

TÍNH TOÁN LIỀU HẤP THỤ VÀ PHÂN BỐ LIỀU TRONG CÁC SẢN PHẨM CHIẾU XẠ TRÊN THIẾT BỊ SVSTCO-60/B

Trần Văn Hùng⁽¹⁾, Mai Văn Nhơn⁽²⁾

(1)Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ

(2)Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 10 tháng 02 năm 2006)

TÓM TẮT: Code MCNP 4C đã được sử dụng để tính toán liều hấp thụ trong các sản phẩm chiếu xạ trên thiết bị SVST-Co-60/B ở thành phố Hồ Chí Minh. Cấu hình tính toán là tương đối giống với cấu hình thực của thiết bị SVST-Co-60/B. Các kết quả tính toán nhận được đã chỉ ra rằng sử dụng code MCNP để tính toán phân bố liều, suất liều hấp thụ trung bình và tỷ số bất đồng đều bên trong thùng hàng với các mật độ khác nhau là rất tốt. Các giá trị tính toán được rất phù hợp với các giá trị thực nghiệm.

Từ khoá: Code MCNP, Liều hấp thụ, Phân bố suất liều, Thiết bị chiếu xạ SVST-Co-60/B

1. GIỚI THIỆU

Sau khi khánh thành vào tháng hai năm 1999, thiết bị chiếu xạ SVST-Co-60 ở thành phố Hồ Chí Minh đã đưa vận hành và chiếu xạ xử lý nhiều loại hàng khác nhau: dụng cụ y tế, thuốc đông nam dược, thực phẩm khô và đông lạnh. Các loại hàng này có mật độ rất khác nhau thay đổi từ 0,1 - 0,5 g/cm³. Cấu hình nguồn Co-60 cũng được thay đổi 100 kCi, 200 kCi và sau đó 400kCi. Sau mỗi cấu hình nguồn khác nhau, liều hấp thụ và phân bố suất liều trong thùng hàng chiếu xạ đã được xác định bằng thực nghiệm và tính toán. Hạn chế trong thực nghiệm là chỉ xác định được phân bố suất liều, vị trí liều Dmax, Dmin trong thùng hàng chiếu xạ và cũng chỉ tiến hành được với mật độ 0,2 g/cm³ và 0,3 g/cm³ đối với các vật liệu chọn làm thí nghiệm là vỏ trấu và mùn cưa tương ứng [3]. Mặt khác trong thực nghiệm, việc tính suất liều trung bình trong thùng hàng chiếu xạ là một điều rất khó khăn.

Trong công trình này, chúng tôi nghiên cứu sử dụng code MCNP để tính toán phân bố suất liều, liều hấp thụ trung bình, liều Dmax và Dmin đối với các mật độ hàng khác nhau trong thùng hàng chiếu xạ.

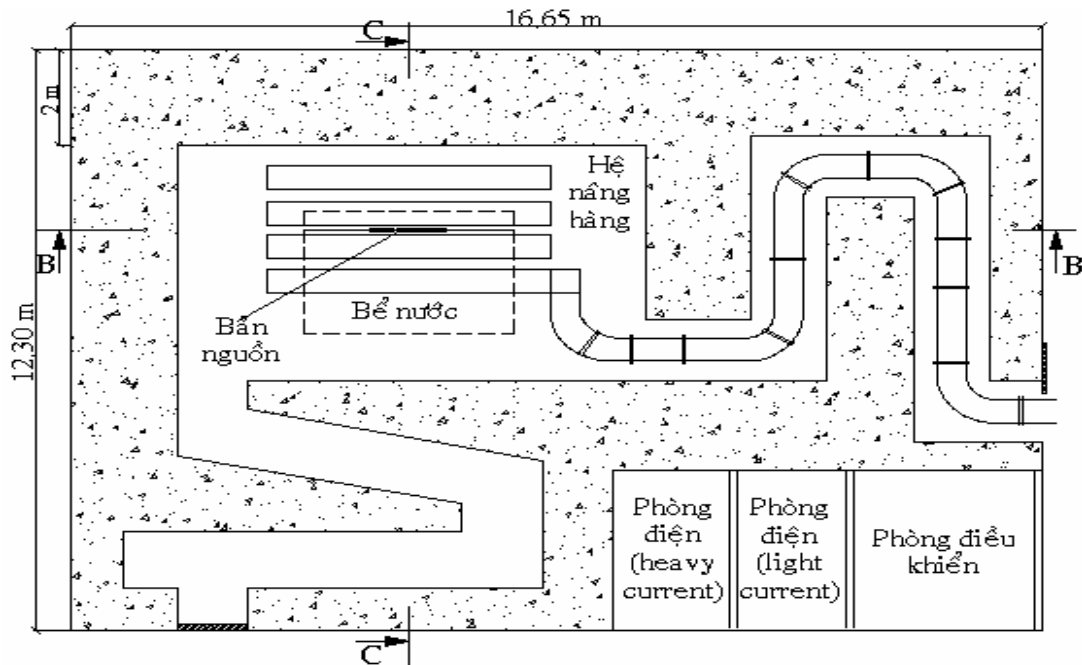
2. THIẾT BỊ CHIẾU XẠ VÀ CODE TÍNH TOÁN

2.1. Mô tả thiết bị chiếu xạ SVST-Co-60/B

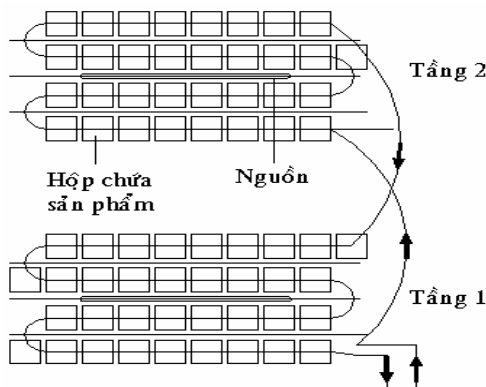
Thiết bị chiếu xạ SVST-Co-60/B tại thành phố Hồ Chí Minh là thiết bị chiếu xạ, sử dụng nguồn Co-60 [1]. Thiết bị do Hungary thiết kế và chế tạo, hoạt động theo kiểu hàng hoá được xử lý di chuyển bao quanh bản nguồn cố định.

Bảo vệ phóng xạ cho buồng chiếu là tường bê tông, được thiết kế đảm bảo an toàn cho nguồn phóng xạ có hoạt độ cực đại 2 MCi (74PBq). Sơ đồ mặt cắt ngang của buồng chiếu xạ được mô tả trong hình 1. Trong buồng chiếu xạ có bể nước bằng thép không rỉ, chiều sâu 6 m để chứa nguồn phóng xạ khi thiết bị không hoạt động. Khi nguồn nằm trong bể nước, tia gamma được che chắn bởi một lớp nước dày trung bình 4,5m. Nguồn phóng xạ có dạng thanh được lắp vào ba giá nguồn, mỗi giá nguồn chứa bốn module. Các giá nguồn được nâng lên đến vị trí chiếu xạ, nằm ở giữa theo chiều ngang hệ đảo hàng. Hệ đảo hàng được thiết kế bằng thép nằm hai bên giá nguồn khi nguồn được kéo lên. Hệ đảo hàng nhận được hộp chứa sản phẩm (tote box) nạp từ ngoài vào và được đảo vị trí các hộp chứa hàng xung quanh bản nguồn. Hệ có hai tầng, mỗi tầng có bốn hàng (row), mỗi bên có hai hàng. Các hộp chứa sản phẩm, được làm bằng nhôm dày 1 mm, chuyển động trên các thanh ray, hộp nọ sát hộp kia. Mỗi hàng có tám vị trí cho hộp chứa sản phẩm và bốn hộp ở vị trí nâng lên và hạ xuống tại hai đầu của các hàng. Tổng số có 68 thùng hàng trong buồng chiếu xạ. Việc di

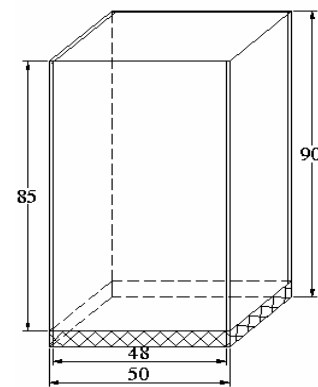
chuyển các thùng hàng được thực hiện nhờ các cylinder bố trí ở các đường hàng. Sơ đồ bố trí và dịch chuyển các thùng hàng trong buồng chiếu xạ được đưa ra trong hình 2 và cấu trúc thùng hàng chứa sản phẩm trong hình 3.



Hình 1. Sơ đồ mặt cắt ngang của buồng chiếu xạ



Hình 2. Sơ đồ di chuyển hàng trong buồng chiếu xạ



Hình 3. Cấu trúc hộp chứa sản phẩm

Hệ thống được điều khiển tự động theo chương trình đã được cài đặt trên máy tính. Mô hình tính toán trong INPUT được mô tả hoàn toàn như cấu trúc thực của buồng chiếu xạ. Bao gồm cấu trúc nguồn, bể nước, các giá đỡ thùng hàng, cấu trúc thùng hàng và cấu trúc tường bê tông bảo vệ. Góc tọa độ trong tính toán được chọn tại điểm giữa bàn nguồn lúc chiếu xạ.

2.2.Code MCNP

Code MCNP [2] là phần mềm ứng dụng phương pháp Monte Carlo để mô phỏng các quá trình vật lý hạt nhân đối với neutron, photon và electron mang tính chất thống kê. MCNP được phát triển tại phòng Vật lý lý thuyết ứng dụng, Los Alamos (Mỹ). MCNP được cung cấp tới người dùng qua Trung tâm Thông tin Che chắn Bức xạ (RSIC) ở Oak Ridge, Tennessee và ngân hàng dữ liệu OECD/NEA ở Paris, Pháp. MCNP sử dụng các số liệu hạt

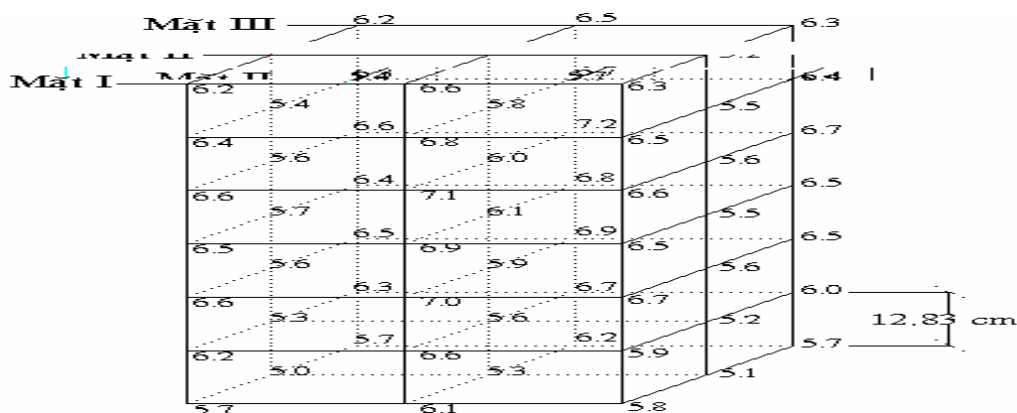
nhân và nguyên tử năng lượng liên tục từ các nguồn dữ liệu ENDF, ENDL và ACTL. Các bảng số liệu hạt nhân bao gồm các tương tác neutron tạo photon, tương tác photon, liêu neutron, kích hoạt và tán xạ. Trong báo cáo này, chúng tôi sử dụng code MCNP phiên bản 4C.

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Tính toán phân bố liều trong thùng hàng chiếu xạ

Chúng tôi đã tiến hành tính toán phân bố liều trong thùng hàng chiếu xạ đối với các mật độ 0.1, 0.2, 0.3 và 0.4 g/cm³ khi cường độ nguồn 325 kCi, thời gian chiếu xạ 3 giờ 24 phút (mỗi bước là 3 phút). Kết quả tính toán đối với mật độ hàng 0.2 đưa ra trình bày trong hình 4.

So sánh kết quả tính toán phân bố suất liều trong không gian thùng hàng chiếu xạ với kết quả thực nghiệm trong [3] khi mật độ 0.2g/cm³ suy về cùng thời gian chiếu xạ tchiếu=16 giờ, hoạt độ nguồn 280 kCi được đưa ra trong bảng 1. Từ bảng 1 cho thấy, sai lệch giữa tính toán và thực nghiệm nhìn chung là không vượt quá 6%. Trong thực nghiệm, sai số là 10%; trong khi đó sai số trong tính toán là <2%.



Hình 4. Kết quả tính toán phân bố suất liều trong thùng hàng chiếu xạ, mật độ 0.2

Bảng 1. Kết quả tính toán và thực nghiệm phân bố liều trong thùng hàng với $\rho = 0.2 \text{ g/cm}^3$, $t_{\text{Chiếu}} = 16 \text{ giờ}$, hoạt độ nguồn 280 kCi

Vị trí	Mặt I		Mặt II		Mặt III	
	Tính toán	Thực nghiệm	Tính toán	Thực nghiệm	Tính toán	Thực nghiệm
1	25.3	27.2	22.2	23.0	25.5	27.4
2	26.4	28.1	22.6	23.8	25.9	28.4
3	27.2	27.7	23.1	24.8	27.2	27.4
4	26.8	26.1	23.5	24.4	26.4	26.6
5	27.2	28.2	23.1	24.7	26.8	28.2
6	25.5	27.8	21.8	23.8	25.9	28.3
7	23.5	25.5	21.0	22.3	23.5	25.5
8	27.2	29.7	23.5	23.5	26.8	29.4
9	28.0	30.2	23.9	24.6	27.6	30.2
10	29.2	29.7	24.7	24.7	29.6	29.5
11	28.4	28.2	25.1	24.8	28.0	27.8
12	28.8	30.7	24.3	24.6	28.4	30.8
13	27.2	31.0	23.1	24.2	27.6	31.0

14	25.1	28.1	21.8	24.0	25.5	28.9
15	25.0	27.1	22.0	23.0	25.9	27.2
16	26.8	27.6	22.6	23.6	26.4	28.3
17	27.2	27.4	23.1	23.6	27.6	27.1
18	26.8	26.0	22.6	24.6	26.8	26.3
19	27.0	28.1	23.1	24.5	26.8	27.4
20	24.3	27.5	22.0	23.5	24.7	28.2
21	23.9	25.0	21.0	22.0	23.5	25.5

Từ kết quả tính toán và thực nghiệm cũng cho thấy: Hai mặt đối diện bản nguồn có liều hấp thụ cao hơn hai mặt bên của thùng hàng. Trên hai mặt đối diện bản nguồn có hai vị trí cực đại và hai mặt bên có hai vị trí cực tiểu. Giá trị cực tiểu ở phía đáy thùng hàng nhỏ hơn vị trí cực tiểu phía trên do ở đáy thùng có viên một đai nhôm dày 3mm làm liều nhận được bị giảm đi. Kết quả tính toán so sánh với kết quả thực nghiệm khi mật độ hàng 0.3 g/cm³ cũng rất phù hợp với thực nghiệm và thu được các kết luận tương tự.

3.2. Tính toán hệ số bất đồng đều trong thùng hàng chiếu xạ

Từ kết quả tính toán về phân bố liều trong không gian thùng hàng chiếu xạ, chúng ta sẽ nhận được các giá trị DMax và DMin và cũng từ đó xác định được hệ số bất đồng đều theo công thức: $B = D_{Max}/D_{Min}$

Hệ số bất đồng đều xác định từ thực nghiệm và tính toán được trình bày trong bảng 2. Hệ số bất đồng đều theo khuyến cáo của nhà cung cấp thiết bị là 1.3 ± 0.13 khi mật độ hàng $\rho = 0.2 \text{ g/cm}^3$. Trong khi đó với mật độ này, thực nghiệm xác định được là 1.4 ± 0.1 và trong tính toán cho giá trị 1.41 ± 0.04 . Kết quả tính toán và thực nghiệm trùng rất tốt với nhau.

Bảng 2. Hệ số bất đồng đều trong thùng hàng chiếu xạ với các mật độ hàng khác nhau

Mật độ (g/cm ³)	Hệ số bất đồng đều tính toán	Hệ số bất đồng đều thực nghiệm [4]
0.1	1.35 ± 0.04	1.4 ± 0.1
0.2	1.41 ± 0.04	
0.3	1.50 ± 0.03	
0.4	1.60 ± 0.03	

3.3. Tính toán suất liều trung bình

Giá trị liều trung bình trong thùng hàng chiếu xạ với kích thước 48x48x85 cm với các mật độ ρ khác nhau đã được đưa ra trong bảng 3. Với giá trị trong bảng 3, suất liều trung bình mô tả tốt bởi một hàm tuyến tính theo mật độ sau: $y(\text{KGy/h}) = 2.1823 - 2.1533 \cdot \rho(\text{g/cm}^3)$

Hàm này cho phép chúng ta xác định thời gian chiếu xạ thích hợp khi biết mật độ hàng, liều cần nhận được và cường độ nguồn. Thật vậy, hoạt độ hiện tại là 250 kCi, các sản phẩm gạc, băng rốn, găng tay và cá bỏ khô sẽ có thời gian chiếu xạ đưa ra trong bảng 4.

Bảng 3. Liều trung bình trong thùng hàng chiếu xạ, với hoạt độ nguồn 325 kCi

Mật độ (g/cm ³)	Liều trung bình, thời gian chiếu 3.4 giờ (KGy)	Suất liều trung bình (KGy/giờ)
0.1	6.657	1.96
0.125	6.412	1.89

0.15	6.274	1.85
0.2	5.856	1.72
0.3	5.166	1.52
0.4	4.636	1.36

Bảng 4. Thời gian chiếu xạ đối với một số sản phẩm

Sản phẩm	Mật độ g/cm ³	Liều yêu cầu Dmin kGy	Thời gian chiếu xạ cần thiết giờ
Cá bò khô	0.3	8.5	8.5
Gạc	0.1	18	14
Băng rón	0.15	22	18
Găng tay	0.2	25	22.3

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả tính toán phân bố liều trong không gian thùng hàng, hệ số bất đồng đều và suất liều trung bình cho thấy giá trị tính toán dùng code MCNP là rất phù hợp với thực nghiệm. Điều này cho phép chúng ta khẳng định khả năng sử dụng code MCNP trong tính toán liều là rất hữu hiệu. Từ hàm phân bố suất liều trung bình theo các mật độ khác nhau, cho phép các nhân viên vận hành dễ dàng xác định thời gian chiếu xạ cho từng loại sản phẩm theo các liều yêu cầu khác nhau.

CALCULATION OF ABSORBED DOSE AND DOSE DISTRIBUTION IN PRODUCTS IRRADIATED IN SVST-CO-60/B

Tran Van Hung⁽¹⁾, Mai Van Nhon⁽²⁾

(1) Research and Development Center for Radiation Technology

(2) University of Natural Sciences, VNU-HCM

ABSTRACT: Code MCNP 4C was used for the calculation of absorbed dose and dose distribution in productions irradiated in Irradiator SVST-Co-60/B in Ho Chi Minh City. The calculation configuration is similar with real one. The obtained calculated results showed that the use of MCNP code for the calculation of the dose distribution, average absorbed dose rate and overdose ratio inside box irradiated in SVST-CO-60/B Irradiator with different product densities is successful. The calculated values agree well with experimental ones.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Hướng dẫn vận hành máy chiếu xạ SVST-Co-60/B của Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ Tp. Hồ Chí Minh (VINAGAMMA).
- [2]. Judith F.Briesmeister Editor, *MCNP-a general monte carlo n-particle version 4b*, Issued: March (1997).
- [3]. Trần Khắc Ân và cộng sự, *Nghiên cứu phương án cải tiến thiết bị chiếu xạ SVST-Co-60/B nhằm nâng cao hiệu suất xử lý*, Báo cáo đề tài cấp cơ sở, Tháng 2, (2001).