



Sci. and Tech. note

یادداشت علمی و فنی

توسعه دامنه کاربرد دستگاه گاماسل PX-30 برای پرتودهی در دزهای پائین تر

هادی فتح الهی*، حسین اهری مصطفوی، فرامرز مجد

مرکز تحقیقات کشاورزی و پزشکی هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۴۹۸-۳۱۴۸۵، کرج - ایران

واژه‌های کلیدی: تابش گاما، نرخ دز، کبالت ۶۰، پرتودهی، توزیع دز تابش، تضعیف کننده، دزیمتر فریک

Investigation for Possibility of Extension of Irradiation Domain for Issledovatelj Gamma-Cell Facility to lower Doses

H. Fathollahi*, H. Ahari Mostafavi, F. Majd

Nuclear Research Center for Agriculture and Medicine, AEOI, P.O. Box: 31485-498, Karaj - Iran

Abstract: The gamma cell PX-30 irradiation facility has been equipped with the ^{60}Co radioactive sources having an activity of 4 kCi and the dose-rate of 0.675 Gy/sec. The system is used for irradiation of different samples for the purpose of research activities. In this experiment the possibility of extending the range of applications of the system with the use of design and construction of attenuators, made of lead for reducing the dose-rate in the irradiation chamber has been investigated. With the use of Fricke reference dosimeters, the range of dose-rate irradiation distribution along with the dose-rate at different points of the irradiation reference for the new volume has been determined. Our data analyses indicating that by considering the loading capability of electromechanical system designed for handling the lead attenuators, we can reduce the required dose-rate in air to the half value of its initial rate to be applied for irradiation of different samples in a given volume.

Keywords: gamma radiation, dose-rate, Cobalt 60, irradiation, radiation dose distribution, attenuator, fricke dosimeter

*email : hadifathollahi@yahoo.co.in

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۲/۱۲/۱۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۲/۲/۱

۱- مقدمه

در دستگاه پرتو دهی GC-PX-30 امکان پرتو دهی نمونه های آزمایشگاهی در دُزهای بالا با رادیوایزوتوپ کبالت-۶۰ فراهم شده است. نمونه هایی که باید پرتو دهی شوند، درون اتاقک استوانه ای، که بازوی متحرک دارد، قرار می گیرند. این اتاقک گنجایش نمونه هایی به ارتفاع ۲۰ cm و به قطر ۱۳ cm را دارد. برای تکمیل هر نوع دستگاه پرتو دهی، در نظر گرفتن امکان توسعه دامنه کاربرد آن ممکن است مفید واقع شود. در بررسی هایی که درباره این دستگاه گاماسل به عمل آمد، امکان افزایش کارایی آن برای پرتو دهی در دُزهای پائین تر لازم به نظر رسید، برای این منظور، با توجه به توان الکترومکانیکی دستگاه، به طراحی و ساخت حفاظ های سربی به عنوان تضعیف کننده شدت دُز تابشی، پرداخته شد و کاستن آهنگ دُز حاصل با استفاده از سیستم دُزیمتری فریک مورد ارزیابی قرار گرفت.

در این روش با در نظر گرفتن توان مکانیکی دستگاه برای تحمل وزن اضافی ناشی از قرار دادن تضعیف کننده سربی در اتاقک پرتو دهی به منظور کاستن میزان دُز، تنها به دو ضخامت در دو حجم مختلف حفاظ بسنده شد. هندسه چشمه رادیوآکتیو به صورت میله ای نازک، که با تقریب بسیار خوبی می توان آن را به عنوان چشمه پرتو دهی خطی محدود متشکل از بینهایت چشمه نقطه ای فرض کرد، در نظر گرفته شده است. ضخامت سرب لازم برای حفاظ از رابطه (۱) حساب شده است [۱ و ۲ و ۳].

$$\check{D} = B \check{D}_0 \times \exp(-\mu d) \quad (1)$$

با قرار دادن مقادیر «ضریب تولید و انباشت»^(۱) B بر حسب طول و اهلش^(۲) برای سرب و مقدار دُز بدون حضور تضعیف کننده سربی، مقدار کاهندگی شدت دُز در حضور تضعیف کننده سربی بدست خواهد آمد. ضخامت های d به کار رفته به ترتیب دارای ابعاد (h = ۸ cm و R = ۴/۳ cm) و (h = ۱۵ cm و R = ۵ cm) می باشند. با قرار دادن اعداد مورد نظر در رابطه (۱) داریم:

$$\check{D} / \check{D}_0 = 0.7062 \quad \text{برای ضخامت } 8 \text{ mm}$$

$$\check{D} / \check{D}_0 = 0.5194 \quad \text{برای ضخامت } 14 \text{ mm}$$

که با در نظر گرفتن این دو ضخامت می توان نرخ دُز را در اتاقک پرتو دهی بر حسب توان و تحمل دستگاه پرتو دهی، تا حدود ۵۲٪ مقدار اولیه خود از لحاظ تئوری کاهش داد.

۲- مواد و روش آزمایش

مراحل انجام آزمایش به قرار زیر است:

۱-۱ آماده سازی اولیه

پیش از تهیه هر گونه محلول، باید نکاتی چون برقراری شرایط تعادل الکترونی در حجم دُزیمتر، سنجه بندی (کالیبراسیون) جذب اپتیکی دستگاه طیف سنج نوری، شستشوی دقیق ظروف آزمایشگاهی و ویال های دُزیمتری لحاظ شوند [۴ و ۵]. به منظور برقراری تعادل الکترونی روی حجم دُزیمتر با در نظر گرفتن اینکه این تعادل پس از طی برد پرنرژتری ترین الکترون کامپتون برقرار خواهد شد، با عدد گذاری در روابط زیر [۲]:

$$E_e = E - \dot{E} = \frac{E(1 - \cos \theta)}{m.C} \quad (2)$$

$$1 + \frac{E(1 - \cos \theta)}{m.C}$$

$$\ln E_e (Max) = 6.63 - 3.2376(10.2146 - \ln R)^{1/2} \quad (3)$$

مقدار بُرد الکترون کامپتون را بدست آورده و پس از آن غلاف های استوانه ای شکل از جنس پلکسی گلاس، به ضخامت ۳/۵ میلی متر تراشیده شدند. همچنین برای سنجه بندی دستگاه اسپکتروفوتومتر در مورد جذب اپتیکی، از روش استاندارد شیمیائی دی کرومات پتاسیوم در طول موج های مختلف استفاده شد [۶]. برای شستشوی ظروف آزمایشگاهی، ابتدا با آب مقطر سه بار تقطیر شده به شستشوی کامل آنها پرداخته ایم و پس از خشک شدن آنها را به مدت ۸ ساعت در دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده ایم. در نهایت بر اساس استاندارد دُزیمتری ASTM به شماره E1026، ساخت محلول دُزیمتری فریک انجام پذیرفت. محلول ساخته شده را درون ویال های شیشه ای انتقال داده و در آنها را به وسیله شعله دستگاه جوش اکسیژن مسدود کرده ایم [۵ و ۷].

۲-۲ تعیین میزان دُز و نقاط غایی

برای تعیین نرخ دُز در نقطه مرجع اتاقک پرتو دهی، آمپول های دُزیمتری فریک را در غلاف پلکسی گلاس قرار داده و در وسط اتاقک یعنی در ارتفاع ۱۲ cm از کف و در مرکز مقطع دایره ای شکل اتاقک استوانه ای گذاشته و مورد پرتو دهی قرار داده ایم.



- در مورد تضعیف کننده سربی با ضخامت ۸ mm، نرخ دُز در نقطه مرجع برابر 0.023 ± 0.005 Gy/sec (درصد خطا ۱/۰۵٪) و دُز انتقالی برابر $7/023$ Gy/sec بدست آمد، این مقدار تضعیفی حدود ۲۳ درصد در بر خواهد داشت، یعنی:

$$[dD/dt]_{(8\text{ mm})} = 0.769 [dD/dt]_{(Air)}$$

- در مورد تضعیف کننده سربی با ضخامت ۱۴ mm، نرخ دُز در نقطه مرجع برابر 0.360 ± 0.003 Gy/sec (با درصد خطایی برابر ۰/۷۷٪) و دُز انتقالی نیز برابر $6/967$ Gy بدست آمد، این مقدار تضعیفی حدود ۴۷ درصد را در بردارد، یعنی:

$$[dD/dt]_{(14\text{ mm})} = 0.529 [dD/dt]_{(Air)}$$

مقادیر تضعیف فوق با آنچه که از محاسبات تئوری بدست می آید مطابقت دارد.

با توجه به نتایج حاصل، بدینوسیله می توان با استفاده از حفاظهای پیش گفته در حجم مورد نظر تا حدود نصف مقدار اولیه نرخ دُز در هوا به نمونه های تحقیقاتی پرتو داد و حداقل دُز جذبی را با احتساب دُز انتقالی تا حدود ۸ Gy پائین آورد.

- تعیین نقاط غایی در حضور تضعیف کننده سربی

با در دست داشتن ساختار بکارگیری داده های بدست آمده از نتایج آزمایش، نکات زیر برای پراکندگی دُز با حضور حفاظ سربی بدست می آید:

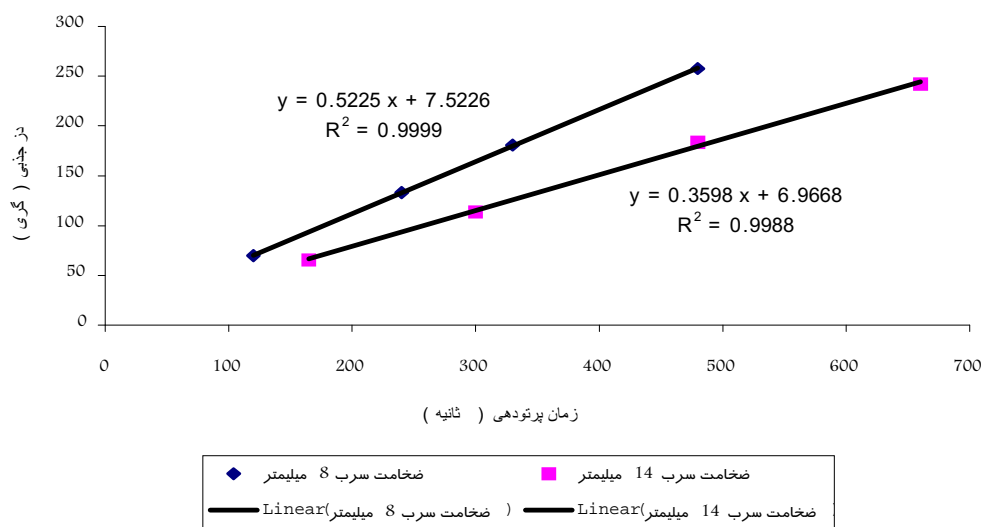
برای هر حفاظ سربی ۱۵ و ۱۰ و ۵ و ۳ (۳ و ۲ و ۱ و ۰) به ترتیب در زمانهای ۰، ۱۲۰، ۲۴۰، ۳۳۰ و ۴۸۰ ثانیه برای ضخامت اول و ۰، ۱۶۵، ۳۰۰، ۴۸۰ و ۶۶۰ ثانیه برای ضخامت دوم پرتو دهی شدند. متوسط دما در هنگام پرتو دهی و پس از آن برابر 0.5 ± 21.0 درجه سانتی گراد بود. با استفاده از یک صفحه مقوا که بر روی آن دُزیمترها در نقاط مختلف چسبانده شده بودند، نقاط غایی و توزیع دُز محوری در منطقه مورد نظر اندازه گیری شد [۸]. مدت پرتو دهی و دمای متوسط به ترتیب برابر ۳۶۰ ثانیه و 0.5 ± 21.0 درجه سانتی گراد بود.

۳- یافته ها

با تجزیه و تحلیل دُزیمترهای فریک به وسیله اسپکتروفوتومتر و اعمال ضریب های دمایی و ثابت بر آن، میزان دُز جذبی محلول دُزیمتری در مدت پرتو دهی آن بدست آمد. نمودار سنجه بندی حاصل از یافته ها در دستگاه پرتو دهی گاما در حضور تضعیف کننده های سربی در شکل ۱ نشان داده شده است.

۴- بحث و نتیجه گیری

- تعیین میزان دُز و دُز انتقالی با تضعیف کننده های سربی با تجزیه و تحلیل دُزیمترهای فریک و استفاده از روش کمترین مربعات و پردازش به خط راست، این نتایج بدست آمد (شکل ۱):



شکل ۱- نمودار سنجه بندی دستگاه گاماسل در حضور تضعیف کننده سربی در دو ضخامت به وسیله دُزیمتر فریک

پی‌نوشت‌ها :

- ۱- Build-up Factor
- ۲- Attenuation Length

References :

1. D. J. Bennet, J. R. Thomson, "The Elements of Nuclear Power", Third Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York (1989).
2. H. Cember, Introduction to Health Physics, Pergamon Press, Oxford, U. K. (1983).
3. H. Goldstein, "Fundamental aspects of reactor shielding," Addison-Wesley Publishing Co. (1959).
4. A. Kovacs, "Role of dosimetry, methods for calibration, traceability, uncertainties," AFRA workshop on procedures and modalities for the implementation of ISO Codes 17-21 Nov. 1997, Accra, Ghana (1997).
5. "ASTM Dosimetry Standard for Radiation Processing", The 3rd International Workshop on Dosimetry for Radiation Processing, 1-6 Oct. 1995, in Ste- Adele, Quebec, Canada, Reprinted from the Annual Book of ASTM Standards (1995).
6. "Manual of food irradiation dosimetry," Technical reports series No. 178, IAEA, Vienna (1977).
7. G. Cserep, P. Fejes, G. Foldiak, "Chemical dosimetry," Institute of Isotopes of the Hungarian Academi of Sciences, Hungary (1971).
8. M.C. Cavaco, J.C. Almeida, M.E. Andade, A. Kovas, "Dosimetry commisioning for an industrial Co-60 gamma-radiation facility," Appl. Radiat. Isot. Vol. 42, No. 42, No. 12, 1185-1188 (1991).

- توزیع دُز با حضور حفاظ در راستای شعاعی از مرکز به سمت بیرون رو به کاهش است (بر خلاف نتایج توزیع دُز بدون حضور حفاظ). زیرا با استفاده از حفاظ سربی، آن دسته از پرتوهای ساطع شده از چشمه که به صورت مایل در حرکت هستند با نزدیک شدن به دیواره حفاظ در حین برخورد به آن به شدت تضعیف شده و عملاً از رسیدن به کناره‌های داخلی آن باز می‌مانند. همین آفت شدید رسیدن پرتوها به جداره‌های داخلی دیواره سربی باعث کاهش میزان دُز در راستای شعاعی از مرکز به سمت دیواره خواهد شد. برعکس در حالتی که تضعیف‌کننده وجود ندارد این پرتوها به حاشیه‌های کناری می‌رسند و در نتیجه قسمت‌های نزدیکتر به کناره‌های میدان، پرتوهای بیشتری دریافت کرده و نرخ دُز بالاتری خواهند داشت. به همین جهت مرکز اتاقک که بدون وجود حفاظ دارای مقدار دُز کمتری بود، در این حالت به نقطه‌ای که بیشینه مقدار دُز را دارد تبدیل می‌شود.

- توزیع دُز در حجم اتاقک پرتودهی مورد نظر از بالا به پائین در راستای محور افزایش می‌یابد. با در نظر گرفتن نقطه میانی به عنوان نقطه مرجع و دادن ضریب یک به آن داریم:

$$[D_{Max} / D_{min}]_{(8 \text{ mm})} = 1/0.7 / 0/8 = 1/3.4$$

$$[D_{Max} / D_{min}]_{(14 \text{ mm})} = 1/3 / 0/84 = 1/6.7$$

چون سطح مقطع مؤثر اتاقک پرتودهی برای حفاظ ۸ mm کوچک‌تر از سطح مقطع آن برای حفاظ ۱۴ mm و ارتفاع آن نیز بیشتر است، میدان پرتودهی برای فضایی که حفاظ ۸ mm دارد، بیشتر از فضای دارای حفاظ ۱۴ mm است. به نظر می‌رسد که اختلاف ارتفاع دو تضعیف‌کننده، عامل اصلی در ایجاد این تفاوت است. از آنجائیکه توزیع چشمه رادیوآکتیو برای هر دو حالت یکسان است پرتوهای رسیده به قسمت‌های انتهایی حفاظ ۱۴ میلی‌متری (که ارتفاع کمتری دارد) بیشتر از پرتوهای رسیده به قسمت انتهایی حفاظ ۸ میلی‌متری می‌باشد، در نتیجه دُز بیشتری به این قسمت می‌رسد. از طرف دیگر، پرتوتابی به قسمت پایینی حجم استوانه‌ای شکل اتاقک پرتودهی بیشتر از قسمت بالایی آن است. این اختلاف‌ها سرانجام منجر به تفاوت میزان همگنی در ضخامت‌های متفاوت حفاظ‌های سربی می‌شود.