

VALIDACION DEL PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE
ELEMENTOS COMBUSTIBLES DE REACTORES DE
ALTA CONVERSION

POR

V.N. ISHIDA, N.E. PATINO, M.J.ABBATE
y M.M. SBAFFONI

División Neutrones y Reactores
Instituto Balseiro - Centro Atómico Bariloche
Comisión Nacional de Energía Atómica
República Argentina

Trabajo a ser presentado a la XVIII Reunión Anual
de la Asociación Argentina de Tecnología Nuclear,
22-26 octubre de 1990 en Buenos Aires, Argentina.

ENGLISH ABSTRACT

The present work includes procedures for calculation of cross sections generation, starting from nuclear data and the calculation system actually used at the Fermilab Atomic Center Reactor on Neutron Densities for the application to fuel elements calculation of a high conversion reactor (HCR). For this purpose, the fuel element calculation belonging to a High Conversion on Boiling Water Reactor (HCBWR) was chosen as reference problem, employing the Finite Difference method. Various cases were considered, with and without control bars, different duty of different axial sections. Multiplication factors, reaction rates, power distributions and fuel element composition were calculated. A sensitivity analysis of typical parameters used, for approximation, was employed to measure the importance of each parameter. The effect of the approximation of the axial and radial profiles was also studied, with the aim of evaluating the influence of the procedure of calculation of the cross sections on the results obtained in the present work. The results are presented in tables and figures.

VALIDACION DEL PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE ELEMENTOS
COMBUSTIBLES DE REACTORES DE ALTA CONVERSION

V.W. Ishida, N.E. Patiño, M.J. Abbate y M.M. Shaffoni

División Neutrones y Reactores

Instituto Balseiro- Centro Atómico Bariloche

RESUMEN

El presente trabajo abarca la validación de los procedimientos de generación de secciones eficaces a partir de los datos nucleares y del sistema de cálculo usado en la actualidad en la División Neutrones y Reactores del Centro Atómico Bariloche (CAB), para su aplicación al cálculo de elementos combustibles (EC) de un reactor de alta conversión (HCR).

Para ello se eligió como problema de referencia el cálculo de un EC perteneciente a un HCBWR, realizado por el método Monte Carlo. Se consideraron varios casos: con y sin barras de control, frío y caliente, a distintas fracciones de vacío.

Se compararon los factores de multiplicación, los ritmos de reacción, los mapas de potencia y los factores de pico.

Se realizó un análisis de sensibilidad de la cantidad de celdas típicas utilizadas, las aproximaciones utilizados para resolver la ecuación de transporte, (S_n o Difusión), la representación 1-D o 2-D y la densificación de la malla espacial utilizada, con la finalidad de evaluar la influencia de éstos sobre los parámetros evaluados y llegar a una combinación óptima para ser utilizada en futuros cálculos de diseños.

1.-Introducción

Debido al espectro intermedio de los reactores de alta conversión, no son directamente aplicables los procedimientos utilizados para reactores térmicos y rápidos. Los métodos y los instrumentos de cálculo deben ser cuidadosamente validados mediante la elección de benchmarks adecuados.

Pero debido a la falta de datos experimentales, se debe recurrir a benchmarks teóricos o numéricos, por ejemplo los obtenidos mediante la utilización del método Monte Carlo.

El presente trabajo abarca la validación de los datos nucleares y los sistemas de cálculos del CAB, constituido básicamente por la biblioteca ENDF/B-IV, el sistema AMPX-IIA y el código DOT 3.5, para el cálculo de celda y del EC.

2.-Descripción del benchmark

El problema seleccionado como referencia es un cálculo Monte Carlo de un EC perteneciente a un HCBWR, utilizando el código MERIT MC (MC). También se los compara con los resultados obtenidos con el HELIOS.Hx (H.Hx) desarrollado especialmente para el cálculo de este tipo de reactores.

El EC está compuesto por 199 barras combustibles y 18 de control. Los principales parámetros de diseño se encuentran en la tabla I.

Es importante recalcar que para este trabajo se utilizaron constantes de grupo derivadas exclusivamente de la biblioteca ENDF/B-IV, mientras que en el MC y el H.HX los nucleidos pesados provienen de la biblioteca ENDF/B-V.

3.-Método de Cálculo

La preparación de las constantes de grupo adecuadas consta esencialmente de las etapas descritas en 3.1 y 3.2.

3.1- Generación de las bibliotecas de trabajo

Se prepararon las bibliotecas de trabajo: a 300°K (caso frío) y a 900°K para el combustible y 560°K en el moderador (caso caliente) y a distintas fracciones de vacío. Se utilizó una estructura de 108 grupos provenientes de la estructura de 69 grupos de WIMS.

El tratamiento resonante y de las heterogeneidades difiere del caso de referencia. Se utilizó el Método de Nordheim (módulo NITAWL) con factores de Dancoff calculados mediante el método de SAUER. Mientras que en el caso de referencia se utiliza el método de las resonancias intermedias mejoradas y cálculos en una estructura hiperfina. El factor de Dancoff se calculó teniendo en cuenta las heterogeneidades del EC visibles desde la celda en cuestión:

3.2 Cálculo de las bibliotecas de las celdas típicas

Las celdas típicas elegidas son siete:

- C1: celda combustible en un arreglo infinito
- C2: agua del borde que incluye el canal y la caja del EC.
- C3: celda de agua rodeado por seis celdas C1.
- C4: celda de control rodeado por seis celdas C1.
- C5: celda combustible rodeada por cuatro celdas C1 y por el agua del borde, C2.
- C6: celda combustible rodeada por cinco celdas C1 y una celda de agua, C4.
- C7: celda combustible rodeada por cinco celdas C1 y una celda de agua, C3.

Para el cálculo de las macroceldas se consideraron explícitamente las tres zonas de la celda del interior, mientras que la región externa se consideró homogénea, utilizando constantes de grupo homogeneizadas en un paso previo.

El flujo obtenido con el código XSDRN (S_n y 1-D) se utilizó para condensar a 20 grupos y homogeneizar las celdas del interior.

3.3.-Cálculo del EC

Se consideraron los siguientes casos:

- caso frío controlado y sin controlar.
- caso caliente sin controlar a 0, 40 y 85% de vacío.
- caso caliente a 40% de vacío controlado.

Se compararon parámetros integrales como el factor de multiplicación y los ritmos de reacción y parámetros puntuales como el mapa de potencia y el factor de pico. Para el cálculo 2-D se utilizó el código DOT3.5 en geometría X-Y. Se realizó el cálculo teniendo en cuenta dos cuarto de EC con condición de contorno reflexiva (figura 1). Para el caso 1-D se utilizó el código XSDRN y se cilindrizó el EC.

4. RESULTADOS

4.1 Comparaciones con el caso de referencia

Los resultados presentados se realizaron en 2-D y S_1P_0 . En la tabla II se presentan las diferencias con los resultados de referencia del II.IX y los obtenidos en este trabajo (k^*100). Como

se puede apreciar en la tabla II, los resultados obtenidos en este trabajo son satisfactorios respecto a los del H.Ix y el MC. Las discrepancias máximas son del orden de los 1000 pcm.

La tabla III muestra el peso de las barras de control y el peso del vacío del moderador. Se observa que las diferencias son del 0.5%, salvo en la transición de 40 a 85% de vacío, también se observa una mayor discrepancia en el H.Ix.

Los factores de pico (ritmos de fisiones) en función de la fracción de vacío se encuentran dentro de la desviación estándar del MC para los casos sin controlar mientras que las discrepancias en los casos controlados son algo mayores. Además los mapas de potencias muestran concordancia satisfactoria con los resultados de referencia.

Se han calculado las contribuciones de los principales isótopos al coeficiente de vacío y los resultados se muestran en la tabla IV.

Las discrepancias en la transición frío-caliente son razonables. Se puede observar que el H.Ix presenta desviaciones mayores para algunos isótopos como U238 y el Pu240. Para la transición de 0 a 40% se observan discrepancias del 9% para el U-238 mientras que para el Pu-241 son mayores (pero similares a los del H.Ix). Para la transición 40 a 85% de vacío es donde se encuentran grandes discrepancias en el U238 y en el Pu240, pero ambas se cancelan. Todos los isótopos contribuyen en forma positiva y ésta es la causa de un coeficiente de vacío menos negativo. Los resultados del Pu239, Pu241 y el neto muestran discrepancias del 10%.

4.2 Cálculos de sensibilidad al orden de cuadratura y al orden de scattering

Para verificar la validez de los cálculos P_0 se realizaron algunos cálculos P_1 . Para el caso frío se observa una diferencia de 1% mientras que para 40% de vacío el efecto es despreciable en el factor de multiplicación. Cambios en el orden de cuadratura de S_4 a S_{10} no producen diferencias significativas.

2.3 Evaluación de otras aproximaciones

Para un cálculo de diseño se necesita reducir el tiempo de cálculo, por lo cual se probaron las siguientes aproximaciones.

a.-Cálculos 2-D difusión, 1-D S_n y difusión

Si solamente se tiene en cuenta el factor de multiplicación, un cálculo 1-D difusión es aceptable para los casos sin controlar, pero para los casos controlados el cálculo 1-D lleva a diferencias del orden del 10% debido a que se diluye el boro dándole así mayor peso.

Para el caso 2-D un cálculo a difusión es aceptable, por lo menos como una primera aproximación, obviamente con el método S_n se mejoran los resultados a expensas del tiempo de cálculo.

b.-Reducción en el número de celdas típicas

El efecto de eliminar la celda C_5 y reemplazar las constantes de esta celda por las de C_1 , no introduce cambios significativos en el factor de multiplicación

c.-Disminución de los intervalos espaciales

Para los cálculos presentados hasta aquí se utilizó una malla con 700 intervalos espaciales. Para reducir esta cantidad, se realizó un "pequeño" cambio para alinear los dos cuartos de EC enfrentados, la nueva malla consta de 250 intervalos espaciales.

Se obtuvo a nivel K-infinito resultados satisfactorios, reduciendo el tiempo de cálculo en un factor dos.

El k-infinito se modifica en 100 pcm y los efectos sobre el mapa de potencia no son importantes. Pero el flujo que se obtiene no es satisfactorio en el sentido que no representa en forma satisfactoria las depresiones en las celdas de agua y las constantes de grupo condensadas a una estructura para el cálculo del reactor muestra diferencias significativas.

4.4 Constantes de grupo para el cálculo del reactor

Por último se testeó las constantes de grupo condensadas a ocho grupo pesadas con el flujo del EC para el cálculo de un reactor. Los resultados calculados a difusión y 1-D muestra diferencias considerables, especialmente a energías térmicas.

5. CONCLUSIONES

En síntesis, todos los resultados mostrados en este trabajo muestran una concordancia satisfactoria con los resultados de referencia y con los del H.Hx.

-K-infinito: para los casos sin barras de control muestran una discrepancias del 1% en Δk con los resultados de referencia y menores aún con respecto al H.Hx. Tanto los cálculos 1-D como 2-D muestran resultados satisfactorios.

Para los casos controlados se obtienen resultados satisfactorios con cálculos 2-D, no así con cálculos unidimensionales.

-coeficiente de vacío

Se observa una tendencia menos negativa en la transición entre 40 a 85% de vacío que el caso de referencia. Existe una cancelación de una contribución negativa del U-238 y una positiva del Pu-240. Las discrepancias son menores si se las compara con el H.Hx que también muestra una tendencia similar.

-Mapa de potencia: muestran una excelente concordancia con los cálculos de referencia, mostrando discrepancias similares al H.Hx.

-Factores de pico: Están dentro de la desviación estándar del MC y muy similar al H.Hx.

Para futuros trabajos se sugiere:

-Los cálculos S_n en 2-D son los más recomendables.

-Los cálculos con difusión son rápidos y suficientemente buenos como para obtener una primera aproximación.

-A la celda del borde (C2) no es necesario tratarla explícitamente. Esto es aplicable para los HCPWR porque carecen de un canal entre los EC.

-El canal del borde debe ser tratado explícitamente para poder obtener un espectro de peso adecuado.

Finalmente, el sistema en su conjunto, a sido previamente probado con celdas del PROTEUS y también se obtuvieron resultados satisfactorios.

6. -AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen a los Ingenieros Pablo Florido y Silvia Gómez por sus valiosos aportes.

pitch EC-----22.40 cm
 diametro de la barra--- 1.21 cm
 espesor del cladding--- 0.08 cm
 pitch de las barras---1.47 cm
 distancia vaina-canal--0.28 cm
 espesor de la caja----0.24 cm
 Vm/Vf-----1.03
 composicion del pellet- MOX

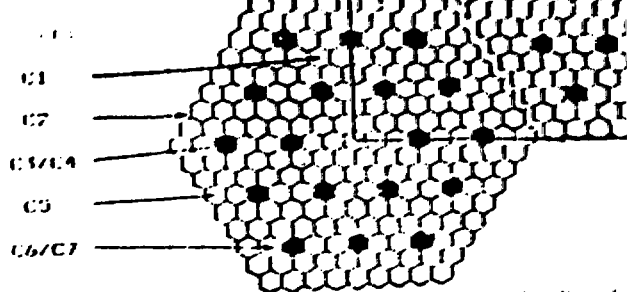


TABLA I:
 Especificaciones del EC

FIGURA 1:
 Configuración geométrica EC

casos	MC	diferencias (%)	
		H.Hx-MC	AMPX-MC
sin controlar			
frio	1.2074	-0.58	-1.03
caliente, 0X de vacio	1.1442	-0.62	-1.13
caliente, 40X de vacio	1.1128	-0.52	-0.74
caliente, 86X de vacio	1.0918	+0.19	+0.53
controlados			
frio	0.9602	+0.21	-1.18
cal, 40X de vacio	0.8589	+0.54	-0.08

TABLA II: COMPARACION DE K-INFINITO CALCULADOS Y DEL HELIOS.HX CON EL BENCHMARK

casos	MC	Diferencias (%)	
		H.Hx-MC	AMPX-MC
pesos barras de control			
frio	24.27	-0.78	+0.18
caliente, 40X de vacio	28.37	-1.08	-0.88
pesos del vacio del moderador (s/controlar)			
frio a 0X de vacio	-8.32	-0.06	-0.10
0X a 40X de vacio	-3.18	+0.03	+0.39
40X a 86X de vacio	-2.08	+0.73	+1.27

TABLA III: COMPARACION DE LOS PESOS DE LAS BARRAS DE CONTROL Y DEL VACIO DEL MODERADOR

isotopos	frio-0X		0X a 40X		40X a 86X	
	1	2	1	2	1	2
U-238	-33	-18	0	-31	+35	-285
Pu-239	+ 2	-11	+1	- 2	+23	+ 32
Pu-240	+30	-11	-7	+13	- 3	+330
Pu-241	- 1	- 1	+7	+18	+ 5	- 13
Otros	- 3	-11	+8	+ 3	+13	+ 33
neto	- 5	-48	+8	- 1	+73	+ 97

observacion: 1: $\Delta k(H.Hx) - \Delta k(MC)$
 2: $\Delta k(AMPX) - \Delta k(MC)$

TABLA IV: CONTRIBUCION DE CADA ISOTOPO A LA VARIACION DEL K-INFINITO EN FUNCION DEL VACIO DEL MODERADOR