

№6 січень — березень 2018



Атомпром України

<http://www.atomforum.org.ua>



Тема числа

ВИРОБЛЕНО В УКРАЇНІ

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ КОНДЕНСАТОРІВ ПАРОВИХ ТУРБІН ПОТУЖНІСТЮ 1000 МВт ПІВДЕННО-УКРАЇНСЬКОЇ АЕС

О. В. Шавлаков, Державне підприємство НАЕК «Енергоатом»

М. О. Феофентов, відокремлений підрозділ «Південно-Українська АЕС»

С. Т. Пацюк, О. М. Усс, О. В. Вавилов, публічне акціонерне товариство «Турбоатом»

Д.Х. Харлампіді, Інститут проблем машинобудування НАН України

Ми представляємо результати розробки модернізованого конденсатора турбоустановок потужністю 1000 МВт блоків №1 і №2 Південно-Української АЕС, що знаходяться в експлуатації відповідно з 1982 і 1985 років. Вказані необхідність, цілі та завдання модернізації, конструктивні особливості конденсатора нового покоління «блочно-модульного» виконання.

Надійна робота тепломеханічного обладнання машинного залу атомної станції є найважливішою складовою безпечної, надійної та економічної експлуатації енергоблоку АЕС в цілому. У зв'язку з цим зростають вимоги до широкого кола питань безпечної роботи цього обладнання і насамперед конденсаційних установок. Для дотримання цих підвищених вимог до безпеки в період 2016-2017 років виконано модернізацію конденсаторів турбоустановки К-1000-60 / 1500 блоків №1 і №2 на Південно-Українській АЕС.

ПАТ «Турбоатом» за завданням ДП НАЕК «Енергоатом» та ВП «Південно-Українська АЕС» виконало модернізацію конденсаторів за рахунок заміни трубної системи із заміною матеріалів,

створення нового компонування трубного пучка і, в цілому, за рахунок нової конструкції корпусів «блочно-модульного» виконання.

Коли техніка відпрацювала свій ресурс

Модернізація конденсатора була обумовлена необхідністю:

- заміни елементів конденсатора, які відпрацювали свій ресурс;
- підвищення надійної і безпечної роботи в стаціонарних, змінних і перехідних режимах експлуатації;
- забезпечення вакуумної і водяної щільності конденсатора;
- виконання вимог, пов'язаних з деаерацією конденсату;
- виключення з пароводяного тракту другого контуру матеріалів з міддю;
- поліпшення показників потужності і питомої витрати теплоти бруто енергоблоку;
- продовження терміну служби турбоустановки.

Конденсатори парових турбін перебували в експлуатації на Південно-Українській АЕС з 1982 і 1985 років, тобто близько 35 років з напрацюванням понад 200000 годин, що перевищує розрахунковий ресурс турбоустановки. Основні елементи конденсатора, такі як охолоджуючі труби і їх входні ділянки, місця кріплення охолоджуючих труб до зовнішніх дощок, зовнішні і проміжні дошки та інші елементи в результаті тривалої експлуатації мали ушкодження.

Однією з основних причин пошкодження металу вхідних ділянок труб охолоджуючих і зовнішніх дощок конденсаторів є «ерозія-корозія» під

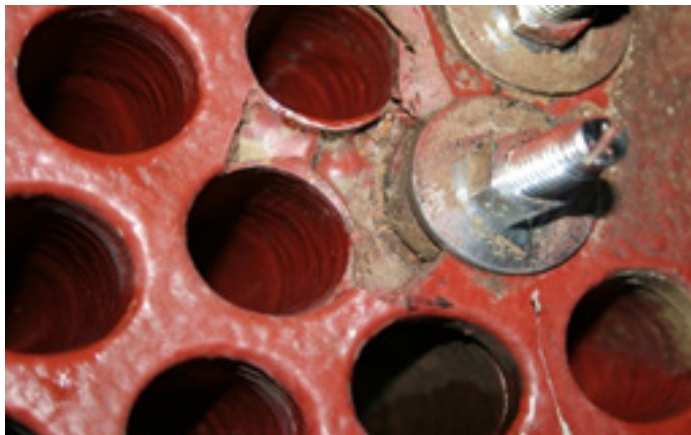


Рис.1. Пошкоджені вхідні ділянки охолоджуючих труб і зовнішніх дощок

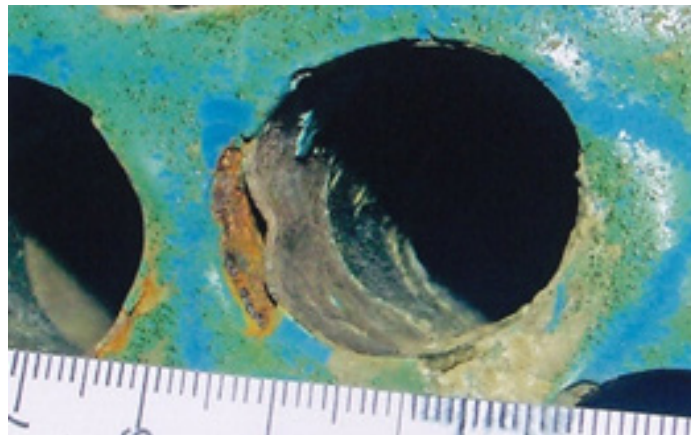
впливом турбулентного потоку насиченої киснем охолоджуючої води, що містить тверді частинки і біологічні включення, небезпечні для трубних систем при тривалій експлуатації (рис. 1).

Додаткові пошкодження трубних систем пов'язані з розвитком водно-крапельної ерозії і аміачної корозії з боку проходження пари, протічками у місцях з'єднань «труба-дощка зовнішня» внаслідок порушення щільності. Зазначені ушкодження призводять до порушення водно-хімічного режиму, до пошкоджуваності парогенераторів в результаті впливу охолоджуючої води на його елементи. Пошкоджуваність парогенераторів пов'язана з розвитком корозії через попадання солей і міді, яка «вимивається» з охолоджуючих труб конденсатора, виготовлених зі сплаву марки МНЖ5-1, в пароводяний тракт. В результаті пошкоджень відбувається зниження показників експлуатаційної надійності парогенераторів і допоміжного обладнання турбоустановки і, в кінцевому підсумку, до зниження показників роботи АЕС.

З огляду на знос основних елементів, що викликав зниження ефективності роботи конденсаційних установок при експлуатації, було прийнято рішення виконати модернізацію конденсаторів шляхом заміни конденсаторів старої конструкції на конденсатори «блочно-модульного» виконання нового покоління.

Мета та технологія модернізації

Метою модернізації конденсатора є вилучення сплавів із міді з обладнання 2-го контуру турбоустановок; досягнення герметичності (щільнос-



ті) системи трубної конденсатора; підвищення надійності, безпеки і працездатності вакуумної системи; продовження терміну служби; скорочення терміну при монтажі; збереження існуючих габаритних розмірів і установка на існуючий фундамент; підвищення надійності та безпеки обладнання 1-го контуру, зокрема, парогенераторів; поліпшення показників щодо потужності і питомої витрати теплоти бруто енергоблоку.

Для реалізації сформульованої мети, з огляду на досвід створення конденсаторів парових турбін великої потужності [1] з виконанням комплексу теплових і гідравлічних розрахунків [2], були вирішені наступні завдання: розробка нового трубного пучка; оптимізація поверхні теплообміну; розрахунково-вібраційна настройка труб охолоджуючих; підвищення деаеруючої здатності конденсатора; виключення стояночної корозії в трубах охолоджуючих; оптимізація масових характеристик; поглиблення розрахункового тиску пари в конденсаторі; отримання приросту електричної потужності турбоустановки на затискачах генератора; удосконалення конструкції елементів конденсатора.

Виключення з обладнання другого контуру матеріалів, що містять мідь, і протікання охолоджуючої води в паровий простір конденсатора є головним завданням забезпечення надійної та безпечної роботи обладнання турбоустановки, яка вирішена завдяки застосуванню у конструкції

основних вузлів конденсатора корозійно-стійких матеріалів.

Необхідність застосування таких матеріалів продиктована і складом охолоджуючої води щодо вмісту солей, органічних, біологічних та інших відкладень, які впливають на корозійну стійкість, зокрема, трубних систем.

Для охолоджуючої води з вмістом солей до 3000 мг/л рекомендовано застосовувати трубні систем конденсаторів з корозійно-стійких сталей аустенітного класу з високим вмістом хрому (до 18%) і нікелю (до 14%), з додаванням молібдену (до 3,0%) або титану, що дозволяє істотно поліпшити корозійну стійкість вузлів конденсатора і, як наслідок, забезпечити вакуумну і водяну щільність. Підвищення якості щільності досягається і завдяки застосуванню нових технологій кріплення

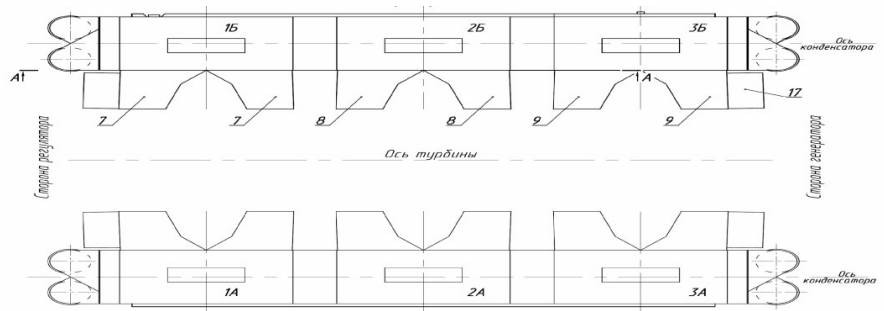


Рис. 2. Бічне розташування конденсаторів щодо осі турбіни

охолоджуючих труб до зовнішніх дощок: шляхом вальцювання і приварювання до дощок кінцевих частин охолоджуючих труб.

Конструктивні особливості конденсатора

Конденсатор складається з 2-х бічних конденса-
торів (рис. 2).

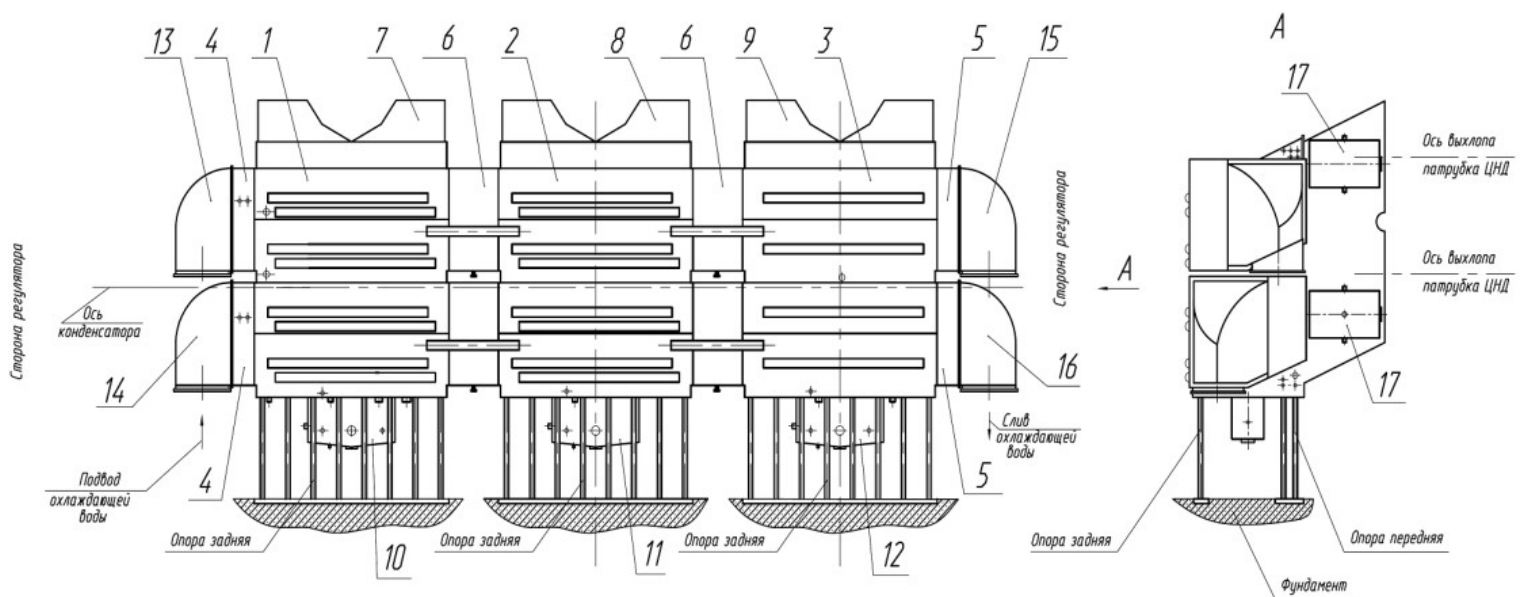


Рис. 3. Корпуси одного бокового конденсатора

- | | |
|-------------------------|-------------------------------------|
| 1 - корпус (1А / 1Б) | 10 - конденсатозбірник |
| 2 - корпус (2А / 2Б) | 11 - конденсатозбірник |
| 3 - корпус (3А / 3Б) | 12 - конденсатозбірник |
| 4 - камера вхідна | 13 - кришка вхідна |
| 5 - камера вихідна | 14 - кришка вхідна |
| 6 - камера проміжна | 15 - кришка вихідна |
| 7 - патрубок перехідний | 16 - кришка вихідна |
| 8 - патрубок перехідний | 17 - пристрій приймально-скидальний |
| 9 - патрубок перехідний | |

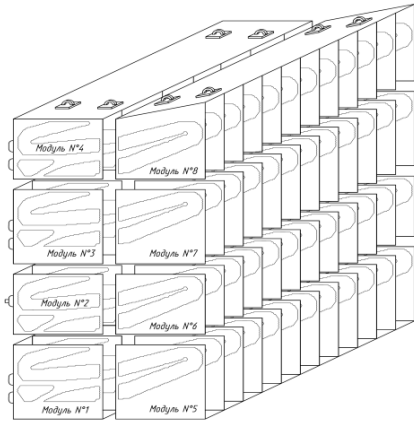


Рис. 4. Модулі корпусу конденсатора

Кожен бічний конденсатор складається з 3-х корпусів, вхідних і вихідних камер і кришок, камер проміжних, конденсатозбірників, перехідних патрубків і приймально-скидних пристроїв (рис 3).

Кожен корпус конденсатора (№№ 1А, 2А, 3А і 1Б, 2Б, 3Б) складається з 8-ми модулів - транспортбельних блоків (рис. 4).

Корпус конденсатора встановлюється на існуючі стрижневі опори без зміни характеристик фунда-

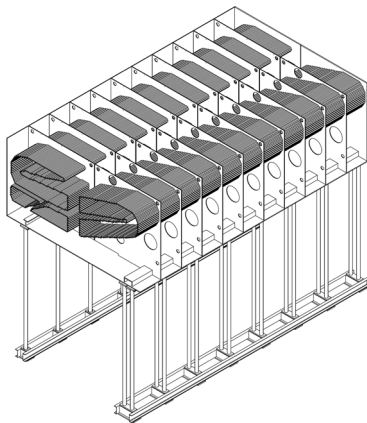


Рис. 5. Опори корпусу конденсатора

менту зі збереженням геометричних розмірів і без зміни компоновальних рішень щодо машинного залу (рис. 5). Навантаження від конденсатора в робочому стані сприймається системою зазначених гнучких стрижнів, розташованих уздовж конденсатора в два ряди. Опори жорстко закладають в елементи конструкції нижньої плити фундаменту і приварюють до корпусів конденсатора.

Конструкція конденсатора забезпечує: установку корпусів на існуючі стрижневі опори; щільність кріплення охолоджуючих труб у зовнішніх дошках; поглиблення тиску пари в конденсаторі з відповідним приростом електричної потужності турбоустановки на затискачах генератора; установку на вхідних, вихідних і проміжних камерах люків; покриття внутрішніх поверхонь камер, кришок і з'єднань анкерних антикорозійним матеріалом; відведення несконденсованої пароповітряної суміші з трубного пучка; повну конденсацію пари; проведення експлуатаційного контролю місць з'єднання; організацію безперервного відводу газів; приєднання сучасних контрольно-вимірювальних приладів.

Конструктивно обидва бічних конденсатори є конденсаторами поверхневого типу, одноходові, двопотокові, послідовно включеними по охолоджуючій воді.

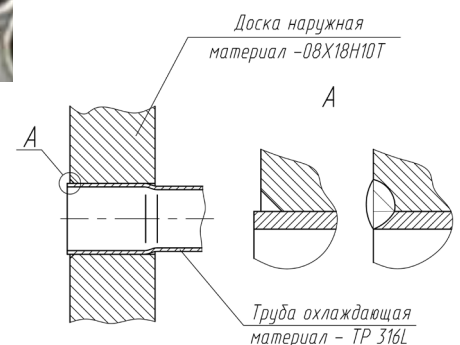
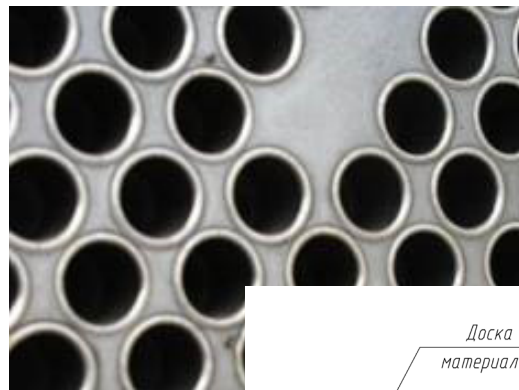


Рис. 6. Кріплення охолоджуючих труб до зовнішніх дошок

Розташування потоків води, що охолоджує в два яруси, дозволяє використовувати насоси циркуляційної води з меншим напором для нижніх половин конденсаторів і з більшим напором для верхніх половин. При цьому кожен насос має подачу, рівну половині сумарної витрати охолоджуючої води на обидва конденсатори для зниження витрат на власні потреби енергоблоку.

До числа конструктивних заходів, за допомогою яких досягається висока герметичність, належать застосування охолоджуючих труб і зовнішніх дощок з матеріалів, стійких проти ерозійних і корозійних впливів з боку охолоджуючої води і пари, запобігання механічним пошкодженням охолоджуючих труб при їх вібрації і підвищення щільності кріплення до дощок охолоджуючих труб.

Обидва кінці труб розвальцьовуються в дошках зовнішніх і приварюються до них (рис. 6). Це дозволяє забезпечити надійність і працездатність, а також підвищує водяну щільність і збільшує термін служби конденсаторів.

Матеріали, що застосовуються для виготовлення деталей і вузлів конденсатора, відповідають сучасним вимогам, що пред'являються до матеріалів для обладнання АЕС.

У конструкції конденсатора передбачені охолоджуючі труби з корозійностійкої нержавіючої сталі марки TP 316L ASTM 249 (аналог сталі марки 03X17H14M3). Труби зварні, з підвищеними вимогами до контролю, виготовляються на спеціальних технологічних станах із застосуванням сучасної технології зварювання (тип зварювання «Tig/Laser») безпосередньо у стані і задовольняють всім вимогам до якості труб відповідно до стандарту і специфікації на поставку. Перевагою зварних труб, що виготовляються з штрипса, є висока однорідність, стабільність структури, механічних та корозійних властивостей металу по перетину і довжині труб, що забезпечується способом їх виробництва. Крім того, при прокаті на стані є технологічні засоби, що забезпечують досягнення високої якості зовнішньої поверхні, застосування термообробки в лінії стану («світле відпалювання») і суміщених видів контролю - 100% ультразвуковий контроль і 100% вихрострумний контроль безпосередньо в стані, а також виконуються додатково пневматичні випробування в обсязі 100%.

В результаті розрахунку власних частот коливань труби охолоджуючі відстроєні мають запас від основної збуджуючої сили (базової частоти обертання валопроводу парової турбіни 25 Гц, 2-ї кратності частоти змушує сили 50 Гц, 3-й кратності частоти змушує сили 75 Гц), відповідають

вимогам [3]. Власні частоти труб мають запас від базової частоти не менше 25% для вільних коливань першого порядку основного тону і не менше 12 ... 15% для коливань наступних порядків, що забезпечує вібраційну міцність.

Кожен корпус конденсатора через перехідні патрубки з лінзовими компенсаторами з'єднаний з вихлопними патрубками турбіни. Поздовжні розміри між вихлопами ЦНТ і їх розміри по висоті з урахуванням дифузорності перехідних патрубків є визначальними при виборі довжини охолоджуючих труб, а отже, і розмірів корпусів конденсатора. Оскільки висота конденсатора визначається висотою вихлопних патрубків ЦНТ, то ширина його визначається кількістю охолоджуючих труб, що утворюють розрахункову поверхню охолодження конденсатора.

Конструкція корпусу мінімізує температурні напруги в охолоджуючих трубах в місцях їх кріплення до зовнішніх дощок при температурних деформаціях, пов'язаних з відносним переміщенням корпусу і охолоджуючих труб. Температурні напруги в місцях з'єднання «труба - дошка зовнішня» враховуються при оцінці міцності елементів конструкції конденсатора при розрахунку розмахів приведених напруг і амплітуди приведених напруг. Зниження в деталях і вузлах конденсатора до рівня вимог [3] температурних і компенсаційних напруг досягається оптимальним співвідношенням жорсткісних характеристик сполучених елементів конструкції.

Одним із важливих чинників, які гарантують ефективну роботу конденсатора, є безперервне і надійне видалення газів з усіх ділянок поверхні теплообміну. При проектуванні поверхні теплообміну, яка має порівняно велику протяжність у вертикальному напрямку, в кожному з корпусів конденсатора виділяють окремі зони видалення повітря, кожна з яких обслуговує свою частину основного трубного пучка. Ці зони повітроохолоджувачів, в яких газу, що не сконденсувалися, рухаються від стінки корпусу конденсатора до центру трубних пучків, розташовуються у внутрішній частині стрічок пучків. Таким чином, у вертикальному напрямку корпуси конденсатора розділені на два «самостійних» конденсатора, що мають ідентичну компоновку трубного пучка.

Відсмоктування повітря з повітроохолоджувача, відокремленого щитами від основного трубного пучка, здійснюється через канали коробчатого типу, приварені до щитів. Далі через вирізи в стінці корпусу конденсатора повітря надходить в колектори, розташовані зовні корпусу.

Застосування парових щитів, розташованих у внутрішніх проходах трубного пучка, а також зливних труб, розташованих під стрічкою пучка кожного парового проходу, забезпечує відведення і злив конденсату проміжними дошками, завдяки чому запобігається переохолодження, аерація і зменшується паровий опір конденсатора. Під охолоджуючими трубами кожного потоку у відсіках між дошками встановлені водорозподільні дірчасті листи, на які надходить конденсат, що утворюється у трубних пучках. Через отвори в водорозподільному щиті конденсат зливається, значно збільшуючи тим самим деаеруючу здатність конденсатора. Для підтримки допустимого вмісту кисню в конденсаті, з метою додаткової деаерації, в корпусах і конденсатозбірниках встановлені деаераційні пристрої.

Опирання для бічних конденсаторів забезпечує можливі відносні температурні переміщення елементів вузла «ЦНТ-конденсатор». Кожен ЦНТ має з кожного боку по чотири вихлопні патрубки прямокутного перетину. За допомогою чотирьох вставок з лінзовими компенсаторами з кожного боку ЦНТ з'єднаний зі своїм конденсатором двома перехідними патрубками. Перехідний патрубок на вході в конденсатор має прямокутний перетин, висота якого відповідає висоті конденсатора, а ширина - половині його довжини. При використанні дифузornoї конструкції перехідного патрубка знижується швидкість входу пари в конденсатор і забезпечується порівняно рівномірний розподіл пари по вхідному перетину трубного пучка. З'єднання перехідних патрубків, як з корпусами конденсатора, так і з проміжними компенсуючими елементами ЦНТ виконуються

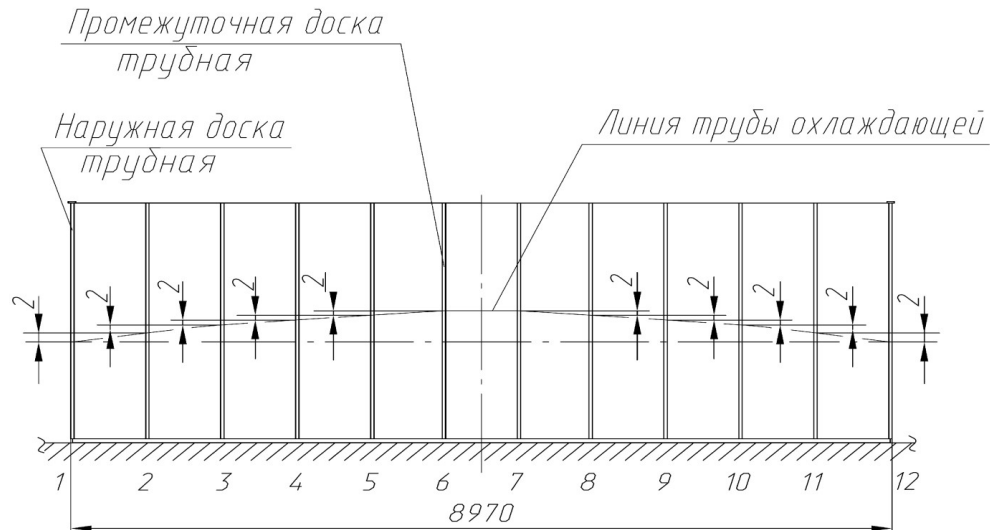


Рис. 7. Схема установки охолоджующих труб

нероз'ємними на зварюванні. При такому з'єднанні ЦНТ з корпусами конденсатора виникають бічні зусилля, які сприймаються гнучкими боковими опорами.

На крайніх перехідних патрубках встановлені по два приймально-скидних пристрої дросельно-охолоджувального типу, які служать для прийому пари, що скидається в конденсатор після БРУ-К.

Конструкція конденсатора унеможливорює виникнення стояночної корозії, для чого охолоджуючі труби встановлюються в дошках по типу «лук» (рис. 7).

Конденсатор працює спільно з існуючою системою кулькового очищення охолоджуючих труб і фільтрами додаткового очищення охолоджуючої води. Його конструкція передбачає виключення застійних зон - зон можливого скупчення кульок.

Геометрична сумісність модулів конденсатора один з одним при виготовленні і монтажі забезпечується поетапною контрольною збіркою модулів без труб охолоджуючих і з трубами охолоджуючими, яка виконується на підприємстві-виробнику. Повна збірка вузлів конденсатора виконується згідно [4] спеціалізованою організацією під технічним керівництвом ПАТ «Турбоатом».

Ефективність модернізації конденсатора представлена в таблиці 1.

Висновки

Показано, що в результаті тривалої, понад 30 років експлуатації, виникла необхідність модернізації конденсаторів парових турбін блоків №1 і №2 Южно-Української АЕС. Протягом 2015 року було виконано розробку конденсатора нового покоління «блочно-модульного» виконання, запропонована нова схема охолоджуючого трубного пучка, виконані оптимізація поверхні теплообміну і розрахунково-вібраційна настройка охолоджуючих труб. Запропоновано оригінальні конструкторські рішення для зменшення тиску пара в конденсаторі, виключення стояночної корозії в охолоджуючих трубах і підвищення деаеруючої здатності конденсаційної установки.

У 2016-2017 роках на атомній станції була ви-

конана заміна конденсаторів, які вичерпали свій ресурс, що дозволило продовжити термін і підвищити надійність експлуатації, отримати приріст електричної потужності турбоустановок К-1000-60 / 1500 на затискачах генераторів.

Таблиця 1. Ефективність модернізації конденсатора

№ п/п	Розрахункова температура охолоджувальної води на вході в перший корпус конденсатора, °C	Середнє значення тиску пари існуючого конденсатора, кгс/см ²	Середнє значення тиску пари модернізованого конденсатора, кгс/см ²	Приріст електричної потужності турбоустановки на затискачах генератора після модернізації конденсатора, МВт
1	$t_{\text{охл}} 1 = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$	0,0386	0,0356	0,20
2	$t_{\text{охл}} 1 = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$	0,0643	0,0612	3,20
3	$t_{\text{охл}} 1 = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$	0,1070	0,1011	5,00

ДЛЯ ГЕС, ТЕС І АЕС



Прибуток і номенклатура продукції

Чистий дохід від реалізації продукції ПАТ «Турбоатом» за 2017 р. становив 2 млрд. 377 млн. грн. Чистий прибуток у минулому році становив 710,4 млн. грн. Питома вага експорту у загальному обсязі реалізації сягнула 36%.

Загальна сума коштів, перерахована підприємством до державного та місцевих бюджетів у вигляді податків, зборів та єдиного соціального внеску становила 1 млрд. 062 млн. грн., у тому числі дивіденди на державну частку – 400,7 млн. грн.

Середньооблікова чисельність працюючих на підприємстві на 01.01.2018 р. – 3 501 чол.

Середньомісячна заробітна плата за 2017 р. складала: промислово-виробничого персоналу – 8 253 грн., виробничих робітників – 10 730 грн.

На технічне переозброєння та капітальний ремонт за 2017 р. підприємство інвестувало 23,8

млн. грн. На утримання та розвиток соціальної сфери за 2017 р. ПАТ «Турбоатом» направило – 12,7 млн. грн.

Впродовж 2017 року ПАТ «Турбоатом» виготовило та відвантажило замовникам ряд продукції для атомних та теплових електростанцій:

- обладнання для Запорізької АЕС №3 та Южно-Української АЕС №1 (Україна);
- циліндри високого, низького та середнього тиску, регулювання турбіни, обладнання для Слов'янської ТЕС блок №6а (Україна);
- ротор середнього тиску для ТЕС «Аксу» (Казахстан);
- блоки паророзподілення для турбіни Слов'янської ТЕС блок №7 (Україна);
- комплекти енергетичного обладнання для модернізації двох циліндрів високого тиску для АЕС «Пакш» (Угорщина);
- робочі лопатки 5-ої ступені низького тиску для АЕС «Пакш» (Угорщина), Южно-Української АЕС та Луганської ТЕС ;



- обладнання для модернізації турбін АЕС РАПП та «Кайга» (Індія);
- запчастини для Запорізької АЕС, Рівненської АЕС та Криворізької ТЕС (Україна), ТЕС «Аксу» (Казахстан) та інших станцій.

На замовлення гідравлічних електростанцій було виготовлено та відвантажено:

- дві гідравлічні турбіни для Канівської ГЕС №1 та Канівської ГЕС №3;
- закладні частини для турбін для Дністровської ГАЕС №4, Каховської ГЕС №1;
- енергетичне обладнання для гідравлічних турбін для Кременчуцької ГЕС №8 і Середньодніпровської ГЕС №5 (Україна) та комплекти енергетичного обладнання для модернізації ГЕС «Наглу» (Афганістан), Сальто-Гранде (Аргентина), каскаду Перепадних ГЕС (Грузія), Рогунської ГЕС (Таджикистан) тощо.

У топ-100

«Турбоатом» увійшов до ТОП-100 найбільших платників податків та посів перше місце серед машинобудівних компаній України.

В Офісі великих платників податків Державної

фіскальної служби визначили ТОП-100 платників за 2017 рік. Всього в Офісі обслуговується близько 2500 ВПП. Серед компаній, які увійшли до ТОП-100, протягом року перерахували до зведеного бюджету 258,3 млрд. грн. – понад 70% усіх надходжень Офісу. ПАТ «Турбоатом», сплативши більше 1 млрд. грн., увійшло до 100 найбільших платників податків та серед машинобудівних компаній України і посіло перше місце, обійшовши при цьому, ПАТ «Мотор Січ».

Крім цього, «Турбоатом» потрапив до ТОП прибуткових підприємств Харківської області за підсумком 11 місяців 2017 року. Так, за січень-листопад минулого року машинобудівні підприємства Харківської області реалізували продукції на 16,9 млрд. грн., серед яких одне з перших місць посідає саме «Турбоатом». Про це на засіданні депутатської комісії Харківської облради повідомив заступник директора Департаменту економіки і міжнародних відносин Харківської облдержадміністрації Олександр Лукашов. За словами Лукашова, другий рік поспіль відбувається зростання виробництва в машинобудуванні: за підсумками одинадцяти місяців 2017 року обсяги виробництва зросли на 7,9%.

СИСТЕМА, ЯКА ВРАХОВУЄ НЮАНСИ

Упродовж минулого року Сєвєродонєцькє науко-во-виробничє об'єднаннє «Імпульс» – розробник, виробник і постачальник високонадійних систем контролю та управліннє (СКУ), лідєр ринку СКУ для атомної енергетики – продовжувало вдосконалювати свою продукцію, пройшло процедуру сертифікації та брало участь у важливих міжнародних профєсійних форумах. Плани на нинішній рік – не менш амбітні.

Виготовлено в Україні

Основними характеристиками СКУ виробництва СНВО «Імпульс» є можливість побудови систем з різною канальністю згідно з вимогами проектів; реалізація на диверсних платформах МСКУ 3 і МСКУ 4; стійкість до одиничних і кратних несправностей, у тому числі прихованих; мінімум кабельних зв'язків за рахунок застосування виносних цифрових контролерів для дистанційного управліннє, індикації та сигналізації на пунктах управліннє, цифрової оптичної передачі даних. Також захищеність від кіберзагроз (програмне забезпечення повністю власної розробки, відсутні приховані закладки, процедури авторизації реалізовані із застосуванням пароля і фізичних ключів і т.д.); можливість зміни проектних налаштувань персоналом АЕС відповідно до регламенту, збереженням значень в енергонезалежному ПЗП, контролем змін. Інші аспекти – наочність представлення інформації для операторів БЩУ та оперативного персоналу і повне діагностування та архівування даних про роботу устаткування.

В 2017 році, згідно з контрактами, укладеними після перемог в міжнародних торгах, проведених за правилами ЄБРР/Євратом, були виготовлені, випробувані і введені в експлуатацію на АЕС України цілий ряд систем. Це комплексна система діагностики устаткування реакторної установки (КСД); інформаційно-обчислювальна система (ІОС); система внутрішньореакторного контролю

(СВРК-М); управляюча система безпеки (УСБ); система аварійного та післяаварійного моніторингу (ПАМС); система «Чорна скринька».

Комплексна система діагностики устаткування реакторної установки



Устаткування КСД було введено в експлуатацію на енергоблоках № 3 ЮУАЕС, №3 РАЕС, №3 ЗАЕС. Проведено приймальні випробування КСД (на площадці СНВО «Імпульс») для енергоблоків №4 і 5 ЗАЕС.

КСД призначена для комплексного контролю та діагностування основного устаткування та трубопроводів реакторної установки (РУ) ВВЕР-1000 у режимі нормальної експлуатації з використанням інформації від систем контролю та управліннє енергоблоком, локальних систем діагностики, автоматизованої системи радіаційного контролю. Реалізована за участю фірм AREVA та VUJE. КСД включає шість локальних систем: віброшумової діагностики устаткування РУ; контролю протікань теплоносія першого контуру РУ; віброконтролю та діагностики головних цирку-

ляційних насосів ГЦН; виявлення вільних і слабозакріплених предметів; діагностування залишкового ресурсу устаткування РУ; контролю переміщення трубопроводів.

Комплексний аналіз інформації, що надходить від локальних систем, здійснюється в серверах ВУ КСД.

Основні характеристики КСД:

- централізація широкого спектру функцій діагностики устаткування першого контуру РУ в єдиній системі при збереженні автономності локальних систем діагностики;
- комплексне і достовірне визначення ушкодженого або зношеного устаткування РУ завдяки наявності локальних систем діагностики, у яких застосовані різні методи оцінки контрольованих параметрів;
- апробовані діагностичні алгоритми КСД дозволяють оцінювати інтенсивність впливу ушкоджуючих факторів і обґрунтовано рекомендувати проведення робіт з поглибленої оцінки технічного стану елементів енергоблоку та виконання ремонтних процедур по поточному технічному стану устаткування РУ;
- зручність експлуатації завдяки ергономічному операторському інтерфейсу і наявності розвиненої системи надання поточної та ретроспективної інформації експлуатаційному персоналу;
- застосування уніфікованих технічних засобів.

Перспективним напрямком є створення галузевого діагностичного центру для АЕС України з метою контролю, діагностування і прогнозування стану устаткування АЕС.

Інформаційно-обчислювальна система

Устаткування верхнього рівня ІОС і комплексу зв'язку з УСБ-1 було введено в експлуатацію на енергоблоках № 3 та 4 ЗАЕС.



ІОС є основним засобом контролю технологічних процесів енергоблоку, що забезпечує централізований контроль та управління із блокового щита управління (БЩУ). З БЩУ здійснюється пуск реактора, виведення його на потужність, пуск турбіни, синхронізація генератора, управління енергоблоком у нормальному та аварійному режимах, планові і аварійні зупинки реактора і турбіни, розхолодження реакторної установки.

Основні характеристики ІОС:

- можливість поетапної модернізації діючих ІОС зі збереженням проектних функцій;
- вбудовані функції підсистеми подання параметрів безпеки;
- застосування уніфікованих протоколів інформаційного обміну із суміжними системами;
- широкий перелік додаткових функцій, адаптація ергономіки управління під переваги експлуатаційного персоналу.

Новими рішеннями в ІОС є:

- реалізація підсистеми раннього попередження порушень роботи енергоблоку;
- виконання функцій дистанційного управління за командами з моніторів робочих місць операторів;
- технічні рішення для модернізації БЩУ (екран колективного користування, мозаїчні панелі та ін.).



Система внутрішньореакторного контролю

Устаткування нижнього рівня модернізованої системи внутрішньо-реакторного контролю СВРК-М було введено в експлуатацію на енергоблоці №3 ЗАЕС.

СВРК-М забезпечує контроль нейтронно-фізичних та теплогідравлічних параметрів першого контуру РУ, а також інформаційну підтримку оператора для оптимізації протікання технологічних процесів РУ.

СВРК-М контролює нейтронно-фізичні параметри активної зони (АкЗ) РУ в діапазоні потужності від 10 до 120% номінальної та теплогідравлічні характеристики АкЗ і першого контуру РУ в діапазоні потужності від 0 до 120% номінальної (за винятком функції визначення параметрів реактивності на мінімально-контрольованому рівні потужності) і теплогідравлічні характеристики АкЗ і першого контуру РУ при працюючих головних циркуляційних насосах у діапазоні потужності від 0 до 120% номінальної.

Основні характеристики СВРК-М:

- можливість контролю нейтронно-фізичних і теплогідравлічних параметрів АкЗ в стаціонарних і перехідних режимах, у тому числі в режимах роботи енергоблоку на підвищеній потужності;
- можливість контролю АкЗ з паливом ТВС-WR виробництва компанії Westinghouse, включаючи активні зони зі «змішаними» завантаженнями;
- можливість впровадження нових паливних циклів.

Новими рішеннями у СВРК-М є:

- інформаційна підтримка оператора для експлуатації енергоблоків у маневрових режимах;
- двоваріантна модифікація СВРК-М для контролю АкЗ при змішаних і стаціонарних завантаженнях з паливом Westinghouse: з інтегрованою підсистемою «Beacon» та з власною ліцензованою методикою розрахунку констант;
- розробка національного коду ImCore та його апробація в складі нової СВРК-М2.

Управляюча система безпеки

Устаткування УСБ-1 було введено в експлуатацію на енергоблоках: № 3, 4 ЗАЕС. УСБ енергоблоку АЕС призначена для контролю технологічних



них параметрів та ідентифікації вихідних подій, формування команд на запуск систем безпеки і захисних дій, передбачених для виявленої вихідної події, формування команд, технологічних захистів і блокувань.

Основні характеристики ПТК УСБ:

- висока відмовостійкість завдяки застосуванню резервованих технічних засобів;
- ергономічний та інтуїтивно зрозумілий операторський інтерфейс;
- високий рівень захищеності системи від кіберзагроз;
- зручність експлуатації та технічного обслуговування завдяки застосуванню модульної структури компонентів системи з можливістю швидкої заміни несправних модулів.

Новими рішеннями в УСБ є:

- реалізація диверсного комплексу із запуску систем безпеки;
- реалізація управління і контролю механізмів із використанням цифрового РТЗО (Switchgear) і підсистеми діагностування електроприводів;
- можливість побудови апаратури ПТК із різними схемами резервування («2 з 4», «2 з 3», «1 з 2» та ін.).

Система аварійного та післяаварійного моніторингу

Устаткування ПАМС було введено в експлуатацію на енергоблоці № 1 РАЕС.

ПАМС призначена для контролю параметрів безпеки та стану систем реакторної установки РУ під час проектних і запроектних аварій на АЕС.



ПАМС забезпечує функції аварійного та післяаварійного моніторингу при будь-яких вихідних подіях, що враховуються проектом, а також при запроектних аваріях (у тому числі пов'язаних з важким ушкодженням палива).

Основні характеристики ПАМС:

- висока відмовостійкість завдяки застосуванню розподіленої дворівневої структури з використанням двох незалежних каналів вимірювання, обробки та подання даних;
- застосування технічних засобів, кваліфікованих для умов проектних і запроектних аварій, у тому числі аварій із втратою теплоносія (LOCA);
- застосування аварійних контрольно-вимірювальних приладів з розширеним діапазоном вимірів контрольованих технологічних параметрів РУ;



- забезпечення працездатності ПАМС в умовах максимального розрахункового землетрусу та повного знеструмлення енергоблоку (blackout).

Система збереження інформації в умовах проектних і запроектних аварій «Чорна скринька»

Проведені приймальні випробування системи «Чорна скринька» для енергоблоків № 3, 4 ЗАЕС.

Система «Чорна скринька» призначена для зберігання та подання персоналу інформації про параметри енергоблоків АЕС в аварійних та післяаварійних умовах проектних і запроектних аварій.



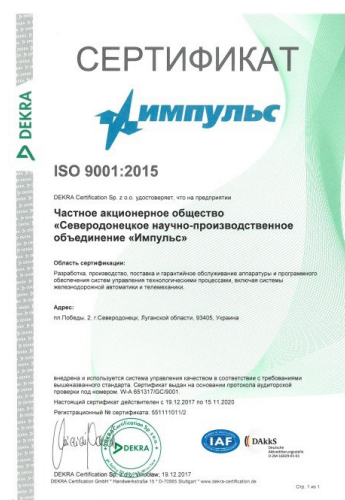
Основні характеристики системи «Чорна скринька»

- резервування обміну даними по радіоканалу з технологією WiMAX;
- реалізація обміну даними між компонентами по резервованих оптично-волоконних лініях зв'язку;
- висока відмовостійкість системи завдяки застосуванню резервованих технічних засобів.

СЕРТИФІКАЦІЯ

ПрАТ «СНВО «Імпульс» успішно пройшло процедури аудитів та одержало сертифікати на відповідність до стандартів:

- ISO 9001:2015 – системи управління якістю продукції;
- ДСТУ ISO 14001:2015 – системи екологічного менеджменту;
- ДСТУ OHSAS 18001:2010 – системи управління гігієною та безпекою праці;
- BS EN ISO 27001:2013 – системи управління інформаційною безпекою.



ПОДІЇ

Засідання координаційно-експертної ради по АСУ ТП АЕС



У травні 2017 року на майданчику СНВО «Імпульс» було проведено засідання координаційно-експертної ради фахівців з питань АСУ ТП при ДП «НАЕК «Енергоатом».

У засіданні взяли участь представники ДП «НАЕК «Енергоатом», ВП «ЗАЕС», ВП «ЮУАЕС», ВП «ХАЕС», ВП «РАЕС», ВП «Науково-технічний центр», ВП «Атомремонтсервіс», ВП «КБ «Атом-прибор», Харківської філії ГНТЦ ЯРБ, ВАТ ХІ «Енергопроект», ПАТ «КІЕП», ТОВ «Вестрон», ПАТ «НВП «Радій», ПрАТ «Манометр-Харків», ТОВ «НВП Моноліт Енерго», ТОВ «АМІКО Комплект», ТОВ «СЕРТЦЕНТР АСУ» і СНВО «Імпульс».

На засіданні обговорювалися стан і проблеми реконструкції АСУ ТП АЕС, роботи з модернізації АСУ ТП, виконані в 2016 – 2017 роках, і підходи до продовження строку експлуатації енергоблоків. Особливо відзначалися проблемні питання за тематикою авторського супроводження поставлених раніше систем контролю та управління. Дискусія пройшла на високому професійному рівні, всі поставлені завдання та ухвалені рішення увійшли до протоколу засідання КЕР.

Члени КЕР і запрошені учасники ознайомилися з усіма етапами повного циклу виробництва SKU в СНВО «Імпульс»: відвідали виробничі цехи і ділянки, експериментально-дослідну базу, випробувальний центр і музей підприємства. Учасники КЕР відзначили високий професіоналізм

працівників і розвинені технології виробництва.

Міжнародна конференція «Болгарська атомна енергетика – національна, регіональна і світова енергетична безпека»

У червні 2017 року у м. Варна фахівці СНВО «Імпульс» взяли участь у щорічній міжнародній конференції, організованою «Болгарським Атомним Форумом».



Протягом трьох днів на конференції були представлені технічні доповіді та проведені панельні дискусії, сфокусовані на проблемах і особливостях болгарської атомної енергетики – експлуатації, модернізації та продовженні терміну служби діючих енергоблоків АЕС «Козлодуй», а також питаннях перспективного будівництва нових енергоблоків на території Болгарії.

У конференції брали участь представники підприємств і організацій Болгарії, України, Франції, Німеччини, Чехії, Росії та інших країн, дипломати і політики. Представники СНВО «Імпульс» взяли активну участь в обговоренні розглянутих питань і представили доповідь «Evolution of I&C platform developed in SRPA “Impulse”».

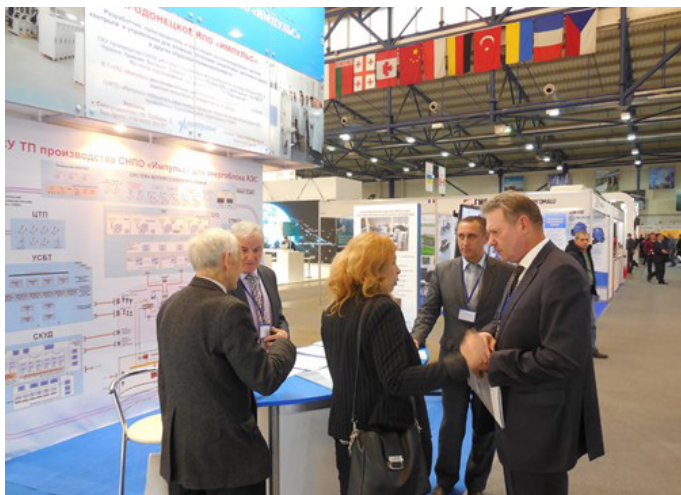
XV Міжнародний форум «ТЕК України: сьогодення і майбутнє»

У листопаді 2017 року представники Северодонецького НВО «Імпульс» традиційно взяли участь в XV Міжнародному форумі «ТЕК України: сьогодення та майбутнє».

ПрАТ «СНВО «Імпульс» було представлене експозицією про діяльність підприємства і його продукції. Для студентів КПП була прочитана

коротка лекція про особливості систем контролю та управління енергоблоками АЕС.

Фахівці СНВО «Імпульс» взяли участь також у конференції «День атомної енергетики» з доповіддю «Інноваційні рішення для систем контролю та управління АЕС».



Співробітництво з навчальними закладами

Протягом усього року СНВО «Імпульс» регулярно відвідували студенти та викладачі факультету інформаційних технологій і електроніки Східноукраїнського національного університету та відділення комп'ютерної техніки Северодонецького технікуму, учні, майстри і викладачі професійно-технічних навчальних закладів. Вони знайомились з лабораторним і технологічним устаткуванням, процесами виробництва, з налагоджувальним полігоном, випробувальним центром, а також з музеєм підприємства.

Кращі студенти пройшли науково-виробничу практику, захистили дипломні проекти по тематиці підприємства і були прийняті на роботу в СНВО «Імпульс».

Викладачі навчальних закладів проходили стажування в підрозділах НДДКР.

ПЕРСПЕКТИВИ ДІЯЛЬНОСТІ В 2018 РОЦІ

В 2018 році продовжуються роботи згідно з діючими контрактами із виготовлення, постачанню та введенню в експлуатацію наступних систем:

- УСБ для енергоблоків №№ 3, 4, 5 ЗАЕС;

- систем нормальної експлуатації реакторних відділень (СНЕ РВ) для енергоблоків № 3 та № 4 ЗАЕС;
- систем нормальної експлуатації турбінного відділення (СНЕ ТВ) та СНЕ РВ для енергоблоку № 2 ХАЕС;
- СНЕ ТВ для енергоблоків №№ 3, 4, 5 ЗАЕС;
- ІОС для енергоблоку № 5 ЗАЕС, комплексів зв'язку з об'єктом для енергоблоків №№ 3, 4 ЗАЕС;
- КСД РУ та систем контролю переміщення трубопроводів 1-го контуру для енергоблоків №№ 4, 5 ЗАЕС;
- ПАМС для енергоблоків №№ 2, 3, 4 РАЕС, №№ 1, 2 ХАЕС;
- апаратури контролю нейтронного потоку АKNП-ИФ для енергоблоків № 4 та № 5 ЗАЕС;
- системи «Чорна скринька» для енергоблоків №№ 3, 4, 5 ЗАЕС;



- устаткування системи контролю борної кислоти для РАЕС, ХАЕС і ЗАЕС.

ДОСВІД «РАДІЯ»: ПЛАТФОРМИ НА БАЗІ FPGA

У НВП «Радій» багата історія співпраці з діючими АЕС, а також багаторічний досвід установки нових Інформаційно-керуючих систем (ІКС) за проектами «під ключ». Підприємство використовує технологію програмованих логічних інтегральних схем (FPGA) у ролі обчислювачів у цифровій платформі для реалізації рішень в ІКС АЕС.

Проекти в Україні та за кордоном

Встановивши понад 100 систем і успішно пройшовши сертифікацію на відповідність рівню повноти безпеки (SIL) 3 відповідно до стандарту Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК) 61508: 2010 року для нової платформи RadICS, компанія «Радій» продемонструвала високий рівень технологічної зрілості, що підвищує безпеку в ядерній сфері. ІКС компанії «Радій» встановлені у системах, пов'язаних з безпекою всіх діючих АЕС в Україні, а також на АЕС «Козлодуй» у Болгарії. До встановлених систем належать:

- програмно-технічний комплекс системи аварійного та попереджувального захисту (ПТК АЗ-ПЗ),
- програмно-технічний комплект автоматичного регулювання, розвантаження і обмеження потужності реактора та прискореного попереджувального захисту (ПТК АРП-РОП-ППЗ),
- програмно-технічний комплекс керуючих систем безпеки (ПТК УСБ),
- програмно-технічний комплекс групового та індивідуального управління (ПТК СГІУ),
- програмно-технічний комплекс системи нормальної експлуатації реакторного та турбінного відділень,

- електротехнічне обладнання.

Компанія «Радій» надала підтримку компанії Candu Energy Inc. (Канада) у спільних проектах з модернізації систем управління на АЕС Embalse (Аргентина), компанії OPG на АЕС Pickering (Канада), компанії EdF на випробувальній платформі ІКС (Франція) і компанії IPEN із модернізації ІКС консолі управління та ядерних каналів дослідного реактора IEA- R1 (Бразилія).

Для розробки і проектування ПТК НВП «Радій» застосовує процеси, що відповідають вимогам ISO 9001: 2015-го, МЕК 61508, IAEA GS-R-3, а також спеціальним вимогам для ядерних ІКС, як описано в стандартах МАГАТЕ і МЕК для ядерних об'єктів.



Модулі платформи RadICS

НАША ДОВІДКА

Науково-виробниче підприємство (НВП) «Радій» - провідний український розробник та постачальник передових інформаційно-керуючих систем для атомних електростанцій і теплових електростанцій. НВП «Радій» реалізує повний цикл розробки, включаючи проектування, виготовлення, випробування і налагодження устаткування. Персонал підприємства налічує понад 1000 працівників, в тому числі понад 300 висококваліфікованих розробників.

Цифрова інформаційно-керуюча платформа RadICS складається зі стандартних модулів, які можуть бути налаштовані і застосовані для виконання функцій, орієнтованих на конкретне застосування. Платформа RadICS складається стандартних модулів, кожен з яких створений із застосуванням технології FPGA.

Платформа безпеки на базі FPGA виробництва НВП «Радій» сертифікована по SIL-3 і готова для впровадження в різні системи на АЕС. На даний момент платформа RadICS сертифікується щодо вимог U.S. NRC.

З 2003 року НВП «Радій» розробив, виготовив і запустив в експлуатацію 100 додатків під ключ на базі FPGA.

Оцінювання підтвердило якість

Базова архітектура платформи RadICS складається із шасі, що містить логічний модуль, а також до 14 модулів введення/висновків і модулів волоконно-оптичного зв'язку.

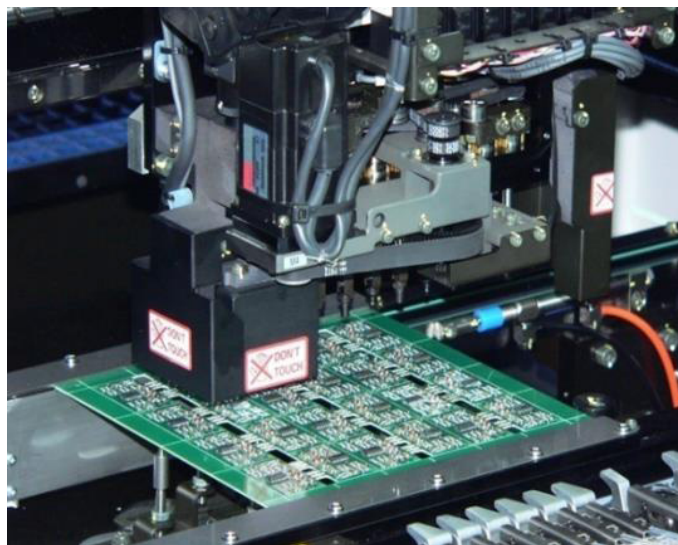
Для розробки програми НВП «Радій» надає інструмент під назвою RadIy Product Configuration Toolset (Комплект інструментальних засобів для конфігурації продукту Радій). Цей інструмент може бути використаний для налаштування логіки для різних додатків із використанням бібліотеки функціональних блоків.

Окрім того платформа RadICS включає у себе багатофункціональний самоконтроль в режимі онлайн і діагностику на різних рівнях, в тому

числі контроль живлення FPGA, контрольний таймер, цикл перевірки надмірності (CRC) і моніторинг ефективності роботи інструментальних схем FPGA, модулів введення/висновку, модулів зв'язку і джерел живлення.

Однією із головних переваг використання платформи RadICS є підвищення надійності роботи обладнання завдяки кільком чинникам:

- використання FPGI;
- високої надійності і функціональної безпеки;
- всеосяжного тестування;
- гнучкого управління конфігурацією;
- глибини самодіагностики понад 99%;
- часу реагування системи (<10 ms);
- можливості «гарячої заміни» модулів;
- високого рівня стійкості до зовнішніх впливів;
- спрощенню аналізу розвитку аварійних ситуацій на енергоблоці;
- підвищенню захисту від помилкових дій персоналу і зміни умов експлуатації.



Також перед розробниками платформи стояло завдання знизити витрати на обслуговування, чого і було досягнуто завдяки скороченню загального числа обладнання в 3-4 рази (шафи, збірки, датчики, кабельна продукція); скороченню номенклатури блоків і модулів в 2-3 рази; скороченню витрат на міжремонтне обслуговування завдяки відсутності необхідності технічного обслуговування, спрямованого на виявлення прихованих відмов або погіршення характеристик.

Вагомими факторами також стало скорочення часу на проведення регламентних перевірок та на метрологічне калібрування завдяки автоматизації процедур і збільшення точності вимірювань.



ного каналу; зниження витрат на кваліфікацію персоналу завдяки застосуванню розвиненої системи внутрішньої самодіагностики і наявності механічних кодувальних елементів блоків/модулів.

Стандарт MEK 61508 надає способи сертифікації систем на основі чотирьох заданих рівнів повноти безпеки (SIL 1-4), де SIL4 – цей найвищий рівень. Процес сертифікації SIL вимагає, щоби продукція, розроблена згідно з планом управління функціональною безпекою, підлягала перевірці незалежним органом сертифікації. План управління функціональною безпекою враховує всі вимоги MEK 61508 і зобов'язує застосовувати їх під час всього терміну служби продукції.

Процес сертифікації SIL, зазначений в MEK 61508, вимагає підготовки безлічі документів, характерних для кожного з етапів життєвого циклу продукції. Ці документи підлягають незалежному аудиту та оцінюванню органом сертифікації.

Оцінювання, виконане компанією Exida, а також остаточна незалежна оцінка функціональної безпеки, підтвердили: процеси компанії «Радій»

відповідають вимогам SIL3 і платформа RadICS відповідає вимогам SIL3.

Нові проекти: трансатлантичний вектор



НВП «Радій» завжди шукає нові можливості для свого бізнесу і продукції. Одна з найбільш амбітних бізнес-цілей компанії – представити цифрову інформаційно-керуючу платформу RadICS на ядерному ринку США. В результаті докладених зусиль НВП «Радій» створив дочірню компанію ТОВ «Радікс» в 2012 році. Зараз компанія має 28 кваліфікованих співробітників, включаючи інженерів-конструкторів і відповідає за всі активності для міжнародних проектів програм на платформі RadICS, за винятком виготовлення обладнання платформи RadICS. Головна стратегія ліцензування в США – це демонстрація відповідності основної платформи RadICS і її якості, а також процесів життєвого циклу ПЗ американським вимогам з атомної безпеки.

У 2015 г. «Радій» розпочав співпрацю з компанією Global Quality Assurance для підтримки ТОВ «Радікс» у формуванні системи управління якістю відповідно до стандартів 10 CFR, частина 50, Додаток Б, ASME NQA-1-2008, NQA-1a-2009 і 10 CFR 21. 23-26 лютого 2016 року компанія Global Quality Assurance успішно провела внутрішній аудит комерційної оцінки в компанії НВП «Радій» у Кропивницькому (колишній Кіровоград).

Завданням аудиту було підтвердити, що система управління якістю НВП «Радій» передбачає всі види контролю з необхідними характеристиками для забезпечення виконання всіх вимог виробництва згідно з Кваліфікацією продукту для ядерної енергетики, які відповідають стандарту

10CFR50, Додаток Б.

14 липня 2015 року представники НВП «Радій» зустрілися з представниками компанії U.S. NRC в Роквіллі (США) у процесі сертифікації платформи RadICS на базі FPGA. Метою зустрічі було надати технічну інформацію про платформу RadICS, домовитися про передачу на розгляд тематичного звіту «Радікс», а також отримати оцінку U.S. NRC про платформу, спільний план та розклад ліцензування.

Сторони уважно вивчили характеристики цифрової інструментально-керуючої платформи RadICS і процесу розробки; систему управління якістю RadICS і програму ліцензування; план кваліфікації продукту для ядерної енергетики і план кваліфікації.

У вересні 2016 року НВП «Радій» надав тематичний звіт U.S. NRC, який був прийнятий до детального аналізу в грудні 2016.

Аргентинський проект

За два роки до цього, у 2014 році, НВП «Радій» виконав два проекти модернізації для АЕС Embalse в Аргентині у співпраці з канадською компанією CANDU Energy. Ядерні програми, розроблені в рамках двох проектів, ґрунтувалися на платформі RadICS.

Перший проект включав розробку системи аварійного оповіщення на блочному щиті управління (БЩУ), резервному щиті управління (РЩУ) АЕС Embalse.

Українське підприємство надало цілу низку обладнання: панель імітації, релейний модуль, блоки електроживлення, контролер системи аварійного оповіщення, комплект сигналізації РЩУ і БЩУ.

Як платформу для обладнання систем аварійного оповіщення «Радій» використовував модулі і шасі стандартної платформи RadICS на базі FPGA. Ці модулі сертифіковані як SIL 3 за стандартом IEC 61508. Це обладнання пройшло певні випробування кваліфікації відповідно до стандартів IEEE і IEC, які підтвердили стабільність в різних робочих умовах.

Другий проект модернізації на АЕС Embalse

NPP включав розробку Блоку обробки сигналів (SPU) системи контролю швидкості обертання головного циркулярного насоса, який був роз-



роблений для реалізації алгоритму аварійного захисту із швидкості обертання головних циркуляційних насосів (ГЦН). Система моніторингу та діагностика переводять SPU в безпечний стан у випадку виявлення критичної відмови. Блок SPU пройшов кваліфікацію за МЕК 61513 Клас 1 і підтримує функції безпеки Категорії А.

11-21 березня 2014 року, після того як «Радій» провів всі кваліфікаційні випробування, проходили заводські приймально-здавальні випробування Панелі індикації БЩУ і РЩУ, засвідчені компанією Candu Energy. Результати приймально-здавальних випробувань і кваліфікаційних випробувань показали, що обладнання повністю відповідає специфікації клієнта і застосовним стандартам. Використання платформи RadICS на базі FPGA у тісній співпраці з Candu Energy Inc., також як і переконливий досвід розробки «Радію» були невід'ємними складовими для успішного завершення проектів.

Обладнання для французьких АЕС

У жовтні 2014 року НВП «Радій» підписав контракт з Électricité de France (EdF) на поставку прототипу ІКС на базі FPGA, заснованого на платформі RadICS. Прототип служить в дослідницьких цілях з можливістю подальшого впровадження на АЕС, оператором яких є компанія EdF. Проект тривалістю в півроку завершився постачанням прототипу разом з документацією, інструментарієм для розробки програми, а також було створено управляючий додаток спеціально



для EdF. Обсяг послуг також включав навчальний курс щодо запуску і експлуатації прототипу, з подальшим вивченням і розробкою тривалістю в три роки та можливим продовженням ще на такий самий період.

Виконуючи цей проект, фахівці НВП «Радій» провели навчальний курс із застосування і експлуатаційних можливостей платформи ІКС RadICS I&C для наукових співробітників EdF в Шату (Франція). Даний проект дав можливість EdF ознайомитися з розробкою програми для ІКС на базі FPGA як для модернізації АЕС, так і для нових проектів.

Реалізуючи Комплексну зведену програму підвищення безпеки АЕС України, яку виконує НАЕК «Енергоатом» і частково фінансує ЄБРР/Євратом, в 2016 році НВП «Радій» уклало договір на модернізацію систем нормальної експлуатації важливої для безпеки реакторного та турбінного відділень (СНЕ СБ РВ і СНЕ СБ ТО) для 3-го енергоблоку ВП «Рівненська АЕС».

На початку 2017 року устаткування СНЕ СБ ТО було відвантажено і успішно введено в експлуатацію. Виготовлення СНЕ СБ РВ завершено, пройшли приймально-здавальні випробування, обладнання було відвантажено замовнику. Монтаж і введення в експлуатацію будуть проводитися на початку 2018 року.

Також в 2017 році були підписані контракти,

згідно з якими буде проведена поставка продукції для модернізації системи управління приводами СУЗ (системи управління і захисту), включаючи систему силового живлення для 3, 4 і 5 енергоблоків ВП «Запорізька АЕС»; за цим контрактом вся продукція вже поставлена замовникові.

Домовилися також про модернізацію керуючих систем безпеки із заміною уніфікованих комплексів технічних засобів (УКТЗ) на 3 енергоблоці ВП «Рівненська АЕС»; за цим контрактом виконана часткова поставка обладнання, протя-

гом першого кварталу 2018 року відвантажено інше обладнання.

Запланована модернізація системи автоматичного регулювання потужності реактора (АРМ), розвантаження і обмеження потужності реактора (РОМ) на 4 і 5 енергоблоки ВП «Запорізька АЕС»; очікується поставка обладнання в 2018 році.

ОБ'ЄДНАНА КОНВЕНЦІЯ: СПІЛЬНІ МІЖНАРОДНІ ПІДХОДИ ЗАДЛЯ БЕЗПЕКИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДПРАЦЬОВАНИМ ПАЛИВОМ ТА РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ

Ольга КОШАРНА, директор з питань інформації та зв'язків з громадськістю Асоціації «Український ядерний форум»

Експлуатація ядерних реакторів пов'язана з утворенням відпрацьованого палива та радіоактивних відходів. Використання інших ядерних та радіаційних технологій в галузях економіки від медицини до сільського господарства – з утворенням радіоактивних відходів.

Конвенція: 17 років, 77 сторін

Аби досягти та підтримувати високий рівень безпеки поводження із відпрацьованим ядерним паливом (ВЯП) та радіоактивними відходами (РАВ) міжнародне співтовариство дійшло згоди щодо необхідності ухвалення відповідної конвенції. Так з'явилася Об'єднана конвенція про безпеку поводження із відпрацьованим паливом та радіоактивними відходами (Об'єднана конвенція), яка була ухвалена на Дипломатичній конференції, скликаній Міжнародним агентством з атомної енергії 5 вересня 1997 року. Чинності вона набула 18 липня 2001 року.

Станом на 18 грудня 2017 року до конвенції доєдналися 77 Сторін, у тому числі й міжнародна організація «Євроатом». Раз на три роки відбувається Нарада із розгляду виконання зобов'язань, що містяться в Об'єднаній конвенції. На

цій нараді кожна Сторона презентує свою національну доповідь, складену відповідно до ст. 32 Об'єднаної конвенції за структурою та змістом. МАГАТЕ виконує функції Секретаріату для Наради Сторін. Депозитарієм Об'єднаної конвенції є Генеральний директор МАГАТЕ.

Метою Об'єднаної конвенції є впровадження єдиних підходів з безпеки поводження із ВЯП та РАВ задля забезпечення ефективних засобів захисту від потенційної небезпеки окремих осіб, суспільства в цілому та довкілля від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання сьогодні та в майбутньому. Також для запобігання аварій з радіологічними наслідками та пом'якшення їх у випадку, якщо вони таки стануться: на будь-якій стадії поводження із ВЯП та РАВ.

З Німеччиною, Габоном, ОАЕ...

Сфера застосування Об'єднаної конвенції охоплює безпеку поводження з ВЯП та РАВ, що утворюються внаслідок експлуатації цивільних ядерних реакторів та цивільної діяльності із використанням ядерних та радіаційних технологій. Конвенція не застосовується до ВЯП та РАВ у межах військових та оборонних програм до моменту їх передачі державою цивільним програмам. Важливою статтею Об'єднаної конвенції є ст. 20, яка зобов'язує держави призначити орган регулювання ядерної та радіаційної безпеки, що має відповідні повноваження, компетенцію,

фінансові і людські ресурси для виконання доручених йому обов'язків. Держава також має впровадити відповідні заходи для забезпечення ефективної незалежності регулюючого органу від інших функцій та від організацій, які здійснюють поводження з ВЯП та РАВ.

Стаття 21 Об'єднаної конвенції зобов'язує Сторони покласти основну відповідальність за безпечність поводження з ВЯП та РАВ на власника відповідної ліцензії.

Крім того вимоги Об'єднаної конвенції розповсюджуються на визначення загальних вимог безпеки окремо для ВЯП та РАВ, на існуючі установки, вибір майданчику, проектування та спорудження, оцінку безпеки установок, їх експлуатацію, заходи відомчого контролю після їх закриття, аварійну готовність та зняття з експлуатації.

З 21 травня по 1 червня 2018 року у Відні відбудеться шоста Нарада Сторін Об'єднаної конвенції. Україна підготувала вже шосту Національну доповідь про виконання зобов'язань, що впливають із Об'єднаної конвенції. Відповідно до процедури, всі Сторони Об'єднаної конвенції розподіляються на групи для зручності розгляду національних доповідей шляхом жеребкування. При цьому у кожену групу мають входити країни, що експлуатують АЕС, та ті, що використовують ядерну енергію в інших галузях (науці, медицині, сільському господарстві). Україна увійшла до групи 7 країн, де учасниками є: Бразилія, Габон, ФРН, Греція, Чорногорія, Нігерія, Румунія, Об'єднані Арабські Емірати та В'єтнам.

Головна мета — інформація

Шосту Національну Доповідь підготувала Державна інспекція ядерного регулювання України у повній відповідності із вимогами Об'єднаної

конвенції та Керівних принципів щодо форми і структури національних доповідей INFCIRC/604/Rev.3 з доповненнями, а також з урахуванням Підсумкового Звіту П'ятої наради Сторін, що домовляються (JC/RM5/04/Rev2).

Ця Доповідь, як і попередні, базується на чинних в Україні законодавчих та нормативно-правових актах і офіційних звітах державних органів виконавчої влади, відповідальних за формування і реалізацію державної політики у сферах використання та регулювання ядерної енергії та



На відкритті будівництва ЦСВЯП: М. Йованович, Ю. Недашковський, В. Кістюн, В. Войціцька, І. Насалик

поводження з радіоактивними відходами, а також державних підприємств – експлуатуючих організацій (операторів).

Головними цілями Доповіді є надання об'єктивної інформації Сторонам Об'єднаної конвенції та громадськості України про безпеку поводження з відпрацьованим ядерним паливом та радіоактивними відходами, про заходи із забезпечення захисту персоналу, населення, навколишнього природного середовища від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання. У Доповіді продемонстровано зміни та прогрес в законодавчій та регулюючій основі за період, що минув після П'ятої наради Сторін, визначені перспективи та плани подальшого розвитку, окреслені пробле-



ми, що потребують вирішення.

У Доповіді зазначається, що роки, які минули після попередньої, П'ятої наради з розгляду Національних доповідей країн-сторін, були насичені подіями, які впливатимуть на забезпечення ядерної та радіаційної безпеки нашої країни не лише у найближчі роки, а й матимуть довгострокові результати.

Задля врахування особливостей ядерної галузі

У зв'язку із підписанням Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом значно активізовано роботу з питань адаптації законодавства України до законодавства ЄС у сфері безпеки використання ядерної енергії. Держатомрегулювання підготувало, а на початку 2015 року уряд України схвалив плани імплементації актів законодавства ЄС у сфері ядерної та радіаційної безпеки. Це директиви Ради 2013/59/Євратом, що встановлюють основні норми безпеки для захисту від небезпеки, яка виникає від іонізуючої радіації; директиви Ради 2006/117/Євратом про нагляд та контроль за перевезенням радіоактивних відходів і відпрацьованого ядерного палива; директиви Ради 2014/87/Євратом, яка встановлює для Співтовариства основи з ядерної безпеки ядерних установок.

Основним кроком для переходу України до стандартів ЄС у регулюванні ядерної та радіаційної безпеки стало набуття 26 березня 2015 року Державною інспекцією ядерного регулювання

повноправного членства в Асоціації західно-європейських регулюючих органів (WENRA). Участь у WENRA дозволяє Україні вдосконалювати національне законодавство з питань ядерної та радіаційної безпеки відповідно до стандартів ЄС (референтних рівнів WENRA), а також брати участь у їх розробці.



Триває робота щодо вдосконалення дозвільних процедур, приведення їх у відповідність до ухвалених законів України, із врахуванням міжнародних документів та найкращих практик інших країн. Було підготовлено низку законопроектів, які орієнтовані на зменшення регуляторного тиску та усувають проблеми, що виникли внаслідок ігнорування особливостей ядерної галузі у процесі дерегуляції.

«Арка», СВЯП, «Радон»

Діюча сьогодні практика дотримання безпеки поводження із відпрацьованим паливом та радіоактивними відходами, національні стратегії,



плани та програми подальшого розвитку, а також основні події та зміни, що відбулися за період після П'ятої наради Сторін Об'єднаної конвенції знайшли відображення у відповідних розділах цієї Доповіді.

За результатами розгляду П'ятої національної доповіді України (НДУ-2014) Договірні сторони запропонували протягом наступного трирічного періоду приділити особливу увагу заходам, що заплановані та виконуються в рамках державних та галузевих програм, а також ухвалених рішень, зокрема:

- завершення будівництва Нового безпечного конфайнменту об'єкта «Укриття» ДСП «Чорнобильська АЕС»;
- створення пріоритетних об'єктів, призначених для поводження з РАВ та ВЯП у зоні відчуження, включаючи проектування та будівництво Централізованого СВЯП, проектування та будівництво сховища для довгострокового зберігання осклованих ВАВ від переробки ВЯП реакторів ВВЕР-440, що надходять з Російської Федерації;
- розробка концептуальних планів майбутнього використання, статусу зони відчуження та необхідності врахування під час подальшої розробки концептуальних планів для зони відчуження думки інших країн, а саме країн, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи, зокрема Республіки Білорусь;
- продовження переоцінки безпеки

спецпідприємств із поводження з РАВ ДК «УкрДО «Радон» та впровадження заходів з удосконалення, якщо це потрібно.

За всіма переліченими заходами досягнуто значного прогресу. Окремо зупинимось на концептуальних планах щодо зони відчуження.

Що робити із Зоною?

На сьогодні активно розробляють проекти документів із метою законодавчого визначення особливого статусу частини території зони відчуження, яка має високі рівні забруднення альфа-випромінюючими ізотопами плутонію з великими періодами напіврозпаду (тисячі років). Саме на ній розміщуються радіаційно-ядерні об'єкти, включаючи сховища для захоронення РАВ як зони спеціальної промислової експлуатації, довгостроково виключеної із використання для проживання населення.

Для забезпечення радіологічного захисту та безпеки нинішнього та майбутніх поколінь розроблено:

- проект Закону України «Про внесення змін до деяких законів України щодо створення зони спеціального промислового використання», яким пропонується законодавчо визначити, що певна частина зони відчуження не буде повернута для проживання населення протягом тисяч років і буде використана для спорудження та експлуатації об'єктів, призначених для поводження з ВЯП та РАВ, у тому числі сховищ для захоронення РАВ;
- проект Стратегії подолання наслідків Чорнобильської катастрофи та відродження територій, що зазнали радіоактивного забруднення. Документ передбачає як довгострокове виключення частини території зони відчуження (зони спеціального промислового використання) для проживання населення, розвиток у цій зоні інфраструктури для поводження з ВЯП та РАВ, так і розвиток на території зони відчуження певних видів господарської діяльності (наприклад, створення об'єктів альтернативної енергетики) при безумовному дотриманні норм радіаційної безпеки.



Передбачається розробка порядку визначення меж та розмірів зони спеціального промислового використання. Загалом, межі та розміри цієї зони мають бути визначені на основі оцінок сумарних радіаційних впливів від усіх існуючих та запланованих для створення ядерно-радіаційних об'єктів, а також радіаційно-забруднених територій у цій зоні на критичні групи населення за її межами.

Під час подальшої розробки концептуальних планів для зони відчуження потрібно враховувати думку інших країн (маються на увазі, країни, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи), зокрема Республіки Білорусь. В 2013 році для забезпечення проведення можливих консультацій стосовно потенційного транскордонного впливу запланованого виду діяльності та заходів щодо зменшення або усунення її впливу Мінприроди України у порядку, встановленому статтею 3 Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті (Конвенція ЕСПО), надіслало країнам, які мають спільний кордон з Україною (Білорусія, Польща,

Угорщина, Молдова та Румунія), оповіщення про заплановану діяльність з проектування та будівництва сховища для проміжного зберігання високоактивних відходів, що повертатимуться з Російської Федерації після переробки відпрацьованого ядерного палива українських АЕС. Станом на літо минулого року консультації із білоруською стороною продовжуються.

Про підсумки шостої Наради Сторін Об'єднаної конвенції читайте у наступному числі журналу «Атомпром України».

ПРОГРЕС У ВИКОНАННІ ЗОБОВ'ЯЗАНЬ ЗА ОБ'ЄДНАНОЮ КОНВЕНЦІЄЮ: АТОМНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ УКРАЇНИ

Безпечне поводження з відпрацьованим ядерним паливом та радіоактивними відходами є одним із найважливіших факторів сталого розвитку ядерної енергетики держави – відповідно до Енергетичної стратегії України на період до 2035 року. Не менше значення цього фактору – й у сфері застосування радіаційно-ядерних технологій у медицині, науці та промисловості.

Що зроблено за три роки

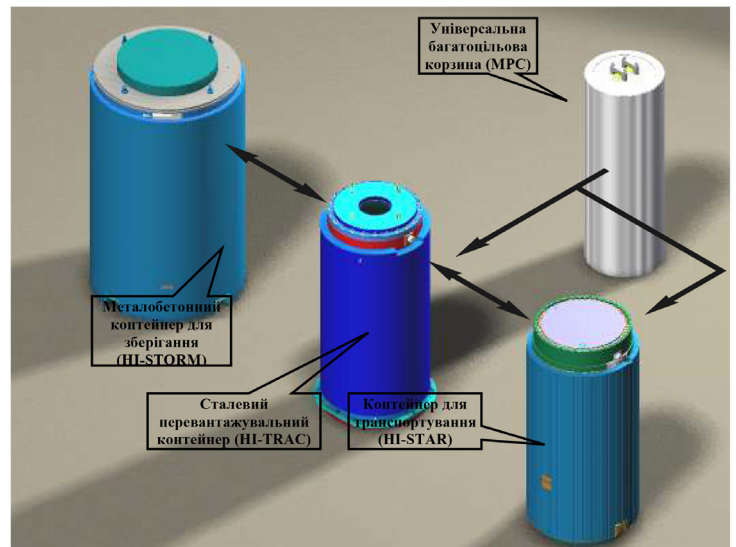
Україна як Сторона Об'єднаної конвенції про безпеку поводження з відпрацьованим паливом та про безпеку поводження з радіоактивними відходами (далі – Об'єднана конвенція) забезпечує практичну реалізацію положень Об'єднаної Конвенції згідно з її цілями та відповідно до основних принципів безпеки МАГАТЕ.

За період після представлення попередньої Національної доповіді — з 2014 року по вересень 2017 року — відбулись такі найважливіші події та заходи, що стосуються діяльності ДП «НАЕК «Енергоатом»:

- 01.07.2014 року. Відбулись перші шведсько-норвезько-українські консультації з питань започаткування тристоронньої ініціативи, спрямованої на підвищення ядерної та радіаційної безпеки в Україні, яка була проголошена під час Саміту з ядерної безпеки, що проходив в березні 2014 року в м. Гаага;
- 16.09.2014 року. Верховною Радою України та Європейським Парламентом ратифікована Угода про асоціацію між Україною – з одного боку, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їх державами-членами, – з іншого;
- 18.02.2015 року. Розпорядженням Кабінету Міністрів України № 110-р схвалено плани імплементації актів законодавства ЄС у сфері ядерної та радіаційної безпеки: директиви Ради 2013/59/Євратом, що встановлює основні норми безпеки для захисту від небезпеки, яка виникає від іонізуючої радіації, директиви Ради 2006/117/Євратом про нагляд та контроль за перевезенням радіоактивних відходів та відпрацьованого ядерного палива та директиви Ради 2014/87/Євратом, яка встановлює для Співтовариства основи з ядерної безпеки ядерних установок;
- 11-12.05.2015 року. Представлено Національну доповідь України під час П'ятої наради Сторін з розгляду виконання зобов'язань за Об'єднаною конвенцією про безпеку поводження з відпрацьованим паливом та про безпеку поводження з РАВ;
- 01.01.2016 року. Набула чинності нова редакція галузевої «Концепції зняття з експлуатації діючих атомних електростанцій України», затверджена наказом Міненерговугілля від 10.12.2015 № 798;
- 04.05.2016 року. Наказом Міненерговугілля України від № 294 затверджено проект «Будівництво комплексу із переробки радіоактивних відходів Рівненської АЕС» (Коригування);
- 01.07.2016 року. Державне агентство України з управління зоною відчуження своїм наказом № 81 схвалило «Техніко-економічне обґрунтування будівництва сховища для проміжного зберігання осклованих ВАВ, що повертаються з Ро-

сійської Федерації після переробки відпрацьованого ядерного палива українських АЕС»;

- 28.07.2016 року. Держатморегулювання погодило результати періодичної переоцінки безпеки сухого сховища відпрацьованого ядерного палива Запорізької АЕС (ССВЯП);
- 22.11.2016 року. Підписана нова Угода про співробітництво між Державною інспекцією ядерного регулювання України та Шведським органом з радіаційної безпеки про співробітництво в галузі ядерної та радіаційної безпеки;
- 02.02.2017 року. Наказом Міністерства енергетики України № 93 затверджено проект «Будівництво комплексу переробки твердих радіоактивних відходів (КПТРВ) (Коригування) ВП ЮУАЕС»;
- 05.04.2017 року. Розпорядженням Кабінету Міністрів України № 239-р затверджено проект «Запорізька АЕС. Створення комплексу по переробці РАВ. Реконструкція. (Коригування)»;
- 05.04.2017 року. Розпорядженням Кабінету Міністрів України № 240-р затверджено проект «Будівництво комплексу переробки радіоактивних відходів ВП ХАЕС ДП «НАЕК «Енергоатом»»;
- - 07.06.2017 року. Розпорядженням Кабінету Міністрів України № 380-р затверджено проект «Будівництво централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива реакторів типу ВВЕР вітчизняних атомних електростанцій»;
- 29.06.2017 року. Держатомрегулювання видало ДП «НАЕК «Енергоатом» ліцензію № ЕО 001060 на право провадження діяльності на етапах життєвого циклу «будівництво та введення в експлуатацію» ядерної установки (Централізоване сховище відпрацьованого ядерного палива реакторів ВВЕР вітчизняних атомних електростанцій (ЦСВЯП))»;
- 11.07.2017 року. Ухвалено Закон України «Про внесення змін до статті 4 Закону України «Про поводження з радіоактивними відходами» щодо удосконалення ме-



Основне устаткування ЦСВЯП

ханізму фінансування поводження з радіоактивними відходами» та Закон України «Про внесення змін до Бюджетного кодексу України щодо удосконалення механізму фінансового забезпечення поводження з радіоактивними відходами»;

- 25.07.2017 року. Державне агентство України з управління зоною відчуження наказом № 98 затвердило Проект будівництва сховища для проміжного зберігання ВАР, що повертаються з Російської Федерації після переробки відпрацьованого ядерного палива українських АЕС.

Головні досягнення: у галузі поводження з РАВ АЕС

ДП «НАЕК «Енергоатом» за трирічний період після представлення попередньої Національної доповіді зумів досягти конкретних результатів у цій діяльності.

Як відомо, у нашій державі діє Стратегія поводження з радіоактивними відходами, яка розрахована на 50 років. Стратегія розроблена на підставі аналізу стану поводження з РАВ в Україні, з урахуванням кращої міжнародної практики, стандартів з безпеки МАГАТЕ та Європейського Союзу.

Реалізація конкретних стратегічних завдань здійснюється відповідно до Загальнодержавної цільової екологічної програми поводження з радіоактивними відходами, виконання якої



Зберігання РРВ у сховищах АЕС

розраховано на період до 2017 року.

За період, що минув після П'ятої наради Сторін Об'єднаної конвенції, продовжувалося виконання завдань та заходів Стратегії та державних програм.

На майданчиках діючих АЕС поводження з експлуатаційними РАВ включає збір, сортування, транспортування, переробку та тимчасове зберігання РАВ у проектних сховищах АЕС для зберігання РРВ та ТРВ.

Удосконалення системи поводження з експлуатаційними РАВ АЕС має на меті забезпечити переробку РАВ з метою їх мінімізації та отримання упаковок РАВ, придатних для передачі на захоронення або довгострокове зберігання у центральних сховищах, проектування та спорудження яких здійснюється на майданчику комплексу «Вектор». Для цього «Комплексною програмою поводження з радіоактивними відходами у ДП «НАЕК «Енергоатом» визначені основні напрями діяльності та перелік заходів щодо вдосконалення системи поводження з експлуатаційними РАВ АЕС, а саме:

- будівництво та введення в експлуатацію комплексних ліній з переробки РАВ для підготовки РАВ АЕС до передачі на довгострокове зберігання/захоронення до центральних сховищ на комплексі «Вектор»;
- впровадження ефективних та економічно доцільних технологій переробки РРВ та ТРВ;
- модернізація наявних та створення нових

установок для переробки РРВ та ТРВ;

- створення системи характеристики РАВ при їх підготовці та передачі на захоронення;
- удосконалення контейнерного парку для збору, транспортування, зберігання та захоронення РАВ;
- впровадження транспортно-технологічної схеми перевезення РАВ АЕС на спеціалізовані підприємства з поводження з РАВ;
- участь з Оператором сховищ у розробці та обґрунтуванні критеріїв приймання на довгострокове зберігання та/або захоронення РАВ АЕС у центральних сховищах комплексу «Вектор», в обґрунтуванні безпеки зберігання/захоронення сольового плаву в сховищах комплексу «Вектор»;
- подальше впровадження заходів з мінімізації утворення радіоактивних середовищ і РАВ.

Поводження з рідкими РАВ

Зберігання РРВ на АЕС забезпечується системами сховищ СРВ. РРВ зберігаються у металевих герметичних ємностях із нержавіючої сталі, обладнаних автоматичною системою визначення рівня РРВ та сигналізації у разі протікань. Щоби не допустити аварійного витікання РРВ, усі ємності розміщені у бетонних приміщеннях, облицьованих листами із нержавіючої сталі. Проекти сховищ РРВ передбачають наявність пустої резервної ємності для використання у випадку пошкодження та при необхідності ремонту інших

ємностей.

Відпрацьовані фільтруючі матеріали та шлами збираються та зберігаються під шаром води у ємностях СРВ. Розпочато роботи з вибору технології кондиціонування відпрацьованих фільтрувальних матеріалів за рахунок іммобілізації відпрацьованих фільтруючих матеріалів і шламів у неорганічну геополімерну матрицю з використанням мобільних установок. Заплановано проведення дослідно-експериментальних робіт з адаптації рецептури і ствердження партії фільтруючих матеріалів ВП ЗАЕС.

Поводження з твердими РАВ

ТРВ збирають в місцях їх утворення, сортують за категоріями (відповідно до потужностей дози



Установка спалювання РАВ на ЗАЕС

гама-випромінювання) та транспортують на тимчасове зберігання у сховища СТРВ.

СТРВ на майданчиках АЕС являють собою залізобетонні конструкції, що складаються із окремих відсіків для розміщення ТРВ в залежності від рівня активності. Відсіки обладнані системою пожежної сигналізації, автоматичною системою пожежогасіння та витяжною вентиляцією з очищенням повітря. Окремі відсіки СТВ додатково обладнані системою визначення та вилучення вологи.

На ЗАЕС та ЮАЕС перед розміщенням на тимчасове зберігання здійснюється переробка низькоактивних ТРВ – підпресування (ЗАЕС та ЮАЕС) та спалювання (ЗАЕС).

Одним з найважливіших досягнень ДП «НАЕК «Енергоатом» за трирічний період є завершення створення на ЗАЕС та РАЕС при підтримці за програмою Європейської комісії ТАСІС комплексів з переробки твердих радіоактивних відходів:

- На Запорізькій АЕС повністю виконано поставку, монтаж та опробування всього обладнання (установка спалювання, система моніторингу викидів, установка фрагментації та установка суперпресування, установка вилучення РАВ із сховищ, установка вимірювання активності), завершуються будівельно-оздоблювальні



Установка для пресування РАВ на ЮАЕС

роботи. У період з 11.12.2017 по 15.12.2017 проведено попередні комплексні випробування обладнання та установок КПРАВ.

Актом робочої комісії КПРАВ ЗАЕС від 29.12.2017 року введено в дослідну експлуатацію за першим етапом (на імітаторах РАВ) відповідно до «Технічного рішення на введення в дослідну експлуатацію», погодженим Держатомрегулювання України. Дослідна експлуатація на реальних РАВ планується з серпня 2018 року. Введення КПРАВ у промислову експлуатацію заплановано у жовтні 2018 року.

- на Рівненській АЕС поставлено, змонтовано та випробувано обладнання установок цементування та очищення оливи, а також обладнання, що постачалось за програмою ТАСІС: установка вилучення ТРВ, установка сортування та фрагментації, установка суперпресування, установка вимірювання активності для характеристики упаковок

РАВ. Здійснено постачання обладнання установки дезактивації. Виконано монтаж та ПНР обладнання. Практично завершені будівельно-монтажні та оздоблювальні роботи.

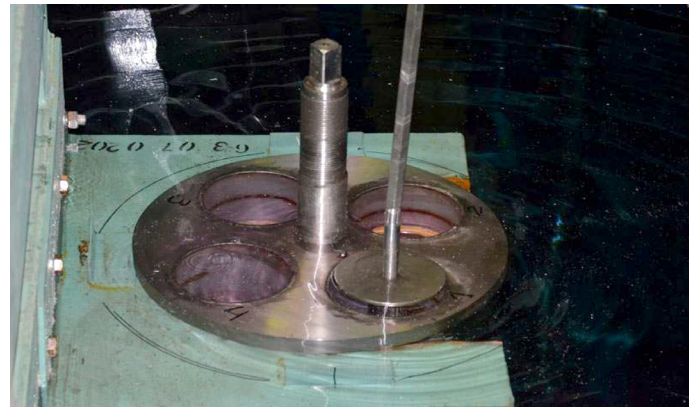
З 21.12.2017 по 26.12.2017 виконувались комплексні випробування КППРАВ 1 етапу на «імітаторах» РАВ у складі установок вилучення, фрагментації, цементування, пресування, вимірювання активності. Наразі проводяться роботи 1-го етапу комплексних випробувань (холодних) КППРАВ на чистих відходах (імітаторах РАВ). Проведення 2-го етапу комплексних випробувань (гарячих) КППРАВ на РАВ заплановано у березні-квітні 2018 року. Введення КППРАВ в промислову експлуатацію планується у травні 2018 року.

З метою підготовки РАВ до передачі на захоронення на ХАЕС та ЮУАЕС затверджено відповідні проекти будівництва комплексів з переробки РАВ. Комплексною програмою поводження з РАВ створення КППРАВ на ХАЕС заплановано впродовж 2017-2021 рр., на ЮУАЕС – 2019-2023 роках.

Всі комплекси будуть обладнані системами радіаційного контролю та характеристики упаковок РАВ. Підготовлені упаковки РАВ скеровуватимуть на захоронення до центральних сховищ комплексу «Вектор». Введення в експлуатацію КППТРВ дозволить забезпечити переробку накопичених на майданчиках АЕС ТРВ до стану прийняттого до захоронення та дозволить вивільнити об'єми існуючих сховищ РАВ на майданчиках АЕС, у контексті продовження термінів експлуатації енергоблоків.

З метою тимчасового зберігання кондиціонованих РАВ в універсальних захисних залізобетонних контейнерах прийнята концепція створення на АЕС легких сховищ для зберігання таких контейнерів. Ведуться роботи з розробки проектно-конструкторської документації легкого сховища на майданчику ЗАЕС. Наразі виконано роботи 1-го етапу проектування — розробка ТЕО.

Виконано роботи з постановки на виробництво універсальних залізобетонних контейнерів. Контейнери будуть використовувати як у технологічних процесах поводження з РАВ АЕС, так і для довгострокового зберігання або захоронення



Перевантаження пошкодженого ВЯП

ТРВ у сховищах комплексу «Вектор».

У звітному періоді здійснено перегляд та розроблено ряд нових нормативних документів, зокрема, документів експлуатуючої організації, що регламентують звітність з поводження з РАВ АЕС та встановлення контрольних рівнів утворення РАВ та надходження РАВ до сховищ на АЕС.

Відповідно до Угоди між урядами України та Російської Федерації про науково-технічне та економічне співробітництво в галузі атомної енергетики від 14.01.1993 року і контрактних зобов'язань ДП «НАЕК «Енергоатом» ВЯП реакторів ВВЕР вивозиться на технологічне зберігання та переробку до підприємств Російської Федерації (ФДУП «ВО «Маяк» і ФДУП «ГХК»). В Україну мають бути повернуті РАВ, утворені після переробки ВЯП і цінні продукти переробки. Повернення РАВ в Україну здійснюватиметься на умовах і в терміни, які визначатимуться контрактною документацією на повернення продуктів переробки ВЯП.

Кількість осклованих ВАВ, що повертатимуться в Україну, розраховується за узгодженим регулюючими органами України та Росії документом СОУ-Н ЯЕК 1.027:2010 «Методика розрахунку кількості високоактивних відходів, що повертаються в Україну після технологічного зберігання та переробки партії ВТВЗ ВВЕР-440».

На даний час в процесі погодження сторонами Технічні умови на оскловані ВАВ від переробки ВЯП реакторів ВВЕР-440 Рівненської АЕС, що підлягають поверненню в Україну, Порядок паспортизації та Програма забезпечення якості при проведенні переробки ВЯП.

Будівництво сховища на майданчику комплексу «Вектор» для довгострокового (до 100 років) зберігання осклованих ВВВ від переробки ВЯП ВВЕР-440 передбачено завданням 3 Загальнодержавної цільової екологічної програми поводження з радіоактивними відходами. Хід виконання представлено у розділі В.4.3 цієї доповіді.

ВЯП АЕС з реакторами ВВЕР-1000, за виключенням ЗАЕС, вивозиться до Російської Федерації на технологічне зберігання та переробку. На даний час переробка ВЯП ВВЕР-1000 в Російській Федерації не здійснюється, технологія переробки проходить процес відпрацювання. Технічні вимоги на продукти переробки ВЯП ВВЕР-1000 та методика розрахунку кількості та активності продуктів переробки ВЯП ВВЕР-1000 українських АЕС, у тому числі РАВ, що повертатимуться в Україну, перебуває на стадії узгодження.

Поводження з ВЯП

Принципи державної політики у сфері поводження з ВЯП визначені у статті 5 Закону України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку».

Енергетичною стратегією України на період до 2030 року (далі – Енергетична стратегія України), затвердженою розпорядженням уряду, визначено, що для ВЯП АЕС України передбачено так зване «відкладене» рішення – тривале (50 років і більше) зберігання ВЯП з наступним визначенням та ухваленням остаточного рішення щодо його переробки або захоронення.

Відповідно до цієї стратегії Міністерство енергетики України визначило основні стратегічні напрямки управління відпрацьованим ядерним паливом в Україні:

- тимчасове зберігання ВЯП у пристанційних басейнах витримки з метою зменшення його остаточного тепловиділення та забезпечення безпечного перевезення ВЯП для його довготривалого зберігання у сховищах;
- безпечну експлуатацію пристанційного проміжного сховища сухого типу Запорізької АЕС (ЗССВЯП);
- будівництво, введення в експлуатацію та безпечна експлуатація централізованого



СВЯП-1 Чорнобильської АЕС

сховища для зберігання ВЯП енергоблоків Рівненської, Хмельницької та Южно-Української АЕС (ЦСВЯП);

- вивезення ВЯП Рівненської, Хмельницької та Южно-Української АЕС до Російської Федерації для тимчасового зберігання та наступної переробки (до введення в експлуатацію ЦСВЯП);
- будівництво, введення в експлуатацію та безпечна експлуатація сховища для довготермінового зберігання високоактивних РАВ від переробки ВЯП, що повертатимуться із Російської Федерації у складі комплексу "Вектор";
- добудову, введення в експлуатацію та безпечну експлуатацію СВЯП-2 ЧАЕС, що забезпечить зберігання всього обсягу ВЯП цієї станції;
- науково-технічну підтримку поводження з ВЯП українських АЕС;
- вдосконалення нормативно-правової бази у сфері поводження з ВЯП АЕС України;
- визначення заключної стадії ядерно-паливного циклу, обрання технології безпечного поводження з ВЯП після завершення періоду його тривалого зберігання;
- інформування громадськості щодо безпеки поводження з ВЯП українських атомних електростанцій.

Задля впровадження у Компанії «Стратегічних напрямів поводження з відпрацьованим ядерним паливом атомних електростанцій України з реакторами типу ВВЕР на період до 2030 року» (затверджених наказом Міненерго України від

19.06.2015 №386) розроблено План заходів щодо реалізації стратегічних напрямків поводження з відпрацьованим ядерним паливом атомних електростанцій ДП «НАЕК» Енергоатом »з реакторами типу ВВЕР на період до 2030 року». План визначає основні заходи з реалізації Стратегічних напрямків поводження з ВЯП АЕС ДП «НАЕК» «Енергоатом», відповідальних за виконання заходів, терміни виконання та вимоги щодо звітності про виконання заходів. План заходів структуровано відповідно до Стратегічних напрямків поводження з відпрацьованим ядерним паливом атомних електростанцій України з реакторами типу ВВЕР на період до 2030 року.

ШІСТЬ СТРАТЕГІЧНИХ НАПРЯМКІВ

Стратегічний напрям 1.

Технологічна витримка відпрацьованого ядерного палива у пристанційних басейнах витримки («мокре» зберігання) до досягнення рівня залишкового тепловиділення, прийнятного для подальшого перевезення відпрацьованого ядерного палива та його довгострокового «сухого» зберігання.

Стратегічний напрям 2.

Довгострокове зберігання відпрацьованого ядерного палива Запорізької атомної електростанції у пристанційному сховищі «сухого» типу відповідно до проектних потужностей.

Стратегічний напрям 3.

Вивезення відпрацьованого ядерного палива Рівненської, Хмельницької та Южно-Української атомних електростанцій для тимчасового зберігання та переробки на спеціалізовані іноземні підприємства до введення в експлуатацію централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива реакторів типу ВВЕР вітчизняних атомних електростанцій.

Стратегічний напрям 4.

Проектування, будівництво, введення в експлуатацію та експлуатація ЦСВЯП (рішення про будівництво ЦСВЯП затверджено законом 9 лютого 2012 року. 7 червня 2017 року уряд затвердив



Спецпенали для поводження з пошкодження ВЯП

проект сховища відпрацьованого ядерного палива. 6 липня 2017 року ДП НАЕК «Енергоатом» отримало ліцензію Державної інспекції ядерного регулювання України на будівництво і введення в експлуатацію Централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива реакторів ВВЕР вітчизняних АЕС). Фінансування робіт буде проводити «Енергоатом» за власні кошти, які до введення в експлуатацію сховища компанія змушена платити російським підприємствам з тимчасового зберігання та переробки відпрацьованого ядерного палива українських АЕС. Кошти Державного бюджету України у реалізацію проекту залучатися не будуть.

Стратегічний напрям 5.

Науково-технічна підтримка та вивчення передових світових і вітчизняних напрацювань у сфері поводження з відпрацьованим ядерним паливом, високоактивними відходами та цінними продуктами від його переробки з метою вдосконалення стратегічних напрямків.

Стратегічний напрям 6.

Розроблення Концепції поводження з відпрацьованим ядерним паливом українських атомних

електростанцій з реакторами типу ВВЕР з урахуванням можливих напрямків розвитку ядерно-паливного циклу після 2030 року, визначення заключної стадії ядерно-паливного циклу, обрання технології безпечного поводження з відпрацьованим ядерним паливом після завершення періоду його тривалого зберігання.

Українське ВЯП: ситуація на сьогодні

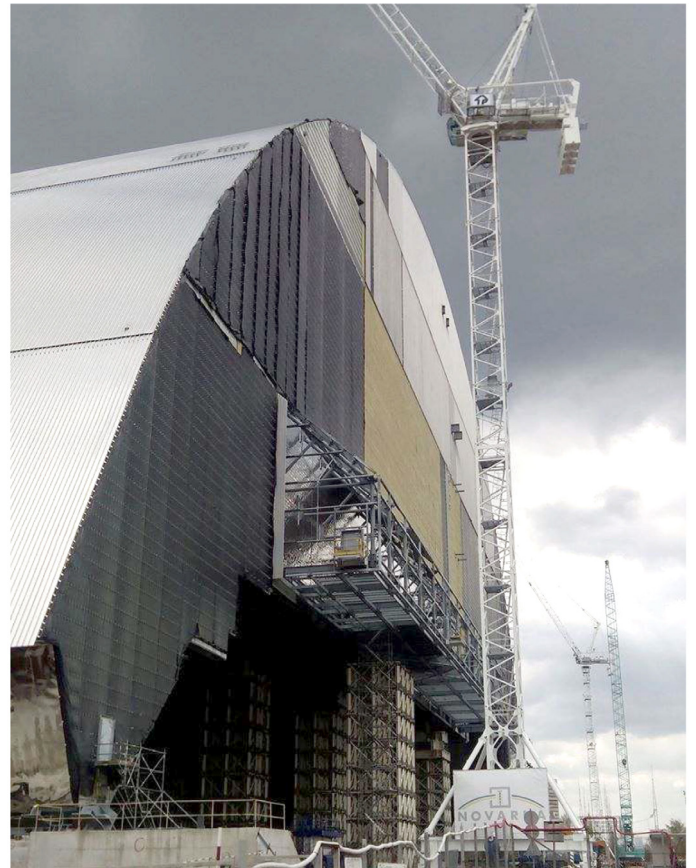
На діючих АЕС України експлуатуються 13 реакторів типу ВВЕР-1000 та 2 реактори ВВЕР-440. Системи поводження з ВЯП цих реакторів включають транспортно-технологічне обладнання для завантаження і розвантаження реакторів та транспортних контейнерів, а також басейни витримки ВЯП.

Щорічно у басейні витримки на АЕС вивантажується приблизно 240 тонн важкого металу відпрацьованого ядерного палива (ВЯП) енергоблоків ВВЕР-1000 та 14 тонн важкого металу ВЯП ВВЕР-440.

Починаючи з 1995 року і по теперішній час ВЯП реакторів ВВЕР-1000 АЕС України вивозиться в Російську Федерацію на ФГУП «ГХК» з метою технологічного зберігання і подальшої переробки та подальшого повернення продуктів переробки до України. ВЯП реакторів ВВЕР-440 АЕС України вивозиться в Російську Федерацію на ПО «Маяк».

Щорічно з АЕС ДП «НАЕК «Енергоатом» близько 300 БТВЗ вивозиться в РФ на переробку, близько 200 БТВЗ вивантажується в ССВЯП ЗАЕС для довготривалого зберігання. В даний час на зберіганні знаходиться 147 контейнерів (3522 БТВЗ).

У рамках поводження з ВЯП ДП «НАЕК «Енергоатом» проводить послідовну політику, забезпечує поводження з ядерним паливом на українських АЕС з реакторами типу ВВЕР з урахуванням можливих напрямків розвитку ядерно-паливного циклу, визначення заключної стадії ядерно-паливного циклу, обрання технології безпечного поводження з відпрацьованим ядерним паливом після завершення його зберігання у басейнах витримки, обрання технології безпечного поводження з відпрацьованим ядерним паливом після



Новий безпечний конфайнмент

завершення періоду його тривалого зберігання.

Головні завдання поводження із ВЯП та шлях їх реалізації

У подальшому у частині поводження із ВЯП реакторів типу ВВЕР планується виконати три головні завдання. Насамперед, це вивезення на технологічне зберігання та переробку ВЯП Рівненської, Хмельницької та Южно-Української АЕС до створення централізованого сховища ВЯП в Україні. Також забезпечити безпечну експлуатацію пристанційного сховища ВЯП «сухого» типу на Запорізькій АЕС. І, нарешті, відкрити централізоване сховище «сухого» типу та забезпечення його безпечної експлуатації для ВЯП реакторів ВВЕР-440 і ВВЕР-1000 діючих АЕС, а також ВЯП нових ядерних енергоблоків.

У зв'язку з проектним заповненням (100 контейнерів) першої черги ССВЯП Запорізької АЕС, введеної у промислову експлуатацію у 2004 році, в грудні 2011 року введена в експлуатацію друга черга ССВЯП проектною місткістю 280 контейнерів.

Створення централізованого сховища ВЯП «сухого» типу розпочалося ще у 2009 році. Тоді ж, 04.02.2009, розпорядженням Кабінету Міністрів України № 131-р було схвалене Техніко-економічне обґрунтування інвестицій Централізованого сховища для зберігання відпрацьованого ядерного палива (ЦСВЯП) місткістю 16529 відпрацьованих тепловиділяючих збірок, протягом 100 років.

Через три роки, 09.02.2012, Верховна Рада України ухвалила Закон України «Про поводження з відпрацьованим ядерним паливом щодо розміщення, проектування та будівництва централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива реакторів типу ВВЕР вітчизняних атомних електростанцій», яким, у тому числі, визначено



Залізничний вагон для перевезення ядерного палива

територію його розташування в зоні відчуження. На сьогоднішній день проведено проектно-вишукувальні роботи щодо спорудження ЦСВЯП та під'їзних шляхів;

Сьомого червня 2017 року Кабінет Міністрів України розпорядженням № 380-р затвердив проект «Будівництво централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива реакторів типу ВВЕР вітчизняних атомних електростанцій», а 29.06.2017 Держатомрегулюванням видало ДП «НАЕК «Енергоатом», як експлуатуючій організа-



Паливні патрони для зберігання ВТВЗ у ДСЕП

ції, ліцензію № ЕО 001060 на право провадження діяльності на етапах життєвого циклу «будівництво та введення в експлуатацію» ядерної установки Централізоване сховище відпрацьованого ядерного палива реакторів ВВЕР вітчизняних атомних електростанцій (ЦСВЯП).

Експлуатуючою організацією ЦСВЯП є ДП НАЕК «Енергоатом». Сьогодні продовжуються роботи з модернізації систем поводження з ВЯП на АЕС, задля впровадження у транспортно-технологічні схеми поводження з ВЯП контейнерів, які передбачаються в проекті ЦСВЯП.

Проведення «стрес-тестів»

Після подій на АЕС «Фукусіма-1» в Японії заявою Ради Європи було запропоновано здійснення цільової переоцінки безпеки АЕС у країнах Європейського союзу, – з використанням «стрес-тестів». У межах цільової переоцінки безпеки з урахуванням уроків, отриманих від аварії на АЕС «Фукусіма-1», експлуатуюча організація виконала кілька важливих заходів.

Так, було проаналізовано вплив зовнішніх екстремальних природних подій для реакторних установок, басейнів витримки та перезавантаження для кожного майданчика АЕС України. А також додатково оцінили безпеку ССВЯП ЗАЕС.

У проекті ЦСВЯП додатково проаналізовано екстремальні природні явища, характерні для майданчика, його розміщення, їх потенційний вплив на безпеку сховища. За результатами аналізу продемонстровано, що згадані впливи не призводять до порушення меж безпечної експлуатації ЦСВЯП, визначених в ТЕО ЦСВЯП.

Україна в червні 2011 року приєдналася до єв-



ропейської ініціативи щодо проведення «стрес-тестів» для АЕС у країнах-членах Європейського Союзу та сусідніх країнах (Декларація щодо проведення «стрес-тестів»). «Стрес-тести» для АЕС України проводились у відповідності до узгодженої Європейською Комісією та ENSREG методології проведення «стрес-тестів» для європейських АЕС (13.05.2011, Declaration of ENSREG, Annex 1 «EU “Stress-test” specifications»). Об'єктами для проведення «стрес-тестів» розглядалися:

- енергоблоки № 1-6 (ВВЕР-1000, В-320) ЗАЕС та сухе сховище відпрацьованого ядерного палива (ССВЯП), що розташоване на майданчику ЗАЕС;
- енергоблоки № 1, 2 (ВВЕР-440, В-213) та № 3, 4 (ВВЕР-1000, В-320) РАЕС;
- енергоблоки № 1 (ВВЕР-1000, В-302), № 2 (ВВЕР-1000, В-338) та № 3 (ВВЕР-1000, В-320) ЮУАЕС;
- енергоблоки № 1, 2 (ВВЕР-1000, В-320) ХАЕС;
- енергоблоки № 1-3 ЧАЕС (басейни витримки відпрацьованого палива) та СВЯП-1 ЧАЕС.

Було розроблено «Національний план дій за результатами «стрес-тестів» забезпечено ефективний контроль з боку Держатомрегулювання, а також імплементовано рекомендації партнерської перевірки результатів «стрес-тестів» АЕС України.

Задля посилення контролю за впровадженням на

енергоблоках АЕС України заходів з підвищення безпеки, визначених за результатами «стрес-тестів» та партнерської перевірки, 20 листопада 2012 року було проведено відкрите засідання Колегії Держатомрегулювання. За результатами Колегії визначені додаткові заходи з підвищення безпеки в частині управління важкими аваріями з метою врахування рекомендацій партнерської перевірки.

Аби дії персоналу у випадках аварій на басейнах витримки відпрацьованого ядерного палива (БВ) були ефективнішими, виконується розробка аварійних інструкцій щодо БВ, а також керівництва з управління важкими аваріями щодо аварій в БВ. Басейн витримки, як відомо, складається з металевої оболонки, розміщеної в залізобетонних огорожувальних конструкціях, що забезпечує її захищеність від зовнішніх впливів. Дії персоналу у випадку аварій на БВ розглядаються при розробці та обґрунтуванні інструкцій з ліквідації аварій на БВ та керівництв з управління важкими аваріями на БВ. У межах розробки детальної протиаварійної стратегії на випадок тривалого повного знеструмлення передбачено задіяти мобільні дизель-генератори для забезпечення підживлення БВ.

За результатами «стрес-тестів» заплановано реалізацію додаткових заходів, що забезпечують підживлення БВ на енергоблоках з ВВЕР 440 та ВВЕР 1000 на випадок повного знеструмлення від мобільних насосних установок.



Майданчик комплексу «Вектор» — основні об'єкти Пускового комплексу першої черги та СОПСТРВ

У 2013 році на енергоблоці №1 ВП ЮУАЕС було реалізовано захід «Забезпечення підживлення і охолодження басейну витримки в умовах тривалого повного знеструмлення АЕС».

Сьогодні на енергоблоках № 1, 2 ВП «Рівненська АЕС» у зв'язку з впровадженням палива 2-го покоління Держатомрегулювання дозволило використання для тимчасового зберігання ВЯП ущільнених верхніх стелажів басейнів витримки за схемою часткового заповнення комірок верхніх стелажів з розміщенням поглинаючих надставок.

За результатами виконаного аналізу критичності басейнів витримки енергоблоків № 1, 2 ВП «Рівненська АЕС» з верхніми і нижніми стелажми ущільненого зберігання палива «Шкода» (далі - СУЗП «Шкода») підтверджено, що при використанні повного заповнення верхніх стелажів басейну, без поглиначів підкритичність не забезпечується.

Задля врахування рекомендацій ENSREG за результатами «стрес-тестів» та опрацювання питання поведінки з великими обсягами післяаварійних РАВ у межах Національного плану дій за результатами «стрес-тестів» заплановано проведення аналізу можливих обсягів радіоактивної води, продуктивності наявної системи упарювання та кількості бочок для герметизації кубового залишку і місць для зберігання (при не-

обхідності створення додаткового резерву), оцінки достатності засобів контролю активності води та заходів для запобігання забрудненню ґрунтових вод тощо. За результатами аналізу будуть розроблені рекомендації, а при необхідності концептуальні технічні рішення щодо поведінки з великими обсягами радіоактивної води

У звітному періоді виконано розрахунки для визначення питомої активності та кількості води, яка виникає в результаті важкої аварії, проведено оцінку радіаційного впливу на зовнішнє середовище при протіканні за проектною аварії для енергоблоків:

- з ВВЕР-1000/В-320;
- з ВВЕР-1000/В-338;
- з ВВЕР-440/В-213.

Підготовлені та направлені до Держатомрегулювання відповідні технічні звіти.

Друга частина роботи з виконання аналізу місткості існуючих на АЕС ємностей для прийому радіоактивної води та кубового залишку, достатності заходів запобігання забрудненню навколишнього середовища та розробка концептуальних технічних рішень для кожної АЕС буде завершена вже у нинішньому році.

Підготовлено фахівцями НАЕК «Енергоатом» за матеріалами Національної доповіді.

ПРОГРЕС У ВИКОНАННІ:

ДЕРЖАГЕНТСТВО З УПРАВЛІННЯ ЗОНОЮ ВІДЧУЖЕННЯ ТА ПІДПРИЄМСТВАМИ, ЩО НАЛЕЖАТЬ ДО СФЕРИ ЙОГО УПРАВЛІННЯ, РЕАЛІЗУЄ МІЖНАРОДНІ ЗОБОВ'ЯЗАННЯ УКРАЇНИ

З часу набуття чинності Об'єднаною конвенцією Україна є активним учасником всіх процесів і заходів, що відбуваються у межах процесу. Так, зокрема, у нашій державі розроблено Стратегію поводження з радіоактивними відходами – на підставі аналізу стану поводження з РАВ, з урахуванням кращої міжнародної практики, стандартів з безпеки МАГАТЕ та Європейського Союзу – яка розрахована на 50 років.

Відповідно до домовленостей

Підписавши Угоду про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, наша держава суттєво активізувала адаптацію законодавства України до законодавства ЄС у сфері безпеки використання ядерної енергії.

Аби привести українське законодавство у сфері поводження з радіоактивними відходами (далі - РАВ) у відповідність до європейських стандартів та стандартів МАГАТЕ, Державне агентство України з управління зоною відчуження у співпраці з Міністерством охорони здоров'я України, Міністерством енергетики та вугільної промисловості України, Державною інспекцією ядерного регулювання України розробило проект Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення законодавства з питань поводження з радіоактивними відходами». У документі запропоновано удосконалити систему класифікації РАВ.

Цей законопроект створено за рекомендаціями провідних європейських експертів у сфері поводження з РАВ, які у межах проекту міжнародної технічної допомоги «Удосконалення системи класифікації РАВ в Україні» запропонували удосконалити існуючу класифікацію у цій сфері та підрахували економічний ефект, який у випадку ухвалення оновленої системи класифікації РАВ приведе до 10-кратного здешевлення захоронення РАВ. При цьому рівень безпеки людини та навколишнього середовища не знизиться і відповідатиме міжнародно визнаним нормам. Наразі законопроект в установленому порядку передано на розгляд до Верховної Ради України (zareestrovano у ВРУ 15.02.2017 за № 6089).

Також за ініціативи Державного агентства України з управління зоною відчуження розроблено проекти Законів України «Про внесення змін до статті 4 Закону України «Про поводження з радіоактивними відходами» щодо удосконалення механізму фінансування поводження з радіоактивними відходами» та «Про внесення змін до Бюджетного кодексу України щодо удосконалення механізму фінансового забезпечення поводження з радіоактивними відходами», які ухвалено 11 липня 2017 року.

Відтепер буде відновлено належне формування та функціонування Державного фонду поводження з радіоактивними відходами. Завдяки ухваленню цього документу в Україні з'явилося правове під-

ґрунтя для впровадження цільового використання та накопичувального характеру Державного фонду поводження з радіоактивними відходами.

Наразі для виконання законів, які стосуються відновлення належного формування та функціонування Державного фонду поводження з радіоактивними відходами, Державне агентство України з управління зоною відчуження розробило проект постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку використання коштів Державного фонду поводження з радіоактивними відходами». Отримано та опрацьовано зауваження від Центральних органів виконавчої влади та надіслано до Міністерства юстиції України для проведення правової експертизи.

Реалізацію конкретних стратегічних завдань з виконання Об'єднаної конвенції про безпеку поводження з відпрацьованим паливом та про безпеку поводження з радіоактивними відходами у розділі поводження з радіоактивними відходами здійснюють підприємства, що входять до сфери управління Державного агентства України з управління зоною відчуження.

У ЗОНІ ВІДЧУЖЕННЯ:

СВЯП-1, СВЯП-2, «Арка» тощо...



На державному спеціалізованому підприємстві «Чорнобильська АЕС» здійснюються заходи щодо поводження із ВЯП реакторів типу РВПК Чорнобильської АЕС. На цей час, як відомо, ДСП «Чорнобильська АЕС» відповідно до умов ліцензії знаходиться на етапі зняття з експлуатації: тобто, на етапі остаточного закриття і консервації.

У 2016 році завершилися роботи з вивантаження пошкодженого ВЯП з блоків №№ 1, 2 та його пе-



Сховище відпрацьованого ядерного палива - 1 (СВЯП-1) ЧАЕС

У зоні відчуження продовжуються роботи, пов'язані з будівництвом СВЯП-2, яке призначене для довготривалого зберігання (100 років) відпрацьованого ядерного палива реакторів типу РВПК Чорнобильської АЕС.



Сховище відпрацьованого ядерного палива 2 (СВЯП-2) ЧАЕС

Відповідно до Плану здійснення заходів на об'єкті «Укриття» на майданчику Чорнобильської АЕС реалізується проект будівництва нового безпечного конфайнмента (НБК).

Конфайнмент – захисна споруда, що включає у себе комплекс технологічного обладнання для демонтажу нестабільних конструкцій об'єкту «Укриття» та вилучення із зруйнованого четвертого енергоблоку ЧАЕС матеріалів, що містять ядерне паливо тощо. Вона призначена для перетворення цього енергоблоку на екологічно безпечну систему та досягнення безпеки персоналу, населення та довкілля.

Як відомо, конфайнмент являє собою аркову споруду із трубчатих металевих конструкцій та двох шарів захисної оболонки, відстань між якими



Завод з переробки рідких радіоактивних відходів (ЗПРРВ) на майданчику Чорнобильської АЕС

становить близько 12 метрів (кільцевий простір). Аркова конструкція герметично з'єднана із західною та східною торцевими стінами.

Геометричні розміри арки НБК становлять: довжина – 164 м, ширина – 257 м, висота – 110 м.

Передбачений термін експлуатації НБК – 100 років.

Проект НБК розбито на два пускові комплекси (ПК):

ПК-1 НБК – захисна споруда з технологічними системами життєзабезпечення та необхідною інфраструктурою;

ПК-2 НБК – інфраструктура для виконання демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття».

Важливим етапом у спорудженні конфайнмента було його переміщення із зони монтажу та встановлення у проектне положення над об'єктом «Укриття». Впродовж 14-27 листопада 2016 року цей унікальний об'єкт загальною вагою понад 36200 тон за спеціальною технологією було переміщено на 327 метрів та встановлено над об'єктом «Укриття».

Насування арки НБК дозволило істотно підвищити рівень поточної безпеки ОУ:

- металеві конструкції арки екранують потужні джерела випромінювання, які знаходяться в об'єкті «Укриття», тому після установки арки НБК у проектне положення майже удвічі знизилася

потужність дози гамма-випромінювання на території промислового майданчика ОУ навколо НБК;

- всередину об'єкту «Укриття» перестали надходити атмосферні опади, які є одним з основних чинників деградації його будівельних конструкцій, можливості утворення ядерно-небезпечних композицій паливовмісних матеріалів, а також перенесення радіоактивних речовин у приміщеннях об'єкту «Укриття» та за його межі;

- після насування арки усунуто вплив на об'єкт «Укриття» вітрових і снігових навантажень, що значно знижує ризики пошкодження (обвалення) будівельних конструкцій об'єкта.

Головним завданням після введення в експлуатацію ПК-1 НБК в найближчі роки є реалізація проекту другого пускового комплексу НБК (ПК-2 НБК), демонтаж нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття», поводження з РАВ, а в подальшому – вилучення/переведення ПММ в контрольований стан.

Комплекс заходів на ЧАЕС

Також на ДСП «Чорнобильська АЕС» здійснюються заходи щодо поводження з радіоактивними відходами. Так, у березні 2014 року отримано окремий дозвіл на введення в експлуатацію заводу із переробки рідких радіоактивних відходів (ЗПРРВ). Вже завершено комплексні випробування ЗПРРВ на «активному» продукті (перероблено 5,1 мЗ РРВ, отримано 63 упаковки РАВ (200-літрові бочки). Чотири упаковки були передані на захоронення в СОПСТРВ на комплексі «Вектор». Решта упаковок зберігаються у приміщенні для буферного зберігання упаковок РАВ на ЗПРРВ до відправлення на захоронення.

Відповідно до умов окремого дозволу, станом на сьогоднішній день завершені роботи другого етапу «гарячих» випробувань ЗПРРВ із застосуванням РАВ з відомими радіаційними характеристиками. Розроблено Заключний звіт з аналізу безпеки – наступна документація після проведення другого етапу «гарячих» випробувань.

У 2018 році заплановано завершення робіт з будівництва ЗПРРВ та отримання сертифікату від Державної архітектурно-будівельної інспекції України, що дозволить розпочати експлуатацію заводу.

Водночас тривають роботи із підготовки до проведення 3-го етапу «гарячих» випробувань заводу з переробки твердих радіоактивних відходів (ЗПТРВ) та установки вилучення твердих радіоактивних відходів (ТРВ), – згідно із узгодженим «Рішенням про проведення 3-го етапу «гарячих» випробувань і початкової стадії промислової експлуатації ЗПТРВ». Триває характеристика РАВ, розміщених у відсіках існуючого сховища твердих радіоактивних відходів, з якого у ході експлуатації будуть вилучати ТРВ для передачі на переробку на ЗПТРВ.

Основним проблемним питанням щодо введення у повномасштабну експлуатацію споруджених ЗПТРВ та установки вилучення ТРВ є існування суттєвих невизначеностей характеристик РАВ, які зберігаються у існуючому сховищі твердих радіоактивних відходів. Ці РАВ частково складаються з експлуатаційних (доаварійних) РАВ ЧАЕС, а частково – з аварійних РАВ, утворених в результаті Чорнобильської катастрофи, щодо яких на час завантаження у відсіки сховища твердих радіоактивних відходів не проводилась належна характеристика.



Спеціально обладнане приповерхнєве сховище для захоронення твердих РАВ

Також експлуатується тимчасове сховище для зберігання упаковок високоактивних та довгоіснуючих РАВ у складі промислового комплексу поводження з твердими радіоактивними відходами (ПКПТРВ).

Продовжуються роботи із зняття з експлуатації блоків № 1, 2, 3, завершується будівництво Нового безпечного конфайнмента об'єкта «Укриття», створення лінії подрібнення високоактивних довгомірів для поводження із вилученими з реакторних



Завод із переробки твердих РАВ (ЗПТРВ) на майданчику Чорнобильської АЕС

відділень елементами, експлуатації Комплексу з виробництва металевих бочок та залізобетонних контейнерів для РАВ, заплановано та розпочато проектування додаткових установок для поводження з РАВ ЧАЕС: установки з очищення РРВ від органічних сполучень та трансуранових елементів, дільниць складування, фрагментації та дезактивації демонтованих конструкцій, установки для звільнення демонтованих матеріалів від регулюючого контролю.

Основну діяльність щодо поводження із РАВ на території зони відчуження (крім майданчика ЧАЕС) проводить ДСП «ЦППРВ», яке є експлуатуючою організацією на етапах експлуатації та закриття сховищ для захоронення РАВ. Ця організація також здійснює окремі види діяльності з переробки та зберігання РАВ.

Проводиться експлуатація спеціально обладнаного приповерхнєвого сховища для захоронення твердих РАВ, яке споруджене на майданчику комплексу «Вектор», – у проєкті ПКПТРВ. Сховище призначене для захоронення упаковок РАВ від ЗПРРВ та ЗПТРВ ЧАЕС. Проектна потужність його становить 50 210 м3 упаковок РАВ. СОПСТРВ складається із двох паралельних секцій, кожна з яких має 11 залізобетонних відсіків (модулів). Сховище облаштоване центральною дренажною галереєю, двома пересувними каркасними конструкціями з мостовими кранами для заповнення модулів, системою радіаційного контролю та моніторингу навколишнього сере-



Централізоване сховище для довгострокового зберігання відпрацьованих ДІВ

довища. Проводяться заходи для забезпечення функціонування центральної дренажної галереї під сховищем та контролю за станом будівельних конструкцій модулів сховища, вивчаються та впроваджуються сучасні методології оцінки безпеки для переоцінки безпеки СОПСТРВ – задля розширення кола постачальників РАВ та актуалізації критеріїв приймання РАВ до цього сховища. Розміщувати упаковки РАВ від ЧАЕС у СОПСТРВ розпочали 26.04.2014.

Протягом 2014-2015 років було проведено додаткові обґрунтування та ухвалено рішення про захоронення у СОПСТРВ упаковок РАВ від ДСП «Харківського ДМСК» ДК «УкрДО «Радон». Виконані роботи з транспортування та захоронення 74 упаковок РАВ (66м3) від ДСП «Харківського ДМСК».

Об'єкт, що не має аналогів

У 2015 році завершено будівництво Централізованого сховища для довгострокового зберігання відпрацьованих ДІВ (ЦСВДІВ), монтаж систем і обладнання цього об'єкту за підтримки Департаменту енергетики та кліматичних змін Великої Британії.

Цей об'єкт не має аналогів у світі та є основним елементом вдосконалення усієї системи поводження із відпрацьованими ДІВ в Україні. Його завдання — забезпечити централізоване розміщення основного обсягу РАВ у формі відпрацьованих ДІВ різних типів та конструкцій, які на сьогодні накопичені на майданчиках спеціалізованих підприємств із поводження з РАВ ДК «УкрДО «Радон», а також ДІВ, які знаходяться у використанні у медицині та промисловості, після переведення їх у категорію РАВ.

Технологічний процес поводження із відпрацьо-



Зона зберігання та перевантажувальний комплекс на ЦСВДІВ

ваними ДІВ включає їх приймання, ідентифікацію, сортування, кондиціювання та дострокове зберігання (протягом 50 років).

Продовжується експлуатація приповерхневих сховищ для захоронення РАВ ПЗРВ «Буряківка», яка розпочалась у 1987 році. ПЗРВ складається із 30-ти приповерхневих сховищ (траншей) для захоронення РАВ. Основним інженерним бар'єром сховищ є ущільнений шар глини товщиною 1 метр, що забезпечує локалізацію РАВ від навколишнього середовища. ПЗРВ «Буряківка» – це один з основних елементів системи поводження з великими обсягами аварійних РАВ, які утворились в результаті Чорнобильської аварії. Він був споруджений як один із перших об'єктів для ліквідації аварії на ЧАЕС. Дотепер експлуатація сховищ цього ПЗРВ забезпечує захоронення великої кількості низькоактивних РАВ, що утворюються в ході робіт на майданчику ЧАЕС та при діяльності на забруднених територіях зони відчуження.



Обладнання Центральної аналітичної лабораторії

ПЗРВ та ПТЛРВ на території зони відчуження, як і існуюче СТВ на майданчику ЧАЕС, стали елементами системи поводження з великими обсягами аварійних РАВ, що утворились в результаті Чорнобильської аварії. Ці об'єкти і на тепер забезпечують локалізацію та ізоляцію РАВ від розповсюдження у навколишнє середовище. Але вони також потребують активізації заходів із обслуговування, моніторингу, обстеження, стабілізації, підвищення безпеки, реабілітації, переоцінки безпеки тощо. Для реалізації проекту залучається, у тому числі, міжнародне співробітництво з Європейською Комісією та МАГАТЕ.

ПЗРВ «Підлісний» також був споруджений як один із елементів першочергових заходів з ліквідації Чорнобильської аварії. У модулях А-1 та Б-1 цього ПЗРВ з кінця 1986 по кінець 1988 років розміщували найнебезпечніші високоактивні та довгоіснуючі аварійні РАВ. У 2012 завершена реалізація проекту «Закриття сховищ ПЗРВ «Підлісний» — для стабілізації та підвищення безпеки цього об'єкта. Споруджені технологічні покрівлі над модулями ПЗРВ, нові обвалування по периметру модулів, нова дренажна система водовідведення, 8 додаткових наглядових свердловин для контролю ґрунтових вод.

ПЗРВ «ІІІ черга ЧАЕС» був створений у недобудованому сховищі для твердих РАВ незавершеної третьої черги ЧАЕС. У залізобетонних модулях цього об'єкта з кінця 1986 по кінець 1988 років також розміщували низько- та середньоактивні аварійні РАВ та споруджене обвалування. З рока-

ми відбувалися процеси деградації обвалування, що потребувало постійних заходів з ремонту та обслуговування.

У 2016 році завершено реалізацію проекту «Закриття сховищ ПЗРВ «ІІІ черга ЧАЕС»: споруджено додаткові інженерні бар'єри (новий багатошаровий верхній захисний екран над існуючими модулями з РАВ), модернізовано дренажну систему та систему моніторингу.

Реалізація проектів з підвищення безпеки ПЗРВ дозволила забезпечити захист від деградації та підтримку локалізуючих функцій інженерних бар'єрів, вдосконалити інформативність систем моніторингу. У ході індустріального проекту INSC U4.01/10-D та регуляторного проекту INSC U3.01/10 (UK/TS/46) із залученням європейських експертів та застосуванням сучасних методологічних оцінок безпеки було досліджено стан ПЗРВ «Підлісний» та ПЗРВ «ІІІ черга ЧАЕС». Результати підтвердили: на нинішній час, із урахуванням реалізованих проектів підвищення безпеки та стабілізації ці об'єкти забезпечують безпечне зберігання РАВ. У перспективі РАВ має бути вилучено із цих ПЗРВ та їх перезахоронено у сховищах відповідного типу.

Сховище для проміжного зберігання ВАР

На території зони відчуження розміщено дев'ять ПТЛРВ: «Станція Янів», «Нафтобаза», «Піщане плато», «Рудий ліс», «Стара Будбаза», «Нова Будбаза», «Прип'ять», «Копачі», «Чистогалівка»



Сховища ДМСК для зберігання РАВ є будівлями ангарного типу

загальною площею близько 10 гектарів, на територіях яких розміщені траншеї і бурти з РАВ.

Постійно ведуться роботи з обстеження територій ПТЛВР у зоні відчуження, обслуговування та підтримка у безпечному стані траншей та буртів. Метою обстежень є пошук та уточнення місць розташування траншей і буртів, уточнення складу та активності розміщених РАВ.

Проведено переоцінку впливу ПТЛВР – задля оптимізації подальших рішень з їх реабілітації, продовжується вилучення РАВ із найбільш небезпечних траншей та буртів.

Задля подальшого розвитку системи поводження з РАВ, згідно із Стратегією поводження з радіоактивними відходами в Україні, здійснюється проектування, будівництво, введення в експлуатацію сховищ для довгострокового зберігання РАВ та об'єкту з переробки РАВ на майданчику комплексу «Вектор»:

- об'єктів першої черги комплексу виробництва із дезактивації, транспортування, переробки та захоронення радіоактивних відходів (кодова назва «Вектор»);
- сховища для довгострокового зберігання осклованих ВАР від переробки ВЯП реакторів ВВЕР-440, що надходять з Російської Федерації;
- сховища для довгострокового зберігання високоактивних РАВ та сховища для довготермінового зберігання довгоіснуючих РАВ. Утворення високоактивних та довгоіснуючих РАВ, для зберігання яких планується використати ці сховища, очікується в ході робіт із вилучення РАВ та

палововмісних матеріалів із об'єкта «Укриття» та ПЗРВ «Підлісний», при знятті з експлуатації ЧАЕС, при експлуатації діючих АЕС;

- технологічного корпусу для централізованої переробки РАВ невеликих виробників та потоків РАВ. Проектування здійснюється у межах індустріального проекту INSC U4.01/11A. В технологічному корпусі передбачається впровадження



Законсервовані сховища РАВ ДМСК.

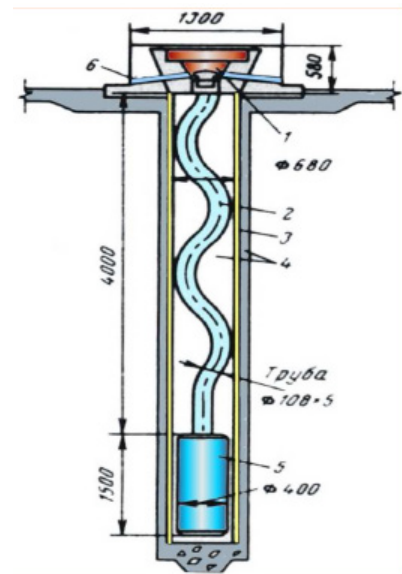
технологій поводження з РАВ, що передбачають приймання, сортування і фрагментацію РАВ; спалювання; пресування; переробку вторинних РАВ; цементування; розміщення РАВ в контейнери; паспортизацію.

Сховища для довгострокового зберігання на комплексі «Вектор» дозволять забезпечити централізоване довгострокове (протягом до 100 років) зберігання відповідних видів РАВ до їх захоронення у геологічному сховищі.

«Техніко-економічне обґрунтування будівництва сховища для проміжного зберігання осклованих ВАР, що повертаються з Російської Федерації піс-



Типове сховище колодязного типу



ля переробки відпрацьованого ядерного палива українських АЕС», схвалене наказом Державного агентства України з управління зоною відчуження №81 від 01.07.2016.

Проект цього сховища отримав позитивний висновок державної експертизи, у тому числі експертизи ядерної та радіаційної безпеки та затверджений наказом Державного агентства України з управління зоною відчуження № 98 від 25.07.2017

Також на усій території зони відчуження постійно забезпечуються заходи із радіаційного контролю та моніторингу навколишнього середовища. Здійснює їх ДСП «Екоцентр» – згідно із узгодженим регламентом.

Для виконання таких заходів було створено та у 2015 відбулось відкриття Центральної аналітичної лабораторії ДСП «Екоцентр» та Мобільного лабораторного комплексу.

Центральна аналітична лабораторія має можливості для:

- надання аналітичних послуг у питаннях державної експертизи ЯРБ та контролю за виконанням ліцензійних умов при веденні діяльності у сфері поводження з РАВ;
- консультаційної підтримки органів державного управління стосовно шляхів реалізації Концепції розвитку Зони відчуження (дослідження ПТЛРВ, перезахоронення РАВ, моніторинг ЗВ тощо);
- експертно-аналітичної та методичної підтримки

учасників процесу поводження з РАВ.

НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ:

Проблеми старих сховищ і нові технології

Збирання та тимчасове зберігання РАВ, що утворюються в результаті діяльності з використання ДІВ у медицині, науці, різних галузях промисловості у відповідних регіонах України здійснюють Державні міжрегіональні спеціалізовані підприємства з поводження з РАВ (ДМСК) ДК «УкрДО «Радон»: ДСП «Київський ДМСК», ДСП «Харківський ДМСК», ДСП «Дніпропетровський ДМСК», ДСП «Одеський ДМСК», ДСП «Львівський ДМСК».

ДМСК здійснюють:

- експлуатацію сховищ для контейнерного зберігання твердих РАВ;
- обслуговування, контроль та моніторинг за консервованих сховищ РАВ, заповнення яких здійснювалось у попередній період (до 1996 року) за технологією захоронення;
- збирання, кондиціонування та перевезення РАВ до своїх сховищ;
- експлуатацію станцій дезактивації спецодягу, білизни, засобів індивідуального захисту.

Сховища для зберігання РАВ, що експлуатуються, – це будівлі ангарного типу, у яких організоване контейнерне зберігання РАВ та відпрацьованих



Мобільний комплекс технічних засобів з безпечної розрядки відпрацьованих джерел іонізуючого випромінювання із блоків біологічного захисту типів БГІ та Е.



ДІВ. Ці будівлі були споруджені на майданчиках ДМСК у 90-ті роки минулого століття після ухвалення рішення про перехід ДМСК на технологію зберігання РАВ.

Законсервовані сховища РАВ, заповнені до 1996 року за технологією захоронення, – це система приповерхневих залізобетонних сховищ РАВ модульного типу ємністю 200 м³, споруджених за типовими проектами у 60-х – 70-х роках минулого століття. ДМСК здійснює їх обслуговування, моніторинг та переоцінку безпеки задля ухвалення рішень про стан безпеки кожного конкретного сховища. А також термінів, упродовж яких ці сховища можуть забезпечувати надійну ізоляцію РАВ і, нарешті, технологічних рішень щодо вилучення РАВ та ліквідації сховищ.

Також на майданчиках ДМСК розміщені сховища колодезяного типу для відпрацьованих ДІВ, що являють собою заглиблені ємності із нержавіючої сталі із хвилеподібною приймальною трубою для опускання капсул ДІВ.

Наразі проводяться обстеження ємностей сховищ колодезяного типу та стану РАВ у вигляді відпрацьованих ДІВ, розміщених у них. Дані цих обстежень будуть враховані при ухваленні технологічних рішень щодо вилучення відпрацьованих ДІВ та подальшого зняття з експлуатації сховищ.

Технічні рішення, – за підтримки донорів

У 2016 році за підтримки шведського регулюю-

чого органу (SSM) у межах донорської допомоги країн G-7 щодо підвищення безпеки поводження з відпрацьованими ДІВ в Україні розпочато розробку типового Технічного рішення щодо вилучення відпрацьованих ДІВ зі сховищ колодезяного типу. У цьому документі буде враховано результати обстежень. Пілотна реалізація технічного рішення – після його погодження за результатами експертизи – планується на ДСП «Київський ДМСК».

Забезпечується пілотна експлуатація Мобільного комплексу технічних засобів з безпечної розрядки відпрацьованих джерел іонізуючого випромінювання із блоків біологічного захисту типів БГІ та Е. Цей комплекс є об'єктом з переробки РАВ у вигляді відпрацьованих ДІВ гамма-випромінювання.

Експлуатація комплексу, розробленого та виготовленого за підтримки Комісаріату Атомної Енергетики Франції, передбачається на майданчиках ДМСК, – з метою розрядки відпрацьованих ДІВ та розміщення їх у захисний контейнер. Це дозволить зменшити кількість таких РАВ, підвищити безпеку їх зберігання, оптимізувати транспортування до комплексу «Вектор» (кількість перевезень зменшиться в десятки разів).



ДСП «Київський ДМСК», також проводить обслуговування, радіаційний моніторинг та контроль пунктів зберігання РАВ від дезактивації та санітарної обробки транспорту (ПЗВД/ПУСО), утворених при ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, які розміщені за межами зони відчуження у Київській, Житомирській та Чернігівській областях. Ці об'єкти також потребують додаткового обстеження, оцінки безпеки, ухвалення та впровадження рішень щодо їх реабілітації. Під час реалізації проекту INSC U4.01/12D «Реабілітація майданчиків зберігання радіоактивних відходів, що утворилися внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, розташованих за межами зони відчуження» проведено додаткові обстеження та оцінки безпеки ПЗВД/ПУСО. Інформація про ПЗВД/ПУСО та оцінки їх безпеки наведена у розділі Н. 2.2 цієї Доповіді.

Протягом 2015-2017 років реалізовується індустріальний проект INSC U4.01/12BCD «Удосконалення інфраструктури для поводження з відходами, реабілітація забруднених майданчиків та зняття з експлуатації в Україні», компоненти якого передбачають міжнародну технічну підтримку для удосконалення інфраструктури ДМСК. Відбувається поставка:

- спеціально обладнаних автомобілів з комплек-

том спектрометричного, радіометричного, дозиметричного та іншого обладнання для оснащення аварійних бригад ДМСК,

- обладнання для створення Інтегрованої автоматизованої системи радіаційного моніторингу навколишнього середовища на майданчиках розташування сховищ РАВ ДМСК, а також обладнання для диспетчерського пункту в центральному офісі ДК «УкрДО «Радон»;

- обладнання та транспортні засоби для реалізації робіт із додаткових обстежень, вилучення та перевезення РАВ з ПЗВД/ПУСО.

Таким чином, можна констатувати, що Україна у сфері поводження з ВЯП та РАВ є активним учасником міжнародного співробітництва в рамках проектів ЄК, МАГАТЕ, ЄРББ, G-7, а також двостороннього співробітництва.

Підготовлено за матеріалами 6-ої Національної доповіді України



Головний редактор -
Ольга КОШАРНА,
Випусковий редактор -
Юрій ПАТИКІВСЬКИЙ,
Дизайнер -
Максим ЛЯШЕНКО