

TÍNH TOÁN CHE CHẮN CHO PHÒNG XẠ TRỊ GAMMA DÙNG PHẦN MỀM MONTE CARLO CODE EGSNRC

**Calculation of radiation shielding for megavoltage
Gamma ray facility using Monte Carlo Code EGSnrc**

Nguyễn Văn Ngân, Nguyễn Thị Cẩm Tú**, Trần Văn Sóng***,
Quách Ngô Yến Phương*****

SUMMARY

This study applies the Monte Carlo simulation method EGSnrc Code with two dedicated codes: BEAMnrc code is used to simulate the beam emitted from the accelerator head and DOSXYZnrc code is used to calculate the dose emitted from the accelerator. From there, evaluate the beam attenuation of radiation emitted from the accelerator through the layers of shielding material. Initial study results showed that dose limited at staff area (area Control) is 0,11 mSv/ week (5,5 mSv / year) and in the public area (area Uncontrol) is 0,022 mSv/week (1,1 mSv/year). Initial research results show that the effectiveness of the application of the EGSnrc simulation program with two specialized codes, BEAMnrc and DOSXYZnrc, shows that the radiation dose in the study area for medical staff is safe, within the allowable limits.

Keywords: *Accelerator, Radiation Safety, MCNP, EGSnrc, DOSXYZnrc, and BEAMnrc.*

* Bệnh viện Nhân dân 115

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhằm thực hiện chương trình phòng chống ung thư quốc gia, nhiều Bệnh viện tại Việt Nam đang xúc tiến việc lắp đặt máy gia tốc cho xạ trị. Do suất liều cung cấp bởi các máy gia tốc là rất cao, khu vực xạ trị cần được kiểm tra, kiểm định (QA/QC) về liều bức xạ rò rỉ để bảo đảm an toàn bức xạ (ATBX) cho nhân viên y tế cũng như cho bệnh nhân và thân nhân bệnh nhân [1]. Phần mềm mô phỏng Monte Carlo đã và đang được triển khai thực hiện tại nhiều Bệnh viện và cơ sở khám chữa bệnh trong và ngoài nước [2]. Phần mềm này có thể xem như là một thiết bị để đối chiếu với kết quả đo liều hiện tại (máy đo liều Inspector). Phương pháp Monte Carlo tính phân bố liều bằng cách theo dõi lịch sử của một số lớn hạt khi chúng phát ra từ nguồn bức xạ và trải qua các tương tác trong môi trường bên trong và bên ngoài bệnh nhân cũng như bên trong và bên ngoài phòng máy gia tốc [2].

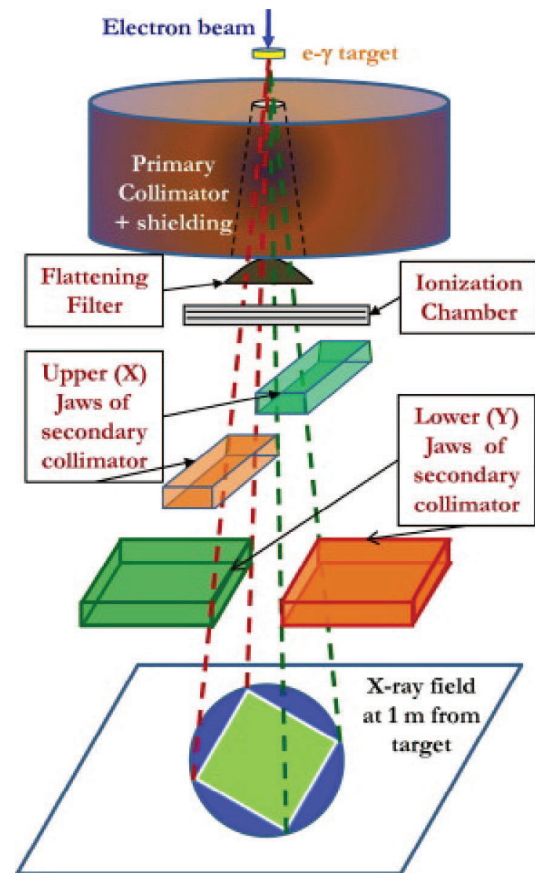
Năng lượng nhận được tại một vị trí trong môi trường sẽ được cộng lại và cho ra liều hấp thụ tại điểm đó [3]. Phương pháp này mô tả chính xác bản chất vật lý của từng tương tác vì nó xem xét riêng cho hình học của từng bộ phận trong máy gia tốc, bộ phận tạo chùm tia, bề mặt bệnh nhân và sự không đồng đều về mật độ, cho phép xử lý nhiều trường hợp tính liều phức tạp.

Nghiên cứu này áp dụng phương pháp mô phỏng Monte Carlo Mã EGSnrc với hai mã chuyên dụng: Mã BEAMnrc dùng để mô phỏng chùm tia phát ra từ đầu máy gia tốc [4] và mã DOSXYZnrc dùng để tính liều lượng phát ra từ máy gia tốc[1]. Từ đó, đánh giá sự suy giảm chùm tia của bức xạ phát ra từ máy gia tốc qua các lớp vật liệu che chắn.

II. ĐỐI TƯỢNG, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Khai báo đầu máy gia tốc

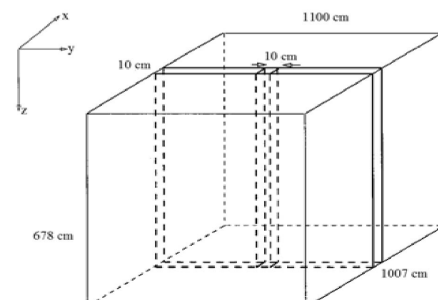
Máy gia tốc trong nghiên cứu này là máy gia tốc tuyến tính Primus, phát ra chùm photon năng lượng 6MV. Đầu phát tia của máy gia tốc gồm 09 bộ phận: Vỏ chân không, Bia, Bộ lọc, Bồng chân không, Gương phản chiếu, Bộ ngàm, Mica và Lớp cách nhiệt. Sử dụng mã BEAMnrc để khai báo các thành phần của đầu máy gia tốc, kết quả mô phỏng thu được như Hình 1[4].



Hình 1. Mô phỏng đầu máy gia tốc

2. Khai báo vùng tính liều (Phantom)

Phantom được sử dụng trong nghiên cứu là Phantom nước có thể tích 50x50x20 cm³ được đặt cách đầu máy gia tốc 100cm. Phòng xạ trị gia tốc có thể tích 1100x1007x678 cm³. Sử dụng mã DOSXYZnrc để khai báo các thành phần của Phantom nước, kết quả mô phỏng thu được như hình 2.



Hình 2. Kích thước phòng xạ trị dùng máy gia tốc

3. Khai báo vùng mô phỏng DOSXYZnrc:

Trong quá trình chạy BEAMnrc kết quả là một hay nhiều file không gian pha (phase-space file). Một file không gian pha là cách biểu diễn dữ liệu về một số lớn hạt, mỗi hạt gắn với vài thông số như vị trí, hướng của chuyển động, năng lượng và các thông số khác. Mặt phẳng chứa file không gian pha phải ở trong một module. Dữ liệu file không gian pha có thể được sử dụng một cách trực tiếp như nguồn hạt cho quá trình mô phỏng tiếp theo sau đó, hoặc được phân tích để thu phổ năng lượng hoặc profile thông lượng.

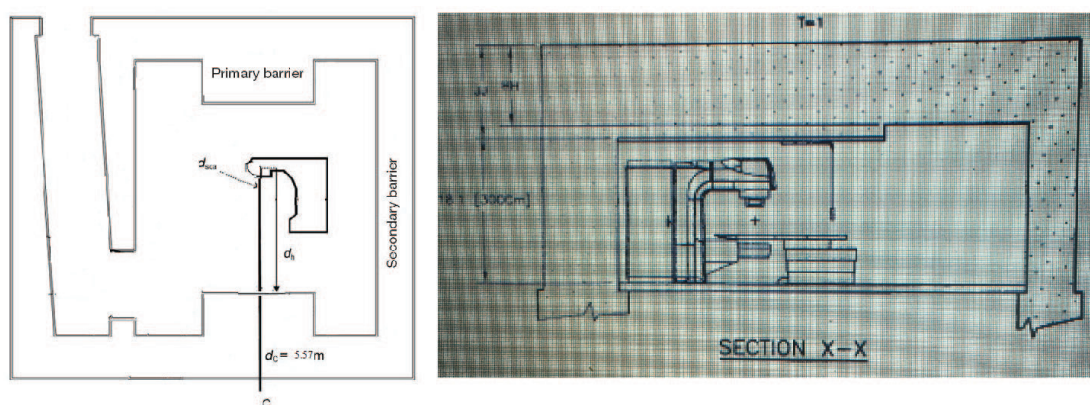
Vùng tính liều được ghi nhận theo trục x: $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$.

Số đếm lịch sử mô phỏng: 24×10^8 số đếm.

Nguồn sử dụng trong nghiên cứu: Nguồn 02 (Nguồn 02 là nguồn sử dụng file không gian pha thu được từ BEAMnrc).

4. Tính phân bố liều trong phantom (phòng máy gia tốc) theo NCRP 151

Bài toán đặt ra, tính liều sơ cấp và thứ cấp tại vị trí C trên hình 3 cho phòng máy gia tốc với các điều kiện làm việc cụ thể như bên dưới.



Hình 3. Sơ đồ vị trí tính liều bên ngoài phòng máy gia tốc

a) Điều kiện làm việc và dữ liệu tính toán

Liều giới hạn được phép (P) trong vùng kiểm soát: 0,1 mSv/tuần (5 mSv/năm) và trong vùng không kiểm soát 0,02 mSv/tuần (1 mSv/năm).

Liều tương đương cực đại trong 1 giờ: 0,02 mSv (20 μ Sv)

Số lượng bệnh nhân trong ngày: 100 người

Liều chiếu cho mỗi bệnh nhân: 2 Gy

Máy gia tốc làm việc 8 giờ/ngày và 5 ngày/tuần

Máy gia tốc phát chùm photon 6MV

Khoảng cách từ nguồn đến Isocenter: 100 cm

$d_c = 5,75 \text{ m}$: khoảng cách từ isocenter đến điểm bên ngoài tường che chắn cách tường 0.3 m.

$d_{pri} = 6,75 \text{ m}$: khoảng cách từ nguồn đến điểm bên ngoài tường che chắn cách tường 0,3 m.

$W (6 \text{ MV}) = (100 \text{ bệnh nhân/ngày}) \times (2 \text{ Gy/bệnh nhân}) \times (5 \text{ ngày/tuần}) = 1000 \text{ Gy/tuần}$

$U = 0,25$

$T = 0,025$

Vật liệu được sử dụng để khai báo cho các voxel trong phantom bao gồm: Không khí (AIR700ICRU), bê tông (Concrete) và nước (H2O700ICRU). Mật độ của không khí và nước có sẵn trong bộ dữ liệu PEGS. Đối với bê tông được sử dụng trong mô phỏng là bê tông nặng có mật độ $3,2 \text{ g/cm}^3$ và được thêm vào bộ dữ liệu PEGS thông qua egs_gui [...]

b) Mô hình hoá đầu máy gia tốc dùng BEAMnrc

Các CM được sử dụng để mô tả các thành phần đầu máy gia tốc Primus HPD ở Bệnh viện Chợ Rẫy bao gồm: SLABS, FLATFILT, CHAMBER, MIRROR và JAWS. Cụ thể.

- **Cửa sổ ra khỏi ống chân không (vacuum envelope):** Bao gồm 2 lớp Titanium (Ti) dày 0,005 cm và một lớp nước dày 0,066 cm ở giữa. Cửa sổ thoát chân không có vị trí bắt đầu tại -0,424 cm. Được khai báo là CM: SLABS.

- **Bia (target):** Bia gồm 8 lớp theo thứ tự Air 0,112 cm, Tungsten (W) 0,064 cm, Nicoro 0,015 cm, Copper (Cu) 0,165 cm, Nicoro 0,005 cm, Stainless Steel 0,102 cm, Graphite 1,016 cm, Stainless Steel 0,004 cm. CM: FLATFILT. Khoảng cách từ bia đến bề mặt phantom nước là 100 cm.

- **Bộ lọc (flattening filter):** Có cấu trúc phức tạp dành riêng cho từng mức năng lượng 15 MV và 6 MV. CM: FLATFILT

- **Buồng đo (chamber):** Bao gồm 3 lớp Ceramic (Al₂O₃) 0,152 cm xen kẽ với 2 lớp Nitrogen (N₂) 0,184 cm. CM: CHAMBER

- **Gương (mirror):** Cấu tạo bởi SiO₂ 0,209 cm. CM: MIRROR

- **JAWY:** Là 2 tấm làm bằng Tungsten, độ mở theo trục y thay đổi được để tạo kích thước trường 40x40 cm² trên bề mặt Phantom, dày 7,620 cm. CM: JAWS

- **JAWX:** Là 2 tấm làm bằng Tungsten, độ mở theo trục x thay đổi được để tạo kích thước trường 10x10 cm² trên bề mặt Phantom, dày 7,620 cm. CM: JAWS

- **Tấm mica:** (RECTICLE tray) làm bằng Mica dày 0,663 cm. CM: SLABS

- **Lớp không khí:** dày 56,805 cm. CM: SLABS

c) Nguồn sử dụng trong BEAMnrc

Nguồn được sử dụng là nguồn song song với trục Z đến từ mặt trước của Bia (nguồn số 0) trong thư viện của BEAM.

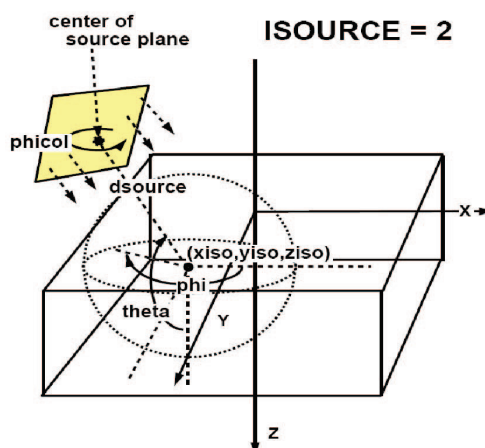
Nguồn được lựa chọn mô phỏng để phát chùm photon có mức năng lượng 6 MV là nguồn electron có phổ năng lượng từ 0,7 MeV đến 7 MeV và tương ứng với xác suất phát hạt như bảng 1.

Bảng 1: Khoảng năng lượng và xác suất tương ứng với photon 6MV

Khoảng năng lượng (MeV)	Xác suất	Khoảng năng lượng (MeV)	Xác suất
0,7 – 4,0	1,31E-11	5,75 – 6,0	2,98E-01
4,0 – 5,0	4,29E-04	6,0 – 6,25	2,98E-01
5,0 – 5,25	5,80E-03	6,25 – 6,5	1,55E-01
5,25 – 5,50	4,16E-02	6,5 – 6,75	4,16E-02
5,50 – 5,75	1,5E-01	6,75 – 7,0	5,08E-03

5. Nguồn và các thông số vận chuyển

Nguồn được dùng trong mô phỏng là nguồn 2 trong thư viện của DOSXYZnrc. Nguồn 2 dùng file không gian pha PHANTOM_6MV.egspsph1 tạo ra từ quá trình chạy BEAMnrc. Nguồn tới từ trái sang phải theo phương x và nằm trên mặt phantom. Với Theta là góc hợp bởi hướng chiếu của chùm tia với chiều dương trục z, phi là góc hợp bởi chiều dương trục x và hình chiếu của mặt phẳng x-y lên bề mặt phantom. Để hệ tọa độ trong BEAMnrc và DOSXYZnrc tương thích ta đặt phicol = 180.



Hình 4. Tọa độ File không gian pha đến từ nguồn 2

6. Kết quả tính toán theo NCRP 151

a. Liều bên ngoài tường sơ cấp (H_{pri})

$$B_{pri} = \frac{P * d_{pri}^2}{WUT} = \frac{(20 \times 10^{-6})(5,75 + 1)^2}{(1000)(0,25)(0,025)} = 1,46 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} n &= -\log(B_{pri}) \\ &= -\log(1,46 \times 10^{-4}) \\ &= 3,84 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{pri} &= TVL_1 + (n - 1) \times TVL_e \\ &= 24 + (3,84 - 1) \times 20 \\ &\approx 81 (cm) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= (10^{-1}) 10^{\left[\frac{(t - TVL_1)}{TVL_e} \right]} \\ &= (10^{-1}) 10^{\left[\frac{(81 - 24)}{20} \right]} \\ &= 1,46 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{pri} &= B_{pri} WUT (1 + d_c)^{-2} \\ &= 1,46 \times 10^{-4} \times 1000 \times 0,25 \times 0,025 \times (1 + 5,75)^{-2} \\ &= 20 \times 10^{-6} (Sv / tuan) \\ &= 20 (\mu Sv / tuan) \\ &= 1000 (\mu Sv / nam) \\ &= 1 (mSv / nam) \end{aligned}$$

b. Liều bên ngoài tường thứ cấp (H_{sec})

- Bước xạ tán xạ từ bệnh nhân tại vị trí C (H_{sca})

$$\begin{aligned} t_{sca} &= t_{pri} + 2 \times HVL \\ &= t_{pri} + 2 \times 0,301 \times TVL_e \\ &= 81 + 2 \times 0,301 \times 20 \\ &= 93,04 (cm) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{sca} &= 10^{\left(\frac{t_{sca}}{TVL_{sca}} \right)} \\ &= 10^{\left(\frac{93,04}{29} \right)} \\ &= 6,2 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{sca} &= B_{sca} \times \alpha \times F \times \frac{1}{400} \times W \times U \times T \times (d_c)^{-2} \times (d_{sca})^{-2} \\
 &= 6,2 \times 10^{-4} \times (8,24 \times 10^{-4}) \times (40 \times 40) \times \frac{1}{400} \times 1000 \times 0,25 \times 0,025 \times (5,75)^{-2} \times (1)^{-2} \\
 &= 3,86 \times 10^{-7} \text{ (Sv / tuan)} \\
 &= 0,386 \text{ (}\mu\text{Sv / tuan)}
 \end{aligned}$$

- Bức xạ rò rỉ tại vị trí C (H_L)

$$P = 20 \times 10^{-6} \text{ Sv/tuần}$$

$$t_{sca}(C) = 93,04 \text{ cm}$$

$$d_L = 5,75 \text{ m}$$

$$W(6 \text{ MV}) = 1000 \text{ Gy/tuần}$$

$$T = 1/40 = 0,025$$

$$TVL_{L1}(6 \text{ MV}) = 18 \text{ cm và } TVL_e = 16 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 H_L(6 \text{ MV}) &= B_L \times 10^{-3} \times W \times T \times (d_L)^{-2} \\
 &= 10^{\left\{1 + \left[\frac{t_{sca} - TVL_{L1}}{TVL_e} \right] \right\}} \times 10^{-3} \times W \times T \times (d_L)^{-2} \\
 &= 10^{\left\{1 + \left[\frac{93,04 - 18}{16} \right] \right\}} \times 10^{-3} \times 1000 \times 0,025 \times (5,75)^{-2} \\
 &= 1,54 \times 10^{-9} \text{ (Sv / tuan)} \\
 &= 1,54 \times 10^{-3} \text{ (}\mu\text{Sv / tuan)}
 \end{aligned}$$

- Tổng bức xạ thứ cấp bên ngoài phòng máy gia tốc

$$\begin{aligned}
 H_{sec} &= H_{sca} + H_L \\
 &= 0,386 + 1,54 \times 10^{-3} \\
 &= 0,388 \text{ (}\mu\text{Sv / tuan)}
 \end{aligned}$$

c. Tổng liều bức xạ bên ngoài phòng máy gia tốc

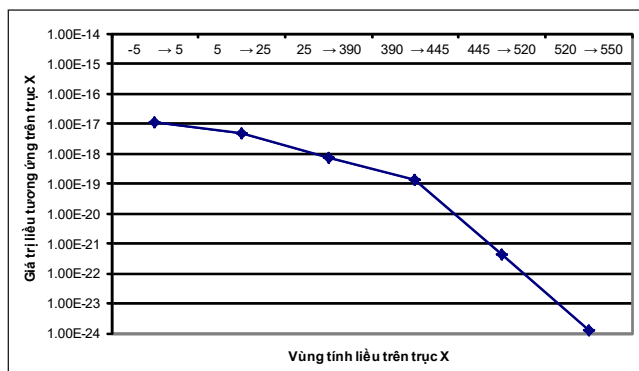
$$\begin{aligned}
 H &= H_{pri} + H_{sec} \\
 &= 20 + 0,388 \\
 &= 20,388 \text{ (}\mu\text{Sv / tuan)}
 \end{aligned}$$

IV. KẾT QUẢ MÔ PHÒNG

1. Kết quả tính liều tại khu vực nhân viên

Bảng 2. Liều tại khu vực nhân viên

Vị trí (cm)	Giá trị liều (Gy)	Sai số
-5 → 5	1,096E-17	0,00%
5 → 25	4,93E-18	0,00%
25 → 390	754E-19	0,10%
390 → 445	1,37E-19	0,00%
445 → 520	4,45E-22	0,40%
520 → 550	1,23E-24	59,60%



Hình 5. Liều mô phỏng theo Bảng 1

Kết quả tính liều bức xạ từ Bảng 1:

$$D_{Staff} = \frac{1,230 \times 10^{-24}}{1,096 \times 10^{-17}} \times 1000$$

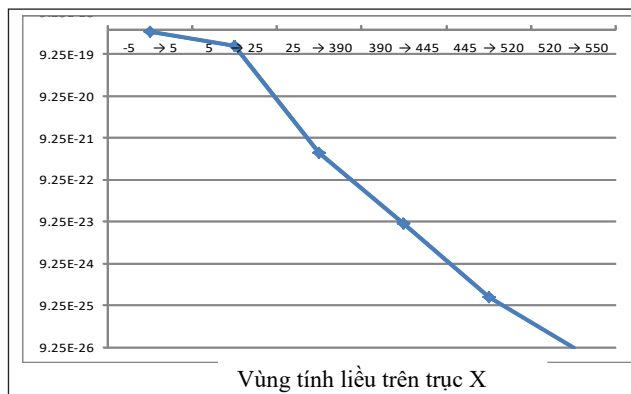
$$= 0,11 \times 10^{-03} (Gy/week)$$

$$= 0,11 (mSv/week)$$

2. Kết quả tính liều tại khu vực công chúng

Bảng 3. Liều tại khu vực công chúng

Vị trí (cm)	Giá trị liều (Gy)	Sai số
-5 → 5	3,97E-18	0,0%
5 → 25	1,43E-18	0,0%
25 → 390	4,05E-21	1,0%
390 → 445	8,41E-23	0,6%
445 → 520	1,44E-24	3,0%
520 → 550	9,05E-26	58,0%



Hình 6. Liều mô phỏng theo Bảng 2

Kết quả tính liều bức xạ từ Bảng 2:

$$D_{Public} = \frac{D_{Out}}{D_{In}} \times 1000$$

$$= \frac{9,05 \times 10^{-26}}{3,97 \times 10^{-18}} \times 1000$$

$$= 2,2 \times 10^{-05} (Gy/week)$$

$$= 0,022 (mSv/week)$$

$$= 1,1 \times 10^{-05} (mSv/year)$$

Thông qua cơ sở lý thuyết từ NCRP 151 và thực tiễn tại phòng máy gia tốc-Bệnh viện Nhân dân 115. Nghiên cứu tính toán che chắn ATBX cho phòng máy gia tốc qua hai phương pháp. Dựa vào cơ sở lý thuyết NCRP 151 dựa vào mô phỏng Monte Carlo Code EGSnrc và kết quả tính được so sánh với kết quả đo tại Bệnh viện Nhân dân 115. Để tiến hành tính toán, tác giả và cộng sự tiến hành tìm hiểu những yếu tố chủ yếu trong tính toán che chắn bao gồm suất liều, tần suất phát tia, số lượng bệnh nhân, các góc chiếu trung bình, thời gian lưu trú của nhân viên hay công chúng tại cơ sở, bố trí hình học của khu vực lân cận,...Đặc biệt là bố trí hình học của phòng máy gia tốc. Các điều kiện tính toán theo NCRP 151 và theo mô phỏng Monte Carlo hoàn toàn như nhau trong trường hợp đo thực tế tại bệnh viện Nhân dân 115. Cụ thể, trong bảng.

Bảng 4. Các điều kiện áp dụng trong tính toán và mô phỏng

Điều kiện tính toán & mô phỏng	Giá trị/đơn vị
Liều giới hạn được phép (P) trong vùng kiểm soát	0.1 mSv/tuần (5 mSv/năm)
Liều giới hạn được phép (P) trong vùng không kiểm soát	0.02 mSv/tuần (1 mSv/năm)
Liều tương đương cực đại trong 1 giờ	0.02 mSv (20 μSv)
Số lượng bệnh nhân trong ngày	100 người
Liều chiếu cho mỗi bệnh nhân	2 Gy
Thời gian làm việc của máy gia tốc	8 giờ/ngày và 5 ngày/tuần
Khoảng cách từ nguồn đến Isocenter	100 cm
Máy gia tốc phát chùm photon có năng lượng	6 MV
Khoảng cách từ isocenter đến điểm bên ngoài tường che chắn cách tường 0.3 m	$d_c = 5.75$ m
Khoảng cách từ nguồn đến điểm bên ngoài tường che chắn cách tường 0.3 m.	$d_{pri} = 6.75$ m
Workload	1000
Use factor	0.25
Occupancy factor	0.025

Đề tiên hành mô phỏng: chúng tôi tiến hành tìm hiểu chương trình mô phỏng Monte Carlo code EGSnrc. Đặc biệt là hai user code: BEAMnrc-mô phỏng chùm tia phát ra từ máy gia tốc và DOSXYZnrc- tính toán phân bố liều khi chùm tia truyền qua các lớp che chắn với bê dày và mật độ khác nhau. Cấu trúc hình học của phòng máy gia tốc bao gồm một phantom nước đặt giữa phòng máy và toàn bộ thể tích của phòng máy. Sau khi xác định mảng giá trị liều ghi nhận theo phương ngang (trục x) tại độ sâu 10 cm. Chúng tôi tiến hành lập tỉ số giữa giá trị liều ghi nhận bên ngoài phòng máy và bên trong phatom nước để kiểm định tính an toàn cho phòng máy gia tốc.

Kết quả tính liều (liều sơ cấp và liều thứ cấp) bên ngoài phòng máy gia tốc, tại điểm cách tường 0.3m theo NCRP 151 là $H = 20,388(\mu Sv / tuan)$ và kết quả mô phỏng theo Monte Carlo Code EGSnrc trong phantom nước 50x50x20 cm³ đặt ở giữa phòng máy gia tốc là 1,787E-18 (Gy) và ở bên ngoài phòng máy gia tốc tại điểm cách tường 0.3m là 1,266E-24 (Gy).

$$\text{Khi đó: } D = \frac{1,266 \times 10^{-24}}{1,787 \times 10^{-18}} = 0,7 \times 10^{-6}$$

3. So sánh kết quả mô phỏng và kết quả đo liều thực tế tại Bệnh viện Nhân dân 115

CODE Khu vực	EGSnrc	Thông tư 19/2012/TT- BKHCN
Công chúng	1,1 (mSv/year)	1 (mSv/year)
Nhân viên	5,5 (mSv/year)	6 (mSv/year)

V. BÀN LUẬN

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã ứng dụng thành công chương trình mô phỏng EGSnrc với hai mã chuyên dụng là BEAMnrc và DOSXYZnrc với kết quả bước đầu nghiên cứu cho thấy liều giới hạn ở khu vực nhân viên là 0,11 mSv/tuần (5,5 mSv/năm) và ở khu vực công chúng là 0,022 mSv/tuần (1,1 mSv/năm).

Kết quả này thấp hơn 8,3% ở khu vực nhân viên và ở khu vực công chúng là 10% so với quy định của IAEA [3], ICRP [2] và Thông tư số 19/TT-BKHCN ngày 8 tháng 11 năm 2012 của Bộ trưởng Bộ Khoa học và Công nghệ quy định về “Liều lượng quyết định giới hạn cho phép hàng năm đối với từng đối tượng” [5].

Liều bức xạ tại khu vực công cộng của trường hợp mô phỏng cao hơn 10% so với kết quả thực tế tại Bệnh viện Nhân dân 115, được giải thích như sau: Sự hiện diện của rò rỉ bức xạ; Bức xạ phân tán từ bệnh nhân, góc độ, hướng của máy chiếu slide.

VI. KẾT LUẬN

Qua kết quả mô phỏng và tính toán, chúng tôi nhận thấy rằng các kết quả hoàn toàn phù hợp với giá trị đo

thực tế tại Bệnh viện Nhân dân 115. Và EGSnrc là một Code có năng lực trong mô phỏng vận chuyển bức xạ.

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng hiệu quả của việc ứng dụng chương trình mô phỏng EGSnrc với hai mã chuyên dụng là BEAMnrc và DOSXYZnrc, kết quả liều bức xạ trong khu vực nghiên cứu đối với nhân viên là an toàn, nằm trong giới hạn cho phép.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Mayles P., Nahum A., Rosenwald J.C. (2007), *Handbook of radiotherapy physics*, Taylor & Francis.
2. National Council on Radiation Protection and Measurements (2005), "Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X and Gamma Ray Radiotherapy Facilities", *NCRP Report No. 151*, NCRP.
3. Podgorsak E.B. (2005), *Radiation oncology physics: A handbook for teachers and students*, IAEA.
4. Rogers D.W.O., Walters B., and Kawrakow I. (2002), "BEAMnrc Users Manual", *National Research Council of Canada Report PIRS-0509a*, Ottawa.
5. Thông tư số 19/2012/TT-BKHCN ngày 08 tháng 11 năm 2012, Bộ Khoa học Công nghệ Quy định về kiểm soát và bảo đảm an toàn bức xạ trong chiếu xạ nghề nghiệp và chiếu xạ công chúng.

TÓM TẮT

Nghiên cứu này áp dụng phương pháp mô phỏng Monte Carlo Mã EGSnrc với hai mã chuyên dụng: mã BEAMnrc được sử dụng để mô phỏng chùm tia phát ra từ đầu máy gia tốc và mã DOSXYZnrc được sử dụng để tính toán liều lượng phát ra từ máy gia tốc. Từ đó, đánh giá sự suy giảm chùm tia của bức xạ phát ra từ máy gia tốc qua các lớp vật liệu che chắn. Kết quả nghiên cứu ban đầu cho thấy liều giới hạn ở khu vực nhân viên (khu vực Kiểm soát) là 0,11 mSv / tuần (5,5 mSv / năm) và ở khu vực công cộng (khu vực Không kiểm soát) là 0,022 mSv / tuần (1,1 mSv / năm). Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy hiệu quả của việc ứng dụng chương trình mô phỏng EGSnrc với hai mã chuyên dụng là BEAMnrc và DOSXYZnrc, kết quả liều bức xạ trong khu vực nghiên cứu đối với nhân viên y tế là an toàn, nằm trong giới hạn cho phép.

Từ khóa: Máy gia tốc, An toàn bức xạ, MCNP, EGSnrc, DOSXYZnrc và BEAMnrc.

Người liên hệ: Nguyễn Văn Ngân. Email: vinhnguyenbvnhandan115@gmail.com

Ngày nhận bài: 6/10/2022. Ngày gửi phản biện: 7/10/2022

Ngày nhận phản biện: 14/10/2022. Ngày chấp nhận đăng: 1/2/2023