

ПЕРЕВАГИ МАЛИХ МОДУЛЬНИХ РЕАКТОРІВ ПЕРЕД КЛАСИЧНИМИ РЕАКТОРАМИ

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ГРУПА:

Попов Олександр Олександрович

ORCID ID: 0000-0002-5065-3822

член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, заступник директора
Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»,
Україна

Дівізінюк Михайло Михайлович

ORCID ID: 0000-0002-5657-2302

доктор фізико-математичних наук, професор, головний науковий співробітник
Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»,
Україна

Ковач Валерія Омелянівна

ORCID ID: 0000-0002-1014-8979

доктор наук з державного управління, провідний науковий співробітник
Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»,
Україна

Фаррахов Олександр Володимирович

ORCID ID: 0000-0003-4988-126X

кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник
Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»,
Україна

Лисиченко Костянтин Георгійович

ORCID ID: 0000-0002-7010-904X

кандидат технічних наук, науковий співробітник
Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»,
Україна

Анотація. На основі аналізу технічних параметрів класичних легководних реакторів, що експлуатуються та плануються до будівництва в Україні, та специфічних технічних характеристик малих модульних реакторів, що розробляються провідними світовими країнами, визначено переваги малих модульних реакторів перед класичними реакторами. Це інтегральні конструкції малих модульних реакторів, їхнє уніфіковане виробництво, зручне транспортування, малі за площею майданчики для розміщення, невеликі терміни будівництва, багатофункціональність, підвищена безпека, можливість підключення до існуючих (локальних) енергомереж, тривалий термін експлуатації, збільшений період між перезавантаженнями та інше.

У 2021 році Україна прийняла рішення побудувати ще чотирнадцять ядерних енергоблоків AP 1000 з американською енергетичною компанією Westinghouse і до 2040 року подвоїти кількість електроенергії АЕС [1]. Тут і постає дискусійне питання,

актуальність якого обумовлена повномасштабним вторгненням в Україну. Вартість будівництва одного енергоблоку AP 1000 еквівалентна споруді трьох – п'яти малих модульних ядерних енергетичних установок [2].

На даний час в Україні використовуються два типи ядерних енергетичних установок. Це водо-водяні енергетичні реактори (ВВЕР) потужністю (електричною) 440 та 1000 МВт. Ці ядерні енергетичні установки, являють собою монументальні споруди, що досягають у довжину 120 м, ширину 60 м, висоту 56 м. Висота енергоблоку, що виступає над поверхнею, може збільшуватися на висоту крана, що встановлюється зверху реакторного відділення [3-4]. Реактор AP 1000 є найдешевшим серед інших проектів реакторів 3-го покоління, оскільки в ньому широко використовуються існуючі новітні технології. У конструкції також зменшено кількість компонентів, у тому числі труб, кабелів та електроарматури (на 80 % менше трубопроводів, на 85 % менше керуючих кабелів пов'язаних із системами безпеки; на 45 % менший будівельний об'єм). AP1000 займає в півтора рази меншу площу, ніж більшість існуючих подібних реакторів (наприклад, ВВЕР-1000), і використовує приблизно в п'ять разів менше бетону та арматури, ніж попередні проекти. Термін служби: 60 років [5].

За даними Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ), наразі у розробці знаходиться близько 70 концепцій малих модульних реакторів (ММР). Їх прийнято розділяти на п'ять основних категорій, а саме: одномодульні легководні ММР, багатомодульні легководні ММР; мобільні ММР; ММР четвертого покоління та мікромодульні реактори [6].

Аналіз параметрів ММР дозволяє виділити такі переваги проти класичних реакторів [7-11].

Через невеликий розмір і модульність ММР можна повністю побудувати і випробувати в заводських умовах. Транспортувати автомобільним, залізничним, авіаційним та водним транспортом і встановлювати потім модуль за модулем.

Вони вимагають менш значного фінансування, порівняно з великими проектами повномасштабних АЕС. Серійне виробництво конкретної конструкції ММР значно скорочує витрати.

Малі розміри та пасивні функції безпеки дозволяють експлуатувати їх у країнах із меншим досвідом використання ядерної енергії.

Потенціал для підземного або підводного розташування реакторного блоку, що забезпечує підвищений захист від природних (наприклад, сейсмічних або цунамі) або від техногенних (наприклад, повітряних) впливів.

Модульна конструкція та невеликі розміри дозволяють створювати кілька блоків на одній ділянці.

Через низькі вимоги доступу до води для охолодження, реактори підходять для віддалених регіонів і для конкретного застосування, наприклад, такого як видобуток енергії або опріснення води.

Можливість видалення реакторного модуля під час виведення його з експлуатації на місці наприкінці терміну служби.

Компактна архітектура забезпечує модульність виготовлення та серійне виробництво компонентів реакторних установок у заводських умовах, що сприяє впровадженню вищих стандартів якості.

Більш низька потужність призводить до зменшення радіоактивного запасу в реакторі (реактори меншого розміру).

Безпрецедентна безпека. Невеликий розмір та велике відношення площі поверхні до об'єму ММР роблять розмір установки дуже маленьким. Це, поряд з іншими інноваційними конструкціями, дозволяють природним процесам

охолоджувати реакторну установку на невизначений термін у разі повного відключення електроенергії без людського втручання, без змінного чи постійного струму, без насосів та без додаткової води для охолодження [7-11].

Таким чином, основними перевагами малих модульних реакторів перед класичними реакторами є їх інтегральна конструкція, яка ґрунтується на природних фізичних силах та мінімізації рухомих деталей, які виготовляються з використанням 3D-друку. Ці конструкції забезпечують будівництво малої атомної електростанції, що складається з двох та більшої кількості реакторів (модулів), які формують одну реакторну установку, розташовану в єдиній реакторній будівлі. Високий ступінь локалізації реакторного обладнання та можливість акумулювати енергію дозволяють їм бути складовою комплексної системи зеленої генерації. Їх відрізняє багатофункціональність та можливість підключення до існуючих (локальних) енергомереж. Вони також передбачають серійне виробництво компонентів реакторних установок, заводське виготовлення та випробування модулів, їхнє зручне транспортування, малі майданчики для розміщення, короткі терміни будівництва, підвищену безпеку, тривалі терміни експлуатації, збільшення періодів між перезавантаженням та екологічність. Ряд з них використовують нові види ядерного палива і мають високу автономність, яка не потребує оперативного персоналу. В інтересах швидкого зростання конкурентоспроможності цих реакторів за вартістю, уряди декількох ядерних країн прирівняли електрогенерацію малими модульними реакторами до відновлюваних джерел енергії.

Список використаних джерел:

1. Большая атомная стройка: в Украине построят еще 14 энергоблоков. Где, когда, за сколько? Вилучено з: <https://biz.liga.net/ekonomika/tek/article/bolshaya-atomnaya-stroyka-v-ukraine-postroyat-esche-14-energoblokov-gde-kogda-za-skolko>
2. Попов О.О. До питання про розвиток атомної енергетики в Україні / М.М. Дівізінюк, О.В. Фаррахов, А.П. Сулима, Т.О. Шевченко // The 12-th International scientific and practical conference «Science, innovations and education: problems and prospects» (June 28-30, 2022). CPN Publishing Group, Tokyo, Japan. 2022. Pp.290-293. URL: <https://sci-conf.com.ua/xii-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-science-innovations-and-education-problems-and-prospects-28-30-iyunya-2022-goda-tokio-yaponiya-arhiv/>. ISBN 978-4-9783419-3-8.
3. ВВЭР-440. Вилучено з: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%92%D0%AD%D0%A0-440>
4. ВВЭР-1000. Вилучено з: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%92%D0%AD%D0%A0-1000>
5. AP1000. Вилучено з: <https://uk.wikipedia.org/wiki/AP1000>
6. Малые модульные реакторы: проблемы и перспективы. Вилучено з: https://rosatom.ru/upload/docs/Small_Modular_Reactors.pdf
7. Попов О.О. Специфіка одномодульних легководних малих модульних реакторів / М.М. Дівізінюк, О.В. Фаррахов, А.П. Сулима, Т.О. Шевченко // The 12-th International scientific and practical conference «Innovations and prospects of world science» (July 20-22, 2022). Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2022. Pp.136-140. URL: <https://sci-conf.com.ua/xii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-innovations-and-prospects-of-world-science-20-22-07-2022-vankuver-kanada-arhiv/>. ISBN 978-1-4879-3794-2.
8. Попов О.О. Характеристика багатомодульних легководних малих модульних реакторів / М.М. Дівізінюк, О.В. Фаррахов, К.Г. Лисиченко, О.Г. Лисиченко // Комплексний підхід до модернізації науки: методи, моделі та мультидисциплінарність: матеріали II Міжнародної наукової конференції, м. Чернівці, 26 серпня, 2022 р. - Міжнародний центр наукових досліджень. Вінниця: Європейська наукова платформа, 2022. - 466 с. (С. 249-252). ISBN 978-617-8037-83-3. DOI 10.36074/mcnd-26.08.2022

9. Попов О.О. Особливості характеристик мобільних легководних малих модульних реакторів / М.М. Дівізінюк, О.В. Фаррахов, А.П. Сулима, Т.О. Шевченко // Science and innovation of modern world. Proceedings of the 1st International scientific and practical conference (September 28-30, 2022). Cognum Publishing House. London, United Kingdom. 2022. Pp. 128-132. URL: <https://sci-conf.com.ua/i-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-science-and-innovation-of-modern-world-28-30-09-2022-london-velikobritaniya-arhiv/>. ISBN 978-92-9472-194-5.
10. Попов О.О. Специфічні властивості малих модульних реакторів четвертого покоління / М.М. Дівізінюк, О.В. Фаррахов, А.П. Сулима, Т.О. Шевченко // Science and technology: problems, prospects and innovations. Proceedings of the 1st International scientific and practical conference (October 19-21, 2022). CPN Publishing Group. Osaka, Japan. 2022. Pp. 85-92. URL: <https://sci-conf.com.ua/i-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-science-and-technology-problems-prospects-and-innovations-19-21-10-2022-osaka-yaponiya-arhiv/>. ISBN 978-4-9783419-1-4.
11. Попов О.О. Специфічні особливості мікромодульних реакторів / М.М. Дівізінюк, В.О. Ковач, О.В. Фаррахов, К.Г. Лисиченко // Збірник наукових праць «SCIENTIA». Papers of participants of the III International Multidisciplinary Scientific and Theoretical Conference «The driving force of science and trends in its development», held on November 4, 2022 in Coventry. European Scientific Platform. Pp. 83-86. ISBN 979-8-88831-316-9. DOI 10.36074/scientia-04.11.2022.