

# Наукова діяльність ДНТЦ ЯРБ у 2017 – 2021 роках

- **Валігун Наталія Павлівна**  
Начальник відділу організаційного та інформаційно-методичного забезпечення  
ДНТЦ ЯРБ, м. Київ, Україна  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0379-4235>
- **Воробей Ірина Іванівна**  
Заступник начальника відділу організаційного та інформаційно-методичного забезпечення  
ДНТЦ ЯРБ, м. Київ, Україна  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8231-6890>
- **Корнієвська Олександра Сергіївна**  
Начальник сектору інформаційно-аналітичного відділу організаційного та  
інформаційно-методичного забезпечення ДНТЦ ЯРБ, м. Київ, Україна  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2343-3912>
- **Андрюшко Юлія Володимирівна**  
Заступник начальника сектору інформаційно-аналітичного відділу організаційного та  
інформаційно-методичного забезпечення ДНТЦ ЯРБ, м. Київ, Україна  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8539-5424>
- **Печериця Олександр Володимирович**, канд. техн. наук  
Заступник директора з наукової та міжнародної діяльності ДНТЦ ЯРБ, м. Київ, Україна  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8711-0242>

Основними завданнями наукової діяльності ДНТЦ ЯРБ є: одержання конкурентоздатних наукових і науково-прикладних результатів для вирішення пріоритетних завдань з науково-технічної, експертної та інформаційно-аналітичної підтримки державного органу регулювання ядерної та радіаційної безпеки України; аналіз існуючої системи нормування з метою виявлення не врегульованих аспектів, невизначеностей та протиріч; вивчення та аналіз досвіду експлуатації ядерних установок; вивчення, адаптація та запровадження в практику передових методологій виконання аналізу та оцінки безпеки; освоєння сучасних розрахункових кодів і розроблення моделей для отримання знань про перебіг процесів у компонентах реакторної установки і гермооб'ємі, популяризація наукових досягнень підприємства та надання освітніх послуг, направлених на підвищення професійної кваліфікації та професійної перепідготовки спеціалістів та фахівців у сфері використання ядерної енергії, організація видавничої діяльності тощо.

У статті зазначені основні результати наукової діяльності підприємства за 2017 – 2021 роки, зокрема: описані результати досліджень за напрямками: аналіз досвіду експлуатації ядерних установок, інтегральна система нагляду за безпекою АЕС, аварійна готовність і реагування, поведження з радіоактивними відходами, розглянуто досвід підприємства з розроблення розрахункових моделей, які дозволяють досліджувати процеси в реакторних установках енергоблоків усіх типів, що експлуатуються на АЕС України, описані напрями освітньої та науково-інформаційної діяльності як у межах України, так і за кордоном.

Науково-дослідні та аналітичні роботи є основою формування науково-технічного потенціалу ДНТЦ ЯРБ, удосконалення розрахунково-аналітичних можливостей та дослідження актуальних питань безпеки використання ядерної енергії. Для підтримки належного рівня компетенції ДНТЦ ЯРБ

співпрацює з провідними національними науковими та міжнародними організаціями й установами з метою вироблення єдиних наукових і методичних підходів до ядерної та радіаційної безпеки, обміну науковою інформацією.

Ключові слова: видавнича діяльність, дослідження, наукова діяльність, науково-інформаційна діяльність, підвищення професійної кваліфікації, ядерна та радіаційна безпека.

© Валігун Н. П., Воробей І. І., Корнієвська О. С., Андрюшко Ю. В., Печериця О. В., 2022

Регулювання ядерної та радіаційної безпеки, засноване на сучасних наукових знаннях і досвіді користування ядерними технологіями, сприяє підвищенню рівня ядерної та радіаційної безпеки в країні. Науково-технічна складова регулювання безпеки полягає, передусім, у виявленні та дослідженні специфіки всіх взаємопов'язаних завдань, що виникають під час забезпечення безпеки в процесі експлуатації ядерних установок, об'єктів, призначених для поводження з відпрацьованим ядерним паливом (ВЯП) та радіоактивними відходами (РАВ), використання джерел іонізуючого випромінювання, перевезення ядерних матеріалів тощо.

Саме для забезпечення якісної науково-технічної підтримки регулюючої діяльності було створено в 1992 році Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки [1]. Одним з основних завдань, яке ставилося перед ДНТЦ ЯРБ під час заснування, є проведення самостійних досліджень у сфері використання ядерних і радіаційних технологій з метою поглиблення знань, удосконалення методів аналізу та експертної бази з безпеки ядерних установок та інших джерел іонізуючого випромінювання тощо.

Діяльність ДНТЦ ЯРБ відповідно до Статуту підприємства [2] здійснюється за завданнями Держатомрегулювання. За 30 років свого існування ДНТЦ ЯРБ накопичив необхідний науковий потенціал і від маленького колективу фахівців, що започаткували основи його діяльності, перетворився на потужну організацію науково-технічної підтримки за всіма технічними напрямками, як-от: експлуатаційна безпека і досвід експлуатації; теплогідравлічні процеси; детерміністичний і імовірнісний аналізи безпеки; нейтронно-фізичні розрахунки і фізика реактора; поводження з ВЯП і РАВ; довгострокова експлуатація, кваліфікація обладнання, сейсмостійкість елементів та конструкцій, управління старінням і аналіз міцності та конструкційної цілісності елементів і конструкцій; аналіз надійності систем контролю і діагностики; аварійна готовність та реагування; радіаційний захист і аналіз дозових навантажень.

Нині ДНТЦ ЯРБ є державним унітарним комерційним підприємством, заснованим на державній власності та з 2008 року має статус подвійного

підпорядкування Держатомрегулюванню та Національній академії наук України (НАН України):

Держатомрегулювання здійснює щодо підприємства передбачені законодавством функції управління державним майном, яке закріплене за ним на правах господарського відання;

НАН України здійснює науково-методичне керівництво діяльністю підприємства. Підприємство за науковою спрямованістю діяльності введено до складу Відділення ядерної фізики та енергетики НАН України.

У 2020 році ДНТЦ ЯРБ вкотре пройшов державну атестацію науково-технічних установ НАН України (наказ МОН України № 817 [3]), за результатами якої був перереєстрований в Державному реєстрі наукових установ, яким надається підтримка держави (наказ МОН України від № 1107 [4]).

Для підтримки належного рівня компетенції, обміну інформацією й набутим досвідом ДНТЦ ЯРБ співпрацює як з провідними національними науковими організаціями, так і профільними закладами вищої освіти. Останні роки ДНТЦ ЯРБ співпрацював з такими національними науковими організаціями, як: Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України; Інститут механіки ім. С. П. Тимошенка НАН України; Інститут проблем безпеки АЕС НАН України; Державний науково-інженерний центр систем контролю та аварійного реагування; Інститут проблем міцності ім. Г. С. Писаренка НАН України; Науково-інженерний центр радіогідрогеоecологічних полігонних досліджень НАН України; Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України; Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»; Інститут енергетики та систем управління Національного університету «Львівська політехніка» та Національний університет «Одеська політехніка» та ін.

ДНТЦ ЯРБ активно долучається до підготовки та видання наукових публікацій, книг, монографій; фахівці Центру беруть активну участь у наукових конференціях та семінарах, у роботі спеціалізованих робочих груп, діяльності наукових та громадських організацій, спеціалізованих вчених рад тощо.

Наукова діяльність підприємства здійснюється відповідно до Законів України [5]-[7], Статуту ДНТЦ ЯРБ [2] та інших нормативних документів з питань наукової і науково-технічної діяльності. У цій статті ми розглянемо результати лише за деякими видами наукової діяльності підприємства за останні п'ять років, кожен із яких має свої специфічні функції, завдання та результати і регламентується внутрішньою документацією інтегрованої системи менеджменту.

### Дослідна діяльність

Дослідна діяльність ДНТЦ ЯРБ орієнтована на виявлення проблем та визначення способів їх вирішення шляхом проведення прикладних досліджень у сфері безпеки використання ядерних і радіаційних технологій, а саме:

- аналіз існуючої системи нормування з метою виявлення нерегульованих аспектів, невизначеностей та протиріч;
- вивчення та аналіз досвіду експлуатації ядерних установок;
- вивчення, адаптацію та запровадження в практику передових методологій виконання аналізу та оцінки безпеки;
- освоєння сучасних розрахункових кодів і розроблення моделей для отримання знань про перебіг процесів у компонентах реакторної установки;
- збір та аналіз вихідних даних для кожної реакторної установки;

впровадження імовірнісних методів для оцінки безпеки (ІАБ), визначення і ранжування засобів підвищення безпеки, оцінки міцності основних елементів реакторної установки;

тощо.

Об'єктами досліджень є безпека: АЕС; дослідницьких реакторів; підприємств ядерного паливного циклу; об'єктів, призначених для поводження з ВЯП і РАВ; об'єкта «Укриття»; підприємств (зокрема медичних), які використовують джерела іонізуючого випромінювання, уранових об'єктів тощо.

Загалом протягом 2017 – 2021 років науково-дослідні роботи виконувались як за договорами та контрактами з вітчизняними та іноземними замовниками, так і власним коштом (розподіл за напрямками досліджень див. на рисунку 1). За цей період завершено виконання більше 120 робіт.

Серед найбільш важливих робіт розглянемо дослідження за такими напрямками:

**Аналіз досвіду експлуатації.** Оцінка поточного стану безпеки об'єктів ядерної енергетики та аналіз експлуатаційних подій (термін «експлуатаційна подія» набув чинності з 01 січня 2022 року з введенням НП 306.2.235-2021 [8], до цього використовувались терміни «порушення», «відхилення») у роботі енергоблоків АЕС є одним із загальних організаційно-технічних принципів забезпечення безпеки та важливою складовою наглядової діяльності регулюючого органу (Держатомрегулювання). Вже 30 років, фактично з моменту заснування, ДНТЦ ЯРБ за дорученням регулюючого органу виконує комплексний аналіз таких подій, під час якого здійснюється система-



Рисунок 1 – Розподіл науково-дослідних робіт, виконаних у 2017 – 2021 роках, за напрямками досліджень

тизація даних про експлуатаційні події (зокрема, загальна кількість подій (рисунок 2); розподіл експлуатаційних подій за майданчиками АЕС і категоріями (рисунок 3); за шкалою INES, за системами та елементами, що відмовили або зазнали впливу; розподіл кількості аномальних подій, що сталися в процесі експлуатаційних подій, їх безпосередніх і корінних причин), аналізуються тенденції та причини їх змін, якість розслідування та повторюваність експлуатаційних подій, а також впровадження заходів з попередження виникнення і повторення експлуатаційних подій, на основі чого надаються рекомендації, спрямовані на підтримку наглядової діяльності та покращення системи досвіду експлуатації.

Звіти з поглибленого аналізу експлуатаційних подій (які є важливими з погляду впливу на безпеку), розроблені ДНТЦ ЯРБ, направляються в міжнародну систему звітності про досвід експлуатації, створену спільно МАГАТЕ і Агентством з ядерної енергії Організації економічного співробітництва і розвитку (International Reporting System for Operating Experience). Фахівець ДНТЦ ЯРБ є національним координатором від України в рамках цієї системи. Питання ефективності використання

досвіду експлуатації і результати розслідування експлуатаційних подій на АЕС регулярно, щонайменше раз на рік, обговорюються на відкритих засіданнях Колегії Держатомрегулювання, підготовку до яких здійснює ДНТЦ ЯРБ.

Протягом останніх років фахівцями ДНТЦ ЯРБ на замовлення Держатомрегулювання було виконано низку досліджень досвіду експлуатації АЕС України, а саме:

дослідження з оперативного та технологічного аналізу експлуатаційних подій у роботі АЕС України за 2016 – 2021 роки. Зокрема виконано: узагальнення оперативного аналізу попередніх повідомлень про експлуатаційні події в роботі АЕС та звітів з розслідування порушень, що сталися протягом зазначеного періоду; розгляд та оцінку звітів про виконання коригувальних заходів, призначених за результатами розслідування порушень у роботі АЕС; статистична оцінку даних про порушення в роботі АЕС України; визначення тенденцій та аналіз причин виникнення негативних тенденцій; аналіз ефективності використання досвіду експлуатації, як-от аналіз причин повторюваності порушень і аналіз порушень зі спільними характеристиками (наприклад, [9]-[12]);

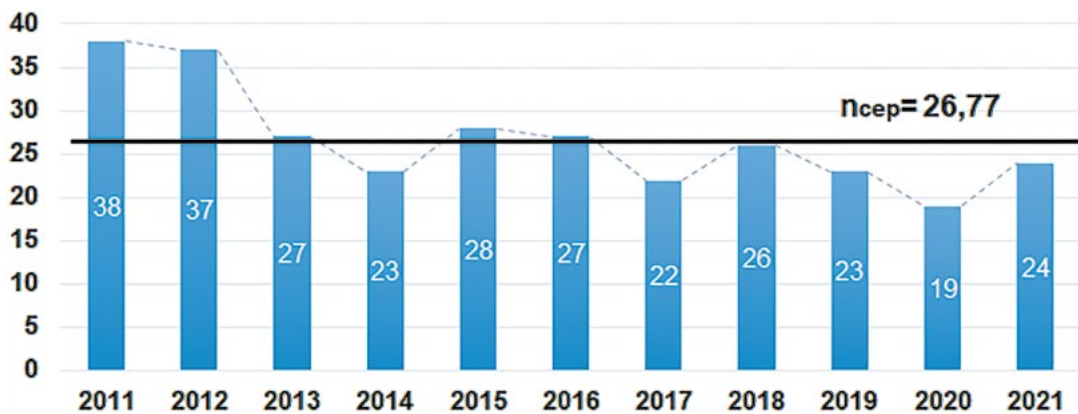


Рисунок 2 – Кількість експлуатаційних подій у роботі АЕС України в 2011 – 2021 рр.

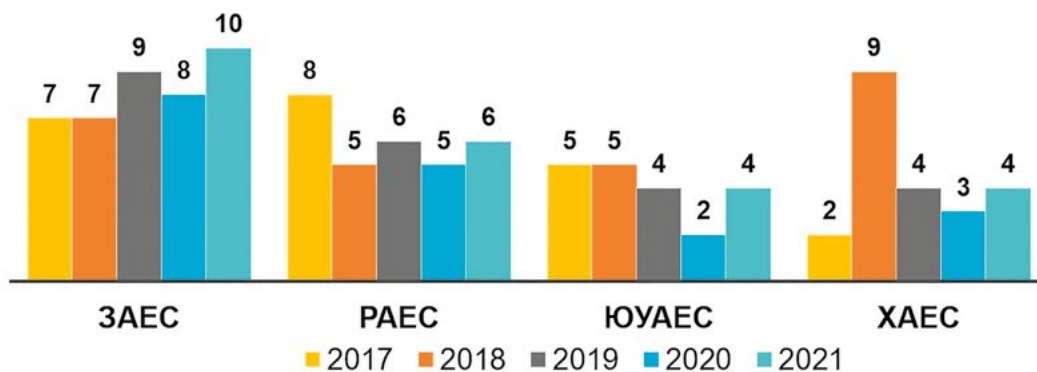


Рисунок 3 – Розподіл експлуатаційних подій на майданчиках АЕС у 2017 – 2021 рр.



дослідження з комплексного аналізу поточного рівня експлуатаційної безпеки енергоблоків Рівненської АЕС (РАЕС), Запорізької АЕС (ЗАЕС), Хмельницької АЕС (ХАЕС), Южно-Української АЕС (ЮУАЕС)<sup>1</sup>. Оцінено коректність та повноту загальної оцінки рівня експлуатаційної безпеки та технічного стану енергоблоків вищезазначених АЕС та підготовлено рекомендації Держатомрегулюванню з планування наглядової діяльності.

**Інтегральна система нагляду за безпекою АЕС (ІСН).** Одними з основних заходів державного нагляду за дотриманням вимог ядерної та радіаційної безпеки під час експлуатації АЕС є проведення аналізу інформації про стан ядерної та радіаційної безпеки, а також інспекційних перевірок і обстежень. Планування інспекційної діяльності та її здійснення виконується Держатомрегулюванням з урахуванням досвіду експлуатації. Основним інструментом, який застосовується при тому, є ІСН, за допомогою якого з використанням показників безпеки відстежуються зміни у відповідних сферах нагляду та виявляються проблемні питання з безпеки, на які потрібно звернути увагу під час інспекційних перевірок. ІСН та система показників безпеки розроблена фахівцями ДНТЦ ЯРБ за підтримки експертів Європейського Союзу. До того, на основі міжнародного досвіду, фахівцями ДНТЦ ЯРБ була розроблена методика розрахунку показників безпеки ІСН та інтерпретації отриманих результатів.

Починаючи з 2016 року ДНТЦ ЯРБ надає підтримку наглядової функції Держатомрегулювання за цим напрямом. Так, протягом 2016-2017 років, у межах розвитку та впровадження ІСН, фахівцями ДНТЦ ЯРБ були виконані пілотні роботи із застосування показників безпеки, що дало змогу апробувати та вдосконалити розроблену систему показників безпеки. А вже з 2018 року ДНТЦ ЯРБ на постійній основі виконує розрахунок показників безпеки ІСН та надає Держатомрегулюванню рекомендації з планування інспекційної діяльності. У 2020 році фахівцями ДНТЦ ЯРБ було розширено номенклатуру показників безпеки ІСН на основні попереднього досвіду їх застосування, з урахуванням пропозицій Держатомрегулювання, які базуються на результатах інспекційної діяльності Держатомрегулювання (зокрема на виявлених на АЕС порушеннях вимог ядерної та радіаційної безпеки, накладених санкціях тощо).

Отже, результати зазначених робіт стали обґрунтованим джерелом інформації для:

- формування інспекційних планів та проведення відповідних перевірок на майданчиках АЕС;
- вжиття примусових заходів;

<sup>1</sup> З 21.04.2022 Южно-Українську АЕС перейменовано на Південноукраїнську АЕС. У цій статті, з огляду на період, що розглядається, буде використана стара назва

ухвалення регулюючих рішень, направлених на підвищення безпеки енергоблоків АЕС та вдосконалення інспекційної діяльності.

Нині в ДНТЦ ЯРБ зібрана повна інформація з необхідних джерел для моніторингу та контролю важливих аспектів експлуатації АЕС та розрахунку показників безпеки.

**Аварійна готовність і реагування.** Забезпечення і підтримка на належному рівні аварійної готовності та реагування на випадок ядерних та радіаційних інцидентів є одним з основоположних принципів безпеки використання ядерної енергії. Держатомрегулювання відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 9 січня 2014 р. № 11 [13] визначено центральним органом виконавчої влади, який у межах єдиної державної системи цивільного захисту створює функціональну підсистему ядерної та радіаційної безпеки.

Відповідно до Положення про функціональну підсистему ядерної та радіаційної безпеки єдиної державної системи цивільного захисту [14] одним із її завдань є організація та проведення моніторингу стану радіаційної безпеки, прогнозування виникнення та розвитку надзвичайних ситуацій або небезпечних подій на об'єктах використання ядерної енергії та під час перевезення радіоактивних матеріалів (РМ) на території України і за її межами в разі можливості транскордонного перенесення радіоактивних речовин, оцінка впливу і наслідків таких ситуацій чи подій, а також своєчасне і достовірне інформування заінтересованих органів виконавчої влади та населення про загрозу виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із радіаційним фактором небезпеки на території України і за її межами в разі можливості транскордонного перенесення радіоактивних речовин. Статутом підприємства [2] на ДНТЦ ЯРБ покладено функцію експертної підтримки Держатомрегулювання в розвитку системи аварійної готовності і реагування, як-от: участь експертів у роботі Інформаційно-кризового центру Держатомрегулювання, вдосконалення нормативної бази з ядерної та радіаційної безпеки у сфері аварійної готовності і реагування, інші заходи з планування та забезпечення захисту персоналу, населення і довкілля.

Крім того, експерти ДНТЦ ЯРБ складають основу екіпажу мобільної лабораторії радіаційної розвідки RANIDSONNI – важливого інструменту регулюючого органу з реагування в разі аварії, яка супроводжується реальними радіаційними наслідками.

До основних задач, які можуть вирішуватися з використанням автомобіля радіаційної розвідки RANIDSONNI, зокрема, належать:

- моніторинг радіаційної обстановки довкола АЕС на всіх етапах життєвого циклу;
- пошук радіонуклідних джерел і виявлення радіоактивного забруднення;

гамма-зйомка території;  
первинна характеристика виявлених джерел і радіоактивно забруднених об'єктів;  
незалежний екологічний моніторинг довкілля АЕС для цілей громадських організацій;

участь у спеціальних протиаварійних, тактичних, антитерористичних навчаннях і тренуваннях.

ДНТЦ ЯРБ також здійснює експлуатацію засобів вимірювання показників радіаційного стану довкілля та виконує роль метрологічної служби Держатомрегулювання, забезпечуючи методологічну єдність прогнозу розвитку ядерних та радіаційних аварій і радіаційного моніторингу під час ядерної або радіаційної аварії за допомогою мобільних (переносних) засобів радіаційного контролю. Детальніше про цю діяльність можна ознайомитися далі в матеріалах цього Спецвипуску.

У 2020 році в умовах нових викликів, спричинених пандемією коронавірусної хвороби, для забезпечення належної підтримки Держатомрегулюванню, зокрема у швидкості та ефективності реагування на можливі загрози виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із радіаційним фактором небезпеки на території України і за її межами, експертами ДНТЦ ЯРБ проведено дослідження на тему «Визначення додаткових інструментів науково-технічної підтримки Держатомрегулювання з питань аварійної готовності та реагування». У межах цього дослідження проаналізовано та оцінено результативність виконаних протягом 2020 року заходів у сфері аварійної готовності і реагування в умовах карантинних обмежень (зокрема, проведення радіаційних обстежень, виконання оцінки та прогнозування радіаційних наслідків, участь у міжнародних тренуваннях та навчальних заходах), визначено нові ризики у сфері аварійної готовності і реагування, які можуть виникнути під час тривалої пандемії, а також підготовлено пропозиції щодо подальшого вдосконалення системи аварійної готовності і реагування з урахуванням нових викликів. Окремо розроблено матеріали для проведення протиаварійних тренувань та навчальних заходів з питань аварійної готовності і реагування для Регулятора (програми і сценарії протиаварійних тренувань, лекційні матеріали та презентації для навчальних семінарів тощо).

**Впровадження кращої практики поводження з РАВ.** За проектом EURAD (Європейська спільна програма поводження з РАВ) ДНТЦ ЯРБ разом зі спільнотою європейських країн виконує низку досліджень щодо впровадження кращої практики поводження з РАВ у європейських країнах, розробляє процедури забезпечення якості для створення документів, розробляє керівництва, зокрема, для країн на ранніх етапах реалізації програми захоронення РАВ та країн із малими обсягами РАВ.

**Аналіз досвіду безпечного виконання робіт та поводження з РАВ та РМ на Чорнобильській АЕС.** ДНТЦ ЯРБ проведено аналітичне дослідження досвіду поводження з РАВ та РМ на Чорнобильській АЕС, зокрема з їх радіологічної характеристики та вимірювання, а також досвіду контролю внутрішнього опромінення персоналу під час виконання робіт з будівництва нового безпечного конфайнменту над об'єктом «Укриття» у складних радіаційних умовах (у межах проекту «SoMeLEV», IRE (Бельгія)).

**Фактори та критерії стосовно безпеки стану об'єкта «Укриття».** ДНТЦ ЯРБ разом з фахівцями Товариства з безпеки установок і реакторів Німеччини (GRS) виконує цикл аналітичних досліджень стосовно факторів та критеріїв щодо безпечного стану об'єкта «Укриття» під час експлуатації нового безпечного конфайнменту: проведено комплексний аналіз різних факторів, які визначають безпеку стану об'єкта «Укриття» у складі нового безпечного конфайнменту; проаналізовано питання і запропоновано методичні рекомендації щодо контролю стану та поведінки паливовмісних матеріалів, і встановлення критеріїв їх безпечного стану; виконуються аналітичні дослідження з питань утворення та розповсюдження пилу і аерозолів в об'єкті «Укриття».

**Безпека переміщення упаковок з РАВ та РМ.** ДНТЦ ЯРБ виконано аналітичне дослідження та розроблено керівництво з питань безпеки переміщення упаковок з РАВ та РМ, які є одними з пріоритетних під час проектування, спорудження та експлуатації об'єктів, на яких виконується поводження з РАВ та РМ, зокрема, з огляду на запобігання падінню, ударам та пошкодженню упаковок з РАВ та РМ (угода з Брукгевенською науковою асоціацією (BSA)).

**Безпека поводження з аварійними та історичними РАВ.** ДНТЦ ЯРБ виконано аналіз методологічних аспектів та досвіду застосування диференційованого підходу до забезпечення безпечного поводження з аварійними та історичними РАВ, зокрема, для ранжування об'єктів для поводження з аварійними та історичними РАВ за їх рівнем небезпеки, розробки проектів вилучення таких РАВ з об'єктів, встановлення рівнів реабілітації територій. Результати аналізу опубліковані в журналі «Journal of Radiological Protection» [15].

Загалом результати наукових досліджень ДНТЦ ЯРБ практично використовуються Регулятором, а також на АЕС, дослідницьких реакторах, підприємствах ядерного паливного циклу, об'єктах з поводження з ВЯП і РАВ, об'єкті «Укриття», підприємствах (зокрема медичної галузі), які використовують джерела іонізуючого випромінювання, об'єктах видобутку уранової руди.

### Розроблення розрахункових моделей

Загальноприйнятий підхід до оцінки безпеки АЕС передбачає застосування сучасних комп'ютерних кодів і відповідних розрахункових моделей. Для забезпечення можливості незалежної експертної діяльності, а також у межах участі ДНТЦ ЯРБ в наукових дослідженнях на національному та міжнародному рівні фахівцями підприємства розробляються та вдосконалюються власні розрахункові моделі, які дозволяють досліджувати процеси в реакторних установках енергоблоків усіх типів, що експлуатуються на АЕС України. Окремим напрямом розрахункового моделювання є створення моделей устаткування, яке застосовується в технологічних операціях з переміщення ВЯП до Централізованого сховища ВЯП (ЦСВЯП) та його зберігання там. Участь у міжнародному науковому співробітництві та взаємодія з експлуатуючою організацією дозволяє виконувати валідацію розроблених моделей з використанням даних міжнародних експериментів або результатів реальних перехідних процесів. Протягом 2017 – 2021 рр. ДНТЦ ЯРБ розроблено більше 178 розрахункових моделей в основних сферах ЯРБ, як-то міцність, сейсмостійкість елементів і конструкцій, нейтронна фізика, теплогідравліка, ІАБ, радіаційна безпека тощо (рисунок 4). Значна увага приділяється забезпеченню відповідності моделей поточному стану змодельованих об'єктів.

Нижче наведено опис деяких розробок за такими основними напрямками (рисунок 5):

**Імовірнісний аналіз безпеки.** Фахівцями ДНТЦ ЯРБ розроблено імовірнісну модель типового енергоблока з реактором ВВЕР-1000/В-320 для коду SAPHIRE для цілей оцінки імовірнісних показників безпеки. Наразі цю модель переконвертовано у формат розрахункового коду SAPHIRE версії 8.1.8 та доповнено даними щодо останніх реалізованих заходів з підвищення безпеки на енергоблоках зазначеного типу.

Порівняльний аналіз результатів, отриманих на основі застосування цієї розрахункової моделі, з даними попередніх досліджень, виконаних з використанням моделі для комп'ютерного коду SAPHIRE версії 6, продемонстрував хорошу збіжність.

Іншою діяльністю за напрямом ІАБ є проведення дослідження, спрямованого на вивчення аспектів мультиблоковості АЕС (на прикладі майданчика ПАЕС) у межах координованого МАГАТЕ дослідницького проєкту CRP I31031 «Probabilistic Safety Assessment Benchmark for Multi-Unit/Multi-Reactor Sites» (MUPSA). Загальна мета проєкту полягає в напрацюванні методичних підходів для врахування в ІАБ взаємовпливу енергоблоків, розташованих поряд, на майданчик АЕС загалом. Під час виконання проєкту визначено аспекти, які є значущими для майданчика ПАЕС (загальні системи і будівлі, взаємний вплив тощо) та проведено дослідження ІАБ 1-го і 2-го рівнів з ура-



Рисунок 4 – Розподіл розроблення розрахункових моделей за напрямками науково-технічної підтримки Держатомрегулювання

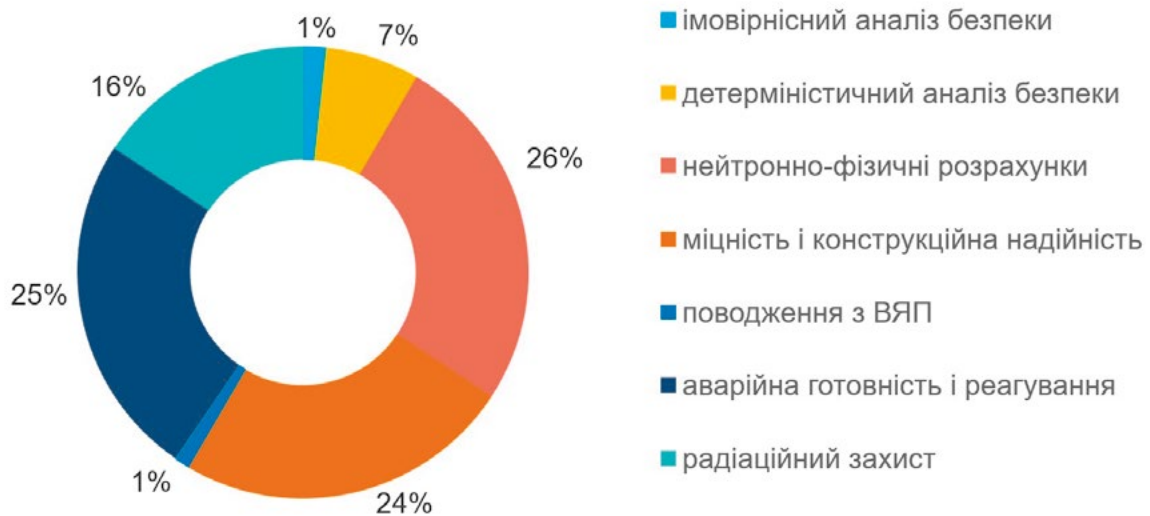


Рисунок 5 – Розподіл розроблення розрахункових моделей за видами діяльності у сфері ядерної та радіаційної безпеки

хуванням визначених аспектів для вихідної події «Втрата технічної води відповідальних споживачів». Результати дослідження ввійшли до TECDOC «Probabilistic Safety Assessment Benchmarks for Multi-unit/Multi-Reactor Sites», який наразі готується МАГАТЕ до публікації. Отримані результати роботи будуть використані під час реалізації аналогічних досліджень та проведення державних експертиз ЯРБ відповідних матеріалів з ІАБ, розроблених для енергоблоків АЕС України;

**Детерміністичний аналіз безпеки.** За цим напрямом діяльності реалізовано декілька окремих проєктів. Одним з таких є дослідження з розробки попередньої концепції системи пасивного охолодження активної зони реакторів ВВЕР-1000/320 в умовах повного знеструмлення. У межах дослідження розглянуто питання розробки попередньої концепції системи відведення залишкових енерговиділень від активної зони реактора з метою усунення дефіциту безпеки діючих енергоблоків АЕС з реакторною установкою ВВЕР-1000/В-320.

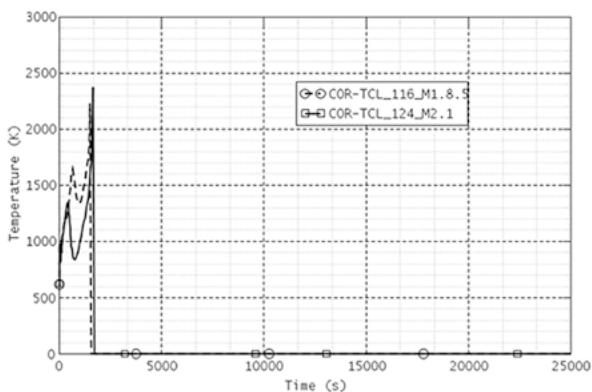
Також проведено розрахунково-аналітичні моделювання процесів розвитку важкої аварії на реакторній установці ВВЕР 1000/В-320 з використанням програмного коду MELCOR версії 2.1 (рисунок 6). Отримані результати дозволяють на більш якісному рівні дослідити характер перебігу таких феноменів важких аварій, як розігрів та плавлення активної зони, переміщення розплаву та пошкодження підтримуючих структур активної зони, пошкодження внаслідок впливу високотемпературних обломків активної зони днища корпусу реактора, взаємодія розплаву з бетоном.

Як альтернатива використанню коду MELCOR для досліджень теплогідравлічних процесів у реакторних установках та всередині гермооб'єму фахівцями ДНТЦ ЯРБ застосовуються, відповідно, коди ATHLET-CD та COCOSYS. Наразі здійснено розробку, верифікацію та апробацію моделей ре-

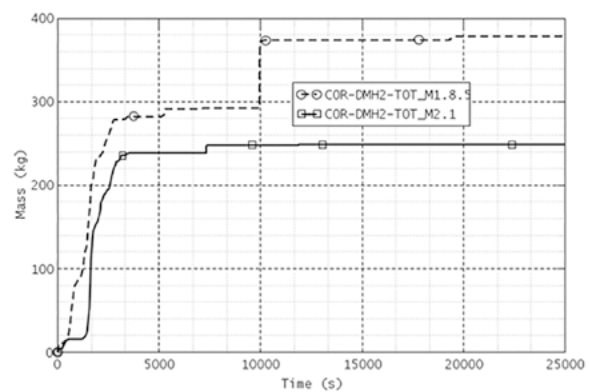
акторної установки та гермооб'єму енергоблоків типів ВВЕР-1000/В-320 та ВВЕР-440/В-213 для зазначених розрахункових кодів. Водночас моделі реакторної установки та гермооб'єму енергоблока ВВЕР-440/В-213 можуть використовуватись для виконання паралельних взаємопов'язаних розрахунків із застосуванням зв'язки кодів ATHLET-CD та COCOSYS V2.4v5. Виконані розрахунки із застосуванням розроблених моделей підтвердили їхню здатність адекватно моделювати процеси в гермооб'ємі та реакторній установці під час важких аварій. За результатами проведених аналізів підтверджено можливість дослідження таких феноменів важких аварій, як утворення контурів циркуляції, перемішування середовища, утворення вибухонебезпечних концентрацій водню, взаємодія розплаву з бетоном, а також виявлено «вузькі» місця в моделюванні окремих етапів розвитку важкої аварії.

Застосування для аналізу розрахункових моделей ядерної паровиробної установки ВВЕР-1000/В-320 та ВВЕР-440/В-213 для коду ATHLET-CD дозволять альтернативним методом дослідити характер перебігу таких феноменів важких аварій, як розігрів та плавлення активної зони, переміщення розплаву та пошкодження активної зони, пошкодження внаслідок впливу високотемпературних обломків активної зони днища корпусу реактора.

Окрема увага приділяється аналізу процесів розвитку запроєктних аварій у басейні витримки (БВ) ВЯП. За цією тематикою здійснено розробку, верифікацію та апробацію моделі БВ ВЯП енергоблока № 1 ПАЕС для розрахункового коду ATHLET-CD. Розрахунки з використанням розробленої моделі підтверджують її здатність адекватно моделювати процеси, що супроводжують розвиток запроєктних (зокрема важких) аварій, зумовлених порушенням або втратою відведення тепла від палива, що знаходиться у БВ енергоблока типу ВВЕР-440/В-213.



Температура оболонок твел



Маса водню, який згенерував на внутрішньокорпусній фазі аварії

Рисунок 6 – Порівняльні розрахунки важкої аварії із застосуванням версій коду MELCOR 1.8.5 та 2.1



Також виконано низку пілотних розрахунків з аналізу перебігу важкої аварії в БВ енергоблока типу ВВЕР-440/213 з використанням більш сучасної версії розрахункового коду MELCOR 2.1. Результати розрахунків підтверджують коректність моделі БВ та підходів до її розробки, що дає можливість застосування цієї моделі для виконання перевірних розрахункових аналізів процесів у БВ ВВЕР-440/В213 для режимів нормальної експлуатації, порушення нормальної експлуатації, під час проектних та запроектованих аварій (включно з важкими аваріями), зокрема і з моделюванням відновлювальних дій персоналу з охолодження тепловидільних збірок у БВ.

Застосування різноманітних розрахункових засобів однакової спрямованості робить можливим виконання крос-валідаційних розрахунків із застосуванням подібних моделей. У межах цієї діяльності проведені порівняльні розрахунки аварійних сценаріїв із застосуванням теплогідравлічних моделей ядерної паровиробної установки ВВЕР-1000/В-320 та ВВЕР-440/В-213, розроблених для коду TRACE, з розрахунками, виконаними на аналогічних моделях для коду RELAP5 mod 3.2. Результати аналізу сценаріїв, що враховують проектні аварії та перехідні процеси з декількох груп вихідних подій, які, зазвичай, розглядаються в звіті з аналізу безпеки енергоблоків АЕС, показали хорошу збіжність. Це дозволяє застосувати моделі ядерної паровиробної установки ВВЕР 1000/В-320 та ВВЕР 440/В-213 у форматі коду TRACE для розширення технічного та

аналітичного потенціалу ДНТЦ ЯРБ під час аналізу матеріалів експлуатуючої організації з обґрунтування безпеки АЕС України.

Загальноприйнятою світовою практикою є впровадження в діяльність сучасних програмних засобів, що значно розширюють можливості моделювання окремих процесів та їх подальшого аналізу. На підтримку цієї тенденції в ДНТЦ ЯРБ застосовується багатомодульний тривимірний розрахунковий код ANSYS. Для коду ANSYS CFX розроблено модель установки для дослідження процесів горіння повітряно-водневих сумішей, що можуть утворюватися під час розвитку важких аварій.

Також програмний код ANSYS використовується під час вирішення питань, пов'язаних з тепловим аналізом перевезення ВЯП, вилученого з реакторів ВВЕР-1000, в контейнері HI-STAR. У межах цієї проблематики розроблено геометричні моделі контейнера БЦК-31 і транспортного контейнера HI-STAR у форматі коду ANSYS, а також створено розрахункову сітку для геометрії контейнера HI-STAR.

Іншим напрямом застосування коду ANSYS є розрахунково-аналітичні дослідження цілісності теплообмінних трубок та колекторів парогенераторів, що виконуються на підтримку впровадження процедур FLEX на АЕС України з метою отримання реалістичних кінематичних граничних умов як вхідні дані для детального дослідження напружено-деформованого стану елементів парогенератора (рисунок 7);

**H: Static Structural**

Total Deformation  
Type: Total Deformation  
Unit: m  
Time: 1  
Custom

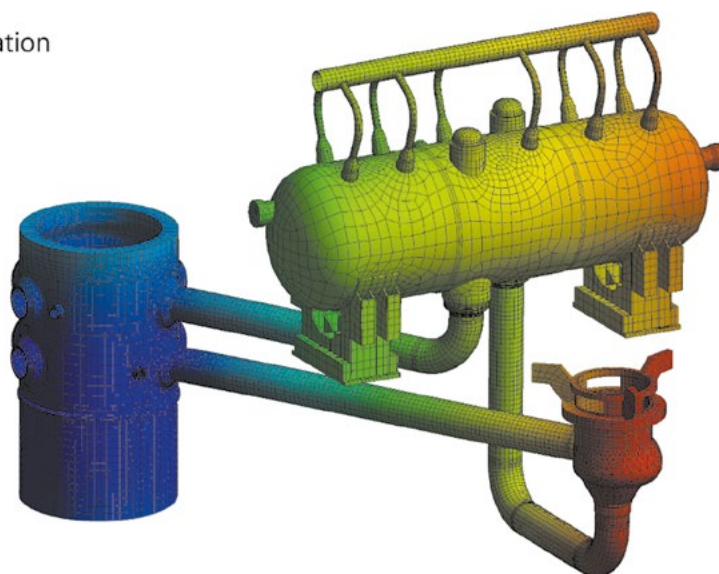
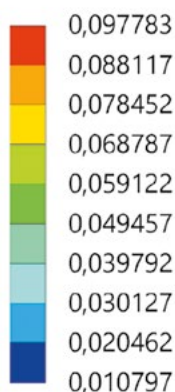


Рисунок 7 – Ізополя переміщень мультимоделі однієї петлі основного обладнання першого контуру ВВЕР-1000/В-320 для нормальної експлуатації (проекція 1)

**Нейтронно-фізичні розрахунки.** Здійснено розробку моделі активної зони реакторної установки ВВЕР-440 енергоблоків № 1 та № 2 ПАЕС для коду PARCS. У межах роботи підготовлена бібліотека малогрупових нейтронно-фізичних констант для паливних касет, елементів відбивача та органів регулювання і розроблена розрахункова модель для коду PARCS для реактора ВВЕР-440.

Підготовлено методичне керівництво з проведення нейтронно-фізичних розрахунків для обґрунтування безпеки паливних завантажень для реакторів ВВЕР.

Розроблена модель для коду PARCS для активної зони ВВЕР-1000. Бібліотека нейтронно-фізичних характеристик була підготовлена з використанням спектрального коду HELIOS, який адекватно моделює геометрію та інші особливості тепловидільних збірок ВВЕР-1000, та у форматі, передбаченому в програмі PARCS. У процесі розроблення розрахункової моделі PARCS використовувався досвід розробки аналогічних моделей для програми DYN3D, які були успішно валідовані. Для аналізу коректності розроблених моделей проводилися порівняння результатів розрахунку основних нейтронно-фізичних характеристик із результатами, отриманими з використанням програми DYN3D для аналогічних розрахункових станів, та з експериментальними даними експлуатації паливної кампанії № 1 енергоблока № 2 ХАЕС. Результати порівняльного аналізу засвідчили коректність розробленої моделі активної зони ВВЕР-1000 для програми PARCS (рисунком 8).

Розроблено моделі та проведено аналіз безпеки змішаних завантажень активної зони, що є актуальною задачею під час впровадження нових типів паливних касет у межах диверсифікації постачальників ядерного палива.

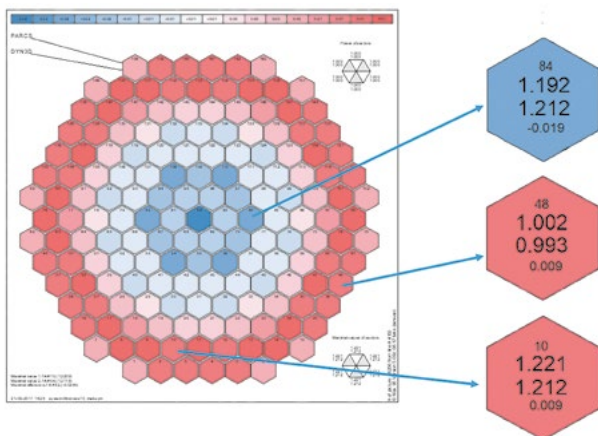


Рисунок 8 – Розподіл відносного енерговиділення в тепловидільних збірках

Проведено аналіз можливості виникнення повторної критичності після важкої аварії з пошкодженням активної зони реакторів ВВЕР-1000, у межах якого проведені розрахункові аналізи змішаних активних зон реактора ВВЕР. Результати дослідження показують можливість виникнення критичності на деяких етапах перебігу важкої аварії за умови заливу коріуму чистою водою та утворення порожнин у коріумі.

Проведено дослідження з виконання аналізів критичності для важких аварій, у межах якого розроблені моделі та виконані розрахунки розмножуючих властивостей паливомісних мас під час перебігу важкої аварії у відсіках БВ та у сховищі свіжого палива реакторної установки ВВЕР-1000. У межах цієї роботи було проведено моделювання можливих конфігурацій палива під час перебігу важкої аварії в активній зоні та БВ реактора ВВЕР-1000 з використанням розрахункового комплексу SCALE (рисунком 9). Для апробації розробленої моделі виконані тестові розрахунки та оцінена концентрація борної кислоти для приведення коріуму в безпечний стан;

**Міцність і конструкційна надійність.** Розроблено скінченно-елементні моделі компенсатора тиску реактора ВВЕР-1000 та трубопроводу обв'язки бака TQ33B01 для програмного коду ANSYS (див. рисунки 10, 11).

Для обґрунтування якості створеної скінченно-елементної моделі компенсатора тиску енергоблока № 3 ПАЕС проведені роботи з валідації та верифікації цієї моделі. Результати аналізу підтверджують коректність створеної моделі і можливість її застосування в подальших роботах. Створена скінченно-елементна модель компенсатора тиску енергоблока № 3 ПАЕС може бути адаптована для інших енергоблоків серії ВВЕР-1000/В-320.

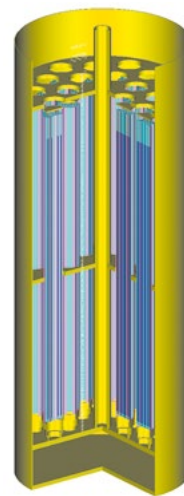


Рисунок 9 – Модель чохла для свіжих касет за зміни кроку розташування твелів

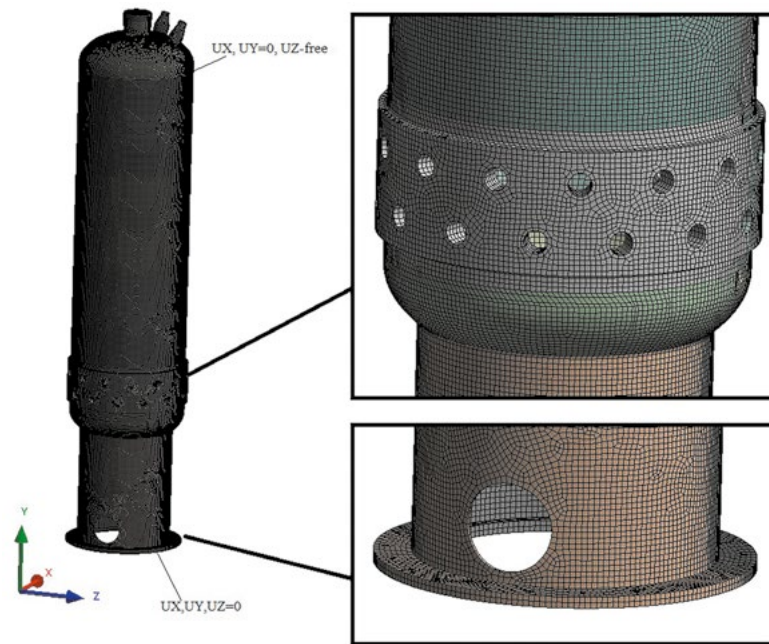


Рисунок 10 – Скінченно-елементна модель компенсатора тиску

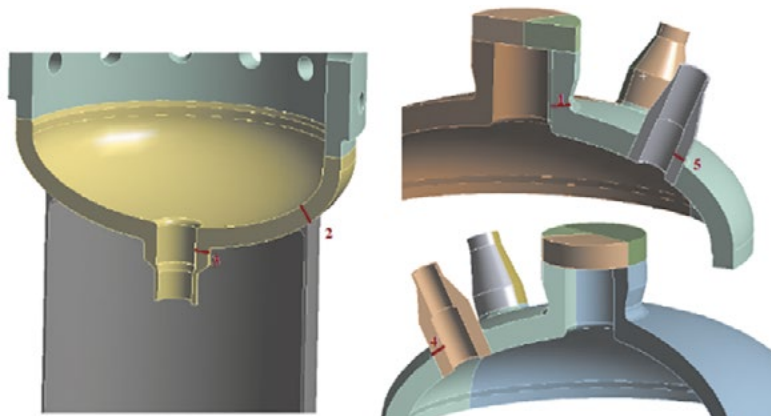


Рисунок 11 – Елементи геометричної моделі компенсатора тиску

Для обґрунтування якості створеної скінченно-елементної моделі трубопроводів обв'язки баків TQ13-33B01 до арматур TQ13-33S27, зокрема енергоблока № 4 РАЕС, проведені роботи з валідації і верифікації цієї моделі. Результати аналізу підтверджують коректність створеної моделі та можливість її застосування в подальших роботах. Результати розрахунків на статичну міцність та сейсмічний вплив підтверджують сейсмостійкість досліджуваних трубопроводів. Створена скінченно-елементна модель трубопроводів обв'язки баків TQ13-33B01 до арматур TQ13-33S27 має трасування, притаманне енергоблоку № 4 РАЕС та може бути адаптована для інших енергоблоків АЕС України.

Розроблено скінченно-елементну повномасштабну модель корпусу реактора ВВЕР-1000 і модель із вбудованою тріщиною для оцінки міцності і опору крихкому руйнуванню. Моделювання виконано із застосуванням програмного коду ANSYS

(див. рисунки 12, 13). Коректність розробленої моделі та результатів розрахунків підтверджено зіставленням з результатами моделювання і розрахунків для корпусів реакторів усіх енергоблоків ХАЕС і ЮАЕС. Розроблені моделі корпусів реакторів ВВЕР-1000 і надалі використовуються ДНТЦ ЯРБ в межах виконання державних експертиз ядерної та радіаційної безпеки матеріалів обґрунтування безпеки АЕС України в період проєктної та довгострокової експлуатації.

Проведено структурний аналіз захисної оболонки реакторів типу ВВЕР-1000/В-320, В-302 і В-338 з метою визначення граничного тиску та температури, за яких можлива втрата цілісності захисної оболонки за сценаріїв, що можуть бути визначені як за проєктна аварія з урахуванням уточнених значень натягу арматурних канатів. Для моделювання та розрахунку захисної оболонки використано національний програмний продукт ЛІРА-САПР;



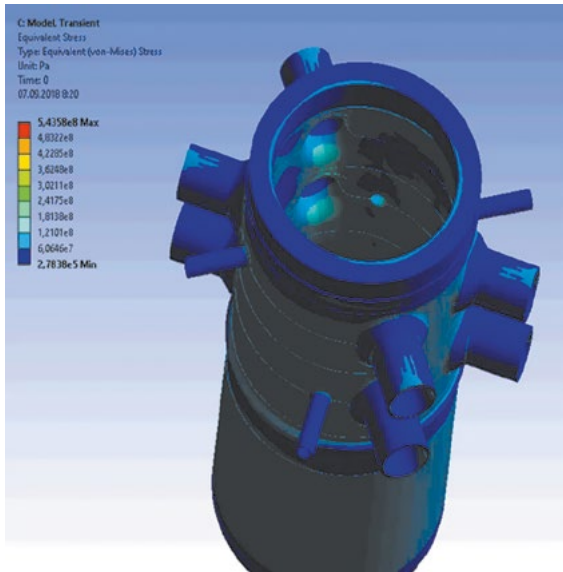


Рисунок 12 – Розрахунок температурних полів і напружень під час термоудару

**Поводження з ВЯП.** Проведено розрахунково-аналітичні дослідження на підтримку аналізу безпечного зберігання ВЯП, у межах яких визначено загальний перелік запроектованих аварій, що можуть зумовити виникнення критичності внаслідок зміни геометрії палива та конструкційних елементів ЦСВЯП. Виконано систематичний аналіз вимог нормативних документів України щодо оцінки умов виникнення критичності в системах зберігання та транспортування ВЯП під час запроектованих аварій унаслідок зміни геометрії палива та конструкційних елементів.

Здійснено огляд існуючих розрахункових моделей та результатів перевірочних розрахунків, виконаних фахівцями ДНТЦ ЯРБ під час проведення державних експертиз ядерної та радіаційної безпеки матеріалів з обґрунтування безпеки ЦСВЯП, зокрема розрахунків критичності і теплових режимів, та наданні рекомендації щодо вдосконалення розрахункових моделей у зазначених напрямках аналізу (див. рисунки 14, 15);

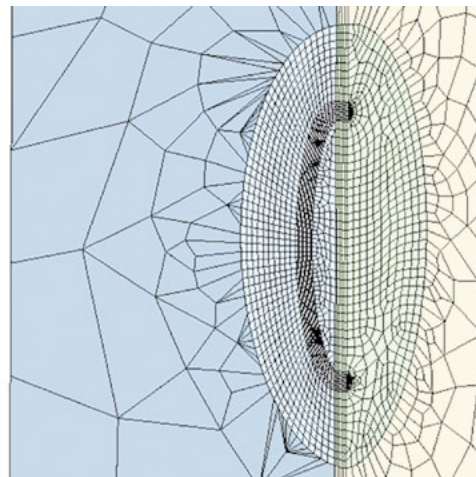
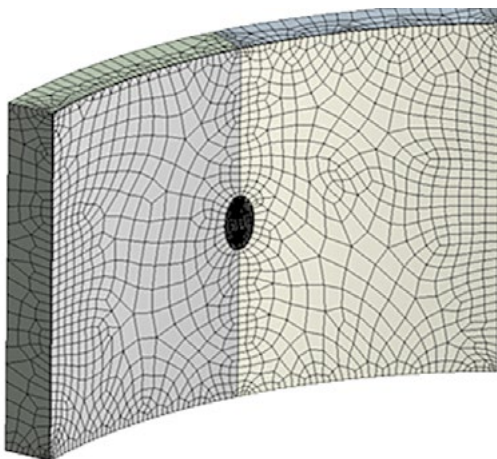


Рисунок 13 – Постуляція (скінченно-елемента модель) піднаплавочної тріщини

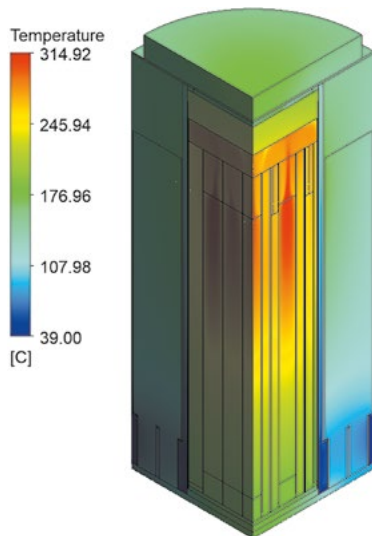


Рисунок 14 – Температурний розподіл на границях симетрії моделі модуля зберігання HI-STORM 190 UA

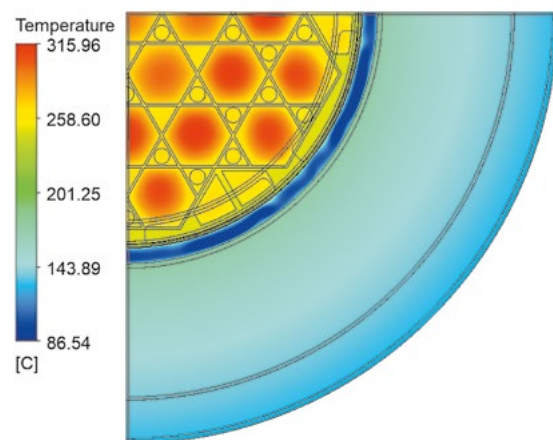


Рисунок 15 – Максимальна температура ВТВЗ ( $z = 4,9796$  м)



**Аварійна готовність і реагування.** З метою проведення аналізу надійності оцінки радіаційної обстановки під час реалізації заходів аварійної готовності та реагування в контексті ресурсів та можливостей учасників Мережі Європейських Організацій технічної підтримки (ETSON) та Євросоюзу ДНТЦ ЯРБ організовано проведення проєкту BARCO щодо бенчмаркінгу з оцінки радіологічних наслідків. ДНТЦ ЯРБ забезпечив підготовлення вихідних даних (сценарій, джерело викиду, дата, час, місце тощо), параметрів бенчмаркінгу, повноцінного аналізу результатів радіологічної оцінки, зібраних від інших учасників проєкту BARCO (ETSON, Національне агентство з нових технологій, енергетики та сталого економічного розвитку (ENEA), Литовський енергетичний інститут (LEI), Центр технічних досліджень Фінляндії (VTT) та GRS).

Для підтримки національних процедур прийняття рішень щодо управління ядерною або радіологічною надзвичайною ситуацією та впровадження принципів підходу HERCA-WENRA ДНТЦ ЯРБ у межах проєкту міжнародної технічної допомоги Україні за програмою Європейської Комісії брав участь у виконанні розрахунків атмосферної дисперсії з використанням системи JRODOS трьома опціональними моделями з метою подальшої верифікації результатів транскордонного впливу на сусідні з Україною країни.

У межах проєкту MAGATE CRP J15002 ДНТЦ ЯРБ виконує індивідуальну дослідницьку програму за темою «Сумісне використання мобільної лабораторії та системи підтримки прийняття рішень під час аварій на АЕС з легководними реакторами», метою якої є посилення зв'язку між інструментами прогнозування радіаційних наслідків та вимірювальними можливостями моніторингу довкілля мобільними засобами. Програма спрямована на розроблення на основі аналізу найкращих практик та власного досвіду, симулювання та практичних польових робіт методології спільного використання мобільної радіологічної лабораторії та системи підтримки прийняття рішень для радіаційного моніторингу довкілля в режимі реального часу на прилеглих до АЕС територіях під час аварій.

У межах впровадження коду RASCAL (програма RAMP, КЯР США) підготовлено дані щодо українських установок та різномасштабні шари карт території навколо АЕС та сховищ ВЯП України.

Створено модель території Придніпровського хімічного заводу та проведено низку розрахунків для оцінки доз опромінення населення, яке постійно проживає поруч з цими територіями (у межах впровадження коду MILDOS та RESRAD-OFFSITE);

**Радіаційний захист.** Розроблено розрахункову модель викиду та зовнішнього середовища ЗАЕС для коду MACCS. У межах роботи здійснено огляд моделей переносу радіоактивних речовин в атмосфері, які застосовуються в розрахункових кодах MACCS, HotSpot та JRODOS, та розроблено модель розповсюдження радіоактивних домішок в атмосфері для сценарію аварії на ЗАЕС «Повне знеструмування енергоблока з нелокалізацією ГО». Проведено порівняльний аналіз результатів розрахунків доз опромінення населення в зоні спостереження ЗАЕС, отриманих за допомогою коду MACCS, з аналогічними результатами, отриманими за допомогою системи підтримки прийняття рішення JRODOS та коду HotSpot за однакових вихідних даних, який показав невеликі відмінності в чисельних оцінках доз для різних кодів. За результатами роботи було встановлено, що застосування коду MACCS, як інструменту аварійного планування та оцінки радіаційних наслідків, є можливим за умови його адаптації до нормативної бази України за рівнями втручання з одного боку та адаптації регіональних даних (демографія, виробництво сільськогосподарської продукції тощо), специфічних для українських АЕС, до форматів, сумісних з кодом MACCS, з іншого.

### Освітня діяльність ДНТЦ ЯРБ

Багаторічний досвід, набутий ДНТЦ ЯРБ у сфері ядерної енергетики, дає можливість підприємству брати участь у національних і міжнародних програмах щодо навчання з питань ядерної та радіаційної безпеки персоналу експлуатуючої організації (Оператора) та підрядних організацій, що залучаються для виконання робіт на системах, важливих для безпеки ядерних установок, навчання з питань радіаційної безпеки персоналу та посадових осіб суб'єктів окремих видів діяльності у сфері використання ядерної енергії (рисунок 16), а також з навчання спеціалістів зарубіжних країн, які активно розвивають атомну енергетику та використовують ядерні технології, зокрема в межах за-



Рисунок 16 – Кількісні показники за напрямками освітньої діяльності в межах України

ходів, ініційованих МАГАТЕ та Європейським інститутом з навчання та наставництва у сфері ядерної безпеки (ENSTTI) [16].

Зокрема, освітня діяльність підприємства з підвищення професійної кваліфікації та професійної перепідготовки керівників та фахівців у сфері використання ядерної та радіаційної безпеки охоплювала такі напрями:

**Навчання та перевірка знань з питань радіаційної безпеки.** ДНТЦ ЯРБ з 2018 року входить до переліку суб'єктів, які підтвердили відповідність системи навчання і перевірки знань з питань радіаційної безпеки та має право здійснювати навчання та перевірку знань з питань радіаційної безпеки за такими видами практичної діяльності, як: використання джерел іонізуючого випромінювання (промисловість та медицина) та видобуток і переробка уранових руд. Навчальні плани та програми сформовані відповідно до Порядку [17] та складаються з двох модулів, а саме: основного модулю «Загальні питання радіаційної безпеки» та одного з п'яти додаткових модулів, залежно від виду практичної діяльності замовника – «Промислові опромінювачі», «Джерела в медичній радіології», «Джерела в радіотерапії та брахітерапії», «Видобування і переробка уранових руд», «Застосування джерел іонізуючого випромінювання». Загалом навчання з питань радіаційної безпеки за вищезазначеними видами практичної діяльності пройшли близько 100 слухачів;

**Навчання та підготовка до перевірки знань норм, правил та стандартів з ядерної та радіаційної безпеки протягом 2017 – 2021 років.** ДНТЦ ЯРБ входить до переліку суб'єктів, які підтвердили відповідність системи навчання та підвищення кваліфікації персоналу з питань ядерної та радіаційної безпеки і мають право проводити навчання для підготовки до перевірки знань норм, правил та стандартів з ядерної та радіаційної безпеки в керівників і членів постійно діючих екзаменаційних комісій підприємств, діяльність яких пов'язана з використанням ядерної енергії. Навчання проводиться відповідно до Порядку [18] і полягає в ознайомленні керівників і членів постійно діючих екзаменаційних комісій підприємств, діяльність яких пов'язана з використанням ядерної енергії, з вимогами законодавства, нормами, правилами і стандартами з ядерної та радіаційної безпеки, а також з практичними аспектами дотримання вимог безпеки на підприємстві суб'єкта діяльності. Загалом, за цим напрямом пройшли навчання більше 60 слухачів;

**Поглиблене навчання за спеціальними напрямами за 2017 – 2021 роки.** Впродовж останніх років крім «типових» напрямів навчання, зазначених вище, спостерігається тенденція до збільшення попиту на послуги ДНТЦ ЯРБ з підвищення кваліфікації персоналу АЕС України, інших відокремлених підрозділів та дирекцій

ДП «НАЕК «Енергоатом» за низкою специфічних технічних напрямів:

а) *підготовка посадових осіб ДП «НАЕК «Енергоатом» та ВП АЕС, діяльність яких підлягає ліцензуванню, з питань ядерної та радіаційної безпеки (загалом навчання пройшли близько 400 слухачів);*

б) *передача досвіду ДНТЦ ЯРБ щодо використання розрахункових кодів ATHLET, MELCOR, RELAP5/Mod.3.2, SAPHIRE, RiskSpectrum PSA, JRODOS, SCALE, DYN3D, Helios, програмний комплекс «КАСКАД». Програма навчання в кожному випадку складається з теоретичної та практичної частини. Теоретична частина містить детальну інформацію щодо призначення того чи іншого коду, його загальний опис, підходи щодо розроблення моделей, а також досвід його використання під час державної експертизи ядерної та радіаційної безпеки об'єктів безпеки АЕС з реакторами типу ВВЕР. Практична частина передбачає надання можливості учасникам навчання набути практичних навичок розроблення спрощених моделей та інтерпретації відповідних результатів застосування коду. Загалом навчалось більше 160 слухачів;*

в) *використання керівництв з управління важкими аваріями.* Проведено навчальні курси для персоналу ВП ЮУАЕС та ВП ХАЕС. Теоретична частина курсу містить огляд існуючого міжнародного досвіду у сфері дослідження феноменів важких аварій та розроблення керівництв з управління важкими аваріями (КУВА); детальний опис комплексу КУВА для енергоблоків конкретного майданчика АЕС України; загальний опис процесу застосування комплексу керівництв. Практична частина, зокрема, містить низку сценаріїв перебігу важких аварій. Під час практичного навчання слухачі отримують інформацію щодо вихідної події, додаткових відмов обладнання, хронології перебігу аварії тощо та визначають передбачені КУВА дії, спрямовані на пом'якшення наслідків аварії та переведення енергоблоку у стабільний контрольований стан. Загалом підготовку пройшли 40 слухачів;

г) *досвід експлуатації.* Проведено навчальні курси для персоналу ВП ХАЕС та ВП ЗАЕС з питань досвіду експлуатації АЕС. Курс розраховано на слухачів, які беруть участь у розслідуванні експлуатаційних подій та проводять облік досвіду експлуатації АЕС, і спрямований на підтримку та підвищення кваліфікації слухачів у частині знання законодавчих та нормативних документів з ядерної й радіаційної безпеки, системи досвіду експлуатації, методів аналізу корінних причин порушень, організації розслідування і складання звітів з розслідування порушень. Загалом навчання пройшли 59 слухачів;

д) *навчання практичним навичкам радіаційного контролю* орієнтовано на здобуття практичних навичок з проведення радіаційного контролю, підвищення компетентності та удосконалення професійного рівня персоналу підприємств, ді-

яльність яких передбачає проведення радіаційно-дозиметричного контролю для забезпечення радіаційної безпеки під час провадження діяльності з використання джерел іонізуючого випромінювання. Впродовж 2020 – 2021 років ДНТЦ ЯРБ проведено 2 навчальні курси для працівників ТОВ «Промдеревина» та Центру превентивної медицини Державного управління справами. Загалом навчання пройшли 7 слухачів.

е) навчання з питань перевезення радіоактивних матеріалів. Проведено навчання персоналу ВП «Атомремонтсервіс» ДП «НАЕК «Енергоатом» за курсом: «Програма навчання персоналу, задіяного в перевезенні радіоактивних матеріалів, відповідно до ПБПРМ-2020». Це навчання було орієнтовано на підготовку персоналу ВП «Атомремонтсервіс», який буде виконувати роботи з перевезення РМ з АЕС на ЦСВЯП та з ЦСВЯП на АЕС (перевезення звільненої упаковки РМ), і полягало в ознайомленні з вимогами НП 306.6.229-2020 [19], а також розгляді питань безпеки під час перевезення РМ, з якими стикатиметься персонал ВП «Атомремонтсервіс» під час виконання своїх посадових обов'язків, зокрема розглядалися можливі ризики опромінення в разі витоку РМ та порядок дій за таких обставин. Навчання пройшли 15 слухачів.

**Навчання та підвищення професійної кваліфікації фахівців у сфері використання ядерної енергії в межах міжнародної діяльності.** Серед основних напрямів міжнародного співробітництва ДНТЦ ЯРБ важливе місце посідає поширення наявного експертного та науково-технічного потенціалу підприємства через участь у міжнародних програмах, проєктах та заходах з навчання персоналу зацікавлених іноземних організацій та установ. За міжнародними проєктами ДНТЦ ЯРБ долучився до таких навчальних заходів:

1) стажування спеціаліста Госатомнадзора Білорусі (2017 рік);

2) у межах Навчального курсу за проєктом SITEX II щодо оцінки регулюючими органами аналізу безпеки геологічного захоронення прочитана лекція за темою «Огляд національної програми та перспектив поводження з РАВ в Україні» (2017 рік);

3) проведено навчальний семінар з безпеки дослідних ядерних установок для фахівців Центру з ядерної та радіаційної безпеки Міністерства з надзвичайних ситуацій Республіки Білорусь (2018 рік);

4) спільно з представниками інших європейських організацій проведено навчання в рамках низки проєктів Європейської комісії «Навчання та наставництво для спеціалістів регулюючих органів та організацій, що надають їм науково-технічну підтримку, для розвитку або підсилення їх регулюючих та технічних спроможностей» у складі консорціуму на чолі з ENSTTI, зокрема:

а) прочитано лекції та проведено практичні заняття для фахівців органів регулювання

інших країн і організацій їхньої технічної підтримки (2017 та 2018 роки);

б) проведено навчальний курс «Регулюючий контроль радіаційного захисту при застосуванні джерел іонізуючого випромінювання в медицині» (2018 рік);

в) проведено навчальний курс «Здійснення нагляду за культурою безпеки та системою управління» (2019 рік);

г) проведено навчальний курс «Регулюючий контроль на ядерних майданчиках: інспектування аварійної готовності та реагування» (2019 рік);

5) спільно з Інститутом радіоелементів IRE (Бельгія) та його дочірньою компанією IRE-ELiT, проведено:

а) міжнародний навчальний курс «Регулюючі документи МАГАТЕ щодо кваліфікації та затвердження упаковок для транспортування радіоактивних матеріалів» (2017 рік);

б) чотири тематичних семінари з обміну досвідом з питань радіаційного захисту медичних джерел іонізуючого випромінювання, аварійної готовності та реагування, характеристики РАВ та РМ природного походження (2018 рік);

в) два вебінари за темами «Ліцензування та перевірка таких об'єктів, як циклотрон» та «Радіаційний захист у радіології та, зокрема, інтервенційна радіологія» (2021 рік);

б) прочитано курс лекцій з питань забезпечення ядерної та радіаційної безпеки в різних сферах для представників компанії СяньЧу та Аварійного центру Шаньдун, м. Циндао та м. Жунчен, КНР (2019 рік);

7) у межах проєкту міжнародної технічної допомоги, за підтримки Уряду США і Агентства зменшення загрози (DTRA), проведено навчання з питань радіаційної безпеки та основ дозиметрії для співробітників Департаменту Національної поліції України (2021 рік).

**Навчання майбутнього покоління інженерів-атомників.** ДНТЦ ЯРБ охоче реалізує проєкти із навчання молоді. Так, у межах освітніх програм ДП «НАЕК «Енергоатом» «Весняна школа» у 2017 – 2019 роках фахівці ДНТЦ ЯРБ розповідали студентам про науково-технічну підтримку регулювання ядерної та радіаційної безпеки, передові наукові дослідження та розробки у сфері ядерної та радіаційної безпеки і провели наочну демонстрацію роботи вимірювального обладнання мобільної лабораторії радіаційної розвідки «RanidSONNI» та переносного приладу радіаційного моніторингу Vasikka.

19 квітня 2018 року **представники ДНТЦ ЯРБ відвідали коледж геологорозвідувальних технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка** з метою ознайомлення студентів з діяльністю підприємства та з сучасними приладами радіаційного контролю, зокрема провели майстер-клас з використання індивідуальних дозиметрів та прикладного застосування





Рисунок 17 – II Міжнародна літня ядерна школа (липень 2019 року)

переносного дозиметра-радіометра Vasikka для пошуку та виявлення радіаційних аномалій, продемонстрували студентам мобільну лабораторію радіаційної розвідки «RanidSonni», описали принцип та механізм її роботи, досвід та сферу застосування.

У 2019 році для інформування молоді про поточний стан та перспективи розвитку атомної енергетики фахівцями ДНТЦ ЯРБ проведено **екскурсію для студентів факультету природничо-географічної освіти та екології Національного педагогічного університету ім. М. П. Драгоманова** щодо діяльності ДНТЦ ЯРБ та роботи мобільної лабораторії радіаційної розвідки RanidSONNI.

У 2018 році ДНТЦ ЯРБ спільно з Одеською політехнікою та ДП «НАЕК «Енергоатом» започаткували **Міжнародну літню ядерну школу**, яку провели в Одесі для восьми університетів Туреччини та представників України з метою ознайомлення із основами ядерної фізики, аспектами ядерної та радіаційної безпеки і сучасними підходами до застосування теплогідравлічних та нейтронно-

фізичних комп'ютерних кодів для обґрунтування безпеки АЕС. А в липні 2019 року в м. Київ відбулася II Міжнародна літня ядерна школа для студентів та викладачів вищих навчальних закладів Туреччини за темою «Проектна та експлуатаційна безпека реакторів типу ВВЕР. Загальні аспекти та конкретні питання» (рисунок 17).

Зважаючи на плани розвитку атомної галузі України, зокрема щодо будівництва нових реакторів малої потужності, все гострішою є потреба в кваліфікованому персоналі за цим напрямом.

У 2021 році в межах співпраці з Аргонською національною лабораторією США (ANL), ДНТЦ ЯРБ проведено **цикл навчальних семінарів для студентів-випускників** профільних закладів вищої освіти України, присвячених концепції та характеристикам **малих модульних реакторів**, розроблених у США (рисунок 18). Зазначений цикл навчань проводився з метою формування у студентів розуміння проектних основ та підходів до безпечної експлуатації АЕС, зокрема основних технічних особливостей новітніх ядерних технологій (передусім, американських: NuScale та Holtec SMR-160),



Рисунок 18 – Спеціалізоване навчання для студентів українських технічних університетів у межах співпраці ДНТЦ ЯРБ з ANL (червень 2021 року)



а також підходів до забезпечення ядерної та радіаційної безпеки ядерних установок, які вже впроваджено або плануються до впровадження в Україні.

Усвідомлюючи важливість залучення молоді до навчання технічним спеціальностям та розуміючи важливість збереження і примноження кадрового потенціалу в атомній галузі, а також за результатами успішного проведення вищезазначеного навчання, керівництво ДНТЦ ЯРБ ініціювало налагодження тісної співпраці з Львівською, Одеською та Київською політехніками.

Починаючи з 2012 року на базі підприємства на регулярній основі для ознайомлення фахівців з останніми досягненнями науки і техніки у сфері ЯРБ, поширення національного та міжнародного досвіду в цій сфері, а також результатів наукових досліджень проводяться **внутрішні навчальні семінари у формі навчального заняття**, де лектор організовує дискусію навколо визначеної теми. Так, протягом звітного періоду провідними науковими фахівцями ДНТЦ ЯРБ було підготовлено та проведено 42 семінари, в яких брали участь як працівники ДНТЦ ЯРБ, так і представники Держатомрегулювання.

Наразі наше підприємство має достатній та навіть унікальний досвід, досвідчених лекторів та успішно реалізовані освітні програми в різних сферах використання ядерної енергії в мирних цілях.

### Науково-інформаційна діяльність

ДНТЦ ЯРБ активно запроваджує інші види наукової діяльності, як-от підготовка та видання наукових публікацій, книг, монографій тощо; участь фахівців Центру в наукових конференціях та семінарах, у роботі спеціалізованих робочих груп, діяльності наукових та громадських організацій, спеціалізованих вчених рад тощо.

### Журнал «Ядерна та радіаційна безпека».

ДНТЦ ЯРБ має власне видання – Науково-технічний журнал «Ядерна та радіаційна безпека» ISSN (print) 2073-6231 [20]. Журнал входить до Міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS [21], бази даних INIS (The International Nuclear Information System) та включено до переліку наукових фахових видань України категорії – «А» (наказ МОН України 15 жовтня 2019 № 1301 [22]), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

У журналі висвітлюються загальні питання безпеки ядерних технологій; експлуатаційна безпека ядерних установок; ядерне паливо та нейтронно-фізичні процеси в активних зонах; методологія та результати аналізу безпеки ядерних установок; продовження строку експлуатації ядерних установок; зняття з експлуатації ядерних установок; поводження з ВЯП та РАВ; радіаційна безпека; електротехнічне устаткування, інформаційні та керуючі системи; ядерна захищеність; інше (див. рисунок 19).

На сьогодні редакційна колегія складається з 21 висококваліфікованого науковця. До редакційної колегії журналу входять провідні фахівці України та світу.

Лише протягом 2017 – 2021 років у журналі було опубліковано 195 наукових статей, з них авторами 45 статей є винятково працівники ДНТЦ ЯРБ, 41 стаття написана у співавторстві з працівниками ДНТЦ ЯРБ і 109 написані зовнішніми авторами. Зовнішніми авторами журналу виступили працівники наукових та дослідних установ, навчальних закладів, підприємств, діяльність яких так чи інакше має зв'язок з ядерною та радіаційною безпекою. Географія авторів охоплює не лише Україну, а й Німеччину, Швецію, Об'єднане Королівство Великобританії та Північної Ірландії, Литву, Латвію, Естонію, Єгипет та Азербайджан.



Рисунок 19 – Розподіл за напрямками статей, надрукованих в журналі за 2017 – 2021 роки

Для підвищення рейтингів наших фахівців, як авторів статей, сприяння підвищенню наукометричних показників журналу «Ядерна та радіаційна безпека» та збільшенню його цитованості та авторитетності серед наукових фахових видань і, загалом, для покращення наукометричних показників ДНТЦ ЯРБ як наукової установи, редакторською командою журналу запроваджено низку заходів, які сприяли:

підвищенню найважливішого показника авторитетності журналу за версією SCOPUS – SJR (SCImago Journal Ranking), так у 2018 році він склав – 0,162, у 2019 році – 0,191, а у 2020 році – 0,22;

переходу журналу з квартилю Q4 до вищого – Q3, що свідчить про престижність, впливовість та значущість нашого журналу всередині наукометричної бази.

**Наукові твори.** З метою популяризації наукових знань та досягнень у сфері використання ядерної енергії підприємством впродовж 2017-2021 років здійснювалась діяльність зі створення об'єктів права інтелектуальної власності, а саме: 5 письмових творів наукового характеру та 7 об'єктів нематеріальних активів (монографій з нагоди 30-ліття ДНТЦ ЯРБ).

Упродовж 2017-2021 років створювались об'єкти нематеріальних активів у вигляді письмових наукових творів, як-от:

«Керівництво з проведення оцінки документів щодо безпеки зняття з експлуатації радіаційно-ядерних об'єктів на відповідність загальним критеріям безпеки» (створення завершено у 2017 році. Твір містить рекомендації для проведення оцінок та інспекційних перевірок діяльності щодо безпеки зняття з експлуатації радіаційно-ядерних об'єктів);

«Поводження з радіоактивними відходами. Принципи, критерії, загальні вимоги безпеки» (створення завершено у 2019 році. У творі система-

тизовано принципи, критерії, загальні вимоги безпеки, що застосовуються до об'єктів, призначених для поводження з РАВ);

«Поводження з відпрацьованим ядерним паливом. Принципи, критерії, загальні вимоги безпеки» (створення завершено у 2020 році. У творі систематизовано принципи, критерії, загальні вимоги безпеки, що застосовуються до сховищ ВЯП сухого типу);

«Безпека практичного поводження з радіоактивними відходами різного походження» (створення завершено у 2021 році. Твір містить аналіз існуючої практики поводження з РАВ усіх видів та типів, які накопичені в Україні та можуть утворюватися в майбутньому під час здійснення практичної діяльності в ядерно-паливному циклі та під час використання РМ та джерел іонізуючого випромінювання в господарській діяльності);

«Аспекти безпеки управління запроєктною аварією на 4-ому енергоблоці Чорнобильської АЕС та його перетворення в безпечну систему» (створення продовжується).

З нагоди 30-ліття ДНТЦ ЯРБ у 2020 році розпочато роботи зі створення серії монографій (рисунок 20):

«Оцінка сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій» (у монографії детально розглянуті сучасні вимоги до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків АЕС, методи виконання оцінки сейсмостійкості, а також наведено відомості щодо вже реалізованих і запланованих дій експлуатуючої організації з обґрунтування сейсмостійкості енергоблоків АЕС України; описані деякі результати робіт на основі багаторічного досвіду фахівців ДНТЦ ЯРБ тощо);

«Аспекти безпеки інформаційних та керуючих систем АЕС України» (монографію присвячено розгляду різних аспектів нормування, оцінювання та



Рисунок 20 – Серія монографій з нагоди 30-ліття ДНТЦ ЯРБ

забезпечення безпеки інформаційних та керуючих систем (ІКС) АЕС, а саме: розглянуто тенденції розвитку ІКС АЕС з урахуванням зміни поколінь систем та сучасних викликів, зумовлених розвитком комп'ютерних технологій; розглянуто розвиток нормативної бази щодо безпеки ІКС АЕС в Україні; описано підходи до створення нормативної бази з кіберзахисту ІКС АЕС в Україні на етапах виробництва, впровадження та експлуатації);

«Сучасні підходи до аналізу безпеки систем поведіння з ядерним паливом» (монографію присвячено розробці і впровадженню фахівцями ДНТЦ ЯРБ підходів до аналізу ядерної безпеки з врахуванням глибини вигорання палива та розробки моделей і виконання теплогідравлічного аналізу систем поведіння з ВЯП в Україні);

«Забезпечення працездатності елементів і конструкцій АЕС у період проєктної та довгострокової експлуатації (аналітичні дослідження і досвід експлуатації)» (монографію присвячено науковим і практичним питанням забезпечення міцності, довговічності і працездатності елементів і конструкцій АЕС, зокрема завдяки запасам, передбаченим на стадії вихідного проєкту, втілення заходів з управління старінням і уточнених сучасних розрахункових методів і підходів, які дозволяють виконати моделювання різних експлуатаційних умов максимально близькими до реальних; наведено результати багаторічних досліджень, переважно прикладних, які знайшли своє застосування завдяки синергії наукової діяльності й експлуатаційної практики);

«Питання радіаційної безпеки під час використання ядерних та радіаційних технологій у промисловості та медицині» (монографію присвячено розкриттю поняття радіаційної безпеки під час використання іонізуючого випромінювання в промисловості та медицині, зокрема на етапах проєктування, експлуатації та під час аварій, а також практичних питань забезпечення радіаційної безпеки, як-то: радіаційний контроль, аварійне реагування, методи розрахунків доз опромінення тощо);

«Ліцензування ядерної підкритичної установки «Джерело нейтронів»: від проєктування до фізичного пуску» (монографію присвячено досвіду України з ліцензування ядерної підкритичної установки «Джерело нейтронів», зокрема з розроблення нормативної бази ЯРБ щодо дослідницьких ядерних установок, особливостей підходів до ліцензування таких установок; детально розглянуто історію розробки підкритичних систем; приділено увагу дослідженню безпеки установки, особливо щодо розробки розрахункових моделей та виконання перевірочних обґрунтувань безпеки за напрямками нейтронно-фізичного, теплогідравлічного та радіаційного аналізів; описано особливості та результати фізичного пуску цієї установки);

«Методологія безпеки зняття з експлуатації ядерних установок та поведіння радіоактивними відходами» (монографію присвячено досвіду ДНТЦ ЯРБ з розробки проєктів нормативних документів та експертної оцінки щодо зняття з експлуатації ядерних установок, наведено методологічні аспекти безпечного поведіння з РАВ на всіх стадіях поведіння з ними, включно з кінцевими стадіями, пов'язаними з довгостроковим зберіганням та захороненням РАВ).

Наразі монографії перебувають на завершальному етапі створення та плануються до публікації протягом 2022 – 2023 років.

**Участь фахівців ДНТЦ ЯРБ у заходах національного та міжнародного рівнів.** Щороку фахівці ДНТЦ ЯРБ беруть участь у міжнародних та національних заходах, серед яких конференції, семінари, панельні дискусії та ін. Такі заходи спрямовані, зокрема, на подальший розвиток співробітництва, обговорення результатів спільної діяльності, обмін досвідом щодо забезпечення ядерної та радіаційної безпеки тощо. Протягом 2017 – 2021 років працівники Центру брали участь у близько 400 наукових та науково-технічних всеукраїнських та міжнародних заходах. За цей період співробітниками підприємства було підготовано 269 публікацій, з них:

наукових статей у журналі «Ядерна та радіаційна безпека» – 86;

наукових статей в інших науково-технічних виданнях – 66;

опублікованих доповідей та тез – 117.

Працівники ДНТЦ ЯРБ беруть активну участь у конкурсах наукових робіт молодих експертів, зокрема, наші молоді вчені здобули перемогу на таких міжнародних конкурсах:

спільна робота молодих фахівців з ДНТЦ ЯРБ та LEI (Литва) здобула 1-е місце у конкурсі ETSON Award (2017 рік);

науковий співробітник відділу аналізу експлуатаційної безпеки Олександр Кухочський здобув перемогу в конкурсі постерів молодих науковців Міжнародної конференції МАГАТЕ з дослідницьких реакторів: виклики та можливості забезпечення ефективності та сталого розвитку (2019 рік);

науковий співробітник відділу безпечного зняття з експлуатації Інна Ярмош спільно з представницею GRS здобули друге місце в конкурсі наукових робіт серед молодих вчених у сфері ядерної та радіаційної безпеки ETSON Award, що пройшов у межах EUROSAFE-2019 (2019 рік);

науковий співробітник відділу кваліфікації обладнання та сейсмостійкості Марат Мустафін та співробітник НТК «ІЕЗ ім. Є. О. Патона» НАН України Володимир Деменков вийшли у фінал престижного міжнародного конкурсу стендових доповідей «CAE International Poster Award 2019» (2019 рік);

начальник лабораторії аналізу безпеки інформаційних систем та кібербезпеки відділу аналізу безпеки керуючих та інформаційних систем Артем Симонов брав участь у конкурсі на здобуття премії НАН України для молодих вчених.

### Плани на майбутнє

Пріоритетними напрямками наукової діяльності ДНТЦ ЯРБ на підтримку регулювання ядерної та радіаційної безпеки на найближчий період є:

експертний супровід підготовки до ліцензування в Україні новітніх ядерних установок, зокрема малих модульних реакторів (розробка регуляторних підходів та процедур; незалежна технічна оцінка проектних основ тощо);

поглиблені розрахункові дослідження властивостей конструкційних матеріалів у межах ліцензування безпечної довгострокової експлуатації АЕС;

оптимізація та вдосконалення розрахункових моделей і методології досліджень процесів в ядерних установках та радіологічних наслідків проектних та запроєктних аварій.

Подальший розвиток співпраці з науковими установами НАН України та міжнародними організаціями безперечно дозволить реалізувати зазначені завдання більш ефективно. Також, ДНТЦ ЯРБ буде продовжувати приділяти відповідну увагу підготовці майбутніх інженерів-атомників за допомогою організації та проведення освітніх заходів з метою формування у студентів розуміння основ проектування та підходів до безпечної експлуатації АЕС, а також основних технічних особливостей найсучасніших ядерних технологій, які плануються до впровадження в Україні.

### Список використаної літератури

1. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/39/95-%D0%B2%D1%80#Text>.

2. Статут Державного підприємства «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки» (нова редакція). Київ, 2021.

3. Про результати державної атестації наукових установ. Наказ МОН України від 17.06.2020 № 817.

4. Про включення наукових установ до Державного реєстру наукових установ, яким надається підтримка держави. Наказ МОН України від 04.09.2020 № 1107.

5. Про наукову та науково-технічну діяльність : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text>.

6. Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2623-14#Text>.

7. Про освіту : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>.

8. НП 306.2.235-2021 Вимоги до оцінки безпеки атомних станцій щодо зовнішніх впливів природного характеру. Затверджено наказом Держатомрегулювання від 30.05.2021 № 263, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 20.05.2021 за № 670/36292.

9. Шугайло О-й П., Лігоцький О. І., Серафін Р. І., Печериця О. В., Панченко А. В. Основні результати аналізу подій на АЕС України, пов'язаних із захисною оболонкою. Ядерна та радіаційна безпека. 2021. № 3(91). С. 51-62. doi: 10.32918/nrs.2021.3(91).06.

10. Шугайло О-й П., Лігоцький О. І., Печериця О. В., Кульман О. М., Москалішин Р. І., Халенко Р. В., Курман О. М. Результати аналізу подій на АЕС України, спричинених старінням. Ядерна та радіаційна безпека. 2020. № 2(86). С. 44-51. doi: 10.32918/nrs.2020.2(86).06.

11. Серафін Р. І., Лігоцький О. І., Недбай С. В., Печериця О. В., Халенко Р. В., Курман О. М. Досвід експлуатації арматури на атомних електростанціях України та Європейського Союзу. Ядерна та радіаційна безпека. 2019. № 3(83). С. 35-43. doi: 10.32918/nrs.2019.3(83).04.

12. Бутова О. М., Клевцов О. Л., Печериця О. В., Трубочанінов С. О., Ястребенецький М. О. Аналіз експлуатаційних подій, викликаних дефектами цифрових інформаційних та керуючих систем АЕС. Ядерна та радіаційна безпека. 2019. № 2(82). С. 47-53. doi: 10.32918/nrs.2019.2(82).09.

13. Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту : Постанова Кабінету Міністрів України від 9 січня 2014 р. № 11

14. НП 306.1.224-2020 Положення про функціональну підсистему ядерної та радіаційної безпеки єдиної державної системи цивільного захисту. Затверджено наказом Держатомрегулювання від 14.02.2020 № 57, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 13.04.2020 за № 340/34623.

15. Fuzik K., Kondratiev S., Kutina I., Nikolaiev I., Veselov Y. Implementation of graded approach in ensuring safety in management of emergency and legacy radioactive waste in Ukraine. Journal of Radiological Protection. 2021. No. 41(3). pp. S269-S283. doi: 10.1088/1361-6498/ac0d61.

16. Валігун Н. П., Гуменюк Д. В., Єсипенко Ю. В., Зелений О. В., Печериця О. В., Шевченко І. А. Актуальні напрями освітньої діяльності ДНТЦ ЯРБ. Ядерна та радіаційна безпека. 2020. № 2(86), С. 4-12. doi: 10.32918/nrs.2020.2(86).01.

17. НП 306.1.196-2014 Порядок проведення навчання і перевірки знань з питань радіаційної безпеки у персоналу і посадових осіб суб'єктів окремих видів діяльності у сфері використання ядерної енергії. Затверджено наказом Держатомрегулювання від 02.10.2014 № 143, зареєстровано в Міністерстві юстиції 02.12.2014 за № 1549/26326.



18. НП 306.1.187-2012 Порядок проведення навчання і перевірки знань з питань ядерної та радіаційної безпеки у персоналу експлуатуючої організації (оператора) та юридичних осіб, які залучаються експлуатуючими організаціями як підрядники. Затверджено наказом Держатомрегулювання від 18.10.2012 № 188, зареєстровано в Міністерстві юстиції 31.10.2012 за № 1817/22129.

19. НП 306.6.229-2020 Правила безпечного перевезення радіоактивних матеріалів (ПБПРМ-2020). Затверджено наказом Держатомрегулювання від 27.10.2020 № 436, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 30.12.2020 за № 1313/35596.

20. Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації, серія KB № 3146 від 26.03.1998.

21. Nuclear and Radiation Safety. Source details. Scopus. URL: <https://www.scopus.com/sourceid/21100212322/>.

22. Про затвердження рішень Атестаційної колегії Міністерства від 15 жовтня 2019 року. Наказ МОН України від 15.10.2019 № 1301.

10. Shugailo, O-y, Ligotskyy, O., Pecherytsia, O., Kulman, O., Moskalysyn, R., Khalenko, R., Kurman, O. (2020). Results of the analysis of events at Ukrainian NPPs caused by aging. *Nuclear and Radiation Safety*, 2(86), 44-51. doi: 10.32918/nrs.2020.2(86).06.

11. Serafyn, R., Ligotskyy, O., Nedbay, S., Pecherytsia, O., Khalenko, R., Kurman, O. (2019). Experience in the operation of valves at NPPs of Ukraine and the European Union. *Nuclear and Radiation Safety*, 3 (83), 35-43. doi: 10.32918/nrs.2019.3(83).04.

12. Butova, O., Klevtsov, O., Pecherytsia, O., Trubchaninov, S., Yastrebenetskyi, M. (2019). Analysis of operational events caused by defects in digital information and control systems of nuclear power plants. *Nuclear and Radiation Safety*, 2(82), 47-53. doi: 10.32918/nrs.2019.2(82).09.

13. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On Approval of the Provisions on the Unified State Civil Protection System" No. 11 dated 9 January 2014.

14. NP 306.1.224-2020. Provisions on the functional subsystem of nuclear and radiation safety of the unified state civil protection system. Approved by SNRIU Order No. 57 dated 14 February 2020, registered in the Ministry of Justice of Ukraine on 13 April 2020 under No. 340/34623.

15. Fuzik, K., Kondratiev, S., Kutina, I., Nikolaiev, I., Veselov, Y. (2021). Implementation of graded approach in ensuring safety in emergency and legacy radioactive waste management in Ukraine. *Journal of Radiological Protection*, 41(3). S269-S283. doi: 10.1088/1361-6498/ac0d61.

16. Valigun, N., Gumenyuk, D., Yesypenko, Y., Zeleny O., Pecherytsia, O., Shevchenko, I. (2020). Current areas of SSTC NRS educational activities. *Nuclear and Radiation Safety*, 2(86), 4-12. doi: 10.32918/nrs.2020.2(86).01.

17. NP 306.1.196-2014. Procedure for training and knowledge testing on radiation safety for personnel and officials of certain nuclear entities. Approved by SNRIU Order No. 143 dated 2 October 2014, registered in the Ministry of Justice of Ukraine on 2 December 2014 under No. 1549/26326.

18. NP 306.1.187-2012. Procedure for training and knowledge testing on nuclear and radiation safety for personnel of the operating organization (operator) and legal entities that are involved by operating organizations as contractors. Approved by SNRIU Order No. 188 dated 18 October 2012, registered in the Ministry of Justice of Ukraine on 31 October 2012 under No. 1817/22129.

19. NP 306.6.229-2020. Rules for the Safe Transport of Radioactive Materials (PBPRM-2020). Approved by SNRIU Order No. 436 of 27 October 2020, registered in the Ministry of Justice of Ukraine on 30 December 2020 under No. 1313/35596.

20. Certificate of state registration of the print media, series KV No. 3146 dated 26 March 1998.

21. Nuclear and Radiation Safety. Source details. Scopus. Retrieved from: <https://www.scopus.com/sourceid/21100212322/>.

22. Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine "On Approval of Decisions of the Certification Board of the Ministry of 15 October 2019" No. 1301 dated 15 October 2019.

## References

1. Law of Ukraine "On Nuclear Energy and Radiation Safety". Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/39/95-%D0%B2%D1%80#Text>.

2. Charter of State Enterprise "State Scientific and Technical Center for Nuclear and Radiation Safety" (new edition). Kyiv, 2021.

3. Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine "On the Results of State Certification of Scientific Institutions" No. 817 dated 17 June 2020.

4. Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine "On the Inclusion of Scientific Institutions in the State Register of Scientific Institutions, which Are Supported by the State" No. 1107 dated 4 September 2020.

5. Law of Ukraine "On Scientific and Scientific and Technical Activities. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text>.

6. Law of Ukraine "On the Priority Areas of Science and Technology Development". Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2623-14#Text>.

7. Law of Ukraine "On Education". Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>.

8. NP 306.2.235-2021. Requirements for Safety Assessment of Nuclear Power Plants in Terms of External Natural Effects. Approved by SNRIU Order No. 263 dated 30 May 2021, registered in the Ministry of Justice of Ukraine on 20 May 2021 under No. 670/36292.

9. Shugaylo, O-y, Ligotskyy, O., Serafyn, R., Pecherytsia, O., Panchenko, A. (2021). Main results of the analysis of events at Ukrainian NPPs associated with the containment. *Nuclear and Radiation Safety*, 3(91), 51-62. doi: 10.32918/nrs.2021.3(91).06.

## SSTC NRS Scientific Activities in 2017-2021

### **Nataliia Valigun**

Head of Administrative and Informational/  
Methodological Support Department SSTC NRS,  
Kyiv, Ukraine

### **Iryna Vorobey**

Deputy Head of Administrative and  
Informational/Methodological Support  
Department SSTC NRS, Kyiv, Ukraine

### **Oleksandra Kornievska**

Head of Information and Analytical  
Sector, Administrative and Informational/  
Methodological Support Department  
SSTC NRS, Kyiv, Ukraine

### **Yuliia Andriushko**

Deputy Head of Information and Analytical  
Sector, Administrative and Informational/  
Methodological Support Department  
SSTC NRS, Kyiv, Ukraine

### **Oleksandr Pecherytsia**, PhD (Engin.)

Deputy Director for Scientific and International  
Activities SSTC NRS, Kyiv, Ukraine

The main tasks of SSTC NRS scientific activities are to obtain competitive scientific and scientific-applied results for solving priority tasks within scientific, technical, expert, information and analytical support of the state nuclear regulatory body of Ukraine; analyze existing standardization system for identifying not regulated aspects, uncertainties and contradictions; study and analyze operating experience of nuclear installations; study, adapt and put into practice advanced methodologies for safety analysis and assessment; master state-of-the-art computer codes and develop models for obtaining knowledge on the processes in the reactor components and containment, popularize scientific achievements of the enterprise and provide educational services aimed at improving professional qualification and professional retraining of experts in the area of nuclear and radiation safety, organize publishing activities, etc.

The article lists the main results of the enterprise scientific activities for 2017-2021, in particular, it describes the research results in the following areas: analysis of the operating experience of nuclear installations, integrated system for NPP safety oversight, emergency preparedness and response, radioactive waste management, considers enterprise experience in the development of computer models that allow studying the processes in the reactors of power units of all types operated at Ukrainian NPPs, describes the areas of educational, scientific and information activities both within Ukraine and abroad.

Research and analytical work is the basis for the formation of the SSTC NRS scientific and technical potential, improvement of computational and analytical capabilities and study of topical safety issues in nuclear energy use. To maintain an appropriate level of competence, SSTC NRS cooperates with leading national scientific and international organizations and societies to develop common scientific and methodological approaches to nuclear and radiation safety, scientific information exchange.

Keywords: nuclear and radiation safety, publishing activities, research, scientific activities, scientific and information activities, skill improvement.