

Литература

1. *Кулешов Н. В., Ясюкевич А. С.* Активные среды твердотельных лазеров. Минск. 2010. С. 133.
2. *Звелто О.* Принципы лазеров / Пер. с англ.; 3-е изд.; перераб. и доп. М.: Мир, 1990. – С. 560

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОДО-ВОДЯНЫХ РЕАКТОРОВ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

А. П. Васюкович

ВВЕДЕНИЕ

Основная задача нейтронно-физического расчета реактора состоит в физическом обосновании конструкции и определении совокупности физических параметров реактора, удовлетворяющего поставленным требованиям. Главной искомой величиной в физико-нейтронном расчете является коэффициент размножения. Величина коэффициента размножения реактора и его другие физические характеристики зависят от конструкции активной зоны, ее вещественного состава, вида теплоносителя и его параметров. Поэтому почти всегда физический расчет энергетического реактора тесно переплетается с тепловым расчетом и повторяется каждый раз при внесении в конструкцию реактора каких-либо изменений. Физический расчет фактически всегда является проверочным, поскольку его можно выполнить только в том случае, когда известна конструкция всех элементов реактора.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы являлось изучение влияния обогащения топлива на величину эффективного коэффициента размножения и расчет температурных эффектов реактивности.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

В качестве рассчитываемого реактора выбран ВВЭР–1200, где в качестве тепловыделяющих сборок используются ТВС–2М, являющиеся прототипом для АЭС–2006. Расчет выполнен в рамках одnogруппового диффузионно-возрастного приближения и произведен на начало топливной компании.

Весьма простой и в то же время хорошо развитой теорией ядерных реакторов является теория гомогенных ядерных реакторов. Поэтому в

данной работе расчет всех макроскопических сечений произведен методом простой гомогенизации компонентов активной зоны, хорошо изложенным в работе [1]. Расчет эффективного коэффициента размножения произведен в соответствии с методикой, изложенной в работе [2], с некоторыми особенностями. В частности, поскольку в реакторах ВВЭР используется слоистый водно-стальной отражатель, а не чисто водный, то эффективная добавка вычислена по формуле, отличной от приводимой в работе [2], где отражатель рассматривается чисто водным. Также в отличие от работы [2], в которой расчет «холодного» реактора (реактора, температура всех компонентов которого предполагается равной комнатной) производится со значительными упрощениями, в данной работе выбрана одинаковая методика расчета «холодного» и «горячего» реактора (реактора при рабочей температуре).

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

На рис. 1 представлен результат расчета по определению эффективного коэффициента размножения реактора, $K_{эфф}$, для степени обогащения по урану-235 в диапазоне от 2 до 5 % с шагом 0.2 %.

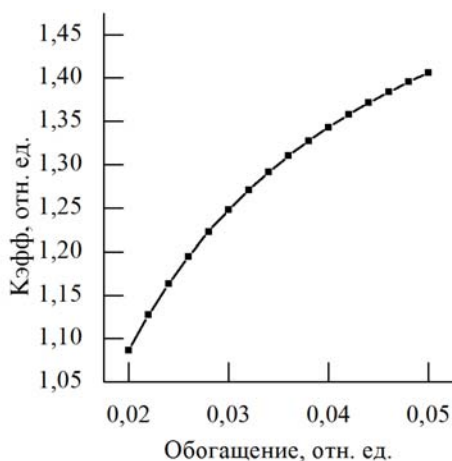


Рис. 1. Зависимость $K_{эфф}$ от обогащения

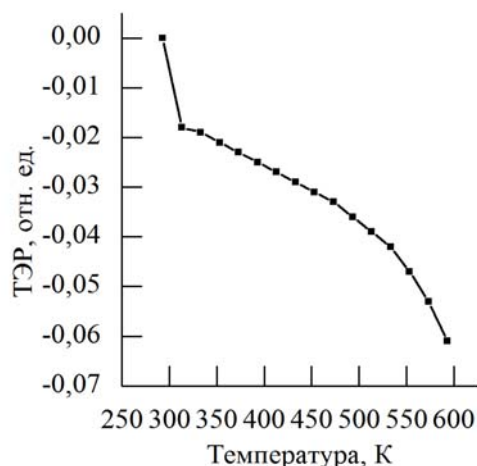


Рис. 2. Зависимость ТЭР от температуры теплоносителя

Как видно из рис. 1 с увеличением обогащения топлива по урану-235 эффективный коэффициент размножения монотонно возрастает.

В практике эксплуатации реакторов влияние температуры на реактивность реактора оценивается с помощью двух ключевых понятий – температурный эффект реактивности (ТЭР) и температурный коэффициент реактивности (ТКР) реактора.

В общем случае ТЭР должен определяться некоторой среднеэффективной величиной температуры активной зоны, в которой бы учитыва-

лись «весовые коэффициенты» температурных изменений реактивности от каждого из материалов, а также неодинаковость разогрева каждого материала активной зоны. Для нахождения такой температуры потребовалось бы решить задачу чрезвычайной сложности [3]. Поэтому в качестве определяющей величину ТЭР температуры вынуждено принята средняя температура теплоносителя, поскольку она в наибольшей степени определяет величину ТЭР. На рис. 2 представлен график зависимости ТЭР от средней температуры теплоносителя. При расчете ТЭР учитывается изменение микросечений компонентов активной зоны, плотности теплоносителя (воды) и плотности сплава оболочек ТВЭЛов (цирконий-ниобиевый сплав Э110) в зависимости от температуры. В работе принята модель, согласно которой изменение температуры топливной композиции при разогреве реактора происходит скачкообразно от температуры 20°С для «холодного» реактора до температуры топливной композиции реактора, работающего на номинальной мощности и в дальнейшем не учитывается. Это обуславливает резкое падение кривой на рис. 2 на начальном этапе. Из рис. 2 видно, что в области рабочих температур (518 ± 5 К) ТЭР отрицателен, что согласно [3] является необходимым условием устойчивости ядерного реактора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных расчетов получены следующие результаты:

- установлена зависимость величины эффективного коэффициента размножения реактора в начале топливной кампании от степени обогащения топлива и показано, что при увеличении степени обогащения топлива величина эффективного коэффициента размножения монотонно возрастает;
- определена ядерно-плотностная составляющая кривой температурного эффекта реактивности, определяемого только средней температурой теплоносителя и показано, что выполняется необходимое условие устойчивости ядерного реактора по данным составляющим;

Литература

1. Румянцев Г. Я. Расчет ядерного реактора на тепловых нейтронах. М., 1967.
2. Бойко В. И., Кошелев Ф. П., Шаманин И. В. Физический расчет ядерного реактора на тепловых нейтронах. Томск., 2009.
3. Мерзликин Г. Я. Основы теории ядерных реакторов. Курс для эксплуатационного персонала АЭС / Изд. 3-е, переработанное и дополненное. Севастополь., 2011.