

بررسی و اندازه گیری دز جذبی ارگان های حیاتی پرتوکاران بخش تهیه و تولید-Ir- ۱۹۲ به روش شبیه سازی تجربی با استفاده از فانتوم معادل بافت و دزیمتری ترمولومینسانس

فرهاد منوچهری^{(۱)*} - شیرین جلیلیان^(۲)

(۱) سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، پژوهشگاه علوم هسته ای

(۲) دانشگاه ارومیه، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

چکیده:

هدف از انجام این بررسی و اندازه گیری دز دریافتی ارگان های حیاتی پرتوکاران شاغل در یکی از مراکز تهیه و تولید Ir-192 در شرایط عادی کار و شرایط حادثه با شبیه سازی تجربی به وسیله فانتوم معادل بافت و دزیمتری TLD است و میزان پرتوگیری ارگان های حیاتی مانند تیروئید، کبد، ریه و مخصوصاً گنادها به تفکیک مورد بررسی قرار می گیرند. با کاشت قرص های دزیمتر $100H-TLD$ در محل های مربوط به ارگان مورد مطالعه در فانتوم، دزیمتری پرتوهای X و انجام می شود. فانتوم پس از نصب دزیمترها در آن، در نقاط از پیش تعیین شده مناطق تحت کنترل بخش مربوطه، در شرایط مکانی حضور پرتوکاران قرار داده می شود. نتایج اندازه گیری ها نشان می دهد میزان پرتوگیری شغلی پرتوکاران در حدود پرتوگیری های استاندارد بوده است و نتایج شبیه سازی شرایط اورژانس هسته ای و تعمیرات تقریباً نصف میزان پرتوگیری مجاز سالانه (۲۰ میلی سیورت) می باشد.

کلمات کلیدی: *Ir-192, TL-Dosimetry, TLD-100H, Rando Phantom*

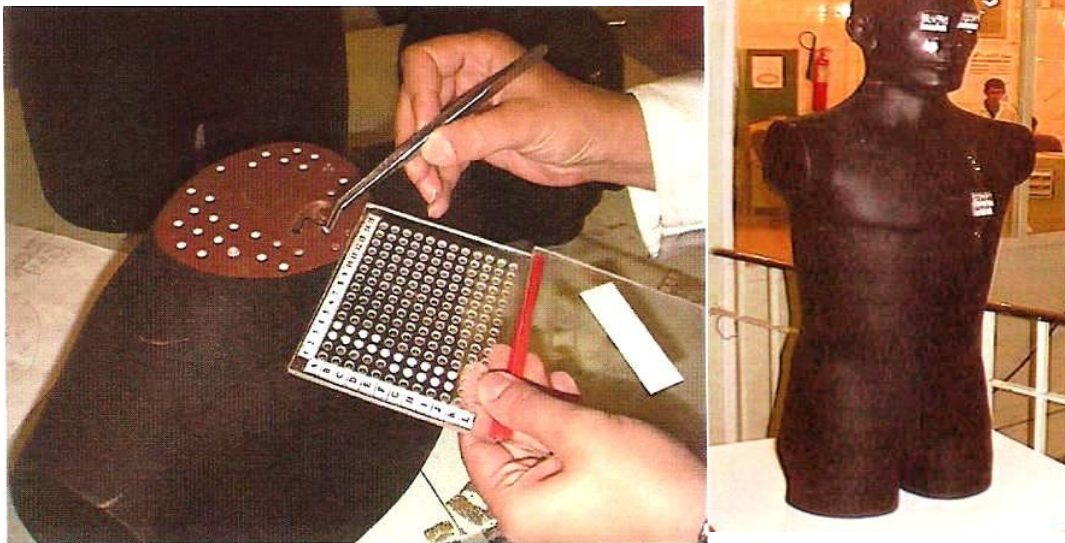
مقدمه:

در مراکز تهیه و تولید رادیوایزوتوپ ها به منظور استفاده در تولید رادیوداروها، چشمه های رادیواکتیو با اکتیویته بالا مورد استفاده قرار می گیرند. لذا میزان دز جذبی پرتوکاران لازم است بطور مداوم تحت کنترل قرار گیرد تا از حدود مجاز پرتوگیری بیشتر نگردد. دزیمترهای مورد استفاده پرتوکاران معمولاً میزان دز جذبی ارگان های مختلف بدن پرتوکاران را به تفکیک ارائه نمی دهد. در این تحقیق با استفاده از روش دزیمتری ترمولومینسانس TLD و نیز یک فانتوم معادل بافت، به صورت شبیه سازی تجربی، میزان دز جذبی پرتوهای گاما و ایکس پر انرژی در اندام های حیاتی بدن بطور مجزا اندازه گیری و بررسی میگردد. چشمه های رادیواکتیویته مورد استفاده در این پروژه عبارتند از: ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{192}Ir , ^{131}I , ^{125}I

بخشی از فعالیت های مهم این مراکز مربوط به شارژ دوربین های رادیوگرافی صنعتی است که شامل بارگذاری چشمه ایریدیوم در داخل دوربین ها و سپس تخلیه نمودن آنها می باشد. به دلیل بالا بودن اکتیویته این چشمه ها، این مراحل در داخل سلولهای داغ Hot Cell انجام می گردد.

روش کار:

دزیتر ترمولومینسانس بکار رفته در این پژوهش، دزیتر TLD-۱۰۰H با فرمول LiF:Mg,Cu,P است که معادل بافت بوده و دارای حساسیت بالایی می باشد. لیتیوم فلوراید با دانسیته ۲٫۶۴ گرم بر سانتیمتر مکعب و عدد اتمی موثر ۸٫۲ (که نزدیک به عدد اتمی موثر بافت بدن است) یکی از رایج ترین مواد ترمولومینسانس موجود می باشد. اساس کار TLD گیر افتادن الکترون در دام و ایجاد حفره در باند ظرفیت شبکه کریستالی ماده ترمولومینسانس است. در اثر انرژی گرمایی که باعث گرم شدن بلور می گردد، الکترون های باند افتاده آزاد می شوند و به منظور بازترکیب با حفره ها به باند هدایت باز می گردند. در اثر این واکنش نور مرئی بسیار ضعیفی آزاد می شود. به همین جهت از لامپ تشدید کننده فوتون های نوری PMT استفاده می گردد و به ازای هر یک فوتونی که به PMT برخورد می کند، یک پالس الکتریکی ایجاد و آن را به شکل یک نقطه روی مانیتور میتوان مشاهده نمود. از مجموعه ی این نقاط منحنی درخشندگی Glow curve بدست می آید. ارتفاع پیک این منحنی (و یا مساحت سطح زیر منحنی) دقیقاً متناسب با انرژی پرتوی جذب شده توسط بلور TLD است. از این طریق می توان انرژی جذب شده بلور توسط پرتو را بدست آورد. فانتوم مورد استفاده در این تحقیق، فانتوم رندو (Rando Phantom) میباشد (شکل شماره (۱)).



شکل شماره (۱)



نحوه قرار گرفتن دزیمترهای TLD بر روی فانتوم؛ و نیز در درون آن؛ در شکل (۱) قابل مشاهده است. این فانتوم معادل یک مرد با قد ۱۷۵ سانتیمتر و وزن حدود ۷۰ کیلوگرم می باشد. جنس آن از یک ماده پلاستیکی بوده و شامل مواد معادل اسکلت کامل بدن، مواد معادل ریه ها، مواد معادل گنادها و غیره می باشد. این فانتوم در مقاطع ۲۵ میلیمتری دارای برش های عرضی است که دارای حفره هایی با قطر ۵ میلیمتر (برای جداسازی دانه های TLD) به فاصله ۳ سانتیمتر از هم، می باشد. در مجموع یک فانتوم کامل شامل بیش از ۳۰۰۰ حفره کاشت دانه های TLD است.

فانتوم پس از نصب دزیمترها در آن در مناطق از پیش تعیین شده و در شرایط مکانی حضور پرتوکاران قرار داده می شود. زمان قرار گرفتن فانتوم در این محل ها عیناً براساس زمان متوسط حضور پرتوکاران در آن مکان انتخاب شده است. به این ترتیب شرایط کاری روزمره پرتوکاران این مراکز صنعتی، شبیه سازی تجربی می شود و دز قرائت شده از قرص های TLD در واقع میزان پرتوگیری ارگان مورد نظر را در شرایط عادی کار نشان می دهد. بخش مهم تر این نوع شبیه سازی شرایط اورژانس هسته ای می باشد. در شرایط اورژانس هسته ای که عملاً امکان ارزیابی در تمام بدن و همچنین در ارگان های حیاتی بدن وجود ندارد، می توان با به کارگیری فانتوم در شرایط حادثه برآوردی از دز تمام بدن فرد (با بکارگیری قرص های TLD در سطح بدنه فانتوم) و دز جذبی ارگانی (با کاشت قرص های TLD در درون فانتوم) را به دست آورد. برای مثال در شرایطی که پرتوکار بدون اطلاع از یک منبع پرتو را در فاصله کمی از محل کارش، به کار ادامه می دهد. این اتفاقی نسبتاً رایج است. با اطلاع از نوع و میزان اکتیویته چشمه های پرتوزای موجود در هر آزمایشگاه می توان سناریوهای محتمل حوادث را فرض کرد و در هر کدام با استفاده از فانتوم، شرایط را شبیه سازی تجربی نمود. از آنجایی که بسیاری از اندازه گیری ها در این بخش باید با فاصله نزدیک به چشمه انجام می پذیرفت، دز دریافتی برای کارکنان بالا پیش بینی شده و این مقدار در هنگام بارگذاری دوربین ها که در واقع کار اصلی مرکز تلقی می شود به بیشترین مقدار خود می رسید. مدت زمان قرار داشتن فانتوم در اماکن مورد نظر بسته به میزان دز تخمین زده شده از ۲ ساعت برای دزهای بالا تا ۲۴ ساعت برای اندازه گیری تابش زمینه بود. پس از پرتوگیری دزیمترها، آنها جمع آوری شده و پس از ۲۴ ساعت قرائت شدند. قرائت توسط قرائتگر مدل ۴۵۰۰ Hrashaw انجام پذیرفت.

روش محاسبه دز: چون میزان دز قرائت شده بر حسب nC نانو کولن است، باید بر حسب یکای رایج سیورت Sv تبدیل شود.

$$nC \times \frac{1}{CF} \times ECC \times \frac{RL_0}{RL}$$

فرمول روبرو نانو کولن را به سیورت تبدیل می کند:

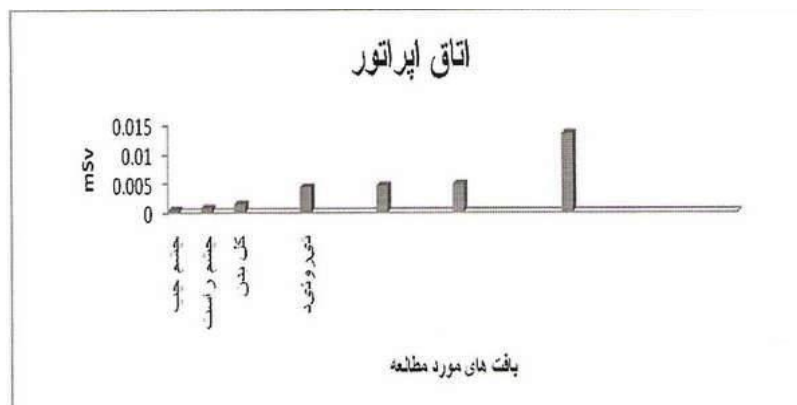
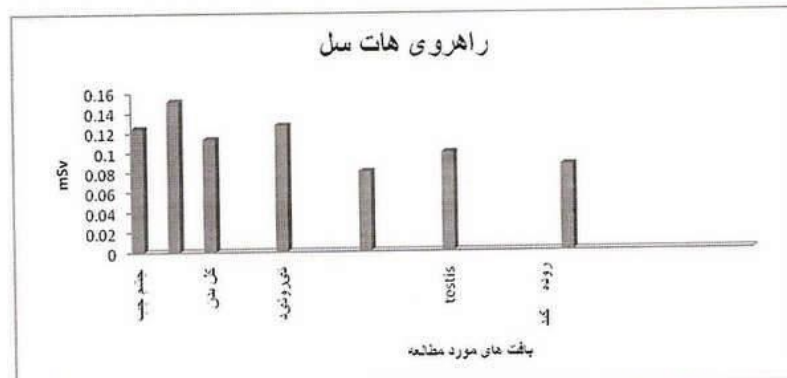
ضریب کالیبراسیون CF تبدیل کننده nC به Dose است (بر حسب mSv/nC). ضریب تصحیح ذاتی دزیمترها Element Coefficient Correction (ECC) که برای هر دزیمتر بطور جداگانه تعیین می شود. نور مرجع Reference light (RF) می باشد که در قرائتگر توسط PMT ایجاد می گردد.

روش جمع آوری اطلاعات:

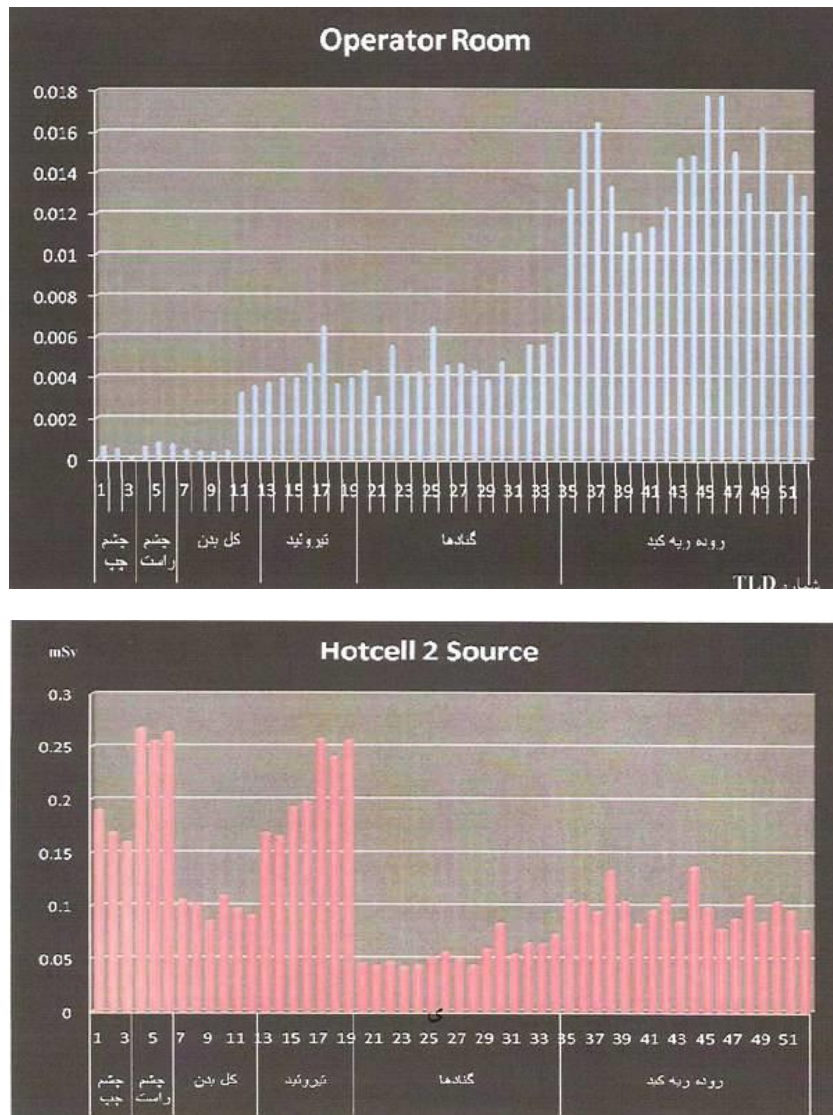
روش دزیمتری در شرایط عادی: برای این امر در مکان هایی که رفت و آمد و کار بیشتری در آن وجود داشت فانتوم و TLD را نزدیک به شرایط واقعی قرار گرفتن اوبراتور قرار دادیم و با شرایط عادی کاری در طول ۲۴ ساعت دزیمتری انجام شد.

روش دزیمتری در شرایط خاص (Incident): برای شبیه سازی شرایط محتمل و خطرناک و نزدیک به اورژانس هسته ای فانتوم در شرایط مورد نظر مانند داخل اتاق هات سل و یا داخل اتاق انبار چشمه ها قرار گرفت.

در شکل های شماره (۲) و (۳) مقادیر دز اندازه گیری شده در دو مکان راهروی هات سل و اتاق ابراتور بر روی بافت های مورد نظر مشاهده می شود.



شکل شماره (۲)



شکل شماره (۳)

بحث و نتیجه گیری:

همانگونه که در شکل های ۲ نشان داده شده است، دز جذبی محاسبه شده از کلیه TLDهای مورد استفاده در آزمون که در محل آناتومیکی ارگانهای حیاتی فانتوم معادل بافت نصب شده بود، به تفکیک آمده است. در شکل ۳ دز جذبی ارگانها با میانگین گیری دز قرصهای TLD مربوط به هر ارگان نشان داده شده است.

در نمودارهای مربوط به شرایط عادی کار مانند اتاق کنترل و راهروهای تردد دز جذبی بسیار کمتر از حدود استاندارد تعیین شده مراجع بین المللی می باشد. بر اساس اطلاعیه های آژانس بین المللی انرژی اتمی دز مجاز سالانه پرتوکاران

۲۰ میلی سیورت می باشد و با توجه به ۲۰۰۰ ساعت کاری در سال میزان نرخ دز مجاز پرتوکاران ۱۰ میکروسیورت بر ساعت محاسبه می شود. با توجه به نمودارهای فوق که مربوط است به نرخ دز جذبی در نقاط مجاز تردد و حضور پرتوکاران، این میزان در بیشترین مقادیر یک پنجم میزان مجاز نرخ دز می باشد. به منظور بررسی وضعیت پرتوگیری پرتوکاران در موارد اورژانس هسته ای و تعمیرات، شرایط فوریت های پرتوی نیز بازسازی شد. میزان در بدترین حالت به حدود ۱۰ میلی سیورت در ساعت می رسد. در صورتی که پرتوکار در این شرایط قرار بگیرد در مدت زمان یک ساعت به میزان نصف دز مجاز سالانه خود پرتوگیری کرده است.

مراجع:

- ۱) McKinaly A.F. Thermoluminescence Dosimetry, Adam Hilger Ltd. ۱۹۸۸
- ۲) Wachter W. Classification of LiF-Dosimeters using the ratio of peak heights, Atominstiute d.Oesterreicheischen Universitaeten, Wien, Austria, ۱۹۹۰
- ۳) IAEA, Generic Procedures for Assessment and Response during a radiological Emergency, IAEA, TECDOC-۱۱۶۲, ۲۰۰۰
- ۴) NRPD-INRA, Basic Radiation safety Standards, BRSS-۱, NRPD, Iranian Nuclear Regulatory Authority, ۱۹۹۹
- ۵) IAEA, Industrial Radiography, TECDOC ۶۲۸, IAEA, ۱۹۹۲

۶) استاندارد های پایه حفاظت در برابر اشعه، امور حفاظت در برابر اشعه، ۱۳۷۹

بحث و نتیجه گیری:

بر اساس اطلاعاتی های آژانس بین المللی انرژی اتمی دز مجاز سالانه پرتوکاران ۲۰ میلی سیورت می باشد و با توجه به ۲۰۰۰ ساعت کاری در سال، میزان نرخ دز مجاز پرتوکاران ۱۰ میکرو سیورت بر ساعت محاسبه می شود. البته در شرایط عادی کار مانند اتاق کنترل و راهروهای تردد دز جذبی بسیار کمتر از حدود استاندارد مراجع بین المللی است. به منظور بررسی وضعیت پرتوگیری پرتوکاران در موارد اورژانس هسته ای و تعمیرات