

## НОВІ ЯДЕРНІ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ УКРАЇНИ: ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

*А.І. Шевцов, М.Г. Земляний, Т.В.Ряужева*

Ядерна енергетика виробляє біля 50% електроенергії, яка споживається в Україні. На сьогодні в країні працює 15 ядерних реакторів (ЯР) на 4 АЕС загальною потужністю 13,8 МВт. З грудня 2010 року починають закінчуватися терміни експлуатації ЯР. Більшій частині з них можна продовжити цей термін на 10-15 років. Для забезпечення країни електроенергією в майбутньому вже сьогодні потрібно думати про будівництво нових ЯР, тим більш, що теплові електростанції ще в більшому ступені використали свій ресурс і є морально застарілими та екологічно небезпечними. Забезпечити потреби в електроенергії за рахунок нетрадиційних відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) в повному обсязі є теж не реальним завданням, тому ядерна енергетика, принаймні в найближчі декілька десятків років, залишиться основою електроенергетичного комплексу країни.

Значне збільшення потужностей ядерної енергетики (до 29,5 ГВт) передбачено «Енергетичною стратегією України на період до 2030 року»<sup>1</sup>. Згідно «Концепції державної цільової економічної програми розвитку ядерної енергетики України на період до 2020 року»<sup>2</sup> (розроблена Мінпаливенерго України) до 2020 року в Україні планується експлуатувати 21 енергоблок з встановленою потужністю 20,6 ГВт. Для реалізації цих планів України потрібно вирішити низку проблемних питань. Головні з них це: пошук фінансових ресурсів для будівництва нових та для продовження термінів експлуатації існуючих ЯР, диверсифікація постачання ядерного палива; подальше підвищення ядерної безпеки, проблеми поводження з відпрацьованим ядерним паливом. Всі ці проблемні питання повинні враховуватись при прийнятті рішень щодо вибору типу нових ЯР для будівництва в Україні.

Спектр існуючих у світі ядерних технологій і компаній, які можуть на сьогодні їх реалізувати, є достатньо широким. Зростаюча технологічна складність і вартість проектів ядерної енергетики примушує світову спільноту шукати шляхи підвищення ефективності ядерної галузі і кооперувати зусилля. Доступ до інноваційних технологій і інформації дозволяє зменшити витрати на коштовні науково-технічні дослідження. На ринку

---

<sup>1</sup> Енергетична стратегія України на період до 2030 року, Розпорядження КМУ від 15 березня 2006 р. N 145-р, [Електронний ресурс] <http://zakon.rada.gov.ua/signal/kr06145a.doc>.

<sup>2</sup> Проект «Концепції державної цільової економічної програми розвитку ядерної енергетики України на період до 2020 року», [Електронний ресурс] <http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/publish/>, листопад 2009.

ядерних технологій виникають альянси, серед найбільш відомих можна назвати такі<sup>3</sup>: AREVA NP(Франція) – Mitsubishi Heavy Industries (Японія), Westinghouse Electric (США) – Toshiba (Японія), Hitachi (Японія) - General Electric (США) та ін.

На сьогодні у 30 країнах світу експлуатується 437 ядерних реакторів, в стадії будівництва знаходяться ще 35 ядерних реакторів<sup>4</sup>. Кожна із країн, яка вирішила розвивати ядерну енергетику, робить свій вибір, спираючись як на існуючі досягнення у розвитку технологій, так і на специфічні, належні країні умови. Загальними тенденціями є наміри одержати ЯР високого ступеню безпеки, виконати вимоги щодо нерозповсюдження ядерної зброї, диверсифікувати постачання ядерного палива та оптимізувати фінансові витрати.

На даний час в Україні працюють ядерні реактори тільки російського виробництва, з них 13 – типу ВВЕР-1000, 2 реактори - типу ВВЕР-440. Терміни їх експлуатації складають 30 років. Дати планового виводу із експлуатації більшості ядерних енергоблоків припадають на період 2010 – 2020 років. Дванадцяти ядерним блокам після закінчення їх планових термінів експлуатації планується продовжити ресурс на строк 10 – 15 років. Таким чином, задля збереження виробітку електроенергії хоча б на попередньому рівні, необхідно щоб після 2020 – 2025 років працювали вже нові енергоблоки. Враховуючи терміни проектування і будівництва ядерних потужностей, рішення щодо нового будівництва має бути прийнято вже найближчим часом. Тим більш, що бажаючих розмістити замовлення на обмежених потужностях світових компаній, які будують ЯР, на сьогодні є досить багато (щоб почати будівництво нової АЕС через п'ять років, вже сьогодні потрібно мати готовий проект АЕС)<sup>5</sup>.

### **Можливості щодо створення нових ядерних потужностей в Україні.**

Всі існуючі у світі ядерні реактори та реактори, які на даний час знаходяться у стадії розробки, можна віднести до одного з чотирьох класів<sup>6</sup> (поколінь). Реактори двох останніх поколінь (III, IV) у майбутньому можуть бути побудовані в Україні.

Відомо, що розробляється приблизно двадцять різних конструкцій **реакторів III покоління**. Згідно інформації Світової Атомної Асоціації, реактори III покоління характеризуються:

- зниженням капітальних витрат і скороченням терміну спорудження;

<sup>3</sup> А.В.Кацай, В.Н.Нуждин. Глобальный ядерный рынок и стратегии Атомэнергпрома в дележе «ядерного пирога». // Атомная стратегия XXI. - №10. - 2007, [Електронний ресурс] <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=1122>.

<sup>4</sup> АЭС мира, итоги года - 2 в плюсе, 3 в минусе, 11 в уме // [Електронний ресурс] <http://www.runwater.ru/node/949>, 13.01.10.

<sup>5</sup> Н.Гузенко. Розпад атома // Український діловий тижневик "Контракти".-2008. - № 13.

<sup>6</sup> Ентоні Фрогатт. Ризики ядерних реакторів. // Ядерна енергія: міф і реальність. – № 2, грудень 2005р., [Електронний ресурс] [http://www.boell.de/downloads/oekologie/ukr\\_nip2.pdf](http://www.boell.de/downloads/oekologie/ukr_nip2.pdf).

- більшим коефіцієнтом використання потужності і довшим терміном служби (типовий термін складає 60 років);
- стандартизованою конструкцією для кожного типу (для прискорення ліцензування);
- простішою і надійнішою конструкцією, яку простіше обслуговувати і яка менш вразлива до експлуатаційних проблем;
- зниженою імовірністю аварій з розплавленням активної зони;
- мінімальним впливом на довкілля;
- більшим ступенем вигорання палива для зменшення об'єму відходів і потреби в паливі;
- використанням поглиначів, що згоряють для подовження терміну служби паливних елементів.

**Реактори IV покоління**, як вважається, будуть економічно ефективними, більш безпечними, будуть виробляти менше довгоживучих радіоактивних відходів, та забезпечать вимоги до нерозповсюдження ядерних технологій та матеріалів на більш високому рівні<sup>7</sup>. Важливо і те, що системи IV покоління мають розв'язати ці питання способом, який робить ядерну енергетику більш прийнятною для громадськості.

Дослідження та розробка реакторів IV покоління проводяться в рамках програм (GIF) і (INPRO). Їх мета – розробити інноваційні ядерні системи (реактори і паливні цикли), які б могли почати працювати після 2030 року. Особливий наголос робиться на системах, які виробляли б і електроенергію, і водень, а також спалювали довгоживучі радіоактивні ізотопи.

Для розробки було вибрано **шість основних концепцій реакторних систем**, які охоплюють спектр технологій з різними видами охолодження (газ, рідкий метал, вода під тиском), відкритим і замкненим паливними циклами, швидкими і тепловими нейтронами, з різними сферами застосування системи (виробництво електроенергії, управління відходами актинідів, виробництво водню).

Таким чином, існують широкі можливості щодо вибору та реалізації в Україні технологій III покоління на найближчу, та технологій IV покоління на більш далеку перспективу.

---

<sup>7</sup> Б.С.Патон, Бакай О.С. та ін. Про стратегію розвитку ядерної енергетики в Україні / Патон Б.С., Бакай О.С. та ін., Монографія, ННЦ Харківський фізико-технічний ін.-т, – 2008. – 62с.; Л.Л. Литвинський. Роль ядерної генерації в енергетиці та можливі сценарії розвитку світового і національного ядерно-енергетичного сектору. // Національна безпека: Український вимір. - №3(22). – 2009, [Електронний ресурс] [http://www.nbu.gov.ua/portal/soc\\_gum/nac\\_bez/2009\\_3/pdf/3/litvinski.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/soc_gum/nac_bez/2009_3/pdf/3/litvinski.pdf).

**Можливі шляхи** (основні альтернативні варіанти) розвитку ядерної енергетики на найближчі роки визначені у розробленій Мінпаливенерго Концепції<sup>8</sup> в залежності від стану вітчизняного інфраструктурного забезпечення ядерно-енергетичного комплексу (ЯЕК) України. У разі повномасштабного розвитку останнього, планується розроблення національних проектів ядерних енергоблоків у кооперації із світовими розробниками реакторних установок (РУ), визначених за результатами відповідних конкурсів, розгортання за цими проектами робіт силами вітчизняної інфраструктури.

Збереження існуючого рівня вітчизняного інфраструктурного забезпечення ЯЕК України дозволить лише частково залучити його до спорудження нових ядерних потужностей, постачання яких буде здійснено іноземними компаніями за результатами відповідних конкурсів.

Серед ядерних технологій, передбачених для реалізації до 2020 року Концепцією, визначені варіанти з легководними (ВВЕР/PWR) та важководними (PHWR) реакторними установками. При цьому, на подальшу перспективу ці варіанти передбачають введення в експлуатацію енергоблоків з реакторними установками інших типів (реактори на швидких нейтронах, високотемпературні реактори та ін.) за умови наявності відповідних ліцензій.

Розглянемо більш детально переваги та недоліки можливих варіантів вибору реакторних установок.

**Російські ядерні технології.** У найближчій перспективі найбільш реально розраховувати саме на ці технології. Це, в першу чергу, завершення будівництва третього і четвертого енергоблоків Хмельницької АЕС до 2016 року. Переможцем міжнародного конкурсу з відбору проекту реакторної установки для цього будівництва у жовтні 2008 року Мінпаливенерго визнало російську компанію «Атомстройекспорт», яка представила проект В-392Б. Це удосконалена реакторна установка російської конструкції ВВЕР-1000. Реактор має підвищені показники з безпеки, він оснащений пасивною системою відведення тепла і додатковою системою аварійного охолодження. Збільшено його проектний ресурс — корпус реактора може працювати не 30, а 50—60 років. Головними перевагами вибору цього ЯР є наявність в Україні досвіду експлуатації і науково-технічної бази, можливість одержання кредитних коштів на будівництво, можливість використання вітчизняних потужностей і кадрів.

Росія є одним із світових лідерів в галузі ядерної енергетики, володіє сучасними ядерними технологіями, в тому числі такими технологіями, як реактори на швидких нейтронах. Серед переваг співпраці з Росією в ядерній галузі можна також назвати доступ

---

<sup>8</sup> Проект «Концепції державної цільової економічної програми розвитку ядерної енергетики України на період до 2020 року», [Електронний ресурс] <http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/publish/>, листопад 2009.

до потужностей збагачення урану, зокрема, у ядерному центрі у м. Ангарську, можливість в майбутньому побудувати реактори типу БН, БРЕСТ на швидких нейтронах із трансмутацією довгоживучих ядерних компонентів, одержати ядерне паливо високої якості та ін. Таким чином, партнерство з Росією відкриває для України доступ до новітніх розробок в області атомної енергетики<sup>9</sup>.

Серед проблемних питань, окрім необхідності диверсифікації ядерних технологій, можна виділити обмежені можливості російських потужностей («Атомстройекспорту») щодо побудови корпусів ЯР. На даний час ці потужності не забезпечують навіть саму Росію з огляду на її амбіційну програму розвитку ядерної енергетики (30 - 32 ЯР до 2030 року), не рахуючи експортні заявки на постачання ЯР в інші країни<sup>10</sup>. Крім того, проекти будівництва АЕС, які виконуються за участі «Атомстройекспорту», зазнають постійних затримок і фінансових перевитрат. Серед інших факторів не малу роль відіграє політичний вплив на вирішення питань енергетики. Безумовно, російські технології повинні залишитися на українському ринку ядерних технологій, питання лише у їх частці серед інших ядерних технологій, оскільки їх диверсифікація є одною із найбільш важливих вимог для України, питання її енергетичної незалежності.

**Технології PWR.** Удосконаленими технологіями цього типу (реактор з водою під тиском, III покоління) володіють багато компаній. До цих реакторів відносяться: Європейський European Pressurized water Reactor (EPR) – реактор, розроблений компанією AREVA на основі французької та німецької найновіших конструкцій II покоління, а також APWR («Mitsubishi»), AP-1000 («Westinghouse»), корейські KSNP та APR-1400 («KEPCO»), китайський NP-1000 («China National Nuclear Corporation»).

Перевагами реакторів цього типу відносно інших реакторів, які можуть диверсифікувати ринок ядерних технологій в Україні, є:

- близькість технологій до технологій ВВЕР, що дозволяє використовувати досвід експлуатації, підготовлені кадри, науково-технічний та частково виробничий потенціал, які є в Україні;
- високий ступінь безпеки, який є результатом досвіду експлуатації багатьох ЯР цього типу II покоління достатньо довгий період часу;
- майданчики для будівництва можуть бути вибрані на території вже існуючих АЕС (на АЕС бажано мати ЯР одного типу);
- можливість адаптації ядерного палива, в разі побудови заводу з виробництва ядерного палива в Україні по технології ВВЕР.

<sup>9</sup> Борис Щербачев. Россия открывает Украине доступ к новейшим разработкам // [Електронний ресурс] <http://mignews.dream.net.ua/ru/articles/11790.html>

<sup>10</sup> Росія за 10 років побудує 30 ядерних реакторів. // Ukrnews. – 03.12.2009.

Головні недоліки (такі, як і у реакторів типу ВВЕР) :

- використання тепловими ядерними реакторами урану-235, запасів якого у світі вистачить лише на 50 років;
- накопичення ядерних відходів, проблему захоронення яких перекладається на майбутні покоління;
- ускладнюються вирішення проблеми нерозповсюдження та ядерного тероризму по мірі збільшення накопичених ядерних матеріалів.

Пропозиції щодо побудови в Україні нових ЯР цього типу вже надійшли від корейської компанії «КЕРСО», яка має намір взяти участь у тендері на закупівлю технічних проектів реакторних установок в Україні. 14 травня 2009 року НАЕК «Енергоатом» та корейська «КЕРСО» підписали «Меморандум про взаєморозуміння щодо співробітництва за проектом у сфері ядерної енергетики в Україні».

Перевагами корейських ЯР APR-1400 вважають скорочені строки будівництва та порівняно меншу вартість. На сьогодні «КЕРСО» будує 8 ЯР у Південній Кореї, на черзі будівництво АЕС у ОАЕ, перший енергоблок якої повинен бути побудований у 2017 році.

Іншим можливим партнером України щодо будівництва ЯР типу PWR може стати компанія «Westinghouse Electric» зі своїм реактором AP-1000. Ця компанія вже вийшла на ринок України зі своїм ядерним паливом, тому співпраця з нею може бути розширена на побудову ЯР.

Конструкція AP-1000 базується на стандартній технології PWR «Westinghouse Electric», напрацювання якої складає більш ніж 2500 реакторо-років успішної експлуатації. Модульна конструкція забезпечує високий рівень стандартизації, високу якість будівництва, скорочені витрати на будівництво і експлуатацію. Реактори цього типу, окрім США, будуються у Китаї, Великій Британії та інших країнах<sup>11</sup>.

**Важководні реактори.** Основним представником реакторів цього типу є канадські реактори ACR-700 – розвиток конструкції CANDU (Atomic Energy of Canada Limited). Індія розробляє АНWR14, еволюційну конструкцію реактора з важководним уповільнювачем та охолодженням киплячою легкою водою.

Перевагами реакторів цього типу є:

- використання природного урану без його попереднього збагачення;
- значна питома потужність;
- глибоке вигорання ядерного пального при мінімальній його витраті;
- низька паливна складова вартості електроенергії.

---

<sup>11</sup> В.Н.Нуждин , А.А.Просвирнов. Ожидания от проекта "АЭС-2006". // Атомная стратегия XXI. - №3. - 2007, [Електронний ресурс] <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=895>.

Найціннішою перевагою вважається те, що такі реактори без істотних переробок проекту можуть, в принципі, «спалювати» відпрацьоване ядерне паливо реакторів PWR/ВВЕР, яке містить 0,9% урану-235 і 0,6% плутонію, тим самим збільшуючи об'єм доступних енергоносіїв, зменшуючи кількість ВЯП PWR/ВВЕР, підвищуючи ефективність використання ядерного палива.

Головними недоліками є:

- позитивний коефіцієнт реактивності (за заявами канадських розробників в останніх розробках ЯР цей недолік було усунуто);
- використання в якості охолоджувача важкої води, яка значно збільшує вартість проекту та є токсичною, що ускладнює експлуатацію;
- відсутність в Україні досвіду експлуатації таких ЯР, відповідних кадрів та допоміжних виробництв, які є щодо легководних ЯР<sup>12</sup>.

У травні 2008 року НАЕК «Енергоатом» та канадською компанією AECL було підписано Меморандум про взаєморозуміння щодо співробітництва в області ядерної енергетики, метою якого є визначення границь співробітництва для вивчення і просування промислового впровадження канадських ядерних технологій, зокрема, технології CANDU в Україні. На сьогодні важководні реактори, окрім Канади, працюють в Індії, Китаї, Кореї, Аргентині, Румунії, Пакистані. Продовжується будівництво нових реакторів цього типу.

**Реактори з газовим теплоносієм.** Це високотемпературні реактори з газоподібним теплоносієм PBMR, HTGR та надвисокотемпературний реактор VHTR. Крім PBMR, кілька країн разом розробляють модульний газотурбінний гелієвий реактор GT-MHR малого розміру. Ці реактори поки що не здобули широкого розповсюдження, тому їх впровадження в Україні може розглядатися в більш далекій перспективі, коли будуть підтверджені їх технологічні і економічні переваги.

Найбільш важливими для України є такі **критерії вибору нових ЯР**, як: капітальні витрати і терміни спорудження, вартість та можливість диверсифікації постачання ядерного палива, виконання вимог щодо ядерної безпеки та нерозповсюдження ядерних технологій, ступінь задіяння вітчизняного науково-технічного та виробничого потенціалу при спорудженні і експлуатації ЯР, можливості еволюційного переходу до впровадження технологій IV покоління, вирішення проблеми поводження з ВЯП.

**Капітальні витрати і терміни спорудження.** Не дивлячись на масштабні плани вводу в експлуатацію нових потужностей у світі, витрати на спорудження нових ЯР зростають. З початку цього століття вартість спорудження ЯР зросла в 4 – 6 разів і досягає

---

<sup>12</sup> Андрій Деркач. CANDU на Україні - більш ніж сумнівна доцільність // Комітет екологічного порядку України, [Електронний ресурс] [http://eco-ua.org/index.php?item=&sub=5099&d\\_id](http://eco-ua.org/index.php?item=&sub=5099&d_id).

до 3 – 4 дол на 1кВт встановленої потужності<sup>13</sup>. Більш дорогими вважаються французькі та японські проекти ЯР, більш дешевими – російські і корейські проекти, але багато чого буде залежати від конкретних умов контрактів, ступеню залучення вітчизняних компаній до будівництва ЯР, умов надання кредитних коштів та ін. Загальною негативною тенденцією вже стало затягування термінів будівництва та зростання його вартості відносно заявлених проектних параметрів. Це додає невизначеності до оцінки вартості ЯР.

Головна проблема – знайти джерела фінансування. За словами голови ДП НАЕК «Енергоатом»<sup>14</sup> для залучення приватних інвестицій підприємства мають бути акціонерними товариствами, а в ядерній галузі таких немає. Один із варіантів — спільні, незалежні від НАЕК «Енергоатом» підприємства, що забезпечить «чистоту» картини для інвестора, звільнить будівництво від ризиків експлуатації, демонополізує ринок<sup>15</sup>. Істотна частка в спільному підприємстві може бути запропонована великій іноземній компанії або навіть іноземному урядові, які куплять електроенергію на основі довгострокового контракту. Іноземний інвестор може бути залучений для забезпечення «живих» грошей із наступним вигідним для нього поверненням вкладених коштів і відсотку на капітал, права якого можуть бути гарантовані часткою в спільному підприємстві до повернення кредитів.

Великі надії покладаються на отримання кредитних коштів від іноземних фінансових установ. Однак, як показує світовий досвід, одержати позику в Світовому або Європейському банку буде дуже важко, що пов'язано із значною вартістю і тривалістю будівництва нових реакторів, та складним дозвільним процесом.

У значній мірі, при будівництві нових реакторів «Енергоатому» доведеться розраховувати на власні заробітки та кошти держбюджету. Втім, це також нелегка задача. Адже, до 2030 року щорічно у галузь слід вкладати понад 10 мільярдів гривень. Фінансування нового атомного будівництва буде можливо лише за умови підвищення тарифу на електроенергію, що виробляється АЕС.

Щодо **ядерної безпеки**, то на даний час всі реактори відповідають вимогам МАГАТЕ, хоча існують вимоги країн щодо окремих характеристик, які необхідно підтверджувати розробникам ЯР, наприклад, відносно стійкості захисної оболонки ЯР AP-1000 при падінні літака, або здібності протистояти стихійним явищам. Разом з тим, подальше підвищення рівня безпеки потребує все більших витрат, що впливає на

---

<sup>13</sup> Глобальное испытание для «ядерного ренессанса». // Ядерный ренессанс, - №5. – 2008, [Електронний ресурс] <http://www.nuclear.ru/>.

<sup>14</sup> Олексій Дніпровський. Навіщо Україні нові ядерні реактори // Економічна правда, 30 вересня 2008, [Електронний ресурс] <http://www.epravda.com.ua/ukr/publications/>

<sup>15</sup> Ольга ДЕРГАЧОВА. Микола Штейнберг: «У керівництві ядерною енергетикою не повинно бути політики та політиків» // Дзеркало тижня. - № 34 (663). - 15 — 21 вересня 2007, [Електронний ресурс] <http://www.dt.ua/3000/3320/60464/>.



конкурентоспроможність проекту. Тому вже з'являються думки щодо надання переваги більш дешевим проектам за рахунок безпеки (особливо після програшу компанією «AREVA» з реактором EPR тендеру на будівництво АЕС у ОАЕ корейській компанії «KEPCO» з реактором APR-1400)<sup>16</sup>.

Щодо **диверсифікації постачання ядерного палива**, то Україні потрібно максимально задіяти свої можливості щодо постачання природного урану, цирконію та інших компонентів ЯПЦ. Вибір буде залежати від конкретних пропозицій постачальників, починаючи від фінансування видобутку в Україні природного урану, цирконію, їх первинної переробки, і закінчуючи побудовою в Україні заводу з виробництва ядерного палива. Ще одною важливою характеристикою є вартість ядерного палива та вартість **поводження з ВЯП**. В цьому плані реактори типу CANDU мають переваги щодо можливості використання незбагаченого урану, але кількість ВЯП у нього буде значно більшою і в конструкції ЯР використовується досить коштовний і токсичний компонент – важка вода. Ці реактори можна також використовувати для спалювання ВЯП легководних реакторів, що загалом зменшить кількість небезпечних ВЯП, які підлягають захороненню. Але для цього потрібно організувати в Україні переробку цього палива, досвіду якого в країні немає.

Велике значення має можливість спиратися на **власний інжиніринг і власне атомне машинобудування**. Україна не має досвіду будівництва ядерних енергоблоків з нуля, тому перевага повинна надаватися тій компанії, яка запропонує тісну співпрацю з освоєнням технологій і розвитком вітчизняних підприємств відповідного профілю. Реакторні установки можуть виготовлятися в Україні на заводах важкого і енергетичного машино-будування Харкова, Сум, Дніпропетровська, Краматорська, Маріуполя та інших міст, які можуть стати надійними партнерами компаній-розробників РУ<sup>17</sup>. За думкою керівництва НАЕК «Енергоатом», при будівництві нових АЕС приблизно 50—70% використовуваного для цих цілей устаткування має вироблятися у власній країні<sup>18</sup>. Разом з тим, необхідно організувати відновлення та розвиток існуючого будівельно-монтажного та машинобудівного комплексів ядерної енергетики. Потрібно таким чином організувати планування й фінансування будівельно-монтажних робіт, щоб підрядні організації змогли вийти на подвоєння свого потенціалу через два-три роки після початку реалізації

---

<sup>16</sup> AREVA может вернуться к реакторам II поколения. // [Електронний ресурс] <http://www.AtomInfo.ru/> 18.01.10

<sup>17</sup> *Марія Сердюк*. «Енергоатом» будет разрабатывать реакторы с Канадой и Кореей // [Електронний ресурс] [http://openbiz.com.ua/business/news/\\_Energoatom\\_budet\\_razrabativat\\_reaktori\\_s\\_Kanadoj\\_i\\_Koreej\\_.html](http://openbiz.com.ua/business/news/_Energoatom_budet_razrabativat_reaktori_s_Kanadoj_i_Koreej_.html), 27 мая 2009

<sup>18</sup> *Наталка Прудка*. Ядерный локомотив. // Дзеркало тижня. - № 50. - 2009. [Електронний ресурс] <http://www.zn.ua/2000/2229/68070>

програми. Вкрай важливо відновити систему підготовки та перепідготовки кадрів будівельників і монтажників<sup>19</sup>.

Відновлення науково-технічного та промислового потенціалу України, піднесення його до нового рівня дозволить в майбутньому перейти до впровадження ядерних **технологій IV покоління**. Серед них у найближчій перспективі можна розглядати російські ЯР на швидких нейтронах. На даний час є досить великий досвід експлуатації цих реакторів (ЯР БН-600 на Білоярській АЕС), постійно підвищуються їх експлуатаційні, техніко-економічні і безпекові характеристики. Ці технології дозволяють застосувати замкнутий паливний цикл зі спалюванням актиноїдів і трансмутацією довгоживучих продуктів поділу в короткоживучі, радикально вирішити проблему зменшення обсягів радіоактивних відходів, які підлягають захороненню.

Перспективними для України в майбутньому є також канадські технології, які постійно розвиваються. Це – удосконалені ЯР типу CANDU (ACR-700), перспективні технології DUPIC, які дозволять провести переробку ВЯП легководних ЯР (його накопичиться на той час досить багато). Розвиток цих технологій дозволить зменшити кількість важкої води, вартість якої для сучасних реакторів складає 10% експлуатаційних витрат (як теплоносії використовувати замість важкої звичайну воду). Окрім того, ці технології дозволять в майбутньому перейти на використання торію і урану-238, запасів яких вистачить на сотні років. Наприклад, один із варіантів CANDU IX (потужністю від 925 до 1300 МВт) зможе працювати на незбагаченому і низькозбагаченому урані, змішаному оксидному уран-плутонієвому паливі, уран-торієвому та плутоній-торієвому паливі та використовувати ВЯП легководних ядерних реакторів<sup>20</sup>.

**Науково-технічне та проектно-конструкторське забезпечення.** Україна володіє значним науково-технічним потенціалом, зосередженим головним чином, у науково-дослідних і виробничих комплексах НАНУ. Спектр наукових досліджень, пов'язаних із ядерною енергетикою, є досить широким, до яких відносяться як фундаментальні, так прикладні дослідження, які проводяться у рамках низки програм розвитку ядерної енергетики: підвищення ядерної безпеки, продовження термінів експлуатації діючих ЯБ, створення ядерно-паливного циклу, поводження із ВЯП і радіоактивними відходами та ін.

Але систематичне недофінансування досліджень, суттєве зменшення кваліфікованого персоналу підприємств науково-технічного та проектно-конструкторського характеру через відтік кадрів, природне старіння та відсутність

---

<sup>19</sup> Ольга ДЕРГАЧОВА. Микола Штейнберг: «У керівництві ядерною енергетикою не повинно бути політики та політиків» // Дзеркало тижня. - № 34 (663). - 15 — 21 вересня 2007, [Електронний ресурс] <http://www.dt.ua/3000/3320/60464/>

<sup>20</sup> Які реактори потрібні Україні? // Комітет екологічного порятунку України. // [Електронний ресурс] [http://eco-ua.org/index.php?item=articles&sub=5038&d\\_id=5](http://eco-ua.org/index.php?item=articles&sub=5038&d_id=5).

поповнення молодими працівниками за умов низького професійного престижу, не дозволяють на даний час виконувати завдання значного розширення парку ядерних реакторів, диверсифікації постачання ядерного палива, базуючись на сучасних новітніх технологіях побудови і експлуатації ядерних потужностей.

Вимоги максимального задіяння вітчизняного промислово-техно-логічного потенціалу при впровадженні нових ядерних технологій в Україні в разі побудови ЯР III покоління, визначення напрямів розвитку в країні ядерних технологій IV покоління потребує створення нової потужної системи науково-технічної підтримки ядерно-енергетичного комплексу. Наукомісткі технології цього комплексу потребують спеціальних систем підготовки фахівців як у вищих навчальних закладах, науково-дослідних і проектних установах, так і на виробництві. Тому першочерговим завданням є створення такої системи, забезпечення її державною підтримкою та належним фінансуванням.

Важливим завданням для створення в Україні нових ядерних потужностей є також удосконалення законодавчо-нормативної бази, в першу чергу, з питань проведення цінової і тарифної політики в електроенергетиці, визначення механізмів фінансового забезпечення ядерної енергетики, зокрема, довгострокових програм забезпечення галузі ядерним паливом, будівництва нових ядерних енергетичних блоків, програм поводження з ВЯП та ін.

### **Висновки**

- ядерна енергетика складає основу електроенергетичного комплексу України і залишиться такою, принаймні, ще декілька десятків років; продовження термінів експлуатації працюючих та введення в дію нових ядерних енергоблоків є головними питаннями ядерної галузі на найближчу перспективу;
- «Енергетичною стратегією України на період до 2030 року» та «Концепцією державної цільової економічної програми розвитку ядерної енергетики України на період до 2020 року» намічені амбіційні плани будівництва нових ядерних реакторів, здійснення яких неможливе без вирішення низки проблем таких, як: пошук джерел фінансування, диверсифікація постачання ядерного палива, подальше підвищення ядерної безпеки, поводження з відпрацьованим ядерним паливом, відновлення та розвиток вітчизняної науково-технічної і промислової бази ядерної галузі, удосконалення нормативно-законодавчої бази;
- стан науково-технічного та промислово-технологічного розвитку ядерної галузі, відсутність відповідного досвіду на сьогодні не дозволяє Україні самостійно будувати ядерні енергоблоки, тому потрібно вирішувати ці питання із залученням закордонних

- компаній і, відповідно, базуватися на їх технологіях, спектр яких є достатнім для вибору прийняттого варіанту з точки зору безпеки експлуатації, нерозповсюдження ядерних технологій, поводження з відпрацьованим ядерним паливом та інших вимог;
- головною проблемою України на цьому шляху є пошук джерел фінансування, забезпечити яке за рахунок держави буде проблематично у зв'язку з необхідністю продовження термінів експлуатації працюючих енергоблоків, модернізації більшості ТЕС та низки інших потреб, тим більш, у післякризовий період;
  - виходячи з цього, в першу чергу, повинні бути реалізовані домовленості із Росією щодо побудови двох енергоблоків типу ВВЕР – 392Б на Хмельницькій АЕС, для чого потрібно не затягувати підписання відповідних контрактів;
  - разом з тим, існуюча на сьогодні монопольна залежність від Росії щодо ядерних технологій потребує їх диверсифікації; найбільш прийнятним варіантом для цього може бути впровадження в Україні технологій PWR, що пояснюється їх близькістю до технологій ВВЕР і, відповідно, наявністю досвіду експлуатації, науково-технічної бази і фахівців, можливістю використання площадок вже існуючих в країні АЕС;
  - серед реакторів типу PWR найбільш прийнятними варіантами можуть бути ядерний реактор європейського виробництва – EPR, реактор AP-1000 («Westinghouse») та реактор південно-корейського виробництва APR-1400; реактори цього типу потрібно будувати у найближчий період, постачальника ЯР визначити за результатами тендеру, виходячи із конкретних пропозицій щодо технічних та економічних характеристик, умов фінансування, ступеню залучення вітчизняного промислового потенціалу, умов постачання ядерного палива, безпеки та інших вимог;
  - враховуючи тенденції зменшення світових запасів урану-235, вимоги ядерної безпеки та нерозповсюдження в подальшому необхідно впровадити в Україні технології для замикання ядерного паливного циклу, що дозволило б суттєво зменшити кількість небезпечних ВЯП, які підлягають захороненню та використати більш поширені в природі ядерні елементи, зокрема, торій; серед цих технологій – удосконалені важководні технології на базі реактору типу CANDU, який, за заявами розробників, зможе працювати на різних видах ядерного палива (незбагаченому і низькозбагаченому урані, MOX паливі, ВЯП легководних ЯР, уран-торієвому та плутоній-торієвому паливі), а також технології на швидких нейтронах, зокрема, на базі російських реакторів типу БН та БРЕСТ;
  - при підготовці, будівництві і подальшій експлуатації нових ядерних потужностей необхідно максимально можливо задіяти вітчизняний науково-технічний і промисловий потенціал України, для чого вже сьогодні потрібно підтримати наукові і

проектні розробки, покращити матеріально-технічну базу для проведення досліджень і випробувань, активізувати участь українських фахівців та профільних організацій в реалізації міжнародних проектів з перспективного розвитку ядерної енергетики та суміжних галузей науки і техніки, а також розширити підготовку фахівців різного профілю для будівництва і експлуатації об'єктів ядерної галузі;

- для покращення фінансового забезпечення ядерної галузі необхідно змінити підходи до формування тарифів на електроенергію АЕС, які б враховували витрати на створення в Україні елементів ЯПЦ, продовження термінів експлуатації та зняття енергоблоків з експлуатації, розвиток, науково-технічного забезпечення, надання соціальних гарантій працівникам АЕС тощо.