславович;**

доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, завідувач відділу тепломасообміну і гідродинаміки в елементах теплоенергетичного устаткування Інституту технічної теплофізики НАН України **Авраменко Андрій Олександрович.**

Головуючий на засіданні
д.т.н., професор, завідувач кафедри АЕ



Валерій ТУЗ

Вчений секретар
кафедри атомної енергетики
к.т.н., доцент, доцент кафедри АЕ



Микита ВОРОБІОВ