

# Експертна 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>

■ **Мартиненко Анастасія Анатоліївна**

Начальник сектору організації й контролю виконання експертиз  
(технічних оцінок) ядерної та радіаційної безпеки і науково-дослідних робіт відділу  
організаційного та інформаційно-методичного забезпечення ДНТЦ ЯРБ, м. Київ, Україна  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5824-062X>

■ **Бойчук Вячеслав Степанович**

Заступник директора з ядерної та радіаційної безпеки ДНТЦ ЯРБ, м. Київ, Україна  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0166-7811>

Стаття містить основні результати експертної діяльності ДНТЦ ЯРБ за 2017 – 2021 роки в межах підтримки регулюючих рішень органу державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки України.

Експертна діяльність ДНТЦ ЯРБ була сфокусована на виконанні всебічної оцінки безпеки ядерних установок, об'єктів, призначених для поводження з відпрацьованим ядерним паливом та радіаційними відходами, об'єкта «Укриття» / нового безпечного конфайнмента, безпеки використання джерел іонізуючого випромінювання, перевезення ядерних матеріалів, фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів та джерел іонізуючого випромінювання, а також на науково-технічній підтримці наглядової функції державного регулювання (зокрема інспекційної діяльності Державної інспекції ядерного регулювання України).

Ключові слова: АЕС, відпрацьоване ядерне паливо, джерела іонізуючого випромінювання, експертно-аналітична діяльність, перевірочні розрахунки, радіоактивне випромінювання, розрахункові моделі, ядерна та радіаційна безпека, ядерне паливо, ядерні матеріали, ядерні установки.

© Валігун Н. П., Воробей І. І., Корнієвська О. С., Мартиненко А. А., Бойчук В. С., 2022

Відповідно до положень Конвенції про ядерну безпеку й Об'єднаної конвенції про безпеку поводження з відпрацьованим паливом та про безпеку поводження з радіоактивними відходами [1], [2] в Україні створена та функціонує державна система регулювання ядерної та радіаційної безпеки (ЯРБ).

Органом виконавчої влади, що здійснює державне регулювання ядерної та радіаційної безпе-

ки, є Державна інспекція ядерного регулювання України (Держатомрегулювання), яка, відповідно до Закону України [3] та Положення [4], забезпечує формування та реалізує державну політику в сфері безпеки використання ядерної енергії, здійснює державне регулювання безпеки використання ядерної енергії.

Загальноприйнятою та ефективною міжнародною практикою є створення при регулюючому

органі організації науково-технічної підтримки, що складається з компетентних працівників, здатних виконувати технічні оцінки, дослідження та розробки для вирішення численних і складних питань науково-технічного характеру. Такою організацією в Україні є ДНТЦ ЯРБ.

Діяльність ДНТЦ ЯРБ, відповідно до Статуту [5] підприємства, здійснюється за завданнями Держатомрегулювання та спрямована на забезпечення науково-технічної та експертної підтримки регулюючого органу.

Експертна діяльність з підтримки регулюючих рішень Держатомрегулювання на всіх етапах життєвого циклу ядерних установок (ЯУ), об'єктів, призначених для поводження з відпрацьованим ядерним паливом (ВЯП) та радіоактивними відходами (РАВ), об'єкта «Укриття» (ОУ) / нового безпечного конфайнмента (НБК), об'єктів, на яких використовуються джерела іонізуючого випромінювання (ДІВ), уранових об'єктів, а також під час перевезення ядерних матеріалів (ЯМ) та фізичного захисту ЯУ, ЯМ, РАВ і ДІВ здійснюється за трьома напрямками діяльності регулюючого органу: ліцензування, нормування та нагляд. Експертна діяльність в межах науково-технічної підтримки Держатомрегулювання є одним із основних напрямів роботи ДНТЦ ЯРБ впродовж 30 років існування підприємства (рисунок 1). За цей час ДНТЦ ЯРБ став потужною організацією на-

уково-технічної підтримки регулюючого органу за всіма технічними напрямками оцінки безпеки.

Експертна діяльність в ДНТЦ ЯРБ супроводжується програмами наукових досліджень, спрямованих на:

вивчення, адаптацію та запровадження в практику передових методологій виконання оцінки безпеки ЯУ;

освоєння сучасних розрахункових кодів, розроблення, верифікацію і валідацію моделей у форматах різних кодів;

вивчення та аналіз досвіду експлуатації; створення інформаційно-аналітичних та довідкових систем і баз даних;

збір, аналіз, верифікацію вихідних даних, специфічних для кожної ЯУ;

ідентифікацію проблем безпеки, отримання знань щодо їх природи та можливостей вжиття коригувальних заходів.

Експертна діяльність ДНТЦ ЯРБ протягом 2017 – 2021 років здійснювалась у межах реалізації енергетичної стратегії України [6], пріоритетних завдань Держатомрегулювання та рішень Колегії [7], а також стратегічних планів розвитку підприємства [8], [9].

У цій статті розглянуті основні результати експертної діяльності ДНТЦ ЯРБ протягом 2017 – 2021 років.



Рисунок 1 – Об'єкти регулювання ядерної та радіаційної безпеки

**Державна експертиза ядерної та радіаційної безпеки**

Державна експертиза ЯРБ – комплекс організаційної, науково-технічної та експертно-аналітичної діяльності, яка проводиться спеціально вповноваженим органом державного регулювання ЯРБ – Держатомрегулюванням з метою незалежної оцінки рівня технічної безпеки у сфері використання ядерної енергії, з урахуванням усіх факторів, що спричиняють ядерну та радіаційну небезпеку для здоров'я людини та довкілля, включно із забезпеченням фізичного захисту [10].

Основні завдання державної експертизи ЯРБ згідно з [10]:

- оцінка відповідності проекту фундаментальним принципам і критеріям ЯРБ;

- оцінка відповідності запропонованих рішень вимогам Законів України, нормативно-правових актів і стандартів з ЯРБ;

- визначення повноти, достатності та обґрунтованості організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення неперевищення основних дозових меж опромінення персоналу, населення та радіаційного впливу на довкілля;

- підготовка об'єктивного та обґрунтованого висновку державної експертизи ЯРБ.

ДНТЦ ЯРБ є відповідальною експертною організацією [10] Держатомрегулювання і за її завданням здійснює розгляд наданих Замовником матеріалів.

Накопичений досвід експертно-аналітичної діяльності ДНТЦ ЯРБ є найвагомішим порівняно з досвідом щодо виконання інших функцій і завдань, визначених Статутом підприємства [5]. Значна кількість державних експертиз ЯРБ і високі вимоги до їх якості сприяли запровадженню системного підходу до удосконалення всіх елементів експертно-аналітичної діяльності підприємства.

Повністю стандартизовано, детально визначено та документально оформлено в межах інтегральної системи менеджменту ДНТЦ ЯРБ кожен складову частину процесу виконання державних експертиз (технічних оцінок) ЯРБ. Методики виконання державної експертизи ЯРБ певних матеріалів ліцензіатів затверджені наказами Держатомрегулювання або погоджені регулюючим органом. Розроблено, погоджено з Держатомрегулюванням та впроваджено в діяльність підприємства критерії/категорії важливості зауважень та рекомендацій державної експертизи ЯРБ з метою оптимізації механізму взаємодії «ліцензіат – регулятор» та забезпечення прозорості процедури розгляду матеріалів ліцензіатів. Ці критерії були оприлюднені на вебсайтах ДНТЦ ЯРБ та Держатомрегулювання, надіслані інформаційним листом зацікавленим організаціям (зокрема, ДП «НАЕК «Енергоатом», відокремлені підрозділи АЕС, Державне спеціалізоване підприємство

«Чорнобильська АЕС» (ДСП ЧАЕС), проектним інститутом – Акціонерне товариство «Київський науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Енергопроект», Акціонерне товариство «Харківський науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Енергопроект»). Якість виконання державних експертиз забезпечується системною підготовкою та підтримкою кваліфікації експертів.

За період з 2017 по 2021 роки ДНТЦ ЯРБ на виконання завдань Держатомрегулювання виконано 7321 експертну роботу, серед яких 4123 державні експертизи (технічні оцінки) ЯРБ матеріалів ліцензіатів та 686 експертних оцінок (рисунки 2, 3).

Серед найбільш важливих робіт слід виокремити виконання комплексних державних експертиз (технічних оцінок) ЯРБ за такими напрямками:

- **впровадження заходів Комплексної (зведеної) програми підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних електростанцій.**

ДНТЦ ЯРБ розглядалася документація в межах реалізації більшості заходів КзППБ [11], зокрема і щодо впровадження на енергоблоках АЕС так званих «постфукусимських» заходів з підвищення безпеки, що були визначені за результатами проведення «стрес-тестів» та внесені до КзППБ [11]: забезпечення підживлення і охолодження парогенераторів та басейнів витримки в умовах довгострокового повного знеструмлення АЕС, забезпечення аварійного електропостачання в умовах тривалого знеструмлення, забезпечення працездатності споживачів системи технічної води групи «А», забезпечення приладами під час та після аварії (система аварійного та пост-аварійного моніторингу), виконання аналізу важких аварій і розробка керівництв з управління важкими аваріями, попередження раннього байпасування гермооболонки (ГО) внаслідок потрапляння розплавлених мас активної зони із шахти реактора в ГО, впровадження заходів для зниження концен-

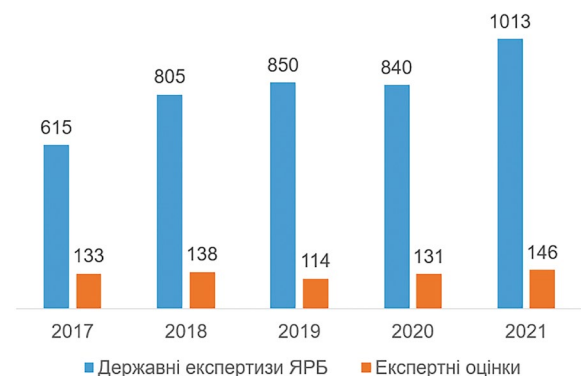


Рисунок 2 – Кількість виконаних державних експертиз ЯРБ та експертних оцінок у 2017 – 2021 рр.

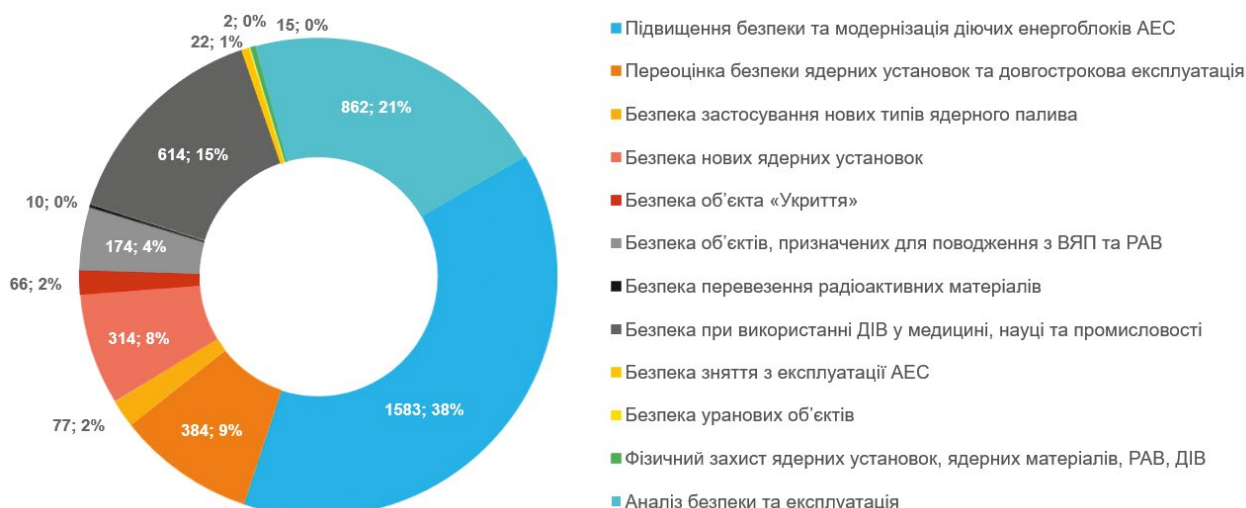


Рисунок 3 – Розподіл державних експертиз (технічних оцінок) ЯРБ у 2017 – 2021 рр. за напрямами оцінки

трації водню в ГО для запроєктних аварій, впровадження системи примусового скидання тиску із ГО, аналіз можливості реалізації стратегії з локалізації розплаву в корпусі реактора тощо.

ДНТЦ ЯРБ залучається Держатомрегулюванням до аналізу документації, що розробляється на всіх етапах впровадження заходів КзППБ[11]: технічні умови (технічні завдання, технічні специфікації) на обладнання, важливе для безпеки АЕС, та програми випробувань, концептуальні технічні рішення про проведення модифікацій, технічні рішення з матеріалами, що обґрунтовують безпеку, про проведення монтажу об'єкта модифікації, про введення об'єкта модифікації в дослідну та промислову експлуатацію, звіти щодо виконання заходів КзППБ [11]. За дорученням Держатомрегулювання фахівці ДНТЦ ЯРБ неодноразово брали участь у випробуваннях обладнання на майданчиках заводів-виробників;

– **обґрунтування можливості довгострокової експлуатації енергоблоків АЕС.** Одним з важливих напрямів експертної діяльності підприємства є підтримка Держатомрегулювання в процесі прийняття рішення щодо можливості довгострокової експлуатації енергоблоків АЕС (продовження строку експлуатації). Відповідно до чинного законодавства рішення щодо можливості продовження строку експлуатації енергоблока АЕС приймається Держатомрегулюванням на основі результатів переоцінки його безпеки. Підставою для прийняття рішення є позитивний висновок державної експертизи ЯРБ звіту з періодичної переоцінки безпеки енергоблока. Кожний з 14 фактів безпеки та комплексний аналіз безпеки ретельно розглядається та аналізується фахівцями Держатомрегулювання / ДНТЦ ЯРБ. Причому най-

більш впливовими на загальний висновок щодо можливості продовження строку експлуатації є результати аналізу за такими факторами безпеки як: «проєкт енергоблока», «поточний технічний стан систем та елементів», «кваліфікація обладнання» та «старіння».

Діяльність підприємства за цим напрямом було зосереджено на проведенні державної експертизи ЯРБ матеріалів експлуатуючої організації щодо обґрунтування можливості довгострокової експлуатації енергоблоків №№ 3 - 5 Запорізької АЕС (ЗАЕС), № 3 Рівненської АЕС (РАЕС), № 1 Хмельницької АЕС (ХАЕС) та № 3 Южно-Української АЕС (ЮУАЕС)<sup>1</sup>, а також на оцінці матеріалів чергової переоцінки безпеки енергоблоків №№ 1, 2 РАЕС та № 6 ЗАЕС;

– **оцінка безпеки нових ядерних установок:**

**Енергоблоки №№ 3, 4 ХАЕС.** У 2017 році ДНТЦ ЯРБ розглядалися матеріали техніко-економічного обґрунтування «Будівництво енергоблоків №№ 3, 4 Хмельницької АЕС» (м. Нетішин, вул. Енергетиків) (Коригування), яким передбачалося будівництво цих енергоблоків консорціумом чеських компаній на чолі зі Skoda JS a.s. Розпорядженням від 26 липня 2018 року № 579-р зазначене техніко-економічне обґрунтування схвалене Кабінетом міністрів України [12].

На виконання Указу Президента України від 22 вересня 2020 року № 406/2020 [13] наприкінці 2020 року експлуатуючою організацією розпочаті роботи з відновлення добудови енергоблоків №№ 3, 4 ХАЕС. У 2021 році ДНТЦ ЯРБ проведена державна експертиза ЯРБ документації з результа-

<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

тами актуалізації обстеження і підтвердження довговічності та надійності будівельних конструкцій будівель та споруд енергоблоків №№ 3, 4 ХАЕС;

**Ядерна підкритична установка «Джерело нейтронів, засноване на підкритичній збірці, керованій прискорювачем електронів»** Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України (ЯПУ «Джерело нейтронів»). Державну експертизу ЯРБ документації стосовно будівництва нової ядерної установки ДНТЦ ЯРБ проводить починаючи з 2011 року. У 2017 – 2021 роках розглядалася документація за окремими системами, важливими для безпеки ЯПУ «Джерело нейтронів», документація на обладнання, важливе для безпеки, а також документи, розроблені/актуалізовані за результатами введення в експлуатацію ЯПУ «Джерело нейтронів»;

**Централізоване сховище ВЯП (ЦСВЯП).** У межах ліцензійного процесу ЦСВЯП ДНТЦ ЯРБ розглядалися документи, розроблені для етапів життєвого циклу ЯУ «будівництво» та «введення в експлуатацію» (документи за окремими системами, важливими для безпеки, технічні специфікації та проектно-конструкторська документація важливого для безпеки обладнання, програми та методи проведення випробувань обладнання, важливого для безпеки, матеріали попереднього звіту з аналізу безпеки та експлуатаційна документація тощо), а також документи з впровадження технології поводження з ВЯП на майданчиках ХАЕС, РАЕС та ЮУАЕС.

За дорученням Держатомрегулювання фахівці ДНТЦ ЯРБ брали участь у приймальних випробуваннях систем та елементів, важливих для безпеки ЦСВЯП;

**Сховище відпрацьованого ядерного палива енергоблоків ЧАЕС (СВЯП-2).** У межах ліцензійного процесу щодо реалізації проекту СВЯП-2 проводився аналіз матеріалів, що обґрунтовують безпеку сховища, технічних специфікацій важливого для безпеки обладнання, програм проведення випробувань систем, важливих для безпеки, а також документів, розроблених для здійснення діяльності на етапі введення в експлуатацію СВЯП-2.

За дорученням Держатомрегулювання фахівці Центру брали участь в індивідуальних, комплексних та приймальних випробуваннях важливого для безпеки обладнання СВЯП-2, комплексних випробуваннях СВЯП-2 з імітаторами відпрацьованих тепловидільних збірок (ВТВЗ) («холодні» випробування), у проведенні робіт з демонстрації усунення зауважень випробувань СВЯП-2 з імітаторами ВТВЗ, а також у первинній атестації технології зварювання кришок двостінного екранованого пенала;

– **оцінка безпеки впровадження та експлуатації на енергоблоках АЕС палива ТВЗ-WR.** Поточні питання, які постають під час впрова-

дження та розширення обсягу використання палива ТВЗ-WR виробництва компанії Westinghouse на АЕС, вирішуються Держатомрегулюванням за технічної підтримки ДНТЦ ЯРБ. Протягом 2017 – 2021 років виконувались державні експертизи ЯРБ документів з обґрунтування безпеки використання паливних збірок ТВЗ-WR на енергоблоках №№ 2, 3 ЮУАЕС, №№ 1, 3, 4, 5 ЗАЕС, у складі активних зон яких експлуатується це ядерне паливо, а також на енергоблоці № 3 РАЕС, де також експлуатуючою організацією заплановано використання цього палива;

– **оптимізація технічного-обслуговування та ремонтів обладнання систем, важливих для безпеки, на основі ризик-інформованого управління конфігурацією АЕС.** На енергоблоці № 2 ЗАЕС ТОВ «НТ-Інжиніринг» у співпраці з ДП «НАЕК «Енергоатом» у 2020 році завершено реалізацію пілотного проекту оптимізації технічного обслуговування і ремонтів (ТОіР) обладнання систем, важливих для безпеки, на підставі ризик-інформованого управління конфігурацією енергоблока. Проект реалізовано на основі консолідованого досвіду експлуатації американських АЕС за підтримки Міністерства енергетики США та Аргонської національної лабораторії (ANL).

Фахівці ДНТЦ ЯРБ залучалися до реалізації одного з перших етапів проекту з оптимізації ТОіР, а саме до аналізу національних регулюючих вимог порівняно з документами США щодо застосування ризик-інформованих підходів для оптимізації ТОіР. Також, на виконання завдань Держатомрегулювання, виконували державні експертизи ЯРБ низки документів щодо впровадження ризик-інформованого керування конфігурацією АЕС, розробки конфігураційних моделей імовірнісного аналізу безпеки (ІАБ), доопрацювання та оновлення інтегральної моделі ІАБ, визначення попереднього та остаточного переліку систем та обладнання для цілей проекту. Проект реалізується, як пілотний, на енергоблоці № 2 ЗАЕС з 2017 року.

Базуючись на положеннях нормативної бази США, які було адаптовано до національних вимог, а також з урахуванням досвіду проведення державних експертиз ЯРБ за етапами пілотного проекту фахівці ДНТЦ ЯРБ розробили проекти регулюючих керівництв із застосування та обґрунтування ризик-інформованого ТОіР обладнання [14] та здійснення державного нагляду за цією діяльністю [15]. Діяльність з розробки регулюючих керівництв для підтримки впровадження ризик-інформованих підходів на енергоблоках АЕС України є частиною програми технічної підтримки України в рамках імплементації Меморандуму співробітництва між Комісією ядерного регулювання США та регулюючим органом України [16].

– **оцінка безпеки об'єктів, призначених для поводження з РАВ, зняття з експлуатації ЧАЕС, ОУ:**

**Поводження з РАВ на АЕС.** Виконувались державні експертизи ЯРБ у межах ліцензійного процесу створення комплексів з переробки РАВ на майданчиках РАЕС, ХАЕС та ЗАЕС, матеріалів щодо будівництва на ЗАЕС тимчасового сховища легкого типу для контрольованого зберігання кондиціонованих РАВ 1 та 2 категорій в залізобетонних контейнерах, матеріалів щодо поводження з солебітумним компаундом РАЕС;

**Зона відчуження та на інші об'єкти, призначені для поводження з РАВ.** Виконано державні експертизи (технічні оцінки) ЯРБ документів щодо безпеки введення в експлуатацію («гарячих» випробувань) Централізованого сховища для довгострокового зберігання відпрацьованих ДІВ (ЦСВДІВ) та проведення «холодних» випробувань технологічного обладнання ЦСВДІВ з використанням контейнерів ДП «НАЕК «Енергоатом», проєктної документації сховища осклованих високоактивних відходів після переробки ВЯП енергоблоків РАЕС з реакторами ВВЕР-440, яке планується до будівництва у Чорнобильській зоні відчуження на майданчику «Вектор», проєкту будівництва інженерно-транспортних мереж сховища для проміжного зберігання високоактивних відходів, документів щодо безпечної експлуатації Спеціально обладнаного приповерхневого сховища для захоронення твердих РАВ (СОПСТРВ) комплексу виробництв «Вектор», матеріалів відкоригованого проєкту Заводу з переробки рідких РАВ (ЗПРРВ), проєктів з реконструкції (консервації) сховищ ПЗРВ «Буряківка» у Чорнобильській зоні відчуження, документів з аналізу безпеки установки для звільнення радіоактивно забруднених матеріалів від регулюючого контролю, яку створено на промайданчику ЧАЕС, пакетів ліцензійних документів спецкомбінатів ДК «УкрДО «Радон», результатів виконаних робіт з реабілітації майданчика історично-сховища РАВ «Цибулеве» тощо;

**Зняття з експлуатації ЧАЕС.** Проводилися державні експертизи ЯРБ документації щодо остаточного закриття та консервації блоків №№ 1 – 3, а також документів, розроблених ДСП ЧАЕС у межах реалізації заходів з підвищення безпеки СВЯП-1;

**Об'єкт «Укриття».** У межах ліцензійного процесу щодо реалізації проєкту НБК на ОУ виконано оцінки: робочої документації на системи НБК, що є найбільш важливими за впливом на безпеку;

проєктів виконання робіт у зонах з найбільш небезпечними радіаційними умовами;

відкоригованих, після насунання арки НБК, проєктів виконання робіт у зонах з найбільш небезпечними радіаційними умовами;

робочої документації щодо будівельно-монтажних і пусконаладжувальних робіт систем і устаткування НБК.

У травні 2019 року фахівці ДНТЦ ЯРБ за дорученням Держатомрегулювання брали участь у випробуваннях інтегрованої системи управління НБК на етапі «Випробування та перевірка працездатності»;

– **оцінка безпеки перевезення радіоактивних матеріалів.** За дорученням Держатомрегулювання розглядалась документація щодо:

отримання сертифіката про затвердження конструкції пакувального комплексу HI-STAR 190 ML, призначеного для перевезення завантаженого багатоцільового контейнера з енергоблоків АЕС на ЦСВЯП;

сертифіката про затвердження спеціальних умов перевезення високоактивних РАВ у пакувальному комплекті КТЗВ-0,2, який ДСП ЧАЕС планує використовувати для перевезення ТРВ СВЯП-2 на переробку до Заводу з переробки твердих РАВ;

переоформлення сертифіката про затвердження конструкції пакувальних комплектів для перевезення радіоактивних матеріалів групи SCO-II;

виготовлення двох одиниць пакувальних комплектів транспортних ПКТВU-20 для перевезення радіоактивних матеріалів, відповідно до контракту міжнародної технічної допомоги між Українським науково-технічним Центром (УНТЦ) та ТОВ «НТ-Інжиніринг», на замовлення Агентства Грузії з ядерної та радіаційної безпеки (ANRS);

– **оцінка безпеки під час використання ДІВ у медицині, науці та промисловості.**

Останніми роками (2020 – 2021 рр.) значно зросла кількість державних експертиз ЯРБ на замовлення українських медичних закладів через зростання попиту на рентгенодіагностичні процедури, зумовлені пандемією Covid-19, та у зв'язку з інноваційним переобладнанням та оновленням матеріально-технічної бази лікарень за програмою Президента України «Велике будівництво» [17]. Тільки за період з 2020 по 2021 роки ДНТЦ ЯРБ виконано більш ніж 400 державних експертиз ЯРБ за цим напрямом. Під час виконання кожної державної експертизи ЯРБ фахівці ДНТЦ ЯРБ виконують перевірочні розрахунки біологічного захисту приміщень, де використовуються/плануються до використання ДІВ медичного призначення, а також розрахунки за найбільш критичними шляхами опромінення персоналу та населення;

– **оцінка безпеки уранових об'єктів.** Розглядалась проєктна та інша документація щодо:

покращення радіаційного стану об'єктів Державного підприємства «СхідГЗК» (ДП «СхідГЗК») та Приватного акціонерного товариства «ПІВДЕННИЙ ГЗК»;

реконструкції системи вентиляції Новокосятинівської шахти ДП «СхідГЗК»;

будівництва виробничого комплексу для проведення дослідно-промислової розробки Сафонівського родовища уранової руди;

підготовки до проведення на промисловому майданчику колишнього Виробничого об'єднання «ПХЗ» підготовчих робіт у складі невідкладних заходів;

рекультивації кар'єру піску Смолінської шахти ДП «Схід ГЗК»;

збільшення підймальних можливостей ствола «Головний» Новокостянтинівської шахти «ДП «Схід ГЗК» із застосуванням баддевого підйому»;

організації будівництва об'єктів пускового комплексу підприємства на базі діючих споруд шахти Новокостянтинівської у с. Олексіївка Маловисківського району Кіровоградської області;

забезпечення екологічно безпечного захоронення відходів та небезпечних хімічних речовин, ліквідації шламонакопичувача в балці Ясинова (м. Кам'янське), спрямованого на ліквідацію шламонакопичувача у балці Ясинова, зменшення небезпеки залпового забруднення р. Дніпро та на відновлення вологої плівки другої секції хвостосховища «Сухачівське»;

будівництва підприємства по відпрацюванню Сафонівського родовища уранових руд методом підземного свердловинного вилуговування.

Під час виконання експертних робіт підрозділи ДНТЦ ЯРБ широко застосовують спеціалізовані програмні засоби (розрахункові коди), розробниками яких є провідні наукові установи Сполучених Штатів Америки, Німеччини, Швеції та інших країн. Фахівці підприємства пройшли необхідну підготовку з використання кодів, одержали сертифікати користувачів цих програмних засобів, на регулярній основі підвищують свою кваліфікацію. Розподіл розрахунково-аналітичного забезпечення експертної діяльності за напрямками діяльності наведено на рисунку 4.

ДНТЦ ЯРБ, за наявності сучасних програмних засобів і кваліфікованого персоналу, наразі є єдиною в Україні організацією, яка може виконати повний комплекс незалежних експертних перевірочних розрахунків і всебічно оцінити всі технічні рішення і обґрунтування безпеки, які направляються на погодження до Держатомрегулювання в межах ліцензійного процесу.

Під час виконання державних експертиз ЯРБ фахівці підприємства виконують незалежні експертні розрахунки із використанням власних альтернативних моделей або із використанням інших (стосовно використаних Замовником) розрахункових кодів.

Приклади деяких проведених перевірочних розрахунків за допомогою розроблених фахівцями підприємства розрахункових моделей наведено нижче.

Скінчено-елементна модель трубопроводів байпасів клапанів TQ22S07 з арматурами TQ22S08,09 енергоблока № 2 ЗАЕС розроблена у межах державної експертизи ЯРБ технічних рішень ЗАЕС щодо реалізації заходів з підвищення сейсмостійкості окремих елементів енергоблока № 2 за допомогою програмного коду «ANSYS» (див. рисунок 5). Моделювання трубопроводу виконувалось лінійними елементами типу PIPE288, а хомута зі швелерами – об'ємними SOLID185. Трубопровідні арматури з приводами моделювалися з винесеними зосередженими масами (моделювання ефекту зміщення центру мас арматури з приводом).

Моделювання ефекту зміщення центру мас арматури з приводом).

ДЕТЕРМІНІСТИЧНИЙ АНАЛІЗ БЕЗПЕКИ	НЕЙТРОННА ФІЗИКА	АНАЛІЗ РАДІАЦІЙНИХ НАСЛІДКІВ
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; RELAP5 (США)</li> <li>&gt; MELCOR (США)</li> <li>&gt; ATHLET-CD (Німеччина)</li> <li>&gt; COCOSYS (Німеччина)</li> <li>&gt; TRACE (США)</li> <li>&gt; ANSYS CFD (США)</li> <li>&gt; TRANSURANUS (Німеччина)</li> <li>&gt; LAVA</li> <li>&gt; GRS-MIX</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; HELIOS (США)</li> <li>&gt; Scale (США)</li> <li>&gt; MCNP (США)</li> <li>&gt; PARCS (США)</li> <li>&gt; DOORS (США)</li> <li>&gt; DERAB (Німеччина)</li> <li>&gt; DYN3D (Німеччина)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; MicroShield (США)</li> <li>&gt; Scale (США)</li> <li>&gt; WinMACCS (США)</li> <li>&gt; VARSKIN (США)</li> <li>&gt; RESRAD (США)</li> <li>&gt; GENII (США)</li> <li>&gt; MILDOS (США)</li> <li>&gt; INTERRAS (МАГАТЕ)</li> <li>&gt; RODOS (ЄС)</li> <li>&gt; HOTSPOT (США)</li> <li>&gt; RASCAL (США)</li> <li>&gt; RESRAD (США)</li> </ul>
ІМОВІРНІСНИЙ АНАЛІЗ БЕЗПЕКИ	МІЦНІСТЬ ТА СЕЙСМОСТІЙКІСТЬ	
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; SAPHIRE (США)</li> <li>&gt; Risk-Spectrum (Швеція)</li> <li>&gt; Risk-Watcher (Швеція)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; ANSYS Mechanical (США)</li> <li>&gt; LIRA (Україна)</li> </ul>	

Рисунок 4 – Розрахункові програмні засоби

**E: Copy of Static Structural**

Static Structural

Time: 1, s

Items: 10 of 31 indicated

- A Pipe Pressure: 18, MPa
- B 2p
- C 3\_4p
- D Displacement
- E Displacement 3
- F Displacement 2
- G Standard Earth Gravity: 9806,65 mm/s<sup>2</sup>
- H 1p
- I Point Mass 13
- J Point Mass 7

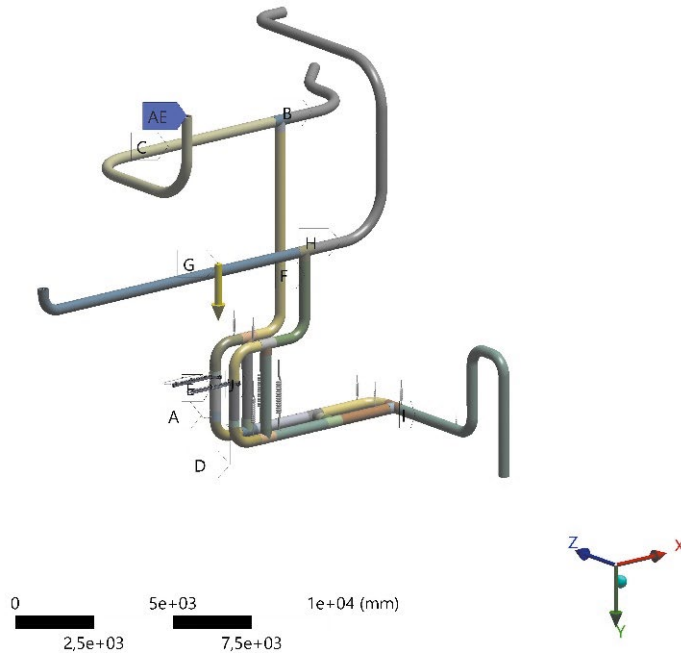


Рисунок 5 – Загальна геометрична модель трубопроводу байпасів клапанів TQ22S07(11) з арматурами TQ22S08,09(12,13) [18]

Ця розрахункова модель:

відображає важливі для оцінки сейсмостійкості особливості геометрії елементів, а також розподіл мас і жорсткостей;

враховує взаємний просторовий вплив усіх структурних елементів;

відображає фактичні геометричні та структурні характеристики різнопланових елементів (трубопроводи, навантажені внутрішнім тиском, та сталеві конструкції у вигляді швелерів);

відображає реальні умови роботи трубопроводу та опорної конструкції у вигляді двох швелерів 8У.

Згідно з результатами експертних перевірочних розрахунків зоною найбільших напружень у разі сполучення навантажень HE + MP3 (Примітка. HE – нормальна експлуатація; MP3 – максимальний розрахунковий землетрус) є гини трубопроводу Ø18x2,5 мм. Причому, розрахункові напруження в трубопроводі байпасів клапанів TQ22S07(11) перевищують значення допустимих напружень для сполучення HE + MP3. Отже, під час всебічного та детального дослідження прийнятності та коректності запропонованих компенсуючих заходів фахівцями ДНТЦ ЯРБ встановлено, що їх впровадження не є достатнім для підвищення сейсмостійкості трубопроводів байпасів клапанів TQ22S07(11) до необхідного рівня.

Зважаючи на зазначене, експлуатуючою організацією були переглянуті підходи до концепції розробки заходів з підвищення сейсмостійкості. За результатами впровадження нових компенсу-

ючих заходів (зміна трасування та конфігурації трубопроводів байпасів клапанів TQ22S07(11), а також коригування розкріплення основного трубопроводу) сейсмостійкість цього трубопроводу енергоблока № 2 ЗАЕС була підвищена до необхідного рівня.

**Тривимірна комп'ютерна модель захисної оболонки (ЗО) енергоблока № 1 ЗАЕС** розроблена в межах виконання державної експертизи ЯРБ документа ДП «НАЕК «Енергоатом» «Сравнительный анализ расчетных сочетаний нагрузок для зданий, сооружений, разных групп оборудования по требованиям ПНАЭ Г-5-006-87 и НП 306.2.208-2016» за допомогою програмного коду «ЛИРА-САПР» для аналізу поведінки ЗО у випадку сполучення навантажень HE + ПА + MP3 (Примітка. ПА – проектна аварія), оскільки це сполучення не розглядалось раніше під час проектування та експлуатації енергоблоків АЕС України.

Під час створення розрахункової моделі ЗО враховані (див. рисунки 6, 7):

складна геометрія ЗО (люки, шлюзи, проходки);  
неоднорідність структури ЗО (багат шарове моделювання стінок);

реальна траєкторія арматурних канатів;  
передача зусилля обтиснення з канатів на залізобетонні елементи.

Сейсмичні впливи задані у вигляді еквівалентних статичних навантажень від поверхових спектрів відгуку в трьох ортогональних напрямках для відмітки 13,200 м енергоблока № 1 ЗАЕС. Наванта-



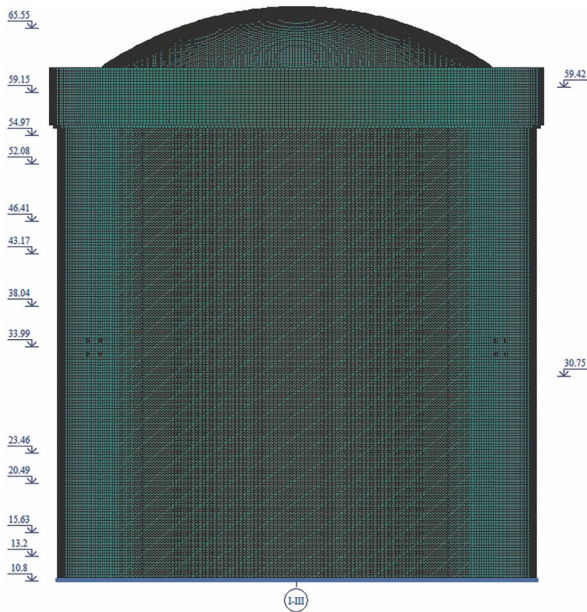


Рисунок 6 – Загальний вигляд розрахункової моделі ЗО [19]

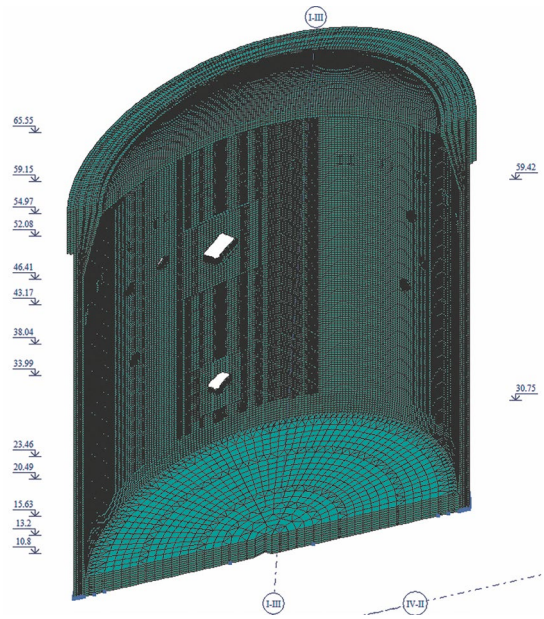


Рисунок 7 – Фрагмент розрахункової моделі ЗО [19]

ження прикладено до вузлів скінченних елементів по всій довжині кола циліндра та купола.

Перевірки несучої спроможності та стійкості конструкцій ЗО виконані відповідно до вимог норм та правил з ЯРБ (зокрема, НП 306.2.208-2016 [20], НП 306.2.141-2008 [21], НП 306.2.162-2010 [22]), а також державних будівельних норм та стандартів ДБН В.2.6-98:2009 [23], ДСТУ Б В.2.6-156:2010 [24], ДБН В.2.6-198:2014 [25].

Результати експертного розрахунку ЗО енергоблока № 1 ЗАЕС для сполучення навантажень НЕ+ПА+МРЗ дали підстави стверджувати, що загалом зберігаються несуча спроможність та стійкість конструкцій ЗО, проте їх вичерпання наближається до граничного значення. Аналогічні результати отримані експлуатуючою організацією під час дослідження працездатності ЗО енергоблока № 3 ЗАЕС для випадку сполучення навантажень НЕ+ПА+МРЗ.

ЗО кожного енергоблока АЕС має власні індивідуальні характеристики (наприклад, кількість і місця відсутніх армоканатів в циліндричній та/або купольній частинах ЗО, фактичний технічний стан ЗО тощо). З огляду на зазначене, перспективними є подальші поглиблені дослідження цілісності та працездатності ЗО енергоблоків АЕС.

**Перевірочні розрахунки коректності визначеної теплопровідності для зони палива.** Експертами ДНТЦ ЯРБ у межах виконання державної експертизи ЯРБ матеріалів обґрунтування системи сухого зберігання ВЯП HI-STORM 190 UA виконувались незалежні перевірочні розрахунки з використанням коду ANSYS CFX коректності визначеної теплопровідності для зони палива [27] (рисунок 8).

У моделі закладено теплофізичні властивості матеріалів, які відповідають паливу ТВЗА російського виробництва, а також властивості гелію [28]. Як обмежуючу конструкцію змодельовано бокову стінку, відносно якої й визначалась теплопровідність. Тому в подальшому процесі моделювання вважалося, що ефективна модель тепловидільної збірки (ТВЗ) займає весь обсяг шестигранної труби-чарунки (конструкції).

З метою визначення теплопровідності для інтервалу температур було задано постійну температуру на поверхні шестигранної труби і невелике об'ємне енерговиділення в зоні палива. Далі визначався стаціонарний розподіл температури за перетином ТВЗ: від центра ТВЗ до грані шестигранної труби та від центра ТВЗ до ребра труби.

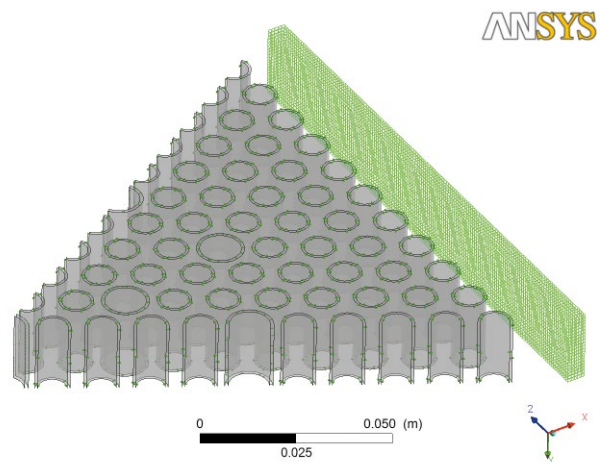


Рисунок 8 – Модель 1/6 частини ТВЗА [26]

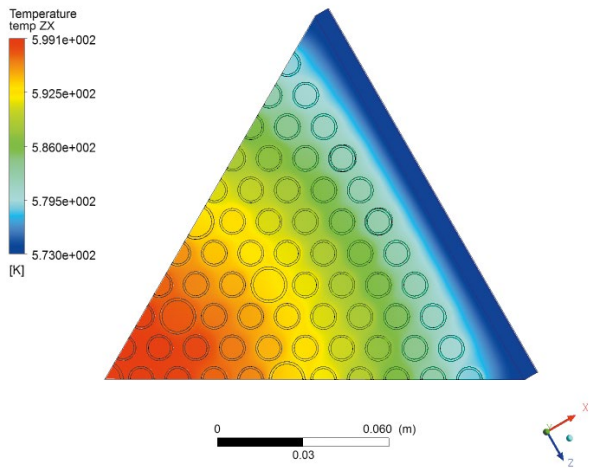


Рисунок 9 – Розподіл температури в розрахунковій області ТВ3А за температури на граничній поверхні 573 К і потужності ТВ3 1 кВт [26]

Приклад розподілу температури для граничного значення 573 К і потужності ТВ3 1 кВт наведений на рисунку 9.

За результатами виконаного аналізу отримана залежність ефективної теплопровідності решітки ТВ3А в шестигранній трубі ВЯП для різних значень температури. Залежність значень ефективної теплопровідності від температури, отримана ДНТЦ ЯРБ під час виконання державної експертизи ЯРБ, та в межах робіт експлуатуючої організації з обґрунтування безпечної експлуатації СВЯП та ЦСВЯП, наведені на рисунку 10.

Нааявні розбіжності загалом зумовлені використанням у матеріалах обґрунтування дещо більшого значення випромінювальної спроможності оболонки твел ТВ3А (0,75 замість 0,7), а також відмінностями в методиці визначення консервативного значення теплопровідності.

**Перевірочні розрахунки для оцінки відповідності нейтронно-фізичних характеристик активної зони межах і умовам безпечної експлуатації за допомогою коду DYN3D.** Державна експертиза ЯРБ матеріалів експлуатуючої організації щодо обґрунтування паливних завантажень виконується щонайменше раз на рік для кожного енергоблока АЕС, що знаходиться в експлуатації, тобто на сьогодні це 15 державних експертиз ЯРБ на рік (в середньому). Під час проведення кожної такої державної експертизи ЯРБ виконуються експертні перевіірочні розрахунки для незалежної оцінки відповідності нейтронно-фізичних характеристик активної зони встановленим межах і умовам безпечної експлуатації. В ДНТЦ ЯРБ ведеться база даних за всіма паливними завантаженнями, починаючи з перших кампаній кожного енергоблока, яка постійно оновлюється. Обсяг розрахунків охоплює нейтронно-фізичні харак-

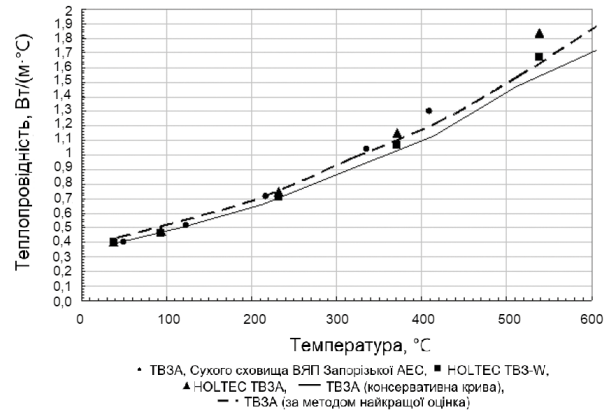


Рисунок 10 – Залежність ефективної теплопровідності від температури [27]

теристики активної зони під час вигорання завантаження, що експлуатується, та перспективного паливного завантаження з використанням моделі активної зони для коду DYN3D.

### Експертно-консультативна підтримка державного нагляду під час використання ядерної енергії

Держатомрегулювання, згідно з [3] та [4], здійснює державний нагляд за дотриманням законодавства, умов документів дозвільного характеру, норм, правил і стандартів з ЯРБ, вимог фізичного захисту ЯУ, ядерних матеріалів, РАВ, інших ДІВ, обліку та контролю ядерних матеріалів та інших ДІВ, включно з примусовими заходами.

Експертно-консультативна підтримка наглядової функції державного регулювання полягає в підвищенні ефективності інспекційної діяльності Держатомрегулювання завдяки переходу від перевірок відповідності вимогам норм і правил та їх дотримання до оцінок поточного стану безпеки на об'єктах [29].

Фахівці ДНТЦ ЯРБ на постійній основі залучаються Держатомрегулюванням до оцінки поточного стану безпеки на об'єктах ядерної галузі як експерти-консультанти (рисунку 11), зокрема до:

виконання **досліджень** з розвитку експертно-консультативної підтримки наглядової діяльності Держатомрегулювання (загалом 20, з них: 7 – 2017; 6 – 2018; 2 – 2019; 3 – 2020; 2 – 2021), а саме: а) досліджень з розвитку наглядової діяльності Держатомрегулювання щодо впровадження ризик-інформованих підходів та інтегральної системи нагляду, зокрема щодо: вимог до ризик-інформованих підходів рішень з безпеки АЕС, забезпечення можливості оптимізації ТОІР



Рисунок 11 – Напрями експертно-консультативної підтримки Держатомрегулювання

на основі ризик-інформованого управління конфігурацією АЕС [30], [31];

б) оперативного та технологічного аналізу порушень в роботі АЕС, комплексного аналізу поточного рівня експлуатаційної безпеки енергоблоків, розрахунків показників безпеки, статистичної та аналітичної обробки інформації про порушення та відхилення в роботі АЕС України [32], [33];

в) досліджень з аналізування заходів, реалізованих під час експертно-аналітичної підтримки виконання Держатомрегулюванням завдань у сфері аварійної готовності та реагування;

проведення спільних **інспекцій** ЯУ, об'єктів, призначених для поводження з РАВ, та ін. (загалом 60, з них: 8 – 2017; 13 – 2018; 15 – 2019; 8 – 2020, 16 – 2021);

проведення приймальних та типових **випробувань обладнання**, призначеного для модернізації або реконструкції систем та елементів, важливих для безпеки ЯУ (загалом 215, з них: 40 – 2017; 77 – 2018; 51 – 2019; 11 – 2020; 36 – 2021);

проведення **атестацій технології зварювання** виробів, призначених для установки в системах, важливих для безпеки ЯУ (загалом 22, з них: 2 – 2018; 5 – 2019, 10 – 2020, 5 – 2021);

проведення **протиаварійних тренувань** та навчань (загалом 22, з них: 3 – 2017; 1 – 2018; 4 – 2019; 4 – 2020; 10 – 2021), а саме:

а) щорічні планові протиаварійні тренування на АЕС (з них: 1 – 2017; 1 – 2018; 2 – 2021);

б) тренування у межах міжнародних проєктів: МАГАТЕ CRP J15002 (з них: 1 – 2020, 3 – 2021); DSA / Держатомрегулювання (з них: 1 – 2019, 2 – 2021);

в) міжнародні тренування МАГАТЕ (форматів ConvEx-2a, ConvEx-3 (2017), ConvEx-2b,

ConvEx-2a та ConvEx-2d (2019), форматів ConvEx-2a, ConvEx-2b та ConvEx-2c (2020) та форматів ConvEx-2a, ConvEx-2b, ConvEx-3 (2021));

**проведення навчання:**

а) міжнародні навчання із захисту в надзвичайних ситуаціях Федерального відомства з радіаційного захисту Німеччини (BfS) у зоні відчуження з метою відпрацювання техніки радіаційного моніторингу переносними вимірювальними засобами, мобільними лабораторіями та літальними апаратами (гелікоптери та дрони), картографування результатів гамма-спектрометричної зйомки та взаємодії учасників реагування на відповідних рівнях (2021);

б) тактико-спеціальні навчання на тему: «Проведення антитерористичної операції в умовах ускладненої радіаційної обстановки внаслідок вчинення акту ядерного тероризму та потрапляння в незаконний обіг ядерних (радіоактивних) матеріалів» (2019);

проведення незапланованих перевірок (**інвентаризації**) ДІВ на підприємствах вугільної промисловості та в медичних закладах України (16 заходів – 2021);

виконання заходів з **радіаційного обстеження** та інших вимірювань (загалом 22, з них: 3 – 2017; 7 – 2018; 6 – 2019; 5 – 2020; 1 – 2021).

У межах реалізації проєкту міжнародної технічної допомоги «Включення системи фізичної ядерної безпеки України у структуру забезпечення Глобальної фізичної ядерної безпеки» Агентства зменшення загроз Міністерства оборони США здійснювались роботи з модернізації Інформаційно-кризового центру Держатомрегулювання (2017).

### Нові види послуг з оцінки (підтвердження) відповідності

Задля виконання нових завдань, доручених ДНТЦ ЯРБ рішенням Колегії Держатомрегулювання [34] щодо здійснення діяльності з оцінки (підтвердження) відповідності продукції, що постачається для ЯУ, об'єктів, призначених для поводження з РАВ, уранових об'єктів, інших ДІВ вимогам технічних регламентів та на добровільних засадах у встановленому законодавством порядку, на базі підприємства створено:

Центр з оцінки відповідності «Кваліа-Тест»;  
Випробувальний центр ДНТЦ ЯРБ.

Впродовж 2019-2021 років проводилися роботи з їх акредитації у Національному агентстві з акредитації України, а саме:

ЦОВ «Кваліа-Тест» ДНТЦ ЯРБ на відповідність вимогам стандарту ДСТУ ISO/IEC 17065:2014 [35] (у вересні 2020 року отримано атестат про акредитацію № 10374);

Випробувального центру ДНТЦ ЯРБ на відповідність вимогам стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 [36] (у жовтні 2021 року отримано атестат про акредитацію № 202235).

У листопаді 2021 року ДНТЦ ЯРБ подано до Міністерства економіки України заяви на призначення ЦОВ «Кваліа-Тест» Органом з оцінки відповідності для виконання, як третьою стороною, певних завдань з оцінки відповідності вимогам технічних регламентів [37], [38].

**ЦОВ «Кваліа-Тест» ДНТЦ ЯРБ** надає такі послуги:

оцінка відповідності продукції вимогам «Технічного регламенту щодо пакувальних комплектів для зберігання та захоронення радіоактивних відходів» [37] та «Технічного регламенту закритих джерел іонізуючого випромінювання» [38];

добровільна сертифікація продукції;

добровільна сертифікація систем управління якістю на відповідність вимогам стандартів ДСТУ ISO 9001:2015 [39], ДСТУ ISO 19443:2019 (ISO 19443:2018, IDT) [40];

нагляд за виготовленням продукції (оцінка відповідності за планами якості в системі оцінки відповідності ДП «НАЕК «Енергоатом»).

**Випробувальним центром ДНТЦ ЯРБ** виконуються такі роботи:

випробування закритих ДІВ, збірників-контейнерів та пакувальних комплектів для зберігання та захоронення РАВ;

відбір проб аерозолів та визначення об'ємної активності гамма-випромінюючих радіонуклідів;

вимірювання параметрів радіаційної обстановки.

Детальніше про створення нових центрів і діяльність за цими напрямками див. наступні статті цього Спецвипуску.

У 2020 році створено відокремлений підрозділ «Центр інновації в ядерних технологіях для безпечного майбутнього» (**ВП «Центр ІНТЕНСА»**) з метою розширення спектра послуг, які надаються ДНТЦ ЯРБ, аналітичними, інжиніринговими та проєктними послугами за такими напрямками:

виконання технічних оцінок, науково-проєктних та аналітичних робіт щодо безпечного зняття з експлуатації енергоблоків АЕС, поводження з РАВ і ВЯП;

розроблення та впровадження технічних рішень щодо забезпечення безпеки ядерних установок, виконання аналітичних робіт та прикладних досліджень у межах національних та міжнародних проєктів;

дослідження застосування перспективних ядерних технологій та безпечного використання ДІВ.

У 2021 році **ВП «Центр «ІНТЕНСА»** виконував такі основні роботи:

навчання персоналу ВП «Атомремонтсервіс» ДП «НАЕК «Енергоатом» з питань перевезення ВЯП на ЦСВЯП згідно з вимогами ПБПРМ-2020 [41];

здійснення аналізу відповідності існуючих систем радіаційно-екологічного моніторингу об'єктів «Вектор», «Буряківка» та радіаційно-дозиметричного контролю на ЧАЕС та пунктах пропуску виїзду із зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення міжнародним рекомендаціям, кращій міжнародній практиці та нормативно-правовим актам України;

участь у радіаційному обстеженні та розробка матеріалів щодо безпеки зняття з експлуатації і демонтажу Саласпільського ядерного реактора (кінцевий користувач послуг: REM PRO (Латвія), 2021 –2023, поточний проєкт).

У квітні 2021 року ВП «Центр «ІНТЕНСА» укладе новий рамковий Договір із АТ «Київський науково-дослідний та проєктно-конструкторський інститут «Енергопроєкт» на надання послуг за напрямом «Науково-технічні та аналітичні роботи з ядерної та радіаційної безпеки».

### Плани на майбутнє

Пріоритетними напрямками в експертній діяльності ДНТЦ ЯРБ на найближчі роки є забезпечення підтримки регулюючого супроводу:

реалізації заходів КзППБ [11] енергоблоків АЕС; спорудження нових енергоблоків АЕС;

ліцензування технології малих модульних реакторів;

диверсифікації постачання ядерного палива для енергоблоків ВВЕР-440;

експлуатації комплексу НБК та ОУ;

дослідно-промислової експлуатації ЯПУ «Джерело нейтронів»;

введення в експлуатацію ЦСВЯП;  
 періодичної переоцінки безпеки та можливості довгострокової експлуатації енергоблоків АЕС;  
 проєктів з оснащення інноваційним обладнанням медичних закладів України та оновлення матеріально-технічної бази лікарень;  
 діяльності з видобування, переробки уранових руд;  
 будівництва сховища для довгострокового зберігання осклованих високоактивних РАВ;  
 діяльності з приведення в безпечний стан об'єктів та майданчика колишнього уранового виробництва Виробничого об'єднання «ПХЗ».

### Список використаної літератури

1. Конвенція про ядерну безпеку. 1997. URL: [http://zakon.rada.gov.ua/laws/card/995\\_023](http://zakon.rada.gov.ua/laws/card/995_023).
2. Об'єднана конвенція про безпечне поводження з відпрацьованим паливом і радіоактивними відходами. 1997. URL: [http://zakon.rada.gov.ua/laws/card/995\\_335](http://zakon.rada.gov.ua/laws/card/995_335).
3. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку : Закон України. *Відомості Верховної Ради*. 1995. № 12.
4. Положення про Державну інспекцію ядерного регулювання України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/363-2014-%D0%BF>.
5. Статут Державного підприємства «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки» (нова редакція). Київ, 2021.
6. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». 2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>.
7. Державна Інспекція ядерного регулювання України. URL: <https://snriu.gov.ua/>.
8. Стратегічний план розвитку державного підприємства «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки» на 2014-2018 роки. Затверджено наказом Держатомрегулювання від 31.12.2013 № 152.
9. Стратегічний план розвитку державного підприємства «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки» на 2019-2023 роки. Затверджено наказом Держатомрегулювання від 12.10.2018 № 408.
10. НП 306.1.107-2005. Порядок проведення державної експертизи ядерної та радіаційної безпеки. Затверджено наказом Державного комітету ядерного регулювання України 21.02.2005 № 21, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 07.04.2005 р. за № 372/10652.

11. Комплексна (зведена) програма підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних електростанцій, затверджена постановою Кабінету Міністрів України. 2011. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1270-2011-%D0%BF#Text>.
12. Про схвалення техніко-економічного обґрунтування «Будівництво енергоблоків №№ 3, 4 Хмельницької АЕС» (м. Нетішин, вул. Енергетиків) (Коригування) : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 26.07.2018 № 579-р.
13. Про невідкладні заходи щодо стабілізації ситуації в енергетичній сфері та подальшого розвитку ядерної енергетики : Указ Президента України від 22.09.2020 № 406/2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/406/2020#Text>.
14. Регулює керівництво із застосування та обґрунтування ризик-інформованого технічного обслуговування.
15. Регулює керівництво зі здійснення нагляду за ризик-інформованим технічним обслуговуванням.
16. Memorandum Of Meeting Between The United States Nuclear Regulatory Commission And The State Nuclear Regulatory Inspectorate Of Ukraine. 2018.
17. Програма Президента України «Велике будівництво 2020». 2020. URL: <https://www.minregion.gov.ua/press/news/programa-prezydenta-velyke-budivnyctvo-v-2020-roczni-golovni-czyfry-ta-fakty/attachment/prezentacziya-2/>.
18. Рижов Д., Шугайло О-р, Буряк Р., Мустафін М., Сахо О., Підгаєцький Т., Павлів Є., Шугайло О-й, Жабін О., Поночовний О. Сейсмостійке проєктування та оцінка сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій. Рукопис монографії. Затверджено науково-технічною радою ДНТЦ ЯРБ (протокол № 21-10 від 26.11.2021). Київ : ДНТЦ ЯРБ, 122 с.
19. Ляшенко Л. А., Панченко А. В., Шугайло О-й П., Коляда М. В. Результати структурного аналізу поведінки захисної оболонки реакторів типу ВВЕР-1000/В-320 в умовах запроєктної аварії. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2020. № 4(88). С. 18-30. doi: 10.32918/nrs.2020.4(88).03.
20. НП 306.2.208-2016. Вимоги до сейсмостійкого проєктування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій. Затверджені наказом Держатомрегулювання від 17.10.2016 р. № 175, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 07.11.2016 р. за № 1449/29579.
21. НП 306.2.141-2008. Загальні положення безпеки атомних станцій. Затверджені наказом Держатомрегулювання від 19.11.2007 № 162, зареєстровані у Міністерстві юстиції України 25.01.2008 за № 56/14747 (зі змінами).
22. НП 306.2.162-2010. Вимоги до оцінки безпеки атомних станцій, затверджені наказом Держатомрегулювання від 22.09.2010 № 124, зареєстровані в Міністерстві юстиції України від 21.10.2010 за № 964/18259, із змінами.
23. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення.
24. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проєктування.

25. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування.

26. Овдієнко Ю., Жабін О., Білодід Є., Єременко М., Ковбасенко Ю., Костюшко Я., Дудка О., Кучин О. Сучасні підходи до аналізу безпеки систем поводження з ядерним паливом. Рукопис монографії. Затверджено науково-технічною радою ДНТЦ ЯРБ (протокол № 21-11 від 10.12.2021). К.: ДНТЦ ЯРБ, 148 с.

27. Франкова М. В., Воробійов Ю. Ю., Вишемірський М. П., Жабін О. І. Розробка моделі контейнера довгострокового зберігання відпрацьованих тепловидільних збірок реактора ВВЕР 1000 для програмного засобу ANSYS CFX. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2017. № 2(74). С. 20-23. doi: 10.32918/nrs.2017.2(74).04.

28. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1972. 720 с.

29. Валігун Н. П., Воробей І. І., Дибач О. М., Лігоцький О. І., Носовський А. В., Гашев М. Х., Кутузова Т. Я. Науково-технічна підтримка наглядової функції регулюючого органу. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2013. № 1. С. 10 – 13. doi: 10.32918/nrs.2013.1(57).02.

30. Гуменюк Д. В., Дем'янюк В. В., Ільїна А. І., Шевченко І. А. Перспективи оптимізації технічних обслуговувань і ремонтів з використанням ризик-інформованого прийняття рішень на АЕС України. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2019. № 1. С. 10 – 16. doi: 10.32918/nrs.2019.1(81).02.

31. Ільїна А. І., Поночовний О. А., Пустовіт В. В., Гуменюк Д. В., Вишемірський М. П. Розробка регулюючого керівництва із застосування та обґрунтування ризик-інформованого технічного обслуговування. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2021. № 4. С. 12 – 18. doi: 10.32918/nrs.2021.4(92).02.

32. 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. С. 44 – 51. doi: 10.32918/nrs.2020.2(86).06.

33. 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. С. 51 – 62. doi: 10.32918/nrs.2021.3(91).06.

34. Про можливість залучення ДНТЦ ЯРБ до оцінки відповідності продукції, що постачається для АЕС України. Рішення Колегії Держатомрегулювання від 01.08.2019 № 08.

35. ДСТУ EN ISO/IEC 17065:2014. Оцінка відповідності. Вимоги органів з сертифікації продукції, процесів (EN ISO/IEC 17065:2012; IDT).

36. ДСТУ ISO/IEC 17025:2017. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.

37. Технічний регламент щодо пакувальних комплектів для зберігання та захоронення радіоактивних відходів, затверджений постановою Кабінету Міністрів України № 884 від 17.10.2018.

38. Технічний регламент закритих джерел іонізуючого випромінювання, затверджений постановою Кабінету Міністрів України № 1382 від 05.12.2007.

39. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT).

40. ДСТУ ISO 19443:2019 (ISO 19443:2018, IDT). Система управління якістю. Спеціальні вимоги до застосування ISO 9001:2015 організаціями ядерного сектору, що постачають продукцію та послуги, важливі для ядерної безпеки (ITNS).

41. 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.

## References

1. Convention on Nuclear Safety. 1997. Retrieved from: [http://zakon.rada.gov.ua/laws/card/995\\_023](http://zakon.rada.gov.ua/laws/card/995_023).
2. Joint Convention on the Safe Management of Spent Fuel and Radioactive Waste. 1997. Retrieved from: [http://zakon.rada.gov.ua/laws/card/995\\_335](http://zakon.rada.gov.ua/laws/card/995_335).
3. Law of Ukraine "On Nuclear Energy Use and Radiation Safety". Gazette of the Verkhovna Rada, 1995, 12.
4. Provisions on the State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/363-2014-%D0%BF>.
5. Charter of State Enterprise "State Scientific and Technical Center for Nuclear and Radiation Safety" (new edition). Kyiv, 2021.
6. Energy Strategy of Ukraine until 2035 "Safety, Energy Efficiency, Competitiveness". 2017. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>.
7. State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine. Retrieved from: <https://snriu.gov.ua/>.
8. Strategic plan for the development of state enterprise "State Scientific and Technical Center for Nuclear and Radiation Safety" for 2014-2018. Approved by SNRIU Order No. 152 of 31 December 2013.
9. Strategic plan for the development of state enterprise "State Scientific and Technical Center for Nuclear and Radiation Safety" for 2019-2023. Approved by SNRIU Order No. 408 of 12 October 2018.
10. NP 306.1.107-2005. Procedure for state review of nuclear and radiation safety. Approved by SNRIU Order No. 21 of 21 February 2005, registered in the Ministry of Justice of Ukraine on 7 April 2005 under No. 372/10652.
11. Comprehensive (integrated) safety improvement program for NPPs. Approved by Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine. 2011. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1270-2011-%D0%BF#Text>.

12. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine on the Approval of Feasibility Study “Construction of Khmelnytsky NPP Units No. 3, 4” (Netishyn, Energetykyv str.) (Correction) No. 579-r dated 26 July 2018.
13. Decree of the President of Ukraine “On Urgent Measures to Stabilize the Situation in the Energy Sector and Further Nuclear Energy Development No. 406/2020 dated 22 September 2020. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/406/2020#Text>.
14. Regulatory guide on the application and justification of risk-informed maintenance.
15. Regulatory guide for the oversight of risk-informed maintenance.
16. Memorandum of Meeting between the United States Nuclear Regulatory Commission and the State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine. 2018.
17. Program of the President of Ukraine “Great Construction 2020”. 2020. Retrieved from: <https://www.minregion.gov.ua/press/news/programma-prezydenta-velyke-budivnyctvo-v-2020-roczy-golovniczyfry-ta-fakty/attachment/prezentacziya-2/>.
18. Ryzhov, D., Shugailo, O-r, Buriak, R., Mustafin, M., Sakhno, O., Pidhaietskyi, T., Pavlov, E., Shugaylo, O-y, Zhabin, O., Ponochovnyi, O. Seismic design and assessment of seismic safety for NPP units. Manuscript of the monograph. Approved by the SSTC NRS Scientific and Technical Council (Minutes No. 21-10 dated 26 November 2021). Kyiv, SSTC NRS, 122 p.
19. Liashenko, L., Panchenko, A., Shugaylo, O-y, Koliada, M. (2020). Results of a structural analysis of VVER-1000/V-320 containment behavior under beyond design basis accident conditions. *Nuclear and Radiation Safety*, 4(88), 18-30. doi: 10.32918/nrs.2020.4(88).03.
20. NP 306.2.208-2016. Requirements for seismic design and seismic safety assessment of NPP units. Approved by SNRIU Order No. 175 dated 17 October 2016, registered in the Ministry of Justice of Ukraine on 7 November 2016 under No. 1449/29579.
21. NP 306.2.141-2008. General safety provisions for nuclear power plants. Approved by SNRIU Order No. 162 of 19 November 2007, registered in the Ministry of Justice of Ukraine on 25 January 2008 under No. 56/14747 (as amended).
22. NP 306.2.162-2010. Requirements for safety assessment of nuclear power plants. Approved by SNRIU Order No. 124 of 22 September 2010, registered in the Ministry of Justice of Ukraine on 21 October 2010 under No. 964/18259, as amended.
23. DBN V.2.6-98:2009. Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions.
24. DSTU B V.2.6-156:2010. Concrete and reinforced concrete structures made of heavy concrete. Design rules.
25. DBN V.2.6-198:2014. Steel structures. Design standards.
26. Ovdienko, Yu., Zhabin, O., Bilodid E., Yeremenko M., Kovbasenko, Yu., Kostyushko, Ya., Dudka, O., Kuchin, O. Up-to-date approaches to safety analysis of nuclear fuel management systems. Manuscript of the monograph. Approved by the SSTC NRS Scientific and Technical Council (Minutes No. 21-11 of 12 October 2021). Kyiv, SSTC NRS, 148 p.
27. Frankova, M., Vorobyov, Yu., Vyshemirskyi, M., Zhabin, O. (2017). Developing a model of a container for long-term storage of VVER-1000 spent fuel assemblies for the ANSYS CFX software. *Nuclear and Radiation Safety*, 2(74), 20-23. doi: 10.32918/nrs.2017.2(74).04.
28. Vargaftik, N. (1972). Handbook on thermophysical properties of gases and liquids. 2nd edition, revised. Moscow, Nauka, 1972, 720 p.
29. Valigun, N., Vorobey, I., Dybach, O., Ligotskyi, O., Nosovskyi, A., Gashev, M., Kutuzova, T. (2013). Scientific and technical support for the oversight function of the regulatory body. *Nuclear and Radiation Safety*, 1, 10 – 13. doi: 10.32918/nrs.2013.1(57).02.
30. Gumenyuk, D., Demyaniuk, V., Iliina, A., Shevchenko, I. (2019). Prospects for optimization of maintenance and repair using risk-informed decision making at Ukrainian NPPs. *Nuclear and Radiation Safety*, 1, 10 – 16. doi: 10.32918/nrs.2019.1(81).02.
31. Iliina, A., Ponochovnyi, O., Pustovit, V., Gumenyuk, D., Vyshemirskyi, M. (2021). Development of a regulatory guideline for the application and justification of risk-informed maintenance. *Nuclear and Radiation Safety*, 4, 12 – 18. doi: 10.32918/nrs.2021.4(92).02
32. Shugaylo, O-y, Ligotskyi, O., Pecherytsia, O., Kulman, O., Moskalyshyn, R., Khalenko, R., Kurman, O. (2020). Analysis results of events at Ukrainian NPPs caused by aging. *Nuclear and Radiation Safety*, 2, 44 – 51. doi: 0.32918/nrs.2020.2(86).06.
33. Shugaylo, O-y, Ligotskyi, O., Serafyn, R., Pecherytsia, O., Panchenko, A. (2021). The main analysis results of events at Ukrainian NPPs related to the containment. *Nuclear and Radiation Safety*, 3, 51 – 62. doi: 10.32918/nrs.2021.3(91).06.
34. On the possibility of involving the SSTC NRS in conformity assessment of products supplied to NPPs of Ukraine by the Decision of the SNRIU Board No. 8 dated 1 August 2019.
35. DSTU EN ISO/IES 17065:2014. Conformity assessment. Requirements of certification bodies for products, processes (EN SO/IEC 17065:2012; IDT).
36. DSTU ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
37. Technical specifications for packaging for storage and disposal of radioactive waste approved by Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 884 of 17 October 2018.
38. Technical specifications for sealed radiation sources approved by Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1382 of 5 December 2007.
39. DSTU ISO 9001:2015. Quality management systems. Requirements (ISO 9001:2015, IDT).
40. DSTU ISO 19443:2019 (ISO 19443:2018, IDT). Quality management system. Specific requirements for the application of ISO 9001:2015 by organizations in the nuclear sector that provide products and services important to nuclear safety (ITNS).
41. 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.

## SSTC NRS Expert 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 Korniiivska**

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

### **Anastasiia Martynenko**

Head of Sector for Organization and Control  
of Nuclear and Radiation Safety Reviews  
(Technical Assessments) and Research and  
Development, Administrative and Informational/  
Methodological Support Department  
SSTC NRS, Kyiv, Ukraine

### **Viacheslav Boichuk**

Deputy Director for Nuclear and Radiation  
Safety SSTC NRS, Kyiv, Ukraine

The article contains the main results of SSTC NRS expert activities in 2017-2021 in the framework of supporting the regulatory decisions of the state nuclear regulatory body of Ukraine.

The SSTC NRS expert activities were focused on a comprehensive safety assessment of nuclear installations, spent nuclear fuel and radioactive waste management facilities, Shelter/New Safe Confinement, safety of using radiation sources, transport of nuclear materials, physical protection of nuclear installations, nuclear materials, radioactive waste and radiation sources, as well as scientific and technical support for the oversight function of state regulation (including the inspection activities of the State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine).

Keywords: expert and analytical activities, computer models, NPP, nuclear and radiation safety, nuclear fuel, nuclear installations, nuclear materials, radiation sources, radioactive radiation, spent nuclear fuel, verification calculations.