

Уменьшение захватного γ -излучения и радиационного тепловыделения в корпусе реактора с помощью некоторых блокировок и борирования тепловой защиты

Е. Н. Горянина, К. К. Попков, С. М. Рубанов, С. А. Цветкова

В работе теоретически исследовано влияние борирования тепловой железо-водной защиты водо-водяного реактора, а также различных блокировок корпуса реактора на радиационное тепловыделение и дозу γ -излучения, обусловленного радиационным захватом нейтронов в тепловой защите и корпусе реактора.

С этой целью рассмотрены гомогенные и гетерогенные композиции тепловой железо-водной защиты с концентрацией железа ~ 70 об. %.

Расчет пространственно-энергетических распределений потоков нейтронов проводился на электронно-вычислительной машине М-20 в плоской геометрии по семигрупповой схеме, предложенной в работе [1].

Для гомогенных вариантов тепловая защита представляла собой железо-водную смесь толщиной 25 см. Оценивались композиции, различные по толщине слоя тепловой защиты, в которую был введен бор. В гетерогенных вариантах борирование тепловой защиты осуществлялось последовательной заменой стальных экранов экранами из бористой стали (0,5 и 1 вес. % бора); толщина тепловой защиты составляла 28 см.

В статье также рассмотрены композиции, в которых варьровалась концентрация бора в экране тепловой защиты, прилегающем к корпусу реактора. Для исследования эффективности блокировок внешней поверхности корпуса в качестве материала блокирующего слоя были использованы бористая сталь с содержанием бора до 5 вес. %, карбид бора, свинец и бористый свинец. Исследовались слои различной толщины: до 10 см — для бористой стали, свинца и бористого свинца, до 3 см — для карбида бора. Кроме того, в работе изучены композиции, в которых использовалась различная концентрация бора в воде периферийной защиты. Расчеты выполнялись в соответствии с методикой, изложенной в работах [2, 3, 4].

В статье показано, что 1) введение бора в экраны тепловой защиты позволяет существенно снизить величину радиационного тепловыделения в корпусе реактора; 2) применение в составе тепловой защиты экранов из бористой стали с содержанием бора выше 2 % нецелесообразно; 3) использование боросодержащих материалов и свинца для блокировки внешней поверхности корпуса реактора позволяет значительно снизить потоки захватного γ -излучения из тепловой защиты и корпуса (в три — пять раз).

Наиболее эффективным в этом отношении свинец, однако увеличение толщины слоя блокировки d_b приводит к увеличению выхода захватного γ -излучения из свинца, которое становится доминирующим при $d_b > 6$ см. От этого недостатка свободен бористый свинец, применение которого представляется достаточно перспективным.

№ 35/2945 Поступила в Редакцию 22/V 1964 г.
В окончательной редакции 15/VI 1965 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. Л. Бродер и др. «Атомная энергия», 12, 129 (1962).
2. Д. Л. Бродер, К. К. Попков. «Атомная энергия», 15, 370 (1963).
3. Л. П. Бокачева и др. «Инж.-физ. ж.», VI, 47 (1963).
4. Д. Л. Бродер, К. К. Попков, С. М. Рубанов. Биологическая защита судовых реакторов. Л., «Судостроение», 1964.

УДК 621.039.51

Метод расчета выгорания горючего в цилиндрическом реакторе с движущейся компенсирующей системой

Г. В. Мухина, А. Н. Проценко, Н. М. Трухачев

Характер изменения реактивности и длительность работы реактора существенным образом зависят от распределения нейтронных потоков, изменяющихся в процессе выгорания. Подавляющее большинство проектируемых и работающих реакторов поддерживается в критическом состоянии с помощью компенсирующей системы (КС) регулирующих органов, каким-либо образом размещенных в активной зоне. На рис. 1 приводится одно из возможных положений КС в самом общем случае. Здесь активная зона без КС имеет $3 \times 3 = 9$ зон. Наличие компенсирующих органов

в данном случае вызвало появление двух новых зон: $ABCD$ и $BEFC$. Границы AE , EF , FD и DA подвижные. При движении КС одни зоны могут исчезать, другие — появляться. В некоторых случаях может быть 15 зон.

Наличие КС, расположение которой меняется в процессе выгорания, может привести к значительной деформации нейтронных потоков и в конечном итоге сильно влиять на продолжительность кампании. В предлагаемой статье описывается метод численного решения двумерной нелинейной (коэффициенты данного уравнения неявно зависят от решения) квазистационарной

(коэффициенты данного «стационарного» уравнения неявно зависят от времени) задачи по определению распределения нейтронов и критического параметра.

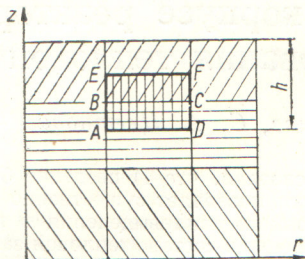


Рис. 1. Одно из возможных положений КС в реакторе.

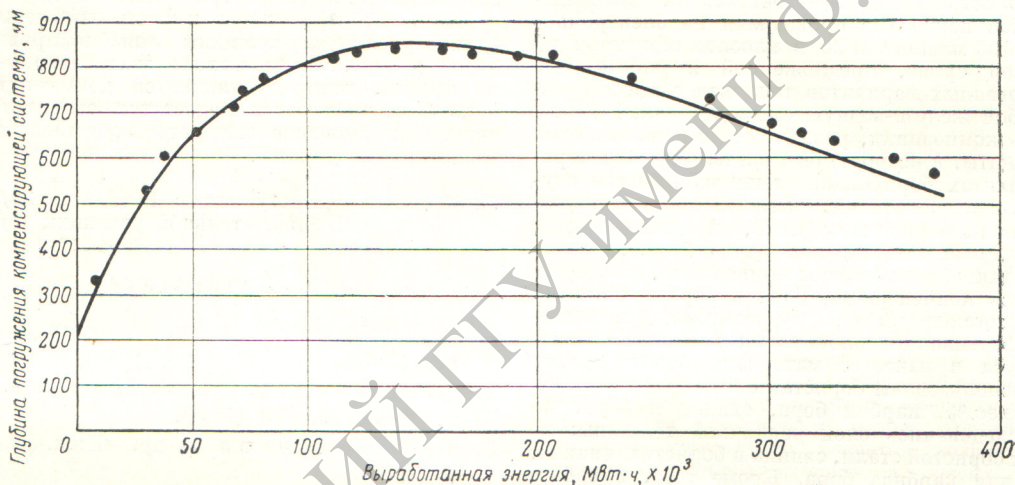


Рис. 2. Положение КС в зависимости от выгорания горючего в реакторе атомного ледокола «Ленин».

Рассматривается система основных уравнений реактора в многогрупповом диффузионном приближении. На внутренних границах зон задаются условия «сшивки», на внешней границе реактора — логарифмические производные потока нейтронов [1,2]. Численное решение такой задачи осложняется тем, что входящие в уравнения и граничные условия коэффициенты зависят от координат и времени, а метод расчета этих коэффициентов и уравнения выгорания для большинства реакторов довольно громоздки. Поэтому был принят такой метод определения всех параметров, который позволил сократить машинное время в десятки раз. Эти параметры представляются полиномами, аргументом которых является величина, пропорциональная интегральному тепловыделению:

$$\Phi_f(r, z, t) = \Phi_f^+(r, z, t) + \Phi_f^-(r, z, t),$$

где

$$\Phi_f^\pm = \int_{t_1}^{t_2} \Phi(r, z, t) \sum_{j=1}^{\pm} f_j(r, z, t) dt.$$

Здесь $t_2 - t_1$ — промежуток времени, в течение которого КС присутствует (отсутствует) в данной точке активной зоны; Φ — поток тепловых нейтронов, нормированный на мощность.

Двумерная краевая задача решается методом сеток; при решении конечно-разностных уравнений используется схема «непрерывного счета» [3].

На рис. 2 приведены результаты расчетов изменения положения КС в процессе выгорания для реактора атомного ледокола «Ленин» (сплошная кривая). Точками показаны экспериментальные данные [4]. Совпадение

расчетных и экспериментальных результатов вполне удовлетворительное.

№ 40/3314

Статья поступила в Редакцию
26/V 1965 г., аннотация — 7/VI 1965 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Д. Галанин. Теория ядерных реакторов на тепловых нейтронах. М., Атомиздат, 1959.
2. Г. И. Марчук. Методы расчета ядерных реакторов. М., Госатомиздат, 1961.
3. А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. «Докл. АН СССР», 108, 393 (1956).
4. И. И. Африкантов и др. Доклад № 313, представленный СССР на Третью международную конференцию по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1964).