

- мінімальні масогабаритні показники;
- мінімальні струми холостого ходу і порівняно вища продуктивність, ніж у щіткових електродвигунів такого ж розміру;
- велика переважувальна здатність по моменту ВД (короткочасно допустимий момент і струм можуть перевищувати номінальні значення в п'ять і більше разів);
- висока швидкодія в перехідних процесах за моментом;
- покращені енергетичні показники (ККД і коефіцієнт потужності). ККД ВД перевищує 90 % і незначно відхиляється від номінального при варіаціях навантаження.

У загальному випадку вентильним можна назвати будь-який електропривід, в якому регулювання режиму роботи відбувається за допомогою керованих вентильних (напівпровідникових) перетворювачів електричної енергії: випрямляча, імпульсного регулятора постійного струму, перетворювача частоти. У більш вузькому загальноприйнятому сенсі вентильний електропривід (ВЕП) або вентильний двигун (ВД) становить електромеханотрону систему (рис. 3), в якій об'єднані синхронна електрична машина, зазвичай, із збудженням від постійних магнітів (ПМ), електронний комутатор (ЕК), за допомогою якого здійснюється живлення обмоток якоря машини, і система автоматичного управління інвертором, оснащена необхідними вимірювальними пристроями (давачами) [9]. Часто ВД також називають безконтактними двигунами постійного струму або оберненою машиною постійного струму.

**Висновки.** Як витікає із вказаного ефективним при ДП судна є застосування ЕС AZIPOD як АЗК. При цьому очевидної важливості набувають питання щодо обґрунтованого вибору електричного двигуна. Враховуючи конструктивні і техніко-експлуатаційні переваги ВД порівняно з іншими типами електричних машин особливої уваги потребують дослідження щодо можливості їх застосування як однієї із складових АЗК, зокрема ЕС AZIPOD для забезпечення ДП судна.

### Література

1. Лукомский Ю.А. Системы управления морскими подвижными объектами : учебник / Ю.А. Лукомский, В.С. Чугунов. – Л. : Изд-во "Судостроение", 1988. – 272 с.
2. Сич Є. Проблеми розвитку транспортної системи прикордонного регіону / Є. Сич // Економіка України : політико-економічний журнал. – 2001. – № 11. – С. 14-18.
3. АВВ Оу. Представление продуктов Azipod® серии VI. – Хельсинки, 2010. – С. 36.
4. Достигаая дальних горизонтов. Морская биржа. – 2009. – № 4 (30). [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://www.maritimemarket.ru/article.phtml?id=1127>
5. Снопков В.И. Управление судном : учебник [для студ. ВУЗов] / В.И. Снопков. – СПб. : Изд-во АНО НПО "Профессионал", 2004. – 536 с.
6. Судовые вспомогательные механизмы. [Электронный ресурс]. – Доступный с [http://www.trans-service.org/ru.php?section=info&page=s\\_u&subpage=sud\\_vspom\\_meh\\_00-09](http://www.trans-service.org/ru.php?section=info&page=s_u&subpage=sud_vspom_meh_00-09)
7. Шарлай Г.Н. Управление морским судном : учебн. пособ. / Г.Н. Шарлай. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2010. – С. 509.
8. Радченко А.П. Электричний двигун з постійними магнітами для судного азипода / А.П. Радченко, Рашид Буда // Електромашиностроение и электрооборудование Республиканский межведомственный научно-технический сб. – 2001. – № 56. [Электронный ресурс]. – Доступный с [http://storage.library.opu.ua/online/periodic/ee\\_56/14.html](http://storage.library.opu.ua/online/periodic/ee_56/14.html)
9. Вычужанин В.В. Программное управление вентильным электроприводом / В.В. Вычужанин // Вісник одеського національного морського університету. – 2012. – № 36. – С. 104-118.

10. Демченко Г.В. Вентильный реактивный тяговый двигатель из живлением від джерела постійного струму : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.09.01 "Електричні машини і апарати" / Геннадій Володимирович Демченко. – Донецьк, 1999. – 20 с.

11. Лозинський А.О. Синтез нейрорегулятора для формування жорстких характеристик вентильного реактивного двигуна / А.О. Лозинський, Ю.О. Бобченко // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2011. – № 4 (80). – С. 51-55.

### Смольянов А.П. Анализ существующих средств управления динамического позиционирования судна

Проанализированы известные средства активного управления, которые используются для динамического позиционирования судна. Определено, что очевидные преимущества имеют электродвижущие системы типа AZIPOD. Показано, что важным при этом является выбор электродвигателя и указана перспективность применения при этом вентильных двигателей.

**Ключевые слова:** динамическое позиционирование, активные средства управления, электродвижущие системы AZIPOD, вентильный двигатель.

### Smoljanov A.P. Analysis of existing control vehicles dynamic positioning

The article analyzes the known means of active management, which are used for dynamic positioning of the vessel. The fact that benefits are obvious is determined, its electromotive systems like AZIPOD. It is shown that important is the choice of the motor and given the prospect of the application at the same valve engines.

**Keywords:** dynamic positioning, active controls, electromotive system AZIPOD, valve engine.

УДК 669.296:621 Доц. А.Б. Тарнавський, канд. техн. наук – Львівський ДУ БЖД

### СУЧАСНІ ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ЯДЕРНО-ПАЛИВНОГО ЦИКЛУ В УКРАЇНІ

Проаналізовано існуючий стан ядерно-паливного циклу (ЯПЦ) України. Висвітлені проблеми та перспективи розвитку атомної енергетики України та передумови створення власного ЯПЦ. Наведено існуючу структуру ЯПЦ України та виробничі потужності для її забезпечення. У загальній структурі організації виробництва ядерного палива в нашій державі проблематичним є лише здійснення злогопного збагачення урану, повторна переробка та утилізація відпрацьованих тепловиділяючих елементів, а також забезпечення атомної енергетики необхідними хімічними компонентами та технологічним обладнанням.

**Ключові слова:** ядерно-паливний цикл, ядерне паливо, уранова руда, тепловиділяючі елементи, тепловиділяючі збірки, цирконієві сплави, відпрацьоване ядерне паливо, радіоактивні відходи, сховища відпрацьованого ядерного палива.

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі розвитку атомної енергетики перед Україною постала низка проблем зі створення власного ядерно-паливного циклу (ЯПЦ), що призводить до залежності її від інших держав [1].

Ядерно-паливний цикл – це сукупність процесів і операцій, що охоплюють весь технологічний ланцюг обігу ядерного палива – від видобутку руди до утилізації відпрацьованого ядерного палива (ВЯП). Заключний етап ЯПЦ, пов'язаний з ВЯП, визначає його тип [2]. Якщо подальше використання ВЯП після його видалення з реактора не планується, то його розглядають як радіоактивні відходи і відправляють на довготермінове зберігання, а в перспективі – на остаточне ("вічне") поховання. Такий цикл називають "відкритим" ("розімкненим") або "неповним". Але ВЯП можна переробити, щоб знову використати невикористані

лий уран і плутоній, що утворилися внаслідок опромінення палива у реакторі. Такий варіант ЯПЦ називають "повним" або "замкненим на урані" [3]. Якщо в обіг палива включають ще й отриманий з ВЯП плутоній, то мова йде про ЯПЦ, що замкнений на урані і плутонію.

Реалізація повного ЯПЦ є дуже складною і коштовною процедурою. Єдиною країною у світі, яка здійснює повний ЯПЦ, є Російська Федерація (РФ). Інші країни світу з розвиненою атомною енергетикою окремі етапи ЯПЦ здійснюють за рахунок іноземних потужностей, наприклад, США, Франція і Великобританія купують природний уран; Японія, Німеччина, Швеція, Бельгія, Іспанія, крім природного урану, купують послуги з його конверсії і збагачення.

Видобуток урану з родовищ планети на сьогодні забезпечує близько 60 % потреб АЕС світу [4]. Дефіцит виробництва урану покривається, здебільшого, зі складських запасів. За прогнозом МАГАТЕ, світові потреби в урані неухильно зростатимуть і потреба в урані ( $U_3O_8$ ) зі сучасних 77-80 тис. тонн на рік до 2050 р. зросте до 170-180 тис. тонн на рік. Цей дефіцит можна частково покрити збройовим ураном або ураном з ВЯП. Проте, навіть у разі використання цих резервів, загальна світова потреба атомної енергетики в урані не буде забезпечена і ціни на уран неухильно зростатимуть. До того ж запаси урану в Європі вичерпуються і його видобуток стрімко скорочується.

Дотепер в Україні реалізується відкритий ЯПЦ [5]. Свіже ядерне паливо для роботи українських АЕС постачається у вигляді готових тепловиділяючих елементів (ТВЕЛів) з РФ. Відпрацьоване ядерне паливо з реакторів після попередньої витримки у приреакторних басейнах відправляють на проміжне зберігання та наступну переробку у РФ, після чого воно підлягає поверненню в Україну для поховання. Останніми роками зростає вартість його вивезення та переробка. У зв'язку з цим на атомних електростанціях (АЕС) України зростає кількість ВЯП.

Не менш важливою для України є проблема перероблення та утилізації радіоактивних відходів (РАВ). У процесі експлуатації АЕС утворюються рідкі й тверді РАВ, які протягом певного часу зберігаються на території станції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В Україні видобування власного природного урану становить близько 840 тонн на рік [6], що забезпечує потреби для виготовлення палива для чотирьох вітчизняних АЕС на 30 %. Решту Україна купує в РФ, але до 2015 р. має намір на 100 % забезпечити себе власним ураном. За розрахунками Мінпаливенерго, запасів дванадцяти нині відкритих уранових шахт вистачить на найближчі 100 років, а в разі введення реакторів нового покоління на швидких нейтронах потенціал запасів зросте в 60-70 разів.

Відповідно до даних Державної служби геології та надр України, в країні є всі необхідні природні ресурси, які потрібні для розвитку ЯПЦ та реакторобудування [7]. В Україні існують підприємства, які потенційно можуть у середньо-терміновій перспективі виробляти великогабаритне обладнання. За оцінками експертів, у разі використання реакторів тільки на теплових нейтронах, наявних власних ресурсів урану вистачить на понад 100 років, а в разі переходу на використання ядерних реакторів на швидких нейтронах [8], ресурсів власного урану може вистачити на кілька тисяч років. Якщо ж врахувати наяв-

ність значних запасів торію (якого на Україні майже стільки, скільки урану), то у разі переходу на уран-торієвий ЯПЦ власних запасів ресурсів для України вистачить на пропорційно більший термін.

Як спробу пошуку шляхів диверсифікації поставок ядерного палива варто розглядати розпочату разом з США програму з адаптації американського ядерного палива щодо його використання на українських АЕС. Основними проблемами є те, що цирконієві сплави американського і російського палива не є взаємозамінними (в російському паливі застосовують сплави цирконію з ніобієм, а в американському – сплав цирконію з залізом, нікелем та оловом) [5]. Дослідна партія ядерного палива японсько-американської фірми Westinghouse Electric Company поставлена на блок № 3 Південноукраїнської АЕС у 2003 р.

Участь України у виробництві ядерного палива для власних АЕС включає видобуток і перероблення уранової та цирконієвої руд з подальшою поставкою до РФ уранового та цирконієвого концентрату, карбїду бору і легуючих добавок. Все інше виробляється в РФ: забезпечення концентратом урану, одержання гексафториду урану, його збагачення стосовно урану-235, виготовлення цирконієвого сплаву і прокату, тепловиділяючих зборок (ТВЗ), здійснюється науково-технічний супровід ЯПЦ та поставка необхідного устаткування.

Така монопольна залежність від РФ для забезпечення потреб нашої атомної енергетики розцінюється як загроза енергетичній безпеці України і тому неодноразово розпочиналися спроби для її усунення шляхом створення вітчизняного ЯПЦ.

Уперше проблему організації власного ЯПЦ розглянуто Кабінетом Міністрів в 1993 р. Згодом вийшли такі документи, як Указ Президента від 23.02.1994 р., № 64/94, Комплексна програма створення ядерно-паливного циклу (затверджена Постановою Кабінету Міністрів від 12.04.1195 р., № 267), Національна енергетична програма України до 2010 р. та низка інших. Проте з багатьох причин ця проблема так і залишилася невирішеною.

Для рішення проблеми ВЯП розроблено "Програму поведження з ВЯП АЕС України" [9], відповідно до якої планується зменшення вивозу ВЯП у РФ аж до повного його припинення за рахунок спорудження сухих сховищ відпрацьованого ядерного палива (ССВЯП) на усіх вітчизняних АЕС. Враховуючи заповнення ємності приреакторних басейнів ВЯП, вживають додаткових заходів, одним із яких є встановлення стелажів ущільненого зберігання ВЯП у приреакторних басейнах на енергоблоках Рівненської, Хмельницької, Южно-Української та Запорізької АЕС. На території Запорізької АЕС ССВЯП працює з 2001 р. Поза сумнівом, це значною мірою вирішить проблему тимчасової витримки ВЯП.

Річне збільшення об'ємів РАВ у сховищах на АЕС України в середньому становить 4-6 % для твердих і 11-13 % для рідких РАВ від проектних об'ємів сховищ. У разі збереження таких темпів заповнювання об'ємів сховищ найближчими роками може виникнути проблема експлуатації енергоблоків [1]. Враховуючи це, в рамках виведення з експлуатації Чорнобильської АЕС заплановано будівництво заводу з перероблення рідких РАВ, установки для вилучення твердих відходів, заводу з перероблення твердих відходів та сховища корот-

коїснуючих РАВ [10]. Проте це стосується поводження з РАВ на відносно короткий термін. Найскладнішим і поки що невирішеним питанням є поводження з довгоіснуючими та високоактивними відходами. Державною програмою передбачається, що такі відходи мають бути розміщені у стабільних геологічних формаціях для постійного зберігання [11].

Президент України В.Ф. Янукович Указом від 5.06.2013 р., № 317/2013 ввів у дію рішення Ради національної безпеки і оборони України "Питання розвитку атомно-промислового комплексу і створення ядерно-паливного циклу в контексті гарантування енергетичної безпеки України". Його метою є створення практично замкненого ЯПЦ від видобутку сировини до утилізації. Комплексна програма створення вітчизняного ЯПЦ передбачає вирішення проблеми на довготермінову перспективу шляхом використання вітчизняного сировинного, виробничого і науково-технічного потенціалу для повного задоволення власних потреб в ядерному паливі і виходу з високотехнологічною продукцією на світові ринки. Для цього заплановано поетапний розвиток і створення елементів вітчизняного ЯПЦ, включаючи збільшення видобутку і перероблення уранової і цирконієвої сировини, отримання гексафториду урану, реконструкція та створення потужностей з виробництва цирконієвих сплавів і прокату, на кінцевому етапі – виготовлення ТВЗ. Для операції збагачення урану передбачено застосування іноземних потужностей.

**Постановка завдання.** Висвітлення проблем та перспектив розвитку підприємств ЯПЦ України.

**Виклад основного матеріалу.** Зазвичай ЯПЦ складається з таких етапів:

- видобування, подрібнення і концентрування уранової руди;
- вилучення урану із уранової руди та його збагачення за ізотопом U-235;
- перетворення урану в паливо і виготовлення ТВЕЛів та ТВЗ;
- використання паливних елементів у ядерних реакторах;
- виділення з відпрацьованого палива нагромадженого плутонію, невикористаного урану та інших радіонуклідів, які застосовують у різних галузях виробництва;
- перероблення, зберігання і захоронення вигорілого палива та РАВ.

За розвіданими запасами урану Україна посідає перше місце в Європі і шосте в світі. На території України у Кіровоградській області є одне з найбільших в Європі уранове родовище – Новокостянтинівське (запаси близько 100-150 тис. тонн). За досить низького вмісту урану в рудах, родовища України мають низку особливостей, які забезпечують конкурентну здатність виробленого уранового концентрату.

Основні запаси урану зосереджені у Кіровоградському уранорудному районі (оцінювані запаси понад 100 тис. тонн, з яких більше половини – рентабельні), а також у Центральноукраїнському уранорудному районі. Родовища Побузького уранорудного району відпрацьовані у 1990-х роках.

Сьогодні в Україні 12 розвіданих родовищ урану (найбільша їх кількість на Кіровоградщині) дають змогу забезпечити потреби діючих вітчизняних АЕС більш ніж на 100 років, а в разі переходу на використання реакторних установок на швидких нейтронах потенціал вітчизняних уранових запасів збільшиться у 60-70 разів.

Видобуток уранової руди здійснюється на Смолінській та Інгульській шахтах. Смолінська шахта розробляє Ватутінське родовище (смт. Смоліно Маловисківського району Кіровоградської області), Інгульська – Мічуринське та Центральне (околиці м. Кіровограда). Северинське родовище знаходиться у резерві й низка родовищ – підготовлені до розвідки.

Окрім того, ведуть рекультивацийні роботи на закритих родовищах – Девладівському та Братському. Започаткування освоєння Новокостянтинівського уранового родовища зможе повністю задовольняти потреби України в урані. Після повного введення цього родовища в експлуатацію наша країна не тільки повністю задовольнить власні потреби в урановій сировині, але і зможе налагодити її експорт.

Перероблення уранових руд з вмістом природного урану до 0,15 % і отримання уранового концентрату ( $U_3O_8$ ) здійснюють на гідрометалургійному заводі у м. Жовті Води (Дніпропетровська область). Основною продукцією заводу є концентрат природного урану чистотою 99,85 % (94 %  $UO_2$  + 6 %  $UO_3$ ), що становить до 76 % від загального обсягу продукції. Крім того, Україна має унікальні родовища цирконію (Малишевське родовище титано-цирконієвої руди). Цирконій є унікальним матеріалом для атомної енергетики і його використовують для виготовлення ТВЕЛів і ТВЗ. ДП "Вільногірський державний гірничо-металургійний комбінат" є сьогодні фактично монополієм постачальником цирконієвої сировини на світові ринки.

Основними виробниками цирконієвої продукції у світі є США, РФ, Франція, Великобританія, Німеччина, Канада. Україна також має можливість розвивати виробництво цирконію, оскільки має власну сировинну базу та досвідне виробництво сплавів цирконію ядерної чистоти у Державному науково-виробничому підприємстві "Цирконій" (м. Дніпродзержинськ Дніпропетровської області). В Україні розробляється Малишевське родовище ільменіт-рутил-цирконових руд і щорічно постачає до РФ 3 тис. тонн цирконієвого концентрату, забезпечуючи потреби як українських, так і російських АЕС. Руду переробляють на комбінаті до концентрату з вмістом цирконію 65 % і гафнію 1,8 %. Переробку концентрату цирконію та виробництво цирконієвих сплавів з українського концентрату сьогодні здійснює ВАТ "Челетський механічний завод" (м. Глазов, Удмуртія, РФ), який входить у структуру паливної компанії "ТВЕЛ" Держкорпорації "Росатом". Свого часу в Україні освоїли виробництво цирконієвих сплавів, проте внаслідок аварії на ЧАЕС роботи було зупинено.

Ядерне паливо російського і західного виробництва базується на різних сплавах цирконію, що ускладнює їхню взаємозамінність і зумовлює для України монополізм одного виробника. А замінити цирконій на інші метали у процесі виробництва ядерного палива неможливо, тому що тільки він має унікальні фізичні та ядерні властивості, які сприяють ефективному поділу урану.

Необхідною умовою розвитку виробництва металевих цирконію в Україні на найближчі роки мусить стати організація власного споживання в ядерній енергетиці, що може бути забезпечено лише за умови власного виробництва ТВЗ, а також завоювання експортних ринків збуту в РФ та інших країнах.

Подальший розвиток цирконієвого виробництва значною мірою пов'язаний з вибором технології виробництва цирконієвого прокату та трубної заготовки. Початок створення виробництва ядерного палива пов'язаний з освоєнням потужностей цирконієвого виробництва, наявністю технології виробництва ядерного палива та економічним обґрунтуванням терміну початку цього виробництва.

Для перероблення закису-окису урану у гексафторид урану та для оберненої конверсії гексафториду урану у двоокис урану Україні потрібний власний газофторидний комплекс – для цього є всі необхідні природні ресурси. Цей газофторидний комплекс не є технологією для військового застосування і тому може бути побудований на території України без зайвих претензій з боку міжнародних організацій та інших держав. Побудова такого газофторидного комплексу значною мірою підніме власну урановидобувну галузь та спростить повернення на Україну збідненого урану, який може знадобитися у майбутньому для палива реакторів на швидких нейтронах [7].

Схематично структуру ядерно-паливного циклу України можна представити таким чином (рис.):



Рис. Схеми організації ядерно-паливного циклу в Україні:

1. Видобуток та первинне збагачення урану: "Східний гірничо-збагачувальний комбінат" (м. Жовті Води), ДП "Придніпровський гідрометалургійний завод" (м. Жовті Води) [12].
2. Перероблення двоокису урану  $UO_2$  у тетрафторид та гексафторид урану ( $UF_4$  та  $UF_6$ ): здійснюється на гідрометалургійному заводі у м. Жовті Води.
3. Постачання хімічних компонентів (сорбентів) для збагачення та перероблення урану: ДП "Смоли" (м. Дніпродзержинськ).
4. Видобуток цирконію та виробництво цирконієвої сировини (сульфат цирконію): ДП "Вільногірський державний гірничо-металургійний комбінат" (м. Вільногірськ Дніпропетровської області).
5. Виробництво ядерночистого цирконію: ДНВП "Цирконій" (м. Дніпродзержинськ Дніпропетровської області).
6. Прокат труб з цирконію, які необхідні для виготовлення ТВЕЛів: ДП "Дніпропетровський завод прецизійних труб" (м. Дніпропетровськ). Також можлива організація виробництва на базі колишнього Нікопольського трубного заводу. Альтернатива – купівля комплектуючих в РФ.
7. Збагачення гексафториду урану  $UO_6$  за ізотопом 235: можливе завдяки володінню 10 % акцій Державним концерном "Ядерне паливо" у ВАТ "Міжнародний центр по збагаченню урану", який створений на базі Ангарського електролізного хімічного комбінату, і гарантовано забезпечить нашій державі постачання гексафториду урану  $UO_6$ .
8. Виробництво уранових таблеток: в майбутньому можливо організувати під час будівництва другої черги заводу з виробництва ядерного

палива у смт. Смолино. У рамках другої черги будуть створені ділянки для виготовлення паливних таблеток, порошоків тощо [12]. Альтернатива – закупівля уранових таблеток на підприємствах РФ ВАТ "Машинобудівний завод", м. Електросталь (постачає ТВЗ для двох енергоблоків ВВЕР-440 Рівненської АЕС) та ВАТ "Новосибірський завод хімконцентратів" (постачає паливо для 13-ти блоків ВВЕР-1000 трьох інших АЕС України) та Казахстану АТ "Ульбінський металургійний завод" (один з найбільших виробників уранових таблеток у світі) [13].

9. Комплектація ТВЗ: забезпечення завдяки будівництву з 4 грудня 2012 р. на землях Смолинської шахти ДП "СхідЗК" у смт. Смолино Кіровоградської області заводу з виробництва ядерного палива. В акціонерному капіталі спільного підприємства українському концерну належатиме 50 % + 1 акція і російському "ТВЕЛ" 50 % – 1 акція. Перша черга заводу передбачає створення ділянок спорядження ТВЕЛів; виробництво ТВЗ та створення ділянок для виготовлення ряду комплектуючих.

10. Утилізація відпрацьованих ТВЕЛів: потрібно будувати завод з перероблення напруцьованого у ТВЗ плутонію у ядерне паливо нового покоління. Альтернатива – складування відпрацьованих ТВЕЛів в Україні або їх часткова переробка в РФ з подальшим зберіганням в Україні ядерних відходів.

Реалізація схеми цього ЯПЦ цілком можлива й вигідна Україні. Розташування підприємств ЯПЦ України наведено на рис. 2.

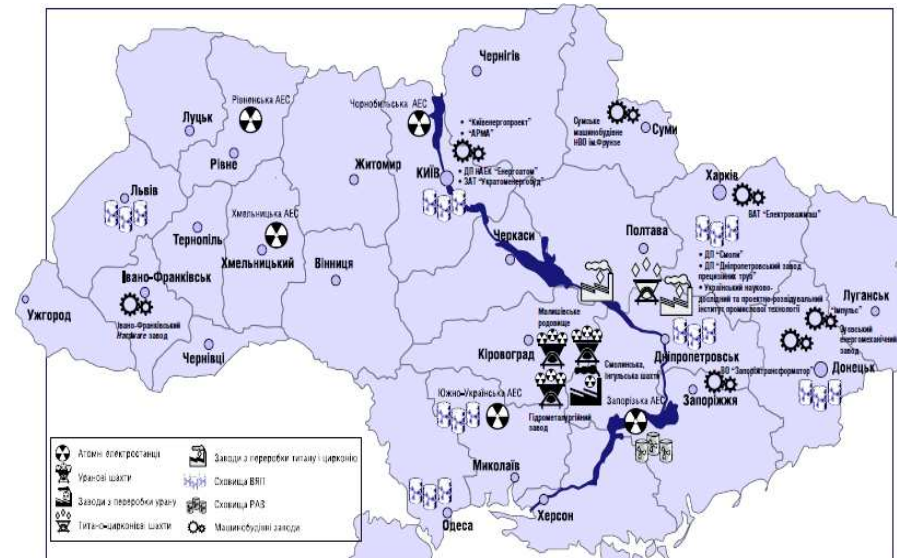


Рис. 2. Розташування підприємств ядерно-паливного циклу України

Вирішивши проблеми виробництва ядерного палива, зокрема і його збагачення, Україна зможе повторно використовувати ядерні матеріали (переважно плутоній), що нагромаджуються у відпрацьованих ТВЕЛіах. РФ вже розробила технологію змішаного ядерного палива: до збагаченого урану додається певна частина плутонію. Ми ж свої відпрацьовані ТВЕЛіа зараз передаємо на утилізацію РФ, яка вилучає звідти плутоній та інші цінні матеріали, а нам повертає на зберігання лише радіоактивні відходи. Переробляючи ТВЕЛіа самостійно, Україна зміцнить свої позиції у забезпеченні паливом власних АЕС, зокрема й тих, які доведеться будувати на заміну існуючим.

У зв'язку з цим було прийнято рішення про будівництво за проектом корпорації "Holtec International" (США) централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива (ЦСВЯП) [10, 14] для потреб всіх АЕС України у Чорнобильській зоні на території майданчика ЦПЗ "Центральне підприємство з захоплення РАВ". Це дасть змогу відмовитись від транспортування та послуг перероблення ВЯП в РФ, що надалі заощадить державі кілька мільярдів доларів. Введення в експлуатацію ЦСВЯП передбачається у 2015 р. Тривалість зберігання ВЯП 100 років, понадпроектний термін – 15 років. Загальна місткість сховища 16529 відпрацьованих ТВЗ реакторів типу ВВЕР-440 та ВВЕР-1000.

Середнє питоме утворення твердих і рідких РАВ на АЕС України становить приблизно 27 і 35 м<sup>3</sup> на 1 млрд кВт-год виробленої енергії. Сховища радіоактивних відходів характеризуються високими ступенями заповнення: твердих РАВ – 35-75 %, рідких РАВ – 24-80 % [15].

**Висновки.** Отже, проаналізувавши сучасний стан атомної галузі України, ми дійшли висновку, що в нашій державі є непогані передумови для організації виробництва власного ядерного палива та створення в майбутньому власного ЯПЦ, а саме: родовища та потужності з видобутку і перероблення уранової та цирконієвої руди; промислова база для виготовлення необхідних комплектуючих виробів; наявність організацій, які здатні забезпечити належну науково-технічну, технологічну та проектну підтримку. Наявність найбільших в Європі покладів уранової руди дасть змогу Україні впевнено розвивати атомну енергетику. Імпульс отримають наукові та високотехнологічні галузі вітчизняної економіки, машинобудування. І, найголовніше, Україна з енергетично залежної держави може стати потужним експортером як електроенергії, так і компонентів для АЕС.

### Література

1. Держком. ядерного регулювання України. Доповідь про стан ядерної та радіаційної безпеки в Україні у 2012 році.
2. Іванов С.А. Радіоекологічні дослідження : навч. посібн. – Львів : Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2004. – 149 с.
3. Щербина В. Ядерна альтернатива / В. Щербина // Енергетика незалежності. – К., 2000. – № 2 (4). – С. 145-152.
4. Кулиш Е.А. Уранові руди мира: Геологія, ресурси, економіка / Е.А. Кулиш, В.А. Михайлов. – К. : Вид-во "КНУ, 2004. – 277 с.
5. Ядерна безпека України: стан і проблеми // Національна безпека і оборона. – К. : Вид-во "Український центр економічних і політичних досліджень ім. О. Разумкова". – 2005. – № 6 (66). – С. 11-21.
6. Сайт з питань ядерної безпеки, радіаційного захисту та нерозповсюдження ядерної зброї. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://uatom.org/posts/29>
7. Пріоритетні напрями та завдання розвитку ядерної енергетики та атомної промисловості. Аналітична записка. – Національний ін-т стратегічних досліджень при Президентові України, 2011.
8. Marques J.G. Evolution of nuclear fission reactors: Third generation and beyond / J.G. Marques // Energy Conservation and Management. – 2010. – Vol. 51. – Pp. 1774-1780.
9. Закон України "Про порядок прийняття рішень про розміщення, проектування, будівництво ядерних установок і об'єктів, призначених для поводження з радіоактивними відходами, які мають загальнодержавне значення" (від 08.09.2005 р., № 2861-IV).
10. Техніко-економічне обґрунтування інвестицій централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива реакторів ВВЕР АЕС України. Інформаційно-аналітичний огляд матеріалів / Мінпаливенерго, ДНІЦ СКАР, НАЕК "Енергоатом". – 2007.

11. Закон України "Про Загальнодержавну цільову екологічну програму поводження з радіоактивними відходами" (від 17.09.2008 р., № 516-VI).
12. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 27.06.2012 р., № 437-р "Питання розміщення, проектування та будівництва заводу з виробництва ядерного палива для реакторів типу ВВЕР-1000".
13. Диверсифікація постачання ядерного палива на українські АЕС // Національна безпека і оборона. – К. : Вид-во "Український центр економічних і політичних досліджень ім. О. Разумкова, 2009. – № 6. – С. 38-49.
14. Закон України "Про поводження з відпрацьованим ядерним паливом щодо розміщення, проектування та будівництва централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива реакторів типу ВВЕР вітчизняних атомних електростанцій" (від 09.02.2012 р., № 4384-VI).
15. Денисенко А. 25 років після Чорнобиля: перспективи розвитку атомної енергетики в Україні / А. Денисенко, Я. Мовчан. – Рівне : Фонд ім. Г. Бьолля в Україні, 2011. – 64 с.

### **Тарнавський А.Б. Современные перспективы создания ядерно-топливного цикла в Украине**

Проанализировано существующее состояние ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) Украины. Показаны проблемы и перспективы развития атомной энергетики Украины и предпосылки создания собственного ЯТЦ. Приведены существующая структура ЯТЦ Украины и производственные мощности для ее обеспечения. В общей структуре организации производства ядерного топлива в нашей стране проблематичны только осуществление изотопного обогащения урана, повторная переработка и утилизация отработанных тепловыделяющих элементов, а также обеспечение атомной энергетики необходимыми химическими компонентами и технологическим оборудованием.

**Ключевые слова:** ядерно-топливный цикл, ядерное топливо, урановая руда, тепловыделяющие элементы, тепловыделяющие сборки, циркониевые сплавы, отработанное ядерное топливо, радиоактивные отходы, хранилища отработанного ядерного топлива.

### **Tarnavskyy A.B. Prospects of creation nuclear fuel cycle in Ukraine**

We have analysed current state of nuclear-fuel cycle (NFC) of Ukraine. There were highlighted problems and perspectives of nuclear power in Ukraine and preconditions for creating our own NFC. The structure of Ukrainian NFC and capacities to insure it were described in this work also. The implementation of the isotopic enrichment of uranium, recycling and utilization of fuel elements that were spent and providing for nuclear power necessary chemical components and technological equipment are the only problematic things in general organisational structure of nuclear power production in our country.

**Keywords:** nuclear-fuel cycle, nuclear power, uranium ore, fuel elements, fuel assemblies, zirconium alloys, spent nuclear fuel, warehouse of spent nuclear fuel.