

УДК 620.9

ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У СВІТІ, ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ

В.Ф. Торбін, доктор медичних наук, професор, професор кафедри військової токсикології, радіології та медичного захисту Української військово-медичної академії

М.К. Хобзей, доктор медичних наук, доцент, професор кафедри організації медичного забезпечення Української військово-медичної академії

О.Є. Левченко, доктор медичних наук, доцент, полковник медичної служби, начальник кафедри військової токсикології, радіології та медичного захисту Української військово-медичної академії

Резюме. Представлені матеріали з історії виникнення і розвитку ядерної енергетики, висвітлені проблемні питання, що стоять перед нею, досліджені перспективи її розвитку у світі та Україні.

Встановлено, що розвиток ядерної енергетики з самого початку був обумовлений не економічними, а військово-політичними чинниками. Переакцентування енергетичного комплексу у провідних країнах світу на розвиток ядерної енергетики привело до значного зменшення ролі теплових електростанцій у енергетичному балансі. На сьогодні світова атомна енергетика, як прогнозували, не стала провідною у енергетичній галузі, але зберігає свої позиції, як одне з основних джерел енергії. Причому приріст ядерної енергетики, в даний час, здійснюється, в основному, за рахунок держав Азії. Перспективу розвитку ядерної енергетики як у світі, так і в Україні пов'язують з процесами розробки технологій продовження термінів роботи реакторів, що діють, створення у найближчі десятиліття реакторів природної безпеки та термоядерного синтезу.

Ключові слова: ядерна енергетика, історія розвитку, проблеми, перспективи.

Вступ. Енергетика – найважливіша галузь народного господарства, що охоплює енергетичні ресурси, вироблення, перетворення, передачу і використання різних видів енергії. Це основа економіки держави.

В світі йде процес індустріалізації, який вимагає додаткової витрати матеріалів, що збільшує енерговитрати. Із зростанням населення збільшуються енерговитрати на обробку ґрунту, збирання врожаю, виробництво добрив і так далі

В даний час багато природних легко досяжних ресурсів планети вичерпуються. Добувати сировину доводиться на великій глибині або на морських шельфах. Обмежені світові запаси нафти і газу, здавалося б, ставлять людство перед перспективою енергетичної кризи. Проте використання ядерної енергії дає

людству можливість уникнути цього, оскільки результати фундаментальних досліджень фізики атомного ядра дозволяють відвести загрозу енергетичної кризи шляхом використання енергії, що виділяється при деяких реакціях атомних ядер.

Мета дослідження. Простежити історію виникнення і розвитку ядерної енергетики, висвітлити проблемні питання, що стоять перед нею, дослідити перспективи її розвитку у світі та Україні.

Матеріали та методи дослідження. Основними джерелами інформації були матеріали наукових джерел (статті у наукових виданнях, монографії тощо - 17), преси (1) та нормативно правові акти державного та міжнародного рівня (4) за період від 1978 року і до тепер.

Результати дослідження та їх обговорення. Досвід минулого свідчить, що проходить не менше 80 років, перш ніж одні основні джерела енергії замінюються іншими - дерево замінило вугілля, вугілля - нафта, нафта - газ, хімічні види палива замінила атомна енергетика. Історія опанування атомної енергії - від перших дослідних експериментів - налічує близько 70 років, коли в 1939 р. була відкрита реакція ділення урану.

У грудні 1942 року у Чикаго був запущений перший у світі ядерний реактор, а у 1946 р. в СРСР був споруджений і запущений перший на Європейсько-азіатському континенті ядерний реактор. Всього через 3 роки, наприкінці 1949 року, Радянський Союз приступив до проектування першої атомної електростанції у

м. Обнінську, що дала струм у червні 1954 року. Її потужність складала 5 МВт, але це була не межа. Паралельно створюється уранодобувна промисловість. Організовано виробництво ядерного пального - урану-235 і плутонію-239, налагоджений випуск радіоактивних ізотопів. Ще через 3 роки, у 1957 р., на океанські простори вийшло перше в світі атомне судно - криголам Ленін. У 1964 році в СРСР пустили енергоблок потужністю 210 МВт (1-й блок Нововоронезької АЕС), у 1969 році – 365 МВт (там же, блок №2), у 1974 – 1000 МВт (1-й блок Ленінградської АЕС). У 60-і роки 20-го століття по всьому світу реактори стали зростати як гриби (табл. 1). Масове введення в дію цивільних АЕС припало на початок 70-х років. У ці роки були запущені найпотужніші атомні електростанції (табл.2).

Таблиця 1

Дата уводу перших потужностей АЕС по країнам

Дата уводу перших потужностей	Страна
1954	СРСР
1956	Великобританія
1957	США
1963	Італія
1965	Франція
1966	ФРН, Японія, ГДР
1967	Канада
1968	Іспанія, Нідерланди
1969	Швейцарія, Індія
1971	Швеція, Пакістан
1974	Бельгія, Болгарія, Аргентина
1977	Фінляндія, Півд. Корея, о. Тайвань
1979	Чехословаччина

Таблиця 2

Найбільш потужні АЕС у світі

Назва АЕС	Країна	Потужність, МВт	Кількість блоків
«Фукусима» (Fukushima)	Японія	8815	10
«Брус» (Bruce)	Канада	6818	8
«Гравелін» (Gravelines)	Франція	5460	6
«Палюель» (Paluel)	Франція	5320	4
«Катеном» (Cattenom)	Франція	5200	4
«Запоріжська»	Україна	4765	5
«Бюже» (Bugey)	Франція	4140	5
«Пікерінг» (Pickering)	Канада	4116	8
«Пало Верде» (Palo Verde)	США	3810	3
«Курська»	Росія	3700	4
«Ленинградська»	Росія	3700	4
«Трикастен» (Tricastin)	Франція	3660	4

Атомники тріумфували і малювали суспільству приголомшуючі енергетичні перспективи і уряди розвинених країн їх підтримували. Мотиви підтримки робіт із створення ядерної енергетики в СРСР з боку партійно-державного керівництва можна охарактеризувати як політичні і пропагандистські, переважно обумовлені прагненням підтримати високий престиж вітчизняної науки і політичної системи і продемонструвати її мирні устремління. При цьому жодного серйозного соціально-економічного обґрунтування для спорудження АЕС не було - потреби народного господарства в електриці і паливі з лишком задовольнялися величезними ресурсами традиційних енергоносіїв. Не випадково в кінці 50-х років на нараді в Кремлі сам І.В. Курчатов, відповідаючи на питання одного з секретарів ЦК КПРС про вигідність будівництва АЕС, підкреслив відсутність всякої економічної користі, як у нинішній момент, так і в досяжній

перспективі. «Років тридцять це буде дорогий експеримент» – сказав «батько» радянської ядерної науки [58]. Йому вторить відомий американський економіст професор С. Мелман: «Зроблені колись давно обіцянки практично безкоштовної енергії, що дається атомними електростанціями, ніколи не були реалізовані».

І дійсно, на думку багатьох, вольове «утягування» атомних технологій в енергетику надало негативну дію на ряд її найважливіших показників, зупинивши копійку створювану, за попередні десятиліття, тенденцію до зниження ціни електроенергії для промислових споживачів і загальмувавши зростання ККД (коефіцієнта корисної дії при перетворенні тепла в електрику) в звичайних енергетичних установках. І в цьому відношенні СРСР не був виключенням, бо ті ж військово-політичні пріоритети в розвитку ядерної енергетики, принаймні в 50-60-і роки, переважали і в США.

У період з 1954 по 1967 рік Комісією з атомної енергії США - головним

розпорядником федеральних субсидій і координатором науково-дослідних і конструкторських робіт (НІОКР) у даному напрямку - на цивільне застосування ядерної енергії було витрачено стільки ж грошей, скільки і на весь бомбовий Манхеттенський проект. Два мільярди доларів виділили державу і ще біля одного мільярда поступило з приватних джерел. Це забезпечило зсув центру тяжіння фінансування з ТЕС на АЕС і привело до відтоку фахівців з сфери теплоенергетики в атомну індустрію. До того ж і ціни на електроенергетичне устаткування для АЕС були встановлені нижчими, ніж на передове устаткування для ТЕС, що привело до уповільнення прогресу у сфері теплоенергетики і загальмувало розвиток вугільних і інших компаній. В результаті в теплоенергетичній галузі, де середній ККД довгі роки підвищувався, а питомі ціни на електроенергію знижувалися, в середині 60-х років (тобто за декілька років до енергетичної кризи) сталася інверсія - ціни на кіловат, що виробляється, виросли. Крім того, за рахунок будівництва АЕС у бездефіцитному енергетичному просторі довелося піти на виведення частини теплових електростанцій в резерв, за рахунок чого знизився коефіцієнт їх використання і збільшилися витрати на утримання всієї галузі.

У СРСР все відбувалося дещо по іншому. Продуманої стратегії розвитку ядерної енергетики, як перспективної підсистеми народногосподарського комплексу в цілому і енергетичного комплексу зокрема, в 50-60-і роки створено не було, лише цим можна пояснити наступний парадокс – сьогодні, після титанічних зусиль і гігантських фінансових витрат, на АЕС колишнього СРСР виробляється всього 12% від загального об'єму електроенергії. Це навіть менше того, що можна було заощадити за рахунок своєчасного введення програм енергозбереження у промисловості (15-20%). Це можна було починати робити разом із Західною Європою і США, що вчасно і системно зайнялися енергозбереженням.

На жаль, такий результат сповна закономірний при адміністративно-командній

системі управління економікою, яку відрізняють безперервно зростаючі масштаби виробництва і витрат, при низькій ефективності використання ресурсів і слабкій сприйнятливості до науково-технічних новин. Всього ж в СРСР встигли побудувати 16 атомних електростанцій. На сьогодні в Росії є 10 атомних електростанцій з 31 енергоблоком (Балаковська, Белоярська, Білібінська, Калінінська, Тверська область, м. Удомля, Кольська, Курська, Ленінградська, Нововоронежська, Ростовська - Волгодонська, Смоленська АЕС).

Плани розвитку галузі були грандіозними, а реактори повсюдно вихвалялися як безпечні. Так було до 26 квітня 1986 року.

Згідно прогнозу Міжнародного Агентства з Атомної Енергетики (МАГАТЕ) зробленому у 1974 році, до кінця століття у всьому світі очікувалося мати у дії 4500 ядерних енергетичних установок [60]. Але вийшло інакше – за даними того ж МАГАТЕ нині у 31 країні світу діють 442 ядерних реактора, на яких виробляється електроенергія [61]. У різних країнах будують ще 24 реактори, з них дев'ять – в Індії, по чотири – в Росії і Китаї, два – в Японії. На долю реакторів, що діють, припадає 16% електрики, виробленої в світі. На сьогоднішній день на долю США, Франції і Японії доводиться 49% всіх АЕС світу і 57% всієї «ядерної» електроенергії. Найбільш розвинена ядерна енергетика в США (103 реактори), Франції (59), Японії (54), Росії (31) і Великобританії (23).

16 держав отримують від АЕС, як мінімум, 20% використовуваної ними електроенергії. У першу п'ятірку держав, які велику частину своїх потреб у електроенергії задовольняють за рахунок АЕС, нині входять Литва (80%), Франція (76%), Словаччина (57%), Бельгія (55%) і Швеція (50%). Інші країни – Болгарія, Угорщина, Південна Корея, Швейцарія, Словенія і Україна забезпечують більше третини їх енергетичних запитів за рахунок ядерної енергії. АЕС Японії, Німеччини і Фінляндії покривають приблизно 25% потреб цих держав в електриці.

Підсумок – дійсність склала 10% від прогнозу. І пік введення енергоблоків давно пройшов. Підходить зворотний пік – пік виводу з роботи реакторів відпрацювавших свій ресурс і нових, таких, що не виправдали покладених на них надій. Лише у одній Франції до 2010 року планується зупинити 30% атомних енергоблоків.

Проте в даний час світова атомна енергетика ще зберігає свої позиції, як одне з основних джерел енергії. На долю АЕС доводиться 6% світового паливно-енергетичного балансу і 16% вироблюваної електроенергії. Хоча, вже за сучасними прогнозами МАГАТЕ [62], у найближчі 20-25 років очікується зниження загальносвітової долі ядерної електроенергії з 16% до 12% від загального об'єму. Цього разу, схоже, агентство помиляється не так сильно, як у 1974 році.

У прогнозах Світової енергетичної ради (МІРЕС) доля атомної енергетики до 2050 року у світовому енергобалансі не перевищить 10%.

Міжнародне енергетичне агентство (ІЕА/ОЕСД) у 1998 р. прогнозувало до 2020 року зниження долі атомної енергетики у виробництві електрики теж до 10% (при збереженні загальної встановленої потужності атомних енергоблоків на сьогоднішньому рівні).

Міністерство енергетики США (ЕІА/ДОЕ) у 1999 р. як найбільш вірогідний сценарій розглядало зниження до 2020 року встановленої потужності атомних енергоблоків – на 10% у світі і на 25% у розвинених країнах.

І це зрозуміло. Бо загальне зростання цін на сировину і устаткування, відсутність дієвої міжнародної домовленості і узгодженості у питаннях безпеки і ліквідації відходів, розробка «конкурентами» альтернативних, більш економічних джерел енергії – все це привело до застою в замовленнях на створення нових атомних станцій і до поступової відмови від використання ядерних технологій в умовах світового ринку. У США всі замовлення на будівництво реакторів, які поступали з 1973 року, були згодом анульовані і, починаючи з 1978 року, компанії не отримали жодного замовлення на будівництво атомного енергоблоку.

У Канаді, наприклад, сьогодні немає жодного, що будується, або запланованого до зведення реактора. У Західній Європі будівництво нових ядерних реакторів зупинене повсюдно, за винятком Франції, і тепер обговорюється лише одне питання – коли закрити 30% реакторів, ресурс яких закінчується. У країнах Східної Європи і колишнього Радянського Союзу ядерні програми розвитку атомної енергетики теж потерпіли серйозні невдачі, особливо з 1986 року, після важкої Чорнобильської аварії.

Вже з 1988 року вклад атомної енергетики у систему всесвітньої енергомережі опустився значно нижче за той рівень, який передбачали. Прогноз МАГАТЕ (1974 р.) про величину очікуваному до 2000 року виробленню на АЕС 4 450 000 МВт виявився завищеним у 12 разів. Ця тенденція не випадкова, вона обумовлена недовірливим відношенням населення багатьох держав до атомної енергетики, несприятливою для неї кон'юнктурою і настроями в самому ядерному співтоваристві після невдалої спроби вирішити всі «атомні» проблеми з наскоку. А проблем накопичилося багато, і неприємності вони обіцяють неабиякі. Проте добре вже те, що деякі учені і політики (поки небагато) визнали наявність серйозних проблем в атомній галузі і виділили найважливіші з них: існуючі АЕС потенційно небезпечні – жоден з сучасних енергоблоків не гарантований від аварії типу Чорнобильською; використання енергії атома привело до радіаційного і екологічного забруднення величезних об'ємів води, ґрунту, повітря і матеріалів, використовуваних в атомній енергетиці; вибухи ядерних пристроїв, аварії і звичайна робота АЕС підвищили радіаційний фон планети і, як наслідок, негативно впливають на здоров'я людей.

У травні 1986 року у США експертами була підготовлена спеціальна доповідь, в якій говорилося, що в 14 західних країнах з 1971 по 1984 рік мало місце 151 «інцидент, пов'язаний з ядерною безпекою».

Разом з тим, незважаючи на наведене вище, останніми роками намітилося

підвищення інтересу до ядерної енергетики. Це, перш за все, пов'язано з трьома тенденціями: по-перше, збільшенням потреби людства в енергії (за оцінками Міжнародного Енергетичного Агентства \international Energy Agency, потреби в енергії зростають на 2% щорік); по-друге, із значним зростанням цін на вуглеводневе паливо – нафту і газ; по-третє – з процесом глобального потепління. По цьому критерію АЕС можна вважати «екологічно чистими», особливо в порівнянні з електростанціями, що працюють на вугіллі. У 2003 році Массачусетський Технологічний Інститут \massachusetts Institute of Technology підрахував, що у США за 90% викидів вуглекислоти, яка вважається одним з головних джерел глобального потепління, відповідальні вугільні електростанції. В результаті, за прогнозом МАГАТЕ, до 2020 року в світі з'являться ще 60 ядерних електростанцій, а виробництво електроенергії на АЕС збільшиться на 65%.

Показово, що прогноз МАГАТЕ 2000 року був набагато скромнішим. У листопаді 2006 року будувалися 28 нових реакторів: 8 – в Індії, 5 – в Китаї, 3 – в Росії, по 2 – на Тайвані, в Японії і Канаді, а також у США, Аргентині, Фінляндії, Ірані, Пакистані, Румунії. Ще 62 реактори знаходилися у стадії здобуття дозволів на будівництво, а ще 162 – в процесі розробки проектів (дані Всесвітньої Ядерної Асоціації \world Nuclear Association).

Слід підкреслити, що в даний час, приріст ядерної енергетики здійснюється в основному за рахунок держав Азії. У країнах Азії, що бурхливо розвиваються, будівництво АЕС йде повним ходом. Китай вклав \$50 млрд. в будівництво АЕС, маючи намір збільшити їх число з тих, що є 9-ти до 39-ти. У Індії нині будуються 8 АЕС, після завершення робіт ця країна володітиме 23-ма атомними електростанціями. Аналогічні програми розробляють Японія, Тайвань і Південна Корея. При цьому кількість ядерних держав збільшується – неядерний В'єтнам вирішив обзавестися першою АЕС до 2017 року.

Останніми роками і багато європейських держав почали перегляд ембарго на

будівництво АЕС. Це пов'язано з їх бажанням диверсифікувати джерела енергії і відмовитися від опори лише на природний газ, основним постачальником якого є Росія. Наприклад, Німеччина переглянула свої плани закриття всіх АЕС до 2020 року – це рішення було прийняте після Чорнобиля. Великобританія вивчає можливість заміни старих АЕС на нових, безпечніших. Фінляндія стала першою за десятиліття європейською країною, яка дозволила будівництво нового ядерного реактора. У Європи є позитивний досвід в цій сфері. На початку 1970-х років, після введення арабськими державами-експортерами нафти ембарго на постачання нафти до Європи і Північної Америки, Франція зробила ставку на ядерну енергетику. На сьогоднішній день французькі АЕС покривають 75% потреб Франції в електроенергії, причому аварій на них не відбувалося.

Паралельно з будівництвом нових АЕС багато країн збільшують терміни життя старих. Спочатку більшість АЕС були розраховані на 40 років роботи. Проте, в багатьох країнах цей термін був переглянутий у бік збільшення: наприклад, у США 12 старих реакторів отримали добро на роботу протягом ще 20-ти років, в Японії – 30-ти. Традиційні аргументи прибічників розвитку ядерної енергетики виглядають таким чином. В ході роботи АЕС не викидають речовин, що забруднюють атмосферу, які негативно впливають на здоров'я людей, є причиною утворення смогу, руйнівню впливають на озоновий шар і сприяють глобальному потеплінню. Об'єми ядерних відходів, що утворюються в ході нормальної роботи АЕС, вельми незначні. Вартість сировини для АЕС відносно невелика, а його запаси значні. Окрім цього, вартість електрики, виробленої на АЕС, нижче, ніж для більшості інших типів електростанцій.

Інститут Енергії і Екологічних Досліджень \institute for Energy and Environmental Research підрахував, що якщо людство хоче відмовитися від використання нафти і газу у якості палива для отримання електроенергії, то до 2050 року потрібно побудувати від 1 до 2 тис. нових АЕС.

Опоненти оперують іншими аргументами. Аварія на АЕС потенційно здатна завдати колосального збитку, від руйнівних наслідків якого страждатимуть багато поколінь. Не цілком безпечні і наявні методи утилізації ядерних відходів. Вартість будівництва і експлуатації АЕС вельми значна - якщо ціни на нафту і газ впадуть, то АЕС можуть виявитися не конкурентоздатними. Ще більші засоби потрібно вкладати в процес виведення АЕС з експлуатації. Багато типів АЕС дозволяють виробляти радіоактивні речовини, які можуть бути використані зловмисниками, наприклад, для створення «брудних» атомних бомб (звичайний заряд вибухівки, оточений радіоактивним матеріалом, – при вибуху не відбувається ланцюгової реакції, проте, радіоактивне зараження місцевості може бути значним). Крім того, після терактів 11 вересня 2001 року АЕС вважаються потенційною мішенню терористів (у 2004 році дослідницька організація Союз Стурбованих Учених \union of Concerned Scientists опублікувала доповідь, в якій стверджувалося, що успішна атака терористів на АЕС може привести до загибелі до 44 тис. чоловік), отже, потрібно витратити додаткові і значні засоби для забезпечення їх безпеки.

В той же час світові тенденції нарощування ядерної енергетики обумовлені рядом об'єктивних чинників. Одним з них є значне подорожчання органічного палива і виснаження його світових запасів. По оцінках експертів, розвіданих запасів нафти, хватить на 40 років, газу – на 60. В той же час запаси урану можуть забезпечити роботу наявних типів реакторів приблизно на 100 років, а перспективних типів – на 4 тис. років. Важливі також принципові переваги урану у порівнянні з іншими видами енергетичних ресурсів, що використовуються для виробництва електроенергії в значних об'ємах. А саме: надзвичайно висока концентрація енергії: 1 кг урану за кількістю енергії еквівалентний 20 тис. кг вугілля (відповідно, в 20 тис. разів менше навантаження на транспорт, склади, а також менші об'єми відходів); мінімальні викиди в атмосферу: 2-6 грамів двоокису вуглецю на кВт-

год (приблизно стільки ж виділяється при використанні енергії сонця і вітру), що на два порядки нижче, ніж при використанні вугілля, нафти і навіть природного газу; мінімальний шкідливий вплив на здоров'ї людей: вплив на збільшення смертності при роботі АЕС майже в 300 разів нижче в порівнянні з ТЕС, що працюють на вугіллі (за даними МАГАТЕ). Окрім вказаного, у ядерної енергетики є й економічні переваги: повна собівартість електроенергії АЕС нижча, ніж у ТЕС, а в структурі собівартості немало приходиться на капітальні витрати, що обумовлює незначну залежність від вартості власне палива. Так, подвоєння вартості палива приводить до таких показників зростання вартості одиниці виробленої електроенергії: для АЕС – 9%; для ТЕС на вугіллі – 31; для ТЕС на газі – 66%. Цей чинник обумовлює зростання переваг АЕС в майбутньому.

Перспектива розвитку української ядерної енергетики пов'язується з використанням освоєних технологій і устаткування, а також з їх удосконаленням. Практична реалізація цього напряму передбачала три етапи: Етап 1 – добудова і введення в експлуатацію енергоблоків високої міри готовності (2 блок ХАЕС і 4 блок РАЕС) до 2000 року; Етап 2 – споруда і введення в експлуатацію енергоблоків, по яких були розроблені проекти і почато будівництво (3 і 4 блоки ХАЕС) починаючи з 2000 року; Етап 3 – заміщення енергоблоків, що вибувають після закінчення терміну експлуатації, новими з 2011 по 2027 рік (два блоки ВВЕР-440 і дванадцять блоків ВВЕР-1000).

Якщо відносно перших двох етапів не існує альтернатив і немає сумнівів в їх неминучості (перший етап виконаний, другий у стадії виконання), то відносно долі III етапу роботи однозначні висновки доки передчасно.

Як можливі варіанти нових блоків вибраний вдосконалений ВВЕР російської розробки. При цьому слід зазначити, що всі типи вдосконалених реакторів, так само як і всі, що знаходяться в даний час в експлуатації реактори, за своєю суттю є критичними, тобто

наявна в активній зоні реактора маса урану-235 перевищує величину, необхідну для розвитку ланцюгової реакції. Безпека АЕС забезпечується підтримкою процесу ділення ядер урану-235 в постійній рівновазі. Зважаючи на це, заходи, що проводяться сьогодні, щодо підвищення безпеки АЕС, направлені, в першу чергу, на мінімізацію вірогідності помилки оператора і зменшення її можливих наслідків за рахунок вживання багато бар'єрної системи пасивного захисту.

Подальшу перспективу атомної енергетики фахівці пов'язували з підйомом нової «ядерної хвилі», яка за їх прогнозом повинна статися у другій половині XXI століття. Передбачалося, що основу цієї хвилі складатимуть нові технології перетворення ядерної енергії в електричну, коли ядерна і радіаційна безпека забезпечується не захисними бар'єрами, а фізикою ядерних реакцій, без виробництва високоактивних продуктів ділення. Проте розвиток ядерної науки і техніки йде швидше, ніж передбачалося. Повідомлення, що з'явилися, дають підстави передбачати, що енергетичні ядерні реактори на базі такого роду технологій з'являться набагато раніше, що може привести до революційних рішень вже на III етапі розвитку атомної енергетики.

Зокрема, такого роду технології на лабораторному рівні вже є в Росії і США). Більш того, йдеться про технології, що не лише передбачають у багато разів менші об'єми радіоактивних відходів, але й гарантовано виключають отримання плутонію, що особливо зацікавлює МАГАТЕ. Як перший етап переходу на якісно новий рівень в ядерній енергетиці можна розглядати використання електроядерних установок.

Мінатом Росії виступив з ідеєю міжнародного проекту розробки реактора нового покоління – реактора природної безпеки. У якості такого реактора передбачається використання електроядерної установки, в якій активна зона підкритична, тобто розвиток ланцюгової реакції неможливий в принципі. У Мінатомі Росії підготовлена Програма зі створення електроядерних систем

для промислової енергетики, згідно якої до 2020 року Росія матиме реактор з природною безпекою. Повідомляється про запрошення Росією для участі в проекті Китаю, Індії, Ірану, Франції і Німеччини.

Наступний якісний стрибок в розвитку світової ядерної енергетики можна чекати в 30-х роках даного тисячоліття у зв'язку з планованим введенням в експлуатацію реактора термоядерного синтезу. Створення такого реактора ведеться в рамках міжнародного проекту «ІТЕР», в якому беруть участь практично всі провідні країни світу.

Зважаючи на важливість проблеми, Україні необхідно зробити всі необхідні зусилля для того, щоб стати учасницею проектів по розробці реакторів природної безпеки. Це дозволить вітчизняній атомній науці вийти на передові рубежі, своєчасно реорганізувати і підготувати експериментальні і виробничі потужності країни до участі в створенні реакторів нового покоління. Вказане забезпечити можливість переходу української ядерної енергетики вже в 20-х роках даного тисячоліття на якісно новий рівень безпеки, при якому в принципі унеможлиблюється розвиток ланцюгової реакції в енергетичних реакторах.

Одночасно необхідно активніше включитися в процес розробки технологій продовження термінів роботи реакторів, що діють, на 10 і більше років. І в світі, і в Україні такі роботи вже ведуться. Як можливі варіанти розглядається теплове опресовування корпусу реактора, використання газотурбінної надбудови для зняття з реактора частини навантаження і ін.

У Росії в даний час ведеться розробка концепції продовження терміну експлуатації енергоблоків АЕС, почата розробка нормативних документів, розробляються методики оцінки залишкового ресурсу устаткування, розробляються і реалізуються програми підготовки конкретних енергоблоків до продовження термінів їх служби.

Україна також має в своєму розпорядженні достатній науково-технічний потенціал для

розробки і практичної реалізації таких технологій. В Інституті проблем міцності (м. Київ) і НДІ технології машинобудування (м. Дніпропетровськ) вже декілька років ведуться роботи з розробки методики і створення комплексу устаткування для теплової обробки корпусів ядерних реакторів з метою продовження термінів їх експлуатації. Відсутність якого-небудь фінансування не дозволяє вести цю роботу на належному рівні і приводить до втрати передових позицій української науки на цьому важливому напрямі. Необхідна державна підтримка в даному питанні.

В той же час успішне вирішення двох розглянутих вище проблем – створення в найближчі десятиліття реактора природної безпеки і продовження термінів експлуатації реакторів, що діють, може дозволити для української ядерної енергетики виключити етап з використанням вдосконалених реакторів типу ВВЕР, PWR і ін. (іменований вище як III етап) і вже в 20-х роках нашого століття вийти на якісно новий рівень безпеки, почавши перехід до використання реакторів природної безпеки.

Сьогодні в світі відбувається об'єднання фірм-виробників, наукових організацій з метою концентрації ресурсів і фінансів на розробку і оволодіння передовими ядерними технологіями, за якими майбутнє ядерної енергетики і промисловості. Україна, на жаль, знаходиться в стороні від цих процесів. Через відсутність достатніх інвестицій, зриву фінансування більшості прийнятих програм все наявні ресурси вітчизняної атомної галузі сконцентровані на вирішенні невідкладних проблем і мало що робиться на перспективу. Наша країна, на відміну від багатьох країн Східної Європи (не кажучи вже про інші високорозвинені держави), не приймає участі в розробці таких міжнародних ядерних проектів, як Міжнародний проект ядерного реактора (ІНПРО), Міжнародний термоядерний експериментальний реактор (ІТЕР), не є членом Європейського центру ядерних досліджень і Міжнародного ядерного університету. А це означає, що в недалекому

майбутньому наша країна може втратити сьгоднішні позиції в розробці передових технологій і у виробництві наукоємної продукції. Крім того, слід мати на увазі, що російське Федеральне агентство атомної енергії (ФААЕ) поставило перед собою завдання створити в перспективі виробництва, замінюючи ті, які виявилися після розпаду СРСР на території держав ближнього зарубіжжя.

Для того, щоб атомно-промисловий комплекс України мав можливість і сьогодні, і в перспективі реалізовувати свій потенціал на благо постійного економічного розвитку країни, необхідна перш за все державна політика, що забезпечує безумовне виконання розроблених планів і програм, підтримку інноваційних проектів, розширення міжнародної співпраці. На цьому напрямі переваги України обумовлюються, з одного боку, природними ресурсами, оскільки вона володіє найбільшими в Європі родовищами уранових руд і цирконію, а з іншої – отриманим від радянського часу унікальним спадком (це не лише блоки АЕС, що діють, але і працюючі гірничо-збагачувальні комплекси і підприємства по виробництву уранової і цирконієвої продукції).

Стратегічну значущість ядерної енергетики для України визнавали ще на початку 90-х років, про що свідчить «Комплексна програма створення ядерного паливного циклу в Україні». Але з різних причин програма практично не виконувалася, що привело до критичної ситуації в цій сфері.

Резюмуючи, слід сказати, що серед завдань, які мають бути вирішені в процесі розвитку світової ядерної енергетики і які потрібно взяти до уваги Україні, є також наступні: 1. Безпечне поводження з відпрацьованим ядерним паливом. Найбільш радикальним вирішенням проблеми був би перехід на нові ядерні технології, які забезпечували б «спалювання» високоактивних ізотопів в процесі роботи реактора. 2. Вибір самих вдосконалених реакторів. Сьогодні на стадії розробки і освоєння знаходяться перспективні моделі реакторів різних типів:

водоводяні, високотемпературні, на швидких нейтронах та інші. Саме реактори на швидких нейтронах можна віднести до типу реакторів природної безпеки, тобто до таких, які забезпечують «спалювання» високоактивних ізотопів і не виробляють високорадіоактивних відходів. Крім того, робота над міжнародним проектом ІНПРО, що почалася під егідою МАГАТЕ в 2000 році, може принести новий несподіваний результат. 3. Нарощування видобутку природного урану і розширення виробництв ядерного палива для освоєних типів реакторів і дослідження напрямів забезпечення паливом реакторів майбутнього.

Висновки

1. Розвиток ядерної енергетики з самого початку був обумовлений не економічними, а військово-політичними чинниками.

Література

1. Ораевский В.Н. Ядерная энергетика / В.Н. Ораевский. – К.: Наукова думка, 1978. - 316 с.
2. Петросянц А.М. Ядерная энергетика / А.М. Петросянц. - М.: Наука, 1981. 187 с.
3. Головнин И.С. Атомная энергетика и реакторы на быстрых нейтронах / И.С. Головнин. - М.: Издательство МИФИ, 1984. – 227 с.
4. Подгорный А. Н. Водородная энергетика / А.Н. Подгорный. – М.: Наука, 1988. – 96 с.
5. Мировая энергетика: прогноз развития до 2020 г./ Под ред. Ю. Н. Старшикова: пер. с англ. – М.: Энергия, 1990. – 256 с.
6. Энергетика сегодня и завтра / [Баланчевадзе В. И., Барановский А. И., Лушихина И.М. и др.]; под ред. А. Ф. Дьякова. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 344 с.
7. Юдасин Л. С.. Энергетика: проблемы и надежды / Л.С. Юдасин. – М.: Просвещение, 1990. – 207с.
8. Более чем достаточно. Оптимистический взгляд на будущее энергетики мира / Под ред. Р.Кларка: пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 215 с.
9. Энергетические ресурсы мира / Под ред. П.С. Непорожного, В.И. Попкова. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 232 с.
10. Кириллин В.А. Энергетика. Главные проблемы: В вопросах и ответах / В.А. Кириллин. – М.: Знание, 1997. – 128 с.

2. Переакцентування енергетичного комплексу у провідних країнах світу на розвиток ядерної енергетики привело до значного зменшення ролі теплових електростанцій у енергетичному балансі.

3. На сьогодні світова атомна енергетика, як прогнозували, не стала провідною у енергетичній галузі, але зберігає свої позиції, як одне з основних джерел енергії. Причому приріст ядерної енергетики, в даний час, здійснюється, в основному, за рахунок держав Азії.

4. Перспективу розвитку ядерної енергетики як у світі, так і в Україні пов'язують з процесами розробки технологій продовження термінів роботи реакторів, що діють, створення у найближчі десятиліття реакторів природної безпеки та термоядерного синтезу.

11. Прудка Н. Атомная энергетика ожидает решений в пользу своего развития / Н. Прудка // Энергобизнес. – 1998. - № 41. – С. 15-21.

12. Шадырко С.К. Философия атомной энергетика / С.К. Шадирко // Общественные науки и современность. - 1998. - № 2. – С. 41-46.

13. Мурогов В. Назрела необходимость создать международный фонд ядерного разоружения / В. Мурогов // Ядерный контроль. - М: ПИР-Центр. – 1998. - № 5. С. 37-42.

14. Маменко А. Минатом России выступает за создание реактора естественной безопасности / А. Маменко // Энергобизнес. – 1998. - № 36. – С. 36-41.

15. Головнин И.С. О возможных путях развития ядерной энергетика / И.С. Головнин // Атомная Энергия. – 1999. - Т. 86, вып. 2. С. 83-94.

16. Розпорядження Кабінету Міністрів України №503-р від 29.08.2002 р. Про схвалення Програми забезпечення розвитку ядерної енергетики // [Електрон. ресурс]. Спосіб доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?codt=>

17. Айзек Азимов. Миры внутри миров. История открытия и покорения атомной энергии / Айзек Азимов. – М.: Издательство Центрполиграф, 2004. – 172 с.

18. Горбулин В., Шевцов А. Мировая ядерная энергетика: перспективы, проблемные вопросы, задачи для Украины / В. Горбулин, А. Шевцов //

Зеркало недели. - 10 — 16 сентября 2005. - № 35 (563).

19. Атомный век. События, люди, дела / Редактор-составитель А. А. Кузнецов. - М., 2005. - 265 с.

20. Розпорядження Кабінету Міністрів України № 145-р від 15.03.2006р. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2030 року // [Електрон. ресурс]. - Спосіб доступу: http://zakon.nau.ua/doc_id=407517

/zakon.nau.ua/doc_id=407517

21. УКАЗ ПРЕЗИДЕНТА УКРАЇНИ № 156/2008 Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 1 лютого 2008 року «Про безпеку ядерної енергетики держави»/

22. Доклад МАГАТЕ «Энергетика, энергопроизводство, оценки развития ядерной энергетики до 2050 года», 9 сентября 2010 г.

Науковий рецензент доктор медичних наук, доцент Кожокару А.А.

УДК 612.825.8:613.685

ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ НАДІЙНОСТІ ОПЕРАТОРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРИ ВПЛИВІ НЕРВОВО-ЕМОЦІЙНОГО НАВАНТАЖЕННЯ РІЗНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ

А.В. Швець, кандидат медичних наук, старший науковий співробітник, майор медичної служби, начальник науково-дослідного відділу бойової патології Науково-дослідного інституту проблем військової медицини Збройних Сил України

Резюме. Розглянуто особливості впливу стресових та комфортних умов на надійність операторської діяльності за показниками якості динамічного запам'ятовування. Вони свідчать про відмінність характеристик нервових процесів у осіб, які перебувають в різних функціональних станах (стресогенні та комфортні умови діяльності). Підтверджено гіпотезу про наявність різного ступеню свободи у прийнятті рішень особами з неоднаковим рівнем надійності операторської діяльності та «жорстких» і «гнучких» механізмів їх забезпечення в комфортних умовах та при високому нервово-емоційному напруженні.

Ключові слова: надійність професійної діяльності, нервово-емоційне напруження, якість динамічного запам'ятовування, складність завдань.

Вступ. Операторська діяльність в сучасних умовах супроводжується дією на людину різних нервово-емоційних навантажень, які в цілому ускладнюють діяльність оператора [16, 24]. При цьому надійність діяльності в значній мірі визначається «людським чинником», тобто індивідуальними особливостями психічних процесів та їх фізіологічним забезпеченням [3, 10, 11].

Різноманітність і складність умов сучасної військової служби підвищують як ступінь відповідальності операторів за надійне виконання роботи, так і фізіологічну «вартість» зроблених помилок [1, 6, 28]. Багато хто з

військовослужбовців, будучи чудовими професіоналами в звичайних умовах служби, за своїми психологічними і психофізіологічними якостями виявилися не достатньо спроможними до виконання функціональних обов'язків при роботі в екстремальних умовах. Досліджуючи психічний стан членів аварійно-рятувальних формувань, які діяли при ліквідації наслідків Уфимської катастрофи, військовими психофізіологами встановлено, що в 98% спостерігався страх від побаченого, у 62% - розгубленість, слабкість у кінцівках тощо. У 20% випадків власний стан рятувальники характеризували як