

## **Відгук**

Офіційного опонента на дисертаційну роботу  
**ГОЛОВЧЕНКО АНДРІЯ МИХАЙЛОВИЧА**

на тему: «Удосконалення методики випробувань системи герметичного  
огородження блоку АЕС з ВВЕР-1000»,  
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
в галузі знань 14 «Електрична інженерія»  
за спеціальністю 143 «Атомна енергетика»

### **Актуальність теми дисертації**

Робота присвячена актуальній проблемі скорочення часу проведення планово-попереджувальних ремонтів (ППР) енергоблоків АЕС з ВВЕР-1000, що дозволить підвищити виробництво електричної енергії в умовах її острого дефіциту в енергосистемі України.

Згідно проєкту РУ з ВВЕР-1000 та вимог безпеки на АЕС під час кожного ППР, тобто раз на рік, здійснюється випробування СГО на герметичність. Складність та велика тривалість випробувань до трьох діб (враховуючи час на підготовку до проведення випробування) є стимулом для скорочення терміну випробувань. В роботі досліджуються засоби скорочення часу кожного етапу проведення випробувань, що призведе до підвищення коефіцієнта використання встановленої потужності і доцільно з економічної точки зору. Було розглянуті всі п'ять етапів випробувань та запропоновані засоби їх скорочення. Найбільш суттєве скорочення часу дає використання ежектору для нагнітання повітря та використання компенсаційного методу при вимірюваннях. Запропоновані засоби дозволяють скоротити час вимірювань більше, ніж вдвічі. Таким чином, скорочення часу проведення випробувань є актуальною і важливою науковою задачею для покращення економічних показників роботи сучасних АЕС.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірність та новизна**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше було запропоновано та обґрунтовано використання ежектору для зменшення часу нагнітання повітря для проведення випробувань.
2. Розроблено методику проведення випробувань за компенсаційним методом. Запропонована методика обробки результатів випробувань.

3. Змодельований процес зміни параметрів в ГО, що дозволив розробити рекомендації відносно скорочення часу етапу стабілізації параметрів.

Результати роботи, які представлені у дисертації достатньо обґрунтовані. Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків підтверджуються порівнянням експериментальних даних (дані промислових випробувань СГО 4-го енергоблоку Рівненської АЕС) з проведеними розрахунками з використання сучасних методів, які базуються на загальноприйнятих підходах щодо аналізу теплогідравлічних процесів.

Достовірність результатів дослідження забезпечується коректною постановкою завдань і виконаних досліджень, застосуванням сучасних програмних засобів.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи полягає в тому, що було розроблено конкретні обґрунтовані пропозиції, спрямовані на зменшення часу випробувань герметичності ГО. Це дозволить суттєво скоротити час ППР і підвищити генерацію електроенергії енергоблоками АЕС України.

Важливо, що основні теоретичні і практичні результати дисертаційної роботи одержані при виконанні НДР відповідно до Енергетичної стратегії України на період до 2050 року, 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 Комплексної кафедральної науково-дослідної роботи №124-42 «Ядерна та радіаційна безпека та ефективність енергоблоків АЕС з урахуванням сучасних проблем та тенденцій в атомній електроенергетиці».

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Головченко А.М. повністю відповідає Стандарту вищої освіти за спеціальністю 143 «Атомна енергетика», а також напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Атомна енергетика».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науково-практичний напрям підвищення економічності та безпеки АЕС.

Результати виконаного здобувачем дослідження свідчать про достатній науковий рівень дисертації і методичну цінність проведеної роботи. Отримані автором результати вирішують сформульовані в дисертації завдання і свідчать про практичне значення виконаних досліджень.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Головченко А.М. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементи фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї і результати інших авторів або робіт мають належні посилання на відповідне джерело.

### **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота викладена українською мовою.

Дисертаційна робота написана з використанням сучасної науково-технічної термінології. Текст дисертації проілюстрований графічним матеріалом і таблицями у більшості випадків в обсязі, достатньому для розуміння виконаної роботи.

Наукова робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаної літератури з 91-го найменування, 16 рисунків та 13 таблиць, додатків на 25 сторінках. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 126 сторінок, в тому числі 101 сторінки основного тексту. Список використаних джерел – 91 найменування на 8-ми сторінках.

У вступі традиційно розглянуті обґрунтування вибору теми дослідження, його актуальність, мета та завдання дослідження, наукова новизна та практична значущість роботи. Підкреслено науково-практичний напрям роботи і її зв'язок з науково-дослідними роботами, що виконувались в Національному університеті «Одеська політехніка».

Перший розділ носить оглядовий характер і присвячений аналізу: світового досвіду в частині випробувань СГО на герметичність і патентної літератури в цьому напрямку в Україні, США та Франції. Розглянуто метод вимірювання, що використовується на АЕС України та принцип дії компенсаційного методу визначення степені герметичності.

По результатам проведеного аналізу визначено шляхи подальших досліджень у вибраному напрямку. Визначено мету роботи та необхідні завдання, які потрібно виконати для досягнення мети.

Другий розділ містить опис математичної моделі розрахунку повітряного ежектору, запропонованого для зменшення часу нагнітання повітря при випробуваннях. Представлена методика визначення характеристик ежектора визначеної конструкції, для розрахунку часу нагнітання повітря до заданого тиску. Проведено визначення часу нагнітання повітря тільки за допомогою компресору. Розроблено методику визначення характеристики ежектора при заданих параметрах на вході та виході ежектора. Проведено оптимізацію конструкції ежектору з точки зору мінімізації часу нагнітання повітря.

У третьому розділі розглянуто методику використання компенсаційного методу визначення інтегрального витоку з ГО.

У четвертому розділі викладена розробка математичної моделі стану повітря в СГО в процесі нагнітання та стабілізації параметрів. Математична модель складається з вирішення системи диференціальних рівнянь. Розроблена модель була валідована на результатах проведення випробування на 4-му енергоблоці Рівненської АЕС. На основі аналізу результатів розрахунків, отриманих за допомогою розробленої моделі, були запропоновані заходи, які дозволяють зменшити час етапу стабілізації параметрів ГО.

У п'ятому розділі проведено аналіз можливості скорочення часу випробувань в результаті запропонованих заходів. В результаті отримано, що скорочення часу можливо отримати за рахунок відміни процесу вакуумування ГО, завдяки використанню ежектора для нагнітання повітря до ГО, використання компенсаційного методу вимірювання тиску в ГО, пришвидшенням скидання тиску в ГО через регулювання скидного клапану.

У висновках наведено узагальнення отриманих у дисертаційній роботі наукових і практичних результатів.

Дисертаційна робота, у цілому, оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Наукові результати дисертації висвітлені у трьох наукових статтях, опублікованих у виданнях, включених до Переліку фахових видань України (всі видання індексуються у міжнародних науко-метричних базах даних, зокрема: Index Copernicus International, Ulrich's Periodicals Directory, Electronic Journals Library, Google Scholar та ін.), одна з них опублікована в журналі, який входить до науко-метричної бази SCOPUS, а також в 1 тезах наукової конференції.

Результати дисертації були апробовані на трьох міжнародних конференціях.

Всі представлені публікації виконані на належному рівні з усіма необхідними складовими, згідно до умов видавництва. Статті пройшли рецензування.

Аналіз публікацій здобувача дозволяє зробити висновок, що вони у достатній мірі охоплюють результати дисертаційного дослідження.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи**

У тексті дисертаційної роботи відмічене непослідовне виконання умов ДСТУ 3008:2015 «Звіти у сфері науки та техніки. Структура та правила оформлювання». Оскільки таких зауважень небагато і вони не вплинули на загальну якість дисертаційної роботи, то розглянуті окремо:

- 1) Перелік умовних позначень, с. 15. Назва згідно ДСТУ 3008:2015 повинна бути «Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів». Перелік скорочень неповний, а перелік умовних позначень, символів і одиниць взагалі відсутній.
- 2) Рекомендується по всьому тексту використовувати єдиний термін і скорочення «СГО» і виключити «ГО».
- 3) Розділ 1.3, с. 37, параграф 3. Замість «МАГАТ» повинно бути «МАГАТЕ».
- 4) Розділ 2.1, с.45. В розділі наведено методика і розрахунок ежектору, але розуміння коректності розрахунку ускладнюється неохайністю оформлення формул і розрахунків. Наприклад, у формулі 2.7 у параметра «Т» загублено індекс «і», в формулі 2.9 у параметра « $v$ » втрачено індекс «кр», у деяких формул відсутнє розшифрування параметрів. Застосовуються несистемні одиниці виміру, наприклад, «бар».
- 5) Розділ 2.3, с.52, параграф 7. В одному параграфі тиск надано у трьох різних одиницях виміру:  $\text{кгс/см}^2$ , бар, МПа.
- 6) Розділ 3.1, с.70, параграф 1. Цитата: «...цієї дуже важливої системи безпеки.». Але з тексту не зрозуміло, про яку систему безпеки йде мова.
- 7) Розділ 5, с.91, останній параграф. Для розрахунку помилково зазначено час 19.78 у якості вихідних даних.

Вивчення дисертаційної роботи викликало позитивне враження, але при цьому були виявлено ряд недоліків, питань та зроблені відповідні зауваження:

- 1) Анотація, с. 4, параграф 1. Згідно термінів, зазначених у ЗПБ АС 2008, замість терміну «верифікація» необхідно застосувати термін «валідація».
- 2) Загальне зауваження до Розділу 3. В розділі розглянуто низку методів випробування герметичності і лише один з них проілюстровано, що значно ускладнює розуміння методів або потребує багато часу на їх розуміння.
- 3) Розділ 1.4, с. 37, параграф 1. Технічно невдале формулювання першого речення. По-перше, в проєкті ВВЕР-440 використовується СГО типу «система герметичних приміщень». По-друге, система герметичних приміщень не виконує функцію захисної оболонки, так як у цьому старому проєкті її нема.
- 4) Розділ 2.1, с.45. В початкових даних двічі зазначено параметр «Q».
- 5) Розділ 2.3, с.53, параграф 3. В розділі 1.2 зазначено вимоги до якості повітря, яке нагнітається до СГО. Так, відносна вологість не повинна перевищувати 40 %. В розділі 2.3 при розрахунку конструкції ежектору це не враховується при визначенні молярної маси повітря, що впливає на коректність розрахунку початкової маси повітря у СГО.
- 6) Розділ 4.1, с.78, параграф 2. Ствердження «охолоджене повітря має декілька вищу температуру, ніж температура у ГО» нічим не обгрунтовано.
- 7) Розділ 4.1, с.80, формула 4.2. В формулі швидкості зміни кількості енергії пароповітряної суміші в ГО не враховано енергію тепловтрат з 1-го контуру та систем охолодження РУ і БВ, де діє обмеження по температурі теплоносія не більш 70 °С, яка зазвичай підтримується на більш низкому рівні.
- 8) Розділ 5, с.91, параграф 2 і 3. Показано, що загальний час випробувань в перспективі може скласти 6.5 годин. Якщо проаналізувати дані з випробувань СГО енергоблоків ВВЕР-1000/320 в Україні, то в останні роки (Додаток В) час випробувань складає 8 годин. Не зрозуміло чому було обрано значення 29.5 годин у якості представницького часу випробування. Якщо дивитись інформацію у Розділі 1.1 (Таблицю 1.1), то можна було б отримати середнє значення по всім енергоблокам ЗАЕС за період з 1990 по 2006 роки і це буде лише 11.6 годин

(коректніше брати статистику за останні роки). Тобто, реальне скорочення часу випробувань буде десь 5 годин і це теж гарний результат.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують практичну значимість результатів, а також не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційного дослідження.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота Головченка Андрія Михайловича на тему: «Удосконалення методики випробувань системи герметичного огороження блоку АЕС з ВВЕР-1000» виконана на відповідному науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є завершеним науковим дослідженням, сукупність практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має суттєве значення для атомної галузі. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6-9 «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.

Здобувач Головченко Андрій Михайлович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 143 «Атомна енергетика».

### **Опонент:**

Доцент кафедри атомної енергетики  
навчально-наукового інституту атомної  
та теплової енергетики  
НТУ України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»

Сергій КЛЕВЦОВ

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 року