

# Огляд референтних рівнів західноєвропейської асоціації органів регулювання ядерної безпеки (WENRA) для дослідницьких реакторів

- **Шепітчак Андрій Васильович**  
Державна інспекція ядерного регулювання України, м. Київ, Україна  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4469-9653>
- **Кухоцький Олександр Васильович**, канд. техн. наук  
Державне підприємство «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки», м. Київ, Україна  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0909-511X>
- **Лігоцький Олексій Ігорович**  
Державне підприємство «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки», м. Київ, Україна  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7487-2811>

Дослідницькі реактори є центрами інновацій та розвитку ядерних технологій, енергетики та науки, а сфера їх використання охоплює широкий спектр галузей. Конструкція деяких дослідницьких реакторів подібна до енергетичних ядерних реакторів, оскільки вони призначалися для дослідження нових технологій генерації електроенергії і були прототипами сучасних конструкцій енергетичних ядерних реакторів. Незважаючи на більш низьку потужність і, відповідно, меншу кількість ядерного палива та радіоактивних речовин, що утворюються під час експлуатації дослідницьких реакторів, їх потенційна небезпека для населення і навколишнього середовища все ж велика та потребує належного аналізу безпеки з використанням сучасних методів та з урахуванням досягнутого рівня науки і техніки. Розвиток і підтримка високого рівня безпеки є важливим і першим пріоритетом для забезпечення ефективності та сталого розвитку не тільки дослідницьких реакторів, а й атомних електростанцій. Невід'ємною складовою цього процесу є встановлення вимог з безпеки, які будуть застосовні для всіх типів дослідницьких реакторів і не обмежуватимуть їх потенціал. У листопаді 2020 року, за результатами трирічної діяльності унікальної робочої групи, до складу якої входили фахівці Державної інспекції ядерного регулювання України та Державного підприємства «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки», була затверджена остаточна редакція референтних рівнів безпеки для діючих дослідницьких реакторів. Основною метою цих референтних рівнів є встановлення загальних вимог, що поширюватимуться на всі типи дослідницьких реакторів, від практично нульової потужності до десятків мегават, і відповідно гармонізація національних вимог. Це друга стаття серії публікацій у журналі «Ядерна та радіаційна безпека», присвячених референтним рівням безпеки Західноєвропейської асоціації органів регулювання ядерної безпеки (WENRA) для діючих дослідницьких реакторів. Перша стаття серії присвячена підходам до розробки референтних рівнів безпеки WENRA для діючих дослідницьких реакторів.

Ключові слова: WENRA, безпека, вимоги, дослідницькі реактори, ядерна установка.

© Шепітчак А. В., Кухоцький О. В., Лігоцький О. І., 2021

Основною метою Західноєвропейської асоціації регулюючих органів з ядерної безпеки (WENRA) є розробка та гармонізація вимог з ядерної безпеки країн членів. Одним із перших великих досягнень цієї мети стала публікація у 2006 році набору референтних рівнів безпеки для діючих атомних електростанцій (АЕС). На основі уроків, отриманих унаслідок аварії на АЕС «Фукусіма-1», результатів стрес-тестів та прагнення постійного вдосконалення безпеки WENRA оновила набір референтних рівнів безпеки для АЕС у 2014 році [1]. Нещодавно, у 2020 році референтні рівні для АЕС були оновлені знову [2]. Не оминули гармонізації вимоги з ядерної безпеки для дослідницьких реакторів. Так, з 2017 по 2020 роки тривала розробка референтних рівнів безпеки для дослідницьких реакторів, у якій брали участь фахівці країн-членів та спостерігачів WENRA [3].

У листопаді 2020 року на пленарному засіданні WENRA був затверджений перший набір референтних рівнів безпеки для діючих дослідницьких реакторів [4] (див. Рисунок 1), а 18 грудня 2020 року документ був опублікований на веб-сайті асоціації [5]. Референтні рівні для дослідницьких реакторів [4] погоджені країнами-членами WENRA й очікується їх практичне впровадження у цих країнах. Акцент референтних рівнів [4] здійснено на ядерній безпеці, передусім, на основних функціях безпеки для забезпечення цілісності дослідницьких реакторів. Як і для діючих АЕС, референтні рівні безпеки дослідницьких реакторів [4] спеціально не охоплюють ядерну захищеність, та, за деякими винятками, радіаційну безпеку.

#### Обсяг та сфера застосування референтних рівнів для діючих дослідницьких реакторів

Референтні рівні для діючих дослідницьких реакторів [4] засновані на версії референтних рівнів для діючих АЕС редакції 2014 року [1], але містять оновлення групи С (переважно аспект керівництва) та групи І оновлених для АЕС у 2020 році [2]. Крім того, референтні рівні [4] містять нову групу Х «Експериментальні пристрої та експерименти», що є специфічною для дослідницьких реакторів. Склад референтних рівнів безпеки для діючих дослідницьких реакторів наведено у Таблиці 1.

Оскільки референтні рівні безпеки для дослідницьких реакторів [4] були створені для гармонізації вимог у країнах-членах WENRA, напрями та аспекти, які вони вирішують, були обрані з метою охоплення важливих аспектів ядерної безпеки, де очікується значна різниця у вимогах країн-членів. Референтні рівні [4] не прагнуть охопити все, що може вплинути на ядерну безпеку або сформувавши основу для визначення загального рівня ядерної безпеки діючих дослідницьких реакторів.

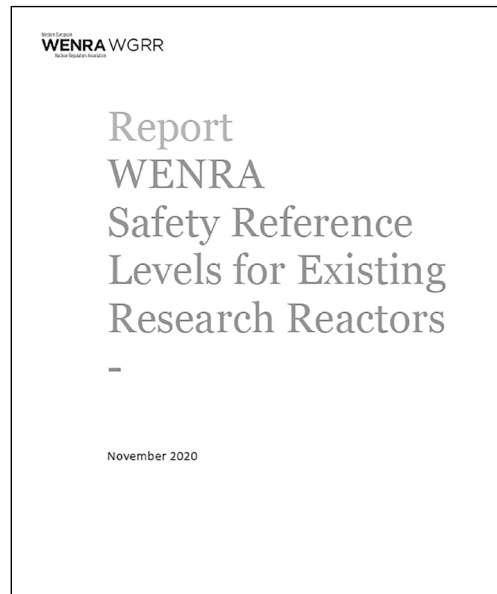


Рисунок 1 – Звіт «Референтні рівні безпеки для дослідницьких реакторів» [4]

Сфера застосування референтних рівнів безпеки для діючих дослідницьких реакторів [4] охоплює всі типи дослідницьких реакторів, за винятком критичних, підкритичних збірок, гомогенних (від англ. homogeneous) реакторів нульової потужності та прискорювальних систем. Водночас, з огляду на різні режими регулювання та значну кількість типів дослідницьких реакторів, які експлуатуються в країнах-членах WENRA, референтні рівні не розглядають правові та технічні деталі. Крім того, необхідність застосування референтних рівнів безпеки для діючих дослідницьких реакторів визначається органом державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки країни-члена WENRA з урахуванням диференційованого підходу.

Необхідність диференційованого підходу пов'язана з великою кількістю типів діючих дослідницьких реакторів, а також враховуючи, що вони можуть становити різні ризики для персоналу, населення та навколишнього середовища. Впровадження диференційованого підходу під час застосування референтних рівнів безпеки для дослідницьких реакторів детально описано в Додатку А до [4].

Дійсно, референтні рівні безпеки дослідницьких реакторів [4] не можуть бути застосовні для кожного дослідницького реактора однаково. Перш ніж реалізувати диференційований підхід необхідно спочатку визначити ризики від дослідницького реактора. Для визначення профілю ризику дослідницького реактора необхідно визначити критерії його оцінки. Для дослідницьких реакторів теплова потужність може бути одним із основних критеріїв, утім можуть існувати ризики, пов'язані з іншими характеристиками дослідницьких реакторів, які потрібно враховувати.

Таблиця 1 – Набір референтних рівнів для дослідницьких реакторів

Група референтних рівнів	Назва групи референтних рівнів	Кількість референтних рівнів
A	Політика з безпеки	9
B	Експлуатуюча організація	15
C	Керівництво та управління з питань безпеки	33
D	Підготовка та ліцензування персоналу дослідницьких реакторів	13
E	Проектні основи для діючих дослідницьких реакторів	42
F	Розширення проєкту для діючих дослідницьких реакторів	23
G	Класифікація з безпеки структур, систем та елементів	7
H	Межі та умови експлуатації	19
I	Управління старінням	8
J	Система розслідування порушень та обмін досвідом експлуатації	16
K	Ремонт, перевірки та випробування	19
LM	Процедури з управління аваріями та керівництва з управління важкими аваріями	20
N	Зміст та оновлення звіту з аналізу безпеки (ЗАБ)	17
O	Імовірнісний аналіз безпеки (ІАБ)	1
P	Періодична переоцінка безпеки (ЗППБ)	9
Q	Модифікації дослідницьких реакторів	15
R	Аварійна готовність на майданчику	20
S	Захист від внутрішніх пожеж	19
T	Природні впливи	19
X	Експериментальні пристрої та експерименти	7
Загалом		331

Перелік критеріїв, які потрібно врахувати для визначення профілю ризику дослідницьких реакторів, визначено на основі п. 2.7 керівництва МАГАТЕ SSG-22 [6]. Ці критерії:

- теплова потужність реактора;
- джерела іонізуючого випромінювання;
- кількість та збагачення ядерного палива;
- наявність сховища зберігання відпрацьованого палива, системи високого тиску, системи кондиціонування та зберігання легкозаймистих речовин, які можуть вплинути на безпеку реактора;
- тип палива та його хімічний склад;
- тип та маса сповільнювача, відбивача та теплоносія;

- величина реактивності, яку можна ввести, та швидкість її введення, контроль реактивності та властиві характеристики безпеки;

- наявність контайменту чи конфайнменту;
- використання реактора (експериментальні пристрої, випробування, виробництво радіоізотопів, експерименти з фізики реакторів);

- місце розташування майданчика, включно з імовірністю зовнішніх небезпек (зокрема через близькість інших ядерних установок) та характеристики викидів радіоактивних матеріалів у повітрі та рідині;

- близькість до груп населення та доцільність реалізації надзвичайних планів.

Водночас, дослідницькі реактори, на які поширюються референтні рівні безпеки [4], повинні їх застосовувати (відмова від застосування референтних рівнів безпеки не допускається). Втім, після визначення профілю ризику дослідницького реактора спосіб застосування референтних рівнів може бути диференційований (тобто пропорційний рівню небезпеки від нього), доки не буде досягнутий достатній рівень безпеки. Диференціювання (адаптація) референтних рівнів може бути суттєвою або організаційною. Ліцензіат повинен запропонувати та обґрунтувати регулюючому органу рівень диференційованості.

### Глосарій термінів для застосування референтних рівнів

З метою підтримання розуміння та застосування референтних рівнів безпеки для діючих дослідницьких реакторів у Додатку Б до [4] наведено глосарій термінів. Глосарій термінів визначає ключові терміни, які використовуються в референтних рівнях безпеки для дослідницьких реакторів [4] з метою гармонізації термінології в межах референтних рівнів. Розробка глосарію зумовлена тим, що референтні рівні для дослідницьких реакторів базуються на референтних рівнях для діючих АЕС [1], що спричиняє їх некоректне розуміння з огляду на сфери використання дослідницьких реакторів, персона-

лу тощо. Тому, були визначені такі основні терміни: конфайнмент, контайнмент, центр управління надзвичайними ситуаціями, експериментальні пристрої, експеримент, тривалий зупин, пожежна комірка та відсік, паливний елемент, експлуатація, дослідницький реактор, звіт з аналізу безпеки, важка аварія, конструкції, системи та елементи (англ. confinement, containment, emergency control centre, experimental devices, experiments, extended shutdown, fire cell and compartment, fuel element, operation, research reactor, safety analysis report, severe accident), група термінів щодо типів персоналу та працівників (англ. «emergency workers», «operating personnel», «site personnel», «staff», «worker»). Визначення «дослідницький реактор» (див. на Рисунку 2 нижче мовою оригіналу та в перекладі українською) введено для чіткого окреслення сфери дії референтних рівнів [4].

Наведенню в [4] визначень термінів «конфайнмент» та «контайнмент» спонукали результати зовнішнього обговорення, оскільки низка коментарів була пов'язана з плутаниною в цих термінах. Зокрема, у більшості дослідницьких реакторів відсутній контайнмент – міцна герметична конструкція, в якій розміщений реактор, і виникало питання як реалізувати референтний рівень у такому випадку, хоча насправді йшлося про конфайнмент – базову функцію безпеки зі запобігання чи контролю виходу радіоактивності в навколишнє середовище.

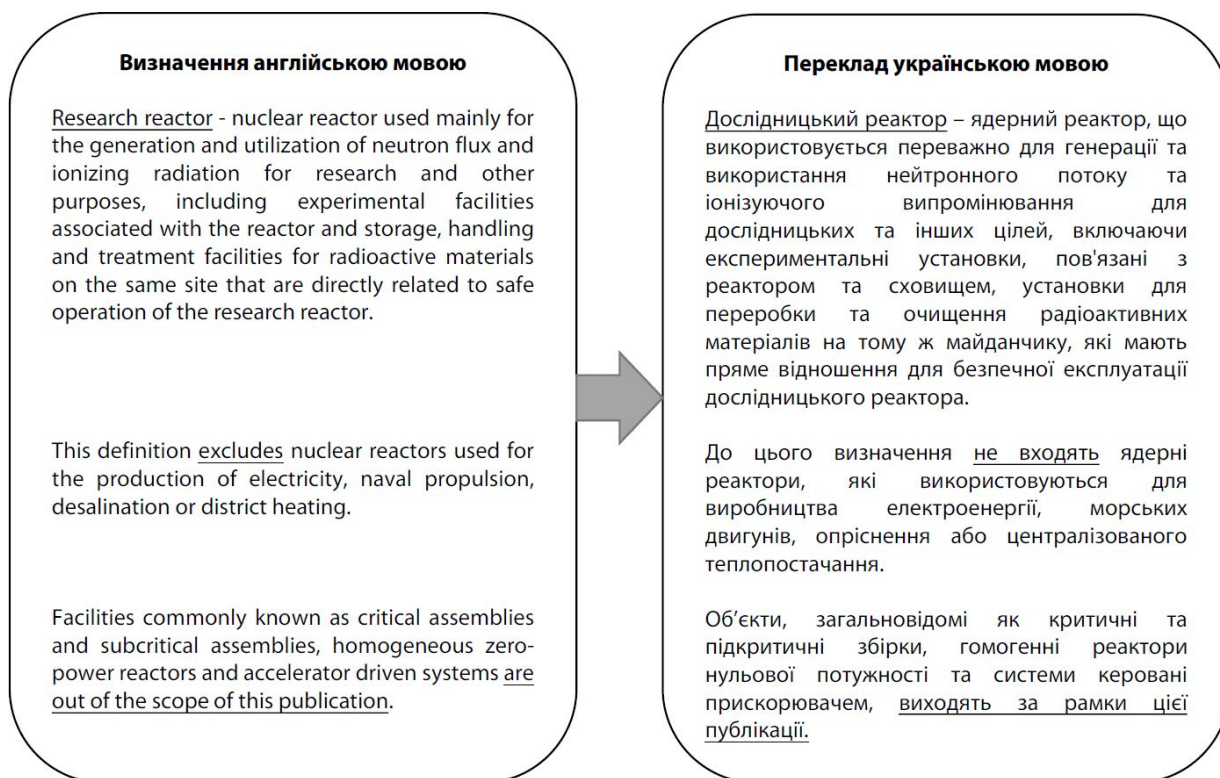


Рисунок 2 – Визначення терміна «дослідницький реактор» [4]

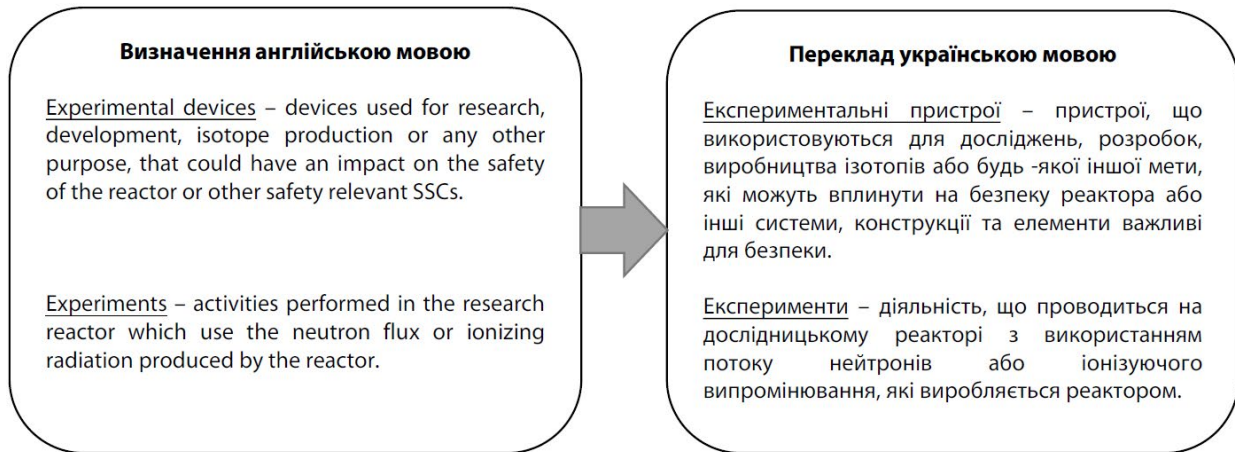


Рисунок 3 – Визначення термінів «експериментальний пристрій» та «експеримент» [4]

Терміни «експериментальний пристрій» та «експеримент» введені з огляду на їх специфічність для дослідницьких реакторів (див. на Рисунку 3 мовою оригіналу та в перекладі українською).

Особливої уваги потребують терміни, пов'язані з групами персоналу. З огляду на специфіку використання дослідницьких реакторів на майданчику можуть знаходитись не тільки персонал, безпосередньо пов'язаний з експлуатацією дослідницького реактора, а й інший неліцензований персонал, наприклад, студенти, які проходять навчання, персонал сторонніх організацій, який виконує дослідження (використовує потік нейтронів) або персонал, який обслуговує експериментальні пристрої, та інший персонал. Враховуючи групи персоналу висуваються і специфічні вимоги референтних рівнів [4]. Особливої уваги вимагає термін «експлуатація», визначення якого адаптовано з вимог безпеки МАГАТЕ SSR-3 [7] з метою чіткої ідентифікації аспектів, що в нього вкладені. Зокрема, під експлуатацією дослідницького реактора потрібно розуміти всі заходи, що виконуються для досягнення мети, для якої був спроектований та побудований або модифікований дослідницький реактор. Крім, власне, експлуатації дослідницького реактора на проектних параметрах, сюди входять: технічне обслуговування, випробування та інспектування; поводження з паливом та поводження з радіоактивними матеріалами, включно з виробництвом радіоізотопів; встановлення, випробування та експлуатація експериментальних пристроїв; використання пучків нейтронів; використання систем дослідницьких реакторів для цілей досліджень та розробок нових технологій, а також для тренування та навчання і інших супутніх видів діяльності.

Терміни в Додатку В до [4] визначені на основі вимог безпеки МАГАТЕ [7] та глосарію МАГАТЕ [8] з окремими уточненнями для застосувань в обсязі

референтних рівнів безпеки для дослідницьких реакторів [4].

#### **Огляд особливостей референтних рівнів для дослідницьких реакторів порівняно з референтними рівнями для АЕС**

Як зазначалось у [3] після оцінки застосовності референтних рівнів безпеки [1] для дослідницьких реакторів всього 10 % (36 референтних рівнів) було визначено як такі, що не застосовні або потребують розробки змін чи альтернативних трактувань. Вимоги 90 % референтних рівнів [1] визначено як застосовні для всіх дослідницьких реакторів з мінімальним коригуванням термінології, зокрема «plant» → «research reactor», «staff» → «site personal».

Висока застосовність референтних рівнів [1] пов'язана з наявною гнучкістю їх формулювань, що надає можливості для їх диференційованого застосування.

Вимоги [1], визначені як незастосовні (категорія С) або такі, що потребують змін формулювань (категорія В), для дослідницьких реакторів насамперед пов'язані з організаційною структурою ліцензіатів дослідницьких реакторів, проєкними особливостями та організацією використання дослідницьких реакторів за призначенням. Пізніше до переліку 36 референтних рівнів додано низку прийнятих на першому етапі [3] референтних рівнів із гнучкістю формулювань «if applicable», «if relevant». Найбільша кількість референтних рівнів, що потребували обговорення, були референтні рівні груп В «Експлуатуюча організація», Е «Проектні основи для діючих дослідницьких реакторів», F «Розширення проєкту для діючих дослідницьких реакторів», R «Аварійна готовність на майданчику». Основні референтні рівні, що зазнали обговорень і визначають особливості референтних рівнів для дослідницьких реакторів розглянуті нижче.

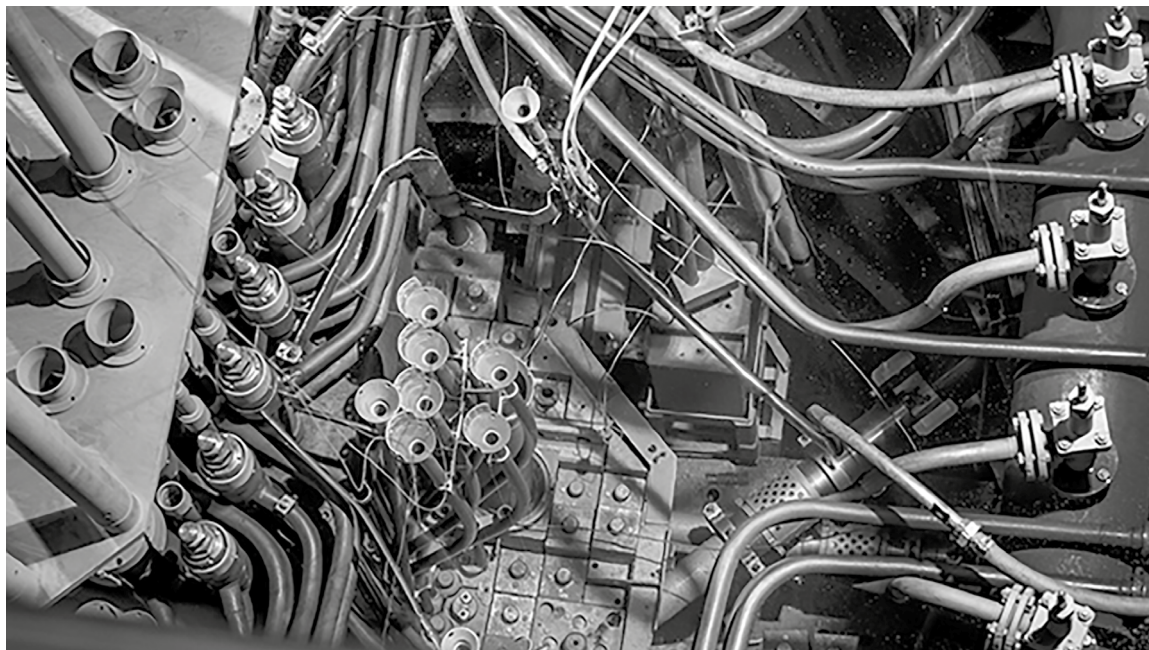


Рисунок 4 – MARIA Research Nuclear Reactor, Польща

Дослідницькі реактори, зважаючи на сферу застосування, мають різні проєктні особливості, тому формування референтних рівнів були уніфіковані, наприклад, оскільки тепловідільні збірки можуть бути різного типу (стрижні, пластини тощо) для уніфікації референтних рівнів термін «fuel rod» замінено на «fuel element», специфічний для водо-водяних реакторів термін «Departure from Nucleate Boiling (DNB)» замінений на «critical heat flux». Для врахування конструкційних особливостей дослідницьких реакторів басейнового типу малої потужності, що унеможливує наявність контуру охолодження, вимоги щодо визначення та встановлення критеріїв цілісності цього бар'єру диференційовані (E7.3). Це ж саме і стосується вимог до встановлення критеріїв цілісності контейнменту (E7.4)

Тривале обговорення було під час оцінки застосовності референтного рівня E9.3 [1] щодо автоматизації та контролю виконання функцій безпеки із застосуванням пасивних засобів та/або без втручання оператора протягом 30 хвилин після вихідної події – принцип невтручання. З огляду на конструкційні особливості дослідницьких реакторів, у деяких «старих» дослідницьких реакторах реалізований досить низький рівень автоматизації і може виникати необхідність раннього втручання оператора. Крім того, зважаючи на сферу застосування дослідницьких реакторів під час експерименту може також виникнути непередбачена необхідність втручання оператора. Також, є занепокоєння цим критерієм для ситуації, коли оператор має достатньо часу і може відчувати необхідність впровадження заходів раніше, ніж

це потрібно. Для оцінки можливості застосування цього референтного рівня для всіх дослідницьких реакторів проведені додаткові консультації з ліцензіатами та визначено, що для більшості дослідницьких реакторів цей критерій уже реалізований, виняток становили реактор MARIA (National Centre for Nuclear Research, Poland), для якого (Рисунок 4) необхідне втручання оператора через 6 хвилин у разі вихідної події з втратою теплоносія (англ. Large Break Loss of Coolant Accident), проте ліцензіат може виправити цю ситуацію незначною модифікацією.

Для дослідницького реактора в Будапешті (Budapest Research Reactor, Hungary) необхідність втручання оператора через 20 хвилин існує для вихідної події з низькою імовірністю виникнення. Враховуючи результати аналізу, ухвалено рішення застосувати формулювання E9.3 [1] з критерієм 30 хвилин для всіх дослідницьких реакторів з додатковим уточненням щодо забезпечення персоналу достатнім часом для ухвалення рішення та обґрунтування і відповідним документуванням в експлуатаційних процедурах дій персоналу протягом 30 хвилин з настання вихідної події, у разі їх необхідності [4].

Референтні рівні E9.10 – 9.12 «Confinement functions» модифіковані з урахуванням вимог SSR-3 [7] та стосуються функції безпеки із запобігання чи контролю виходу радіоактивності в наколишне середовище та засобів реалізації. Вимога необхідності резервного пункту управління E10.6 диференційована та регламентує тільки наявність окремого безпечного місця для моніторингу та контролю основних параметрів реактора.

Референтні рівні для дослідницьких реакторів [4] містять також, поки не реалізовані в українській нормативній базі, підходи щодо запроєктних умов (англ. «design extension conditions»). Зважаючи на розміри дослідницьких реакторів, кількість палива, їх потужність та, якщо доведено, що важка аварія фізично неможлива, застосування референтних рівнів групи F «Розширення проєкту для діючих дослідницьких реакторів» [4], пов'язаних з DEC-A, можна вважати досягнутим, а вимоги DEC-B не застосовуються. З урахуванням цього і визначені референтні рівні групи LM «Процедури з управління аваріями та керівництва з управління важкими аваріями», застосування низки з яких не вимагається.

Вимоги референтних рівнів групи R «Аварійна готовність на майданчику» для дослідницьких реакторів [4] знижені з огляду на потенційну небезпеку дослідницького реактора, наслідків від надзвичайних подій та з метою розповсюдження вимог на всі групи персоналу на майданчику.

Диференційований підхід розробки та застосування референтних рівнів для дослідницьких реакторів зумовив і зміну референтних рівнів E4.2, E6.1, E11.1, F2.1, F3.1, F5.1, G2.1, P3.1, в яких визначальним було застосування як детерміністичного, так і імовірнісного аналізу. У формулюванні цих референтних рівнів для дослідницьких реакторів [4] пропонується використання імовірнісних оцінок на доповнення до детерміністичних оцінок та інженерного аналізу з урахуванням [7].

Вимога E9.6 [1] щодо необхідності двох різноманітних систем зупину реактора вилучена з референтних рівнів для дослідницьких реакторів [4] через практичну неможливість її реалізації на діючих дослідницьких реакторах, оскільки у більшості таких реакторів, зокрема малої потужності, конструктивно передбачена та обґрунтована з огляду безпеки лише наявність однієї системи зупину. Водночас, дослідницькі реактори великої потужності зазвичай обладнані двома системами зупину. Зважаючи на це, крім вилучення E9.6 [1] з [4], модифіковано рівні E9.7 [1] (E9.6 [4]) щодо належного обґрунтування та врахування в проєкті наявності чи відсутності другої незалежної системи зупину. Модифікацію виконано з урахуванням вимоги № 46 SSR-3 [7].

Окремо, беручи до уваги досвід експлуатації дослідницьких реакторів і ґрунтуючись на вимогах SSR-3 [7], у референтних рівнях для дослідницьких реакторів [4] введені вимоги до довготривалих зупинів та визначення цього терміну (англ. extended shutdown). Введення цих вимог зумовлено довготривалими зупинками дослідницьких реакторів з різних причин (відсутність програми досліджень, економічні причини та інші причини, коли невідома подальша доля реактора), які без належної організації обслуговування реактора

можуть призвести до експлуатаційних подій, як під час довготривалого зупину так і у разі поновлення його експлуатації. Доданий референтний рівень I2.4 [4] регламентує впровадження заходів щодо управління потенційним впливом цих зупинів на старіння конструкцій, систем та елементів.

Більшість ліцензіатів дослідницьких реакторів є досить малими за штатною структурою, а відповідно не можуть мати таку ж широку організаційну структуру як на АЕС, тому референтні рівні груп D «Підготовка та ліцензування персоналу дослідницьких реакторів», С «Керівництво та управління з питань безпеки», J «Система розслідування порушень та обмін досвідом експлуатації», R «Аварійна готовність на майданчику» були модифіковані. Наприклад, на відміну від АЕС, референтні рівні D3.3, D3.4, LM6.1 щодо підготовки та тренування персоналу на симуляторах (тренажерах) дослідницьких реакторів були вилучені з [4] або відредаговані через практичну відсутність для більшості дослідницьких реакторів симулятора, зокрема повномасштабного.

Група O «Імовірнісний аналіз безпеки». Імовірнісний аналіз безпеки є добре поширеною практикою для АЕС. У деяких країнах ця практика також поширена на дослідницькі реактори. Зі свого боку основний документ МАГАТЕ з безпеки дослідницьких реакторів SSR-3 [7] визначає імовірнісний аналіз як додатковий засіб до детерміністичного аналізу. Учасники групи провели огляд «round table» застосування імовірнісного аналізу безпеки для дослідницьких реакторів у їхніх країнах. Результати наведено в Таблиці 2.

Виявилось, що в деяких країнах імовірнісний аналіз взагалі не вимагається та не використовується. Зауважимо, що розробка або необхідність імовірнісного аналізу безпеки для (великих) дослідницьких реакторів є тенденцією.

Враховуючи цей аналіз та відповідно до стратегічних цілей WENRA щодо гармонізації та розробки референтних рівнів, група O «Імовірнісний аналіз безпеки» була повністю змінена, залишено лише один конкретний референтний рівень безпеки для дослідницьких реакторів [4]. Цей референтний рівень є досить гнучким і рекомендує виконання ймовірнісного аналізу першого рівня. Водночас, заохочується розробка ймовірнісного аналізу безпеки, оскільки це може сприяти підвищенню безпеки дослідницького реактора. Додатково, до цього референтного рівня розроблено керівництво, яке має використовуватись у разі розробки ймовірнісного аналізу безпеки для дослідницького реактора. Зазначене керівництво містить роз'яснення щодо очікувань у разі виконання ймовірнісного аналізу безпеки дослідницьких реакторів, його розробки та використання результатів.

Таблиця 2 – Імовірнісний аналіз безпеки для дослідницьких реакторів

Країна	Нормативні вимоги для діючих дослідницьких реакторів	Нормативні вимоги для нових дослідницьких реакторів	Практично для діючих дослідницьких реакторів	Додаткова інформація
Німеччина	Ні	Ні	Рівень 1 + Рівень 2	у межах періодичної оцінки безпеки
Польща	Ні	Так	Рівень 1	під час класифікації
Україна	Ні	Ні	Ні	імовірнісна оцінка за бажанням експлуатуючої організації
Норвегія	Ні	Ні	Ні	-
Угорщина	Так, Рівень 1	-	Рівень 1	створюються дерева відмов та збираються дані про відмови, якщо це можливо протягом 5 років
Чеська республіка	Так, Рівень 1 + Рівень 2	Так, Рівень 1 + Рівень 2	Так, Рівень 1 + Рівень 2	для дослідницьких реакторів більше 2 МВт, під час поновлення ліцензії
Франція	Ні	Ні	Ні	лише використання інформації про ризики
Нідерланди	Ні	Так, Рівень 1 + Рівень 2 + Рівень 3	Рівень 1 + Рівень 2 – виконано, Рівень 3 - готується	у межах періодичної оцінки безпеки
Бельгія	Ні	Ні, але на запит регулятора може бути доречним	Рівень 1	застарілий імовірнісний аналіз для BR2, який не оновлювався
Австрія	Так	Так	вимагається як частина періодичної оцінки безпеки	у межах періодичної оцінки безпеки (остання у 2014 році)
Словенія	Ні	Так, щонайменше рівень 1	Ні	На основі диференційованого підходу був вилучений з періодичної оцінки безпеки для TRIGA RR

Група референтних рівнів X «Експериментальні пристрої та експерименти» складається з двох підгруп «X1. Мета» та «X2. Безпека експериментів та роль експлуатуючої організації» та охоплює 7 референтних рівнів. Метою впровадження вимог цієї групи є регулювання діяльності, пов'язаної з прямим використанням дослідницьких реакторів за призначенням, зокрема, вимог до проектних основ експериментальних пристроїв, вимог

до безпечного провадження дослідницької діяльності. Найбільш значимим з референтних рівнів цієї групи є X1.1, X1.2, X2.1, X2.4 (детальніше див. на Рисунку 5 мовою оригіналу та в перекладі українською) [4].

Тобто, будь які зміни на дослідницькому реакторі пов'язані з впровадженням експериментальних пристроїв повинні бути обґрунтовані та піддаватися всебічній оцінці безпеки.



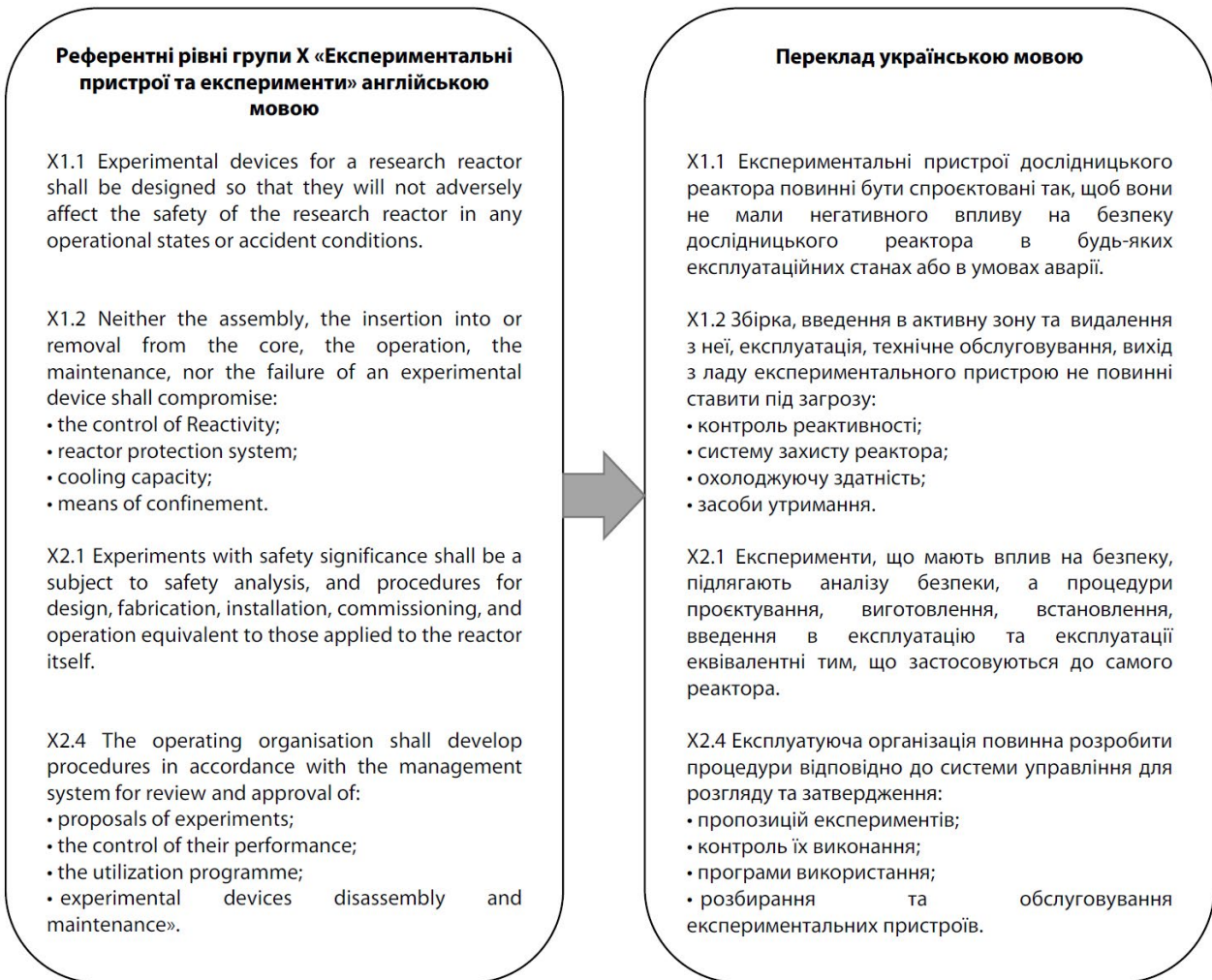


Рисунок 5 – Найбільш значимі з референтних рівнів групи «Експериментальні пристрої та експерименти» [4]

## Висновки

Референтні рівні безпеки для діючих дослідницьких реакторів [4] опубліковані WENRA 18 грудня 2020 року. Референтні рівні для дослідницьких реакторів [4] засновані на референтних рівнях [1] з урахуванням оновлень [2]. Попередній аналіз застосовності референтних рівнів [1] для дослідницьких реакторів показав можливість застосування майже 90 % референтних рівнів [1] для дослідницьких реакторів.

Водночас, близько 10 % референтних рівнів зазнали значних змін з метою врахування проєктних особливостей дослідницьких реакторів, їх потенційної небезпеки та організації діяльності з використання дослідницьких реакторів за призначенням. Особливої уваги заслуговує впровадження окремої групи референтних рівнів для дослідницьких реакторів, що регламентує експериментальну діяльність та вимоги для експериментальних пристроїв.

Це друга стаття серії (див. першу статтю [3] серії, присвячену підходам до розробки референтних рівнів безпеки WENRA для діючих дослідницьких реакторів), надалі буде наведено аналіз чинної нормативної бази України для дослідницьких реакторів та діяльність щодо самооцінки національної нормативної бази референтним рівням безпеки [4].

## Список використаної літератури

1. Report WENRA. Safety Reference Levels for Existing Reactors. Update in relation to lessons learned from TEPCO Fukushima Dai-ichi accident. WENRA RHWG. 24<sup>th</sup> September 2014.
2. Report WENRA. Safety Reference Levels for Existing Reactors. Update in relation to lessons learned from TEPCO Fukushima Daiichi accident. WENRA RHWG. 2020.

3. Шепітчак А. В., Кухоцький О. В., Лігоцький О. І., Кульман О. М. Підходи до розробки референтних рівнів західноєвропейської асоціації органів регулювання ядерної безпеки (WENRA) для дослідницьких реакторів. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2021. № 2(90). С. 4-11. doi: 10.32918/nrs.2021.2(90).01.

4. Report WENRA. Safety Reference Levels for Existing Research Reactors. WENRA WGRR. November 2020.

5. WENRA. URL: <https://wenra.org>.

6. Use of a Graded Approach in the Application of the Safety Requirements for Research Reactors. IAEA Safety Standards Series, Specific Safety Guide No. SSG-22. Vienna: IAEA, 2012. 74 p.

7. Safety of research reactors. IAEA Safety Standards Series, Specific Safety Requirements No. SSR-3. Vienna: IAEA, 2016. 125 p.

8. IAEA Safety Glossary: 2018 Edition. Vienna: IAEA, 2019. 261 p.

## References

1. Report WENRA. Safety Reference Levels for Existing Reactors. Update in relation to lessons learned from TEPCO Fukushima Dai-ichi accident. WENRA RHWG. 24<sup>th</sup> September 2014.

2. Report WENRA. Safety Reference Levels for Existing Reactors. Update in relation to lessons learned from TEPCO Fukushima Daiichi accident. (2020). WENRA RHWG.

3. Shepitchak A., Kukhotskiy, O., Ligotskiy, O., Kulman, O. (2021). Approaches to the Development of Safety Reference Levels for the Research Reactor of the Western European Nuclear Regulators Association (WENRA). *Nuclear and Radiation Safety*. 2(90), 4-11. doi: 10.32918/nrs.2021.2(90).01.

4. Report WENRA. Safety Reference Levels for Existing Research Reactors. WENRA WGRR. November 2020.

5. WENRA. URL: <https://wenra.org>.

6. Use of a Graded Approach in the Application of the Safety Requirements for Research Reactors. IAEA Safety Standards Series, Specific Safety Guide No. SSG-22. (2012). Vienna: IAEA, 74.

7. Safety of Research Reactors. IAEA Safety Standards Series, Specific Safety Requirements No. SSR-3. (2016). Vienna: IAEA, 125.

8. IAEA Safety Glossary: 2018 Edition. (2019). Vienna: IAEA, 261.

## Overview of the Safety Reference Levels for Research Reactor of the Western European Nuclear Regulators' Association (WENRA)

Shepitchak A.<sup>1</sup>, Kukhotskiy O.<sup>2</sup>, Ligotskiy O.<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> State Enterprise «State Scientific and Technical Center for Nuclear and Radiation safety», Kyiv, Ukraine

Research reactors are centers of innovation and development of nuclear technologies, energy and science, and the scope of their application covers a wide range of industries. The design of some research reactors is similar to nuclear power reactors, as they were intended for the study of new technologies for generating electricity and were prototypes of modern designs of power nuclear reactors. Despite the lower power and, consequently, less nuclear fuel and radioactive substances generated during the operation of research reactors, their potential danger to the public and the environment is still great and requires proper safety analysis by modern methods, taking into account the achieved level of science and technology. The development and maintenance of a high level of safety is an important and first priority for ensuring to ensure the efficiency and sustainable development not only of research reactors but also of nuclear power plants (NPPs). An integral part of this process is the establishment of safety requirements that will be applicable to all types of research reactors and will not limit their potential. In November 2020, as a result of three years of activities of the unique working group, the final version of the safety reference levels for existing research reactors was approved. State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine and the State Scientific and Technical Center for Nuclear and Radiation Safety experts were involved in the group. The main purpose of these reference levels is to establish general requirements that will apply to all types of existing research reactors, from practically zero power to several megawatts, and, accordingly, to harmonize national requirements. The second article in the series reviews WENRA's safety reference levels for existing research reactors. The first article of the series was devoted to approaches to the development of the WENRA safety reference levels for existing research reactors.

Keywords: WENRA, safety, requirements, research reactor.

Отримано 08.07.2021