

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломна работа за придобиване на образователно-квалификационна степен

„Магистър“, специалност „Ядрена енергетика и технологии“

Автор на дипломната работа: Елена Горанова

Тема на дипломната работа: “Отравяне на реактора от ^{135}Xe . Анализ на ксенонови процеси при преходни режими с изменение на мощността за реактори ВВЕР-1000”

Рецензент: инж. физ. Александър Томов, ръководител сектор “Ядрено-технологичен контрол” в отдел РФТ, „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД.

Дипломната работа на Елена Горанова е с общ обем от 48 страници. Те включват заглавна страница, таблица на съдържанието, основен текст, списък на използваните съкращения и списък на цитираната литература. В изложението са представени множество фигури, графики и таблици, илюстриращи разглежданите ксенонови преходни процеси и резултатите от извършените пресмятания. Списъкът на цитираната литература съдържа 6 източника.

Една от основните задачи при експлоатацията на енергийните ядрени реактори е поддържането на необходимия баланс на реактивността при различни стационарни и преходни режими. Съществено влияние върху този баланс оказва натрупването и изгарянето на ^{135}Xe , който поради голямото си сечение на поглъщане на топлинни неутрони може да предизвика значителни изменения на реактивността при промяна на мощността на реактора. Предмет на представената ми за рецензиране дипломна работа е изследването на ксеноновите преходни процеси в активната зона на реактор ВВЕР-1000 и влиянието им върху реактивността и критичната концентрация на борна киселина. За целите на работата са извършени пресмятания с програмите CriticalCalc и HEX3D и е направен сравнителен анализ на получените резултати за различни режими и моменти от горивната кампания. Това определя темата на дипломната работа като актуална и с пряко практическо значение за анализа и управлението на реактори ВВЕР-1000.

В началото на изложението е разгледан неутронният баланс в активната зона и са въведени ефективният коефициент на размножение и реактивността като основни характеристики на критичното състояние на реактора. Представено е условнокритичното уравнение на неутронния пренос и е пояснен физичният смисъл на отделните му членове. Разгледани са и основните реактивностни ефекти, свързани с изменението на температурата на топлоносителя и горивото, мощността, концентрацията на борна киселина и положението на органите за регулиране. По този начин е изградена необходимата теоретична основа за последващото разглеждане на ксеноновите преходни процеси.

Съществена част от изложението е посветена на образуването и изчезването на ^{135}I и ^{135}Xe в активната зона. Разгледана е основната верига на образуване на ^{135}Xe , механизмите за неговото намаляване чрез радиоактивен разпад и поглъщане на неутрони, както и влиянието му върху реактивността на реактора. Представена е системата диференциални уравнения, чрез която се описва изменението на концентрациите на ^{135}I и ^{135}Xe във времето. Разгледани са равновесното ксеноново отравяне, йодната яма и ксеноновите колебания, както и изменението на реактивността, свързано с протичането на тези процеси.

В следващата част на работата е разгледано борното регулиране на реактор ВВЕР-1000 и ролята на разтворената в топлоносителя борна киселина за компенсиране на измененията на реактивността. Описани са факторите, определящи ефективността на разтворимия бор, както и интерференцията между погълтителите в активната зона. На тази основа е представен общият реактивен баланс при изменение на мощността, в който са отчетени ефектите от борната концентрация, положението на ОР СУЗ, температурата, мощността и изменението на концентрацията на ^{135}Xe .

За анализа на ксеноновите преходни процеси са използвани програмите CriticalCalc и HEX3D.

CriticalCalc представлява изчислителен модел за пресмятане на критичната борна концентрация (включително необходимото количество борна киселина/чист кондензат до достигането ѝ) и реактивността от ксенонови процеси при преходни режими с изменение на мощността и/или положението на ОР СУЗ за реактори ВВЕР-1000. CriticalCalc е разработен на базата MS Excel.

В програмата изменението на концентрацията на ^{135}Xe се определя чрез решаване на системата диференциални уравнения за ^{135}I и ^{135}Xe , като се отчита и изменението на изотопния състав на горивото в хода на кампанията. HEX3D е стационарна тримерна двугрупова дифузионна програма за моделиране на неутронно-физичните процеси в активната зона на реактори ВВЕР-1000. За целите на дипломната работа с нея са извършени тримерни нодални пресмятания на преходни процеси вследствие на изменение на мощността. При всяка времева стъпка се обновяват концентрациите на ^{135}I и ^{135}Xe , след което се пресмята новото състояние на активната зона. Съществено предимство на този подход е явното отчитане на пространственото разпределение на основните неутронно-физични величини, докато CriticalCalc позволява значително по-бързо определяне на важни за експлоатацията параметри на основата на предварително пресметнати неутронно-физични характеристики. Тези особености на двата изчислителни подхода са използвани от дипломанта при последващия сравнителен анализ на получените резултати.

В практическата част на дипломната работа са анализирани ксеноновите преходни процеси при различни изменения на мощността на реактора. Разгледани са както преходи на повишаване, така и на понижаване на мощността, включително изменения от 0% до 104% $N_{ном.}$, от 104% до 0% $N_{ном.}$, от 104% до 75% $N_{ном.}$ и обратно – от 75% до 104% $N_{ном.}$. За всеки от разглежданите режими е проследено изменението на реактивността,

обусловено от промяната в концентрацията на ^{135}Xe , както и съответното изменение на критичната концентрация на борна киселина, необходима за компенсиране на настъпващия реактивен ефект. Пресмятанията са извършени за началото на кампанията, за 200 ефективни денонощия и за края на кампанията, което позволява да се проследи влиянието на състоянието на активната зона върху изменението на ксеноновото отравяне.

За оценка на използваната методика резултатите, получени с CriticalCalc, са сравнени с тези от тримерните пресмятания с HEX3D за избраните преходи на мощността. Анализирани са равновесното ксеноново отравяне, развитието на йодната яма и ксеноновите колебания при изменение на мощността. Наблюдава се добро съответствие по отношение на характера на зависимостите и приемливи различия в получените стойности на реактивността и критичната борна концентрация. Като се имат предвид принципните различия между двата изчислителни подхода и различният начин, по който се отчита пространственото разпределение на неутронно-физичните характеристики, намирам заключението за добро съгласие между резултатите за оправдано. Направеното сравнение е достатъчно информативно за оценка на приложимостта на двата използвани изчислителни подхода.

Общото ми впечатление от дипломната работа е положително. Грешки от редакционен характер се срещат по-рядко от веднъж на страница. Изложението показва разбиране на разглежданите неутронно-физични процеси и умение за анализ и съпоставяне на резултати, получени чрез различни изчислителни подходи. Направените заключения съответстват на представените резултати и на поставените в началото на работата цели.

Към дипломната работа имам следните препоръки и забележки:

1. Номерацията на точките и подточките е желателно да присъства в тялото на дипломната работа и да следва тази, описана в съдържанието ѝ.

2. Добре би било таблиците в текста да бъдат номерирани и с присъстваща под самата таблица пояснителен текст.

3. Желателно е означенията на изотопите да бъдат уеднаквени в целия текст. Същото се отнася и за мерните единици и записът на физичните величини, особено при представянето на реактивността, борната концентрация, микроскопичните сечения и времевите характеристики на разглежданите нуклиди.

Към дипломанта имам следните въпроси:

1. Колко вида офсет познаваме и от какви параметри зависи всеки от тях?

2. Коя е основната причина CriticalCalc да не възпроизвежда наблюдаваните с HEX3D ксенонови колебания и как това ограничение влияе върху приложимостта на програмата при оценка на преходни режими?

В заключение мога да кажа, че представената ми за рецензия дипломна работа на

Елена Горанова изпълнява изискванията към дипломните работи за образователно-квалификационната степен „Магистър“ по специалност „Ядрена енергетика и технологии“. Поставените в работата задачи са изпълнени, а получените резултати са анализирани и обобщени в съответствие с поставените цели. В качеството си на рецензент оценявам положително труда на Елена Горанова и препоръчвам на уважаемата комисия да допусне дипломната работа до публична защита.

Гр. Козлодуй

Дата: 14.09.2026г.

Рецензент:.....



А. Томов