

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛАССИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА И КИНЕТИКИ МАРКОВСКОЙ ЦЕПНОЙ ЯДЕРНОЙ РЕАКЦИИ ДЕЛЕНИЯ

Комарова Я.О.<sup>1</sup>, Михайлова П.А.<sup>1</sup>, Ошканов Н.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Ельцина Б.  
Н., Екатеринбург, Российская Федерация  
E-mail: komarovayaroslaw@yandex.ru

## COMPARATIVE ANALYSIS OF CLASSICAL NUCLEAR REACTOR KINETICS AND KINETICS OF MARKOV CHAIN FISSION REACTION

Komarova Y.O.<sup>1</sup>, Mikhaylova P.A.<sup>1</sup>, Oshkanov N.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University named after the first President of Russia Yeltsin B.N.,  
Ekaterinburg, Russian Federation

Comparison of the classical kinetics of the nuclear reactor with the kinetics of the Markov chain nuclear reaction had established the limits of application of the classical kinetics, depending on the reactivity and the degree of divergence from the kinetics of the Markov chain reaction.

Кинетика активной зоны ядерного реактора изучает изменение плотности нейтронов в ней при изменении ее реактивности и применяется в т.ч. для обоснования безопасности реактора [1].

Классическая кинетика сформирована путем приближенного интегрирования уравнения переноса нейтронов для непрерывной функции плотности нейтронов на протяжении всей цепной ядерной реакции (ЦЯР) [2]. Однако, т.к. изменение функции плотности нейтронов происходит скачкообразно в каждом цикле при делениях ядер, то такое интегрирование можно выполнить только для одного цикла ЦЯР [3] и его применения для большого числа циклов вряд ли легитимно. Как результат, решение основного уравнения классической кинетики в результате приближенности имеет вид неограниченного роста мощности реактора при вводе положительной реактивности. С точки зрения физики, это не может произойти, т.к. скорость роста запаздывающих нейтронов отстает от скорости роста мгновенных нейтронов, иначе не было бы эффекта замедления роста мощности реактора. Такое отставание скорости роста запаздывающих нейтронов должно привести к ограничению роста мощности, а не к ее бесконечному росту.

Согласно физике процесса, ЦЯР является дискретной последовательностью циклов, в которой деление ядер в каждом цикле производится в результате поглощения нейтронов предыдущего цикла. Это соответствует теории Марковской цепи, уравнением которой для ЦЯР является произведение выходных плотностей нейтронов циклов. Оно решается точно, поэтому кинетику активной зоны реактора можно рассматривать в модели Марковской ЦЯР.

Решение уравнения кинетики в виде произведения выходных плотностей нейтронов циклов имеет асимптотическую стабилизацию мощности реактора [4], что подтверждает ограничение роста мощности.

Целью исследования явилось установление границ совместимости классической кинетики и кинетики Марковской цепи. Это выполнено методом численного эксперимента на основании полученных в [4] формул.

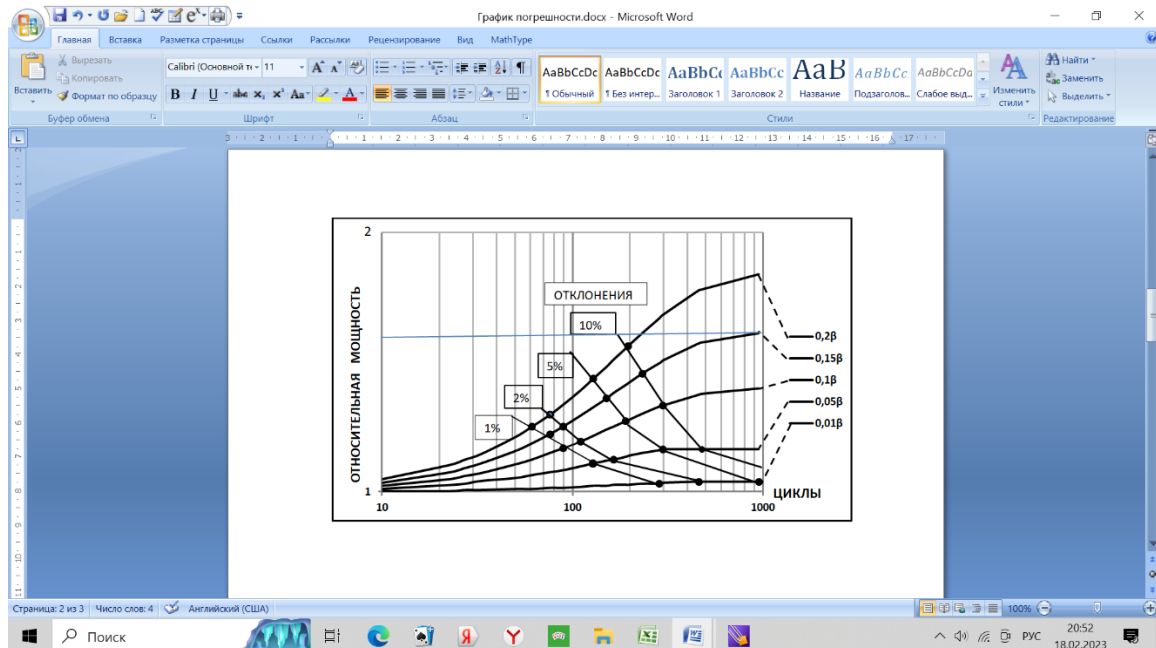


Рис. 1. Зависимость диапазона применимости классической кинетики от вводимой реактивности и отклонения от кинетики Марковской цепной реакции.

Сравнительный анализ классической кинетики и кинетики Марковской ЦЯР и определил границы применимости классической кинетики, которые зависят от вводимой положительной реактивности и величины отклонений от точной Марковской кинетики. На Рис. 1 показано расположение верхних границ, которые определяются в зависимости от величин отклонений от Марковской кинетики и реактивности.

1. Селезнев Е. Ф. Кинетика реакторов на быстрых нейтронах /Е. Ф. Селезнев; – Москва: Наука, 2013. – 250 с.
2. Белл Дж. И. Хетрик Теория ядерных реакторов / Дж. И. Белл, С. Глестон. – Москва : Атомиздат, 1974. 460 с.
3. Хетрик Д. Динамика ядерных реакторов / Д. Хетрик, Москва :Атомиздат, 1975. 400 с.
4. On nonconformity of the classical reactor kinetics to physics of a chain reaction /, N. N. Oshkanov. Proceedings of SGEM 2018, vol. 4.1, pp. 31-45.