

УДК 621.039:001.12/.18

*В. М. Васильченко¹, М. І. Константинов², Л. Л. Литвинський³, О. А. Пуртов¹*¹ДП «Державний науково-інженерний центр систем контролю та аварійного реагування» (ДП «ДНІЦ СКАР»)

Міненерговугілля України, м. Київ

²Міненерговугілля України, м. Київ³ТОВ «АЕСКАР», м. Київ

РОЗВИТОК ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Проаналізовано необхідність, недоліки та переваги розвитку ядерної енергетики порівняно з альтернативними джерелами енергії згідно з оновленою Енергетичною стратегією України до 2030 року. Обґрунтовується збереження частки генерації електроенергії АЕС на досягнутому рівні — близько половини загального обсягу вітчизняного виробництва. Надано перелік заходів для перспективного будівництва, продовження ресурсу, поводження з радіоактивними відходами та відпрацьованим ядерним паливом для досягнення параметрів оновленої стратегії розвитку ядерної енергетики в Україні.

Ключові слова: виробництво електроенергії, стратегія, тариф, ядерна енергетика, атомна електростанція, відновлювальні джерела енергії, відпрацьоване ядерне паливо, гідроелектростанція, радіоактивні відходи, теплова електростанція, ядерний паливний комплекс

З моменту затвердження в 2006 році «Енергетичної стратегії України на період до 2030 року» [1] відбулися значні зміни в українській та світовій економіці, що були викликані фінансово-економічною кризою та призвели до значних відхилень у розвитку економіки та попиті на електроенергію від раніше прогнозованих показників, які безпосередньо й суттєво впливають на перспективи розвитку паливно-енергетичного комплексу.

Програма економічних реформ на 2011—2014 [2] поставила одним з основних пріоритетів реформ у галузі енергетики оновлення «Енергетичної стратегії України на період до 2030 року». Це передбачає визначення раціональної державної позиції щодо обсягів виробництва енергії; рівня розумної інтеграції в ЄС, співвідношення атомної, гідро- й теплової генерації; цільового рівня екологічних вимог і джерел фінансування їх виконання; розроблення національних стандартів у сфері енергоефективності.

Баланс виробництва електроенергії різними типами генерації. За прогнозом розвитку економіки України, оновленою Енергетичною стратегією України на період до 2030 року [3, 4] передбачено зростання споживання електроенергії від сьогоденного рівня близько в 190 млрд. кВт·год/рік до 280 млрд. кВт·год/рік у 2030 році (згідно з базовим сценарієм), що визначає перспективи розвитку електроенергетичної галузі.

З точки зору національної безпеки, розвиток електроенергетики в Україні визначається одночасно трьома аспектами: економічним, енергетичним, екологічним. За цими аспектами безпеки планується баланс виробництва електроенергії між типами генерації.

Основним шляхом подальшого нарощування рівня виробництва електроенергії є використання тради-

ційних типів її генерації — теплової на вугіллі та ядерної. Ресурс великої гідроенергетики в Україні є практично вичерпаним.

Альтернативні джерела — сонячна, вітрова та мала гідроенергетика — на період дії «зеленого тарифу» розвиватимуться в економічно та технічно доцільних межах. За прогнозами НАН України, частка електроенергії з альтернативних джерел в Україні до 2030 року наблизиться до 10 % зважаючи на їх екологічну привабливість.

Отже, основними типами генерації протягом наступних 20 років в Україні залишатимуться теплова та ядерна енергетика, сумарна частка яких становитиме 80—85 % загального виробництва. При цьому теплова електроенергетика потребує менших (у 2—3 рази) капіталовкладень за більших (у 1,5—2 рази) поточних витрат на виробництво електроенергії порівняно з ядерною енергетикою.

За енергетичним аспектом небажаним є дисбаланс на користь будь-якого типу генерації, що перевищує 50 % загального обсягу виробництва.

З екологічної точки зору, крім загального недоліку — значного рівня водоспоживання, — обидва типи мають свої власні основні принципово невідворотні вади: теплова енергетика дає суттєві викиди двоокису вуглецю та інших шкідливих речовин до атмосфери, ядерна енергетика — напрацювання радіоактивних відходів (РАВ) та відпрацьованого ядерного палива (ВЯП). При цьому остання вада може бути скомпенсована їх надійною локалізацією, що за умов нормальної експлуатації об'єктів надає ядерній енергетиці суттєвої переваги порівняно з тепловою. В той же час, до основних недоліків ядерної енергетики, хоч і принципово відворотних, належать суттєвіші наслідки потенційно можливих аварій (табл. 1).

Таблиця 1. Переваги (штриховка «діагональ вниз») та недоліки (штриховка «діагональ вверх») різних видів генерації

Вид генерації	Атомна	Теплова	Вітрова	Сонячна
Викиди парникових газів				
Відходи	Компенсується надійною локалізацією РАВ та передачею на захоронення			
Водозабезпечення				
Надійність				
Потенційні наслідки аварій	Аналіз безпеки та модернізація			
Капітальні вкладення (\$/кВт)	4000	2000	7000	10000
Тариф (коп./кВт)	26	54	79	488

Для розгляду економічного аспекту, на рис. 1 наведено розрахунки відносного зростання середнього тарифу до 2030 року за базовим сценарієм стратегії, сценарієм зростання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) замість АЕС та сценарієм зростання ВДЕ замість ТЕС на вугіллі за нинішніх тарифів АЕС, ТЕС, ГЕС та «зеленого» тарифу. У розрахунках брався виробіток електроенергії від сонячних та вітрових станцій на рівні 50/50.

Таким чином, за сукупністю всіх аспектів безпеки, доцільним балансом виробництва електроенергії між тепловою та ядерною енергетикою в Україні є збереження сьогоденного розподілу (40—45 % на кожний тип генерації) за умови безпечного поводження з РАВ та ВЯП, дотримання соціально прийняттого рівня ризику аварійних ситуацій на АЕС.

Місце ядерно-паливного комплексу в енергосистемі України. У 2004 році відбувся енергетичний пуск двох енергоблоків потужністю 1000 МВт кожний: № 2 Хмельницької АЕС (07.08.2004) та № 4 Рівненської

АЕС (10.10.2004). Протягом 2005—2012 років встановлена потужність діючих АЕС України не змінювалась і становила 13 835 МВт. Нині цей показник становить 22,7 % загальної встановленої потужності електроенергетичного комплексу України. Останні 10 років ядерно-паливний комплекс (далі — ЯПК) забезпечує істотну частину загального виробництва електроенергії в Україні (більше ніж 45 %), тому його стабільне функціонування є важливою умовою стабільного розвитку економіки всієї країни (рис. 2).

Основною метою розвитку ядерної енергетики є забезпечення економічно ефективного та конкурентоспроможного функціонування ЯПК України в цілому і окремих його об'єктів на планований період за таких визначальних умов:

- обов'язкового дотримання всіх норм та вимог з безпеки об'єктів ЯПК і обмеження їх впливу на населення і довкілля;
- забезпечення національної безпеки України за паливно-енергетичними показниками;

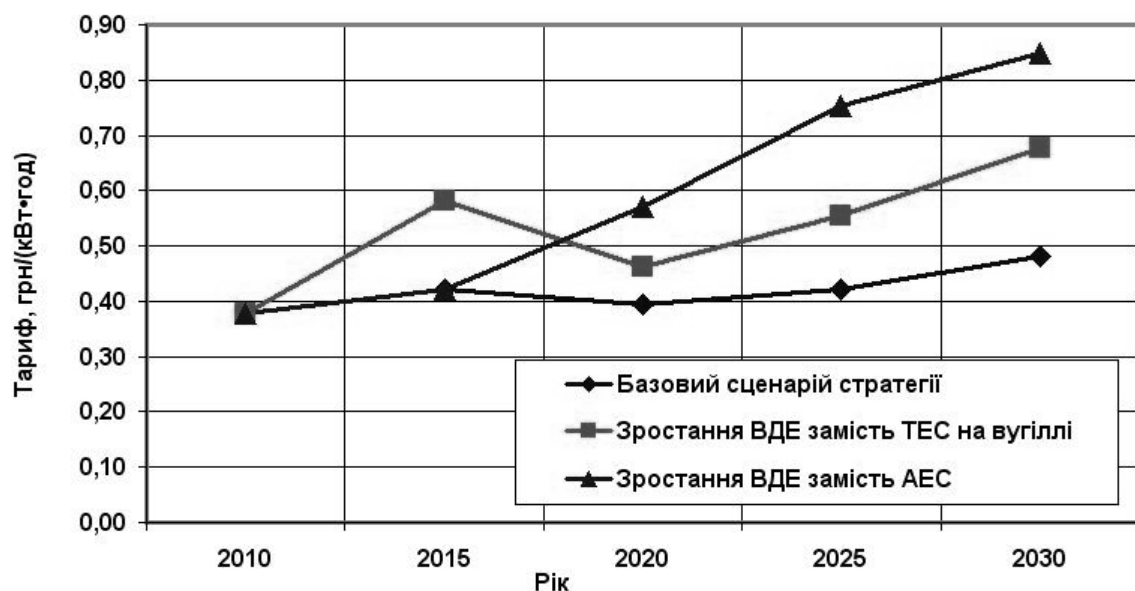


Рис. 1. Відносне зростання середнього тарифу за базовим сценарієм стратегії та сценаріями зростання ВДЕ замість АЕС або замість ТЕС на вугіллі

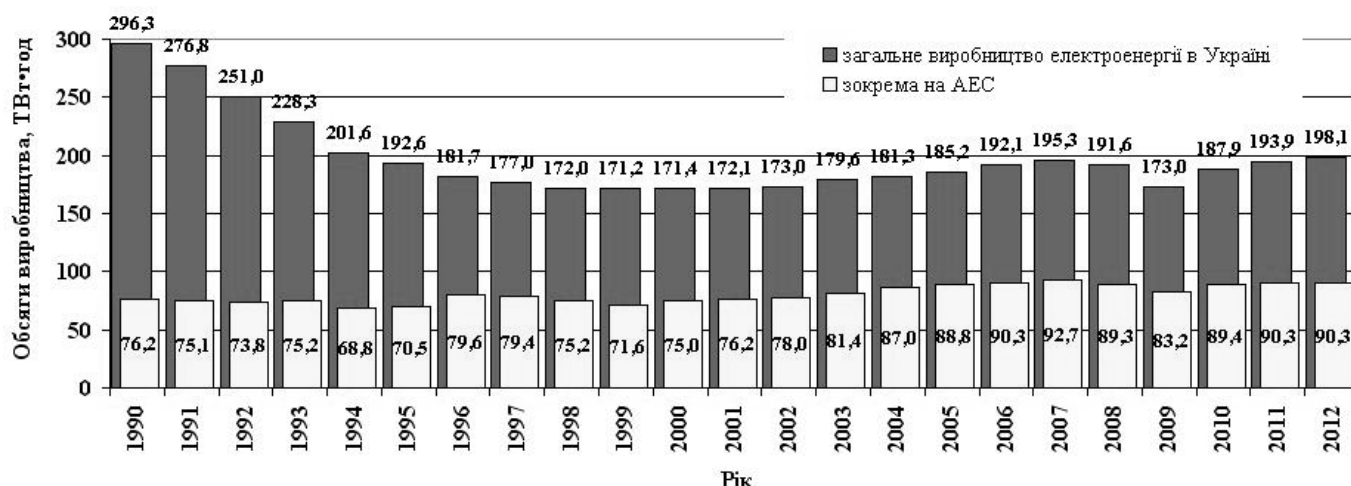


Рис. 2. Динаміка виробництва електроенергії на АЕС порівняно із загальним виробництвом електроенергії в Україні у 1990—2012 роках

- забезпечення ефективного використання здійснених капіталовкладень у розвиток ЯЕК;
- забезпечення безперервності функціонування ЯПК за межами планованого періоду;
- мінімізації за межами планованого періоду негативних економічних, соціальних, екологічних та інших наслідків від функціонування ЯПК упродовж планованого періоду.

Продовження експлуатації діючих АЕС. Вихідний термін експлуатації енергоблоків діючих АЕС, визначений у 70-х роках минулого століття виходячи з суттєво консервативних припущень, дорівнює 30 рокам, проте світова практика свідчить про можливість їх подальшої безпечної експлуатації.

Наприкінці 2010 року строки експлуатації енергоблоків №№ 1, 2 Рівненської АЕС загальною потужністю 0,835 ГВт були продовжені на 20 років понад 30-річний термін, передбачений вихідним проектом. У 2012—2019 роках спливають вихідні терміни експлуатації 10 енергоблоків загальною потужністю 10 ГВт, у 2025 році — ще одного енергоблока потужністю 1 ГВт.

Через тривалий інвестиційний цикл спорудження нових потужностей (до 12 років) альтернативи продовженню експлуатації діючих ядерних енергоблоків на сьогодні нема, тому впроваджуються заходи відповідно до «Комплексної програми робіт щодо продовження терміну експлуатації діючих енергоблоків АЕС» [6]. Вичерпна інформація про залишковий ресурс, яка би дала змогу однозначно спрогнозувати термін продовження експлуатації існуючих енергоблоків типу ВВЕР-1000 діючих АЕС України понад терміни, передбачені вихідними проектами, на сьогодні відсутня. З досвіду продовження експлуатації вітчизняних енергоблоків з реакторною установкою (РУ) типу ВВЕР-440 та світових аналогів (РУ типів ВВЕР-440, ВВЕР-1000), додатковий період експлуатації також прогнозується на рівні до 20 років.

Прогноз виробництва електроенергії на АЕС у разі продовження експлуатації існуючих енергоблоків на 20 років та обмеженого нового будівництва наведено на рис. 3. Обов'язковою умовою реалізації цього сценарію є негайне прискорювання визначення залишкового ресурсу та управління старінням елементів АЕС, заміна яких неможлива (корпус реактора, основні системи управління, захисту та контролю, трубопроводи і тепломеханічне обладнання 1-го контуру, парогенератори, кабельне господарство, будівельні й гідротехнічні споруди тощо).

Перспективне будівництво в ядерній енергетиці. Виходячи з можливостей існуючих майданчиків, будівництво перших двох із запланованих нових ядерних енергоблоків потужністю 1 ГВт(ел.) передбачається на майданчику Хмельницької АЕС (енергоблоки №№ 3, 4) на базі РУ типу ВВЕР-1000/В-392 [10], а введення їх в експлуатацію — у 2019 та 2020 роках, відповідно.

Додаткові потужності планується ввести в експлуатацію на новому майданчику в 2025—2030 роках, причому терміни спорудження можуть бути прискорені в разі значного підвищення попиту на електроенергію порівняно з прогнозованим. Принципове рішення відносно потужності та типів нових енергоблоків прийматиметься до 2020 року на підставі:

- додаткової оцінки стану національної енергосистеми;
- порівняння техніко-економічних показників різних проектів з урахуванням вимог щодо рівня безпеки та ефективності;
- оцінки світового досвіду спорудження та експлуатації аналогів;
- оцінки можливого рівня залучення вітчизняних промислових потужностей до виробництва обладнання та устаткування для нових енергоблоків.

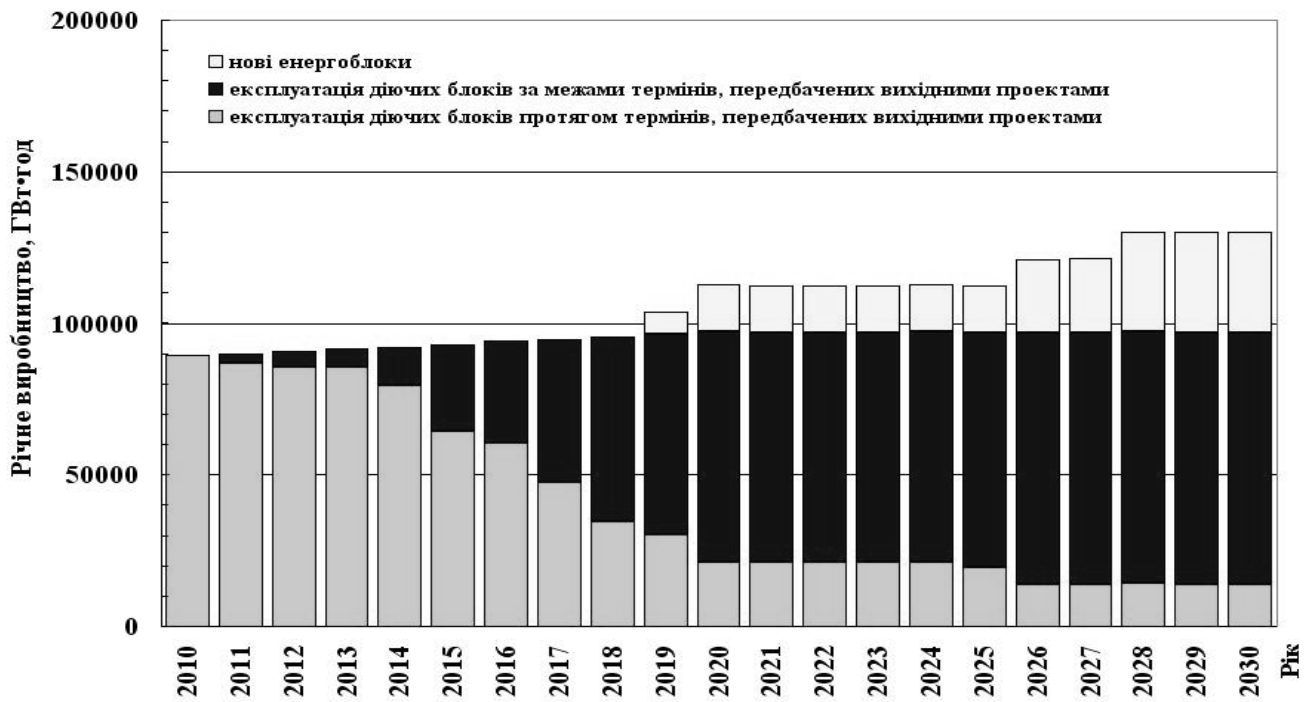


Рис. 3. Прогноз виробництва електроенергії на АЕС у разі продовження їх експлуатації на 20 років

Передпроектні роботи з їх спорудження мають розпочатись у 2017 році.

З технічних, економічних та соціальних міркувань, спорудження замінних потужностей найбільш виправдано на майданчиках діючих АЕС або на прилеглий

до них території. Поблоковий графік спорудження, експлуатації та зняття з експлуатації ядерних енергоблоків до 2040 року наведено на рис. 4, відповідна динаміка змін встановленої потужності АЕС — на рис. 5.

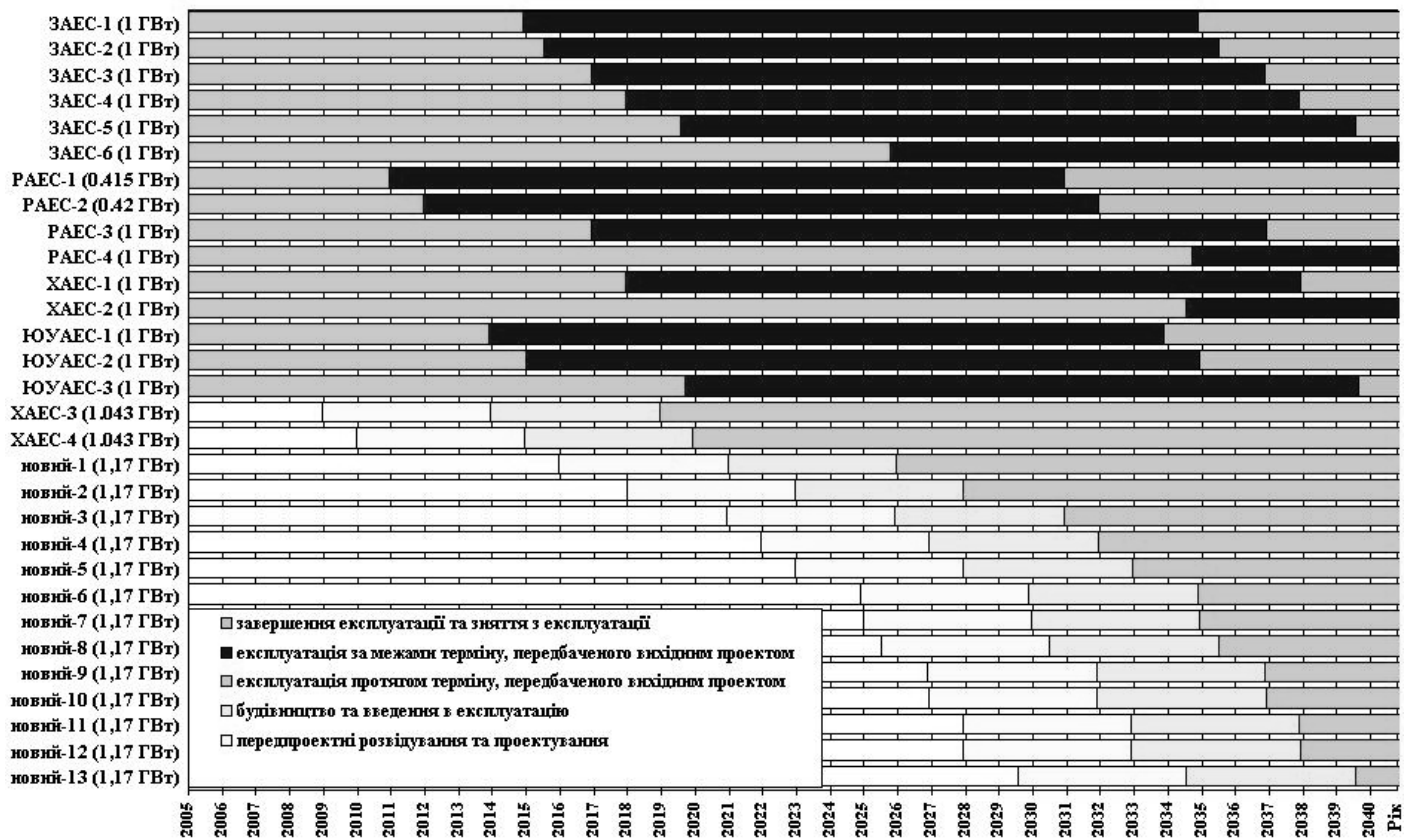


Рис. 4. Базовий сценарій розвитку ЯПК. Поблокові графіки спорудження, експлуатації та зняття з експлуатації АЕС

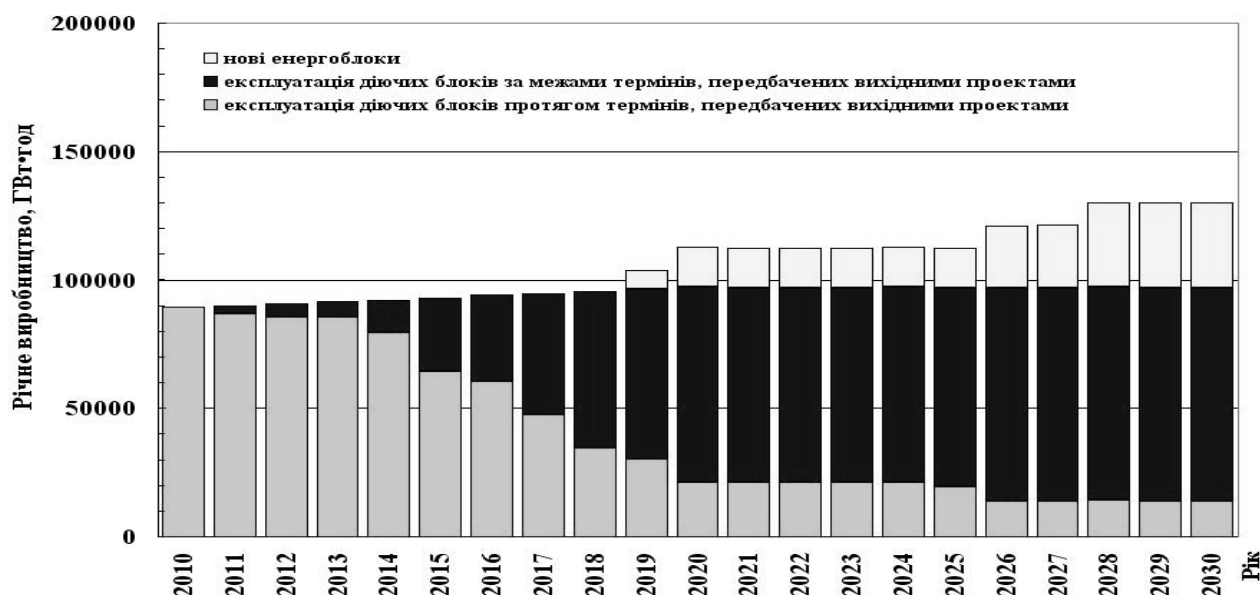


Рис. 5. Встановлена потужність АЕС (базовий сценарій)

Поводження з радіоактивними відходами.

2008 року ухвалено Загальнодержавну цільову екологічну програму поводження з радіоактивними відходами [7], спрямовану на розв'язання таких завдань:

- створення єдиної державної системи поводження з РАВ (зокрема з високоактивними відходами), яка забезпечить повний закінчений цикл переробки РАВ з моменту їх утворення до моменту захоронення;

- удосконалення механізму фінансування діяльності щодо поводження з РАВ;

- створення системи поводження з РАВ, локалізованими в зоні відчуження об'єкта «Укриття» і утворюваними під час виведення з експлуатації Чорнобильської АЕС;

- впровадження на АЕС України сучасних технологій попередньої обробки РАВ;

- вдосконалення автоматизованої системи обліку РАВ;

- розвиток науково-технічного забезпечення у сфері поводження з РАВ;

- підтримка та розвиток міжнародної співпраці з питань поводження з РАВ.

Ця програма визначає основні напрями діяльності та перелік заходів щодо поводження з експлуатаційними РАВ у ДП НАЕК «Енергоатом», зокрема з мінімізації утворення РАВ, удосконалення діючих систем поводження з РАВ на майданчиках АЕС, будівництва комплексних ліній з переробки РАВ для підготовки РАВ АЕС до передачі у власність держави, забезпечення АЕС контейнерами.

2012 року розроблено й затверджено «Комплексну програму по поводженню з РАВ у ДП НАЕК «Енергоатом» на період 2012—2016 рр. ПМ-Д.0.18.174-12» [11], до якої увійшли всі заходи експлуатуючої організації щодо поводження з РАВ. Ці заходи фінансуються за рахунок затвердженого тарифу на електроенергію ДП НАЕК «Енергоатом» в межах: виділених

коштів; коштів міжнародної допомоги; внесків юридичних та фізичних осіб; Фонду поводження з РАВ, за умови внесення змін до Бюджетного кодексу України № 2755-VI від 02.12.2010; Фонду зняття з експлуатації, за умови внесення змін до Закону України «Про впорядкування питань, пов'язаних із забезпеченням ядерної безпеки» № 2505-IV від 25.03.2005 та постанови Кабінету Міністрів України від 27.04.2006 № 594 «Питання створення, накопичення та використання фінансового резерву для зняття з експлуатації ядерних установок».

З метою оптимізації та вдосконалення схеми поводження з РАВ, які накопичені, утворюються в процесі експлуатації та утворюватимуться при знятті енергоблоків АЕС з експлуатації, ДП НАЕК «Енергоатом» впроваджує на кожній АЕС комплекси з переробки та кондиціонування твердих РАВ (КПТРВ). Це дасть змогу істотно скоротити обсяги РАВ на АЕС і в кінцевому підсумку повністю звільнитися від них, передавши кондиціоновані РАВ у державні сховища РАВ.

У рамках реалізації програми технічної допомоги ТАСІС, на Запорізькій АЕС та Рівненській АЕС вже впроваджуються комплекси з переробки та кондиціонування ТРВ, які служать пілотними для інших АЕС України. Введення комплексів КПТРВ у повному обсязі на Запорізькій АЕС та Рівненській АЕС заплановано на 2017 рік, на Хмельницькій АЕС та Южно-Українській АЕС — на 2018 рік.

Поводження з відпрацьованим ядерним паливом. На всіх діючих енергоблоках АЕС ДП НАЕК «Енергоатом» паливо після використання в реакторі переважantly зберігається до басейнів витримки (БВ), де витримується не менше 4 років для зменшення радіоактивності та залишкового тепловиділення.

Для подальшого безпечного зберігання ВЯП, на Запорізькій АЕС введено в експлуатацію пристанційне

сховище ВЯП реакторів ВВЕР-1000 на основі технології «сухого» контейнерного зберігання.

Діюча схема поводження з ВЯП інших АЕС ДП НАЕК «Енергоатом» з реакторами типу ВВЕР (Рівненська, Хмельницька і Южно-Українська АЕС) заснована на технічних рішеннях, закладених у вихідних проектах АЕС, розроблених у 70-х роках минулого століття:

– після витримування в БВ, ВЯП ВВЕР-440 відправляється на переробку до російського заводу РТ-1 ФГУП «Маяк» (вагон-контейнерний ешелон для транспортування ВЯП належить заводу РТ-1); згідно з діючим контрактом, на РТ-1 мають здійснюватися технологічне витримування, переробка ВЯП і повернення до України високоактивних радіоактивних відходів (ВВ) в осклованому вигляді не раніше, ніж через 20 років після прийняття ВЯП на переробку;

– після витримування в БВ, ВЯП ВВЕР-1000 направляється на переробку до російського заводу РТ-2 ФГУП «КГХК» (вагон-контейнерний ешелон для транспортування ВЯП належить заводу РТ-2); згідно з діючим контрактом, на РТ-2 мають здійснюватися технологічне витримування, переробка ВЯП і повернення до України після регламентного зберігання отверджених ВВ і цінних продуктів переробки ВЯП (на сьогодні РТ-2 здійснює лише технологічне витримування, переробні потужності відсутні).

Закладені у вихідних проектах діючих АЕС ДП НАЕК «Енергоатом» технічні рішення щодо поводження з ВЯП спираються на концепцію, прийняту в колишньому СРСР. Для реакторів типу ВВЕР ця концепція передбачала залучення ВЯП до сценарію замкненого паливного циклу, за яким ВЯП підлягало переробці для виділення і подальшого використання корисних матеріалів. Реалізація цієї концепції практично зупинилася на різних стадіях, високоактивні радіоактивні відходи від переробки ВЯП до України не надходили.

Зараз для ВЯП українських АЕС планується реалізувати так зване відкладене рішення, яке передбачає тривале (не менше 50 років) зберігання ВЯП з подальшим ухваленням остаточного рішення щодо його переробки або захоронення.

Першочергові кроки щодо поводження із ВЯП передбачають:

– забезпечення безпечної експлуатації пристанційного сховища ВЯП «сухого» типу на Запорізькій АЕС;

– створення в 2015 році першої черги централізованого сховища «сухого» типу для ВЯП реакторів ВВЕР-440 і ВВЕР-1000 діючих АЕС, а також ВЯП нових ядерних енергоблоків [9];

– підготовку до прийняття осклованих ВВ з Російської Федерації на майданчик Державного спеціалізованого підприємства «Централізоване підприємство з поводження з радіоактивними відходами» (ДСП ЦППРВ) (згідно із Загальнодержавною цільовою екологічною програмою поводження з РАВ на 2008—2017 роки, на майданчику ДСП ЦППРВ

ДП УкрДО «Радон» має бути збудовано сховище для довготермінового (100 років) зберігання осклованих ВВ від переробки ВЯП ВВЕР-440; термін введення в експлуатацію сховища визначений в оновленій редакції Загальнодержавної програми — 2014 рік);

– розроблення стратегії та технологій безпечного поводження з ВЯП після завершення тривалого періоду зберігання.

Попередньо оцінений обсяг потрібних інвестицій на спорудження централізованого сховища ВЯП становить близько 3,7 млрд. грн.

Фінансове забезпечення розвитку ядерно-енергетичного комплексу. Попередньо оцінена вартість спорудження нових енергоблоків до 2030 року становить близько 223 млрд. грн (зокрема для заміщення тих, які виводяться з експлуатації, — 127 млрд. грн), удосконалення інфраструктури підтримки та забезпечення розвитку ядерної енергетики (без урахування витрат на розвиток вітчизняного виробництва ядерного палива) — близько 35,4 млрд. грн, підвищення надійності та ефективності експлуатації АЕС — 15 млрд. грн, продовження строку служби 11 енергоблоків АЕС — 26 млрд. грн. Планований сумарний обсяг інвестицій у підвищення безпеки існуючих енергоблоків діючих АЕС України вимірюється 25 млрд. грн.

Крім того, в період до 2030 року до Фінансового резерву для зняття з експлуатації ЯУ має бути відраховано близько 18,4 млрд. грн з упровадженням механізму збереження цих коштів, який компенсуватиме інфляційний процес.

Для безпечного поводження з РАВ після їх передання на захоронення необхідно забезпечити своєчасне накопичення та цільове використання державних коштів за рахунок збору за забруднення довкілля. До 2030 року на рахунок цього державного збору (за утворення РАВ) тільки з АЕС надійде понад 15 млрд. грн.

Фінансове забезпечення функціонування об'єктів ЯЕК України та його розвитку планується за рахунок тарифу на електроенергію АЕС. Оскільки поточні витрати зазнають суттєвих річних змін, для запобігання різким коливанням тарифу слід оптимізувати фінансово-економічну діяльність оператора здійсненням позик або прискорених відрахувань до фондів накопичення (ЗЕ, захоронення РАВ тощо) протягом відповідних періодів дефіциту або профіциту. Оптимізований варіант відповідає плавному зростанню тарифу для ядерної генерації від сьогоденних значень до приблизно 44 коп/(кВт·год) на рівні 2030 року (в цінах 2010 року). Кредитування має відбуватися за державної підтримки як через залучення міжнародних інвестиційних інституцій, недержавних вітчизняних та закордонних інвесторів, так і коштом Державного бюджету.

Оцінені витрати на виробництво електроенергії АЕС України безумовно гарантують конкурентоспроможність товарної продукції ядерної енергетики як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

Список використаної літератури

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. — Розпорядження КМУ України № 145-р від 15.03.2006.
2. Програма економічних реформ на 2010—2014 роки «Заможне суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава» від 02.06.2010 / Комітет економічних реформ при Президентові України.
3. Проект «Стратегії розвитку електроенергетичної галузі». — Схвалено рішенням колегії М-ва палива та енергетики України 18.07. 2011 № 3.1; наказ Міненерговугілля від 26.07.2011 № 323. — http://www.kmu.gov.ua/control/publish/article?art_id=244393714
4. Оновлення Енергетичної стратегії України на період до 2030 року / Міненерговугілля України. — <http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/doccatalog/document?id=222032> — (Представлено на обговорення 14.06.2012).
5. Закон України «Про електроенергетику» від 16.10.1997 № 575/97-ВР // Відомості Верховної Ради України (ВВР). — 1998. — № 1. — Ст. 1.
6. Комплексна програма робіт щодо продовження терміну експлуатації діючих енергоблоків АЕС. — Розпорядження КМУ від 29.04.04 № 263р.
7. Закон України «Про Загальнодержавну цільову екологічну програму поводження з радіоактивними відходами» від 17.09.2008 № 516-VI // Відомості Верховної Ради України (ВВР). — 2009. — № 5. — Ст. 8.
8. Комплексна (зведена) програма підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних електростанцій. — Постанова КМУ України № 1270 від 07.12.2011.
9. Закон України від 02.03.2012 № 4384-VI «Про поводження з відпрацьованим ядерним паливом щодо розміщення, проектування та будівництва централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива реакторів типу ВВЕР вітчизняних атомних електростанцій" // Відомості Верховної Ради України (ВВР). — 2012. — № 40. — Ст. 476.
10. Закон України «Про розміщення, проектування та будівництво енергоблоків № 3 і 4 Хмельницької атомної електричної станції» № 5217-VI від 06.09.2012.
11. Комплексна програма по поводженню з РАВ у ДП НАЕК «Енергоатом» на період 2012—2016 рр. ПМ-Д.0.18.174-12.

Отримано 11.02.2013