

ВИСНОВОК ПРО НАУКОВУ НОВИЗНУ, ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

дисертації **Мазурка О.С.** «Удосконалення методики теплогідрравлічного аналізу в рамках робіт по продовженню ресурсу корпусних реакторів», що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 143 «Атомна енергетика» (галузь знань 14 - Електрична інженерія)

У результаті опрацювання дисертації Мазурка О.С. та наукових публікацій, у яких висвітлені основні її наукові результати встановлено наступне.

Структура дисертації. Робота складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел (125 найменувань) та восьми додатків. Загальний обсяг дисертації складає 270 сторінок, в тому числі 132 сторінки основного тексту, включаючи 7 таблиць (на 15 стор.) та 64 рисунки (на 42 стор.), список публікацій (на 16 стор.). У додатках містяться: відомості про апробацію результатів дисертації, аналіз результатів оцінки технічного стану корпусу реактору енергоблоків АЕС України, опис інциденту та результати валідації, опис програмних засобів для підготовки вихідних даних, перелік сценаріїв та вибір консервативних припущень для теплогідрравлічного аналізу, результати рішення нестационарної термомеханічної задачі в постановці лінійної механіки руйнування, удосконалена методика, акти про впровадження результатів дисертаційної роботи.

Актуальність теми дисертації та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Під час продовження експлуатації енергоблоків АЕС особлива увага приділяється оцінці технічного стану та продовженню експлуатації корпусу реактору. Під час оцінки виконується обґрунтування опору крихкому руйнуванню корпусу реактору, зокрема, теплогідрравлічний аналіз.

Для теплогідрравлічного аналізу застосовуються керівництва та методики, що містять лише загальні рекомендації, не враховують специфіку енергоблоків АЕС України, зокрема, останні модернізації та напрацьований досвід оцінки в рамках продовження терміну експлуатації більш, ніж половини енергоблоків тощо. Таким чином, виконується аналогічний об'єм робіт та застосовуються підходи, що вже не є актуальними, так як енергоблоки постійно модернізуються з метою усунення дефіцитів безпеки АЕС.

Актуальність полягає в тому, що існує потреба у розробці удосконаленої методики обґрунтування опору крихкому руйнуванню корпусу реактору в частині теплогідрравлічного аналізу, яка буде застосовуватись під час продовження терміну експлуатації, для управління старінням корпусу реактору після продовження терміну експлуатації, під час переоцінки енергоблоків та під час підвищення теплової потужності енергоблоків.

Наукові дослідження за темою дисертації виконано відповідно до Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 року № 605-р., комплексної програми робіт щодо продовження терміну експлуатації діючих енергоблоків атомних електростанцій затвердженої Розпорядженням КМУ від 29 квітня 2004 року № 263-р) та у рамках держбюджетної НДР № 124-42 «Дослідження можливостей удосконалення сучасних енерготехнологій і подальшої модернізації основного та допоміжного обладнання АЕС» № ДР 0116U004924 (2016 -2020 рр.), у якості наукового керівника та відповідального виконавця госпдоговірних робіт №1768-42 «Розробка методологічних підходів до виконання теплогідрравлічних та ймовірнісних розрахунків для оцінки технічного стану та перепризначення терміну експлуатації реактора енергоблоку № 3 ОП ЮУАЭС», №11-1/19 «Апробація типової програми оцінки технічного стану та продовження ресурсу експлуатації корпусів, верхніх блоків та головних роз'ємів реакторів енергоблоків ВВЕР-1000» ПМ-Т.0.03.415-16» в частині розрахунків теплогідрравлічних параметрів», №11-2/20 «Апробація положень «Методики

оцінки крихкої міцності корпусів реакторів ВВЭР» СОУ НАЕК 177:2019» з метою уніфікації вимог до розрахунку теплогідрравлічних параметрів ймовірнісних оцінок в рамках оцінки технічного стану та продовження терміну експлуатації енергоблоків АЕС України».

Наукова новизна та теоретичне значення отриманих результатів: Вперше запропоновано кількісний критерій оцінки впливу протікання аварійних сценаріїв на формування умов термоудару корпусу реактора у вигляді Р,Т-діаграми, де виділена область, попадання в яку свідчить про загрозу термоудару; виділена область, попадання в яку свідчить про унеможливлення термоудару $P < 5.2$ МПа та $T > 88.5$ 0С, та виділена область, в якій завдяки запропонованому критерію визначаються ступінь наближення стану теплоносія до критичної області. Через числове значення цього критерію в інтервалі $0 < \Theta \leq 0,95$ можна зробити висновок про неможливість термоудару і, відповідно, недоцільність подальших розрахунків на міцність, при значенні критерію $\Theta > 0,95$ для остаточного висновку необхідно проводити розрахунки на міцність.

Практичне значення отриманих результатів. Практична цінність дисертації визначається тим, що розроблена методика може бути застосована для продовження експлуатації енергоблоків АЕС України з реакторами ВВЕР-1000, для яких відповідні роботи ще не розпочато, зокрема, енергоблоків №6 ЗАЕС, №2 ХАЕС та №4 РАЕС. Крім цього, методика може бути використана для управління старінням корпусу реактору після продовження терміну експлуатації та обґрунтування опору крихкому руйнуванню корпусу реактору з метою підвищення теплової потужності енергоблоків, так як діючі обґрунтування у цьому разі втрачають актуальність та виникає потреба у нових актуальних дослідженнях.

Також, після продовження терміну експлуатації енергоблоки потребують управління їх старінням. У 2020 році розпочато роботи з реалізації заходів з управління старінням елементів і конструкцій енергоблоку №1 ХАЕС, визначених за результатами оцінки технічного стану під час продовження терміну експлуатації. В рамках цього у 2022 році буде виконуватись повноцінний теплогідрравлічний аналіз з метою оцінки технічного стану, де удосконалена методика може бути застосована.

Результати дисертації впроваджено при виконанні госпдоговірних науково-дослідних робіт (Договір №1768-42 на створення (передачу) науково-технічної продукції «Розробка методологічних підходів до виконання теплогідрравлічних та ймовірнісних розрахунків для оцінки технічного стану і перепризначення терміну експлуатації реактора енергоблоку № 3 ВП ЮУАЕС» (підходи були погоджені у ДП «НАЕК «Енергоатом» та Держатомрегулювання України у складі документації, наданої для продовження терміну експлуатації), договір №11-1/19 на створення (передачу) науково-технічної продукції «Апробація «Типової програми оцінки технічного стану та продовження терміну експлуатації корпусів, верхніх блоків та головних роз'ємів реакторів енергоблоків ВВЕР-1000» ПМ-Т.0.03.415-16» у частині розрахунку теплогідрравлічних параметрів» (результати апробації були погоджені у ДП «НАЕК «Енергоатом» та застосовані для удосконалення типової програми) та договір №11-2/20 на створення (передачу) науково-технічної продукції «Апробація положень «Методики оцінки крихкої міцності корпусів реакторів ВВЕР» СОУ НАЕК 177:2019» з метою уніфікації вимог до розрахунку теплогідрравлічних параметрів та ймовірнісних оцінок в рамках оцінки технічного стану та продовження терміну експлуатації енергоблоків АЕС України» (результати апробації застосовані для удосконалення типової програми оцінки технічного стану та продовження терміну експлуатації корпусів, верхніх блоків та головних роз'ємів реакторів енергоблоків ВВЕР-1000) та у навчальний процес кафедри АЕС Одеського національного політехнічного університету, про що є відповідні акти.

Особистий внесок здобувача. Основні положення і результати дисертації отримані автором самостійно. Під час отримання результатів, представлених у дисертації та у

публікаціях у співавторстві, здобувач приймав участь у всіх етапах робіт з теплогідрравлічного аналізу: розробці методологічних підходів до проведення теплогідрравлічного аналізу для АЕС України на базі міжнародного досвіду та вимог, розробці та валідації розрахункових моделей для коду RELAP5 з детальною розбивкою опускної ділянки реактора та коду GRS-MIX, що дозволили врахувати формування умов термоудару, розробці допоміжних програмних засобів, виконання теплогідрравлічного аналізу з підготовкою граничних умов для розрахунків на міцність для енергоблоків з реактором ВВЕР-1000, дослідженнях впливу модернізацій енергоблоків на формування умов термоудару та локальних теплогідрравлічних процесів, узгодженні звітних матеріалів у ДП «НАЕК «Енергоатом» (включаючи АЕС) та Держатомрегулювання України.

Базуючись на вищенаведеному, здобувачем був виконаний аналіз та апробація діючих методик теплогідрравлічного аналізу для обґрунтування опору крихкому руйнуванню корпусу реактору з наступною розробкою удосконаленої методики виконання теплогідрравлічного аналізу для енергоблоків АЕС України з реактором ВВЕР-1000.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення та результати дисертації доповідалися та обговорювалися на 11 науково-практичних конференціях, 10 з яких є міжнародними науковими конференціями:

- II (2010 р.), III (2012 р.), VI (2018 р.) міжнародні науково-технічні конференції «Підвищення безпеки та ефективності атомної енергетики», м. Одеса, Україна;
- IX (2011 р.) та X (2012 р.) міжнародні науково-технічні конференції «Безпека, ефективність, ресурс ЯЕУ», м. Севастополь, Україна;
- XXI (2013 р., м. Ченгду, Китай), XXII (2014 р., м. Прага, Чеська Республіка) та XXVII (2019 р., м. Ібіракі, Японія) міжнародні конференції з ядерної енергетики ICONE;
- VIII міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених і спеціалістів «Проблеми сучасної ядерної енергетики», 2017 р., м. Харків, Україна;
- XVIII міжнародна тематична зустріч з питань теплогідрравліки ядерного реактора (NURETH-18), 2019 р., м. Портланд, США.
- II науково-практична конференція «Проблеми розвитку науки в контексті трансформацій суспільства», 2020 р., м. Хмельницький, Україна.

Повнота викладення матеріалів дисертації у роботах, опублікованих автором. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 12 наукових праць: 6 статей у періодичних виданнях, що входять до міжнародної науково-метричної бази SCOPUS, 3 статті у спеціалізованих наукових журналах збірниках наукових праць, затверджених ВАК України, 2 статті у спеціалізованих збірниках доповідей міжнародних науково-практичних конференцій.

СПИСОК НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

№	Автори. Назва статті// Назва журналу. Рік . Том, №. С. -. (Scopus / Web of Science).	Ел . доступ
1	Ю. П. Алексеев, А. І. Бережний, Г. В. Громов, О. С. Мазурок . Методика виконання теплогідрравлічних аналізів в обґрунтування опору крихкому руйнуванню корпусу реактора // Збірник доповідей другої міжнародної науково-практичної конференції «Підвищення безпеки та ефективності АЕС». - Одеса, Україна, 5-7 жовтня 2010 року - Одеса:	https://inis.iaea.org/search/searchsingleRecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=44105107

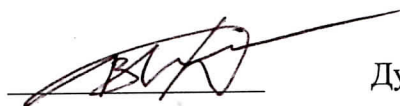
№	Автори. Назва статті// Назва журналу. Рік . Том, №. С. -. (Scopus / Web of Science).	Ел . доступ
	НВЦ "Енергоатом" ТОВ, 2011. - С. 111-120	
2	Ю. П. Алексєєв, А. І. Бережний, О. С. Мазурок , О. В. Корницький. Модель опускної ділянки реактора ВВЕР-1000 // Ядерна та радіаційна безпека. - 2011. - № 3 (51).- С. 44-46)	http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/97435
3	О. С. Мазурок , Ю. П. Алексєєв, А. Г. Крушинський, А. В. Корницький. Валідація теплогідравлічної моделі РУ з детальною розбивкою ОДР для аналізу термічних навантажень на корпус реактора // Ядерна та радіаційна безпека. - 2012. - №1 (53), С. 16-21 (Scopus)	http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/97208
4	О. М. Михайленко, О. С. Мазурок , С. В. Лисенко. Виконання теплогідравлічного аналізу з метою отримання граничних умов для аналізу термічних навантажень на корпус реактора // Збірник доповідей третьої міжнародної науково-практичної конференції «Підвищення безпеки та ефективності атомної енергетики». - Одеса, Україна, 24-28 вересня 2012 року - Одеса: НВЦ "Енергоатом" ТОВ, 2013. - С. 148-159	-
5	О. С. Мазурок , Ю. П. Алексєєв. Аналіз методів моделювання локальних теплогідравлічних процесів в елементах ЯПВУ // Збірник наукових праць ЧНУЯЕТП. - 2013. - №1 (45), С. 23-34	http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpsnu_2013_1_5
6	М. П. Вишемірський, О. С. Мазурок , А. В. Носовський. Аналіз впливу початкових і граничних умов на формування термоудара корпусу реактора (ICONE21-15992) // Матер. 21-ї Міжнародній конференції з ядерної інженерії ICONE21. - Ченгду, 2013. - 8 сторінок (Scopus)	https://asmedigitalcollection.asme.org/ICONE/proceedings-abstract/ICONE21/55836/V006T16A023/250640
7	О. С. Мазурок , М. П. Вишемірський. Вплив установки регулюючих клапанів на трубопроводах САОЗ ВТ на формування умов термоудара корпусу реактора (ICONE22-30437) // Матер. 22-ї Міжнародної конференції з ядерної інженерії ICONE22. - Прага, 2014. - 10 сторінок (Scopus)	https://asmedigitalcollection.asme.org/ICONE/proceedings-abstract/ICONE22/45905/V02AT09A055/250686
8	О. С. Мазурок , М. П. Вишемірський. Аналіз умов виникнення термоудара корпусу реактора з урахуванням виконаних модернізацій систем, важливих для безпеки // Ядерна та радіаційна безпека. - 2015. - №2 (66), С. 16-23 (Scopus)	http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/104989
9	О. С. Мазурок . Теплогідравлічний аналіз режимів з некерованим рухом і викидом органів регулювання для оцінки міцності реактора // Праці Одеського політехнічного університету, Випуск 2 (52). - Одеса, 2017. - С. 63-69	http://pratsi.opu.ua/articles/show/11688
10	О. С. Мазурок , В.П. Кравченко. Аналіз існуючих методик теплогідравлічного аналізу	http://pratsi.opu.ua/articles/show/15113

№	Автори. Назва статті// Назва журналу. Рік . Том, №. С. -. (Scopus / Web of Science).	Ел . доступ
	в рамках робіт з продовження ресурсу корпусів реакторів // Праці Одеського політехнічного університету, Випуск 3 (56). - Одеса, 2018. - С. 39-47	
11	О.С. Мазурок , В.П. Кравченко Вдосконалення методології теплогідрравлічного аналізу в рамках продовження терміну експлуатації корпусів реакторів (ICONE27-1223) // Матер. 27-й Міжнародної конференції з ядерної інженерії ICONE-27. - Ібаракі, 2019. - 6 стор (Scopus)	https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmeicone/2019.27/0/2019.27_1223/ article
12	О.С. Мазурок , О.М. Михайленко, В.П. Кравченко Теплогідравлічні розрахунки для оцінки технічного стану та продовження терміну експлуатації реактора енергоблоку №3 ЮУАЕС // Матер. конференції NURETH-18, Портланд, 2019 – С. 1998-2011 (Scopus)	http://toc.proceedings.com/50510webtoc.pdf

Оцінка мови та стилю дисертації. Дисертацію написано грамотною українською мовою, стиль викладення матеріалу відповідає прийнятому в науковій літературі. Текст дисертації чітко структурований та проілюстрований таблицями й рисунками.

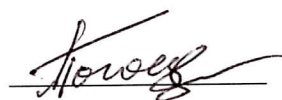
Висновки та рекомендація дисертації до захисту. Дисертаційна робота Мазурка О.С. на тему «Удосконалення методики теплогідрравлічного аналізу в рамках робіт по продовженню ресурсу корпусних реакторів», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 143 «Атомна енергетика» (галузь знань 14 - Електрична інженерія) є завершеною, самостійною працею, яка містить наукову новизну, має теоретичне й практичне значення. Сформульовані в дослідженні завдання знайшли своє відображення й розв'язання в ході його проведення. Висновки, зроблені дисертантом на основі отриманих у дослідженні результатів, узагальнюють головні теоретико-розрахункові здобутки. Зміст публікацій відповідає основним концептуальним положенням дисертаційного дослідження. Дисертація відповідає вимогам п.п. 9, 10, 11 Постанови Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року № 167 «Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», а її автор - Мазурок О.С. – заслуговує на присудження наукового ступеню доктора філософії за спеціальністю 143 «Атомна енергетика» (галузь знань 14 - Електрична інженерія).

Рецензент,
професор кафедри атомних
електростанцій Одеського
національного
політехнічного університету
доктор технічних наук,
професор



Дубковський В. О.

Рецензент,
професор кафедри атомних
електростанцій Одеського
національного
політехнічного університету
доктор технічних наук,
професор



Погосов О. Ю.