

ПРІОРИТЕТИ РОЗВИТКУ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Бегун Сергій Васильович,
кандидат фізико-математичних наук

Проаналізовано поточний стан ядерної енергетики та її внесок у забезпечення економічної та енергетичної безпеки України. Обґрунтовано напрями вирішення основних проблем. Розроблено рекомендації щодо стратегії розвитку ядерної енергетики України.
Ключові слова: енергетика, енергетична безпека, ядерна енергетика, стратегія розвитку.

Відповідно до існуючих українських [1; 2] (включаючи текст проекту оновлення Енергетичної стратегії України на період до 2030 р.), європейських [3; 4] та світових [5; 6] фактичних даних і прогнозів споживання електроенергії зростає й не зменшуватиметься.

За даними Державної служби статистики України, частка атомних електростанцій (АЕС) у виробництві електроенергії в Україні складає 45–50%. При цьому конкурентоспроможність української економіки значною мірою зобов'язана низькій ціні на електроенергію, вироблену українськими АЕС [2].

Розвиток ядерної енергетики у світі стимується можливістю подвійного використання ядерних матеріалів (для вироблення енергії та зброї масового ураження). Суттєво впливає на розвиток ядерної енергетики у світі можливість безаварійної експлуатації АЕС, особливо з урахуванням імовірності та наслідків тяжких аварій – таких як аварії на Чорнобильській АЕС (1986 р., Україна), на АЕС Фукусіма Даїчі (2011 р., Японія).

З точки зору стратегії розвитку енергетики України ядерній енергетиці відведено провідну роль. Такий статус ядерної енергетики зумовлений наступними чинниками:

- наявність і достатність необхідної мінерально-сировинної бази на території України;
- наявність значного досвіду з експлуатації АЕС в Україні;
- ядерна енергетика є низьковуглецевою технологією виробництва енергії.

Продовження ресурсу діючих АЕС України на понадпроектний термін

Недостатнє фінансування продовження експлуатації українських АЕС призведе до

необхідності їх зупинки після закінчення проектного терміну експлуатації та до необхідності побудови потужностей, що їх замінять [7; 8]. Крім того, при недостатньому фінансуванні робіт з метою продовження експлуатації та підвищення безпеки українських АЕС у результаті погіршення експлуатаційних показників виникне загроза стабільному функціонуванню Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України, оскільки при аварійній зупинці одного енергоблоку АЕС в ОЕС України необхідним буде запуск резервних компенсуючих потужностей в обсязі від 440 МВт (ел) до 1000 МВт (ел). Якщо ж зупиняться декілька блоків АЕС, то ситуація буде пропорційно гіршою і може спричинити навіть енергетичну аварію регіонального рівня в ОЕС України через обмежену кількість наявних компенсуючих резервних потужностей, тому що відповідно до постанови НКРЕ України від 09.08.2012 №1031 нині передбачається тільки 1140 МВт (ел) оперативного резерву в ОЕС України.

Продовження ресурсу діючих АЕС України на понадпроектний термін є технічно можливим завдяки надмірному консерватизму при обрахунках технічних параметрів даних ядерних установок на час їх створення (1970–1990 рр.). За період, що минув, були уточнені розрахункові параметри та розроблені технології відновлення властивостей радіаційно ушкодженого металу шляхом випалювання дефектів.

Але при продовженні терміну експлуатації параметри енергоблоків мають бути приведені до сучасних вимог. Наприклад, з урахуванням нової інформації, що з'явилася за цей час, необхідною є перекваліфікація обладнання Південно-Української АЕС, виходячи з нових

даних щодо сейсмічної ситуації в районі її розташування.

Атомна промисловість. Розвиток ядерно-паливного циклу

Програма «Ядерне паливо України». Державна цільова економічна програма «Ядерне паливо України», затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 23 вересня 2009 р. № 1004 (*далі* – Програма), розрахована лише на 5 років і в умовах тотального багаторічного недофінансування всіх ланок ядерного паливного циклу України в принципі не може вирішити всі накопичені за роки незалежності проблеми.

Критика реальності виконання Програми багатьма експертами виходить із загальної для багатьох подібних державних документів проблеми: у них декларуються нереальні для виконання завдання, на які планується завідомо недостатній рівень фінансування; завдання програм не виконуються, а невиконання програм пояснюється недостатнім рівнем фінансування й нереальністю виконання у вказані терміни поставлених завдань. Таким чином, утворюється «замкнене коло». Проблема плинності кадрів, характерна для центральних органів влади України, додатково погіршує ситуацію.

Така ситуація пов'язана передусім з відсутністю відповідальності за невиконання програм.

З економічної точки зору у Програмі, на перший погляд, закладені цілком досяжні щодо видобутку урану результати, які узгоджуються із задекларованими у міжнародній доповіді [9] цінovими параметрами щодо видобутку розвіданих в Україні покладів урану. Водночас систематичне недофінансування Програми через обмеженість коштів Державного бюджету та економічно необґрунтовані тарифи, встановлені для підприємств атомно-промислового комплексу, призводять до невиконання поставлених завдань.

Забезпеченість ядерним паливом. За інформацією Ядерного енергетичного агентства ОЕСР (*NEA OECD*) [10] і за результатами досліджень [11], наявних ресурсів урану у світі вистачить при нинішньому рівні споживання на 700 років при використанні відкритого ядерного паливного циклу та реакторів на теплових нейтронах; на 21000 років при використанні замкнутого ядерного паливного циклу (напрацювання та використання плутонію) з реакторами на швидких нейтронах. Якщо врахувати наявні світові ресурси торію, то вказані цифри можуть бути збільшені у

рази. При цьому 97% наявних світових ресурсів урану сконцентровані у 14 країнах світу. До цього списку входить й Україна. Саме тому провідні країни світу розвивають ядерну енергетику як стратегічно важливу галузь.

Для задоволення потреб економіки України тільки за рахунок власних ресурсів (при збереженні поточного рівня потреб) наявних власних ресурсів урану вистачить на понад 100 років при використанні реакторів тільки на теплових нейтронах [9]. Базуючись на наведеній цифрі, можна впевнено стверджувати, що з точки зору стратегічного планування Україна не має достатньої кількості урану для того, щоб вести зовнішню торгівлю цим ресурсом, тому що термін експлуатації нових реакторів на теплових нейтронах, що будуються нині у світі та плануються в Україні, складає не менше 60 років і весь цей час реактор потребує періодичного завантаження свіжого ядерного палива. Крім того, основна кількість покладів урану знаходиться в цінovому діапазоні більше 80 дол. США за кілограм урану і Україна навряд чи зможе в цьому конкурувати з Канадою, Південною Африкою, Бразилією, Китаєм і Казахстаном.

За умови переходу на використання в перспективі ядерних реакторів на швидких нейтронах, без яких ядерна енергетика не має майбутнього, наявних власних ресурсів урану вистачить на 3000 років. Якщо врахувати наявні в Україні значні ресурси торію (якого в Україні майже стільки, скільки й урану), то, відповідно, власних ресурсів для ядерної енергетики України вистачить на майже пропорційно більший термін у разі переходу на урано-торієвий ядерно-паливний цикл.

При розгляді розвитку урановидобування в Україні слід зауважити, що використання технологій свердловинного та блочного вилюговування є оптимальним і можливим не для всіх типів покладів урану, тому обмеження цими технологіями не є доцільним. Крім того, технології свердловинного та блочного вилюговування при видобуванні урану мають низку обмежень з екологічної точки зору і потребують наявності високого рівня культури безпеки на видобувних підприємствах [12; 13]. Тому поспішати з масовим впровадженням цих технологій в Україні не варто. Економічна перевага технології свердловинного вилюговування по відношенню до традиційної – відносне зменшення капітальних витрат у приблизно десять разів [14]. Але при застосуванні технології свердловинного вилюговування значно зростають поточні витрати, передусім на закупів-

лю хімічних реагентів, у результаті чого ціна на уран, видобутий традиційними методами, та ціна на уран, видобутий методом свердловинного вилуговування, – величини одного порядку.

Крім того, порівнювати різні методи видобутку урану тільки за цінними параметрами не зовсім коректно, оскільки застосування конкретного методу видобутку визначається передусім геологічними умовами залягання покладів урану та його вмістом у породах, а вже потім економічними параметрами [15]. Тобто кожний метод видобутку має своє призначення. Відповідно до Програми на впровадження технології свердловинного вилуговування заплановано 12,8% загальної суми витрат на збільшення видобутку урану, що відповідає за пропорцією необхідному нині рівню витрат на цьому напрямі. Відповідно до Програми внесок від урану, видобутого за технологією свердловинного вилуговування, у загальне збільшення видобутку урану складе в кінці виконання Програми $\approx 19\%$, що є значною частиною, зважаючи на поточний стан робіт на цьому напрямі.

Україні потрібний власний газофторидний комплекс із переробки закису-окису урану (U_3O_8) у гексафторид урану (UF_6) та оберненої конверсії гексафториду урану у двоокис урану. Особливого значення такий комплекс набуває у зв'язку з: 1) можливістю повернення збідненого на ^{235}U гексафториду урану, який містить $0,2\div 0,3\%$ ^{235}U та $\approx 99\%$ ^{238}U ; 2) принциповою обмеженістю ресурсів урану в Україні; 3) можливістю використовувати збіднений уран та ^{238}U в ядерному паливному циклі з реакторами на швидких нейтронах.

У випадку створення власного газофторидного комплексу та налагодження власної переробки так званого жовтого кеку* до закису-окису урану заслуговує на увагу варіант можливості закупівлі жовтого кеку за межами України для його переробки до гексафториду урану на вітчизняному підприємстві.

За умови закупівлі послуг із збагачення тільки в РФ заслуговує на увагу та вивчення варіант закупівлі жовтого кеку у Казахстані, зважаючи на цінні параметри [9]. Казахстан

володіє значними ресурсами урану в цінній категорії до 40 дол. США за його кілограм, а відповідні ресурси Російської Федерації та Узбекистану визначаються покладами в цінній категорії до 80 дол. США за кілограм урану [9]. Оцінені ресурси урану у Таджикистані за кількістю не перевищують 2,5% оцінених таких ресурсів в Україні [16]. Для порівняння, оцінені ресурси урану в Казахстані перевищують українські у 2,9 разу. Щоправда, у деяких джерелах існують заяви про наявність значних ресурсів урану у Таджикистані, але вказується на важкодоступність цих ресурсів та складність їх видобутку, а на наявних у Таджикистані шахтах видобуток урану давно припинено. Крім того, у міжнародних базах даних відсутня інформація про наявність у Таджикистані покладів урану у цінній категорії до 40 дол. США за його кілограм.

У випадку закупівлі послуг із збагачення не тільки в РФ заслуговує на увагу варіант закупівлі жовтого кеку в Казахстані та Узбекистані, зважаючи на цінні параметри.

У будь-якому разі закупівля жовтого кеку має бути в межах потреб українських атомних електростанцій до виходу видобутку української урановидобувної промисловості на рівень потреб українських атомних електростанцій. Це зумовлено тим, що Україна не володіє власною реакторною технологією та власною технологією збагачення урану й не продає реакторні установки власного виробництва іншим країнам світу, а саме ці чинники є визначальними при пошуку потенціальних покупців гексафториду урану.

Оскільки країни – постачальники реакторних технологій та постачальники послуг із збагачення урану мають власні установки з переробки жовтого кеку до гексафториду урану, нарощують їх кількість відповідно до збільшення замовлення й зацікавлені у роботі своїх потужностей при постачанні реакторної установки чи при постачанні послуг із збагачення урану, перевищення виробництва гексафториду урану над потребами українських атомних електростанцій може бути тільки у випадку довгострокової домовленості та співробітництва передусім з постачальниками реакторних технологій та постачальниками послуг із збагачення урану, а потім – із власниками ядерних реакторів.

Виробництво цирконію для ядерних реакторів в Україні. Розглядаючи варіанти переходу на виготовлення виробів із цирконію на підприємствах України, необхідно враховувати, що від хімічного складу та від металургійної технології виготовлення цих виробів залежать їх механічні властивості, стійкість до корозії

* Жовтий кек – це суміш хімічних сполук урану (конкретний склад залежить від методу) з пустою породою (тип пустої породи залежить від складу гірничої породи родовища). Ця суміш утворюється у підземних горизонтах і подається на поверхню при видобуванні урану методом підземного вилуговування (*Технологія урана: учебное пособие* / [А. А. Маслов, Г. В. Каляцкая, Г. Н. Амелина, А. Ю. Водянкин, Н. Б. Егоров] – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2007. – 97 с.)

та до впливу іонізуючого випромінювання [17; 18]. Обов'язковою умовою має бути відповідність виготовлених виробів вимогам кінцевого споживача та вимогам розробника установки, комплектуючі до якої поставляються. У випадку тепловиділяючих збірок для українських атомних електростанцій такими організаціями є: розробник реакторної установки ОКБ «Гідропрес» (Росія), розробник ядерного палива ВАТ «ТВЕЛ» (Росія), Державна інспекція ядерного регулювання України, ДП НАЕК «Енергоатом» (Україна).

Розроблена в Україні технологія виготовлення кальцієтермічного цирконію не гарантує ідентичність властивостей і переваги українського сплаву над штатним російським сплавом Е-110 у всіх режимах експлуатації, включаючи аварійні. Цей факт визнаний усіма провідними фахівцями України [19–23].

Запропонований у Програмі перехід на магнієтермічну технологію – це вимога часу, оскільки сучасні магнієтермічні технології економічно більш вигідні, менш енергоємні, відносно швидкі, дозволяють досягти кращих технологічних параметрів [23]. Неуніверсальність української кальцієтермічної технології щодо виготовлення сплавів цирконію заданого хімічного складу значно обмежує можливості та ринок збуту виготовлених за цією технологією виробів, концентруючи його на реакторах російського виробництва, що лише посилює залежність від Росії [23].

Відповідно до інформації Державної служби геології та надр України наша держава володіє всіма необхідними для виготовлення виробів із цирконію мінеральними ресурсами, в тому числі і для виготовлення допоміжних хімічних реагентів [24]. Але, попри наявність корисних копалин, виробництво відповідних речовин відсутнє. Цю ситуацію можна пояснити тим, що Україна тривалий час була частиною цілісного комплексу народного господарства СРСР, але після його розпаду не було створено відповідних підприємств на її території. Наявні ж підприємства (наприклад глиноземні та алюмінієві) руйнуються та консервуються. Але ж саме алюміній потрібен для виготовлення металевого кальцію за найбільш економічно вигідною та досконалою технологією [25], а для переходу на магнієтермічну технологію виготовлення цирконію буде потрібний магній, єдиний виробник якого в Україні оголошений банкрутом. Нині магній виготовляється в нашій державі методом переплаву в основному російського магнієвого металобрухту. Єдиний в Україні виробник цирконію ДНВП «Цирконій» – банкрут.

Більшість експертів справедливо наголошують, що за п'ять років неможливо вийти на промислові обсяги з виготовлення цирконієвої губки, трубної заготовки та прокату. Наприклад, у Росії від заяв щодо магнієтермічної технології до реалізації у вигляді обладнання минуло вже більше шести років, але вони ще не вийшли на промисловий випуск цирконієвої губки та прокату за цією технологією.

Швидше за все, магнієтермічну технологію виготовлення реакторного цирконію в Україні можна впровадити на Запорізькому металургійному дослідному заводі ДП «Державний науково-дослідний та проектний інститут титану» завдяки схожості технологій виготовлення цирконію та титану [25]. Але навіть про цей завод у пресі вже з'являється інформація про можливе банкрутство.

Щодо обсягів виробництва цирконієвого прокату маємо ту саму проблему, що й у випадку можливості виробництва гексафториду урану. Як тільки обсяг виробництва цирконієвого прокату перевищить потреби українських атомних електростанцій, одразу виникне проблема із ринком збуту виробленої продукції. Оскільки всі світові виробники ядерного палива мають власні установки з виробництва цирконію та цирконієвого прокату і збільшують їх кількість у міру розширення ринку збуту, виробництво в обсязі понад потреби українських атомних електростанцій має бути узгоджене з відповідними постачальниками реакторних технологій. У випадку кальцієтермічної технології такий постачальник буде тільки один – ОКБ «Гідропрес» (Росія). У випадку магнієтермічної технології такі постачальники – всі існуючі постачальники реакторних технологій.

Забезпечення диверсифікації джерел постачання ядерного палива на АЕС України

Ринок ядерного палива. На ринку ядерного палива Україна нині на 100% залежить від Російської Федерації, оскільки ядерні технології розробляються в режимі секретності та відсутності обміну інформацією, особливо щодо головних компонентів АЕС, якими є ядерне паливо, конструкція тепловиділяючої збірки (ТВЗ), матеріали для ТВЗ і конструкцій ядерного реактора та першого контуру, особливо технології виготовлення цих матеріалів. За рахунок цього технології виготовлення ядерного острова реакторної установки (реактор і перший контур) мають свої особливості або значно відрізняються у різних виробників.

Практика, яку застосовує при впровадженні ядерного палива фірма *Westinghouse*, не є загально визнаною і загально прийнятою у світі, оскільки здійснюється компанією, яка не є розробником даного проекту АЕС і не є володарем ліцензії на виробництво ядерного палива для АЕС даної конкретної конструкції. Крім того, впровадження відбувається не на етапі проектування та будівництва АЕС, а на етапі, близькому до закінчення терміну експлуатації АЕС. Тому такий підхід навряд чи є прийнятним для України, яка не є розробником реакторних технологій, оскільки саме тут сталася аварія на Чорнобильській АЕС як результат промислового експерименту.

Найкращий спосіб диверсифікувати ринок ядерного палива в Україні на даному етапі – це будівництво власного заводу з виготовлення ядерного палива за російською технологією з обов'язковою купівлею ліцензії (повна (без збагачення) технологія виготовлення ТВЗ).

За умови будівництва заводу з виготовлення ядерного палива за російською технологією в Україні диверсифікацію послуг із збагачення ядерного палива можна забезпечити – рівномірно між РФ і Францією. При цьому слід пам'ятати, що збіднений уран, який є відходами процесу збагачення, є стратегічним ресурсом при майбутньому використанні реакторів на швидких нейтронах.

У перспективі найкращим способом диверсифікації є будівництво АЕС не за російською технологією. Оптимальним варіантом з урахуванням євроінтеграційної стратегії України та найкращих світових стандартів є будівництво ядерних реакторів *EPR-1650* виробництва компанії *AREVA*. Другим варіантом є найсучасніша реакторна установка *ATMEA-1100* (спільне виробництво *AREVA* та *Mitsubishi*), проектування якої завершується. Ці реакторні установки базуються на вже апробованій технології, яка дозволяє будувати високоманеврені блоки АЕС, здатні приймати повноцінну участь у регулюванні потужності енергосистеми України. Тільки за умови будівництва високоманеврених потужностей АЕС в Україні існує можливість збільшення частки АЕС понад 50%, як, наприклад, у Франції.

Для майбутнього розвитку ядерної енергетики України як основного споживача ядерного палива важливою була б її участь у розробці реакторів на швидких нейтронах, що працюватимуть на суміші уранового та плутонієвого палива. У цьому напрямі важливо є участь українських спеціалістів у міжнародних проектах (передусім з Європейським Союзом) з розробки типових енергоблоків реакторів на швидких нейтронах, які працювати-

муть з використанням напрацьованого плутонію (наприклад з Францією (головний ініціатор), Японією, Чеською Республікою, Угорщиною, Словацькою Республікою).

Завод з виготовлення ядерного палива за російською технологією в Україні

Такий завод потрібний у найближчій перспективі, але при виконанні певних умов, про які йтиметься далі. У подальшому, коли потреба у ядерному паливі російського дизайну зменшиться, його можна буде частково адаптувати для виготовлення ядерного палива від інших виробників за умови укладання домовленості щодо обсягів та купівлі ліцензії.

Малоймовірною нині є потреба на зовнішніх ринках у ядерному паливі, виготовленому на даному заводі, тому обсяги понад потреби українських АЕС мають включатися до ТЕО тільки після укладання конкретних договорів з конкретними споживачами (підприємство чи країна).

Будівництво такого заводу має бути поєднане з приведенням наявних на сьогодні техніко-економічних показників до рівня потреб тільки українських АЕС з повним циклом (крім збагачення) виготовлення ядерного палива, тобто до конструкції, яка зараз використовується на нині діючих українських АЕС. Останнє є однією з головних умов, тому що саме таке ядерне паливо буде потрібне для наявних блоків українських АЕС у найближчі 20–30 років. Враховуючи, що термін окупності подібних проектів сягає 15–20 років, зволікання з будівництвом більше 5–10 років є неприпустимим. Питання окупності у вказаних варіантах мають бути з'ясовані.

Якщо такий завод у вказаному варіанті неможливо побудувати у перспективі 5–10 років, необхідно відмовитися від цього на поточному етапі та припинити фінансування даного напрямку через неможливість повернути інвестиції до закінчення терміну експлуатації та поступове скорочення частки АЕС російського виробництва в Україні.

Для того, щоб зрозуміти причини зволікання з будівництвом заводу з виробництва ядерного палива, необхідно врахувати, що РФ в особі Державної корпорації «РОСАТОМ», підрозділом якої є ВАТ «Чепецький механічний завод» (виробництво цирконієвого сплаву та цирконієвого прокату), швидше за все, не зацікавлена у створенні собі конкурента і буде зацікавлена у завантаженні та розширенні власного підприємства, яке і без того має певні фінансові проблеми. Тому питання будівництва даного заводу є проблемою України та має вирішуватися її урядом при виконанні згаданих вище умов.

Розвиток ядерної енергетики. Питання будівництва нових енергоблоків атомних станцій

З точки зору поточних проблем виробництва електроенергії на АЕС України в контексті реалізації Енергетичної стратегії в ядерній енергетиці найбільшою є проблема неможливості вже протягом семи років повністю видавати до електромережі наявну потужність Рівненської та Хмельницької АЕС (23% від проектного терміну експлуатації), не кажучи вже про плани добудови двох нових блоків на Хмельницькій АЕС.

Будівництво ліній електропередач було активізоване після прийняття 9 липня 2010 р. Закону України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів» і врегулювання питання виконавців робіт з будівництва ліній електропередач від Рівненської АЕС та заходу лінії електропередач від Хмельницької АЕС до підстанції «Київська» з орієнтовним терміном закінчення будівництва у 2014 р.

При цьому необхідно зауважити, що будівництво зазначених ліній електропередач вирішує лише проблему видачі в електромережу потужності тільки від існуючих блоків Рівненської та Хмельницької АЕС, тоді як проблема видачі в електромережу потужностей від блоків № 3 та №4 Хмельницької АЕС, будівництво яких заплановане, залишається відкритою і має бути вирішена до закінчення їх будівництва.

Щодо нових блоків на Хмельницькій АЕС, то зростання валового зовнішнього боргу України, за даними Національного банку, до рівня більше 75% ВВП держави за наявності надлишку (профіциту) енергогенеруючих потужностей у регіоні, де планується будівництво АЕС, ставить під сумнів можливість реалізації капіталоємних проєктів з будівництва нових енергогенеруючих потужностей із залученням кредитних позичень у середньостроковій перспективі. Тому відкритим питанням залишається економічний складник проєкту: джерела фінансування, етапність фінансування, умови фінансування.

Крім того, є проблема з будівельними конструкціями на майданчиках Хмельницької АЕС [26]. Намагання ДП НАЕК «Енергоатом» ігнорувати вимоги Державної інспекції ядерного регулювання України (зокрема постанови колегії Державного комітету ядерного регулювання України від 12 листопада 2009 р. № 24 «Про результати державної експертизи з ядерної та радіаційної безпеки

звітних документів з обстеження технічного стану будівельних конструкцій блоку № 3 Хмельницької АЕС») може призвести до значних проблем у майбутньому, зважаючи на те, що експлуатація зазначених будівельних конструкцій з урахуванням запланованих строків експлуатації має бути понад 60–90 років [27], 20 з яких ці конструкції вже знаходились у неналежних умовах. При цьому вартість уже збудованих конструкцій, за наявною інформацією, не може перевищувати 11% повної вартості будівництва цих двох блоків «від нуля» [27; 28]. Строк демонтажу цих конструкцій менше одного року [29; 30] при вартості робіт з демонтажу менше 3% повної вартості будівництва цих двох блоків «від нуля». У випадку ігнорування цих проблем виникає ризик дострокового припинення експлуатації цих блоків (особливо блоку № 3 Хмельницької АЕС) з недоотриманням коштів у сумі, яка може значно перевищити 14% від повної вартості будівництва цих двох блоків «від нуля».

Відновлення будівництва АЕС має пройти певні етапи, перший з яких – це техніко-економічне обґрунтування (ТЕО), завершення якого є затвердження Національним ядерним регулятором проєкту ТЕО [31]. Тільки після цього розпочинається процедура консультацій із громадськістю та інші етапи реалізації проєкту. Нині ж маємо констатувати відсутність повністю узгодженого (узгоджено із зауваженнями) затвердженого Державною інспекцією ядерного регулювання України ТЕО будівництва енергоблоків № 3 та № 4 Хмельницької АЕС. Документ, який ДП НАЕК «Енергоатом» представив під час проведення громадських слухань [27], не містив обґрунтування довговічності будівельних конструкцій, не містив економічного обґрунтування проєкту, деякі положення цього документа викликають сумніви і не є обґрунтованими, зокрема задекларований строк окупності.

Враховуючи наведені вище аргументи, слід наголосити на важливості вирішення вказаних проблем при реалізації проєктів будівництва енергоблоків № 3 та № 4 Хмельницької АЕС.

Стан реалізації проєкту будівництва централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива реакторів типу ВВЕР вітчизняних атомних станцій

9 лютого ц. р. Верховною Радою України було прийнято Закон України «Про поводження з відпрацьованим ядерним паливом

щодо розміщення, проектування та будівництва централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива реакторів типу ВВЕР вітчизняних атомних електростанцій», згідно з яким Централізоване сховище розміщується на майданчику, розташованому між селами Стара Красниця, Буряківка, Чистогалівка та Стечанка Київської області в зоні відчуження території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи. У цьому ж законі встановлено вимоги до проекту будівництва. Нині він відсутній, є затверджене ТЕО проекту.

Тарифна політика у ядерній енергетиці. Принципи формування економічно обґрунтованих цін і тарифів на електричну енергію за категоріями виробників

Аналіз співвідношення цін на електроенергію на оптовому ринку електроенергії [32] свідчить про дискримінаційне ставлення до вітчизняної ядерної енергетики. У всьому світі ціни на електроенергію, вироблену на АЕС і ТЕС, є величинами одного порядку з різницею у межах 10–30% [33], чого не можна сказати про співвідношення цін в Україні. Особливо це стосується порівняння із ТЕС, які працюють на вугіллі. В даному випадку слід констатувати не завищені ціни на електроенергію, вироблену на ТЕС (вони з урахуванням співвідношення цін на паливо в Україні відповідають середнім по Європі [33]), а занижені ціни на електроенергію, вироблену на українських АЕС.

Абсолютним мінімумом тарифу для українських АЕС, нижче якого почнеться руйнування галузі, є 211 грн/(МВт·год) [7]. Згідно із приблизним розрахунком [7] існуючий рівень тарифу станом на кінець березня 2013 р. (217,87 грн/(МВт·год) [32] є нижньою границею для успішного проведення робіт із продовження експлуатації українських АЕС.

В існуючих умовах фінансування на нижній межі потреб галузі важливим є забезпечення цільового використання накопичених коштів у фондах, призначених для поводження з радіоактивними відходами, зняття з експлуатації АЕС. Не менш важливим є забезпечення вчасного розрахунку з ДП НАЕК «Енергоатом» за вироблену електроенергію. Будь-які додаткові витрати, які планується перекласти на ДП НАЕК «Енергоатом», мають бути враховані шляхом додаткового підвищення тарифу.

Відсутність у відкритому доступі докладної інформації щодо тарифоутворення для українських АЕС не сприяє вирішенню існуючих проблем.

Зміцнення кадрового потенціалу в галузі

Рівень заробітної плати для рядових працівників ДП НАЕК «Енергоатом», Державної інспекції ядерного регулювання України (ДІЯРУ) та особливо Державного науково-технічного центру з ядерної та радіаційної безпеки (ДНТЦ ЯРБ ДІЯРУ) не забезпечує зацікавленості кращих молодих спеціалістів – випускників вищих навчальних закладів у цій роботі. Натомість саме привабливість для молодих спеціалістів є основою стабільності галузі, а вказані організації є визначальними для успішного розвитку ядерної енергетики України.

Низький рівень заробітної плати, особливо для працівників регулюючого органу (ДІЯРУ та ДНТЦ ЯРБ ДІЯРУ) спричиняє пошук додаткового заробітку, який здебільшого дає експлуатуюча організація (ДП НАЕК «Енергоатом»), що призводить до фінансової залежності працівників регулюючого органу від експлуатуючої організації та до конфлікту інтересів, а відтак може негативно вплинути на стан ядерної та радіаційної безпеки на об'єктах галузі.

Слід також зазначити, що додатковий заробіток працівники галузі знаходять у потенційних постачальників ядерних технологій в Україну, яка не є розробником ядерних технологій, що стає причиною їх залежності від цих потенційних постачальників і просування неякісних або застарілих проектів блоків АЕС, прикладами чого є прецеденти відносно *CANDU* та добудови блоків № 3 та № 4 Хмельницької АЕС.

Якість підготовки спеціалістів галузі забезпечується викладачами відповідних вищих навчальних закладів, заробітна плата яких не заохочує кращих молодих науковців та спеціалістів ядерної енергетики України до викладацької роботи. У результаті середній вік викладачів на профільних кафедрах складає 50–60 років, що загрожує втратою знань у майбутньому.

Виходячи з особливостей та підвищеної відповідальності роботи в ядерній енергетиці та атомній промисловості України, умови праці на підприємствах та в організаціях галузі мають мінімізувати плінність кадрів та забезпечувати сприятливі умови для збереження висококваліфікованих фахівців, залучення до роботи в галузі кращих молодих спеціалістів, уникнення конфліктів інтересів.

Висновки

Стратегічними проблемами, що потребують вирішення для успішного розвитку ядерної енергетики в Україні, є такі.

1. Будівництво сховища відпрацьованого ядерного палива на території України.
2. Продовження строку експлуатації українських АЕС у понадпроектний термін.
3. Будівництво нових високоманеврених блоків АЕС. Синхронізація будівництва ліній

електропередач із будівництвом нових потужностей АЕС.

4. Для забезпечення повноцінної диверсифікації на ринку ядерних технологій в Україні необхідно використовувати загальноприйнятий найбільш безпечний варіант побудови нових енергоблоків АЕС від різних виробників.

5. Врегулювання фінансового складника розвитку галузі через тарифи та забезпечення достатнього незалежного фінансування ядерного регулятора.

Список використаних джерел

1. *Енергетична стратегія України на період до 2030 року* : схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 року № 145-р. – 129 с.
2. *Звіт* про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики, у 2012 році : затверджений постановою НКРЕ України від 22.03.2013 № 282 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.nerc.gov.ua/web/get_zip.php?fid=6326&lang=UA
3. *Energy Roadmap 2050*. Communication from the Commission to The European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of the Regions. COM (2011) 885/2. – Brussels : European Commission, 2011. – 20 p.
4. *Ciarreta A. Economic growth-electricity consumption causality in 12 European countries : A dynamic panel data approach* / A. Ciarreta, A. Zarraga // *Energy Policy*. – 2010. – Vol. 38. – P. 3790–3796.
5. *World Energy Outlook 2012*. – OECD / IEA : International Energy Agency, 2012. – 672 p.
6. *Key World Energy Statistics*. – OECD / IEA : International Energy Agency, 2012. – 80 p.
7. *Бегун С. В.* Оцінка величини тарифу на електроенергію, вироблену українськими АЕС / С. В. Бегун // *Економічна безпека держави і науково-технологічні аспекти її реалізації* : праці IV міжнародного науково-практичного семінару 23–26 жовтня 2012 року, м. Дніпропетровськ / відпов. ред. Є. М. Письменний, В. М. Шаповал. – Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2012. – 205 с.
8. *Пріоритетні напрями державної політики у сфері забезпечення енергетичної безпеки* : аналітична доповідь. – К. : Національний інститут стратегічних досліджень, 2012. – 23 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.niss.gov.ua/public/File/2012_table/1225_dop.pdf
9. *Uranium 2009* : Resources, Production and Demand. A Joint Report by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency. NEA No.6891. – OECD : Nuclear Energy Agency OECD, 2010. – 452 p.
10. *Technology Roadmap. Nuclear Energy*. – OECD/IEA, OECD/NEA : International Energy Agency OECD, Nuclear Energy Agency OECD, 2010. – 52 p.
11. *Marques J. G.* Evolution of nuclear fission reactors : Third generation and beyond / J. G. Marques // *Energy Conservation and Management*. – 2010. – Vol. 51. – P. 1774–1780.
12. *Methods of Minimizing Ground-Water Contamination From In Situ Leach Uranium Mining*. Final Report. NUREG/CR 3709 PNL 5319. – Washington : U. S. Nuclear Regulatory Commission, March 1985. – 167 p.
13. *Макаренко Н. Н.* Охрана окружающей природной среды при разведке и эксплуатации способом ПВ урановых месторождений «песчаникового» типа в Украине / Н. Н. Макаренко // *Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища*. – 2007. – Вип. 15. – С. 175 – 179.
14. *In situ leaching of uranium : technical, environmental and economic aspects*. IAEA-TECDOC-492. – Vienna : International Atomic Energy Agency, 1989. – 168 p.
15. *Methods of exploitation of different types of uranium deposits*. IAEA-TECDOC-1174. – Vienna : International Atomic Energy Agency, September 2000. – 84 p.
16. *Integrated Nuclear Fuel Cycle Information Systems (iNFCIS)*. International Atomic Energy Agency [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www-nfcis.iaea.org/>
17. *Waterside corrosion of zirconium alloys in nuclear power plants*. IAEA-TECDOC-996. – IAEA : International Atomic Energy Agency, January 1998. – 312 p.
18. *Kritskij V. G.* Modelling of zirconium alloys corrosion in LWRs / V. G. Kritskij, I G. Berezina, A. V. Kritskij, P. S. Stjagkin // *Proceedings of a Technical Committee meeting «Waterside chemistry and corrosion control of cladding and primary circuit components» held in Hluboka nad Vitavou, Czech Republic, 28 September – 2 October 1998*. IAEA-TECDOC-1128. – IAEA : International Atomic Energy Agency, December 1999. – P. 235–241.

19. *Вакуумно-дуговой* способ получения трубной заготовки из сплава Zr1%Nb / В. М. Ажажа, А. Ф. Болков, Б. В. Борц та ін. // Вопросы атомной науки и техники. Серия : Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. – 2005. – № 5. – С. 110–114.
20. *Пилипенко Н. Н.* Исследования и разработки по получению ядерно-чистого циркония и сплава на его основе / Н. Н. Пилипенко // Вопросы атомной науки и техники. Серия : Вакуум, чистые материалы, сверхпроводники. – 2009. – № 6. – С. 12–18.
21. *Петельгаузов И. А.* Исследование свойств труб из Э110 и Zr1Nb после окисления в парах воды в области температур 300...800°C. / И. А. Петельгаузов, Н. И. Ищенко, Е. А. Слабоспицкая // Вопросы атомной науки и техники. Серия : Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. – 2010. – № 1. – С. 85–92.
22. *Маркелов В. А.* Совершенствование состава и структуры сплавов циркония для обеспечения работоспособности твэлов, ТВС и труб давления активных зон водоохлаждаемых реакторов с увеличенным ресурсом и выгоранием топлива : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Маркелов Владимир Андреевич. – М. 2010. – 51 с.
23. *Пилипенко Н. Н.* Получение циркония ядерной чистоты / Н. Н. Пилипенко // Вопросы атомной науки и техники. Серия : Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. – 2008. – № 2. – С. 66–72.
24. *Мінеральні* ресурси України та світу на 01.01.2008 р. / [Ю. І. Третьяков, А. Г. Субботін, Г. В. Полуніна, Н. В. Корпан та ін.]. – К. : Державне науково-виробниче підприємство «Геоінформ України», 2009. – 602 с.
25. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries.* – European Commission : Integrated Pollution Prevention and Control, December 2001. – 807 p.
26. *Матарькин В.* Стройка в тумане / В. Матарькин // Энергобизнес. – 2010. – № 30/665. – 27 июля. – С. 26–27.
27. *Інформаційно-аналітичний* огляд матеріалів «Хмельницька АЕС. Техніко-економічне обґрунтування спорудження енергоблоків № 3, 4». – К. : Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2011. – 91 с.
28. *Синев Н. М.* Экономика ядерной энергетики : Основы технологии и экономики производства ядерного топлива. Экономика АЭС : учеб. пособие для вузов. / Н. М. Синев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 480 с.
29. *Неаронов Е. Н.* Методические подходы и критерии выбора типа энергоблока, использованные при выполнении ТЭА для ХАЭС-3 / Е. Н. Неаронов // Ядерная и радиационная безопасность. – 2005. – № 2. – С. 37–50.
30. *Неаронов Е. Н.* Методические подходы и критерии выбора типа энергоблока, использованные при выполнении ТЭА для ХАЭС-3 (окончание статьи) / Е. Н. Неаронов // Ядерная и радиационная безопасность. – 2005. – № 3. – С. 59–68.
31. *Restarting delayed nuclear power plant projects.* IAEA Nuclear Energy Series. No. NP-T-3.4. – IAEA : International Atomic Energy Agency, February 2008. – 152 p.
32. *ДП «Енергоринок».* Аналіз цін в ОРЕ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://er.energy.gov.ua/doc.php?c=5>
33. *Projected Costs of Generating Electricity.* 2010 Edition (with errata). – OECD/IEA : International Energy Agency, 2010. – 216 p.