

## **ВІДГУК**

офіційного опонента кандидат технічних наук, доцента  
**Маджд Світлани Михайлівни**

на дисертаційну роботу

### **ЗАДУНАЯ ОЛЕКСІЯ СЕРГІЙОВИЧА**

**"Наукові засади підвищення ефективності забезпечення екологічної безпеки  
мокрих сховищ відпрацьованого ядерного пального",**

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека

**Актуальність теми дисертаційної роботи, її зв'язок з науковими  
програмами, планами, темами.**

Одним з головних завдань на сучасному етапі розвитку України є забезпечення екологічної безпеки навколишнього середовища, яке базується на використанні безпечних, енерго- та ресурсозберігаючих, мало- та безвідходних технологій.

При цьому, особливу увагу необхідно приділяти створенню правових, організаційних та економічних умов екологічного переорієнтування економіки, соціальної сфери та систем життєзабезпечення відповідно до вимог раціонального використання всіх видів ресурсів, збереження та покращення стану навколишнього середовища та природних комплексів.

Світ навколо нас під впливом людської діяльності неминуче змінюється та з кожним роком стає все більш небезпечним для всього живого на нашій планеті. Все частіше виникають ситуації, які прийнято називати надзвичайними, наприклад катастрофа на Чорнобильській АЕС, або аварія на японській АЕС Fukushima-Daiichi, і це далеко не повний перелік таких ситуацій.

Згідно з Енергетичною стратегією України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», атомна енергетика розглядається як одне з найбільш економічно ефективних джерел енергії.

Проте важливою проблемою ядерної енергетики залишається заховання радіоактивних відходів. Впродовж роботи ядерного реактора в ньому накопичується велика кількість радіоактивних ізотопів із значним періодом напіврозпаду, які продовжуватимуть випромінюватись ще тисячі років - це так зване відпрацьоване ядерне паливо (ВЯП).

На Чорнобильській атомній станції (ЧАЕС) зберігання відпрацьованих тепловиділяючих збірок (ВТЗ) здійснюється в проміжному сховищі мокрої типу (СВЯП-1).

В процесі виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з проявом наслідків можливих землетрусів, вибухів, пожеж, тощо, можлива аварія на СВЯП-1 та погіршення радіаційного стану на прилеглих до Чорнобильської зони

територій. Аварія на СВЯП-1 малоймовірна, але можлива подія з важкими екологічними наслідками.

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню задач, пов'язаних із підвищенням ефективності забезпечення екологічної безпеки СВЯП-1 та прилеглих територій шляхом удосконалення методології аналізу техногенних аварій на ньому, а також результатів оцінки радіаційних впливів на довкілля.

Існуючі методи досліджень ризиків виникнення тяжких аварій на сховищах ВЯП та їх екологічних наслідків недосконалі та мають ряд недоліків.

Сучасний підхід до аналізу безпеки об'єктів атомної енергетики (сховищ зберігання відпрацьованого ядерного палива, сховищ радіоактивних відходів тощо), як об'єктів підвищеної радіаційної небезпеки, неможливий без попереднього ранжування загроз і подальшого використання засобів моделювання, оскільки проведення повномасштабних натурних експериментальних досліджень даних об'єктів обмежене внаслідок відсутності спеціальних дослідницьких стендів та високої вартості таких експериментів.

Актуальність дисертаційної роботи підтверджується тим, що вона виконувалась 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 (зведеної) програми підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних електростанцій (КзППБ), затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 7 грудня 2011 року № 1270; «Загальнодержавної програми зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС та перетворення об'єкта "Укриття" на екологічно безпечну систему» (Закон України від 15 січня 2009 року № 886-VI), у рамках якої виконувались роботи з виведення з експлуатації 1-3 енергоблоків ЧАЕС з експлуатації.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Положення, висновки та рекомендації, отримані автором у процесі дослідження, належним чином науково аргументовані. Достовірність, сформульованих у дисертації наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується їх науковим обґрунтуванням, яке базується на критичному осмисленні здобутків вітчизняних та зарубіжних вчених; застосуванням системного підходу, відповідністю використаних наукових методів завданням, поставленим в ході дослідження, структурованістю та логічною послідовністю етапів дослідження, значним обсягом опрацьованих джерел.

Достовірність результатів не викликає сумнівів, оскільки підтверджуються сучасними засобами моделювання тяжких аварій на сховищах ВЯП, публікаціями результатів досліджень в наукових фахових виданнях, а також апробаціями на міжнародних науково-практичних конференціях.

### **Достовірність одержаних результатів**

Обґрунтованість і достовірність отриманих результатів дисертаційної роботи забезпечуються: врахуванням можливих небезпечних факторів впливу, що

можуть привести до аварійного стану на СВЯП-1, що дозволяє підвищити рівень його техногенно-екологічної безпеки; якісним вибором допущень і обмежень щодо оцінки імовірності виникнення аварійних ситуацій, прийнятих при формулюванні наукових задач; використанням апробованого науково-методичного апарату моделювання аварійних процесів і коректним вибором показників якості й критеріїв ефективності, а також збіжністю порівняльних модельних розрахунків (за розробленою комп'ютерною програмою «Best-T» та програмним кодом «MELCOR 1.8.5», який використовують найчастіше) з експериментальними даними.

**Наукова новизна роботи** здобувача полягає у розкритті особливостей виникнення і розвитку техногенних аварій на мокрих сховищах відпрацьованого ядерного пального як передумови науково-технічного прогресу у сфері забезпечення їх екологічної безпеки та прилеглих територій.

Основні наукові результати такі.

*Вперше:*

- розроблена аналітична модель виникнення та розвитку аварійних процесів в басейні витримки мокрого сховища, сутність якої полягає у застосуванні теорії надійності та поетапного комплексного використання методів: імовірнісного – для ранжування небезпечних подій і детерміністського – для моделювання аварійних процесів та їх екологічних наслідків;

- із застосуванням комп'ютерної програми «Best-T» розроблено теплофізичну модель і визначено локальні значення температур тепловиділяючих збірок в аварійній ситуації, пов'язаній з припиненням циркуляції води через басейн витримки.

*Набула подальшого розвитку* методика визначення якісного стану конструкції басейну витримки, що дало можливість розраховувати теплотехнічні параметри СВЯП-1 для різного впливу навантажень, наприклад, при зміні температури теплоносія або енерговиділенні у ВЯП.

*Удосконалено* систему контролю вибухо- та пожежонебезпечних ситуацій в приміщеннях СВЯП-1, яка на відміну від існуючої, передбачає використання науково обґрунтованого та розробленого нового способу визначення параметрів концентрації водню в повітрі інтегрально-оптичним хімічним абсорбційним сенсором.

**Практична значимість результатів дисертаційної роботи** визначається тим, що запропоновані методи та моделі були використані в ході виконання наступних завдань:

- аналіз вимог нормативно-правових актів України з питань радіаційної безпеки з метою їх гармонізації до вимог міжнародних організацій (МАГАТЕ, МКРЗ), законодавства ЄС;

- підготовка та організація науково-технічних досліджень і програм у сфері безпеки використання ядерної енергії.

Основні результати досліджень використані в навчальному процесі в ІДУЦЗ Державної служби України з надзвичайних ситуацій для проведення лекційних та

практичних занять при викладанні дисципліни «Пожежна безпека промислових об'єктів» (заочна форма, спеціальність 261 «Пожежна безпека», галузь знань 26 «Цивільна безпека», магістратура) та при проведенні курсів підвищення кваліфікації викладачів навчальної дисципліни «Безпека життєдіяльності» (цикл фахової підготовки, теми «Техногенні небезпеки та їх наслідки», «Типологія аварій на потенційно-небезпечних об'єктах»), що підтверджується отриманим актом про впровадження; в ході виконання дослідно-конструкторської роботи, шифр «Платформа-1» в Державному науково-дослідному інституті спеціального зв'язку та захисту інформації. Впровадження результатів дослідження дозволило забезпечити підвищення ефективності функціонування систем спеціального зв'язку в Україні, про що зазначено в акті впровадження.

Матеріали дисертаційних досліджень використано в звіті з науково-дослідної роботи «Наукові засади створення системи захисту функціонування критичної інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій», яка виконувалась в ІДУЦЗ.

Розроблено новий спосіб визначення параметрів концентрації водню в повітрі інтегрально-оптичним хімічним абсорбційним сенсором

#### **Повнота викладення результатів дисертації в наукових фахових виданнях.**

Публікації охоплюють основний зміст дисертаційної роботи та достатньо повно відображають її основні результати та наукові положення. У всіх публікаціях у співавторстві здобувачу належить вагомий внесок.

Щодо **завершеності дисертаційної роботи в цілому**, слід відзначити, що це завершена наукова робота, яка складається з переліку умовних позначень, вступу, п'яти розділів, списку використаних джерел зі 152 найменувань і 4-х додатків. Робота містить 23 рисунки та 29 таблиць. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 146 сторінок.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано ідею, мету і завдання досліджень, наведено головні наукові положення та результати, винесені на захист, а також відомості про практичне значення та впровадження результатів роботи.

У **першому розділі** дисертаційної роботи здобувач на основі наукових літературних джерел досліджує світовий досвід екологічно-безпечного поводження з ВЯП. На даний час на підприємствах атомної галузі надходження в навколишнє середовище техногенних радіонуклідів строго контролюється, але залишається невирішеною проблема забезпечення екологічної безпеки тимчасових сховищ ВЯП, створених у другій половині минулого століття без належного врахування природних особливостей території і забезпечення необхідного рівня захисту.

Дослідження причин виникнення аварій на АЕС, послідовності подій від вихідного до кінцевого стану дає можливість вироблення заходів, спрямованих на запобігання і не повторення широкого класу аналогічних аварійних ситуацій за рахунок своєчасно прийнятих технічних і організаційних заходів. Задіяти всі

зворотні зв'язки аналізу досвіду експлуатації таких складних комплексів, якими є АЕС, вкрай важливо і необхідно.

На основі проведеного аналізу сучасного рівня безпеки СВЯП-1 можливо зробити висновки про те, що завдання дослідження, присвяченого оцінці ядерної, радіаційної та екологічної безпеки для досягнення мети роботи поставлені вперше в практиці. Забезпечення безпеки сховища дозволяє провести аналіз не тільки безпеки функціонування СВЯП-1, але обґрунтовано подовжити термін його експлуатації на основі принципів і загальних критеріїв безпеки в процесі зберігання відпрацьованого палива, котрі задовольняють вимогам чинних міжнародних та національних норм і правил.

У другому розділі автором з використанням імовірнісного та детерміністського методів здійснено оцінку рівня потенційної небезпеки СВЯП-1.

Метою імовірнісного аналізу була оцінка рівня безпеки СВЯП-1 та вироблення рекомендацій щодо підвищення цього рівня за рахунок впровадження технічних рішень і організаційних заходів.

Детерміністський аналіз безпеки СВЯП-1 дозволив провести:

- моделювання виникнення та розвитку пожеж;
- аналіз запроектованих аварій зі зневодненням відсіків сховища виконаний на основі тривимірних моделей відсіку сховища з використанням спеціалізованих програмних комплексів для виконання теплогідравлічних розрахунків.

У роботі основними елементами рівня потенційної екологічної небезпеки для СВЯП-1, що входять в систему аналізу, були обрані: ідентифікація джерел небезпеки, небезпечне явище, шкідливі та вражаючі фактори, об'єкт впливу, збиток, витрати на заходи захисту та відвернений збиток.

У третьому розділі наведено стислий опис СВЯП-1 та його призначення, а також здійснено класифікацію джерел загроз на СВЯП-1.

В роботі наведено перелік вихідних подій, які можуть призвести до порушення нормальних умов експлуатації СВЯП-1, аварійних ситуацій або аварій.

Автором зазначено, що безпека СВЯП-1 здійснюється за рахунок послідовної реалізації стратегії глибокоешелонованого захисту, що базується на застосуванні системи фізичних бар'єрів на шляху розповсюдження в навколишнє середовище іонізуючого випромінювання та радіоактивних речовин і системи технічних та організаційних заходів щодо захисту фізичних бар'єрів і збереження їх ефективності. Основною метою реалізації стратегії глибокоешелонованого захисту СВЯП-1 є своєчасне виявлення і усунення факторів, які призводять до порушень нормальної експлуатації, виникнення аварійних ситуацій, а також запобігання їх переростанню в аварії, обмеження і ліквідація наслідків аварій.

У четвертому розділі здобувачем проведено імовірнісний аналіз можливих аварій на СВЯП-1 та оцінка їх наслідків, а також представлено розроблені системи контролю вибухопожежонебезпечних ситуацій в приміщеннях СВЯП-1.

Для протипожежного захисту приміщень СВЯП-1 розроблено нову конструкцію датчиків для контролю газового складу та перевищення температури. Розроблено прикладне програмне забезпечення (ПЗ), методи

створення програмних компонентів, які реалізують режими реального часу та конструювання циклограм.

У **п'ятому розділі** автором проведено оцінку радіаційного навантаження та ризику під час аварій на СВЯП-1 та здійснено порівняний аналіз впливу наслідків проектних і запроктованих аварій на довкілля. Згідно з рекомендаціями МАГАТЕ, для моделювання та розрахунків розсіювання радіонуклідів в атмосфері застосовувалася модель дифузії Пасквілла, заснована на статистичному (гауссовому) розподілі домішок.

Загальні висновки містять основні результати дисертаційної роботи, які достатньо повно характеризують науково-практичні дослідження. Робота створює позитивне враження послідовним вирішенням ряду завдань. Суттєві недоробки та недоліки відсутні.

Матеріали дисертаційних досліджень використовувалися в звіті з науково-дослідної роботи «Наукові засади створення системи захисту функціонування критичної інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій» (Державний реєстраційний № 0118U003078), що проводилась в Інституті державного управління у сфері цивільного захисту (ІДУЦЗ) Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

#### **Оцінка мови та стилю викладення матеріалу.**

Дисертаційна робота за структурою, мовою та стилем подання відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України. Текст дисертації представлено технічно грамотною мовою логічно та послідовно. Ступінь узагальнень, систематизації та формалізації відповідає рівню вимог до кандидатських дисертацій. Забезпечено взаємозв'язок проведених досліджень та отриманих результатів, викладення наукових положень, результатів та висновків здійснено аргументовано. Застосована в роботі термінологія є загально визнаною, стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття.

#### **Ідентичність змісту автореферату основним положенням дисертації.**

Зміст автореферату відповідає розділам дисертаційної роботи та її основним положенням. Дисертаційна робота є одноособово створеною кваліфікаційною науковою працею, яка містить сукупність результатів та наукових положень, поданих автором для публічного захисту, має внутрішню єдність і свідчить про особистий внесок автора в науку. Тематика досліджень відповідає паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека за напрямками досліджень:

- пункт 4. Вивчення екологічної обстановки навколо атомних, теплових електростанцій, гірничо-видобувних підприємств, інших небезпечних об'єктів; обґрунтування й здійснення заходів для поліпшення цієї обстановки;

- пункт 6. Обґрунтування наукових засад безпечного видобування, зберігання, технологій переробки, транспортування, захоронення, знешкодження радіоактивних та інших шкідливих речовин. Розроблення, вдосконалення методів контролю та заходів захисту від радіоактивних та інших

шкідливих речовин».

**Зауваження щодо змісту та оформлення дисертації та автореферату:**

1. Назву дисертаційної роботи можливо було сформулювати таким чином: "Наукові засади забезпечення екологічної безпеки мокрих сховищ відпрацьованого ядерного пального"

2. Предмет дослідження можливо було викласти в такій редакції: «вплив небезпечних радіаційних чинників на процес формування екологічного стану навколо мокрого сховища відпрацьованого ядерного пального під час його експлуатації».

3. Недостатньо повно приділено увагу міжнародному досвіду з моделювання поширення радіонуклідів в навколишньому середовищі при експлуатації сховищ радіоактивних відходів та можливості використання програмних продуктів в даній дисертаційній роботі.

- Вказані зауваження ніяким чином не знижують цінність отриманих дисертантом результатів.

**Загальний висновок.**

Дисертаційна робота Задуная Олексія Сергійовича "Наукові засади підвищення ефективності забезпечення екологічної безпеки мокрих сховищ відпрацьованого ядерного пального" є закінченою науковою працею, в якій отримано нові наукові результати.

Дисертаційна робота виконана на високому науковому рівні і є цілісним науковим дослідженням, має наукову та практичну цінність, відповідає паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека і вимогам п.п. 11, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор – **Задунай Олексій Сергійович** – заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.

**Офіційний опонент**

Доцент кафедри екології  
Науково-навчального інституту  
екологічної безпеки Національного  
авіаційного університету  
к.т.н., доцент

С.М. Маджд

*Відсутність офіційного опонента  
к.т.н., доцента С.М. Маджда  
надійшов до секретаря №26.880.01  
голова секретаря Іван Антонюк*

