

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора
Тітлова Олександра Сергійовича
на дисертаційну роботу
Головченка Андрія Михайловича
на тему

«УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИПРОБУВАНЬ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ
СИСТЕМИ ГЕРМЕТИЧНОГО ОГОРОДЖЕННЯ БЛОКУ АЕС З ВВЕР-1000»,
подану до захисту на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 14 «Електрична інженерія»
за спеціальністю 143 «Атомна енергетика»

Актуальність теми дисертації.

Подальший розвиток ядерної енергетики ґрунтується на трьох основних принципах: безпека, економічність та відношення суспільства. Всі ці принципи взаємопов'язані. Для безпечного функціонування АЕС комплектуються системами безпеки, які запобігають аваріям та призначені утримати обладнання від руйнування при аваріях. Локалізуючи системи безпеки призначені для утримання радіоактивних речовин в межах блоку та запобігання їх виходу в навколишнє середовище. Звичайно, наявність систем безпеки впливає як на вартість, так і на експлуатаційні показники АЕС.

При забезпеченні необхідного рівня безпеки вирішальне значення при прийнятті рішення про вибір джерела енергії мають вартісні показники енергоустановок. Тому ядерна енергетика весь час знаходиться в конкурентній боротьбі з іншими джерелами енергії. Нещодавно це були газові енергоустановки, сьогодні - відновлювані джерела енергії, які вже мають питомі капітальні вкладення на рівні АЕС та навіть менші. Але сьогодні вони програють по собівартості та нестабільному виробництві. Треба зауважити, що розвиток накопичувачів електроенергії вирішує останній недолік ВДЕ та робить ВЕС та СЕС більш затребуваними, оскільки вони не несуть ядерної загрози. Таким чином, підкреслюю, що тільки економічні переваги АЕС роблять їх більш прийнятними на ринку.

Представлена робота направлена на підвищення ефективності АЕС саме за рахунок зниження часу випробувань СГО на герметичність і це робить її актуальною.

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

Дисертаційна робота виконувалась згідно планів, затверджених Міністерством освіти і науки України, та у відповідності до науково-дослідної тематики Національного університету «Одеська політехніка» і є складовою частиною держбюджетної НДР №124-42, № держреєстрації 0116U004924 за темою «Ядерна та радіаційна безпека та ефективність енергоблоків АЕС з урахуванням сучасних проблем та тенденцій в атомній електроенергетиці». Теоретичні здобутки та результати дослідження наочно відображені в опублікованих джерелах інформації, а саме:

1. Kravchenko, V., Vlasov, A., Andryushchenko, A., Vlasov, D., **Golovchenko, A.**, Gavrillov, P. (2022). Reduced air injection time during containment testing due to

the use of an ejector. Odes`kyi Polytechnichniy Universytet, Pratsi, 1 (65), 62–69. Reduced air injection time during containment testing due to the use of an ejector / V. Kravchenko, A. Vlasov, A. Andryushchenko, D. Vlasov, **A. Golovchenko**, P. Gavrilo // Пр. Одес. політехн. ун-ту. – Одеса, 2022. – Вип. 1 (65). – Р. 62–69. <https://pratsi.op.edu.ua/app/webroot/articles/1660041533.pdf>

2. Кравченко В. П. , Власов А. П. , **Головченко А. М.** , Мазуренко А. С. , Дубковський В. О., Чулкін О. О. Стан та перспективи випробувань системи герметичного огороження реакторної установки з ВВЕР-1000 на герметичність /Ядерна та радіаційна безпека. 2(98)2023. С. 53-60. <http://dspace.opu.ua/jspui/bitstream/123456789/13962/1/document-3.pdf>
3. **Головченко А. М.**, Запорожан В. В., Запорожан І. В., Кравченко В. П. Моделювання процесів у герметичному огороженні реакторної установки з ВВЕР-1000 під час випробувань на герметичність /Ядерна енергетика та довкілля. № 3 (28) 2023. С. 3-9. doi.org/10.31717/2311-8253.23.3.1
4. **Holovchenko A.**, Zaporozhan V., Zaporozhan I., Kravchenko V. Математичне моделювання випробувань на герметичність контайнменту з ВВЕР-1000. Збірник праць XII International scientific and practical conference «Scientific Theories and Practices as an Engine of Modern Development» (February 28 – March 1, 2024) Bratislava, Slovakia, International Scientific Unity. 2024. P. 291-293.

Наукова новизна одержаних та опублікованих результатів дослідження полягає у наступному:

- вперше було запропоновано та обґрунтовано використання ежектору для зменшення часу нагнітання повітря для проведення випробувань;
- розроблено методику проведення випробувань за компенсаційним методом. Запропонована методика обробки результатів випробувань;
- змодельований процес зміни параметрів в гермооболонці, що дозволило розробити рекомендації відносно скорочення часу етапу стабілізації параметрів.

Короткий аналіз основного змісту дисертації.

У вступі обґрунтовано актуальність наукової задачі, яка викликана потребами військового часу з точки зору зменшення часу планово-попереджувального ремонту та підвищенням виробітку електроенергії за рік. Для розв'язування сформульованої наукової задачі запропоновано використання ежектору для скорочення часу нагнітання повітря в гермооболонку (ГО), використання компенсаційного методу вимірювання та розроблена математична модель стану повітря в ГО для створення рекомендацій для зменшення часу стабілізації параметрів в гермооболонці.

У першому розділі проведено аналіз використання діючого методу випробувань, представлено аналіз патентної літератури за вимірюванням негерметичності та сформульовано завдання дисертаційного дослідження.

У другому розділі проведено аналіз доцільності використання ежектору на етапі нагнітання повітря до ГО. Наведено розрахунок часу нагнітання за допомогою тільки компресору. Показано, що отриманий результат збігається з часом проведення етапу нагнітання на енергоблоці 4 Рівненської АЕС. Змодельований розрахунок

конструкції ежектору та визначено його характеристику, тобто залежність витрати ежектора від зміни протитиску. За допомогою цієї характеристики визначено час нагнітання повітря до ГО. Проведено оптимізацію умов проєктування ежектору відносно мінімуму часу нагнітання.

У третьому розділі розглянуто схему та методику використання компенсаційного методу визначення інтегрального витоку з ГО. Проаналізовано вплив розміру компенсаційної ємності на витрату повітря з неї при випробуваннях та наявних значеннях інтегрального витоку. Показана конструкція індикатору для вимірювання витоку, який має дуже маленьке значення. Приведена методика обробки результатів вимірів, яка забезпечує задану вірогідність отриманих результатів.

У четвертому розділі наводиться розроблена математична модель стану повітря в системі герметичного огороження (СГО), яка дозволяє отримати зміну в часі таких параметрів як тиск, температура та вологість в процесі нагнітання та стабілізації параметрів. Використана система трьох диференційних рівнянь, які враховують швидкість зміни маси пароповітряної суміші в ГО, швидкість зміни кількості енергії пароповітряної суміші в ГО, зміну температури в часі за шарами матеріалу пасивних поглиначів теплоти при нестационарній теплопровідності. Показано, що на час стабілізації суттєво впливає різниця температур між середою в СГО та повітрям, що нагнітається. Регулювання температури повітря, що нагнітається, дозволяє суттєво зменшити час стабілізації.

У п'ятому розділі проведений аналіз використання запропонованих заходів на загальний час випробувань. Показано, що використання ежектору та компенсаційного методу вимірювання інтегрального витоку дозволяє зменшити час випробувань більше ніж в два рази, що має суттєвий економічний ефект за рахунок виробітку додаткової кількості електричної енергії.

У висновках представлено наукові та практичні результати, отримані за результатами виконаних досліджень.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.

Наукові положення, висновки і рекомендації, які відображено у дисертаційній роботі Головченка А.М., базуються на детальному аналізі літературних джерел за обраною темою досліджень; накопиченому на протязі багатьох років практичному досвіді проведення випробувань на АЕС; чіткій постановці мети і задач дослідження; використанні сучасних методів дослідження; якісному та аргументованому формулюванні висновків.

Під час проведення дисертаційного дослідження для отримання наукових положень були використані: теорія струменевих апаратів, метод статистичного аналізу для розробки алгоритму обробки результатів вимірів для забезпечення заданої вірогідності отриманих результатів, відомі диференційні рівняння для визначення швидкості зміни маси пароповітряної суміші, швидкості зміни енергії пароповітряної суміші та рівняння теплопровідності для визначення зміни температури на поверхнях обладнання в СГО, метод рішення системи диференційних рівнянь, методи комп'ютерного моделювання та оцінки

характеристик системи. Крім того, використання обчислювальних методів дозволили отримати наукові результати, що демонструють відповідність між отриманими теоретичними положеннями та практичними результатами, які мали місце при випробуваннях на 4-му блоці Рівненської АЕС.

Достовірність та обґрунтованість запропонованих моделей, методів і алгоритмів підтверджується результатами промислового експерименту, коректним застосуванням відомого науково-методичного апарату, що використовувався під час виконання роботи.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.

До зауважень та недоліків дисертації варто віднести наступне:

1. За результатами випробувань на Запорізькій АЕС, наведеними в табл. 1.1 (стор. 24), максимальна середня тривалість випробувань складає 17,94 години. Чому при аналізі тривалості випробувань в подальшому прийнято час виконання випробувань 29,5 год (стор. 29).
2. На стор. 25 наводиться, що тиск в ГО не має перевищувати 0,66 кгс/см². Всі подальші розрахунки проводяться для надлишкового тиску 0,72 кгс/см².
3. При аналізі методів випробувань в параграфі 1.3 наводиться аналіз випробувань на АЕС з ВВЕР-440. Цей проєкт має суттєву різницю з проєктом АЕС з ВВЕР-1000. Тому розглядати його в даній роботі скоріш всього було недоцільно.
4. В роботі відсутній аналіз можливості розташування обладнання для ежектора, включаючи додаткові фільтри, поряд з гермооболонкою.
5. При аналізі можливості зменшення часу скидання тиску після випробувань прийнята максимально допустима швидкість 1 кгс/см². За останніми даними сьогодні на АЕС швидкість скидання тиску суттєво зменшена через відшарування металевого облицювання від бетонної стінки. Таким чином, зменшення часу від впровадження запропонованих заходів буде менше.

Наведені зауваження не є принциповими та ніяким чином не знижують високий науковий рівень роботи, її наукову і практичну цінність.

Рівень виконання поставленого наукового завдання.

Результати, отримані у ході виконання дисертаційного дослідження, підтверджують високий рівень виконання поставленого наукового завдання. По всьому тексту дисертації простежується авторський стиль, що свідчить про індивідуальність роботи.

Повнота викладення наукових положень.

Наукові результати дисертації викладені у публікаціях та у повній мірі відображають основні результати дослідження. Результати наукових досліджень представлено в 3 друкованих працях у спеціалізованих наукових виданнях, рекомендованих МОН України. Апробація засвідчена доповідями на 3 міжнародних конференціях та робочій нараді на Південноукраїнській АЕС. Основні положення дисертації повністю викладено в опублікованих працях. Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано. При оприлюдненні наукових результатів було дотримано вимоги «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», згідно Постанови КМУ №44 від 12.01.2022 року, зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМ України № 341 від 21.03.2022

року, Постановою КМ України № 502 від 19.05.2023 року, та Постановою КМ України № 507 від 03.05.2024 року.

Відсутність порушень академічної доброчесності.

В дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела. Одним з об'єктивних елементів доказу відсутності порушення академічної доброчесності є публікації автора у рецензованих журналах, які перевірено на відсутність запозичень. Дотримання автором вимог академічної доброчесності підтверджено протоколом програми StrikePlagiarism від 30.04.2024 року. В протоколі зафіксовано запозичення з власної статті, що комісією вважається припустимим. Протокол опрацьовано фахівцями кафедри атомних електростанцій та членами групи забезпечення підготовки докторів філософії по ОНП за спеціальністю 143 «Атомна енергетика», які дійшли висновку, що дисертаційна робота відповідає нормам академічної доброчесності.

В цілому при підготовці відгуку у тексті дисертації не було знайдено порушень академічної доброчесності.

Значимість отриманих результатів для практичного використання.

Практичні положення дисертаційного дослідження впроваджено у Національному університеті «Одеська політехніка» при підготовці бакалаврів та магістрів за напрямом «Атомна енергетика» в Навчально-науковому інституті енергетики на кафедрі «Атомних електростанцій» при викладанні наступних навчальних дисциплін «Атомні електростанції», «Ядерні енергетичні реактори», «Експлуатація АЕС», «Безпека та надійність АЕС» та при дипломному проектуванні.

Оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Автор дисертаційної роботи Головченко Андрій Михайлович на тему «Удосконалення методики випробувань на герметичність системи герметичного огороження блоку АЕС з ВВЕР-1000» оволодів методологією наукової діяльності, яка відповідає ОНП 3-го рівня спеціальності 143 «Атомна енергетика», що доведено отриманими науковими результатами, які відповідають критерію наукової новизни.

Методологія наукового пізнання, яка застосована для досягнення мети роботи, забезпечує розвиток науково-педагогічних компетентностей; дозволяє набутти здатності щодо розв'язування комплексних проблем у галузі знань 14 «Електрична інженерія».

Висновок

Таким чином, представлена дисертаційна робота **Головченка Андрія Михайловича** «Удосконалення методики випробувань на герметичність системи герметичного огороження блоку АЕС з ВВЕР-1000» є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить нові науково обґрунтовані результати.

Науковий рівень дисертаційної роботи та наукових публікацій здобувача відповідають вимогам п.п. 5, 6, 7, 8 та 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», згідно з Постановою КМ України №44 від 12.01.2022 року, зі змінами, внесеними відповідно до Постанови КМ України № 341 від 21.03.2022 року, Постановою КМ України № 502 від 19.05.2023 року, та Постановою КМ України № 507 від 03.05.2024 року.

Отже, з огляду на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх новизну та практичну цінність, повноту викладу у наукових публікаціях, відсутність порушень

академічної доброчесності, вважаю, що автор дисертації **Головченко Андрій Михайлович** заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 143 «Атомна енергетика».

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор
завідувач кафедри нафтогазових технологій,
інженерії та теплоенергетики
Одеського національного технологічного
університету

Олександр ТІТЛОВ

_____ (підпис)

М.П. « ____ » _____ 2024 року