

КИНЕТИКА ИЗМЕНЕНИЯ НУКЛИДНОГО СОСТАВА ТОПЛИВА В ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРКАХ РЕАКТОРА ИРТ-Т

С.К. Дмитриев, А.С. Бусыгин, И.И. Лебедев, М.Н. Аникин

Научный руководитель: к.ф.-м.н. А.Г. Наймушин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: dmitriev@sibmail.com

KINETICS OF CHANGES IN THE NUCLIDE COMPOSITIONS OF THE FUEL IN FUEL ASSEMBLIES ITR-T

S.K. Dmitriev, A.S. Busygin, I.I. Lebedev, M.N. Anikin

Scientific Supervisor: PhD A.G. Naymushin

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: dmitriev@sibmail.com

Annotation. In this article were obtained analytical dependence of nuclear concentration kinetics in the nuclear fuel during burnup, at different intervals of time working at a constant power level of the reactor IRT-T and for different types of fuel assemblies. Analytical dependences were analyzed, and the results of the analysis are shown in article. Create a support program that creates ainput file for the MCU.

В настоящее время вопрос об изменении нуклидного состава ядерного топлива в тепловыделяющих сборках ядерных реакторов остается актуальным. Во время эксплуатации ядерного реактора в тепловыделяющих элементах образуется огромное количество нуклидов, оказывающих влияние на нейтронно-физические свойства. Так как для исследовательской установки одним из важнейших эксплуатационных параметров является поддержание заданных характеристик на стационарном уровне на всем периоде непрерывной работы, то моделирование процесса изменения нуклидного состава в ТВС является необходимым для проведения исследований изменения нейтронно-физических характеристик при эксплуатации ИЯР.

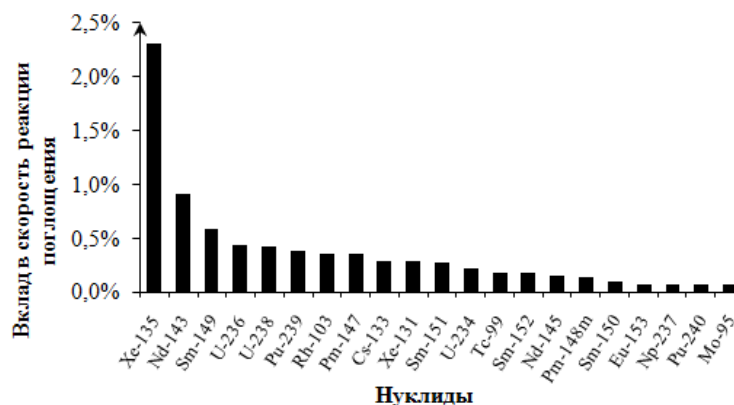


Рис. 1. Изотопы и их вклад в скорость реакции поглощения (На рисунке не приведен U-235, вклад которого составляет 47,89%)

Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т – реактор бассейнового типа с водой в качестве теплоносителя, замедлителя, торцевого отражателя и верхней биологической защиты [1]. В активной зоне реактора используются ТВС типа ИРТ-3М – восьмитрубные и шеститрубные [2].

В настоящей работе для расчета концентраций нуклидов, образующихся в ядерном топливе при выгорании, использовалась программа MCU [3]. Для восстановления аналитических зависимостей изменения концентраций нуклидов с помощью программы MCU (библиотека оценённых ядерных данных ENDF/B-VII.0) были получены концентрации нуклидов, содержащиеся в ядерном топливе при его выгорании, через различные промежутки времени работы реактора ИРТ-Т (через каждые 20, 50, 100 и 200 эффективных суток работы) для 8-трубной сборки ИРТ-3М и 6-трубной ИРТ-3М. Из всех нуклидов были выбраны те, вклад которых в реакцию поглощения составлял более 0,05% (рис. 1). Таким образом, суммарный вклад всех учитываемых нуклидов составил 99,9%.

Для каждого нуклида была получена аналитическая зависимость концентрации от глубины выгорания U-235. По этим зависимостям были построены функции изменения концентрации каждого нуклида в ТВС. На рис. 2 приведены зависимости, характеристический вид которых соответствует рассматриваемым нуклидам.

Аналитическая зависимость при шаге расчета выгорания в 20 эффективных суток является наиболее точной. При увеличении шага расчета выгорания погрешность измерений увеличивается. При шаге расчета в 200 эффективных суток, погрешность доходит до 15 %. Анализ полученных зависимостей показал, что шаг расчета выгорания в 100 эффективных суток является оптимальным для дальнейших исследований, поскольку погрешность не превышает 3 %. В табл. 1 представлены данные по сравнению концентраций некоторых нуклидов с шагом выгорания 20 и 100 эффективных суток.

Таблица 1

Сравнение концентраций нуклидов при шаге расчета выгорания 20 эфф. суток и 100 эфф. суток

U-238								
Выгорание U-235, %	10	20	30	40	50	60	70	80
Отличие концентраций нуклидов, %	0,02	0,05	0,08	0,13	0,19	0,27	0,37	0,49
Cs-133								
Отличие концентраций нуклидов, %	1,81	0,52	0,26	0,25	0,34	0,48	0,65	0,84
Xe-131								
Отличие концентраций нуклидов, %	0,31	0,57	0,56	0,57	0,62	0,76	1,00	1,36

Анализ полученных аналитических зависимостей для шеститрубной и восьмитрубной ТВС показал, что для большинства нуклидов разница между концентрациями составила не более 3 %. Для ряда нуклидов разница возрастала более чем на 5%, так, например, для Pu-239 разница составляет 6-8,3%, для Np-237 — 8-10%, для Pu-240 — 5,2-10,2 %. (рис. 2). Это объясняется тем что, количество урана в восьмитрубной ТВС отличается от количества урана в шеститрубной. В табл. 2 представлены данные по сравнению Pu-239, Np-237 и Pu-240.

На основе полученных аналитических зависимостей изменения концентраций от степени выгорания топлива была написана программа, которая позволяет создавать файл входных данных для расчета в программе MCU. С помощью этой программы можно моделировать кампании реактора ИРТ-Т различных годов, зная средний процент выгорания U-235 в каждой ТВС, получать данные по

«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК»

нуклидному составу топлива, а также концентрации этих нуклидов в произвольный момент времени, что позволяет производить дальнейшие исследования кинетики изменения нуклидного состава топлива в тепловыделяющих сборках реактора ИРТ-Т.

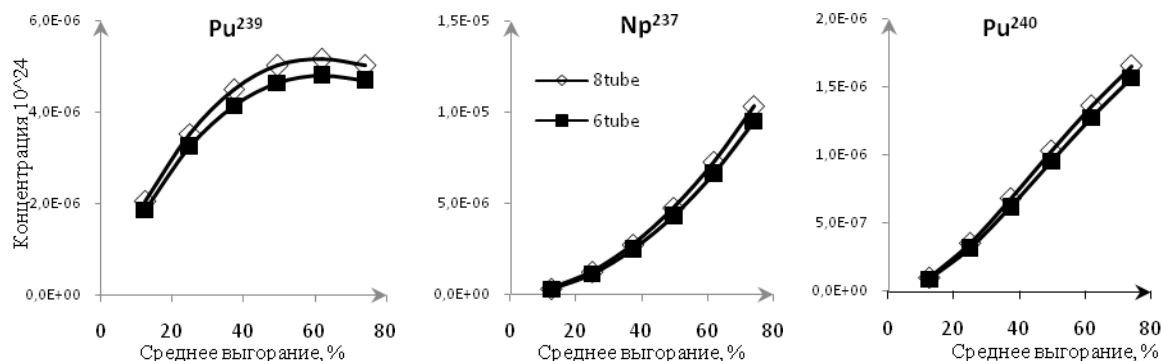


Рис. 2. Сравнение концентраций нуклидов 8-трубной ТВС с 6-трубной

Таблица 2

Сравнение концентраций изотопов

Pu-239								
Выгорание U-235, %	10	20	30	40	50	60	70	80
Отличие 8-трубной и 6-трубной ТВС, %	8,85	8,48	8,12	7,77	7,42	7,10	6,84	6,66
Np-237								
Отличие 8-трубной и 6-трубной ТВС, %	12,50	10,71	9,68	9,07	8,67	8,39	8,18	8,02
Pu-240								
Отличие 8-трубной и 6-трубной ТВС, %	13,70	10,74	9,26	8,23	7,37	6,53	5,62	4,54

В ходе выполнения работы были получены аналитические зависимости изменения концентраций нуклидов, образующихся в ТВС в процессе выгорания топлива.

Показано, что оптимальное соотношение между точностью расчета и его временем достигается при шаге расчета составляющем 100 эффективных суток. Разница между концентрациями для восьмитрубной и шеститрубной ТВС для большинства нуклидов достигает 3 %. Для некоторых нуклидов разница достигает 10 %, что позволяет говорить о том, что невозможно использовать универсальную схему расчета выгорания. Создана вспомогательная программа, которая формирует файл с входными данными для программы MCU, что оптимизирует процесс расчета выгорания ядерного топлива в течение кампаний реактора ИРТ-Т.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варлачев В.А., Глухов Г.Г., Скуридин В.С. и др. Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т. Томский политехнический университет, 2011.
2. Naymushin A.G. et al. Feasibility Study of Using New Fuel Composition in IRT-T Research Reactor //Advanced Materials Research. – 2015. – Т. 1084. – С. 306-308.
3. Alekseev N.I., Gomin E.A., MCU-PTR program for high-precision calculations of pool and tank type research reactors, Atomic En., 109/3 (2011) 149-158.