

Имя пользователя:
Баранюк Александр Володимирович

ID проверки:
1011615751

Дата проверки:
20.06.2022 09:27:36 EEST

Тип проверки:
Doc vs Internet + Library

Дата отчета:
20.06.2022 09:32:57 EEST

ID пользователя:
100007114

Название файла: TYa81-Fedotov-specialquestion-2022

Количество страниц: 21 Количество слов: 3496 Количество символов: 25920 Размер файла: 771.28 KB ID файла: 1011483930

1.54% Совпадения

Наибольшее совпадение: 1.54% с источником из Библиотеки (ID файла: 1011395134)

Не найдено источников из Интернета

1.54% Источники из Библиотеки

1

Страница 23

0% Цитат

Исключение цитат выключено

Исключение списка библиографических ссылок выключено

0% Исключений

Нет исключенных источников

Модификации

Обнаружены модификации текста. Подробная информация доступна в онлайн-отчете.

Замененные символы

4

3 ПОРІВНЯННЯ МАЛОГО МОДУЛЬНОГО РЕАКТОРА NUSCALE POWER MODULE ТА РЕАКТОРУ ВЕЛИКОЇ ПОТУЖНОСТІ WESTINGHOUSE AP1000

На сьогоднішній день у більшості провідних країн світу в галузі ядерної енергетики розробляється програма малих модульних реакторів. Цей тип реакторів створюється для вирішення проблем, що притаманні реакторам великої потужності, та надає MMP певні переваги. Концепція малого модульного реактору передбачає менші розміри енергоблоку та менші вихідні потужності, а також надається перевага пасивним системам безпеки, що робить реактор більш надійним та дешевшим в будівництві і подальшій експлуатації.

У зв'язку з прагненням провідних країн у сфері енергетики перейти до більш екологічних та ефективних джерел енергії, розробка та будівництво малих модульних реакторів надає певні перспективи та можливості, а саме відхід від органічного палива на користь ядерного, що в свою чергу вирішує ряд проблем, пов'язаних зі шкідливими викидами та відношенням вартість/ефективність органічного палива.

В основу даного спецпитання покладений порівняльний аналіз двох реакторів: MMP NuScale Power Module та реактор великої потужності Westinghouse AP1000. Також, розглядається перспектива будівництва цих реакторів на території України та переваги і недоліки порівнюваних реакторів.

3.1 Загальні положення

Для кращого розуміння переваг малих модульних реакторів, слід ознайомитись з їх основними характеристиками та перевагами над реакторами великої потужності:

- Малий модульний реактор – це реактор, що має електричну потужність до 300 МВт на один енергоблок, та передбачений для роботи у віддалених регіонах країни (гірська місцевість, острів), де потужність енергомережі обмежена, а також для роботи на маневрових потужностях;

- Модульність реактора забезпечується можливістю складання усіх елементів системи на заводі та перевезення їх єдиним блоком на місце встановлення;

- Енергоблок з ММР займає значно меншу площу, ніж блок з реактором великої потужності, що дає змогу розмістити їх у місцях, де немає **МОЖЛИВОСТІ** розмістити більш велику АЕС;

- ММР можливо виготовити завчасно та перевезти його на місце встановлення, що робить їх будівництво швидшим та дешевшим, ніж у блоків великої потужності, які, в свою чергу, проєктуються спеціально під конкретне місце, що іноді призводить до затримок у будівництві.

- ММР дозволяє зберегти час та кошти на будівництво, оскільки їх можна розгортувати поступово, щоб відповідати зростаючому попиту на електроенергію у регіоні;

- Більшість систем безпеки у ММР – пасивні, що підвищує рівень надійності реакторної установки та незалежність від дій оператора.

АЕС, разом з ТЕС і ГЕС являють собою джерела енергії, що піддаються диспетчерському керуванню, проте деякі відновлювані джерела енергії, такі як вітер і сонце, є джерелами змінної енергії, що залежать від погоди та часу доби. ММР можуть бути використані в парі з відновлювальними джерелами енергії та підвищувати їх ефективність в рамках гібридної енергетичної системи [x]. Завдяки таким характеристикам ММР відіграють ключову роль у переході до екологічно чистої енергетики.

На сьогоднішній день у світі ще не був представлений робочий проєкт ММР, який би був введений в промислову експлуатацію та виробляв електроенергію. Проте, як зазначено вище, провідні країни у галузі ядерної

енергетики ведуть активну розробку проектів АЕС з ММР. Найбільшого успіху досягли Аргентина (проект “CAREM-25”), Китай (проект “HTR-PM”) та США (проекти Holtec International “SMR-160” та NuScale Power Module).

МАГАТЕ створило платформу по ММР та їх застосуванню, що призначена для координації усіх аспектів розробки, розгортання, моніторингу та застосування ММР в електричній та неелектричній сфері, наприклад у системах централізованого опалення та опріснення води.

3.2 Опис реакторної установки та основні характеристики NuScale Power Module

NuScale Power Module – це водо-водяний, легководний, гетерогенний, енергетичний ядерний реактор з водою під тиском та природньою циркуляцією теплоносія потужністю 50 МВт та тепловою потужністю 160 МВт. Це перший ММР у США, що отримав дозвіл на проектування Комісією з ядерного регулювання США. Основною особливістю саме цього ММР є можливість компанувати одразу 4-, 6- та 12 модулів в одній реакторній будівлі, що дозволяє поступово нарощувати потужність АЕС в залежності від попиту на електроенергію та спрощує процес будівництва АЕС та зменшує кількість персоналу, необхідного для обслуговування та експлуатації.



Рисунок 3.1 - Загальний вигляд NuScale Power Module

Конструкція реакторної установки являє собою систему, що складається з активної зони (АЗ) реактора, компенсатора тиску (КТ) та двох парогенераторів, що інтегровані в корпус, поміщений в компактну сталеву оболонку. Всередині корпусу реактору, окрім АЗ, знаходяться регулюючі стержні, зібрані в збірки та їх приводи управління. Циркуляційні насоси відсутні у контурі РУ, оскільки конструкцією і розмірами реактору забезпечена природня циркуляція теплоносія.

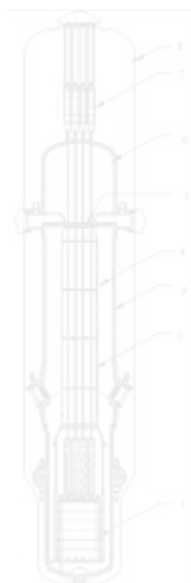


Рисунок 3.2 - Схематичне зображення конструкції NuScale Power Module (1 – АЗ; 2 -внутрішня оболонка; 3 – корпус реактору; 4 – ПГ; 5 – перегородка КТ; 6 – КТ; 7 – приводи кластерів СУЗ; 8 – гермооболонка)

Під час роботи на потужності теплоносії нагрівається в АЗ та підіймається вгору до перегородки перед КТ, потім, омиваючи парогенератор, підігріває воду другого контуру та по опускній ділянці потрапляє до нижньої частини АЗ. Використання компактних парогенераторів зі спіральними змієвиками забезпечує велику площу теплопередачі при невеликому об'ємі, геометрія ПГ має дуже низький перепад тиску, що дозволяє збільшити потік

природньої циркуляції у першому контурі. ПГ має прямоточну схему з протитоком теплоносія відносно води другого контуру, що дозволяє виробляти перегріту пару та забезпечує високий тепловий ККД. Як зазначено вище, усе обладнання РУ має поміщене в корпус з високоміцної сталі, що занурений у охолоджуючий басейн.

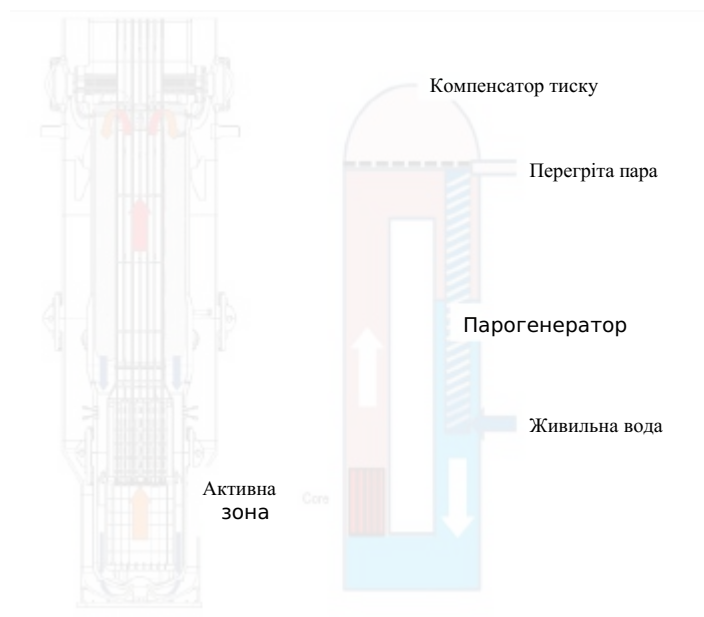


Рисунок 3.3 - Схема руху теплоносія у реакторі

Як вже зазначалось вище, в одну реакторну будівлю можливо розмістити декілька реакторів (максимум 12), що дозволяє замовнику обрати оптимальну кількість РУ на початкову фазу експлуатації АЕС та згодом наростити потужність при необхідності. Усі модулі розміщуються в охолоджуючому басейні, який у разі аварії зможе тривалий час охолоджувати реактори. Також, ще однією важливою перевагою є інтегральна конструкція реактора, яка виключає із схеми РУ велику кількість трубопроводів та

арматури, що в свою чергу, дозволяє компактніше розмістити усе необхідне обладнання та суттєво зменшити розміри АЕС.

Основні відомі характеристики модуля наведені у таблиці 1.

Таблиця 3.1 - Основні характеристики NuScale Power Module

Параметр	Значення
Теплова потужність (МВт)	160
Номінальна електрична потужність (МВт)	50
Висота (м)	23,3
Діаметр (м)	4,6
Вага (т)	~700
Робочий тиск (МПа)	12,75
Максимально допустимий тиск (МПа)	15,16
Робочий тиск у ГО (МПа)	4,86
Максимально допустимий тиск у ГО (МПа)	6,5
Проектний термін експлуатації (років)	60

3.2.1 Активна зона NuScale Power Module

Активна зона реактору NuScale Power Module знаходиться у нижній його частині та займає невеликий об'єм в порівнянні з розмірами реактору. Сама АЗ складається з 37 паливних збірок та 16 збірок регулюючих стержнів. Паливна збірка підтримуються п'ятьма дистанціюючими решітками, має 24 направляючі трубки та верхню і нижню насадки, котрі разом забезпечують структурний каркас для 264 паливних стержнів. Кожна ТВЗ має центральний

інструментальний отвір. Паливом для реактора слугує діоксид урану (UO₂) з оксидом гадолінію (Gd₂O₃) в якості вигоряючого поглинача.

Активна зона оточена відбивачем нейтронів з нержавіючої сталі, який підвищує глибину вигорання палива за рахунок попередження радіального виходу нейтронів та повертає їх назад до активної зони.

Критерії міцності елементів АЗ основані на випробовуванні прототипів на механічну стійкість, статистичне та динамічне стискання а також досягненням меж по напруженням та деформаціям від різних неексплуатаційних, експлуатаційних та нештатних навантажень.

Таблиця 3.2 - Основні характеристики АЗ реактору NuScale Power Module

Характеристика	Значення
Теплова потужність (МВт)	160
Тиск в системі (МПа)	12,75
Температура на вході (°C)	258,3
Середня температура в АЗ (°C)	283,9
Діаметр АЗ (м)	1,5
Висота АЗ (м)	2
Кількість ТВЗ	37
Крок між ТВЗ (м)	0,215
Направляючих трубок на ТВЗ	24
Паливних стержнів на ТВЗ	264
Крок між стержнями ТВЗ	0,0126
Збагачення палива	< 4.95%
Діаметр паливних таблеток (м)	0,0081
Товщина паливних таблеток (м)	0,01

Безшовна оболонка ТВЕЛУ містить в собі керамічні паливні таблетки, які мають циліндричну форму з фасками на кожному кінці. Кожний ТВЕЛ має

внутрішню систему пружинних компенсаторів, яка в осьовому напрямку обмежує хід паливної кладки всередині стержня. Верхній кінцевик ТВЗ має циліндричну форму, що дозволяє захопити збірку для вилучення її з активної зони. Всередині ТВЕЛ заповнені гелієм.

Активна зона контролюється системою нейтронного моніторингу (СНМ) та системою контрольно-вимірювальних приладів. СНМ являє собою систему, що контролює потік нейтронів як і під час роботи реактору так і після зупину за рахунок трьох підсистем: 1) діапазон джерела, 2) проміжний діапазон, 3) діапазон потужності.

Конструктивна цілісність ТВЗ забезпечується за рахунок обмеження напружень та деформацій шляхом міцності монтажної конструкції реактору, що передбачає неексплуатаційні навантаження при транспортуванні реактору (монтажні роботи) чи аварійних ситуаціях. Дистанціюючі решітки, що знаходяться у нижній частині ТВЗ мають у своїй конструкції завихрювачі потоку теплоносія, що підіймається знизу в АЗ, таким чином збільшуючи площу теплообміну між водою та паливними стержнями.

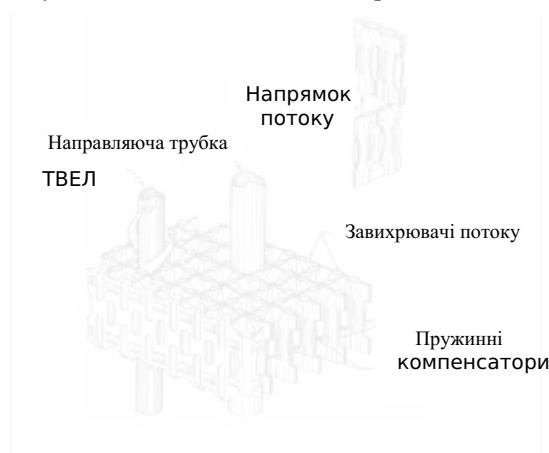


Рисунок 3.4 - Структура нижньої дистанціюючої решітки ТВЗ

3.2.2 Огляд систем безпеки NuScale Power Module

Як і будь який ядерний реактор, NuScale Power Module має системи безпеки, які повинні попереджати виникнення аварійних ситуацій, а в разі їх виникнення, зменшити масштаб аварійного сценарію та його наслідки. Системи безпеки реактору NuScale Power Module основані на принципі глибокоешелонованого захисту та використанні пасивних систем безпеки, основаних на природніх зворотних зв'язках та складаються з системи відведення залишкових тепловиділень (СВЗТ) та системи аварійного охолодження активної зони (САОЗ).

Основними компонентами систем безпеки є:

- Парогенератори;
- Пасивні конденсатори;
- Система клапанів;
- Охолоджуючий басейн, в який занурений реактор.

Система відведення залишкових тепловиділень призначена для відведення тепла від АЗ після порушення умов нормальної експлуатації та відключення РУ від зовнішнього джерела живлення. Ця система розроблена таким чином, щоб протягом тривалого часу (до 30 діб) підтримувати оптимальну температуру до 216 °С та не допустити перевищення проектних розрахункових меж палива та тиску теплоносія у корпусі реактору. В склад СВЗТ входить два пасивні конденсатори, що встановлені за гермооболонкою реактора та занурені у загальний охолоджуючий басейн. Схема реакторної установки передбачає по одному пасивному конденсатору на один парогенератор. У разі відключення турбіни, відбуваються переключення у схемі арматур та клапанів, що спрямовують воду другого контуру на пасивні конденсатори, які охолоджують воду, віддаючи їй тепло воді з охолоджуючого басейну. Після охолодження, вода другого контуру шляхом природньої циркуляції поступає у парогенератор, охолоджуючи теплоносії. Пасивні конденсатори розташовані вище відносно парогенераторів, що покращує інтенсивність природньої циркуляції потоку води до парогенераторів.

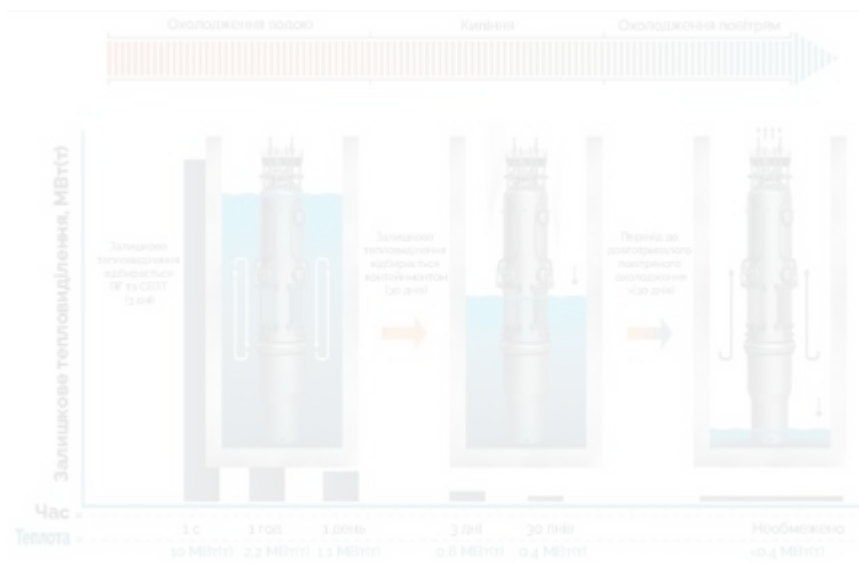


Рисунок 3.5 - Ілюстрація роботи системи відведення залишкових тепловиділень

Система аварійного охолодження активної зони (CAOЗ) у реакторі NuScale Power Module забезпечує охолодження активної хони під час очікуваних експлуатаційних подій та постульованих аварій (наприклад, втрата теплоносія).

CAOЗ складається з трьох вентиляційних та двох рециркуляційних клапанів. Під час аварійної ситуації вентиляційні клапани, що розташовані у верхній частині корпусу реактору відкриваються, щоб випустити пару в гермооболонку. У ГО пара конденсується і випадає в її нижню частину. В свою чергу рециркуляційні клапани, що розташовані вище відносно АЗ, дозволяють теплоносію потрапити назад до корпусу реактора та охолодити активну зону.

Вентиляційні клапани закриваються після врівноваження тисків між корпусом реактору та гермооболонкою, а рециркуляційні клапани відкриваються, коли рівень води у ГО стане вищим за рівень розташування клапанів.

Слід зазначити, що системи безпеки реактору є повністю автономними та можуть спрацювати як автоматично, так і активуватись командою оператора з пульта керування. Усі клапани є пневматичними і контролюються автоматикою, але в разі необхідності можуть керуватись з пульта оператором. Ручне відкриття чи закриття клапанів не передбачено проектом.

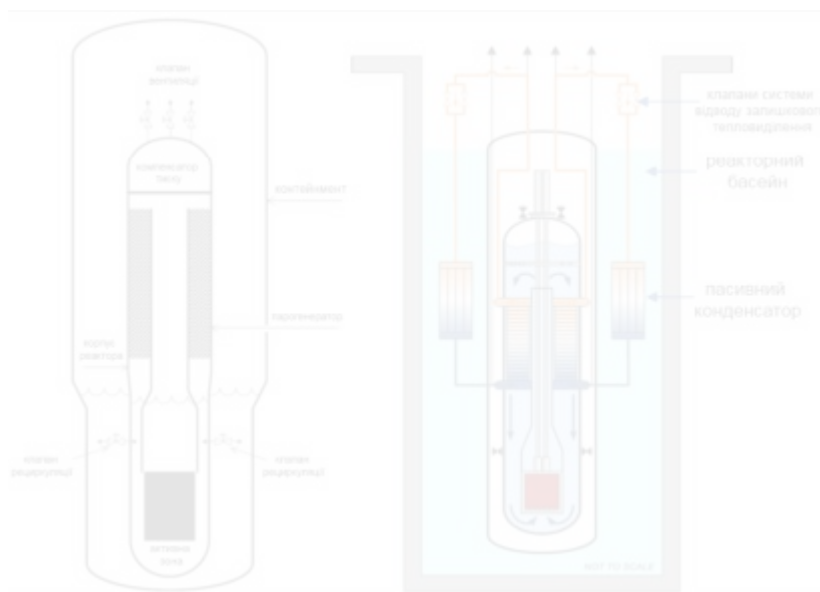


Рисунок 3.6 - Схематичне зображення СВЗТ та САОЗ

3.3 Опис реакторної установки та основні характеристики

Westinghouse AP1000

AP1000 (Advanced Passive – Вдосконалений Пасивний) – це вододіяний, легководний, двоконтурний, гетерогенний реактор з водою під ТИСКОМ на теплових нейтронах, розроблений американською компанією Westinghouse Eclectic. На відміну від MMP NuScale Power Module, у світі

побудовано 5 енергоблоків з реактором AP1000 на трьох АЕС (1 у США та 4 у Китаї). Електрична потужність реактора складає 1100 МВт, тепла 3415 МВт. Особливість цього реактору полягає у тому, що його складі переважають пасивні системи безпеки і це перший у світі реактор великої потужності покоління III+.

Реакторна установка AP1000 має по дві петлі циркуляції теплоносія у схемі та має у своєму складі два вертикальних парогенератори марки Delta-125 потужністю 550 МВт кожний. Кожна петля має по одному трубопроводу гарячої нитки з внутрішнім (790 мм) та по два трубопроводи холодної нитки з внутрішнім діаметром (560 мм), а також по два циркуляційних відцентрових насоси, що встановлені безпосередньо на парогенератори на нижні їх частини.



Рисунок 3.7 - Загальний вигляд РУ з реактором AP1000

Таке розташування циркуляційних насосів дозволило усунути з'єднувальні трубопроводи насосів та парогенератору, компактніше

розмістити обладнання РУ, що в свою чергу зменшило розміри гермооболонки.

Таблиця 3.3 – Основні характеристики РУ з реактором AP1000

Параметр	Значення
Теплова потужність (МВт)	3415
Електрична потужність брутто (МВт)	1200
Номінальна електрична потужність (МВт)	1100
Діаметр корпусу внутрішній (мм)	4038,6
Товщина стінок корпусу (мм)	203
Висота корпусу (мм)	12056
Робочий тиск (МПа)	15,513
Максимально допустимий тиск (МПа)	17,1
Робоча температура теплоносія (°C)	343,3
Проектний термін експлуатації (років)	60

Корпус ядерного реактора складається з циліндричної основи, що закрита напівсферичним днищем знизу та знімною фланцевою напівсферичною головкою. Внутрішні поверхні корпусу, що змочуються водою при роботі реактору та перевантаженні палива, облицьовані нержавіючою сталлю.

3.3.1 Активная зона реактору AP1000

Активная зона, корпус реактору та інші внутрішні частини реактору AP1000 типові для більшості реакторів типу PWR компанії Westinghouse. Активна зона складається з 157 паливних збірок, довжиною 426,7 см та має декілька важливих покращень, що ґрунтуються на досвіді експлуатації інших реакторів цього типу. Активна зона складається з трьох радіальних секцій, в яких встановлені збірки з різним ступенем збагачення. Збагачення варіюється від 2,35% до 4,8% по ізотопу U^{235} . Температурний коефіцієнт реактивності АКТИВНОЇ зони є негативним.

AP1000 використовує вдосконалену систему органів контролю та захисту, що дозволяють досягти мінімального застосування борного регулювання під час роботи на номінальній потужності, оскільки у конструкцію стержня додані матеріали, що поглинають нейтрони. Стержні регулювання, разом з системою автоматизованого контролю потужності усувають необхідність обробки тисяч тон води для зміни концентрації розчину борної кислоти. Як наслідок, маємо спрощену систему подачі розчину борної кислоти, як і систему відчистки теплоносія від нього, що значно спрощує конструкцію РУ та робить її більш дешевою.

Активна зона розташована достатньо низько відносно отворів під'єднання патрубків до корпусу реактора, враховуючи його велику довжину, це робить її захищеністю від осушення під час течії теплоносія більш захищеною та у разі розплавлення АЗ, вона залишиться у корпусі реактора.

Інші частини АЗ та реактору в цілому дуже подібні до вже давно існуючих проектів компанії Westinghouse Electric. Внутрішньокорпусні пристрої забезпечують захист та надійну фіксацію усіх елементів контролю, вимірювання та самих паливних збірок, що виключає заклинення органів СУЗ та дозволяють РУ залишатися керованою та контрольованою під час сильних вібрацій та землетрусів.

3.3.2 Системи безпеки реактору AP1000

Реактор AP1000 використовує активні та пасивні системи безпеки, що ґрунтуються на принципі глибокошелюваного захисту. Серед основних систем безпеки можна виділити наступні:

- Пасивна система аварійного охолодження активної зони;
- Пасивна система відводу залишкових тепловиділень;
- Пасивна система охолодження гермооболонки;
- Система життєзабезпечення блочного щита управління;
- Система ізоляції внутрішнього простору гермооболонки.

Ці пасивні системи безпеки є автономними та не потребують команди на спрацювання з БЩУ та електроенергії, також забезпечують значне підвищення рівня безпеки АЕС та захищеності персоналу від наслідків важкої аварії. Також ці системи мають більш просту конструкцію, ніж у інших реакторів типу PWR, не потребують частого обслуговування та заміни запчастин, рідше тестуються на справність.

Пасивна система аварійного охолодження активної зони забезпечує охолодження реактору та АЗ під час аварійних подій, застосовуючи подачу охолоджуючої води з розчином борної кислоти з трьох різних джерел, серед яких аварійний бак запасу води з розчином бору, гідроаккумулятор та аварійний бак запасу води великого об'єму, що розташований над трубопроводами реактору. Усі три джерела під'єднані до реактору двома патрубками. Довготривала подача води здійснюється за рахунок сили гравітації. Дана система працює без насосів великого тиску, тому перед початком її роботи знижується тиск у контурі РУ до атмосферного.

Пасивна система відводу залишкових тепловиділень працює за рахунок пасивного теплообмінника, який під'єднаний до петлі реактора. Ця система забезпечує відвід тепла від реактору в наслідок зупинки циркуляційних насосів. Система здатна відводити залишкове тепло від реактора протягом 15 хвилин після зупинки реактора. Аналіз системи показав, що під час втрати

теплоносія та за відсутності можливості запустити циркуляційні насоси пасивний теплообмінник разом з парогенератором забезпечують достатнє охолодження теплоносія та підтримання рівня води у компенсаторі тиску. Пасивний теплообмінник розташований у аварійному баку запасу води, де той віддає тепло великому об'єму води та забезпечує відведення тепловиділення від АЗ протягом 1 години перед тим, як вода почне кипіти. Рух рідини у системі здійснюється за рахунок природньої конвекції. Після того, як вода починає кипіти, пара виходить з баку запасу аварійної води до простору всередині гермооболонки, де конденсується та повертається назад до баку. Ця система працює сумісно з системою пасивного охолодження гермооболонки та не потребує дій персоналу для її спрацювання.

Система пасивного охолодження гермооболонки забезпечує зниження тиску та конденсацію пари, що надходить до простору ГО а також камери, що знаходиться між її стінами. Гермооболонка енергоблоку з реактором AP1000 складається з двох оболонок – залізної внутрішньої та бетонної зовнішньої. Між ними є простір – повітряна камера, в яку у разі аварії надходить пара з РУ чи баку запасу аварійної води для подальшої конденсації та повернення її у контур РУ. Під час аварійного сценарію пароводяна суміш охолоджується потоком повітря, а за необхідності дренується водою з баку, що розташований у верхній частині гермооболонки. Принцип роботи системи пасивного охолодження гермооболонки зображений на рисунку 3.8.

Система життєзабезпечення блочного щита управління дозволяє персоналу без ризику для життя продовжувати знаходитись на БЩУ у разі аварії. Ця система має власну вентиляцію та набір фільтрів, що ізольовані від загальноблочної вентиляційної системи та у разі підвищення радіаційного фону у приміщеннях блоку чи задимлення, забезпечує БЩУ чистим повітрям комфортної температури, що гарантує персоналу безпечні умови праці під час аварії. Кімната БЩУ має герметичні двері, які дозволяють ізолювати її від інших приміщень АЕС. Під час роботи системи життєзабезпечення БЩУ, у

кімнаті підтримується вищий тиск, ніж у інших приміщеннях, що не дозволить радіоактивному повітрю чи диму проникнути у БЦУ.



Рисунок 3.8 – Система пасивного охолодження гермооболонки.

3.4 Порівняння реакторів NuScale Power Module та Westinghouse AP1000

У цьому розділі будуть порівняні основні критерії та характеристики реакторних установок NuScale Power Module та Westinghouse AP1000, що зможе наглядно продемонструвати суттєві відмінності між ММР та реактором великої потужності. Параметри та їх значення будуть представлені у вигляді таблиці 3.4. Для порівняння були обрані саме ці реактори, оскільки вони є представниками найперспективніших проектів ММР та реакторів великої потужності у розвитку атомної енергетики та використовують велику кількість пасивних систем безпеки.

Таблица 3.4 – Порівняння реакторів NuScale Power Module та Westinghouse AP1000.

Порівнюваний параметр	Westinghouse AP1000	NuScale Power Module
Номинальна електрична потужність бруто (МВт)	1200	50
Теплова потужність (МВт)	3415	160
Кількість паливних збірок у АЗ	157	37
Структура паливної збірки	Квадратна 17x17	Квадратна 17x17
Довжина паливної збірки (см)	426,7	182,88
Паливних стержнів у збірці	264	264
Середнє лінійне енерговиділення (КВт/см)	5,4	2,5
Кількість кластерів регулювання	53	16
Система охолодження реактору	Westinghouse AP1000	NuScale Power Module
Кількість петель циркуляції	2	Не має петель
Робочий тиск (МПа)	15,513	12,75
Температура у гарячій нитці (°C)	343,3	283,9
Корпус реактору	Westinghouse AP1000	NuScale Power Module

Внутрішній діаметр корпусу (мм)	4038,6	2730,5
Теплове та нейтронне екранування	Циліндричний відбивач	Штабельний відбивач з блоків нержавіючої сталі
Контрольно-вимірювальні прилади	Розташовані у нижній частині корпусу	Розташовані у верхній частині корпусу
Парогенератори	Westinghouse AP1000	NuScale Power Module
Кількість	2	2
Тип парогенератору	Вертикальний, з U-подібними трубами	Вертикальний з гвинтовими трубами
Площа теплообміну (м ²)	5109	~1672
Кількість труб у парогенераторі	5626	1380
Кількість головних циркуляційних насосів	4	0
Внутрішній об'єм компенсатора тиску (м ³)	60	16
Гермооболонка	Westinghouse AP1000	NuScale Power Module
Тип	Гермооболонка з попередньо напруженого залізобетону	Сталева оболонка
Внутрішній діаметр (м)	42,6	4,2

Висота (м)	62,4 (внутрішня)	22,8 (зовнішня)
Аварійні дизель-генератори	2	-
Тип турбіни	1800 об/хв, шестипотокова, компаунд-типу	3600 об/хв, 10-ти ступенева з перегрівом пари
Аварійні насоси живильної ВОДИ	3	-
Живильні насоси другого контуру	4	6 для 12 реакторів
Наявність активних систем безпеки	Так	Ні
Частота пошкодження активної зони (реактор/рік)	$5,09 \times 10^{-7}$	$2,7 \times 10^{-10}$
Частота граничного аварійного викиду (реактор/рік)	$5,94 \times 10^{-8}$	$1,8 \times 10^{-11}$

3.5 Висновки

З порівняльного аналізу можна чітко побачити основні та принципові відмінності між порівнюваними реакторами. Особливістю MMR NuScale Power Module є менші робочі параметри, такі як тиск і температура в АЗ використання пасивних систем безпеки та менші розміри як самого реактору, так і енергоблоку в цілому, що зумовлено модульністю, інтегральним компонуванням першого контуру та відсутність низки СИСТЕМ та елементів, ЩО притаманні реакторам великої потужності.

Варто зазначити, що ММР NuScale має більшу вартість 1-го кВт встановленої потужності через меншу електричну потужність РУ, проте терміни будівництва енергоблоку значно менші і простіші, оскільки реактор з усіма його внутрішніми елементами збирається на заводі та доставляється на будівний майданчик повністю готовим для встановлення. Відсутність необхідності для АЕС з ММР NuScale низки великогабаритного обладнання, систем та будівель, притаманних для АЕС великої потужності (дизель-генераторна станція, ремонтний цех тощо), що значно зменшує розміри майданчику. Враховуючи меншу частоту пошкодження активної зони та граничного аварійного викиду через меншу кількість палива у активній зоні, менші робочі параметри та надійні пасивні системи безпеки – зона аварійного планування для АЕС з ММР NuScale Power Module буде також меншою в порівнянні з АЕС великої потужності.

Реактори великої потужності, як і ММР мають свої переваги, а отже будуть активно розвиватися та будуватись. Кожна країна зможе вибрати для себе найбільш привабливий варіант АЕС в залежності від структури енергоринку, особливостей рельєфу, попиту на електроенергію та ряду інших критеріїв, що можуть вплинути на вибір типу реактора.

Для України, на мою думку, перспективним проектом подальшого розвитку атомної енергетики є будівництво ММР, оскільки терміни їх будівництва значно менші і побудовані реактори зможуть якнайшвидше видавати електричну потужність у енергомережу, що суттєво знижує ризики «затягування» будівництва, удорожчання в будівництва тощо. На сьогоднішній день у рамках становлення енергетичної незалежності України будівництво АЕС з ММР є найбільш актуальним.

Совпадения

Источники из Библиотеки

1

1	TYa81-Kravchenko-tesis-2022	ID файла: 1011395134	Учебное заведение: National Technical University of Ukraine...	1.54%
---	-----------------------------	----------------------	--	-------