

ВІДГУК

ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА доктора фізико-математичних наук,
професора Одеського Національного університету ім. І.І.Мечникова
Герасимова Олега Івановича на дисертаційну роботу Сови Катерини
Олександрівни «Моделювання ресурсоспроможності та надійності систем
сухого зберігання відпрацьованого ядерного палива на АЕС», подану на
здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 14 – Електрична інженерія
за спеціальністю 143 – Атомна енергетика

1. Актуальність теми дослідження.

Кваліфікаційна робота **К.О. Сови** присвячена дослідженню деяких проблем експлуатації ядерних енергетичних установок атомних електростанцій в царині поводження з ядерним паливом, що відпрацьовало нормативний термін знаходження в активній зоні реактора.

Експлуатація АЕС супроводжується накопиченням відпрацьованого ядерного палива (ВЯП), яке класифікується як ядерні відходи високої активності.

Науково обґрунтована методика оцінювання надійності систем зберігання ВЯП в системах сухого сховища є важливим і наразі актуальним (особливо з огляду на збільшення обсягів ядерних відходів, а також введення в експлуатацію централізованого сховища для відпрацьованого палива українських станцій) завданням в загальному контексті забезпечення ядерної енергетики.

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

Дисертаційна робота має зв'язок з науковими роботами кафедри Атомних електростанцій Національного університету Одеська політехніка в напрямку досліджень проблем надійного і безпечного використання систем перетворення ядерної енергії в електричну та теплову.

3. Обґрунтованість наукових результатів, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність.

Надійність зроблених наукових висновків та результатів дисертаційної роботи ґрунтується на застосуванні апробованих методів опису процесів переносу, а також на порівнянні результатів аналізу теоретичних моделей з реальними даними спостережень технічного стану контейнерів зберігання.

4. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру.

Наукові положення та методики, представлені в дисертації, містять елементи новизни та оригінальності. В цій царині можна вказати на наступне:

- дослідження, спрямовані на модельний розгляд комплексу явищ, які протікають в конструктивних елементах сухого зберігання.
- надійність і безвідмовність елементів і конструкції контейнеру загалом оцінюється із застосуванням ймовірнісних методів.
- динаміка стану конструктивних елементів сухого зберігання моделюється із урахуванням впливу теплових, механічних та радіаційних факторів

Вказані досягнення вносять внесок до теоретичних та практичних основ моніторингу технічного стану контейнерних сховищ, та потенційно дозволяють сприйняти підвищенню їх ефективності.

5. Практичне значення одержаних результатів дослідження.

Сформований цифровий інструментарій з моніторингу технічного стану та забезпеченню безпечної експлуатації контейнерів зберігання, дозволяє здійснювати довгострокове прогнозування їх станів та своєчасно планувати технічне обслуговування і ремонтні роботи для підтримки необхідної ресурсоспроможності.

6. Оцінка змісту та завершеності дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота написана з дотриманням коректної наукової термінології, технічної точності та логічної структури, що відповідає стандартам для наукових праць.

У вступі обґрунтовані актуальність і важливість роботи, визначено мету, завдання дослідження, відображено їх зв'язок з галузевими дослідженнями, а

також з науково–дослідними роботами, що виконуються в Національному університеті «Одеська політехніка» за напрямком підвищення ефективності та безпеки експлуатації сховищ відпрацьованого ядерного палива, відмічено особистий внесок здобувача та апробацію результатів досліджень.

У першому розділі проведено аналіз існуючого досвіду зберігання ВЯП в Україні. Розглянуто процес поводження з відпрацьованим паливом після його вивантаження та конструкцію за допомогою якої відбувається процес зберігання ВЯП.

За результатами проведеного аналізу визначено можливі шляхи досліджень у вибраному напрямку. Визначено мету роботи та необхідні завдання, які потрібно виконати для досягнення мети.

У другому розділі проведено аналіз сучасних технологій сухого зберігання відпрацьованого ядерного палива (ВЯП), що використовуються на атомних електростанціях. Наведено порівняльну характеристику наявних рішень за критеріями ядерної та радіаційної безпеки, а також екологічного впливу.

Розглянуто конструктивні особливості та матеріали, що використовуються у виготовленні контейнерів для сухого зберігання, зокрема металевих та вентильованих бетонних контейнерів. Проаналізовано принципи функціонування систем пасивного охолодження та забезпечення радіаційного захисту. Окрему увагу приділено досвіду впровадження технологій сухого зберігання у світовій практиці, а також сучасному стану та перспективам розвитку таких технологій в Україні. Як приклад національного досвіду розглянуто організацію сухого зберігання ВЯП на майданчику Запорізької АЕС.

Третій розділ присвячений математичному моделюванню ресурсоспроможності систем зберігання відпрацьованого ядерного палива. Було проведено огляд методів математичного моделювання надійності систем зберігання з урахуванням низки фізичних процесів, які супроводжують режими сухого зберігання. Також розглянуті прості математичні моделі деградації матеріалів контейнерів. Проведено аналіз термічних, механічних навантажень на

контейнери для зберігання відпрацьованого ядерного палива та аналіз довговічності матеріалів контейнерів.

Четвертий розділ присвячено оцінці впливу дефектів конструкцій на залишковий ресурс, зокрема зварних з'єднань та основного металу конструкцій систем сухого зберігання. Проведено оцінку ймовірності руйнування зварного з'єднання із дефектами та без них за допомогою методу розрахунку ймовірності руйнування. Запропоновано підхід до оцінки ресурсу за критерієм швидкості росту тріщини з урахуванням корозійного процесів, режимів навантаження та характеристик зварних з'єднань. Результати розрахунків свідчать, що надійність зварних конструкцій значною мірою залежить від типу та розмірів дефектів, а також від зовнішніх умов експлуатації. Отримано числові оцінки ймовірності руйнування та часу до втрати цілісності конструкції в залежності від сценаріїв дефектоутворення.

7. Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях.

На основі матеріалів дисертації було опубліковано 8 наукових праць, серед яких 4 статті у виданнях, реферованих в базі Скопус та 4 публікації апробаційного характеру.

Основні результати дослідження були презентовані на науково-практичних конференціях та інших наукових заходах з 2019 року.

Опубліковані наукові роботи відповідають вимогам «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 №44 від 12 січня 2022 року.

8. Дискусійні положення та зауваження до дисертації:

Використані моделі фізичних явищ переносу (розд.3 та 4),які супроводжують експлуатацію об'єктів розглядаються без урахування конфайнменту, який відповідає конструктивним умовам експлуатації і вплив якого суттєво змінює розв'язки вказаних моделей;

- Розглянуті в розд.3 дисертації моделі описані в оглядовому плані,не роз'яснюється,як їхній розв'язок пов'язаний із підвищенням надійності експлуатації об'єкта;

- Використані в роботі методи опису процесів деградації матеріалів використовують лише найпростіші модельні співвідношення ,що викликає сумнів щодо їх ефективного використання для оцінювання ресурсоспроможності та надійності реальних конструкційних елементів сховищ;

- Недостатньо уваги приділено розгляду впливу на надійність сховищ процесів радіаційного охрупчування;

- Недостатньо уваги приділено розгляду параметрів та режимів експлуатації металевих контейнерів систем сухого зберігання ВЯП (розділ 2);

- Не вказані джерела отримання інформації для використаних в ймовірнісному підході показників інтенсивності відмов $\lambda(t)$ (розділ 3);

- Відсутній алгоритм прогнозування ресурсоспроможності сховища сухого зберігання ВЯП в контейнерах по результатам досліджень (розділ 4).

- Бажано було б огляд літератури зосередити в розділі 1, а не робити його послідовно в окремих розділах (с. 47 та далі за текстом).

- В роботі доволі часто зустрічаються орфографічні помилки,такі ,наприклад, як :

- «ціллю попередження виникнення» (с. 16) замість «метою...»;і.т.д.

Зазначені зауваження не зменшують наукову і практичну цінність дисертаційної роботи,а залишають можливості подальших досліджень та вдосконалень розглянутої задачі.

9. Загальний висновок

Тематичне спрямування матеріалів дисертаційної роботи, її науково-прикладні результати та висновки відповідають галузі знань 14 – Електрична інженерія за спеціальністю 143 – Атомна енергетика. Отримані результати є науково обґрунтованими, і створюють завершене наукове дослідження. Автор реалізував поставлену в роботі задачу, демонструючи розуміння теми та використовуючи сучасні методи теоретичного аналізу та феноменологічної бази даних.

Опубліковані наукові праці висвітлюють головні результати дисертації. Основні положення дисертації також апробовані на наукових конференціях. Дисертація Сиви Катерини Олександрівни «МОДЕЛЮВАННЯ РЕСУРСОСПРОМОЖНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ СУХОГО ЗБЕРІГАННЯ ВІДПРАВЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА НА АЕС» є завершеним дослідженням, в якому досліджено процес сухого зберігання відправцьованого ядерного палива на АЕС. За змістом та оформленням дисертаційна робота відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та «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 № 44 від 12 січня 2022 року, а її автор, Сива Катерина Олександрівна, заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 143 – Атомна енергетика.

Офіційний опонент, доктор фізико-математичних наук, професор Одеського Національного університету ім. І.І.Мечникова
10 серпня 2025 р.

Герасимов О.І.