

Имя пользователя:
Баранюк Александр Володимирович

ID проверки:
1011521280

Дата проверки:
09.06.2022 14:31:37 EEST

Тип проверки:
Doc vs Internet + Library

Дата отчета:
09.06.2022 14:40:21 EEST

ID пользователя:
100007114

Название файла: TYa81-KovalchukPO-special-question-2022

Количество страниц: 34 Количество слов: 4512 Количество символов: 33376 Размер файла: 1.75 MB ID файла: 1011395158

Обнаружены модификации текста (могут влиять на процент совпадений)

4.61% Совпадения

Наибольшее совпадение: 3.99% с источником из Библиотеки (ID файла: 1000787367)

0.29% Источники из Интернета 30 Страница 36

4.61% Источники из Библиотеки 20 Страница 36

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 99

Подозрительное форматирование 15 страниц

3 АНАЛІЗ ПЕРЕБІГУ АВАРІЙ В БАСЕЙНІ ВИТРИМЦІ З МЕТОЮ РОЗРОБКИ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ЇХ УПРАВЛІННЯ

Практика здійснення аналізів за проектних аварій, а саме важких аварій (ВА) у реакторній установці (РУ), спрямована, на розроблення, впровадження та в подальшому вдосконалення стратегій управління ВА на усіх типах енергоблоків АЕС. Разом з РУ потенційно небезпечним стосовно виникнення ВА є басейн витримки (БВ). Одна з робіт з аналізу ВА у БВ є більш складні через їхню відносну новизну, та пов'язаного з цим обмеженого обсягу наявної інформації стосовно розвитку таких аварій.

3.1 Опис проблеми

Важка аварія – це за проектна аварія, при якій відбувається важке пошкодження активної зони.

Важке пошкодження активної зони – це пошкодження, при якому перевищено максимальну проектну межу пошкодження тепловиділяючих елементів.

Максимальна проектна межа пошкодження твелів відповідає не перевищенню будь-якого з наступних граничних параметрів:

- температура оболонок твелів – 1200 °С;
- локальна глибина окислення оболонок твелів – 18% від граничної товщини оболонки;
- частка цирконію, що прореагував, - 1% від його маси в оболонках твелів.

Існує така послідовність станів (стадій) розвитку важкої аварії в РУ:

- втрата ефективного охолодження АЗ;
- плавлення АЗ, переміщення розплаву на днище корпусу, утворення басейну розплаву;
- вихід розплаву межі корпусу реактора;

- пошкодження захисної оболонки та вихід ПД за її межі.

Якщо ж говорити про важкі аварії у БВ:

Відмова функції відведення тепла від БВ (з різних причин) веде до порушення відведення залишкових тепловиділень відпрацьованого палива, що зберігається в басейні витримки; що в результаті веде до зменшення щільності води (розігрів води), що у свою чергу може призвести до пошкодження відпрацьованого палива. Тобто, при виникненні даної ВПА, відведення залишкових тепловиділень палива, що зберігається, відбувається за рахунок випаровування води БВ. Для виключення неприпустимого зниження води у паливних відсіках та оголення палива оперативний персонал повинен виконати дії щодо забезпечення підтримки запасу води в БВ або від насосів заповнення та підживлення БВ, або шляхом включення спринклерної системи. Безпечним кінцевим станом для даної ВПА є запобігання оголенню палива в БВ.

Відмова функції відведення тепла від БВ призводить до важкого пошкодження палива БВ.

3.2 Загальний опис БВ

Басейн витримки розміщений всередині захисної оболонки і слугує для зберігання та витримки відпрацьованого палива. Він поділений на чотири відсіки (Рисунок 1). Огороджувальні конструкції БВ слугують для утримання активних продуктів поділу, що виділяються при різних режимах експлуатації АЕС, а також для ослаблення потужності іонізуючого випромінювання.

Огороджувальні конструкції басейну витримки складаються з таких елементів:

- подвійне металеве герметизуюче облицювання з дренажем випадкових протікань;
- залізобетонних конструкцій.

Будівельні конструкції БВ виготовлені у вигляді прямокутної залізобетонної конструкції з подвійним металевим облицюванням.

Внутрішнє облицювання стін БВ до позначки 30,700 м виконане зі сталі марки ВСтЗпсб товщиною 8 мм. Зовнішнє з корозійностійкої сталі марки 08Х18Н10Т завтовшки 8 мм. Вище позначки 30,700 м товщина облицювання становить по 6 мм.

Зазор між двома облицюваннями стін величиною 8 мм, що утворюється установкою проміжних прокладок і заглушок, утворює замкнуту загальну порожнину з підлогою і стінами до позначки 30,700 м. Це дає можливість організувати дренаж протікання через утворені порожнини, а дренажні відводи, по одному з кожного відсіку БВ і колодязя, врізані в цю порожнину з боку вуглецевого облицювання і дозволяють періодично візуально слідкувати за протіканням.

Стіни БВ конструкцій типу змішаних "сталевих осередків", армованих зовнішньою листовою та звичайною пучковою та арматурою.

Товщина стін сягає 1000 мм, внутрішніх перегородок – 400 мм та 80 мм.

Сталеві осередки заповнюються особливо важким бетоном. Перекриття під БВ виготовлено у вигляді арматурного блоку товщиною 1200 мм і заливається звичайним важким бетоном.

Термін служби БВ становить 30 років.

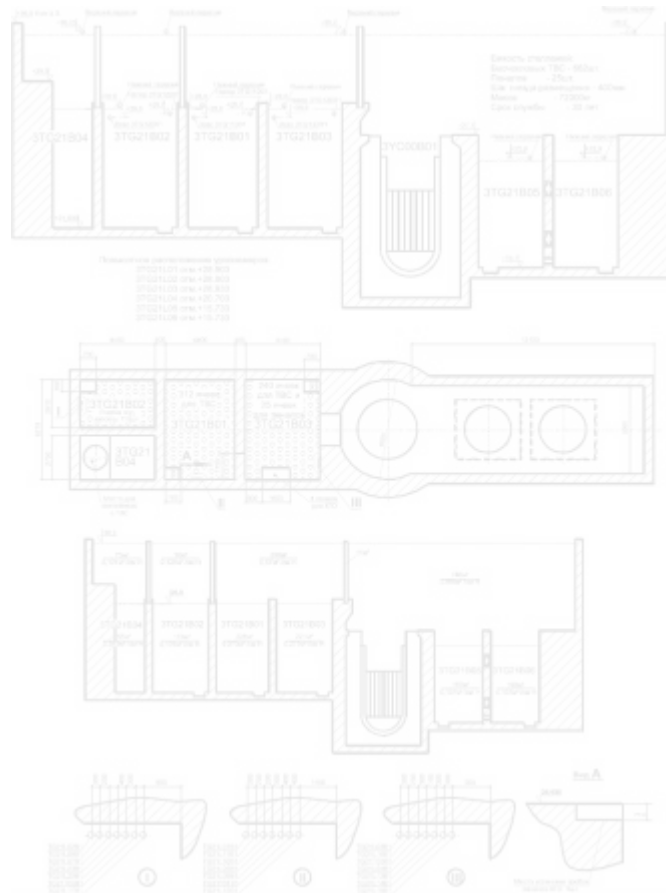


Рисунок 1 Басейн витримки та перевантаження палива ВВЕР-1000

3.3 Перелік стратегій

Існує ряд стратегій з управління важкими аваріями в БВ, а саме:

- стратегія «Управління концентрацією водню в ГО:

Ця стратегія спрямована на збереження цілісності ГО. Необхідність реалізації даної стратегії залежить від успіху чи неуспіху реалізації інших стратегій з управління важкими аваріями. Ця стратегія може бути реалізована декількома шляхами, такими як: зниження концентрації водню з допомогою роботи рекомбінаторів водню; створення інертних параметрів середовища у ГО;

- локалізація ГО:

Дана стратегія спрямована на зниження та подальше запобігання викиду радіоактивності за межі ГО. Події цієї стратегії направлені на закриття будь-якої арматури, що відсікає ГО від навколишнього середовища. Таким чином, основна мета даної стратегії – запобігти порушенню останнього бар'єру безпеки, а саме порушення герметичності захисної оболонки;

- управління параметрами в ГО:

При організації упорскування води в ГО (від спринклерної системи) відбудеться зниження тиску та температури внаслідок конденсації пари на краплях спринклерного розчину. Зниження тиску в приміщеннях ГО може призвести до зниження витoku середовища з ГО і, як наслідок, зменшення викиду продуктів розподілу в навколишнє середовище. Крім того, внаслідок упорскування води в ГО будуть брати в облогу продукти поділу з атмосфери ГО, що також призведе до зменшення радіоактивного викиду в навколишнє середовище;

- підживлення БВ:

успіх даної стратегії залежить від декількох факторів, а саме від часу відновлення підживлення і витрати води, що подається;

- охолодження розплаву в БВ:

Дана стратегія передбачає реалізацію подачі води в аварійний відсік.

3.4 Підживлення БВ

З розглянутих вище стратегій було обрано для аналізу стратегію «Підживлення БВ». Аналіз виконано на прикладі вихідної події: «Повне знеструмлення енергоблока з РУ ВВЕР-1000, із відновленням системи підживлення БВ на ранніх стадіях важкої аварії та організацією скидання тиску з ГО».

При виборі даної вихідної події для аналізу враховувалось наступне:

- для даної аварії реалізація протиаварійних дій є оптимістичною і залежить в першу чергу від відновлення електроживлення;
- в випадку неможливості відновлення електроживлення, успішність відновлювальних дій залежатиме від ефективності використання мобільного обладнання;
- для даної аварії існує висока ймовірність помилок персоналу через втрату електроживлення і відповідні можливі проблеми із освітленням, зв'язком та інші проблеми;
- дана аварія потенційно є однією із найбільш несприятливих з точки зору наслідків.

У даному пункті наведено опис результатів розрахункового аналізу аварії, пов'язаної з повним знеструмленням енергоблоку в умовах повністю вивантаженої активної зони у відсіку TG21B01 та TG21B02 з урахуванням локалізації ГО та виконанням дій у рамках стратегії «Підживлення БВ». Змодельовано відновлення системи підживлення БВ після плавлення 50% палива у відсіку TG21B02. Моделюються дії оперативного персоналу (ОП), направлені на запобігання переопресування ГО з допомогою скидання парогазового середовища у довкілля. Клапан скидання середовища з ГО відкривається при досягненні тиску всередині ГО більше 5 (кгс/см²) закривається при 3 (кгс/см²). На лінії скидання середовища змодельовано встановлений аерозольний фільтр. Коефіцієнт фільтрації приймається рівним 99%.

Метою даного аналізу було дослідження впливу виконання стратегії управління важкою аварією в БВ, опис феноменології протікання процесів у БВ і ГО в умовах важкої аварії, аналіз можливості утворення вибухонебезпечних концентрацій водню, визначення хронології основних подій, а також визначення величини радіоактивного викиду.

3.4.1. Загальний опис моделі БВ для коду MELCOR

Розрахункова програма MELCOR розроблена в Національній лабораторії Sandia (США) на замовлення US NRC та є інтегральним кодом, призначення якого моделювання всього спектра явищ, що супроводжують перебіг важких аварій на АЕС з легко водними реакторами від моменту виникнення вихідної події до досягнення кінцевого стану. В рамках регіональних проектів MAGATE RER/9/004 та RER/9/020 програму MELCOR було прийнято до використання для АЕС з реакторами ВВЕР-440 та ВВЕР-1000. Відмінною рисою програми є її універсальність, що дає змогу моделювати цілу низку процесів, специфічних для важких аварій, у тому числі деградацію активної зони, перенесення та поведінку радіонуклідів, утворення, поширення та горіння водню, процеси в бетонній шахті реактора, поведінку теплових структур тощо.

Нодалізаційна схема БВіП представлена на Рис..

Модель БВіП є частиною моделі ГО. У цьому пункті представлено більш детальний опис контрольних обсягів та шляхів течій БВіП, а також наведено розбивку активної зони відсіку TG21B02.

Дана модель БВіП дозволяє моделювати аварії в БВіП для різних режимів роботи РУ, а саме:

- "холодний" зупинка;
- зупинка для ремонту;
- перевантаження палива;
- режим РУ з аварійно вивантаженою а.з. в БВіП.

У межі БВіП включено 17 контрольних обсягів, які з'єднані 29 шляхами перебігу.

Колодязь для контейнера свіжого та відпрацьованого палива (приміщення ГА 402) до позначки 29.0 змодельована за допомогою контрольного об'єму CV628. Решта даного приміщення моделюється контрольним обсягом CV634.

Відсіки для зберігання ВТВЗ TG21B01 і TG21B03 змодельовані за допомогою контрольних обсягів CV629 і CV630 відповідно. Енерговиділення у зазначених відсіках змодельовано за допомогою контрольних/табличних функцій шляхом введення додаткової ентальпії води в дані контрольні обсяги. Частина БВіП над цими відсіками від позначки 29.0 змодельована контрольним об'ємом CV614.

Відсік TG21B02 змодельований найбільш детально, тому що в ньому знаходяться СУЗП «Шкода», які є найбільш щільним станом зберігання ВТВЗ. Через це відношення енерговиділення ВТВЗ до обсягу води є найменшим. Контрольний об'єм CV635 моделює нижню частину відсіку TG21B02 від нижньої позначки підлоги 20.7 (м) (до початку обігрівается частини ТВЗ на позначці 21,375 м. Об'єм CV622 моделює байпас між шестигранными трубами, а також об'єм на периферії відсіку між СУЗП та бетонними стінами. Об'єм CV627 моделює частину

відсіку TG21B02, що не обігривається, до позначки 29.0. Контрольний обсяг CV633 моделює частину БВіП над цим відсіком до позначки 36.9. Холодна вода подається в контрольний об'єм CV635 і виводиться з об'єму CV627 як джерела маси та ентальпії.

Шахта ревізії апарату (приміщення ГА313) та шахта ревізії БЗТ (ГА312) змодельовані за допомогою контрольних обсягів CV631 та CV632. Приміщення ГА501 над вказаними шахтами включено до контрольного обсягу CV613.

Верхня камера змішування РУ з'єднується з контрольним об'ємом CV613 за допомогою шляху течії FL010 (для режимів РУ з відкритим реактором).

З'єднання між контрольними обсягами CV613, 633, 634 та контрольним об'ємом CV614 змодельовані за допомогою шляхів течії FL646, 723, 724 відповідно. У разі встановлених шандор на даних шляхах течії змодельовано клапани.

Контрольний обсяг CV636 являє собою модель шахти відсіку TG21B02 БВіП, яка включається тільки в момент перенесення розплаву та початку реакції розплаву з бетоном. Цей контрольний об'єм моделює весь об'єм відсіку БВ від підлоги до його верху і не пов'язаний з рештою об'єму моделі, крім центральної зали ГО (об'єм CV619).

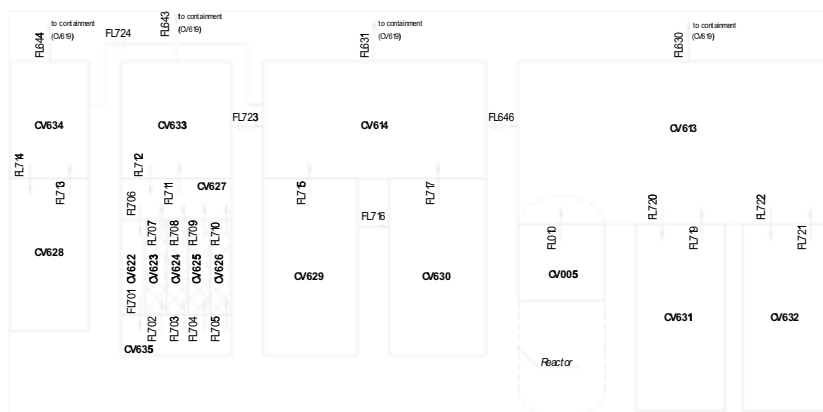


Рис. 2 – Модель БВіП (фрагмент моделі гермооб'єму)
СУЗП "Шкода", встановлений у відсіку TG21B02, представлений на
Рис.. Проектна ємність даного СУЗП становить 126 ВТВЗ та 1 кластер.
Теплообмін та взаємодія всередині паливної решітки ВТВЗ моделюють
ся **пакетом COR**, за допомогою якого розроблена модель активної зони
відсіку TG21B02 БВіП.

Відсік розбитий на 4 радіальних 14 аксіальних сегментів. Прямокутна
область розташування ТВЗ у СУЗП моделюється циліндричними кільцями,
що зумовлено особливостями розрахункового коду. Кількість ТВЗ у
першому (центральному) кільці становить 31 шт, у другому та третьому
кільцях (проміжних) – по 30 шт, та у четвертому (периферійному) кільці – 35
шт.

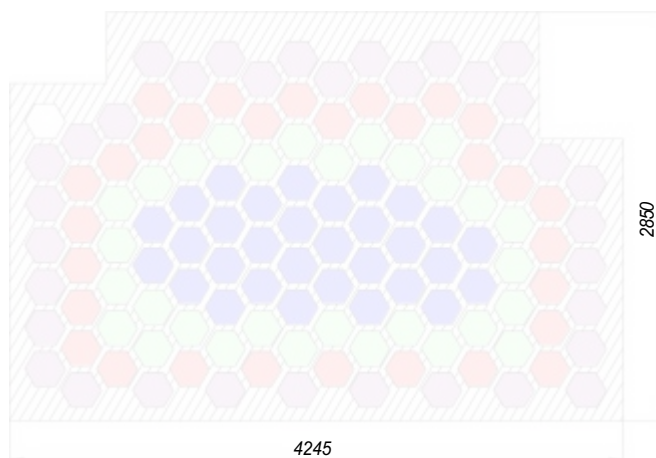
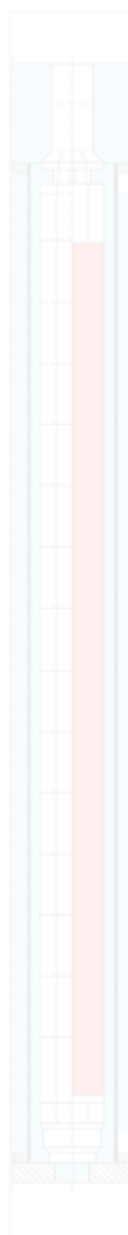


Рис. 3 – Радіальне розбиття активної зони, розміщеної в СУЗП «Шкода» відсіку TG21B02



Аксиальный элемент	Структурные элементы	Высотные отметки, м		
		низ	высота	верх
14	Головки ТВСА Верхняя плита СУХТ	25.206	0.752	25.958
13	Топливо (часть 10)	24.851	0.355	25.206
12	Топливо (часть 9)	24.496	0.355	24.851
11	Топливо (часть 8)	24.141	0.355	24.496
10	Топливо (часть 7)	23.786	0.355	24.141
9	Топливо (часть 6)	23.431	0.355	23.786
8	Топливо (часть 5)	23.076	0.355	23.431
7	Топливо (часть 4)	22.721	0.355	23.076
6	Топливо (часть 3)	22.366	0.355	22.721
5	Топливо (часть 2)	22.011	0.355	22.366
4	Топливо (часть 1)	21.656	0.355	22.011
3	Хвостовики ТВСА Нижняя плита СУХТ	21.375	0.281	21.656
2	Опорная плита	21.295	0.08	21.375
1	Опорные трубы под опорной плитой	20.7	0.595	21.295

Рис. 4 – Аксиальне розбиття моделі активної зони відсіку ТГ21В02 БВіП

У радіальному напрямку активна зона БВ межує з бетонними стінами відсіку TG21B02, що представлені 14 граничними тепловими структурами. В аксіальному напрямку активна зона обмежена підлогою відсіку TG21B02.

В аксіальному напрямку можна виділити 3 основні ділянки. Перша ділянка включає сегменти 1-3, що моделюють нижню камеру змішування відсіку TG21B02. Зокрема, сегмент 1 представляє простір між підлогою відсіку TG21B02 і опорною плитою цього відсіку, що спирається на опорні труби, сегмент 2 моделює опорну плиту відсіку БВ, сегмент 3 моделює простір між опорною плитою відсіку БВ і початком обігрівача частини ТВ3. Друга ділянка моделює власне обігрівача частини ТВ3, яка розбита на 10 однакових по висоті аксіальних сегментів. Третя ділянка моделює верхню частину ТВ3, що не обігрівача, і включає сегмент 14. Верхня межа сегмента 14 прийнята по верху головок ТВ3.

3.4.2 Модель гермооб'єму

3.4.2.1 Загальний опис

Нодалізаційна схема моделі гермооб'єму зображена на Рис. 5.

У даній моделі гермооб'єм представлений 26-ма контрольними обсягами, з'єднаними 50-ма шляхами течії.

Для обліку гідростатичного градієнта тиску та моделювання процесів природної конвекції реакторний зал поділений на чотири контрольні обсяги. Контрольний обсяг CV620 представляє купольну частину реакторного залу, а контрольні обсяги CV617, 618 та 619 – його циліндричну частину. Причому, контрольні обсяги CV617, 618 моделюють пристіночну (незрошувану) область, а CV619 - центральну циліндричну частину.

При моделюванні шляхів течії відображалася геометрія прорізів і з'єднань між приміщеннями, а також враховувалася можливість перетікання теплоносія при аварії в нижчі об'єми і в кінцевому рахунку в бак-прямок ГО (контрольний об'єм CV600).

Для моделювання перемішування середовища в тупикових контрольних **обсягах CV**604, 607 моделюється по два шляхи течії, що з'єднують дані контрольні обсяги з сусідніми.

Для забезпечення можливості автономних розрахунків контайнменту металеві теплові структури 1-го, 2-го контурів моделі гермооб'єму представлені окремими тепловими структурами (з адіабатною правою межею).

БВіП на нодалізаційній схемі ГО (Рис. 5) наведений спрощено на прикладі контрольних **обсягів CV**613, 614, 633, 634.

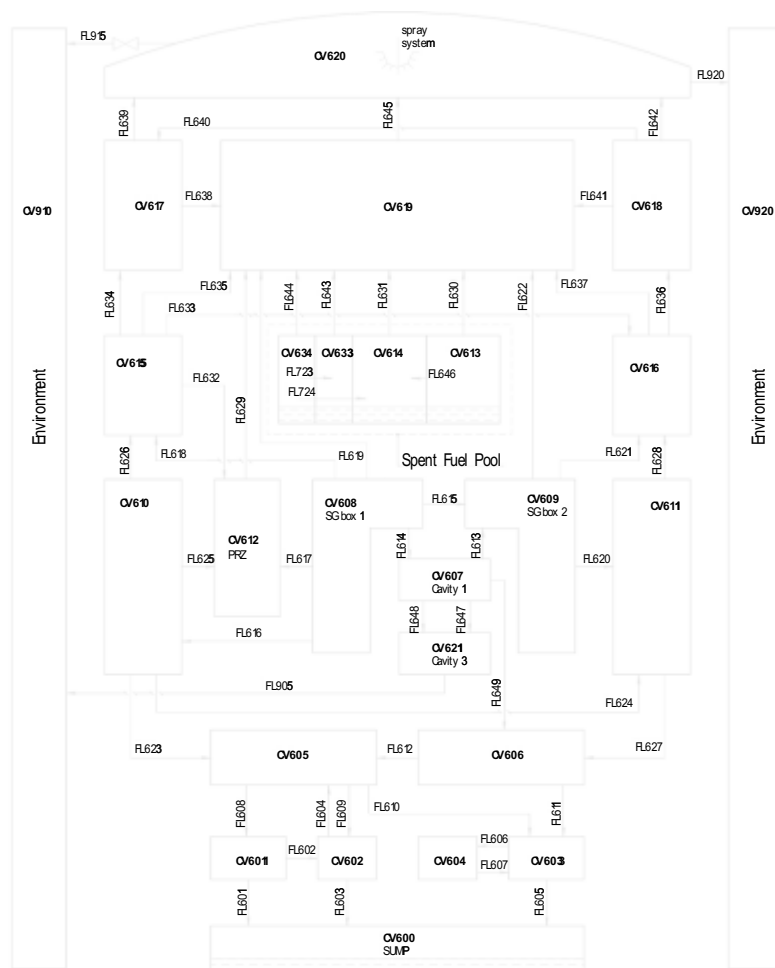


Рис. 5– Модель гермообъема

Табл.1 Експлікація приміщень гермооб'єму

№	Контрольний обсяг	Приміщення, що включаються до контрольного обсягу	
		Назви приміщень	Номер приміщень
1	CV600	Приміщення бака аварійного запасу бору	ГА201
2	CV601	Приміщення вентильної камери трубопроводів та арматури	ГА306/1

№	Контрольный обсяг	Приміщення, що включаються до контрольного обсягу	
		Назви приміщень	Номер приміщень
3	CV602	Приміщення вентиляційної камери трубопроводів та арматури	ГА306/2
4	CV603	Приміщення вентиляційної камери трубопроводів та арматури	ГА306/3
5	CV604	Приміщення бака маслосистеми ГЦН	ГА311
6	CV605	Приміщення вентиляторів системи TL05 Частина коридору Приміщення високотемпературних фільтрів Приміщення фільтра-контейнера пристрою СВО-1 Приміщення герметичних кабельних проходок	ГА307/1-3 ГА308 ГА309/1, ГА309/3, ГА309/4 ГА314 ГА315/1-2
7	CV606	Приміщення машини для огляду корпусу апарату Транспортний герметичний люк Частина шахти ліфта вантажопасажирського (отм. 13.7-19.54) Машинне відділення ліфта Частина коридору Приміщення високотемпературних фільтрів Приміщення пульта машини для огляду корпусу апарату Приміщення герметичних кабельних проходок	ГА302 ГА303 ГА304 ГА305 ГА308 ГА309/2 ГА310 ГА315/3
8	CV607	Шахта реактора (нижня частина)	ГА301(1)
9	CV608	Частина шахти реактора (зона патрубків) Бокс парогенераторів Бокс парогенераторів Кабельний коридор	ГА301(2) ГА407/1 ГА506/1 ГА606/2
10	CV609	Частина шахти реактора (зона патрубків) Бокс парогенераторів	ГА301(2) ГА407/2 ГА408

№	Контрольный объем	Приміщення, що включаються до контрольного обсягу	
		Назви приміщень	Номер приміщень
		Приміщення теплообмінників підживлення та продування 1 контур Бокс парогенераторів Кабельний коридор	ГА506/2 ГА606/1
11	CV610	Приміщення вентиляційних установок системи TL01 Транспортний коридор Приміщення стенду перевірки штанг ПМ	ГА405/1-3 ГА406(1) ГА505
12	CV611	Частина шахти ліфта вантажопасажирського (відм. 19.54-25.7) Приміщення вентиляційних установок системи TL01 Транспортний коридор	ГА304 ГА405/4-6 ГА406(2)
13	CV612	Приміщення компенсатора обсягу ГА403	
14	CV613	Шахта реактора (верхня частина) Шахта мокрого навантаження Мийка	ГА301(3) ГА501 ГА602
15	CV614	Частина басейну витримки та перевантаження палива над відсіками TG21B01, TG21B03 (отм. 29.0-36.9)	ГА401
16	CV615	Приміщення САОЗ Приміщення електродвигунів ДЦН Коридор Шахта ревізії верхнього блоку Приміщення рециркуляційної системи апаратного залу Приміщення герметичних кабельних проходок	ГА502/2 ГА504/1, ГА504/4 ГА507/1 ГА601 ГА603/2 ГА605
17	CV616	Частина шахти ліфта вантажопасажирського (відм. 25.7- 36.9) Приміщення САОЗ Приміщення барботажного бака	ГА304 ГА502/1 ГА503 ГА504/2-3

№	Контрольний обсяг	Приміщення, що включаються до контрольного обсягу	
		Назви приміщень	Номер приміщень
		Приміщення електродвигунів ДЦНА507/2 Коридор Приміщення рециркуляційної системи апаратного залу Приміщення герметичних кабельних проходок	ГА603/1, ГА603/3 ГА604
18	CV617	Частина реакторного залу (пристінкова частина)	ГА701
19	CV618	Частина реакторного залу (пристінкова частина)	ГА701
20	CV619	Частина реакторної зали (циліндрична частина) Приміщення йодних та аерозольних фільтрів	ГА701 ГА702/1-4
21	CV620	Частина реакторного залу (купол) (відм. 62.5 – 65.35)	ГА701
22	CV621	Приміщення іонізаційних камер	A336
23	CV633	Частина басейну витримки та перевантаження палива над відсіком TG21B02 (відм. 29.0-36.9)	ГА401
24	CV634	Колодязь для контейнера свіжого та відпрацьованого палива (відм. 29.0-36.9)	ГА402
25	CV910	Довкілля	
26	CV920	Навколишнє середовище (для обліку проектного витоку з ГО)	

3.4.3 Критерії закінчення розрахунку

При виконанні розрахункового аналізу використовувалися наступні критерії закінчення розрахунку:

- Припинення плавлення палива;
- Стабілізація температури коріуму;
- Часовий критерій (3 доби).

3.4.4 Початкові умови

При моделюванні аварійних сценаріїв з аварійним вивантаженням активної зони БВ прийнято припущення, що всі 163 ТВЗ будуть встановлені у відсіки TG21B01 і TG21B02. Це припущення засноване на консервативному методі оцінки перебігу важкої аварії в БВ. Потужність залишкових тепловиділень оцінюється за формулою Андермейєр а-Уайлса (Untermeyer and Weills), виходячи з стаціонарної роботи РУ, що передувала, протягом паливного циклу на потужності +13 дБ до вивантаження в БВ:

$$\frac{N}{N_0} (\%) = 10 \times \left\{ (T+10)^{-0.2} - (T+T_0+10)^{-0.2} - 0.87 \times \left[(T+2 \times 10^7)^{-0.2} - (T+T_0+2 \times 10^7)^{-0.2} \right] \right\}$$

де:

T_0 – час роботи РУ на потужності,

T – попередній час роботи РУ в стані «зупинки»,

N_0 – теплова потужність РУ під час роботи на потужності,

N – теплова потужність РУ у стані «зупинки» після часу T .

N

Крім того, потужність була консервативно збільшена на 10% - похибка визначення потужності для даного діапазону часу після зупинки. Реалістичний підхід до розрахункового аналізу цієї ВП визначають такі початкові умови:

- у відсіку TG21B02 знаходяться 126 ТВЗ аварійно вивантаженої активної зони;
- у відсіку TG21B01 знаходяться 37 ТВЗ аварійно вивантаженої активної зони та 273 ТВЗ різних років витримки (по 42 ТВЗ від одного року до шести років витримки та 21 ТВЗ семи років витримки);
- у відсіку TG21B03 знаходиться 158 ТВЗ різних років витримки (21 ТВЗ семи років витримки, по 42 ТВЗ від восьми до десяти років витримки та 11 ТВЗ одинадцятирічної витримки);
- сумарна потужність залишкових енерговиділень 163 ТВЗ аварійно вивантаженої активної зони дорівнює 8,91 МВт і визначена виходячи з того,

що активна зона не може бути вивантажена в БВ менш ніж за 13 діб (3 доби – розхолодження РУ, 5 діб – розбирання реактора та демонтаж кришки, 5 діб – вивантаження палива);

- сумарна потужність залишкових енерговиділень ТВЗ різних років витримки у БВіП становить 703,1 кВт. У Таблиця 2 представлені початкові умови для аварій у БВіП.

Таблиця 2 - Початкові умови

Параметр	Розмірність	Значення
Залишкові енерговиділення в БВіП:		
– TG21B01;	кВт	2643,4
– TG21B02;		6886,0
– TG21B03.		81,75
Рівень води в БВіП	м	8,1
Температура води в БВіП	°С	70
Тиск в ГО	кПа	101,3
Температура в ГО	°С	40

3.4.5. Граничні умови

Граничні умови наведені в Таблиця 3.

Таблица 3 - Граничні умови

Елемент/система енергоблоку	Відмова	Проект	Оператор	Примітка
Контроль потужності реактора				
A3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Реактор зупинено. Активна зона у відсіку TG21B01 та TG21B02
Спринклерна система				
насос TQ11D01	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
насос TQ21D01	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
насос TQ31D01	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Система розхолодження БвП				
насос TG11D01	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
насос TG12D01	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
насос TG13D01	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Система підживлення БвП				
насос OTM50D01	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Організація підживлення після плавлення 50% палива.
Мобільний джерело	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Система ГО				
Локалізація ГО				
Основний шлюз	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Закритий
Аварійний шлюз	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Закритий
Транспортний люк	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Закритий
Системи ремонтної вентиляції				
Витяжна система				
TL21D01	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TL21D02	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TL21D03	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Припливна система				

Элемент/система энергоблоку	Відмова	Проект	Оператор	Примітка
TL 41 D 01	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TL41D02	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TL41D03	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Електропостачання				
Система нормального електропостачання	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Система аварійного електропостачання	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

3.4.6 Аналіз перехідного процесу

Хронологія подій перехідного процесу представлена в Таблиця 4.

Таблица 4.– Хронологія подій

Час		Подія	Опис
сек	Годин		
0	0,0	Повне знеструмлення енергоблоку	
2000	0,56	Початок кипіння води (у відсіку TG21B02)	Внаслідок відключення системи розхолодження БВіП
6880	1,91	Початок кипіння води у відсіку TG21B01	Внаслідок відключення системи розхолодження БВіП
15235	4,23	Підвищення тиску в ГО більше 0,3 (кгс/см ²)	Закриття локалізуючої арматури ГО
15475	4,3	Початок оголення частини ТВС, що обігривається	
23163	6,43	Початок розущільнення оболонок твел	
23350	6,49	Початок пароцирконієвої реакції	Початок інтенсивної генерації водню в активній зоні
25027	6,95	Збільшення температури оболонки ТВЕЛ вище 1200°C.	Внаслідок зниження рівня води у відсіку БВіП
26092	7,25	Початок пошкодження палива	
30175	8,38	Повне оголення частини ТВЗ, що обігривається	
34950	9,71	Подача води у відсіки БВ від системи підживлення БВ (насос 0TM50D01)	Моделюються відновлювальні дії після плавлення 50% палива у відсіку TG 21 B 02
47600	13,22	Заповнення відсіку TG 21 B02 до номінального рівня.	
9915	10 30 30 ,53	Спустошення бака запасу води 0TM50B01. Початок роботи насоса 0TM50D01 від бака запасу	

Час		Подія	Опис
сек	Годин		
		води 0TM50B02 .	
181722	50,48	Відкриття клапана скидання середовища з ГО	Внаслідок досягнення тиску в ГО понад 5 (кгс/см ²)
200765	55,77	Спустошення бака запасу води 0TM50B02. Початок роботи насоса 0TM50D01 від бака запасу води 0TM50B03 .	
205881	57,19	Закриття клапана скидання середовища з ГО	Внаслідок зниження тиску в ГО менше 3 (кгс/см ²)
216000	60	Закінчення розрахункового аналізу	Виконується критерій закінчення розрахунку «Стабілізація температури коріуму».

При повному знеструмленні енергоблока відключаються насоси системи розхолодження БВ. Внаслідок цього починається розігрів води в обох відсіках БВ. Початок кипіння води у відсіку TG21B02 зафіксовано на 2000 с з аварійного процесу (TG21B01 на 6880 с). Після початку кипіння рівень води у відсіках зростає, внаслідок чого частина води зливається до лінії спецканалізації через нижні переливи БВ. Википання води у відсіку TG21B02 призводить до початку оголення ТВЗ, а незабаром і частини ТВЗ, що обігривається, на 15475 с. Постійна генерація пари (внаслідок википання води в БВ) та гарячих газів внаслідок плавлення палива призводить до підвищення тиску та температури у ГО. На 15235 з тиск у ГО підвищується більше 0,3 (кгс/см²), але запуск спринклерної системи не відбувається через повне знеструмлення енергоблоку, відбувається закриття локалізуючої арматури ГО. На 35485 з температура в ДО досягає 90°C. Оголена частина палива охолоджується парою, що генерується. Внаслідок постійного зменшення рівня води у відсіку теплогнімання у верхніх частинах ТВЗ погіршується, що призводить до початку розуцільнення оболонок твел на 23163 с. Паро цирконієва реакція

починається на 23350 с. Зі зростанням температури відбувається досягнення **максимальної** проектної межі за температурою оболонок твел (1200°C на 25027 с), а незабаром і почало пошкодження палива на 26092 с. Відсутність підживлення **ПРИЗВОДИТЬ** до повного оголення частини ТВЗ, що обігрівається, у відсіку TG21B02 на 30175 секунді розвитку ВПА.

На 34950, після плавлення 50% палива, моделюється підживлення відсіків БВ від системи підживлення БВ (СВО-4) за допомогою насоса 0TM50D01.

На 47600 секунді спостерігається повне відновлення рівня води у відсіку TG21B02.

Внаслідок постійного підживлення БВ відбувається спустошення баків запасу води спочатку на 109915 секунді - 0TM50B01, а на 200765-й - 0TM50B02.

Зважаючи на непрацездатність системи розхолодження БВ ТВЗ у відсіках басейну витримки охолоджуються за рахунок подачі води системою підживлення та її подальшого випаровування з «дзеркала» води БВ, що призводить до зростання параметрів у ГО. Так на 181722-й секунді розрахункового аналізу тиск у ГО досягає 5,0 (кгс/см²), внаслідок чого **ВІДКРИВАЄТЬСЯ** клапан скидання середовища з ГО в навколишнє середовище з метою зниження тиску та запобігання відмови ГО від переопресування. На 205881-й секунді тиск у ГО знижується менше 3 (кгс/см²) і клапан закривається. Після закриття клапана системи скидання тиск у ГО знову починає **ПІДВИЩУВАТИСЯ**.

Розрахунковий аналіз закінчено на 216 000 с. Виконується критерій закінчення розрахунку «Стабілізація температури коріуму».

У процесі розвитку аварії генерується 395,4 кг водню внаслідок окислення конструкційних матеріалів у **відсіку TG2B02** БВ. Максимальна концентрація водню в ГО зафіксована на 35050 с і становить 4,9%.

Відносна величина викиду в **НАВКОЛИШНЄ** середовище наведена нижче (див Таблиця 5).

Таблиця 5 – «Дані щодо викиду активності у навколишнє середовище»

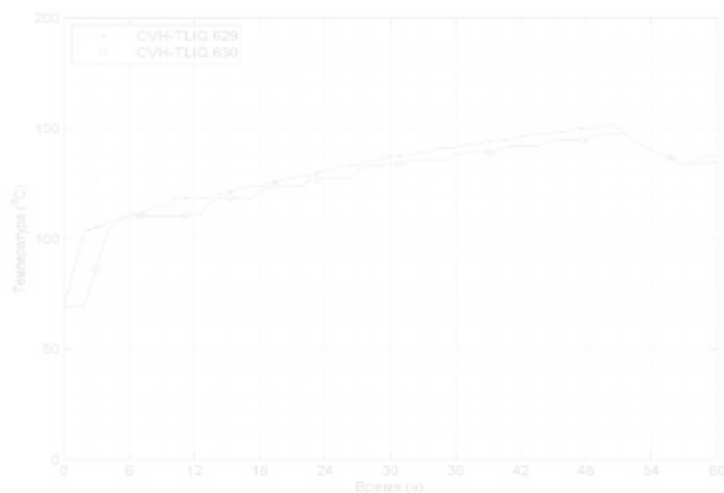
Клас MEL COR	1	2	3	5	6	7	8	9	10	16
	He, Ne, Ar, Kr, Xe , Rn , H, N	Li, Na, K, Rb, Cs, Fr, Cu	Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Es, Fm	O, S, Se, Te, Po	Ru, Rh, Pd, Re, Os, Ir, Pt, Au, Ni	V, Cr, Fe, Co, Mn, Nb, Mo, Tc, Ta, W	Ti, Zr, Hf, Ce, Th, Pa, Np, Pu, C	Al, Sc, Y, La, Ac, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd , Tb, Dy, Ho, Er , Tm, Yb, Lu, Am, Cm, Bk , Cf	U	CsI
Значе ння (%)	51, 5	0,00 6	0,00 1	0,00 8	5,2·1 0-5	0,00 13	3,3·1 0-5	0,0013	0,00 13	0,00 62

Основні результати теплогідравлічного розрахунку у графічній формі наведені нижче згідно з переліком :

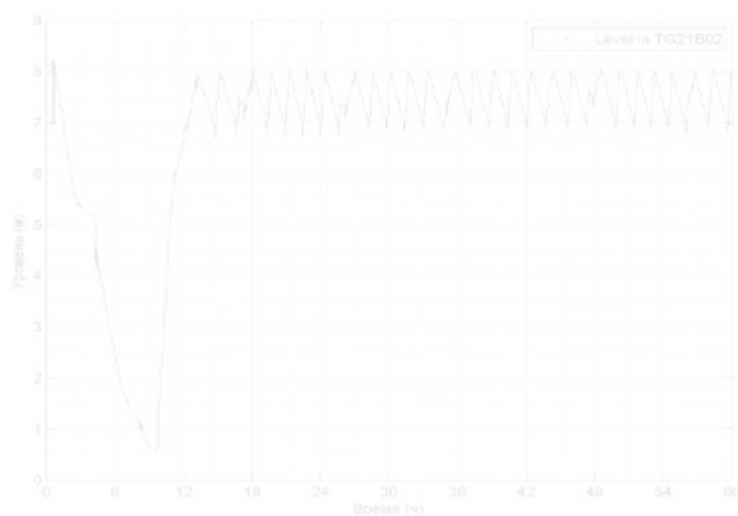
- Рисунок 7 – Температура води/пара у відсіках TG21B01 та TG21B03;
- Рисунок 8 – Рівень води у відсіку TG21B02;
- Рисунок 9 – Тиск у ГО;
- Рисунок 10 – Температура у ГО;
- Рисунок 11 – Масова витрата води системи підживлення БВ;
- Рисунок 12 – Температура оболонок твел у першому радіальному кільці (фрагмент);
- Рисунок 13 – Температура палива у першому радіальному кільці (фрагмент);
- Рисунок 14 – Температура коріуму у першому радіальному кільці;
- Рисунок 15 – Потужність залишкових енерговиділень у відсіках БВ;
- Рисунок 16 – Маса водню, згенерованого у відсіку TG21B02 внаслідок окиснення конструкційних матеріалів;
- Рисунок 17 – Концентрації водяної пари, водню, кисню та азоту у купольній частині ГО;

Рисунок 18 – Масова витрата середовища через скидання, щ
 фільтрується;

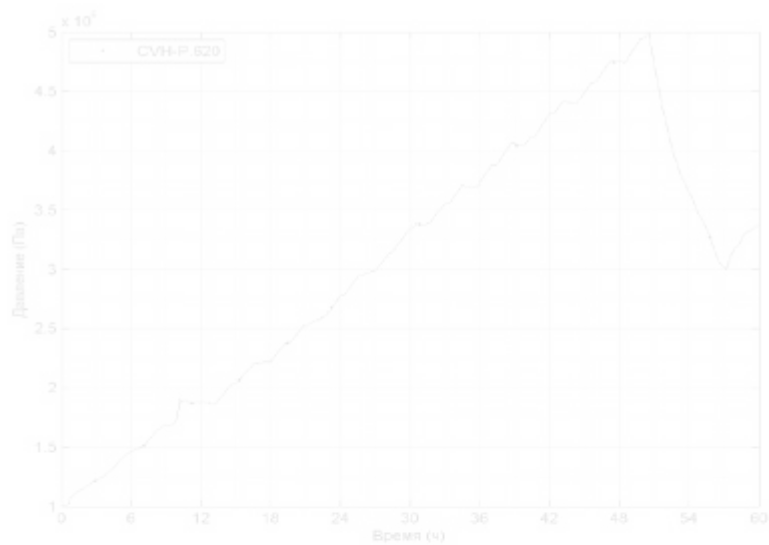
Рисунок 19 – Відносна маса радіонуклідів, викинутих у довкілля



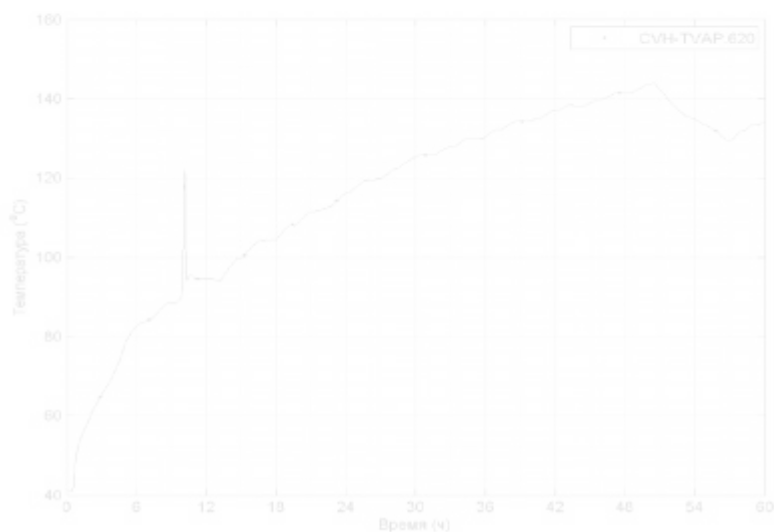
• Рисунок 7 – Температура води/пари у відсіках TG21B01 та TG21B03



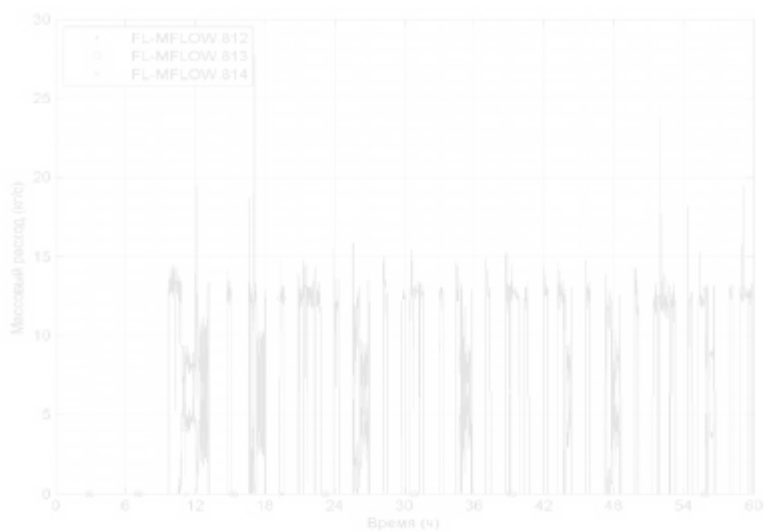
• Рисунок 8– Рівень води у відсіку TG21B02



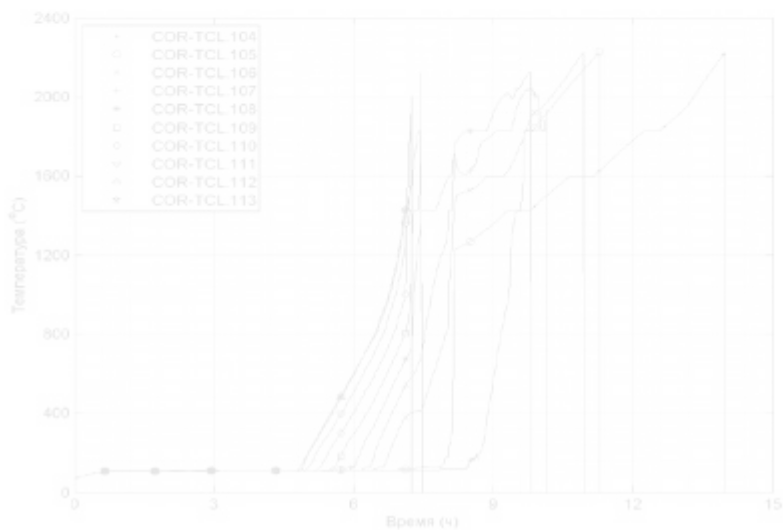
• Рисунок 9– Тиск у ГО



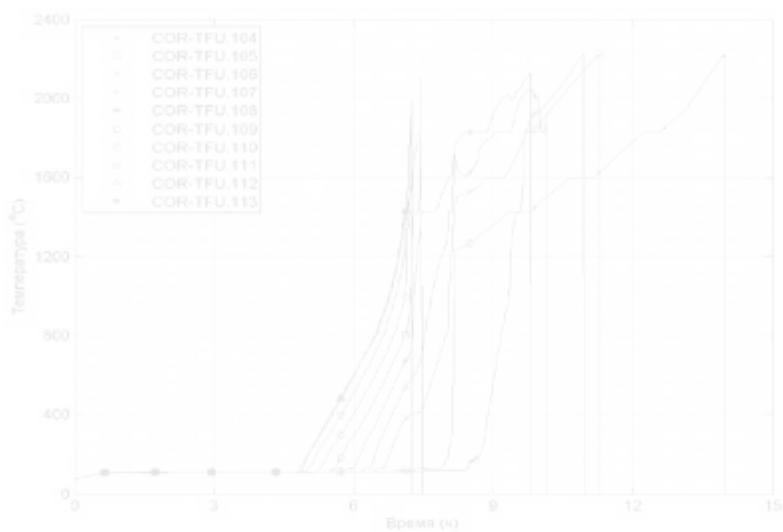
• Рисунок 10– Температур у ГО



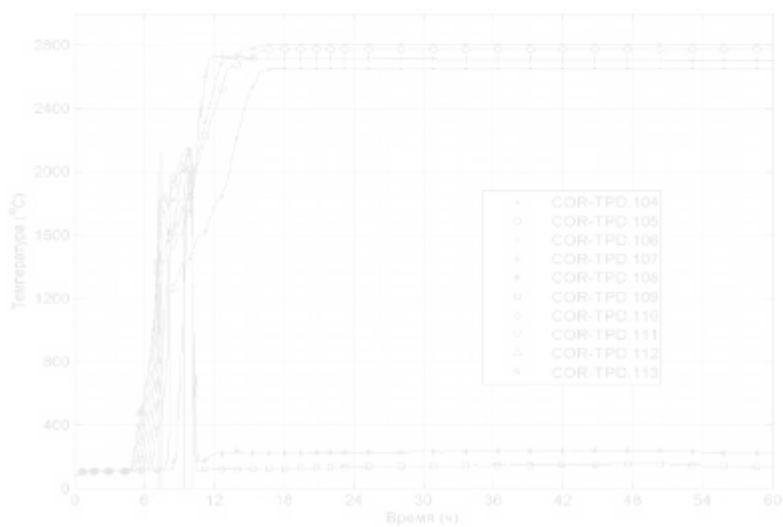
• Рисунок 11 - Массовая витрата води системи підживлення БВ



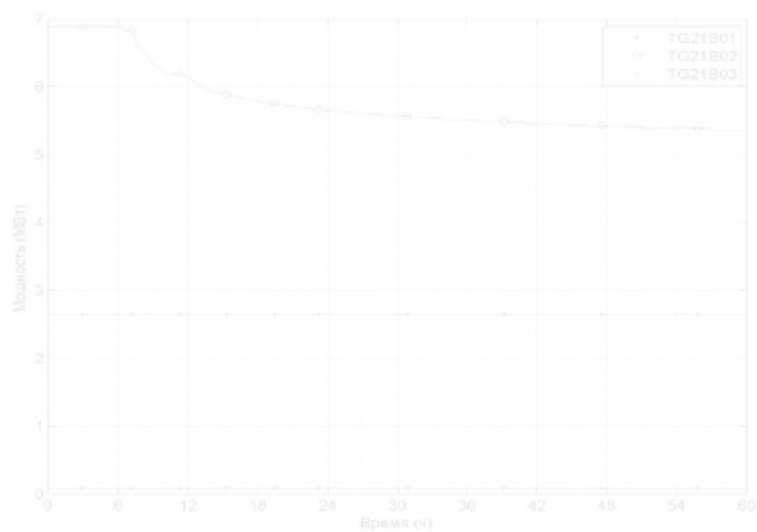
• Рисунок 12 – Температура оболонок твел у першому радіальному кільці (фрагмент)



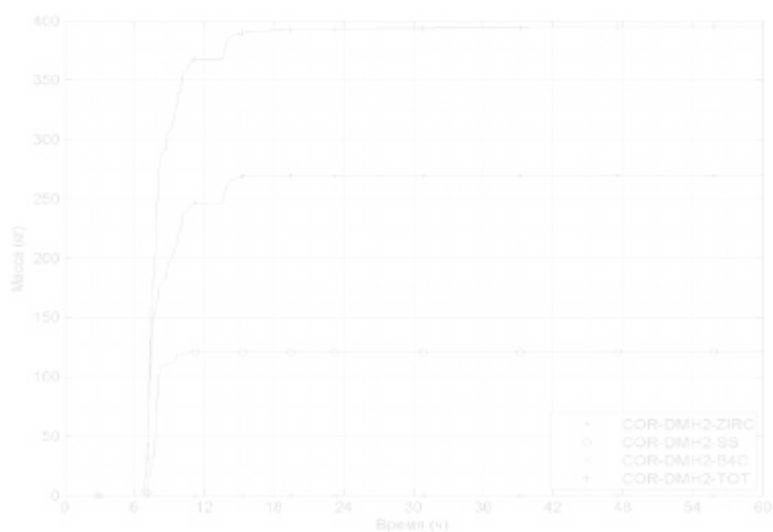
• Рисунок 13 – Температура палива у першому радіальному кільці (фрагмент)



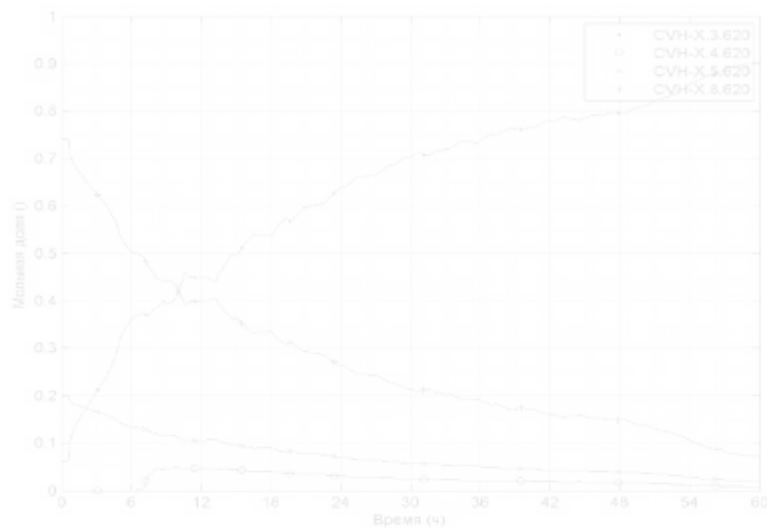
• Рисунок 14 – Температура коріуму у першому радіальному кільці



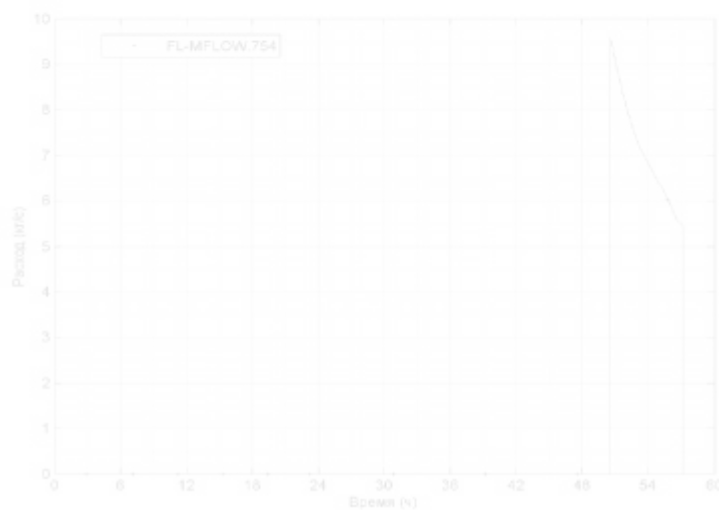
• Рисунок 15 – Потужність залишкових енерговиділень у відсіках БВ



• Рисунок 16 – Маса водню, згенерованого у відсіку TG21B02 внаслідок окиснення конструкційних матеріалів



• Рисунок 17 - Концентрації водяної пари, водню, кисню та азоту в купольній частині ГО



• Рисунок 18 – Масова витрата середовища через систему скидання

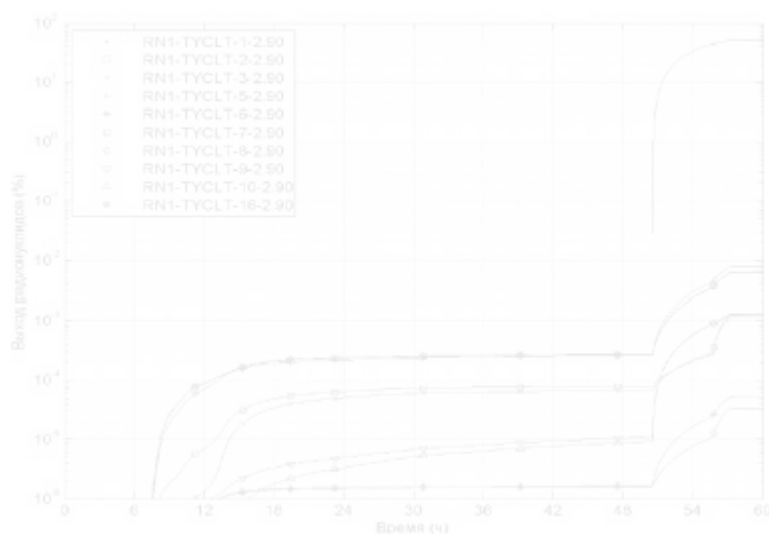


Рисунок 19 – Відносна маса радіонуклідів, викинутих навколишнє середовище

3.5 Висновки

Висновки за результатами аналітичного обґрунтування стратегії «Підживлення БВ»:

При реалізації стратегії «Підживлення БВ» розглядався такий варіант здійснення подачі води в аварійний відсік:

- від системи підживлення БВ (СВО-4)

Успіх даної стратегії залежить від декількох факторів, а саме від часу відновлення підживлення і витрати води, що подається. Був виконаний розрахунковий аналіз з різною конфігурацією систем охолодження ВТВЗ у БВ. За виконання розрахункового аналізу досліджувалися такі питання:

- 1) Можливість припинення плавлення палива та/або стабілізація температури коріуму в аварійному відсіку;
- 2) Можливість збереження цілісності опорної плити СУЗП;

3) Ефективність стратегії з погляду локалізації радіоактивних продуктів поділу у межах відсіку;

4) Вплив стратегії на параметри у приміщеннях ГО.

Результат розрахункового аналізу показав:

- На ранніх етапах важкої аварії (до початку плавлення палива) відновлення підживлення дозволить досить швидко охолодити перегріте паливо, тим самим запобігши його подальшому руйнуванню;

- Реалізація стратегії призводить до генерації пари в аварійному відсіку, що призводить до зростання параметрів в ГО. У разі підживлення БВ від штатних систем підживлення або мобільного джерела необхідна реалізація стратегії управління параметрами в ГО. Запуск спринклерної системи на ранній стадії ВА дозволяє окрім зниження тиску та температури у ГО також відновити рівень води у відсіках БВ до номінального.

Таким чином можна зробити висновок, що позитивні ефекти від реалізації даної стратегії перевищують можливі негативні ефекти і стратегія в більшості випадків має виконуватися, якщо обладнання є працездатним для її реалізації.

Совпадения

Источники из Интернета 30

3 <http://physicsdcs.wikispaces.com/file/view/Formulae%20%26%20Tables.pdf/536012532/Formulae%20%26%20Tabl> 30 источников 0.29%

Источники из Библиотеки 20

1 TYa81m-KovbVO-thesis-2019-2 ID файла: 1000787367 Учебное заведение: National Technical University 17 Источники 3.99%

2 TYa72mp-ShyrovDO-thesis-2018 ID файла: 8433838 Учебное заведение: National Technical University of Ukraine... 1.6%

4 TYa42-KalabskiyVV-diploma-2018 ID файла: 5976033 Учебное заведение: National Technical University of Ukrain... 0.2%

5 TYa71mn-KopchynskalV-thesis-2019 ID файла: 11854059 Учебное заведение: National Technical University of Uk... 0.2%