

# **ЗВІТ**

**про діяльність**

**Інституту проблем безпеки атомних електростанцій**

**(ІПБ АЕС)**

**НАН України**

**у 2015 році**

Директор ІПБ АЕС НАН України

академік НАН України

О. О. Ключников

*Звіт затверджено на засіданні Вченої ради (протокол № 11 від 07 грудня 2015р.)*

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
I. Найважливіші досягнення в галузі технічних наук .....	5
II. Дані про тематику та обсяги НДР, що виконуються установою .....	17
II-1. Дані про обсяги фінансування за тематикою фундаментальних, прикладних досліджень та за тематикою, що виконувалась за завданнями державних цільових програм, із загального фонду Державного бюджету України	19
III-1. Дані про виконання досліджень і розробок за замовленнями сторонніх організацій за договорами та контрактами, в т.ч. зовнішньоекономічними...	20
IV. Використання результатів досліджень у народному господарстві .....	21
VI. Конференції, семінари, з'їзди тощо.....	23
VIII. Видавнича діяльність .....	24
IX. Міжнародне наукове та науково-технічне співробітництво .....	28
XIII. Кадри .....	29
XIV. Розвиток матеріально-технічної бази досліджень .....	30
XVII. Заключна частина.....	31

## ВСТУП

Інститут проблем безпеки атомних електростанцій (ІПБ АЕС) створено Постановою Президії НАН України від 16.02.04 № 44 шляхом реорганізації Міжгалузевого науково-технічного центру (МНТЦ) «Укриття» з метою подальшого розвитку фундаментальних та прикладних досліджень в галузі безпеки АЕС, їх належної організації та координації.

Напрями діяльності ІПБ АЕС визначаються Постановою Президії НАН України від 6.07.2013 р. № 225 і є такими:

- наукові основи безпеки та ефективності експлуатації АЕС;
- розробка наукових засад створення технологій утилізації радіоактивних відходів;
- дослідження, розробка і впровадження технологій зняття з експлуатації енергоблоків АЕС;
- вимірювання інформаційних величин в умовах АЕС та створення систем та приладів для АЕС;

Також Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, як правонаступник МНТЦ «Укриття», відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 4 лютого 1992 року № 55 здійснює:

- проектно-конструкторські роботи по перетворенню об'єкта «Укриття», в довговічну екологічно безпечну систему;
- наукові та дослідно-конструкторські роботи по ядерній і радіаційній безпеці об'єкта «Укриття», створенню робототехніки й радіаційних технологій для відбирання зразків, вилучення з об'єкта і зберігання ядерного палива й радіоактивних речовин;
- контроль і прогнозування зміни властивостей речовин, що містять ядерне паливо, стану матеріалів і конструкцій об'єкта й екологічної безпеки у зоні його впливу;
- залучення сучасних вітчизняних і зарубіжних технологій для розв'язання поставлених перед центром завдань.

До складу ІПБ АЕС входять 7 наукових відділень за напрямками роботи:

- відділення ядерної та радіаційної безпеки;
- відділення вимірювально-діагностичних систем;
- відділення радіаційних технологій, матеріалознавства та екологічних досліджень об'єкта «Укриття»;

- відділення проектування об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями;
- відділення атомної енергетики;
- відділення зняття з експлуатації АЕС;
- відділення безпечної експлуатації АЕС

та дослідне виробництво.

ІПБ АЕС здійснює свою діяльність згідно з ліцензіями Державного комітету ядерного регулювання України, Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України та Спеціальним дозволом Державного департаменту – Адміністрації зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення МНС України.

Колектив Інституту за списочним складом нараховує 320 працівників, у тому числі 13 докторів та 26 кандидатів наук. За сумісництвом працює 16 осіб, у тому числі 7 докторів та 4 кандидати.

У Інституті вперше серед наукових установ України введено Систему управління якістю, яка сертифікована в Національному органі по сертифікації УкрСЕРТ (на відповідність вимогам ДСТУ ISO 9001:2001 (ISO 9001-2000, IDT)) та міжнародному органі по сертифікації «Bureau Veritas Quality International» (на відповідність вимогам ISO 9001:2000). У 2009 році Систему якості приведено у відповідність вимогам стандарту ISO 9001: 2008.

У 2015 році згідно з Тематичним та Робочим планом роботи виконувались за 8 перехідними бюджетними темами відомчої тематики. Всі заплановані роботи виконано. Результати роботи за рік розглянуто та затверджено на засіданнях Вченої ради Інституту.

Крім того, виконувались роботи за 6 госпдоговорами на суму 1400 тис. грн. Загальні обсяги фінансування робіт у поточному році за рахунок коштів загального фонду Державного бюджету складають 38418,315 тис. грн.

Спеціалісти ІПБ АЕС беруть участь в міжнародному проєкті SIP реалізації першочергових заходів на об'єкті «Укриття» та підготовці до його перетворення в екологічно безпечну систему.

У 2015 році було отримано важливі результати як у дослідженнях стану ядерної та радіаційної безпеки об'єкта «Укриття», так і у роботах, спрямованих на підвищення надійності, ефективності та безпеки експлуатації діючих українських АЕС.

## **1. Найважливіші досягнення в галузі технічних наук**

### **РОЗРОБКА ЗАХОДІВ, ЯКІ ПІДВИЩУЮТЬ ЯДЕРНУ, РАДІАЦІЙНУ ТА**

# **ЕКОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ» ТА НОВОГО БЕЗПЕЧНОГО КОНФАЙНМЕНТА**

## Тема 2

Проведено аналіз основних процесів, в результаті яких в південно-східній частині приміщення 305/2 на активній стадії аварії могли утворитися ядерно-небезпечні скупчення (ЯНС) і потоки лавоподібних паливовмісних матеріалів (ЛПВМ). Верифіковано температурні і тимчасові параметри протікання процесів в «доменній» версії сценарію лавоутворення. Зведено матеріально-енергетичний баланс в моделі процесів, що визначили формування матеріального середовища ЯНС в зоні проплавлення підреакторної плити (ПП). Запропоновано робочу версію матеріальної моделі ЯНС.

За допомогою програмного коду MNCP виконано варіаційні розрахунки параметрів критичності матеріальної моделі ЯНС в геометрії циліндра. Показано, що поточна підкритичність композиції з масовою часткою палива в паливовмісних матеріалах (ПВМ) 50 ÷ 60 % забезпечується за умови утримання води в доступній пористості від 50 % від обсягу квазігетерогенного розмножуючого середовища.

Встановлено, що падіння температури в ПП не слідує за падінням залишкового тепловиділення і сумарне тепловиділення перевищує (на 100–150 Вт/т урану) залишкове тепловиділення. Додатковим і практично постійним джерелом тепла може бути тільки тепло від вимушеного поділу. Оцінена потужність вимушеного поділу визначається внутрішнім джерелом нейтронів та підкритичністю ЯНС і знаходиться за межами аварійного значення. Наявність постійного внутрішнього джерела нейтронів в ЛПВМ забезпечується зростанням виходу нейтронів ( $\alpha, n$ ) – реакції на легких ядрах (O, Na, Mg, Al), що компенсує падіння нейтронів спонтанного поділу.

Розрахункову модель верифіковано на підставі зареєстрованої динаміки щільності потоку нейтронів (ЩПН) при повторній критичності, що мала місце в червні 1990 року. Попередні результати показали, що в процесі зневоднення, а також деградації структури та/або збільшення температури існує ймовірність виникнення ЛРС.

Проведено якісну оцінку ефективності превентивного придушення параметрів критичності залежно від гомогенного і гетерогенного розподілу концентрації нейтронно-поглинаючих матеріалів (НПМ) в обсязі матеріальної моделі ЯНС. Показано, що при подачі зверху в простір шахти реактора розчину НПМ через систему пилопридушення процентний вміст гадолінію в стоках води із зони розміщення ЯНС не перевищує 1 мг/дм<sup>3</sup>, що не забезпечує отримання допустимого значення  $K_{\text{eff}} \leq 0,95$ .

Розглянуто варіант локального уведення через свердловини в ПП гідратів нітратів рідкісноземельних елементів (гадолінію, самарію або європію) в об'єм середовища ЯНС.

Проаналізовано введення твердого поглинача нейтронів у вертикальному напрямку.

Проведено модельні розрахунки залежності нейтронної динаміки від швидкості зневоднення системи. При збільшенні швидкості зневоднення зменшується час виходу і перебування в надкритичному стані. Потужність нейтронного спалаху залежить від запасу реактивності і обернено пропорційна швидкості зневоднення системи. Швидкість зневоднення визначається структурою ЯНС і відповідно виключає можливість управління нею.

Визначено технічні рішення для виключення ризиків виникнення ЛРС, прийнятні для ОУ після зведення НБК:

- 1) введення рідких нейтронно-поглинаючих матеріалів в ЯНС;
- 2) управління / збереження температурно-вологісного режиму ЯНС;
- 3) введення твердих НПМ.

При гарантованому виключенні доступу води до підреакторної плити (після зведення НБК «Арка») найбільш прийнятним (по трудовитратах та економічно) є варіант управління/збереження температурно-вологісного режиму ЯНС шляхом ефективного контролю нейтронної активності і наявності системи оперативної подачі нейтронно-поглинаючого розчину або води в зону розміщення ЯНС.

Проведено аналіз технічних рішень, що запобігають виникненню повторної критичності в умовах обмеження та ліквідації наслідків важких аварій на АЕС:

1) розбавлення тепловиділяючого розплаву спеціальними матеріалами, в результаті чого забезпечується інверсія оксидної частини розплаву активної зони з важкою металевою і усувається прямий контакт розплаву з бетонними конструкціями в підреакторному просторі енергоблоку; таким чином забезпечується ефективне охолодження і зменшення температури розплаву;

2) зниження щільності розплаву шляхом введення спеціальних матеріалів, що зменшують щільність продуктів поділу, в результаті чого гарантується відсутність створення критичної маси;

3) створення умов для інтенсивного окислення найбільш сильних відновників, що входять до складу металевої частини розплаву активної зони; це запобігає утворенню та накопиченню водню вибухонебезпечної концентрації при взаємодії з парами води.

З метою розробки засобів, які підвищують радіаційну та екологічну безпеку НБК та ОУ виконано дослідження ефективності зниження вмісту органічних (полімерних) речовин і радіонуклідів, зокрема ТУЕ, при використанні нових селективних неорганічних сорбентів при очищенні РРВ. Визначено оптимальні умови їх застосування.

Запропоновано новий спосіб очищення трапних вод, оснований на використанні коагулянт-флокулянта типу «Сизол», окисленні пероксидом водню на каталізаторі сульфаті заліза (II) і подальшої стадії ультрафільтрації. Вказаний спосіб запобігає закоксовиванню випарних апаратів силаксинакрилатним єднальним і іншими органічними речовинами, які вулканізуються при нагріванні. За рахунок зменшення змісту альфа-випромінюючих радіонуклідів підвищується рівень безпеки при переробці рідких радіоактивних відходів в тверді відходи.

Для визначення пилогенеруючої здатності ЛПВМ було поставлено довготривалий лабораторний експеримент по визначенню динаміки ерозії ЛПВМ різного типу. В результаті експерименту встановлено, що співвідношення радіонуклідів в частках, осаджених на фільтрі, в межах похибки вимірів відповідають аналогічним співвідношенням в вихідному зразку ЛПВМ. Це дозволяє зробити висновок, що носіями радіонуклідів є одні й ті ж частки, що здуваються з поверхні ЛПВМ, і осажені на фільтрі. Поверхнева швидкість вітрової ерозії коричневих ЛПВМ при продуванні повітрям в лабораторних умовах складає  $1,9 \text{ мкг}/(\text{см}^2 \cdot \text{рік})$ .

Отриманий результат приблизно на порядок величини вищий, ніж значення, отримане в 1990 р. для коричневих ЛПВМ і яке було визначено по активностям  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$ .

Поверхнева вітрова ерозія «пемзи» склала  $0,93 \text{ мкг}/(\text{см}^2 \cdot \text{рік})$ , що також трохи вище значення, отриманого в 1990 р. –  $0,69 \text{ мкг}/(\text{см}^2 \cdot \text{рік})$ .

Неорганізований викид альфа-, бета-активності з аерозолями через отвори на верхніх відмітках ОУ з початку 2015 р. по листопад 2015 р. оцінений в 1,8 МБк и 120 МБк відповідно. В порівнянні з аналогічним періодом попереднього року (2,9 МБк та 198 МБк - в 2014 р.) викид радіоактивних аерозолів (РА) знизився, приблизно в 1,6 рази. Встановлено, що об'ємна активність суми бета-випромінюючих нуклідів – продуктів Чорнобильської аварії – в 2015 р. змінювалася від 0,4 до  $14 \text{ Бк}/\text{м}^3$ .

Методом тонкошарової хроматографії та авторадіографії розроблено метод контролю властивостей сполук радіонуклідів у технологічних водах ОУ. Обробка радіоактивних вод чистими культурами призводить до зміни властивостей сполук радіонуклідів з природними речовинами. Додаток до середовища високоенергетичної поживної речовини призводить до зменшення зв'язування радіонукліду і може використовуватись як індикатор впливу біотичних процесів на зв'язування  $^{137}\text{Cs}$  в технологічних водах ОУ.

Розглянуто методи протидії мікробної корозії бетону, корозії сталевих конструкцій, стимуляції культур, що пов'язують  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  або біоцидна протидія розчиненню радіонуклідів.

Розроблено рекомендації з протидії біоті, яка підсилює радіаційну та екологічну небезпеку при поводженні з РРВ і ТРВ:

- рекомендації з протидії генерування біотою водорозчинних форм радіонуклідів;
- з руйнування полімерних плівкостворюючих покриттів у водах ОУ;
- з придушення мікробної активності в блокових водах.

Проведено дослідження фізико-хімічних властивостей РРВ і ЛПВМ ОУ.

Визначено, що вилуговування радіонуклідів з різних видів ЛПВМ розчином що імітує «блокову» воду збільшується в ряду поліхромні ЛПВМ < коричневі ЛПВМ < чорні ЛПВМ. Швидкість розчинності  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  не залежно від виду ЛПВМ значно вище, ніж  $^{239,240}\text{Pu}$  і  $^{241}\text{Am}$ .

Швидкість вилуговування радіонуклідів з ЛПВМ лужно-карбонатним розчином складає  $(2 - 7) \cdot 10^{-7} \text{ г} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ .

Проведені спостереження і аналіз літературних даних показують, що головним чинником, що впливає на трансформацію скупчень ЛПВМ в об'єкті «Укриття», є вода. Під її впливом найбільшим структурним змінам піддалися «пемза», шлак (купи 1-го і 2-го поверху басейна-барботера) і чорна кераміка. Мінімальні структурні зміни зазнала коричнева і поліхромна кераміка – модифікації, які в найменшій мірі контактували з водою і не піддавалися значним перепадам температур.

Аналіз одержаних даних показує, що ЛПВМ за незмінних умов дії зовнішніх чинників можуть перейти в розчинний стан приблизно через 1400–6000 років. Після спорудження НБК ряд негативних чинників дії на ЛПВМ буде виключено. Стабілізується температурний режим, припиниться надходження атмосферних опадів, зменшиться кількість конденсаційної вологи. Проте деструкція ЛТСМ, зумовлена процесами самоопромінення та окислювально - відновлювальних реакцій продовжуватиметься.

Проведено узагальнення та аналіз даних про кількість та радіаційні характеристики РРВ ОУ.

За період спостережень 2012–2015 рр. концентрації урану і об'ємні активності ТУЕ в скупченнях РРВ басейну-барботера значно не змінювалися. У найбільшому скупченні РРВ в приміщенні 001/3 спостерігався стійкий тренд зростання концентрації урану і об'ємних активностей ТУЕ.



Після закінчення будівництва НБК прогнозується значне зменшення кількості РРВ в неорганізованих скупченнях на нижніх відмітках аж до повного висихання. На сьогоднішній день залишається відкритим питання про скупчення РРВ в приміщенні 001/3 на відмітці 2,6 м, оскільки за період спостережень 2012–2015 рр. у цьому приміщенні, на відміну від інших скупчень, зменшення об'ємів РРВ не спостерігалось.

Проведено лабораторні випробовування дистанційно керованих агрегатів (ДКА) для відбору проб РА з максимальним наближенням профілю дорожнього покриття до реального. Випробовування показали, що ДКА для відбору проб РА відповідає вимогам реалізації технологічного процесу і придатний до роботи в приміщенні 012/7 об'єкта «Укриття».

Акад. НАН України О. О. Ключников, В. О. Краснов, , О. С. Лагуненко, В. І. Хан,  
О. О. Одінцов

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ**  
**ДЕГРАДАЦІЮ ПВМ ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ», НА ПЕРІОД ДО ЇХ**  
**КОНТРОЛЬОВАНОГО ЗБЕРІГАННЯ ЧИ ПЕРЕРОБКИ**

Тема 3

У 2015 році дослідження за темою включали: проведення серій послідовних ізотермічних термообробок і термоциклювання зразків коричневої та чорної кераміки на повітрі, заморожування та відтавання зразків коричневої кераміки, попередньо заповнених водою; безпосереднє проведення експериментів з визначення об'ємів порових каналів у коричневій і чорній кераміці ЛПВМ після цих впливів та вимірювання пилогенерації на полірованих зразках коричневої, чорної та поліхромної кераміки ЛПВМ за раніше розробленою методикою.

Результати експериментів показали, що термообробка в інтервалі температур 20–600 °С приводить до зменшення об'єму тріщин, до закриття частини нанорозмірних порових каналів та всіх нанопор. Термообробка за температури 500 °С впродовж десятків годин призводить до збільшення маси зразків. Низка швидкість збільшення маси свідчить, скоріш за все, про окислення урану в силікатній скломатриці ЛПВМ.

Термоциклювання в інтервалі температур від 20 до 500 °С приводить до відділення фрагментів діаметром 0,2–0,5 мм від зразків ЛПВМ як коричневої, так і чорної кераміки.

Наявність нанорозмірних порових каналів у ЛПВМ забезпечує відносно велике значення питомої поверхні порових каналів в 1 см<sup>3</sup> матеріалу, що дорівнює 0,2 м<sup>2</sup>. Однак

встановлено, що поглинання водяної пари з вологого повітря за кімнатної температури не відбувається.

Занурення зразків ЛПВМ у посудину з водою на період 7 днів приводить до проникнення води у поровий простір ЛПВМ. Газові пори та тріщини заповнюються водою, а нанорозмірні порові канали – ні. Заповнення газових пор проходить по тріщинах, а не по нанорозмірних каналах.

Експерименти з багаторазового (7 разів) охолодження ( $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) та нагрівання ( $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) зразків ЛПВМ, попередньо примусово заповнених водою, показали, що відбувається збільшення товщини та об'єму тріщин, які є у матеріалі. Об'єм газових пор і наноканалів не змінюється.

В 2015 році пилогенеруюча здатність коричневої, чорної й поліхромної кераміки ЛПВМ склала  $0,091\text{ Бк/см}^2\cdot\text{доб}$ ,  $0,021\text{ Бк/см}^2\cdot\text{доб}$  та  $0,088\text{ Бк/см}^2\cdot\text{доб}$  ( $\beta$ -активність) відповідно. У 2010 році вона дорівнювала  $0,67\text{ Бк/см}^2\cdot\text{доб}$ ,  $0,108\text{ Бк/см}^2\cdot\text{доб}$  та  $0,13\text{ Бк/см}^2\cdot\text{доб}$  відповідно. Пилогенеруюча здатність коричневої кераміки за цей час зменшилась в 7,4 разів, чорної – в 5,1 разів та поліхромної – в 1,5 разів. Причиною настільки значного зменшення пилогенеруючої здатності ЛПВМ, очевидно, є дефекти структури, кількість яких збільшилася впродовж часу.

Міцність. У 2015 році межі міцності на стиск зразків коричневої, чорної та поліхромної кераміки ЛПВМ склали  $105 \pm 56\text{ МПа}$ ,  $35 \pm 15\text{ МПа}$  і  $290 \pm 62\text{ МПа}$  відповідно. Для звичайного віконного скла вона дорівнює  $284 \pm 54\text{ МПа}$ . Механічні випробування проводили на зразках перетином  $4 \times 4\text{ мм}$  і висотою  $3\text{ мм}$ . У порівнянні з 2011 роком міцність коричневої та чорної кераміки не змінилася.

С. В. Габелков

## **РОЗРОБКА МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ КОЕФІЦІЄНТІВ РЕАКТИВНОСТІ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА**

### Тема 9

Метою роботи є розробка нових методів визначення параметрів безпеки ядерного реактора – коефіцієнтів реактивності. Актуальність роботи визначається необхідністю реалізації на АЕС вимог правил ядерної безпеки реакторів з водою під тиском, які діють з 2008 року, та містять нові положення по здійсненню постійного контролю за коефіцієнтами реактивності. Впровадження результатів запропонованої наукової роботи на АЕС є важливою складовою комплексної програми з підвищення безпеки реакторних установок.

Проведено аналіз та вибір методів вирішення задачі неперервного визначення коефіцієнтів реактивності реактора. Розроблено вимоги до апаратури контролю спектральних складових сигналів детекторів контролю ядерного реактора. Розроблено модель реактора, що враховує зміну потужності внутрішнього джерела нейтронів за рахунок накопичення трансплутонієвих елементів а також фотонейтронів.

Акад. НАН України О. О. Ключников, В. І. Борисенко

**ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІНТЕРВАЛІВ МІЖ  
АКТАМИ РАДІОАКТИВНОГО РОЗПАДУ (НА ПРИКЛАДІ АЛЬФА-  
ВИПРОМІНЮВАННЯ  $^{234}\text{U}$  ТА НЕЙТРОННОГО ПОТОКУ ВІД PU-ВЕ ДЖЕРЕЛА)  
ТА ЗАСТОСУВАННЯ ДО АНАЛІЗУ ЛПВМ ТА ВІДПРАЦЬОВАНОГО ПАЛИВА.**

Тема 10

На цьому етапі було проведено вимірювання нейтронних потоків у вертикальних каналах реактора Інституту ядерних досліджень НАН України за допомогою апаратури з вимірювання моментів часу окремих нейтронних подій, розроблено програми для статистичного аналізу довгих рядів вимірювань та проаналізовано частина з отриманих результатів.

Під час проведення експериментальних досліджень у вертикальних каналах реактора ІЯД НАН України блок детектування нейтронного вимірювального каналу встановлювався у вертикальний сухий канал. Під час проведення експериментів був задіяний сухий канал майже в центрі активної зони (АЗ) та сухий канал на периферії активної зони у берилієвому відбивачі (БВ).

Вимірювання було проведено на різних висотних відмітках (+ 600, + 700, + 800, +1100 мм). Висотна відмітка установки блока детектування (відносно низу активної зони) обиралася з міркувань отримання максимально прийнятної швидкості відліків (завантаження) за нейтронним потоком.

Підсилений і сформований імпульсний сигнал з виходу аналогової частини вимірювального каналу подавався на вхід вимірювача часового розподілу сигналів для вимірювання часу реєстрації нейтронів. Паралельно цей же сигнал подавався на амплітудний аналізатор імпульсів для отримання амплітудних спектрів сигналу і на цифровий осцилограф для контролю за формою і параметрами імпульсного сигналу.

Основною задачею роботи є пошук проявів ланцюжків вимушеного поділу. Одним із можливих шляхів її розв'язання є порівняння рядів вимірювань від палива з

вимірюваннями від контрольного джерела, у якому такі ефекти гарантовано відсутні. Для цього було проведено вимірювання з використанням лабораторного (PuBe) джерела нейтронів і отримано необхідні ряди даних, які було використано за аналізу потоків нейтронів від ядерного палива.

У роботі розробляються нові підходи до статистичного аналізу нейтронних шумів. В основі експериментальних даних – вимірювання інтервалів між нейтронними подіями, тобто проміжків часу між моментами реєстрації нейтронів детектором. Показано переваги використання таких величин перед вимірюванням щільності потоку нейтронів: це первинна інформація, з якої одержується стандартна щільність потоку нейтронів. Щільність потоку нейтронів – число нейтронів в одиницю часу – це усереднена інформація про потік нейтронів за цю одиницю часу, у якій пропадають можливі особливості зміни потоків за цей час.

Показано, що:

- аналіз довгих часових рядів потоків інтервалів дозволяє розрізнити джерела нейтронів між собою: дані від лабораторного джерела нейтронів і від палива (у якому можливі прояви ланцюжків поділу) мають різні статистичні особливості;
- дисперсія повного ряду вимірювань не відображає зміну дисперсії з часом (із зміною довжини ряду). Аналіз зміни з часом дисперсії різних рядів вимірювань дозволив встановити надійність дисперсійних оцінок та встановити необхідну довжину ряду (тривалість вимірювань) для отримання достовірних оцінок;
- дані вимірювань шумів обладнання мають гіперстатистичні властивості;
- (шуми) обладнання атомних станцій можна класифікувати за величиною гіперстатистичних параметрів;
- на основі методів Монте-Карло розроблено прийоми оцінки невизначеності результатів описаних вище спроб статистичного аналізу флуктуацій нейтронних потоків та сигналів від обладнання.

В. М. Павлович, О. А. Кучмагра, А. Д. Скорбун

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРЕВЕНТИВНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ  
ТЕРИТОРІЇ ВПЛИВУ МОЖЛИВИХ РАДІАЦІЙНИХ АВАРІЙ ДЛЯ  
УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ВПЛИВУ РАДІАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ НА  
НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ (ОВНС), СИСТЕМИ РАДІАЦІЙНОГО  
МОНІТОРИНГУ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВАРІЙНОГО**

## **РЕАГУВАННЯ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ РАДІОЕКОЛОГІЧНИХ, ФІЗИЧНИХ, МАТЕМАТИЧНИХ І ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ МЕТОДІВ.**

### Тема 12

Виконано роботи з розробки алгоритму превентивної підготовки інформації та прогнозу для оцінки радіаційної ситуації в разі аварії на АЕС.

З метою мінімізації наслідків радіаційних аварій на сільськогосподарських територіях розроблено методологію проведення превентивної радіоекологічної оцінки території на державному і регіональному рівнях з використанням ландшафтно-басейнового принципу та природних екологічних характеристик території.

Комплексний аналіз радіоекологічних оцінок наслідків важких радіаційних аварій дозволив виділити основні шляхи розповсюдження і міграції радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища. Результати досліджень показали, що оцінка наслідків дії аварій на населення та навколишнє середовище потребує розгляду і обліку характеристик місцевості: локальних географічних особливостей регіону, ландшафтно-структури місцевості, розподілу населення по території, структури землекористування, водокористування та сільськогосподарського виробництва.

Методологія проведення превентивної радіоекологічної оцінки включає в себе:

- екологічне районування території, що обстежується на основі ландшафтно-басейнового принципу з використанням ГІС-технологій,
- превентивну інтегральну оцінку радіоекологічної критичності сільськогосподарських територій на державному та регіональному рівнях.

Для різних просторових масштабів (держава, регіон) було розроблено вимоги до картографічних матеріалів, що включають базові картографічні шари та один загальний комплексний шар, що об'єднує основні параметри для районування і оцінки території на двох рівнях.

Є. К. Гаргер, Б. С. Прістер, Н. Н. Талерко, В. Д. Виноградська

## **РОЗВИТОК НАУКОВИХ ЗАСАД ТА РОЗРОБКА ІНТЕГРАЛЬНИХ МЕТОДІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГЕНЕРУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ, ВУЗЛІВ ТА РЕЖИМІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГОЛОВНИХ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ НАСОСІВ ЕНЕРГОБЛОКІВ АЕС**

### Тема 13

Виконано аналіз критичних елементів і вузлів генеруючого обладнання, а також конструкції головних циркуляційних насосів енергоблоків з реакторами ВВЕР-1000.

Проведено аналіз статистичної інформації щодо ушкоджень найбільш відповідальних вузлів устаткування та ефективності методів і засобів контролю технічного стану обладнання, що використовуються у практиці експлуатації енергоблоків.

Визначено основні фізичні причини найпоширеніших ушкоджень устаткування, які не враховуються і не діагностуються існуючими штатними системами контролю. Зокрема встановлено, що система контролю температури обмотки статора турбогенератора не враховує наявність такого фізичного явища, як підвищений нагрів зубців статора, у сусідніх пазах яких розміщені стержні різних фаз, особливо у нижньому шарі обмотки.

Сформульовано основні задачі та напрямки досліджень за темою щодо розробки якісно нових інтелектуальних методів і програмно-технічних засобів для оперативної діагностики поточного технічного стану генеруючого обладнання і насосного агрегату ГЦН-195М. Зокрема, визначено перелік технологічних параметрів, якими має бути доповнений штатний контроль системи охолодження обмотки статора турбогенератора.

Розроблено технічне рішення з підвищення навантажувальної здатності турбогенератора шляхом оптимізації відведення тепла із пазової частини обмотки. Подано заявку на Патент України.

Г. М. Федоренко, О. Г. Кенсичький, І. Г. Шараєвський

## **НАУКОВО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБІТ НА ЕТАПАХ ЗНЯТТЯ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГОБЛОКІВ АТОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ.**

### Тема 15

Роботи проводились у напрямку розробки методичних рекомендацій щодо перегляду розмірів санітарно-захисної зони (СЗЗ) для АЕС України, а також рекомендацій по встановленню розмірів СЗЗ на етапах зняття з експлуатації. За результатами роботи були отримані такі наукові результати:

Проведено всебічний аналіз стану проблеми визначення розмірів санітарно-захисної зони АЕС, в тому числі проаналізована міжнародна практика зонування території навколо АЕС, виявлено відмінності та позитивну практику у підходах до зонування. Проаналізовано нормативні вимоги та критерії щодо розмірів санітарно-захисної зони. Проаналізовано розрахункові моделі, що використовуються для розрахунку радіаційних наслідків аварій на АЕС

У рамках виконання роботи з розробки методичних рекомендацій щодо перегляду розмірів СЗЗ для АЕС України, а також рекомендації з встановлення розмірів СЗЗ на етапах зняття з експлуатації було розроблено універсальний алгоритм визначення розмірів санітарно-захисної зони, який можна застосувати для розповсюдження радіоактивних домішок в атмосфері та її програмної реалізації незалежно від моделі .

Приведена в роботі методологія проведення оцінки (переоцінки) розмірів СЗЗ і ЗС з використанням сучасних кодів, має стати ефективною, як для цілей підтвердження існуючих розмірів СЗЗ для працюючих блоків, так і для визначення цих розмірів для АЕС, що знімаються з експлуатації, а також для цілей прогнозування розповсюдження радіонуклідів у разі протікання запроектованих аварій.

А. В. Носовський, В. І. Богорад

## **МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ВАЖКИМИ АВАРІЯМИ НА ДІЮЧИХ ВІТЧИЗНЯНИХ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ**

### Тема 16

Управління запроектованими аваріями (УЗА) засновано на регламентуванні дій персоналу і забезпеченні організаційно-технічних заходів (ОТЗ) для вихідних подій (ВП), групи ВП аварій / аварійних ситуацій (подієво-орієнтовані підходи) або на ознаках ВП (симптомно-орієнтовані підходи), а також можливих послідовностей процесів їх розвитку. Алгоритми управління запроектованою аварією (АУЗА) повинні відповідати кожній послідовності, яка може призвести до неприпустимих наслідків.

Реалізація методу УЗА ККС здійснюється в два етапи:

- 1) ідентифікація ВП, симптомів (ознак) і ККС запроектованої аварії;
- 2) ідентифікація АП, які можуть призвести до недопустимих наслідків і УАУЗА.

В результаті, на основі представленого підходу і результатів розрахункового моделювання (на основі: «10054DL13R. Запорожская АЭС. Энергоблок № 5. Отчет по анализу безопасности»), визначені наступні симптоми первинних ВПА:

- узагальнені ознаки (симптоми) ВПА з втратою теплоносія відповідно до принципів мінімальності, достатності та адекватності;
- симптоми (ознаки) початку внутрішньокорпусні стадії важкої аварії для запроектованої аварії з «нешільним» реакторним контуром.

На основі розробленого методичного забезпечення обґрунтовано достатній перелік ВП важкої аварії, що ідентифіковано за симптомно-орієнтованим підходом для ВВЕР-1000/В-320.

В. І. Скалозубов, Ю. О. Комаров, Т. В. Габля



## II. Дані про тематику та обсяги НДР, що виконуються установою

Вид тематики	Кількість тем (проектів, завдань)		Обсяги фінансування	
	разом	в т. ч. завершено у звітному році	разом	в т. ч. за рахунок коштів загального фонду Державного бюджету
1	2	3	4	5
<p><b>1. Державна:</b></p> <p>1.1. Тематика, що виконувалась за завданнями державних цільових програм, головним розпорядником бюджетних коштів яких є НАН України, та фінансувалась за бюджетною програмою 6541030 (із зазначенням назви кожної окремої програми та її замовника)</p> <p>1.2. Тематика, що виконувалась за завданнями програм інших центральних органів виконавчої влади (із зазначенням назви кожної окремої програми та її замовника)</p> <p>1.3. Тематика, яка виконувалась за Державним замовленням на науково-технічну продукцію з пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки, що фінансувалась за бюджетною програмою 6541030</p> <p>1.4. Проекти Державного фонду фундаментальних досліджень</p> <p>1.5. Тематика, яка виконувалась за окремими завданнями відповідно до Указів Президента України, рішень Верховної Ради України, Кабінету Міністрів України, та фінансувалась за бюджетною програмою 6541030</p> <p><b>2. Програмно-цільова та конкурсна тематика НАН України</b></p> <p>2.1. Тематика, що виконувалась за завданнями цільових комплексних програм фундаментальних досліджень **</p> <p>2.2. Тематика, що виконувалась за завданнями цільових комплексних програм прикладних досліджень ***</p> <p>2.3 Тематика, що виконувалась в рамках спільних конкурсів з:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Українським науково-технологічним центром (УНТЦ);</li> <li>Російським гуманітарним науковим фондом досліджень (РГНФ);</li> <li>Російським фондом фундаментальних досліджень (РФФД);</li> <li>Сибірським відділенням РАН</li> </ul>				

<p>Національним центром наукових досліджень Франції (CNRS); Європейським (Міжнародним) науковим об'єднанням CDRE(I).</p> <p>Інші спільні конкурси.</p> <p>2.4. Наукові, науково-технічні, науково-дослідні проекти та розробки ****.</p> <p>2.5. Науково-дослідні роботи молодих учених за грантами НАН України.</p> <p>2.6. Інфраструктурні програми *****.</p> <p><b>3. Відомча тематика:</b></p> <p>3.1. Тематика, що виконувалась за завданнями цільових наукових програм відділень НАН України</p> <p>3.2. Тематика фундаментальних досліджень, що фінансувалась за бюджетною програмою 6541030 (Загальний фонд Державного бюджету)</p> <p>3.3. Тематика прикладних досліджень, що фінансувалась за бюджетною програмою 6541030 (Загальний фонд Державного бюджету)</p> <p>3.4. Тематика, що фінансувалась за бюджетною програмою 6541140 (Загальний фонд Державного бюджету)</p> <p><b>4. Пошукова тематика:</b></p> <p>4.1. Тематика, що фінансувалась за бюджетною програмою 6541030 (фундаментальні дослідження)</p> <p>4.2. Тематика, що фінансувалась за бюджетною програмою 6541030 (прикладні дослідження)</p> <p><b>5. Госпдоговірна тематика</b></p> <p>5.1. Тематика, що фінансувалась за бюджетною програмою 6541030 за напрямом «фундаментальні дослідження» (Спеціальний фонд Держбюджету)</p> <p>5.2. Тематика, що фінансувалась за бюджетною програмою 6541030 за напрямом «прикладні дослідження» (Спеціальний фонд Державного бюджету)</p>	<p>1</p> <p>8</p>	<p>1</p> <p>3</p>		
<b>Загалом</b>	9	4		

**П-1. Дані про обсяги фінансування за тематикою фундаментальних, прикладних досліджень та за тематикою, що виконувалась за завданнями державних цільових програм, із загального фонду Державного бюджету України**

(відповідно до звітів, наданих на виконання розпорядження Президії НАН України від 03.04.08 № 191 «Про річний та квартальний звіти щодо виконання паспортів бюджетних програм»)

№ п/п	Найменування напрямку	Кількість тем (проектів, завдань, розробок)			Обсяги фінансування (тис. грн)
		разом	в т. ч. завершених	в т. ч. впроваджених	
1	Фундаментальні дослідження (КПКВК 6541030, 6541140) – всього				
2	Здійснення прикладних наукових та науково-технічних розробок (КПКВК 6541030, 6541140)– всього, у тому числі:				
2.1	Прикладні наукові та науково-технічні розробки (науково-дослідні роботи)				
2.2	Прикладні наукові та науково-технічні розробки (дослідно-конструкторські роботи)				
2.3	Прикладні наукові та науково-технічні розробки (експериментальні випробування завершених розробок)				
3	Виконання державних цільових програм (КПКВК 6541030, 6541140)– всього, у тому числі:				
3.1	Виконання державних цільових програм (науково-дослідні роботи)	8			
3.2	Виконання державних цільових програм (дослідно-конструкторські роботи)				
3.3	Виконання державних цільових програм (експериментальні випробування завершених розробок)				

**III-1. Дані про виконання досліджень і розробок за замовленнями сторонніх організацій (за договорами та контрактами, в т.ч. зовнішньоекономічними)**

Кількість госпдоговорів та контрактів, що виконувались установами НАН України (без включення грантів), од.			Обсяги фінансування, тис.грн. (без включення грантів)		Частка в загальному обсязі фінансування, %	Кількість впроваджених розробок, од.
Усього	У т.ч. на замовлення організацій		Усього	У т.ч. контрактів з іноземними замовниками		
	м. Києва	України*			Зарубіжжя	
7		7			14,3	

**IV. Використання результатів досліджень у народному господарстві**

Результати наукових досліджень ПБ АЕС практично використовуються на об'єкті «Укриття» з метою підвищення рівня його ядерної, радіаційної та екологічної безпеки та перетворення на екологічно безпечну систему а також на діючих українських АЕС з метою підвищення рівня їхньої безпеки, ефективності.

Усі завершені роботи ПБ АЕС практично використані:

- для визначення переліку технологічних параметрів, якими має бути доповнений штатний контроль системи охолодження обмотки статора турбогенератора;
- для підвищення навантажувальної здатності турбогенератора шляхом оптимізації відведення тепла із пазової частини обмотки;
- для підвищення ефективності систем штатного термоконтролю на турбогенераторах діючих АЕС;
- для створення нормативної бази процесу зняття енергоблоків АЕС з експлуатації;
- з метою проведення міжгалузевої оптимізації сільгоспвиробництва на основі закономірностей формування круговороту речовини й потоків енергії при різній галузевій структурі господарських формувань, у тому числі у зоні впливу АЕС;
- для контролю за впливом об'єкта «Укриття» на навколишнє середовище;
- для створення систем, методик, за допомогою яких контролюється стан ядерної і радіаційної безпеки об'єкта «Укриття»;
- для створення сімейства дистанційно-керованих агрегатів-розвідників;
- при реалізації міжнародної програми першочергових заходів на ОУ (SIP);
- при розробці нормативних і регламентних документів, які регулюють процес експлуатації об'єкта «Укриття»;
- при розробці і впровадженні заходів, спрямованих на підвищення безпеки ОУ;
- при будівництві нового безпечного Конфайнменту.
- для підготовки публікацій і доповідей з метою широкого залучення до вирішення Чорнобильської проблеми міжнародних організацій.

Кількість виконаних робіт, що фінансувались за бюджетом, наведено в таблиці:

	одиниць			
	Всього	з них впровадже но	З графи 1 – з пріоритетн их напрянків розвитку науки і техніки	з них впровадже но
	1	2	3	4
<b>Загальна кількість виконаних робіт:</b>	8			
у тому числі зі створення:				
<b>нових видів виробів</b>				
з них нових видів техніки				
у тому числі роботи, в яких використані винаходи нових технологій				
<b>нових технологій</b>				
з них ресурсозберігаючих				
нових видів матеріалів				
нових сортів рослин та порід тварин				
нових методів, теорій				
інші	8			
з першого рядка – кількість робіт, що мають інноваційну спрямованість				

## VI. Конференції, семінари, з'їзди тощо

Інформація про заплановані на 2016 рік заходи, в яких установа є **організатором** або **співорганізатором**, за схемою:

Назва (Назви заходів навести українською, російською та англійською мовами)	Дата проведення	Місце проведення	Перелік співорганізаторів	Посилання на веб-сайт інституту або конференції
немає				

## VIII Видавнича діяльність у 2015 р.

### 1. Ядерна енергетика.

*Л. А. Булавін, М. В. Авдєєв, О. О. Ключников, А. В. Нагорний, В. І. Петренко.*  
**Нейтронोगрафія магнітних рідинних систем:** монографія. – Чорнобиль: Ін-т проблем безпеки АЕС НАН України, 2015. - 244 с. (19,8 ум. друк. арк.). – Тираж 300 пр.  
ISBN 978-966-02-7531-7

Розглянуто типи магнітних рідинних систем, технології їхнього синтезу та перспективи застосування в медицині. Особлива увага приділена стабілізації ферофлюїдів, а саме зарядовій та сурфактантній. Проведено детальний опис методу малокутового розсіяння нейтронів у структурній діагностиці магнітних рідинних систем, зазначено особливості нейтронोगрафії під час дослідження багатокомпонентних та полідисперсних ферофлюїдів. Описано структурні параметри магнітних рідинних систем залежно від умов їхнього синтезу та методів стабілізації. Проаналізовано зв'язок стабільності ферофлюїдів з їхньою структурою на нанорівні. Наведено можливості новітнього методу нейтронної рефлектометрії при дослідженні рідинних наносистем.

Для науковців та інженерно-технічних працівників, які працюють у галузі фізики рідин, ядерної фізики та атомної енергетики, а також для студентів та аспірантів фізичних і фізико-технічних спеціальностей університетів.

Рассмотрены типы магнитных жидкостных систем, технологии их синтеза и перспективы применения в медицине. Особое внимание уделено стабилизации феррофлюидов – зарядной и сурфактантной. Проведено детальное описание метода малоуглового рассеяния нейтронов в структурной диагностике магнитных жидкостных систем, отмечены особенности нейтронोगрафии при исследовании многокомпонентных и полидисперсных феррофлюидов. Описаны структурные параметры магнитных жидкостных систем в зависимости от условий их синтеза и методов стабилизации. Проанализирована связь стабильности феррофлюидов с их структурой на наноуровне. Показаны возможности новейшего метода нейтронной рефлектометрии при исследовании жидкостных наносистем.

Для научных и инженерно-технических сотрудников, работающих в области физики жидкостей, ядерной физики и атомной энергетики, а также для студентов и аспирантов физических и физико-технических специальностей университетов.

*В. Я. Канченко, Р. В. Карнаушенко, О. О. Ключников, О. П. Мариношенко, М. Л. Ченур.* **Безпілотні літальні апарати радіаційної розвідки і**



**сільськогосподарського призначення:** монографія. – Чорнобиль: Ін-т проблем безпеки АЕС, 2015. - 180 с. (14,6 ум. друк. арк.). – Тираж 300 пр.

ISBN 978-966-02-7530-0

Монографія присвячена новим напрямкам використання безпілотних літальних апаратів літакового типу. Особливу увагу приділено авторським розробкам у галузі дистанційного моніторингу навколишнього середовища при радіаційних аваріях на підприємствах атомної енергетики. Наведено створені та вдосконалені технічні засоби для проведення дистанційного моніторингу, а також результати натурних випробувань. У другій частині розглянуто методи визначення стану полів та внесення ентомологічного препарату на сільськогосподарські культури.

Призначена для фахівців у галузі охорони навколишнього середовища, органів радіаційної та екологічної безпеки.

Монография посвящена новым направлениям использования беспилотных летающих аппаратов самолетного типа. Особое внимание уделено авторским разработкам в области дистанционного мониторинга окружающей среды при радиационных авариях на предприятиях атомной энергетики. Приведены созданные и усовершенствованные технические средства для проведенных дистанционного мониторинга, а также результаты натурных испытаний. Во второй части рассмотрены методы определения состояния полей и внесения энтомологического препарата на сельскохозяйственные культуры.

Предназначена для специалистов в области охраны окружающей среды, органов радиационной и экологической безопасности.

*А. А. Ключников, И. Г. Шараевский, Н. М. Фиалко, Л. Б. Зимин, Г. И. Шараевский.*  
**Теплофизика надежности активных зон:** монографія. – Чернобыль: Ин-т проблем безопасности АЭС, 2015. – 772 с. (62,7 ум. друк. арк.). – Тираж 300 пр.

ISBN 978-966-02-5763-4 (серия)

ISBN 978-966-02-7339-9 (кн. 4)

В монографии рассмотрены теплофизические, а также материаловедческие аспекты комплекса нерегламентных процессов и эксплуатационных факторов, которые способны оказать непосредственное влияние на показатели надежности критически важных для безопасности элементов и систем активных зон энергетических ядерных реакторов. Рассмотрены наиболее важные физические аспекты нестационарных тепловых и

гидродинамических процессов, которые связаны с устойчивостью движения одно- и двухфазного теплоносителя первого контура в режимах принудительной и естественной циркуляции. Особое внимание уделено теплофизическим аспектам прикладной теории надежности с позиций вероятностного анализа стохастических показателей и параметров безопасности ядерных энергоблоков с реакторами основных типов. Рассмотрены пути повышения эксплуатационной надежности активных зон, а также актуальные вопросы теплофизики ядерных реакторов, связанные с проблематикой раннего автоматического обнаружения начальных фаз опасных теплогидравлических аномалий.

Предназначена для научных работников, специалистов ядерной энергетики, а также для аспирантов и студентов.

У монографії розглянуто теплофізичні та матеріалознавчі аспекти комплексу нерегламентних процесів та експлуатаційних факторів, які здатні вплинути на показники надійності критично важливих для безпеки елементів і систем активних зон енергетичних ядерних реакторів. Розглянуто найважливіші фізичні аспекти нестационарних теплових і гідродинамічних процесів, що пов'язані зі стійкістю руху одно- та двофазного теплоносія першого контуру в режимах примусової та природної циркуляції. Особливу увагу приділено теплофізичним аспектам прикладної теорії надійності з позицій імовірнісного аналізу стохастичних показників і параметрів безпеки ядерних енергоблоків з реакторами основних типів. Розглянуто шляхи підвищення експлуатаційної надійності активних зон, а також актуальні питання теплофизики ядерних реакторів, пов'язаних з проблематикою раннього автоматичного виявлення початкових фаз небезпечних теплогідравлічних аномалій.

Призначена для науковців, спеціалістів ядерної енергетики, а також для аспірантів і студентів.

## 2. Атомна енергетика.

**Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля** (науково-технічний збірник, що продовжується). У 2015 р. вийшло два випуски.

Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. - 2015. - Вип. 24. - 140 с. (16,3 ум. друк. арк.). – Тираж 170 пр. (24 ст.).

ISSN 1813-3584

Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. - 2015. - Вип. 25. - 140 с. (16,3 ум. друк. арк.). – Тираж 170 пр. (16 ст.).

ISSN 1813-3584

Науковий збірник Інституту проблем безпеки АЕС НАН України «Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля» публікує роботи з проблем атомної енергетики, безпечної експлуатації АЕС, подовження терміну експлуатації енергоблоків АЕС, зняття їх з експлуатації, поводження з радіоактивними відходами, впливу радіаційно-небезпечних об'єктів на навколишнє середовище, радіобіології та радіоекології, радіаційного матеріалознавства, техніки та методів експерименту, проблем подолання наслідків важких техногенних аварій.

У збірнику публікуються статті за результатами завершених теоретичних та експериментальних досліджень, що становлять інтерес для наукових співробітників, аспірантів, інженерів, а також для студентів вищих навчальних закладів.

Статті приймаються до друку українською, російською та англійською мовами.

## **IX. Міжнародне наукове та науково-технічне співробітництво**

ШБ АЕС в рамках Договору про співпрацю з **The Tokyo Electric Power Co., Inc. (ТЕРКО)** здійснює спільну діяльність за такими напрямками, як:

- моніторинг критмасових зон в зруйнованих блоках;
- поліпшення систем ядерно-радіаційного контролю та систем діагностики;
- характеристика фрагментів палива, визначення місць їх розташування;
- контроль радіоактивних аерозолів;
- контроль стану рідких радіоактивних відходів;
- методи мінімізації пилоутворення;
- радіоекологія, охорона навколишнього середовища та аварійне планування, оптимізація протиаварійних заходів та інше.

Наукове співробітництво у дослідженні паливовмісних матеріалів об'єкта «Укриття» здійснюється ШБ АЕС за участі Японської асоціації досліджень у галузі ядерної безпеки (м. Токіо).

Одним з важливих етапів науково-дослідних робіт є оцінка небезпеки запланованих робіт з точки зору їх впливів на персонал та компоненти навколишнього середовища, а також удосконалення технології вилучення ПВМ з урахуванням міжнародного досвіду.

У цьому напрямі триває співпраця з Lorimer Fellingham (Nuvia Limited, Warrington, Великобританія). Також налагоджено співпрацю з Dr. Norbert Molitor (PLEJADES GmbH, Німеччина) в рамках вивчення міжнародного досвіду в розробці технологій ліквідації наслідків радіоактивних аварій, в тому числі на АЕС Фукусіма Дайчі.

В напрямку радіаційної та ядерної безпеки при поводженні з радіоактивними речовинами проводиться співпраця з Міжнародним Центром теоретичної фізики (Трієст, Італія) під егідою МАГАТЕ і з Європейським фізичним товариством.

Укладено договір з китайським підприємством «Qingdao Xianchu Mechanical Equipment Co. Ltd» про участь у спільних проектах з питань зняття з експлуатації ядерних установок.

## **XIII. Кадри**

1. Загальна характеристика кадрів (за формою 1-к, що додається).

2. Перелік вчених установи, обраних в звітному році до державних академій наук України (зазначити назву академії).

Носовський А. В., доктор технічних наук, професор обраний член-кореспондентом НАН України.

3. Показники підготовки наукових кадрів:

У 2015 році співробітником Інституту захищено одну докторську дисертацію (див. додаток 4).

4. Відомості про роботу аспірантури та докторантури (прийом та випуск; по аспірантурі - з відривом та без відриву від виробництва).

У 2015 році закінчили аспірантуру без відриву від виробництва два аспіранти.

Скільки навчається іноземців (крім громадян країн СНД) і з яких країн.

5. Чотири молодих учених отримують стипендію НАН України.

6. У 2015 році прийнято 7 молодих спеціалістів до 35 років. Звільнено 3 молодих спеціаліста.

7. За контрактом працює 159 працівників (див. форму 1-к)

8. . За сумісництвом працює 16 працівників (у тому числі 7 докторів та 4 кандидати наук) (див. додаток).

9. Дані про пенсіонерів, що вийшли на пенсію згідно з Законом України «Про наукову і науково-технічну діяльність»:

а) наукові пенсіонери, які працюють в установі за контрактом (див. додаток).

б) наукові працівники, яким призначено пенсію за цим законом у 2015 році – немає.

10. Присуджено Державну премію в галузі науки і техніки за роботу «Розробка методів і заходів підвищення надійності та ефективності АЕС України».

У додатку до звіту подано:

1. Звіт за формою 1-к (звіт про чисельність, склад та плінність працівників, які займають посади керівників та спеціалістів).
2. Довідка про чисельність і віковий склад наукових працівників установи (форма XIII-1).
3. Окремі чисельні показники, що характеризують стан роботи з науковою молоддю (форма XIII-2).
4. Показники забезпечення установи молодими (віком до 35 років) науковими працівниками (форма XIII-3).
5. Склад працівників за категоріями та освітньо-кваліфікаційним рівнем (форма XIII-4).
6. Контрольний список наукових працівників установи.

7. Список наукових працівників, прийнятих на роботу та звільнених у звітному році.
8. Дані про підсумки чергової атестації наукових працівників (форма XIII-5)

#### **XIV. Розвиток матеріально-технічної бази досліджень**

Дані про закупівлі у звітному році:

- унікальних приладів і обладнання вартістю понад 100 тис. грн за формою XIV-1, що додається;
- приладів та обладнання (крім ПЕОМ) вартістю від 10 тис. до 100 тис. грн за формою XIV-2, що додається;
- персональних обчислювальних машин за формою XIV-3, що додається.

Навести дані про потреби у централізованому забезпеченні унікальними науковими приладами та обладнанням іноземного виробництва вартістю понад 100 тис. грн. за формою XIV-4, що додається.

## XVII. ЗАКЛЮЧНА ЧАСТИНА

Найбільш вагомими результатами ПБ АЕС у 2015 році можна назвати такі.

Виконано аналіз критичних елементів і вузлів генеруючого обладнання, а також конструкції головних циркуляційних насосів енергоблоків з реакторами ВВЕР-1000.

Проведено аналіз статистичної інформації щодо ушкоджень найбільш відповідальних вузлів устаткування та ефективності методів і засобів контролю технічного стану обладнання, що використовуються у практиці експлуатації енергоблоків.

Визначені основні фізичні причини найпоширеніших ушкоджень устаткування, які не враховуються і не діагностуються існуючими штатними системами контролю.

Розроблено технічне рішення по підвищенню навантажувальної здатності турбогенератора шляхом оптимізації відведення тепла із пазової частини обмотки. Подана заявка на Патент України.

З метою мінімізації наслідків радіаційних аварій на сільськогосподарських територіях розроблено методологію проведення превентивної радіоекологічної оцінки території на державному та регіональному рівнях з використанням ландшафтно-басейнового принципу і природних екологічних характеристик території.

Результати досліджень показали, що оцінка наслідків впливу аварій на населення і навколишнє середовище вимагає розгляду і врахування характеристик місцевості: локальних географічних особливостей регіону, ландшафтно-структури місцевості, розподілу населення по території, структури землекористування, водокористування та сільськогосподарського виробництва.

Для різних просторових масштабів (держава, регіон) складені вимоги до картографічних матеріалів, що включає базові картографічні шари і один загальний комплексний шар, який об'єднує основні параметри для районування та оцінки території.

В результаті дослідження фізико-хімічних процесів, які визначають деградацію ПВМ об'єкта «Укриття», на період до їх контрольованого зберігання чи переробки, які включали проведення серій послідовних ізотермічних термообробок і термоциклювання зразків ПВМ на повітрі, заморожування-відтавання зразків, попередньо заповнених водою; безпосереднє проведення експериментів з визначення об'ємів порових каналів у ПВМ після цих впливів та вимірювання пилогенерації на цих зразках за розробленою методикою, показано що за багаторазового охолодження та нагрівання зразків ПВМ, попередньо примусово заповнених водою, відбувається збільшення товщини та об'єму тріщин, які є у матеріалі, але об'єм газових пор і



наноканалів не змінюється. Вимірювання пилогенеруючої здатності ПВМ у 2015 році показали її зменшення порівняно з 2010 роком в 5–7 разів.

Проведено аналіз основних процесів, в результаті яких на активній стадії аварії могли утворитися ядерно-небезпечні скупчення і потоки ЛПВМ. Зведено матеріально-енергетичний баланс в моделі процесів, що визначили формування матеріального середовища ядерно-небезпечного скупчення. Запропоновано робочу версію матеріальної моделі ядерно-небезпечного скупчення.

Розрахункову модель верифіковано на підставі зареєстрованої динаміки щільності потоку нейтронів (ЩПН) при повторній критичності, що мала місце в червні 1990 року. Попередні результати показали, що в процесі зневоднення, а також деградації структури та/або збільшенні температури існує ймовірність виникнення ланцюгової реакції.

Визначено технічні рішення для виключення ризиків виникнення ланцюгової реакції після зведення НБК.

У 2015 році співробітникам ІПБ АЕС присуджено Державну премію в галузі науки і техніки за роботу «Комплекс методів та заходів забезпечення безпечної експлуатації АЕС».

Основні питання наукової і науково-технічної діяльності Інституту, результати досліджень, кадрові питання регулярно обговорювались на засіданнях Вченої ради Інституту. Всього було проведено 11 засідань, на яких розглядались і затверджувались плани і звіти бюджетних та госпдоговірних робіт, теми дисертаційних робіт, монографії, звіти аспірантів та стипендіатів та інші питання.

У 2015 році в ІПБ АЕС НАН України видано 3 монографії, 2 науково-технічних збірника «Проблеми атомних електростанцій і Чорнобиля» (40 статей). Всього співробітниками опубліковано 52 статті.