

Имя пользователя:
Баранюк Александр Володимирович

ID проверки:
1011570509

Дата проверки:
14.06.2022 08:26:47 EEST

Тип проверки:
Doc vs Internet + Library

Дата отчета:
14.06.2022 08:29:40 EEST

ID пользователя:
100007114

Название файла: TYa-81-Abakumov_diploma-2022

Количество страниц: 13 Количество слов: 2368 Количество символов: 18505 Размер файла: 286.79 KB ID файла: 1011441370

1.18% Совпадения

Наибольшее совпадение: 0.76% с источником из Библиотеки (ID файла: 1005707764)

0.42% Источники из Интернета 45 Страница 15

1.18% Источники из Библиотеки 37 Страница 15

0% Цитат

Исключение цитат выключено

Исключение списка библиографических ссылок выключено

0% Исключений

Нет исключенных источников

3. ЗАСТОСУВАННЯ КРЕДИТІВ ДЛЯ ОБҐРУНТУВАННЯ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ ПОВОДЖЕННЯ З ВЯП

1.1 Вступ

Під час роботи реактора склад паливного матеріалу змінюється, серед іншого, внаслідок впливу нейтронного потоку. Ці зміни впливають на важливі величини, такі як коефіцієнт розмноження та розподіл потужності.[1] Ядерна безпека повинна бути заснована та гарантована методами у виробництві, зберіганні, транспортуванні та переробці та утилізації палива. Однак у випадку відпрацьованого ядерного палива особливо важко оцінити розмножуючі властивості відпрацьованого палива через великі невизначеності. Обмежена кількісна оцінка елементного складу та просторового розподілу відпрацьованого палива, навіть якщо доступна структурна/елементна інформація про свіже паливо та історія експлуатації. Тому, щоб уникнути критичних аварій за будь-яких значних умов, необхідні відносно великі запаси безпеки, знаючи, що вони мають значний консерватизм, що накладає величезний економічний тягар на зацікавлені сторони [2]

Burnup Credit (дослівно «Врахування вигорання») Кредит вигорання – це підхід до безпеки, який враховує зниження розмножуючих властивостей конфігурацій з відпрацьованим ядерним паливом через зміну їх складу після опромінення. Критичність — це стан ядерного реактора, коли відбувається самопідтримувана ланцюгова реакція матеріалу, що ділиться. [2]

Розмножуючі властивості палива ядерних реакторів зазвичай зменшується в міру вигорання палива. На рисунку 3.1 зображено приблизний графік зміни коефіцієнту розмноження від вигорання.

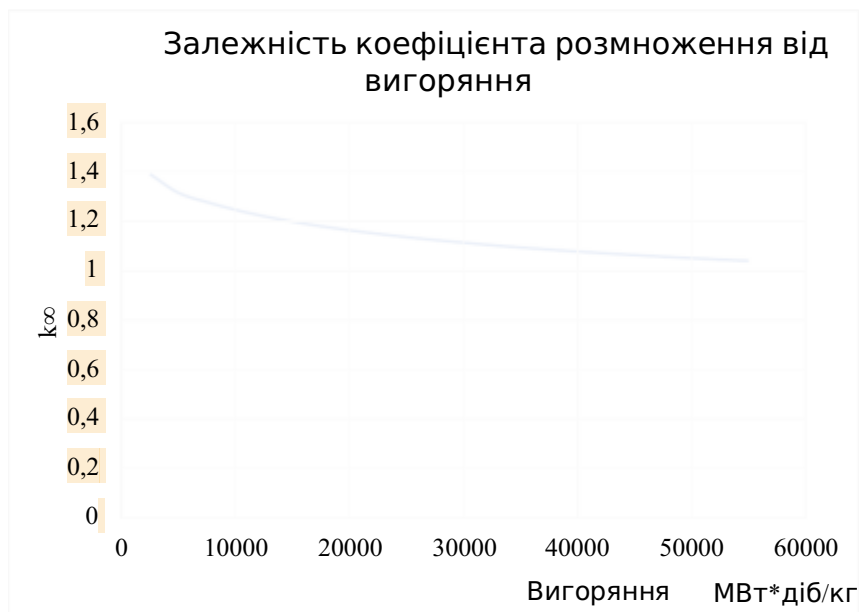


Рисунок 3.1 – Приблизний графік зміни коефіцієнта розмноження від вигоряння

По суті, зниження розмножуючих властивостей відбувається через зменшення концентрації нуклідів, що діляться, і збільшення концентрації продуктів поділу, які поглинають нейтрони. На рисунку 3.2 зображено зміну нуклідів що діляться з вигорянням.

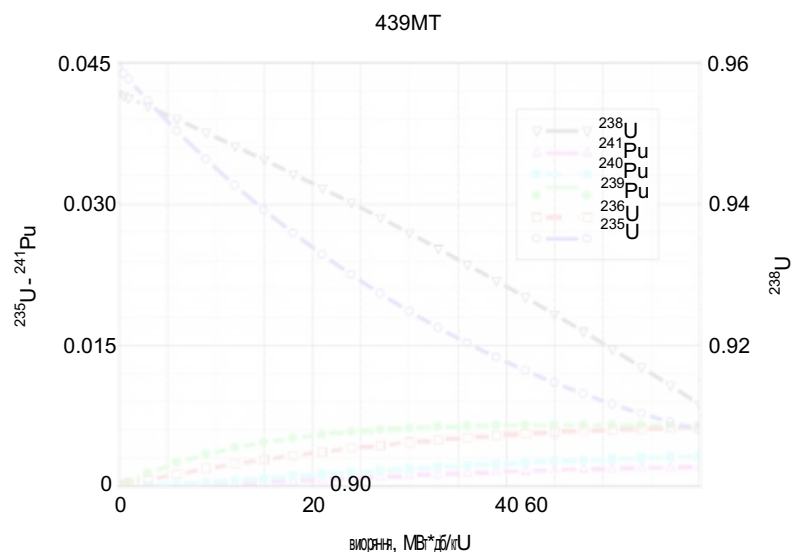


Рисунок 3.2 - Вигорання ядер ^{235}U і накопичення Pu в реакторі ВВЕР
з паливом збагачення 4,39%

Кредит вигорання, який на даний момент представляє широкий інтерес у сфері дослідження безпеки ядерної критичності, як правило, передбачає врахування цього зниження реактивності для аналізу критичності та контролю відпрацьованого палива шляхом зарахування вигорання палива. [2]

Кредит на вигорання означає взяти «кредит» на зниження реактивності через опромінення паливної збірки. При цьому слід зазначити що розрахунки в обґрунтування (ВУС) є вичерпними та вимагають ретельного підтвердження. Більшість наявних ліцензованих аналізів є запатентованими. Кредит може бути взята на актиніди та/або продукти поділу залежно від групи ізотопів, які включені в оцінку.

Історично при аналізі критичності поводження, зберігання, транспортування та утилізації відпрацьованого палива не враховували вигорання палива. Це консервативний підхід, оскільки було б значне зниження змодельованої реактивності системи, якби вигорання було включено в аналіз критичності. Проте очікується, що використання систем ВУС у критичних випадках безпеки стане необхідним для обґрунтування безпеки на установках та транспортуванні для певних видів палива та, в кінцевому рахунку, для підтримки майбутніх стратегій утилізації відпрацьованого ядерного палива.

Важко точно визначити вплив, який ВУС матиме на безпеку критичності, через багато факторів, які впливають на розмножуючі властивості відпрацьованого палива. Параметри, які необхідно враховувати, включають: тип реактора, склад палива, історію опромінення, положення палива в реакторі, час охолодження та кількість сповільнювача, змішаного з паливом. Через рівень складності може бути важко здійснити точне моделювання опроміненого палива для цілей безпеки критичності, тому необхідно використовувати спрощені припущення.

Ще однією складністю є точне вимірювання вигорання. Ймовірно, буде необхідно використовувати моніторинг вигорання всередині і/або поза активною зоною, щоб продемонструвати дотримання лімітів безпеки та умов, які будуть отримані у випадках обґрунтування безпеки з використанням принципу ВУС. Аналіз, щоб зв'язати вимірне випромінювання від відпрацьованого ядерного палива зі ступенем вигорання, також є складним, знову ж таки, через ті самі фактори, які були визначені вище, а також додаткові ускладнення на основі вимірювань.[9]

1.2 Причини застосування ВУС

Аналіз критичності виконується з урахуванням ряду припущень і наближень. При аналізі ядерної безпеки ці припущення та наближення для врахування невизначеності в кожному конкретному випадку та/або невідомості в кожному конкретному застосуванні. Для кожного припущення/наближення розробник повинен переконатися, що прийнятний інженерний підхід, щоб результат будь-якого наближення обмежував реальну ситуацію з точки зору реактивності.

Для застосувань, що стосуються відпрацьованого ядерного палива (ВЯП), можливо, найбільшим із цих припущень/наближень є так зване припущення про «свіже паливо». Це спрощення ігнорує, у більшості випадків, зниження розмножуючих властивостей, пов'язане з опроміненням палива. Простіше кажучи, процес опромінення зазвичай призводить до зменшення маси матеріалу, що розщеплюється, і додавання багатьох продуктів поділу, що поглинають нейтрони. Було б значне зниження змодельованої реактивності системи, якби цей процес був включений в аналіз критичності, використовуючи підхід, відомий як кредит на вигорання (ВУС). Проте існує так багато змінних, які впливають на процес опромінення, що, щоб продемонструвати, що прийнятий склад опроміненого палива обмежує найгірший випадок, точне формування завдання викликає труднощі при розрахунку та перевірці оцінки. Аналогічно припущення щодо свіжого палива є менш обтяжливим з точки зору перевірки коду. Переважна більшість контрольних експериментів щодо критичності була проведена з використанням урану з різними видами збагачення, змішаного оксиду урану /плутонію, і лише небагато з використанням більш екзотичних актинідів або продуктів поділу. Звичайно, оцінка з використанням припущення щодо свіжого палива також може не враховувати сценарій неправильного завантаження, в якому паливна збірка з вищими розмножуючими властивостями включена в систему. Крім того, підхід ВУС може накладати

значні експлуатаційні вимоги, такі як перевірка опромінення палива та практики адміністративного контролю за операціями, щоб простота аргументу про свіже паливо могла бути більш привабливою з операційної точки зору.

Варто зазначити, що величина зниження реактивності, що спостерігається при використанні ВУС, буде залежати від прийнятої форми ВУС. Зараз розглядаються два типи; вони відомі як ВУС «лише актиніди» та ВУС «обмежений актинід і продукт поділу». Перший підхід використовує обмежений набір актинідів, пов'язаних з процесом поділу, а другий включає додаткові незначні актиніди та обмежений набір продуктів поділу, які становлять значну частку паразитного поглинання нейтронів у паливі. Нукліди вибираються в першу чергу через їх важливість в розрахунках критичності, через великі перерізи захоплення нейтронів або поділу з сильними розмножуючими властивостями. [9]

1.3 Зміна паливного складу з роботою реактора

Концентрація нуклідів постійно змінюється. Для тимчасового зберігання реальний час охолодження становить від 1 до 100 років. Розмножуючі властивості дещо знижується. Це означає, що найбільш консервативним є найкоротший час охолодження.

Критерій завантаження повинен охоплювати різноманітність історії опромінення палива, завантаженого в систему. Таким чином, завдання визначення критерію навантаження передбачає необхідність пошуку обмеженої історії опромінення, заданої тими умовами роботи реактора (умовами вигорання), що ведуть, при заданому початковому збагаченні та заданому вигоранні, до найвищих розмножуючих властивостей відпрацьованого ядерного палива.

Умови роботи реактора (умови вигорання) для палива ВВЕР характеризуються такими параметрами:

- температура палива

- температура/густина сповільнювача - розчинний бор
- питома потужність і експлуатаційна історія

Ужорсточиння спектра призводить до збільшення швидкості накопичення плутонію через збільшення захоплення нейтронів в U238 і, отже, призводить до вищої швидкості поділу Pu239, а отже, при заданій потужності, до нижчої швидкості поділу U235. Таким чином, ужорсточиння спектру призводить до підвищення розмножуючих властивостей відпрацьованого палива.

Нерівномірність осьового розподілу вигорання, а отже, і нерівномірність осьового розподілу ізотопного складу впливає на розмножуючі властивості поводження з ВЯП. Ефект реактивності осьового профілю вигорання, який часто називають «осьовим кінцевим ефектом» або «кінцевим ефектом», зазвичай виражається як різниця між коефіцієнтом розмноження нейтронів системи, отриманим за допомогою профілю осьового вигорання, і коефіцієнтом розмноження нейтронів системи, отриманим за допомогою припускаючи рівномірний розподіл усередненого вигорання профілю.

Позитивний чи ні осьовим кінцевий ефект залежить від відмінності розмножуючи властивостей центральної області активної паливної зони відносно нижньої та верхньої кінцевих областей активної паливної зони. Чим нижча ця відмінність розмножуючих властивостей є тим нижчий є кінцевий ефект. Оскільки відносна реактивність центральної зони визначається осьовим розподілом ізотопних складу, розмножуючи властивості будуть залежить від:

- початкового збагачення,
- умови роботи реактора (умови вигорання), що визначають спектр нейтронів в активній зоні і, отже, завдяки енергетична залежність перерізів нейтронів, зміна ізотопних концентрацій із збільшенням вигорання,
- середнього вигорання,
- час охолодження

1.4 Застосування кредиту вигорання при поводженні з ВЯП

1.4.1 Аналіз кредитів вигорання

Застосування кредиту вигорання (BUC) до системи управління відпрацьованим паливом, такі як установки для мокрого та сухого зберігання, системи мокрого та сухого транспортування, розчинники на заводах з переробки та утилізаційних установках, полягає в реалізації наступних ключових кроків.

Аналіз ядерної безпеки системи поводження з відпрацьованим паливом, що включає:

– Оцінку ізотопного складу відпрацьованого палива в умовах граничного вигорання;

– Розрахунок критичності та оцінка критерію завантаження, який вказує на мінімальне або граничне значення вигорання для кожної системи поводження з відпрацьованим паливом для необхідного або максимально допустимого спочаткового збагачення палива.

Застосування критерію завантаження, що включає:

– кількісне визначення та перевірку вигорання палива, що завантажуються в систему;

– Реалізація процедури завантаження, що забезпечує відповідність критерію навантаження.

Ядерна безпека демонструється за допомогою розрахункових методів, перевірених порівнянням з прийнятними стандартами відомої якості. Стандартами для порівняння можуть бути експерименти, інші прийняті коди або визнані стандартні бенчмарки. Перевірка прогнозу ізотопного складу

відпрацьованого палива зазвичай досягається шляхом порівняння з даними хімічного аналізу. Таким чином, розглядається:

– Експериментальна перевірка прогнозів ізотопного складу та розрахунків реактивності, включаючи досягнення високого вигорання палива та

– якості ядерних даних.

Прогнозування ізотопного складу відпрацьованого палива вимагає знання історії опромінення палива. У зв'язку з великою різноманітністю історій опромінення необхідно шукати обмежену історію, задану тими умовами роботи реактора, що призводять до найвищих розмножуючих властивостей відпрацьованого палива в умовах цікавить системи поводження з ВЯП.

Оцінка критерію навантаження базується на застосуванні критерію безпеки критичності до результатів розрахунків реактивності. Критерій ядерної безпеки заснований на запасі надійності, який вимагається нормативно-правовими актами для конкретного випадку, включає корегування застосованих процедур розрахунку, отримані в результаті перевірки цих процедур, і залежить від рівня статистичної достовірності, обраного для застосування всіх невизначеностей через застосовувані процедури розрахунку та через виробничі допуски відповідної системи. Тому одна з тем що досліджується спрямована на питання запасу, упередженості, невизначеності та статистичної надійності.

Оскільки критерій завантаження залежить від умов роботи реактора, припущених у прогнозі накопичення ізотопів, і оскільки застосування критерію завантаження викликає необхідність контролю палива та навантаження, а отже, необхідність покладатися на складні розрахункові методи, а також перевірки вимірювань, що може бути додатково необхідним. Таким чином, застосування ВУС вносить локальні небезпеки, характерні для ВУС.

1.4.2 Огляд зусиль ВУС за країнами

У цій частині наводиться огляд національних практик, поточної діяльності та нормативного статусу використання систем ВУС у різних країнах.

Зберігання відпрацьованого палива:

- мокре зберігання (в реакторі або далеко від реактора),
- сухе зберігання (на майданчику або поза майданчиком),
- мокрі та сухі транспортні системи,
- переробка,
- утилізація.

Мокрого зберігання в БВ

У кількох країнах рівень ВУС актиніду плюс продукту поділу затверджено та впроваджено для мокре зберігання палива PWR UOX в реакторі. Використання рівня актиніду плюс продукту поділу означає, що враховується чистий вміст у паливі, що ділиться (враховуючи як вигорання, так і накопичення різних подільних нуклідів), ефект поглинання актинідів та поглинання нейтронів у процесі основного поділу. продукти (у США доступні всі продукти поділу, крім Хе-135).

У деяких країнах рівень ВУС, що містить лише актиніди, застосовується для вологого зберігання палива PWR UOX, а також палива RBMK. У цьому випадку зараховується лише чистий вміст у паливі, що ділиться, і ефект поглинання актинідів.

Для вологого зберігання палива BWR (UOX, а також MOX) вбудований горючий поглинач рівня ВУС. Зазвичай враховують початкову присутність

інтегральних вигоряючі поглиначів (наприклад, гадолінію) у конструкції палива, а також використовується максимальні розмножуючі властивості палива за умов зберігання, що часто не є початковими розмножуючими властивостями.

Мокре зберігання за межами реакторної установки

У кількох країнах є мокре сховище за межами реакторної установки. У басейнах зберігання PWR контроль критичності може покладатися на комбінацію ВУС і розчинного бору. Тому обґрунтування ВУС може відрізнитися для палива PWR в системі мокрого зберігання без розчину бору, що знаходиться за межами реакторної установки, від басейну витримки на АЕС.

Єдине мокре сховище, яке використовує ВУС, знаходиться у Франції. Перед переробкою відпрацьоване паливо, отримане в Ла-Газі, поміщається у мокре сховище. Ця установка має дозвіл на рівень враховую окремі продукти поділу, знаходиться в стадії розробки. Для будь-якого іншого типу палива немає ВУС. Мокрі сховища подалі від реактора, які не враховують вигорання, існують у Болгарії, Німеччині, Японії, Російській Федерації, Словаччині, Швеції, Україні та США. Новий об'єкт планується для Швейцарії, який наразі застосування ВУС не планується.

Сухе зберігання ВЯП

Наразі лише кілька країн використовують ВУС для сухого зберігання. У Вірменії застосування ВУС обмежено врахуванням актилідів що діляться. На відміну від цього випадку в США застосування актиніду плюс продукту поділу рівня ВУС дозволено, якщо забезпечено, що контейнери для зберігання завантажуються, а також вивантажуються в басейні з розчином бора, і існує ймовірність подій, що призводять до проникнення сповільнювача в бочку порожнину при сухому зберіганні вважається дуже низькою.

Переробка

Франція: у Ла-Газі ВУС, що містить лише актиніди, використовується протягом 10 років для зберігання у басейні та переробки. Для рідин в резервуарах були отримані деякі спеціальні дозволи з продуктом поділу. ВУС, який використовує актиніди та від 6 до 15 продуктів поділу, незабаром буде представлений регулятору.

Японія: ВУС використовується в басейні відпрацьованого палива, який є частиною установки з переробки. ВУС також використовується для розчинника.

Російська Федерація: ВУС в даний час використовується на заводі з переробки.

Сполучене Королівство: ВУС для зменшення вмісту Gd в розчиннику очікується в травні 2002 року. Цей ВУС враховує лише зміну актинідів.

Україна: Використовується в нинішній час підходу ВУС, при якому вигорання ТВЗ приймається рівним її середнім вигоранням на концевих ділянках, та є винятково консервативним. Він призводить до зниження величини вигорання ТВЗ в 1,5—2,5 рази відповідно до середнього значення, так як центральна частина ТВЗ вигорає значно більше концевих участків. Це, у своїй черзі, призводить до перерозподілу кількості завантажуваних у контейнерах додаткових поглиначів у вигляді відпрацьованих кластерних збірок стержней СУЗ, необхідних для забезпечення ядерної безпеки контейнерів.

Результати аналізу профілю енерговиробки ТВЗ, що знаходяться в басейнах витримки енергоблоків ЗАЕС, дозволяють обґрунтовано знизити консерватизм, закладений в результати розрахунків, до прийнятого рівня. Для сприйняття надлишкового консерватизму пропонується використовувати при аналізі ядерної безпеки контейнерів ССВЯП аксіальний консервативний профіль розподілу вигорання, що приводить до зниження середньої глибини вигорання ТВЗ на 12 % щодо її реального середнього значення.

Розрахунки, проведені на прикладі двох контейнерів ССВЯП, підтверджують, що врахування в обґрунтуванні ядерної безпеки системи зберігання ТВЗ осьового профілю розподілу вигорання палива дозволяє зменшити кількість завантажуваних у контейнерах стрижнів СУЗ або поглинаючих вставок як мінімум в два рази без зниження рівня ядерної безпеки та, знизити додаткові витрати на формування загрузки контейнера ССВЯП.

1.5 Висновки

На даний час потрібно зазначити що використання кредиту вигорання потребує додаткових нейтронно фізичних аналізів систем поводження з відпрацьованим ядерним паливом. Доцільність використання систем ВУС варіюється в різних країнах, через різні преференції у що до застосування консервативного підходу по відношення ядерної безпеки. В Україні відповідно до чинних нормативних вимог необхідно проектувати конструкції, системи та елементи на основі консервативного підходу. Однак для використання деяких видів палива застосування ВУС є єдиним способом обґрунтування деяких систем поводженням з відпрацьованим ядерним паливом.

Совпадения

Источники из Интернета 45

2 <https://research-journal.org/wp-content/uploads/2011/10/3-2-45.pdf> 45 источников 0.42%

Источники из Библиотеки 37

1 TYa91mp-MamchychYR-thesis-2020 ID файла: 1005707764 Учебное заведение: National Technical University of U... 0.76%

3 Студенческая работа ID файла: 2779447 Учебное заведение: Lviv Polytechnic National University 36 источник 0.42%