

**Погоріла В. М.**

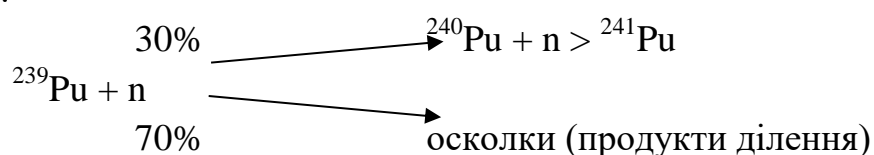
Національний авіаційний університет

## АЕС. ДОЦІЛЬНІСТЬ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Навчання природничо-математичних дисциплін у закладах вищої освіти передбачає не тільки вивчення тем відповідно до робочої навчальної програми дисципліни, але й приклади використання наукових розробок та можливі їх негативні наслідки. Наприклад, при вивченні фізики атомного ядра не можна не згадати про ядерну енергетику та ризики з нею пов'язані.

Основа ядерної енергетики — атомні електростанції (АЕС). Виробничий цикл ядерної енергетики включає в себе видобуток і збагачення урану, виробництво тепловидільних елементів, їх використання в ядерному реакторі, переробку відпрацьованих елементів і захоронення.

Природний уран складається з трьох ізотопів:  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  та  $^{238}\text{U}$ . При поглинанні нейтрону ядро  $^{235}\text{U}$  переходить у нестабільний стан і розпадається на два осколки з виділенням енергії та випусканням вторинних нейтронів. Якщо нейтрон знову потрапляє в ядро  $^{235}\text{U}$ , то відбувається ще одне ділення. Якщо нейтрон потрапляє в ядро  $^{238}\text{U}$ , то відбувається інша реакція: новоутворене ядро  $^{239}\text{U}$  випускає  $\beta$ -частинку та перетворюється на нептуній ( $^{239}\text{Np}$ ), який за наступного  $\beta$ -розпаду перетворюється на плутоній ( $^{239}\text{Pu}$ ). Плутоній є ядерним паливом і здатний ділитися та перетворюватися під дією нейтронів на важчі ізотопи:



Щоб проникнути в ядро  $^{238}\text{U}$  і викликати його перетворення на  $^{239}\text{U}$ , потрібні швидкі, а щоб викликати ділення  $^{235}\text{U}$  — повільні нейтрони. Реактори, в яких основну роботу здійснюють швидкі нейтрони, називаються швидкими, а реактори, котрі працюють на повільних нейтронах, — тепловими. У якості сповільнювача нейтронів у теплових реакторах використовуються графіт, вода або важка вода. Звідси й назви — уран-графітові, легководневі, важководневі реактори.

У процесі роботи АЕС утворюються довгоживучі радіонукліди: америцій (Am), кюрій (Cm), нептуній (Np), технецій-99 ( $^{99}\text{Tc}$ ) та йод-129 ( $^{129}\text{I}$ ). На сьогодні розроблені і випробувані технології, завдяки яким довгоживучі радіонукліди вилучаються з відпрацьованого ядерного палива і піддаються трансмутації у

швидких реакторах.

Найбільша перешкода для розвитку ядерної енергетики пов'язана з проблемами безпеки. За час використання атомних реакторів відбулася низка техногенних катастроф, найбільшими з яких були Чорнобильська катастрофа та аварія на «Фукусімі». Серйозною проблемою залишається утилізація радіоактивних відходів роботи ядерного реактора, адже в ньому накопичується велика кількість радіоактивних ізотопів із значним періодом напіврозпаду, які випромінюватимуть ще тисячі років. Але важливо відмітити й позитивні наслідки атомної енергетики для екології:

– Доступність і ефективність палива. Основа ядерного палива — уран, який, крім атомної енергетики, не має іншого конструктивного застосування. Природно-біологічні процеси спираються на кисень, водень, вуглець та азот. Використання урану не втручається до жодного з них і, таким чином, залишає цінні ресурси для інших застосувань.

– Землекористування. Україна має розвинене сільське господарство, а тому питання відчуження ґрунтів під промислові об'єкти є вельми гострим. Спрямовуючи свою політику землекористування переважно на виробництво продуктів харчування, Україна не може собі дозволити відводити великі площі для вирощування енергопостачальної біомаси.

– Екологічні наслідки розміщення відходів. Технологічні відходи електростанцій або упаковують у контейнери, або «розсіюють». Досить малі за об'ємами відходи ядерної енергетики ніколи не викидали в повітря, у тепловій же енергетиці велика частина відходів розпорошується в атмосфері. При цьому оксиди сірки й азоту з'єднуються з атмосферною вологою і спричиняють кислотні дощі. Важкі метали і арсен (миш'як) осідають на ґрунт.

– Кліматичні зміни. Зростання CO<sub>2</sub> в атмосфері, пов'язане з людською діяльністю, на 75% викликане спаленням органічного палива, а значна частина решти 25% — масштабним зменшенням площі лісів.

Багато років вчені працюють над перетворенням реакторів на швидких нейтронах в спалювачі відпрацьованого палива з реакторів звичайних. У цій стратегії багато плюсів: загальна кількість небезпечних радіоактивних відходів, що підлягають все ж похованню, різко знижується, а повнота використання природного урану радикально підвищується. На думку групи вчених, кращим рішенням буде гібридна установка синтезу-розпаду, влаштована вона так. У центрі – джерело нейтронів, що працює на реакції синтезу – Compact Fusion Neutron Source (CFNS). «Ковдра» навколо CFNS – це ядерний реактор, в який у якості палива поміщаються трансуранові відходи класичних легководяних АЕС.

Поєднання класичних реакторів з гібридними FFTS, підрахували американські фахівці, дозволить вирішити проблему відпрацьованого ядерного палива не за століття, а за десятиліття. На базі Національного наукового центру Харківський фізико-технічний інститут ведеться будівництво дослідницької ядерної установки ("гібридний реактор"). Такі реактори використовуються здебільшого в США, Франції та Японії для переробки відпрацьованого ядерного палива та утилізації довгоживучих компонентів радіоактивних відходів.

#### **Література**

1. Ядерна енергетика- [http://uk.wikipedia.org/wiki/Ядерна\\_енергетика](http://uk.wikipedia.org/wiki/Ядерна_енергетика);
2. Атомна енергетика- <http://www.slideshare.net/dkann/ss-1937291>;
3. Ресурси і запаси урану- [http://uk.wikipedia.org/wiki/Ресурси\\_і\\_запаси\\_урану](http://uk.wikipedia.org/wiki/Ресурси_і_запаси_урану).
4. Енергетична політика України – №7-8, 2002 – с. 96-103.

**Рекомендує до друку  
науковий керівник**

**доцент Сергій Меньяйлов**