

УДК 621.039.53

А.Г. Тертична

*Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка*

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

Сучасний етап розвитку світової енергетики характеризується поглибленням розриву між енергоспоживанням і розвіданою ресурсною базою органічного палива, запаси якого вичерпуються. Станом на початок 2011р., у 31 країні світу в експлуатації знаходяться 439 ядерних енергоблоків ядерних установок загальною встановленою потужністю 372,1 ГВт. Найбільша кількість ядерних енергоблоків експлуатується у США (104), Франції (59), Японії (55 плюс два – у стадії будівництва), Росії (31 плюс сім будуються). Україна, маючи 15 енергоблоків, посідає 11 місце в цьому переліку.

Загалом, ядерні потужності складають сьогодні 15% світових генеруючих потужностей (близько 3 500 ГВт). АЕС вносять найбільшу частку у виробництво електроенергії Франції (78%), Литви (69%), Словаччини (57%), Бельгії (54%), Швеції (48%), України (48%), Болгарії (44%), Вірменії (42%), Словенії (40%), Південної Кореї (39%), Угорщини(38%), Швейцарії (37%), Німеччини (32%), Японії (30%).

Ядерний сектор енергетики найбільш значний у Франції, Бельгії, Фінляндії, Швеції, Болгарії та Швейцарії, тобто в тих промислово розвинених країнах, де недостатньо природних енергоресурсів. Ці країни виробляють від чверті до половини своєї електроенергії на АЕС.

Атомна енергетика – це складне виробництво, що включає безліч промислових процесів, які разом утворюють паливний цикл.

Існують різні типи паливних циклів, які залежать від типу реактора і від того, як протікає кінцева стадія циклу.

Основний інтерес для ядерної енергетики представляє реакція поділу ядра  $^{92}\text{U}^{235}$  (рис.1). Відомі близько 100 різних ізотопів з масовими числами приблизно від 90 до 145, що виникають при поділі цього ядра.

Пристрій, в якому підтримується керована реакція поділу ядер, називається ядерним (або атомним) реактором.

Головною умовою нормальної роботи ядерного реактора є контрольований процес розподілу урану і відведення надлишкового тепла, що утворюється при цьому.

Головним елементом ядерного реактора є активна зона. У ньому розміщується ядерне паливо і здійснюється ланцюгова реакція поділ.

Для керування роботою реактора в активну зону вводяться регулюючі стрижні з матеріалів, що мають велике перетин поглинання нейтронів. Активна зона енергетичних реакторів оточена відбивачем нейтронів – шаром матеріалу сповільнювача для зменшення витоку нейтронів з активної зони.

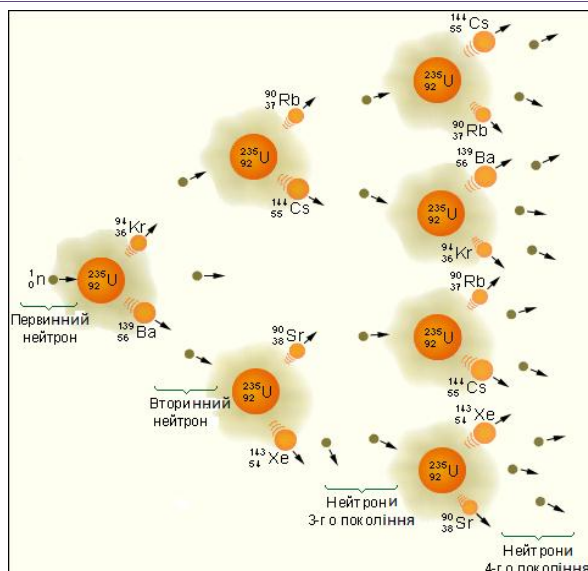


Рис. 1. Поділ ядра урану [3]

Необхідність сповільнювання нейтронів викликається тим, що ефективний перетин ділення ядер палива набагато більше при малих значеннях енергії нейтронів, ніж при великих. В якості сповільнювача застосовують графіт, важку або легку воду, берилій, органічні рідини. Тепловий реактор може працювати навіть на природному урані, якщо сповільнювачем служить важка вода або графіт. При інших сповільнювачах необхідно використовувати збагачений уран. Для швидких реакторів не потрібно сповільнювач, а теплоносій не повинен уповільнювати нейтрони. Для забезпечення високої концентрації ядерного палива необхідно досягнення максимального тепловиділення на одиницю об'єму активної зони. В якості теплоносія можна використовувати і пари води.

Типові схеми енергетичних реакторів на теплових нейтронах наведені на рис. 2.

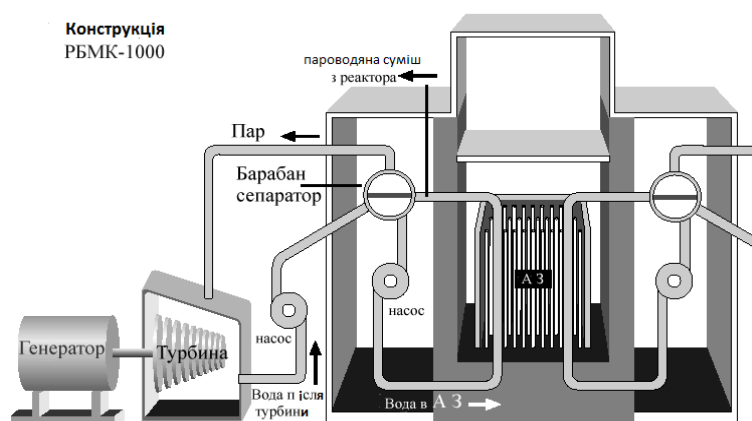


Рис. 2. Ядерний реактор РБМК-1000.[3]

Основною конструктивною деталлю активної зони є твёл, який значною мірою визначає її надійність, розміри і вартість. В енергетичних реакторах, як правило, використовуються стрижневі твели з паливом у вигляді пресованих таблеток двоокису урану, укладених в оболонку зі сталі або цирконієвого сплаву. Твели для зручності збираються в тепловиділяючі збірки (ТВЗ), які встановлюються в активній зоні ядерного реактора.

У твелах відбувається генерація основної частки (більше 90%) теплової енергії та передача її теплоносію.

За кількістю ядерних реакторів Україна посідає дев'яте місце у світі та п'яте в Європі. Всі реактори типу ВВЕР. В Україні діють 4 атомних електростанцій з 15 енергоблоками, одна з яких, Запорізька АЕС з 6 енергоблоками загальною потужністю в 6000 МВт є найпотужнішою в Європі. У 2009 році відсоток ядерної енергетики склав 48% від усього виробництва електроенергії в Україні. Загальна потужність АЕС склала 13 835 МВт.

У 2000 році атомні електростанції згенерували 46,3 відсотків загальної електроенергії України.

На цей час в Україні на чотирьох майданчиках (АЕС) в експлуатації знаходяться 15 ядерних енергоблоків (переважно – типу ВВЕР-1000) загальною встановленою потужністю 13 835 МВт.

Внесок АЕС у загальне виробництво електроенергії складає майже 50%. Зокрема, у 2010р. АЕС вироблено 89360 млн. кВт-год. електроенергії, що складає 47,5% її загальної кількості. Коефіцієнт використання встановленої потужності енергоблоків АЕС у 2010р. становив 73,6%, що на 5,2% більше ніж у 2009 році.

Таким чином усі енергоблоки, що залишились в країні відносяться до ВВЕР, 2 — ВВЕР-440 і 13 — ВВЕР-1000 (таблиця 1).

**Таблиця 1[3]**

Назва	Енерго-блоки	Реактор	Потужність, МВт	Початок будівництва	Ввід в роботу	Вивід з експлуатації
Запорізька АЕС	1	ВВЕР-1000	1000	1980	1984	
	2	ВВЕР-1000	1000	1981	1985	
	3	ВВЕР-1000	1000	1982	1986	
	4	ВВЕР-1000	1000	1983	1987	
	5	ВВЕР-1000	1000	1985	1989	
	6	ВВЕР-1000	1000	1986	1995	
Рівненська АЕС	1	ВВЕР-440	440	1973	1980	
	2	ВВЕР-440	440	1973	1981	
	3	ВВЕР-1000	1000	1980	1986	
	4	ВВЕР-1000	1000	1986	2004	
Хмельницька АЕС	1	ВВЕР-1000	1000	1981	1987	
	2	ВВЕР-1000	1000	1985	2004	
	3	ВВЕР-1000	1000	1986	план — 2018	

Назва	Енерго-блоки	Реактор	Потужність, МВт	Початок будівництва	Ввід в роботу	Вивід з експлуатації
	4	ВВЕР-1000	1000	1987	план — 2020	
Південноукраїнська АЕС	1	ВВЕР-1000	1000	1977	1982	
	2	ВВЕР-1000	1000	1979	1985	
	3	ВВЕР-1000	1000	1985	1989	
	4	ВВЕР-1000	1000	1987	Законсервовано	
Чорнобильська АЕС	1	РБМК-1000	1000	1970	1977	1996
	2	РБМК-1000	1000	1973	1978	1991
	3	РБМК-1000	1000	1976	1981	2000
	4	РБМК-1000	1000	1979	1983	1986
	5	РБМК-1000	1000	1981	Відміне но	
	6	РБМК-1000	1000	1981	Відміне но	

Енергетична стратегія України. У проекті оновленої енергетичної стратегії України на період до 2030 р. прийнято, що зростання виробництва електроенергії на рік повинен становити приблизно 2%, частка виробітку електроенергії на АЕС зберігається в межах 47-49%. У цей період передбачається спорудження і введення в експлуатацію нових ядерних енергоблоків потужністю 2-7 ГВт, типи нових енергоблоків поки не визначені, рішення будуть прийматися пізніше. У частині виготовлення свіжого ядерного палива в «Стратегії» говориться, що «після 2030 єдиною складовою ядерного палива, яка не буде виконуватися на території України, це збагачення урану». У частині поводження з обробки ядерного палива сформульовано так: «Розробка стратегій і технологій безпечного поводження з продуктами переробки, у тому числі цінних продуктів переробки ядерного палива, безпечного і економічно ефективного поводження з обробки ядерного палива, в тому числі після завершення довготривалого періоду зберігання». На основі даних «Стратегії» представлено прогноз вироблення електроенергії на АЕС і витрата запасів природного урану в разі функціонування реакторів на теплових нейтронах типу ВВЕР. З наведених даних випливає, що при роботі АЕС з реакторами на теплових нейтронах у відкритому ядерно-паливному циклі розвіданих запасів урану в Україні вистачить приблизно на 80 років.

Введення замкнутого ядерно-паливного циклу в однокомпонентну структуру АЕ України продовжить життя теплових реакторів приблизно на 20-30 років. Оскільки розробка ядерно-паливного циклу в цілому з реакторами різних типів дуже довготривала задача, то при розробці стратегії розвитку АЕ необхідно комплексне економічне обґрунтування послідовного створення всіх етапів ядерно-паливного циклу з прив'яз-

кою до конкретних тимчасових періодів. Інакше може виникнути ситуація, коли необхідно буде вводити в структуру АЕ нові типи реакторів (у тому числі на швидких нейтронах), а власного палива для їх запуску не буде, тобто потрібно шукати постачальника палива. Але цілком імовірно, що внаслідок виснаження природних ресурсів урану, відсутність достатніх потужностей у світі з напрацювання і виділення вторинного ядерного палива може виникнути дефіцит поставок ядерного палива з боку країн, що розвивають АЕ (монополістів), в інші країни. Крім того, на всю ситуацію в цілому може впливати політична ситуація у світі і відносини монополістів з окремими державами.

#### Література

1. [http://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT\\_2013\\_5/article\\_2013\\_5\\_3](http://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT_2013_5/article_2013_5_3)
2. Оновлення Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. від червня 2012 р. [http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/doccatalog/document?id=22\\_2032](http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/doccatalog/document?id=22_2032).
3. <https://www.google.com.ua/search?>

***Анотація.** Тертычна А.Г. Дослідження стану та перспектив розвитку атомної енергетики України. В статті розглянуто фізичні основи, проблеми та перспективи розвитку атомної енергетики України.*

***Ключові слова:** атомна енергетика, атомне ядро, ядерна реакція, ядерний реактор.*

***Аннотация.** Тертычная А.Г. Исследование состояния и перспектив развития атомной энергетики Украины. В статье рассмотрены физические основы, проблемы и перспективы развития атомной энергетики Украины.*

***Ключевые слова:** атомная энергетика, атомное ядро, ядерная реакция, ядерный реактор.*

***Abstract.** Tertychna A. Research status and prospects of nuclear energy in Ukraine. The article deals with the physical basis, problems and prospects of nuclear energy in Ukraine.*

***Keywords:** nuclear energy, atomic nucleus, nuclear reaction, nuclear reactor.*

УДК 538.3+372.853

**І.С. Шабалдас**

*Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка*

### ВИКЛАДАННЯ ОСНОВ ТЕРМОДИНАМІКИ В КУРСІ СЕРЕДНЬОЇ ШКОЛИ

Одним з можливих шляхів підвищення ефективності шкільної освіти є вивчення та використання зарубіжного педагогічного досвіду. За останній час у сфері освіти в усьому світі відбулися глобальні зміни. Вони вплинули на школу, відкрили перед нею широкі можливості перетворення і розвитку. Вона стала сферою обміну духовним досвідом, базою формування загальнолюдської цивілізації при збереженні соціальних, культурних, політичних відмінностей.