

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗМНОЖАЮЩИХ СВОЙСТВ ЯЧЕЕК ВВЭР С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Косимов Асрориддин Садиевич

*Заведующей кафедры общий физики Термезский Государственный университет
кандидат химически наук, доцент*

Мухаммадиев Бехруз Хафизович

Преподаватель кафедры общий физики

Аннотация

Целью данной работы является проведение анализа свойств ячеек ВВЭР при повышенных содержаниях ядерного топлива, используя программу GETERA-93.

Задачами данной работы являются следующие:

1. Расчёт выгорания топлива с 2, 3 и 4 перегрузками с центральным отверстием при обогащениях топлива 4,4% и 5%.
2. Расчёт выгорания топлива с 2, 3 и 4 перегрузками с повышенным содержанием топлива при обогащениях топлива 4,4% и 5%.
3. Анализ изменения концентраций изотопов ^{235}U , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu при выгораниях топлива с центральным отверстием и без центрального отверстия при обогащениях топлива 4,4% и 5%.

© 2019 Hosting by Central Asian Studies. All rights reserved.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 6 Oct 2022

Revised form 5 Nov 2022

Accepted 22 Dec 2022

Ключевые слова: GETERA-93, ВВЭР (водо-водяной энергетический реактор), ТВЭЛ (тепловыделяющий элемент), АЭС - атомная электрическая станция, МАГАТЭ (международное агентство по атомной энергии), ТВС (тепловыделяющая сборка). CAOЗ - системы аварийного охлаждения зоны. WIMSD4 - The Winfrith Improved Multigroup Scheme (WIMS) code in version D4.

На сегодняшний день практически достигнуты граничные значения параметров: почти 5% обогащения по урану-235, использованы все возможности по увеличению высоты топливного столба, максимально снижен диаметр центрального отверстия в топливной таблетке (в некоторых модификациях ТВС отверстие в таблетке отсутствует).

Для проведения нейтронно-физического расчета была использована программа GETERA. Программа GETERA предназначена для нейтронно-физического расчета ячеек и поли ячеек ядерных реакторов, как быстрых, так и тепловых, в сферической, цилиндрической и плоской геометрии.

ВВЭР — водо-водяной корпусной энергетический ядерный реактор с водой под давлением, представитель одной из наиболее удачных ветвей развития ядерных энергетических установок, получивших широкое распространение в мире. Общее название реакторов этого типа в других странах — PWR, они являются основой мировой мирной ядерной энергетики[1].

Тепловыделяющая сборка реактора ВВЭР-1000 представляет собой активную конструкцию из 312 твэлов, 18 направляющих каналов, 15 – 12 дистанционирующих и одной нижней решеток[2].

Уран в качестве основного ядерного топлива

Уран является относительно распространенным элементом, который встречается во всем мире. Он добывается в ряде стран и должен быть переработан, прежде чем его можно будет использовать в качестве ядерного топлива и использования энергии ядерной реакции [2].

Уран-235 используется в качестве источника энергии в различных концентрациях. Некоторые реакторы, такие как тяжеловодный водо-водяной, могут использовать природный уран с концентрацией урана-235 всего 0,7%, в то время как другие реакторы требуют более значительного обогащения урана до уровней от 3% до 5%.

Один из важнейших показателей экономичности ядерного реактора, атомной электростанции и ядерного топливного цикла в целом является **глубина выгорания ядерного топлива**. **Глубина выгорания ядерного топлива** – это количество энергии, полученной за все время эксплуатации ядерного топлива в активной зоне (за кампанию ядерного топлива), на единицу массы загруженного ядерного топлива. Чаще всего при определении экономичности ЯТЦ оперируют средней глубиной выгорания (B), которая может называться удельным энерговыделением [4].

Ниже представлена топливная сборка с ее характерными размерами. Конфигурация реактора ВВЭР – 1000 реакторной ячейки, охлаждаемой водой, имеет следующие параметры: радиус ячейки 5 мм, топливо – UO_2 с обогащением 4,4% и 5%, материал оболочки – цирконий ($0,715 \text{ г/см}^3$), замедлитель – вода плотностью $0,715 \text{ г/см}^3$. Граничные условия представляют собой полное отражение нейтронов на границе ячейки.

1. Расчёт выгорания топлива с 2, 3 и 4 перегрузками с центральным отверстием при обогащениях топлива 4,4% и 5%.

В показанном файле мы можем найти значения коэффициента размножения K_{inf} , коэффициенты формулы четырех факторов, среднее сгоревшее проявленное с шагом 50 дней, кроме того, мы получаем изотопные составы всех нуклидов в каждой последовательности.

В этот период мы проведем анализ свойств воспроизведения нейтронов, поэтому мы получили значения K_{inf} для каждого временного шага, а также изотопный состав ядер ^{235}U , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , которые ранее интересовали нас описанными свойствами.

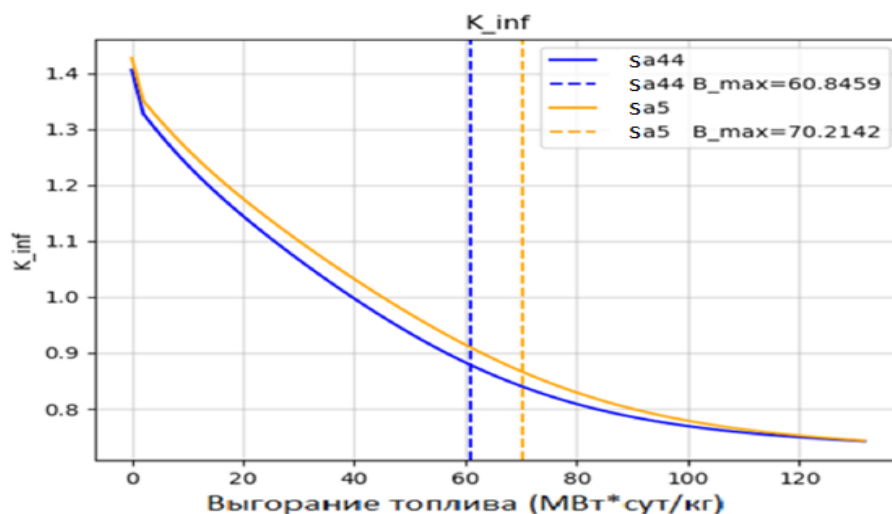


Рис. 1: Зависимость коэффициента размножения K_{inf} нейтронов на основе среднего выгорания топлива

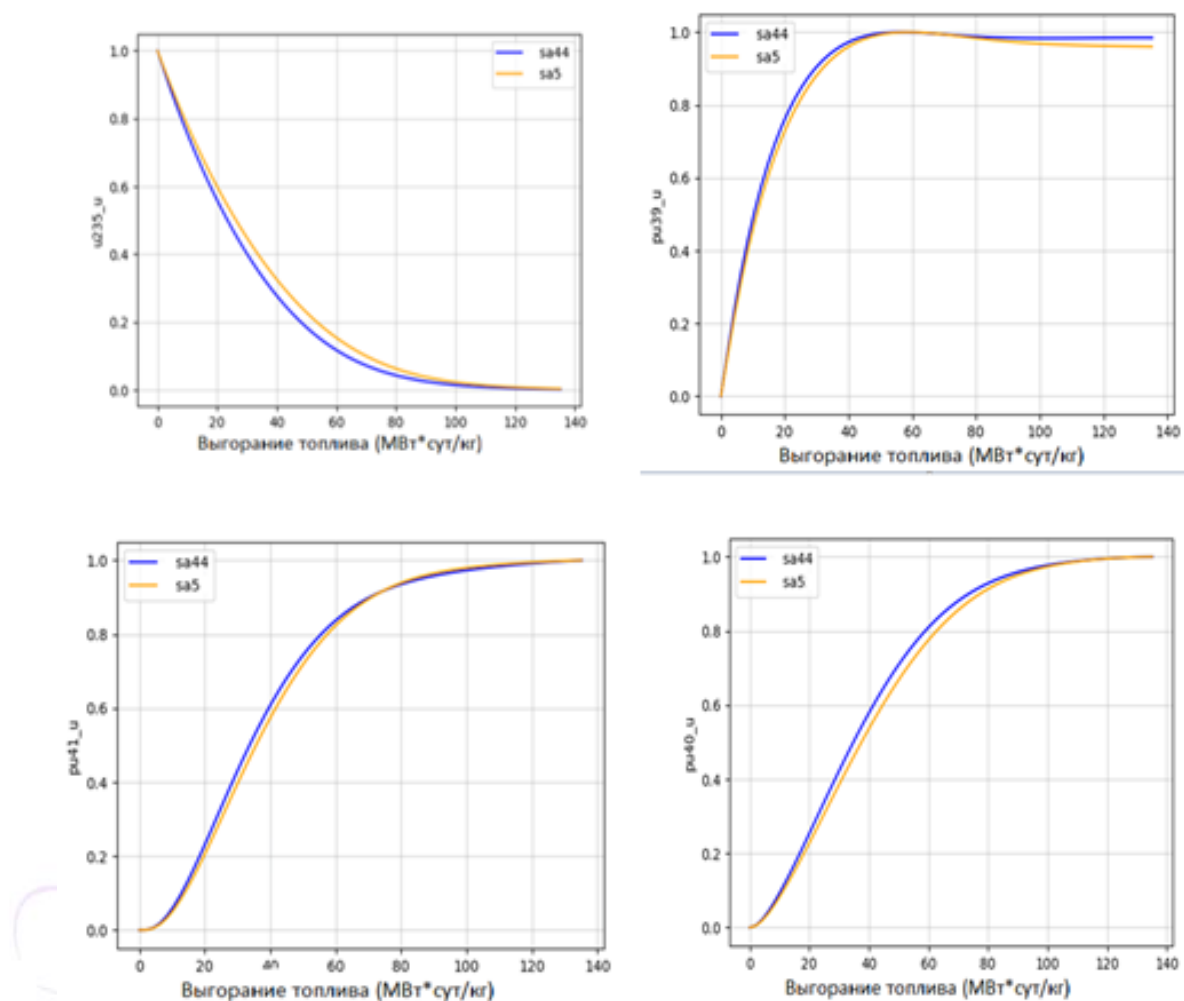


Рис. 2. Относительное поведение изотопных концентраций изотоп ^{235}U ^{239}Pu ^{240}Pu ^{241}Pu , в зависимости от сгорания топлива.

Для обогащения 4,4%		
	Время в днях	глубина выгорания
Две перегрузки	1224	54,0853
Три перегрузки	1378	60,8459
Четыре перегрузки	1471	64,9023
Для обогащения 5%		
	Время в днях	глубина выгорания
Две перегрузки	1414	62,4126
Три перегрузки	1592	70,2142
Четыре перегрузки	1699	74,8951

Таблица 1: Глубина выгорание с 2, 3 и 4 перегрузками для обогащения 4,4% и 5%.

2. Расчёт выгорания топлива с 2, 3 и 4 перегрузками с повышенным содержанием топлива при обогащениях топлива 4,4% и 5%.

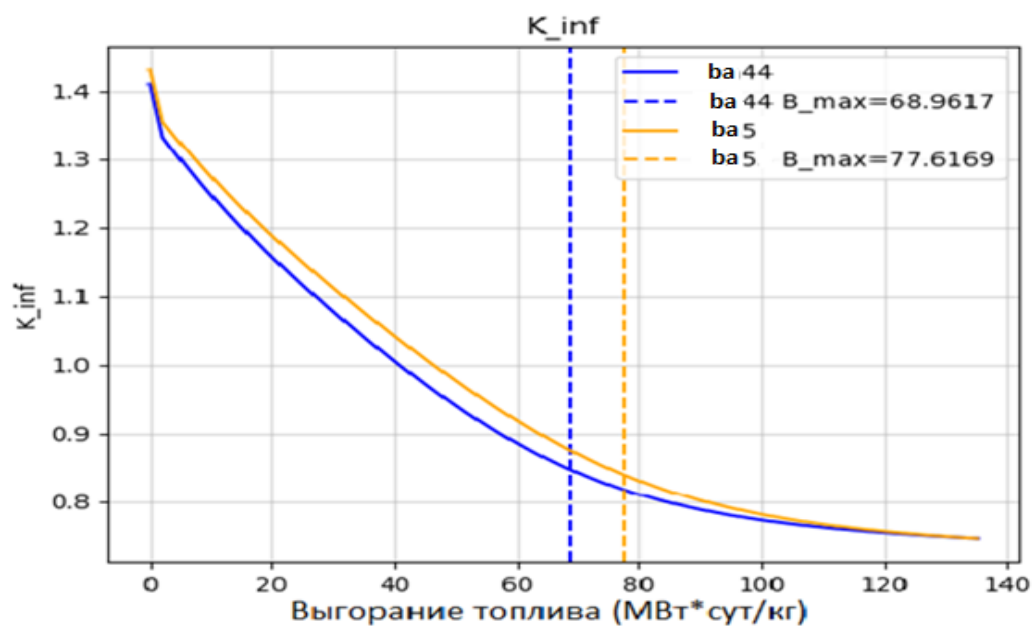


Рис. 3: Зависимость коэффициента размножения K_{inf} нейтронов на основе среднего выгорания топлива

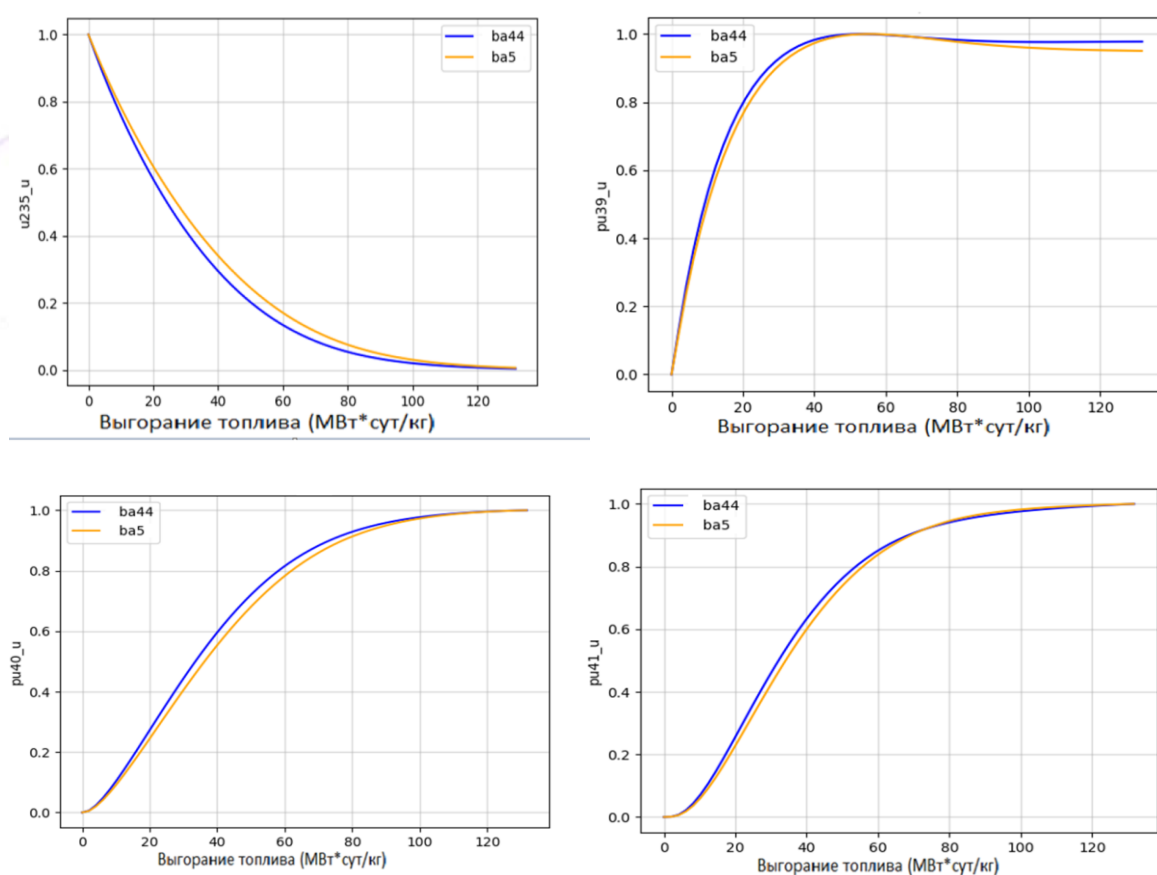


Рис. 4. Относительное поведение изотопных концентраций изотоп ^{235}U ^{239}Pu ^{240}Pu ^{241}Pu , в зависимости от сгорания топлива.

Для обогащения 4,4%		
	Время в днях	глубина выгорания
Две перегрузки	1354	61,2993
Три перегрузки	1524	68,9617
Четыре перегрузки	1626	73,5591
Для обогащения 5%		
	Время в днях	глубина выгорания
Две перегрузки	1525	68,9928
Три перегрузки	1717	77,6169
Четыре перегрузки	1832	82,7914

Таблица 2: Глубина выгорание с 2, 3 и 4 перегрузками с повышенным содержанием топлива.

Из рисунка 1 и 3 можно сказать, что в начале новое топливо имеет скорость размножения 1,40575 и 1,42699, а когда она начинает сжигать ядерное топлива, оно уменьшается (количество расщепляющихся изотопных листов вследствие реакций деления происходит внутри ядра).

Анализ проведенных расчётов показывает увеличение глубины выгорания при росте обогащения с 4,4% до 5% и при росте количества топлива (с центральным отверстием и без центрального отверстия).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. http://elib.biblioatom.ru/text/atomnaya-energiya_t74-1_1993/go,10/.
2. <https://www.atomic-energy.ru/smi/2017/03/15/73650>.
3. https://ozlib.com/808926/tehnika/vygoranie_yadernogo_topliva.
4. <https://helpiks.org/6-5263.html>.
5. <https://www.rosatom.ru/production/design/sovremennye-reaktory-rossiyskogo-dizayna/>.