

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІН ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАЛИВОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ
ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ» НА ЙОГО ЯДЕРНУ, РАДІАЦІЙНУ
ТА РАДІОЕКОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ**

(Тема 2)

**Е. М. Пазухін, В. О. Краснов, Б. І. Огородников, В. Є. Хан,
О. О. Одінцов, О. С. Лагуненко**

Роботи по темі виконувались за трьома напрямками:

1. Вивчення поведінки паливовмісних матеріалів (ПВМ) об'єкта «Укриття» як чинника ядерної, радіаційної і радіоекологічної небезпеки під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів.

2. Аналіз процесів утворення й поведінки лавоподібних ПВМ (ЛПВМ) при аварії на ЧАЕС і розробка пропозицій щодо підвищення безпеки об'єкта «Укриття».

3. Розробка засобів для локалізації і вилучення ПВМ з доступних скупчень у приміщеннях об'єкта «Укриття».

Вивчення поведінки ПВМ проводилось на основі оцінки ступеня руйнування ПВМ за результатами аналізу поведінки радіоактивних аерозолів в об'єкті «Укриття», оцінки ступеня руйнування ПВМ за результатами аналізу рідких радіоактивних відходів об'єкта «Укриття» та на основі вивчення впливу біотичного чинника на деструкцію опроміненого ядерного палива в об'єкті «Укриття» й властивостей сполук радіонуклідів, що утворюються.

Отримані результати дали змогу зробити ряд висновків, а саме:

1. Об'ємна активність $\Sigma\beta$, що асоціюється з аерозолями в об'єкті «Укриття», змінюється в широких межах – від 0,2 до 100 Бк/м³ із значеннями (1÷10) Бк/м³, що найчастіше зустрічаються.

2. Розчинність аерозольних «гарячих» частинок в 0,1 моль/л HCl значно вища, ніж у розчині імітатора легеневої рідини.

3. Радіаційна обстановка у приміщеннях об'єкта «Укриття» значною мірою визначається дочірніми продуктами розпаду радону (²²²Rn) і торону (²²⁰Rn).

4. У деяких водних скупченнях спостерігається істотне збільшення об'ємної активності деяких ТУЕ та урану.

5. У різних водних скупченнях об'єкта «Укриття» частка ²³⁵U істотно розрізняється, що може свідчити або про зміну шляху перетікання води, або про руйнування й розчинення нових скупчень ПВМ.

6. Відзначено істотне збільшення відношення ²⁴¹Am/²³⁹⁺²⁴⁰Pu у водних скупченнях, що може свідчити про зростаюче руйнування ЛПВМ.

7. Вміст урану в пробах ЛПВМ має тенденцію до зменшення зі збільшенням висотної позначки пробовідбору.

**ВИВЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ МЕХАНІЗМІВ ДІЇ ВНУТРІШНІХ І СТРУКТУРНИХ ЧИННИКІВ,
ВІДПОВІДАЛЬНИХ ЗА ПРОЦЕСИ ДЕГРАДАЦІЇ ПАЛИВОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ
ОБ'ЄКТА "УКРИТТЯ" В ПЕРІОД ЙОГО ПЕРЕВЕДЕННЯ
НА ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНУ СИСТЕМУ**

(Тема 3)

О. В. Жидков, П. Є. Пархомчук

Концептуальна проробка теми показала доцільність її виконання за такими основними напрямками:

1. Визначення параметрів радіаційної стійкості ПВМ

2. Моделювання процесів руйнування ПВМ шляхом прикладення до них сильних (пробивних) електростатичних полів

3. Моніторинг змін стану ПВМ з часом в аспекті кількісного визначення їх фізико-механічних характеристик, інформативних для прогнозу їх подальшої поведінки

Розрахунково-теоретичним шляхом (через перерізи атомних зміщень для нейтронів різних енергій) визначено флюенс нейтронів реакторного спектра, що відповідає дозі внутрішнього опромінення ЛПВМ за певні проміжки часу. Шляхом опромінення в ядерному реакторі ВВР-М отримано зразки ЛПВМ різного типу з кількістю радіаційних ушкоджень, що відповідала б термінам їх зберігання в об'єкті "Укриття" 10 - 100 років.

Створено експериментальну установку для вимірювання вольт-амперних характеристик ЛПВМ у сильних електростатичних полях аж до пробивних значень. Проведено попередні вимірювання вольт-амперних характеристик, реалізовано оборотний електричний пробій ЛПВМ. Аналіз попередніх даних дав змогу виробити детальну програму робіт з цього напрямку.

Започатковано експеримент зі спостереження процесів деградації ЛПВМ у сильному електростатичному полі.

Установлено явище сильного (на порядок і більше) збільшення електричної провідності ЛПВМ усіх типів у сильних електричних полях, досить далеких від електричного пробую. Явище знайшло задовільне пояснення в рамках моделі електронного переносу в ЛПВМ за рахунок стрибкової провідності по локалізованих станах. З цього випливає необхідність переоцінки величини приповерхневих електричних полів в ЛПВМ у бік її зниження й, у кінцевому рахунку, призведе до покращання прогнозу зміни їх стану з часом.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯДЕРНО-ФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І РОЗРОБКА МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ ПІДКРИТИЧНІСТЮ В ЗОНАХ КРИТМАСОВОГО РИЗИКУ

(Тема 4)

Є. Д. Висотський, В. Б. Шостак

За результатами виконання теми запропоновано й обґрунтовано процес створення та структуру скупчення ПВМ у зоні проплавлення фундаментної плити реактора (південно-східний сектор приміщення 305/2). Розплав палива (UO_2 , ZrO_2 , Zr , Fe , Cr , Ni) скидається з ОР у момент розгерметизації активної зони (АЗ) реактора й потрапляє на фундаментну плиту. Початкова фаза взаємодії розплаву з бетоном характеризується високою швидкістю розкладання бетону за рахунок тепловиділення хімічних реакцій. Зверху зона проплавлення засипана «шихтою», що утворилася при руйнуванні АЗ вибухом. Процес розкладання бетону фундаментної плити йде одночасно з горінням і плавленням «шихти», що містить графіт, технологічні канали, метал теплового захисту й силікатні матеріали засипки компенсаторного й монтажного зазорів. Розплав палива ущільнюється за рахунок надходження урану з «шихти» у міру її прогорання. У процесі охолодження утворюється двошарова структура. Верхнім шаром є легкий розчин оксидів (Si , Ca , Fe , Al , Cr (UZr)) O із вмістом урану від 3 до 8 %, так звані чорні ЛПВМ, що проникають через пролам стіни в приміщення 304/3, утворюючи горизонтальний потік. Нижній шар - це важкий розчин оксидів (UZr (Si , Ca , Fe , Al , Cr)) O із вмістом урану більше 40 %. Стратифікація розплаву на легкі й важкі розчини урану підтверджується результатами експериментів, що проводяться в рамках міжнародного проекту CORPHAD.2.

На даний час скупчення постійно знаходиться у воді і є перезволоженою критичною збіркою з низькозбагаченим ураном і повним бетонним відбивачем. Збірка може знаходитися в стані критичності тільки при оптимальному зволоженні.

Виконано розрахункові дослідження нейтронно-фізичних параметрів моделей розмножуючих систем різної геометрії, що досягають критичності при оптимальному зволоженні. При розрахунках ураховувався вплив наявності бічного й нижнього бетонних відбивачів, а також верхніх шарів ЛПВМ (чорної кераміки) й бетону. Моделювалося гомогенне й гетерогенне розмножуюче середовище, хімічний склад яких був представлений бінарною оксидною

композицією ($\text{UO}_2 + \text{SiO}_2$), а також багатоконпонентною композицією ЛПВМ з концентрацією урану від 40 до 60 %.

При розрахунках варіювалися концентрація UO_2 , вигорання, пористість, геометричні параметри.

Геометрія моделей вписувалася в об'єми зони проплавлення ($H = 0,9$ м; $R = 2 \div 3$ м). Усі розрахункові варіанти з параметрами в межах заданих обмежень досягали критичності при оптимальному зволоженні і йшли в підкритичність при перезволоженні.

Проведено аналіз динаміки розвитку нейтронного інциденту, який було зареєстровано в червні 1990 р.

Для коректної оцінки динаміки нейтронного інциденту сформульовано початкові дані для математичної моделі мікропористого гарячого шару палива, що заливається водою.

Інтерпретацію інциденту було проведено для моделі циліндричної збірки гомогенної оксидної композиції ($0,4 \text{UO}_2 + 0,6 \text{SiO}_2$) з повним бетонним відбивачем і пористістю до 50 % об'єму.

За експериментальними оцінками максимальна щільність потоку нейтронів у паливі була $10^8 \text{см}^{-2} \text{с}^{-1}$ й утримувалася протягом 32 год. При інтенсивності ділень $5,2 \cdot 10^{13} \text{с}^{-1}$ сумарне число ділень за інцидент становило $6 \cdot 10^{18}$.

На основі отриманих результатів зроблено наступні висновки:

1. Факт стратифікації розплаву палива в процесі взаємодії з бетоном підтверджує наявність скупчення ПВМ з концентрацією палива більше 40 %.

2. Модельні дослідження збірок з низькозбагаченим ураном показали, що підкритичність скупчень, прихованих у фундаментній плиті і залитих водою, знаходиться за межами допустимих аварійних значень ($K_{\text{эф.}} > 0,98$).

3. Мінімальні значення маси палива в скупченнях фундаментної плити оцінюються в межах 15 - 20 т урану.

4. Нейтронна аномалія 1990 р. інтерпретується як холодний критичний інцидент з числом ділень до 10^{19} , самогасіння якого відбулося в результаті перезволоження розмножуючого середовища.

РОЗРОБКА НОВИХ ПІДХОДІВ ПРИ ПОВОДЖЕННІ З РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ В ОБ'ЄКТІ "УКРИТТЯ"

(Тема 5)

Дослідження й розробка гнучкої технології очищення рідких радіоактивних відходів, утворених при знятті АЕС із експлуатації

О. Л. Стріхар, О. Б. Андронов

1. Розроблено концепцію гнучкої технології (ГТ) поводження з радіоактивно забрудненими водами й вимоги до технічних засобів формування мобільної операційної системи, здатної оперативно адаптуватися до специфіки об'єкта, умов та задач застосування.

2. На підставі аналізу світового досвіду та практики знешкодження рідких відходів, як основний метод очистки, для мобільної системи прийнято селективну динамічну сорбцію.

3. Створено математичну модель технологічного процесу, зв'язуючого сорбційні та гідромеханічні параметри, що дає змогу сформувати інструмент інженерних і конструкторських розрахунків.

4. Визначено місце ГТ у системі поводження з рідкими радіоактивними відходами при знятті АЕС з експлуатації як в автономному режимі роботи, так і в режимі експлуатаційної підтримки штатних систем об'єкта з метою розширення їх технологічних можливостей.

5. У результаті досліджень сорбційних характеристик 20 сорбентів різних груп відібрано вісім кращих сорбентів, досліджено їх кінетику сорбції й побудовано кінетичні криві. Роботу проведено на натурних розчинах (проби з об'єкта «Укриття»).

6. Для дослідницьких цілей розроблено й виготовлено 14 макетів і фізичних моделей виробів і технологічних елементів ГТ, створено універсальну лабораторну установку.

7. Проведено дослідження сорбційно-гідромеханічних характеристик процесу сорбційної очистки у фільтраційному та циркуляційному режимах. Отримані результати достатні для створення універсального сорберу, що дозволяє використати будь-які сорбенти незалежно від їх фракційного складу й механічної міцності.

8. Визначено та сформовано вихідні дані та технічні рішення для ДКР.

Основні результати роботи:

1. Підтверджено можливість і доцільність створення мобільної гнучкої технології поводження з рідкими радіоактивними відходами, що утворюються при знятті АЕС з експлуатації.

2. Отримано вихідні дані й технологічні рішення, необхідні для розробки завдання на ДКР.

Дослідження закономірностей розподілу радіоактивних матеріалів у техногенних ґрунтах локальної зони об'єкта "укриття"

М. І. Панасюк, А. Д. Скорбун

На основі ретроспективного аналізу результатів раніше виконаних робіт із дослідження забруднення локальної зони об'єкта "Укриття" зроблено висновки про умови й механізми формування радіоактивного забруднення ґрунтів, які при виконанні роботи перевірялися експериментально. У тому числі зроблено висновок про винесення радіоактивного бетону під час будівництва.

Удосконалено метод гамма-каротажу та розвинуто метод спектрометричного гамма-каротажу. Створено калібрувальні моделі забруднених ґрунтів. Виконано їх теоретичний аналіз і розроблено методи градування радіометричних приладів. Для уточнення результатів вимірювань виконано ряд теоретичних розрахунків гамма-полів у свердловинах, що дало змогу розробити експресний метод оцінки активності ґрунтів по вимірюванням гамма-поля.

Виконано зонування та районування та розроблено геолого-геофізичну модель території, на основі якої проводилися підрахунки кількості радіоактивних відходів та кількості палива, локалізованого в ґрунтах навколо об'єкта "Укриття".

Розроблено математичну модель просторового розташування радіоактивного забруднення.

У результаті виконаних робіт виявлено закономірності розподілу радіоактивних матеріалів за площею й глибиною. Виділено, у тому числі, активний шар як носій високоактивних радіоактивних відходів, визначено його розміри та просторове розташування, що дозволило зробити розрахунки кількості радіоактивних відходів при різноманітних земляних роботах, у тому числі при будівництві нового безпечного конфайнмента.

За даними гамма- та спектрометричного гамма-каротажу виявлено прояви міграції радіонуклідів у ґрунтах, що дало змогу зробити оцінки швидкості міграції та розробляти прогнози розвитку ситуації.

Виконано підрахунки кількості ядерного палива, похованого у ґрунтах локальної зони об'єкта «Укриття». Зроблено оцінку об'ємів, видів, типів і категорій радіоактивних відходів, локалізованих у ґрунтах для різноманітних проектів перетворення об'єкта «Укриття» в екологічно безпечну систему.

Використання сучасних методів обробки даних - геоінформаційних технологій - при обробці даних радіоекологічного моніторингу в районі об'єкта «Укриття» дало змогу визначити запаси трансуранових елементів за даними гамма-каротажу.

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РАДІАЦІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ РОБІТ В ОБ'ЄКТІ "УКРИТТЯ", У ТОМУ ЧИСЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗЛЮДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

(Тема 6)

Розвиток інтегрованої інформаційної моделі об'єкта «Укриття» для супроводу робіт з його перетворення

В. Т. Котляров, Є. В. Батій, О. О. Єрмоленко

Розроблено програмні засоби для одночасного доступу багатьох користувачів у системі клієнт-серверної архітектури з локальним та віддаленими сховищами даних з використанням технологій Autodesk Map Guide та ASP.NET.

На основі розроблених програмних засобів створено діючу мережеву інформаційну модель об'єкта "Укриття" в локальній інформаційній мережі ІПБ АЕС НАН України, що розрахована на багатьох користувачів.

Інтерфейс програми має вигляд топографічної карти, на якій графічні об'єкти (такі як крапки, лінії і полігони) показують різні елементи об'єкта «Укриття»: приміщення, дослідні свердловини, скупчення паливовмісних матеріалів, маршрути переміщення тощо. Загальна кількість графічних об'єктів більше 1000, їх відображено на 196 шарах карти, які, у свою чергу, згруповані у 22 групах. Кожний графічний об'єкт інтерфейсу має: тип, коротке найменування та ідентифікаційний код, що збігається з ідентифікатором відповідного об'єкта в локальному або у віддалених сховищах баз даних об'єкта «Укриття».

Призначений для користувача інтерфейс будується на основі вимог стандартної програми Microsoft Internet Explorer, тому установка спеціалізованих програм для перегляду баз даних не потрібна. Коли Internet Explorer виявляє на сторінці проект карти з відповідним розширенням, він за запитом користувача ініціює звернення до сервера MapGuide, який, після перевірки прав доступу, забезпечує видачу інформації, що була запрошена. Проект карти включає графічні об'єкти, з якими зв'язуються розподілені в мережі джерела атрибутивної інформації різних баз даних, або прямі звернення до сайтів в Internet. Описаний механізм надає можливість багатьом користувачам одночасного працювати з розподіленою базою даних у локальній інформаційній мережі ІПБ АЕС НАН України.

З погляду захисту інформації, сервер MapGuide поділяє інформацію на три категорії. Інформацію, що доступна всім користувачам, інформацію, що доступна певній групі користувачів та інформацію, що доступна авторам карти. Автори карти спільно з адміністратором сервера MapGuide вирішують, яку інформацію вони можуть надати різним категоріям користувачів у мережі.

Розроблена мережева інформаційна модель об'єкта "Укриття" для роботи в локальній інформаційній мережі ІПБ АЕС НАН України дала змогу усунути недоліки, що властиві "настільним" (призначеним для одного користувача) інформаційним системам. Система може становити інтерес не тільки при проведенні робіт із перетворення об'єкта "Укриття" на екологічно безпечну систему, але і в якості інформаційної моделі об'єкта "Укриття" в мережі Інтернет.

РОЗРОБКА МЕТОДИК І ПРИЛАДІВ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ПЕРЕДАВАРІЙНИХ СТАНІВ ОБ'ЄКТІВ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ШЛЯХОМ ОЦІНКИ СУПУТНІХ АЕРОЗОЛІВ

(Тема 7)

О. Е. Меленевський, Т. А. Кравчук, І. О. Ушаков

Продовжено дослідження принципів можливостей запропонованого методу оцінки протічок води з першого контуру працюючого ВВЕР у герметичні приміщення шляхом визначення в їх повітряних середовищах змін концентрації аероіонів радіолітичного походження (АРП).

Вивчено залежність чутливості методу АРП від концентрації первинних іонів (П) у повітрі зони вимірювання. Змінна концентрація П в діапазоні $10^5 - 10^9$ іонів/см³ створювалася за допомогою ²³⁹Pu джерел альфа-випромінювання активністю $10^2 - 10^6$ Бк. Чутливість оцінювалася у відносних одиницях шляхом порівняння приростів показів при реєстрації заданих змін вологості повітря створеним раніше аналізатором АРП і показів штатного для ВВЕР станційного вологоміра Волна 1М.

Установлено, що у вивченому діапазоні зміни концентрації ПІ чутливість методу АРП зростає з ростом їх концентрації приблизно за логарифмічним законом і при екстраполяції у діапазон концентрацій ПІ, характерний для герметичних приміщень працюючого ВВЕР, більше ніж на порядок перевищить чутливість зазначеного штатного вологоміра.

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ НЕЙТРОННО-ШУМОВОЇ ДІАГНОСТИКИ ЯДЕРНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ТА ЯДЕРНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ НА АЕС

(Тема 10)

В. М. Павлович, В. В. Рязанов, С. А. Стороженко

На основі отриманих аналітичних виразів для статистичних розподілів нейтронів у підкритичних системах, зокрема для розподілів нейтронів, зареєстрованих детектором, розроблено програми обробки експериментальних даних. Ці програми випробувано під час моделювання нейтронних флуктуацій у підкритичних системах на основі методу Монте-Карло, що дає змогу виявити область застосування теоретичних результатів.

Проведено розрахунки вдосконаленого апаратурного комплексу для вимірювання глибини вигорання палива в окремих збірках діючих АЕС. Методом Монте-Карло проведено розрахунки потоків нейтронів для реальної експериментальної ситуації, а також проведено вимірювання потоків нейтронів на сховищі відпрацьованого палива ЧАЕС.

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ, ВИМІРЮВАЛЬНИХ МЕТОДИК ТА ПРИЛАДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ НА ЯДЕРНО-РАДІАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТАХ

(Тема 11)

В. Г. Батій, В. Т. Котляров, В. М. Рудько

На даному етапі була розроблена математична модель керування радіаційними ризиками. При цьому для всіх можливих подій при нормальній експлуатації і можливих аваріях визначаються функції мети, і завдання зводиться до їхньої мінімізації при заданих граничних умовах. Як приклад було розглянуто завдання керування радіаційними ризиками стосовно до аварії на об'єкті з радіаційно-небезпечними технологіями, у результаті якої відбувається аварійний викид і наступне поширення радіоактивної домішки у внутрішніх приміщеннях об'єкта.

Крім того, було проведено аналіз досвіду використання розроблених вимірювальних методик та розроблено технічні пропозиції з удосконалення процесу вимірювань та рекомендації щодо створення нових методик. Запропоновано ряд удосконалень, зокрема оснащення пристроїв системою відеоспостереження для візуалізації розташування основних джерел випромінювання. Для підвищення якості та інформативності отримуваних даних запропоновано розробити математичну модель для комплексної обробки результатів вимірювання. Для розширення можливостей вивчення кутових та енергетичних характеристик гамма-полів запропоновано розробити колімований гамма-спектрометр на основі CdZnTe детектора.

На даному етапі також було розроблено технічні пропозиції щодо використання WEB-технологій для оптимізації процесу вимірювань у радіаційно-небезпечних умовах та щодо використання технології нейронних мереж для оптимізації процесу вимірювань у радіаційно-небезпечних умовах, зокрема процесу вимірювань кутових та енергетичних розподілів гамма-випромінювання.

РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ТА ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ РОЗСПОВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ВИКИДІВ З АЕС, ПРОЦЕСІВ ВТОРИННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ОБ'ЄКТІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

(Тема 12)

Є. К. Гаргер, Б. С. Прістер, М. М. Талерко

Для подальшого наповнення просторової бази даних радіоекологічного моніторингу АЕС України розроблено автоматизовані блоки статистичної обробки і аналізу інформації з

відображенням динаміки змін параметрів даних радіаційного контролю. Проведено комплексну оцінку ландшафтів у зоні АЕС (на прикладі Рівненської АЕС) на основі еколого-ландшафтного зонування й визначення критичних територій з максимальними коефіцієнтами переходу ^{137}Cs з ґрунту в рослинність, що дає змогу розробляти прогноз доз за рахунок споживання продуктів місцевого виробництва. Розроблено інструментарій для автоматизації процедур еколого-ландшафтного зонування.

Проведено тестові чисельні експерименти та оцінки прогнозу на 24 год, що включали розрахунок справджуваності для території України та Рівненської АЕС температури й геопотенціалу. Розрахунки зроблено для різноманітних типів синоптичних ситуацій. Чисельні прогнози на 24 год показали позитивні результати: відносна похибка геопотенціалу змінюється від 0,4 до 0,67, а приземної температури повітря дещо вище і змінюється від 0,8 до 1.

Виконано тестування мезомасштабної моделі атмосферного переносу LEDI, що розробляється, зокрема моделювання розповсюдження викиду ^{137}Cs в початковий період аварії на ЧАЕС з використанням опублікованих даних про динаміку викиду в перші 10 діб після аварії та інформації про метеорологічні умови розповсюдження викиду за даними радіозондування атмосфери та вимірювань кількості атмосферних опадів мережею метеорологічних станцій Держкомгідромету за допомогою як моделі LEDI, так і моделей RIMPUFF, що використовується в системі РОДОС, і CALPUFF. Порівняння результатів розрахунків з даними вимірювань забруднення території України ^{137}Cs показало, що в цілому всі три використані моделі з великим ступенем подібності визначають траєкторії перенесення радіоактивних викидів з ЧАЕС залежно від змін погодних умов для тієї частини радіонуклідів, що підіймалися над аварійним реактором на висоту до 500 м. Для частини викиду, що виносилася на більші висоти, розходження між LEDI, з одного боку, та RIMPUFF і CALPUFF, з іншого, зростають. Це обумовлено тим, що в моделі LEDI більш реалістично параметризовано вертикальне перемішування радіонуклідів у граничному шарі атмосфери і, як наслідок, його вплив на напрям середньої швидкості перенесення радіоактивної хмари в атмосфері.

Виконано аналіз чутливості мезомасштабної моделі розповсюдження радіоактивних викидів в атмосфері LEDI до складу та повноти метеорологічної інформації, що використовується для опису одних і тих же погодних умов. З цією метою виконано два цикли моделювання розповсюдження викидів з аварійного блоку в початковий період аварії на ЧАЕС:

на основі даних радіозондування атмосфери на території України;

на основі метеорологічних полів, отриманих за допомогою моделі чисельного прогнозу погоди ММ 5.

Розраховано сумарну щільність випадінь ^{137}Cs в 12713 населених пунктах усіх областей України за період з 26 квітня по 7 травня 1986 р. Показано, що при тому ж сценарії викиду використання двох різних джерел опису погодних умов розповсюдження чорнобильського викиду призводить до значних розбіжностей у результатах розрахунків. По Україні для 7 % населених пунктів використання метеоданих ММ 5 призводить до зниження оцінки інтегральної щільності випадінь більш ніж у три рази, а для 31 % - до підвищення оцінок у три й більше разів. У тому числі для 10 % населених пунктів України розрахункові значення відрізняються більш ніж у 10 разів. Наведені результати свідчать про високу чутливість моделі до якості й повноти вхідної метеорологічної інформації.

На основі динамічної моделі переходу ^{90}Sr і ^{137}Cs з ґрунту до рослин розроблено кінетичну модель та визначено її кінетичні параметри. Усі параметри моделі виражено через комплексну оцінку сорбційних властивостей (ефективний перетин ґрунту). Модель дозволяє прогнозувати забруднення рослинної компоненти раціонів людини та тварин радіонуклідами від моменту забруднення до 30 років з використанням ГІС-технологій.

Модель розроблено на основі бази даних радіологічного моніторингу території України. У поточному році проведено черговий відбір проб та їх аналіз, результати занесено до бази даних. Верифікація моделі показала, що точність прогнозу становить від 20 % до двох разів.

Проведено адаптацію камерної моделі забруднення поверхневих вод для АЕС України, що дає змогу врахувати основні процеси взаємодії радіонуклідів у розчині та сорбції на суспензії й у донних відкладах на прикладі Дніпровського каскаду водосховищ.

РОЗРОБКА НАУКОВИХ, ТЕХНОЛОГІЧНИХ І МЕТОДИЧНИХ ЗАСАД, МАТЕМАТИЧНИХ, ПРОГРАМНИХ ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ЕНЕРГОБЛОКІВ АЕС УКРАЇНИ

(Тема 13)

Г. М. Федоренко, О. Г. Кенсицький

Виконано аналіз сучасного стану досліджень та розробок стосовно до проблеми контролю та діагностики парових турбоагрегатів, а також розроблено математичну модель автоматичної діагностики стану вузлів та режимів експлуатації парового турбоагрегату К-1000.

На реальному турбоагрегаті К-1000 енергоблока № 3 Рівненської АЕС виконано цикл експериментальних досліджень щодо визначення технічного стану турбоагрегату. Отримано масив результатів цих експериментальних досліджень та виконано їх обробку з використанням запропонованого інформаційного підходу до багатомірного простору діагностичних ознак.

Розроблено та науково обґрунтовано напрямки підвищення надійності та навантажувальної здатності турбогенераторів типу ТВВ-1000-2УЗ українських АЕС, один з яких перемаркування. Запропоновано тимчасово (рік-два) один із блоків із турбогенератором ТВВ-1000-2УЗ перевести на номінальну активну потужність 850 - 900 МВт із $\cos \varphi = 0,96 - 0,97$. Це дасть змогу знизити струм обмотки статора й електродинамічні навантаження на лобові частини обмотки на 15 - 20 і 35 - 45 % відповідно. Отриманий досвід після дослідної експлуатації має бути використаний на інших турбогенераторах.

Запропоновано й науково обґрунтовано доцільність заміни турбогенераторів типу ТВВ-220-2УЗ Рівненської АЕС (або частини з них), що в 2010 - 2011 рр. мають відпрацювати свій розрахунковий ресурс, на сучасні турбогенератори подвійного збудження українського виробництва з розширеними можливостями щодо регулювання реактивної потужності.

Розроблено та проведено тестові випробування макету програмного комплексу обробки температурної інформації, що надходить від засобів системи штатного термоконтролю електричної машини на діючому турбогенераторі № 5 Рівненської АЕС. Програмний комплекс довів свою працездатність та ефективність. Під час випробувань було визначено, що чотири із 84 (~5 %) термометрів опору штатної системи термоконтролю є такими, що їх показання можна вважати недостовірними. У цілому стан турбогенератора за даними системи можна вважати задовільним.

Розроблено математичні моделі електромагнітних та теплових процесів у силових трансформаторах та проведено комплекс досліджень щодо прояву найбільш розповсюджених видів дефектів блочних трансформаторів.

Запропоновано метод підвищення пожежобезпеки оливозаповненого трансформаторного обладнання шляхом заміни холодоагенту на основі трансформаторної оливи на елегаз (SF_6).

Розроблено технічну пропозицію на систему *on-line* діагностики та моніторингу стану холодоагенту основного трансформаторного обладнання енергоблоків АЕС (безперервний аналіз розчинених газів – водень, метан, етан, етилен, ацетилен, оксид та діоксид вуглецю, а також вологи).

Розроблено математичні моделі та проведено комплекс досліджень теплових та гідродинамічних процесів у потужних турбогенераторах АЕС при зниженні витрати дистилляту через стержні обмотки статора та тиску водню в корпусі генератора.

**ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІОАКТИВНОГО АЕРОЗОЛЮ В ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ
НА ПРОМИСЛОВОМУ ТА БУДІВЕЛЬНОМУ МАЙДАНЧИКАХ ОБ'ЄКТА "УКРИТТЯ",
СТВОРЕННЯ МОБІЛЬНОГО АЕРОЗОЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ
У ЗОНАХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА САНІТАРНО-ЗАХИСНІЙ ЗОНІ АЕС
(Тема 14)**

Є. К. Гаргер, В. О. Кашпур, В. К. Шинкаренко

Проведено аналіз нестационарності середніх об'ємних активностей ^{137}Cs у часі за даними вимірювань у м. Прип'ять з 1987 р. Показано, що флуктуації об'ємних активностей довгостроково корельовано, мають проявлену циклічну складову з періодом в 1 рік і логнормально розподілені. Одержані залежності для описання детермінованої складової зміни середніх об'ємних активностей за період 1987 - 1991 рр. у комбінації з моделюванням випадкових складових процесу на основі параметрів її розподілу дозволили дати довгостроковий прогноз активності до 2009 р. Верифікацію результатів прогнозування було проведено на незалежних даних після 1992 р.

Виготовлено макет аерозольного стенду для калібрування імпакторів.

**РОЗРОБКА НАУКОВО-МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ
РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА ЕТАПАХ ЗНЯТТЯ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ АЕС
(Тема 15)**

А. В. Носовський

За звітний період було виконано роботи за двома напрямками: аналіз міжнародної практики впровадження принципу оптимізації при знятті з експлуатації, розробка методології впровадження цього принципу для АЕС та аналіз міжнародної практики щодо використання та тестування високоефективних фільтрів.

У результаті аналізу загальних підходів та міжнародного досвіду виконання конкретних робіт у контексті проведення детального дослідження щодо радіаційного захисту на АЕС, які знімаються з експлуатації, визначено основну мету та порядок оптимізації радіаційного захисту з урахуванням особливостей зняття з експлуатації, що використовуються в міжнародній практиці.

Визначено та проаналізовано основні концептуальні та методичні підходи до керування роботами за принципом ALARA-методології, що застосовувались у процесі зняття з експлуатації на АЕС Козлодуй (Болгарія, ВВЕР-440).

У результаті проведеної роботи в рамках наукового напрямку «Аналіз міжнародної практики щодо використання та тестування високоефективних фільтрів» визначено основні види випробувань, що проводяться в ряді європейських країн, та номенклатуру характеристик, що тестуються як на заводі-виробнику, так і за місцем встановлення фільтрів – на АЕС.

ВИДАВНИЧА ДІЯЛЬНІСТЬ

У 2008 р. в ІПБ АЕС НАН України видано два випуски науково-технічного збірника «Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля», в яких міститься 40 статей за основною тематикою інституту. Авторами та співавторами більшої частини статей є працівники інституту. Крім того, 62 статті було опубліковано фахівцями інституту в інших виданнях.

Фахівцями ІПБ АЕС НАН України підготовлено такі видання:

1. Оптимизация плановых ремонтов атомных электростанций с ВВЭР: Монография / В. И. Скалозубов, Ю. Л. Коврижкин, В. Н. Колыханов и др.; под ред. В. И. Скалозубова. - Чернобыль: Ин-т проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2008. - 496 с.

2. **Развитие и оптимизация систем контроля атомных электростанций с ВВЭР:** Монография / В. И. Скалозубов, Д. В. Билей, Т. В. Габлая, А. А. Ключников и др.; под ред. В. И. Скалозубова. - Чернобыль: Ин-т проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2008. - 512 с.
3. **Відділення фізико-технічних проблем енергетики НАН України. Історія та сьогодення (До 90-річчя Національної академії наук України)** / За ред. Б. С. Стогнія. - Київ - Чернобыль: Ін-т проблем безпеки АЕС НАН України, 2008. - 216 с.
4. **Е. К. Гаргер. Вторичный подъем радиоактивного аэрозоля в приземном слое атмосферы:** Монография. - Чернобыль: Ин-т проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2008. - 192 с.
5. **Б. И. Огородников, Э. М. Пазухин, А. А. Ключников. Радиоактивные аэрозоли объекта «Укрытие»: 2986 - 2006:** Монография. - Ин-т проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2008. - 456 с.
6. **Б. С. Пристер. Проблемы сельскохозяйственной радиоэкологии и радиобиологии при загрязнении окружающей среды молодой смесью продуктов ядерного деления:** Монография. - Ин-т проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2008. - 320 с.
7. **Про точність визначення активності твердих радіоактивних відходів гамма-методами** / Бадовский В. П., Ключников А. А., Кравчук Т. А., Меленевский А. Э., Щербин В.Н. - Чернобыль, 2008. - 16 с. – (Препр. / НАН Украины. ИПБ АЭС; 08-1).
8. **Растворимость радиоактивных аэрозолей объекта «Укрытие» в имитаторе легочной жидкости** / Одинцов А. А., Огородников Б. И. – Чернобыль, 2008. - 16 с. - (Препр. / НАН Украины. ИПБ АЭС; 08-2).