

محاسبه میزان دز جذب شده ناشی از انفجار بمب اورانیومی در افراد و تعیین حفاظ هسته‌ای مناسب برای یک پناهگاه انفرادی

داود قاسم‌آبادی^۱؛ ناصر منصور شریفلو^۱

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۲۱

تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۲۶

چکیده

در این پژوهش، محاسبات لازم برای تعیین حفاظ فوقانی مناسب در یک پناهگاه انفرادی، جهت مقابله با تابش‌های نوترون و گامای حاصل از انفجارات هسته‌ای اورانیومی صورت گرفته است. ابتدا حفاظ‌های مختلف برای حفاظت در برابر تابش‌های گاما و نوترون را مورد بررسی قرار داده‌ایم. برای یک فانتوم شبیه‌سازی شده انسان، با استفاده از روش مونت‌کارلو و بهره‌گیری از کد MCNPX، به ازای یک نوترون و یک پرتو گاما، میزان دز جذب شده در اندام‌های مختلف بدن محاسبه شده است. سپس با استفاده از اطلاعات داده شده از تابش‌های هسته‌ای نوترون و گامای حاصل از انفجار بمب‌های اورانیومی با قدرت‌های مختلف، میزان دز رسیده به آدمک انسانی بررسی شده است. با استفاده از محاسبه دز کل رسیده به آدمک، حفاظ مناسب برای پناهگاه می‌تواند تعیین گردد.

کلیدواژه‌ها: انفجارات هسته‌ای، اورانیوم، نوترون، گاما، دز

مقدمه

به هر محیط فیزیکی که از افراد، تجهیزات و تأسیسات در برابر اثرات زیانبار یک تهدید خاص حفاظت نماید پناهگاه اطلاق می‌گردد. پناهگاه‌ها بسته به نوع تهدیدات و موضوعات مورد حفاظت، طراحی و طبقه‌بندی می‌شوند.

از یک گودال حفر شده در زمین که جهت حفاظت در برابر ترکش‌های ناشی از انفجار مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ تا یک ساختمان زیرزمینی مجهز به سیستم‌های پیشرفته دفاعی که جهت حفاظت در برابر مخاطرات ناشی از یک انفجار اتمی مورد استفاده قرار می‌گیرد، در گروه پناهگاه‌ها طبقه‌بندی می‌شوند.

یکی از اصول اساسی پدافند غیر عامل، ایجاد استحکامات و سازه‌های امن می‌باشد که در حفظ تأسیسات، تجهیزات، نیروی انسانی، و مراکز حیاتی حساس و مهم در زمان بروز تهدید نقش بسیار اساسی ایفا می‌کند. سوابق جنگ‌های اخیر نشان می‌دهد که حملات دشمن به مراکز حیاتی، حساس و مهم نظامی و غیر نظامی محدود نشده و حمله به جمعیت مردمی و غیرنظامی ساکن شهرها و مناطق مسکونی با هدف ایجاد اغتشاش روحی و روانی و برهم زدن نظم اجتماعی، سست نمودن نیروهای دفاعی و نگران ساختن آنها نسبت به اوضاع پشت جبهه و از بین بردن مقاومت در عقبه جنگ جزء اهداف دشمن می‌باشد. از طرف دیگر، با به‌کارگیری علوم و تکنولوژی‌های مختلف در جنگ‌ها و مخاصمات امروزی، داشتن برنامه‌ها و راهکارهای ویژه برای مقابله با آن ضروری است.

با در نظر گرفتن روند تهدیدات موجود و آتی، ساخت فضای امنی که در مقابل اثرات مختلف سلاح‌های هسته‌ای، به خصوص بمب‌های اورانیومی مقاومت کافی داشته باشد، برای کشور ضروری است. با توجه به اثرات سلاح‌های هسته‌ای بر انسان، تأسیسات و محیط اطراف و ماندگاری این اثرات بویژه به لحاظ ذرات رادیواکتیو حاصل از این انفجارات و پخش آن در محیط اطراف، طراحی و ساخت پناهگاه‌های هسته‌ای جهت حفاظت در برابر سلاح‌های هسته‌ای از اهمیت خاصی برخوردار بوده و از ضروریات می‌باشد. در واقع اثرات مخرب سلاح‌های هسته‌ای را می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

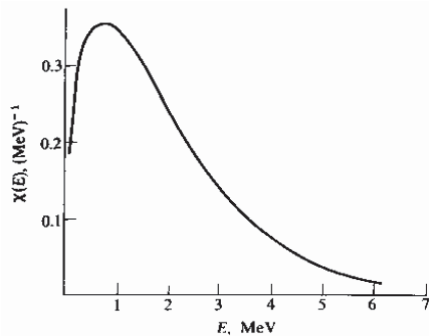
- تشعشعات حرارتی و نورانی
- تشعشعات هسته‌ای اولیه
- ریزش اتمی و تشعشعات هسته‌ای ثانویه
- پالس‌های الکترومغناطیسی
- تند باد و موج انفجار (ضربه‌های ناشی از انفجار)

در یک نگاه کلی، حفاظت در برابر سلاح‌های هسته‌ای با ایجاد پناهگاه‌های هسته‌ای را می‌توان به دو بخش کلی حفاظت در برابر انفجار و حفاظت در برابر تشعشعات تقسیم‌بندی نمود. انفجار بمب‌های اورانیومی همراه آزادسازی تابش‌های هسته‌ای مختلف شامل نوترون‌ها، پرتوهای گاما و ایکس، ذرات آلفا و بتا می‌شوند. بخش اعظمی از نوترون‌ها و پرتوهای گاما در روند واقعی شکافت تولید می‌گردند، یعنی این تشعشعات به‌طور همزمان از انفجارات هسته‌ای تولید می‌شوند. برخی از نوترون‌هایی که در واکنش شکافت هسته‌ای تولید شده‌اند توسط هسته‌های مختلف موجود در بمب جذب می‌شوند. این فرآیند جذب معمولاً همراه آزادسازی آنی پرتوهای گاما می‌باشند. تقریباً تمامی تشعشعات اولیه‌ی گاما قبل از اینکه بمب کاملاً متلاشی شود تولید می‌گردند. بنابراین آنها شدیداً توسط مواد متراکم بمب جذب می‌شوند؛ در حقیقت بخش کوچکی از آنها خارج می‌گردند. از طرف دیگر بیشتر تابش تأخیری گاما در مرحله‌ی بعدی انفجار که مواد تشکیل‌دهنده بمب تبخیر شده‌اند و به‌صورت گاز منبسط گردیده‌اند منتشر می‌شوند. این تابش‌ها قبل از اینکه وارد محیط و هوای اطراف بمب شوند حداقل میزان جذب را خواهند داشت.

ذرات آلفا و بتا در فاصله‌های زمانی حاصل از واپاشی و محصولات شکافت حاصل می‌شوند. تابش ذرات آلفا و ذرات بتای تابیده شده از خارج به بدن انسان، معمولاً خطرناک نیستند. اما اگر این ذرات وارد بدن شوند، انرژی آنها در طول مسافتی کوتاه به بافت‌های بسیار حساس و زنده انتقال می‌یابد و به این بافت‌ها آسیب جدی خواهند زد. نوترون‌ها، پرتوهای ایکس و گاما، قابلیت نفوذ زیادی دارند و می‌توانند تمامی بدن را از خارج و داخل تحت تأثیر قرار دهند.

اگر چه انرژی تابش‌های گاما و نوترون در مقایسه با تابش‌های حرارتی (۳۳ درصد انرژی انفجار)، تنها ۳ درصد انرژی انفجاری را شامل می‌شود؛ با این حال تابش‌های هسته‌ای می‌توانند سبب تلفات قابل ملاحظه‌ای گردند.

در یک انفجار هسته‌ای حفاظت در برابر تابش‌های هسته‌ای و حرارتی کاملاً متفاوت می‌باشد. به‌طور مثال در تقریباً در فاصله ۱/۶ کیلومتری از انفجار یک بمب اورانیومی یک مگاتنی، ۵۰ درصد افرادی که توسط یک دیوار ۶۰ سانتیمتری محافظت شده‌اند صدمات جدی خواهند دید؛ در حالی که یک حفاظ بسیار نازک‌تر در چنین فاصله‌ای افراد را در برابر تابش‌های حرارتی ناشی از بمب محافظت خواهد کرد [۵].



شکل ۱- طیف پیوسته نوترون‌های آبی شکافت [۶]

جدول ۱- ذرات و تابش‌های مختلف حاصل از شکافت [۶].

انرژی کل (MeV) در هر شکافت	تعداد در هر شکافت	ذره یا تابش
۱۶۰ تا ۱۷۰	۲	پاره‌های شکافت
۵	۲ تا ۳	نوترون
۸	۷	گاما (آبی)
۷	۷	گاما (تأخیری)

در این بخش به بررسی و تعیین حفاظ فوقانی مناسب برای یک پناهگاه انفرادی مدفون در خاک برای تابش‌های نوترون و گامای حاصل از انفجار یک بمب شکافتی-اورانیومی می‌پردازیم. دز رسیده در طی ۶۰ ثانیه بعد از انفجار سطحی با سرعت باد ۲۴ کیلومتر بر ساعت برای تابش‌های نوترون و گامای حاصل از انفجارات مختلف هسته‌ای به‌صورت جدول‌های (۲) و (۳) می‌باشد.

برای بررسی مسایل مربوط به شیلدینگ و حفاظ‌گذاری، مطالعات بر روی مواد با ضخامت‌های مختلف و همچنین حفاظ‌های ترکیبی، صورت گرفته و با توجه به امکانات ساخت و استحکامات در مقابل موج انفجار، بتن سرپانتین^۱ (نوعی بتن تقویت شده) برای حفاظ فوقانی پناهگاه در نظر گرفته شده است. برای دزسنجی، در این پژوهش از مدل انسانی استفاده گردیده است. فانتوم شبیه‌سازی شده بدن انسان در یک پناهگاه به ارتفاع ۲/۵ و عرض ۱ و طول ۲ متر (پناهگاه انفرادی استاندارد) قرار داده شده است. میزان دز رسیده حاصل از تابش‌های نوترون، گامای القایی تولیدی از اندرکنش‌های نوترونی، و گامای حاصل از انفجار با استفاده از روش

دز پرتوگیری تابش‌های هسته‌ای ناشی از یک انفجار بمب اتمی در یک فاصله مشخص از نقطه انفجار به عامل‌های زیر بستگی دارد:

- ۱- منطقه انتشار تابش
- ۲- فاصله از بمب (دز دریافت شده از بمب متناسب با عکس مجذور فاصله از انفجار کاهش می‌یابد).
- ۳- جذب در محیط (با افزایش فاصله و جذب تابش‌ها در محیط دز دریافتی کاهش می‌یابد).

تابش‌های هسته‌ای در اثر عبور از مواد مختلف و اندرکنش با آنها قدرت و انرژی خود را از دست می‌دهند به‌طوری‌که با قرار دادن ضخامت‌های معینی از مواد می‌توان نفوذ آنها را به حداقل رساند؛ و با این کار اثرات زیانبار پرتویی و زیستی آنها را تعدیل نمود. در این پژوهش به بررسی و محاسبه حفاظ فوقانی مناسب برای یک پناهگاه انفرادی مدفون در خاک در مقابل تابش‌های زیانبار نوترون و گامای حاصل از انفجارهای هسته‌ای اورانیومی می‌پردازیم.

تئوری و روش محاسبات

شکل (۱) توزیع انرژی نوترون‌های آبی که به دنبال شکافت اورانیوم ۲۳۵ حاصل می‌شود را نشان می‌دهد. انرژی متوسط نوترون‌های حاصل از شکافت تقریباً ۲ MeV است و با توجه به میانگین حدود ۲/۵ نوترون به ازای هر شکافت، میانگین انرژی حمل شده به‌وسیله نوترون‌های شکافت در حدود ۵ MeV می‌شود. بالاترین احتمال انرژی برای قله منحنی شکل (۱) مقدار ۰/۷۳ MeV به‌دست آمده است. در محاسبات مربوط به دز و حفاظ‌گذاری، انرژی متوسط نوترون‌ها ۲ MeV در نظر گرفته شده است.

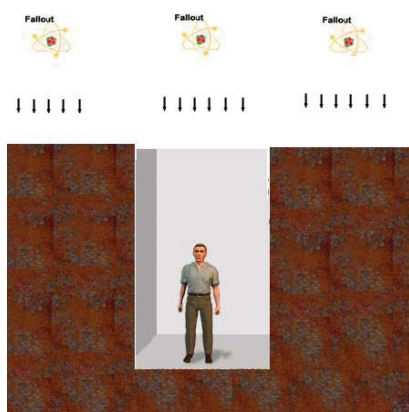
علاوه بر نوترون‌های آبی، اغلب نوترون‌های تأخیری نیز در فرآیند شکافت گسیل می‌شوند. این نوترون‌ها به‌دنبال واپاشی بتازای محصولات شکافت گسیل می‌شوند. زمان گسیل نوترون‌های تأخیری معمولاً خیلی کوتاه و در مرتبه حدود ثانیه است. شدت کلی نوترون‌های تأخیری به حدود یک نوترون در هر صد شکافت می‌رسد. درصد نوترون‌های تأخیری تولیدی نسبت به نوترون‌های آبی قابل مقایسه نیستند. دیگر قسمت‌های انرژی آزاد شده در شکافت اورانیوم به‌صورت جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۲- میزان دز کل حاصل از انفجارات هسته‌ای مختلف برای نوترون [۵]

فاصله از مرکز انفجار بر حسب کیلومتر	۰/۸	۰/۹۶	۱/۱۲	۱/۲۸	۱/۴۴	۱/۶	قدرت انفجار بر حسب کیلو تن TNT
دز کل نوترون بر حسب rems	۱۰۰۰۰۰	۵۰۰۰۰۰	۲۱۰۰۰۰	۱۳۰۰۰۰	۵۶۰۰۰	۳۲۰۰۰	۱۰۰۰
	۶۰۰۰۰	۲۲۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰	۴۶۰۰۰	۲۳۰۰۰	۱۴۰۰۰	۵۰۰
	۱۷۰۰۰۰	۷۶۰۰۰	۳۵۰۰۰	۲۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۴۵۰۰	۲۰۰
	۸۰۰۰۰	۲۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۷۰۰۰	۴۰۰۰	۱۶۰۰	۱۰۰
	۳۰۰۰۰	۱۷۰۰۰	۷۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰

جدول ۳- میزان دز کل حاصل از انفجارات هسته‌ای مختلف برای گاما [۵]

فاصله از مرکز انفجار بر حسب کیلومتر	۰/۸	۰/۹۶	۱/۱۲	۱/۲۸	۱/۴۴	۱/۶	قدرت انفجار بر حسب کیلو تن TNT
دز کل گاما بر حسب rems	۱۲۰۰۰۰	۸۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۸۰۰۰	۱۰۰۰
	۶۰۰۰۰	۲۲۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰	۴۶۰۰۰	۲۳۰۰۰	۱۴۰۰۰	۵۰۰
	۱۷۰۰۰۰	۷۶۰۰۰	۳۵۰۰۰	۲۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۴۵۰۰	۲۰۰
	۸۰۰۰۰	۲۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۷۰۰۰	۴۰۰۰	۱۶۰۰	۱۰۰
	۳۰۰۰۰	۱۷۰۰۰	۷۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰

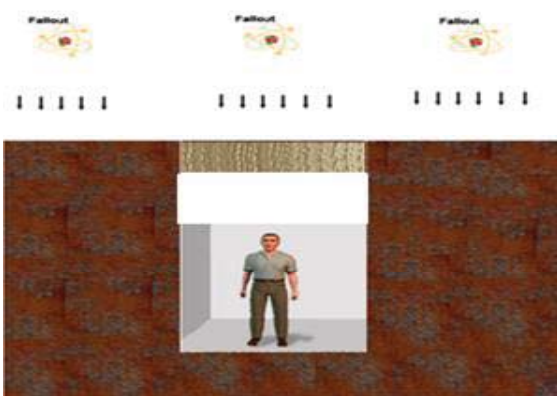


شکل ۲- نحوه قرارگیری مدل انسانی در پناهگاه

مونته کارلو، با بهره‌گیری از کد محاسبات هسته‌ای MCNPX به ازای یک نوترون بر حسب واحد MeV/gr برای فانتوم انسانی برای ضخامت‌های مختلف بتن محاسبه گردیده است. در نهایت حفاظ بتنی مناسب برای حفاظت در فاصله ۱/۶ کیلومتری از یک انفجار یک مگاتنی تعیین می‌گردد. با استفاده از اطلاعات بدست آمده از بمب‌های شکافتی و قدرت و میزان شار تابشی نوترون و گامای آنها، میزان دز رسیده به فانتوم انسانی برای هرکدام از آنها قابل تعیین می‌باشد. در این پژوهش ما فقط انفجار بمب یک مگاتنی را برای محاسبات مدنظر قرار داده‌ایم. شکل (۲) حالت کلی مدل انسانی در داخل پناهگاه را نشان می‌دهد.

جدول ۴- وزن تابش برای تابش‌های مختلف [۲].

وزن تابش W_R	تابش
۱	اشعه ایکس، گاما، بتا
۵	۰-۱۰ KeV
۱۰	۱۰-۱۰۰ KeV
۲۰	۱۰۰ KeV - ۲ MeV
۱۰	۲-۲۰ MeV
۵	بالتر از ۲۰ MeV



شکل ۳- طرح اصلی مسئله

۴-۲- مشخصات فانتوم انسانی

آدمک شبیه‌سازی شده مطابق شکل (۴) می‌باشد.

کمیت فیزیکی عمده‌ای که در دزسنجی مورد استفاده قرار می‌گیرد، دز جذب شده است. این کمیت به‌عنوان انرژی جذب شده از هر نوع تابش یوننده در واحد جرم هر ماده هدف تعریف می‌شود. واحد اندازه‌گیری دز جذب شده در سیستم SI گری (Gy) می‌باشد. یک گری عبارت است از: جذب یک ژول انرژی تابش در یک کیلوگرم از ماده که واحد کوچک‌تر آن راد می‌باشد و هر راد برابر یک صدم گری است. در این محاسبات انرژی ذخیره شده در کل اندام‌های مدل انسانی (آدمک) با استفاده از کد محاسبات هسته‌ای MCNPX برای مدل انسانی محاسبه می‌گردد. سپس با توجه به انرژی نوترون و وزن تابشی دز معادل سنجیده می‌شود. انرژی ذخیره شده در حجم آدمک با تقسیم‌بندی انرژی آن برای لحاظ کردن وزن تابشی محاسبه می‌گردد و پس از آن دز معادل رسیده به آدمک برای حفاظ‌بتنی با ضخامت‌های مختلف برای نوترون و گاما طبق رابطه (۱) تعیین می‌گردد.

$$H=W_R \times D \quad (1)$$

در رابطه (۱) H دز معادل و D دز جذب شده است. W_R (وزن تابش) برای تابش گاما و نوترون با انرژی‌های مختلف می‌باشد که در جدول (۴) مقادیر آن داده شده است.

۴-۱- انجام شبیه‌سازی مسئله

شکل کلی مسئله به‌صورت شکل (۳) شبیه‌سازی شده است.

۴-۱- مشخصات حفاظ

مشخصات حفاظ بتنی بارگذاری شده برای پناهگاه انفرادی در جدول (۵) آورده شده است.

جدول ۵- درصد وزنی محتوی بتن سرپانتین (با چگالی $2/6 \text{ gr/cm}^3$).

نام عنصر	هیدروژن	کربن	اکسیژن	منیزیم	آلومینیوم	سیلیکون	پتاسیم	کلسیم	آهن
درصد وزنی	۰/۰۷۲	۰/۰۰۱۵	۰/۵۵۶	۰/۱۰۲	۰/۰۲۵	۰/۱۷۵۵	۰/۰۰۰۸	۰/۰۵۶۴	۰/۰۱۰۸

این مدل با کد MCNP در آزمایشگاه ملی Oak Ridge توسط جان وانگر و کیس اکرمین طراحی شده است. اعضای بدن انسان در این مدل با ۴۶ قسمت و ۱۷۵ سطح، طراحی و نشان داده شده است. عناصر محتوی این مدل از سه قسمت با چگالی مختلف تشکیل شده است:

۱- شش‌ها با چگالی 0.296 gr/cm^3

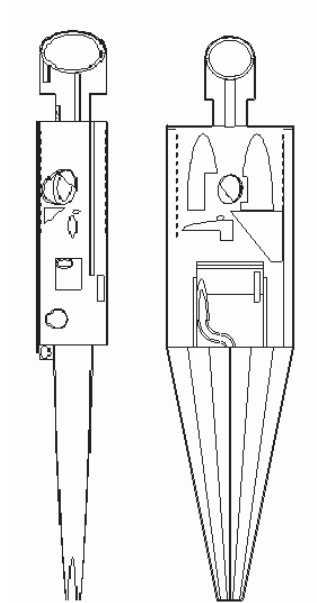
۲- نسوج نرم با چگالی 1.04 gr/cm^3

۳- استخوان‌ها با چگالی 1.4 gr/cm^3

این مدل دارای ۱۷۶ سانتیمتر قد و ۷۵ کیلوگرم وزن بوده و ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده اکثر اعضا و بافت‌ها کربن، هیدروژن، نیتروژن و اکسیژن می‌باشد.

۵- نتایج

برای بمب‌های مختلف، شار نوترون و گاما به ترتیب با استفاده از جدول‌های (۶) و (۷) قابل محاسبه است.



شکل ۴- فانتوم شبیه‌سازی شده بدن انسان با کد MCNPX

جدول ۶- تبدیلات دز براساس شار تابشی نوترون [۳]

Neutron Flux-to-Dose-Rate Conversion Factors ⁴		
Neutron energy (MeV)	(Sv/s)/[neutrons/(m ² s)]	(rem/h)/[neutrons/(cm ² s)]
2.5 – 08 [†]	1.02 – 15	3.67 – 06
1.0 – 07	1.02 – 15	3.67 – 06
1.0 – 06	1.23 – 15	4.44 – 06
1.0 – 05	1.23 – 15	4.44 – 06
1.0 – 04	1.19 – 15	4.28 – 06
1.0 – 03	1.02 – 15	3.67 – 06
1.0 – 02	9.89 – 16	3.56 – 06
1.0 – 01	5.89 – 15	2.12 – 06
5.0 – 01	2.56 – 14	9.23 – 05
1.0	3.69 – 14	1.33 – 04
2.5	3.44 – 14	1.24 – 04
5.0	4.33 – 14	1.56 – 04
7.0	4.17 – 14	1.50 – 04
10.0	4.17 – 14	1.50 – 04
14.0	5.89 – 14	2.12 – 04
20.0	6.25 – 14	2.25 – 04

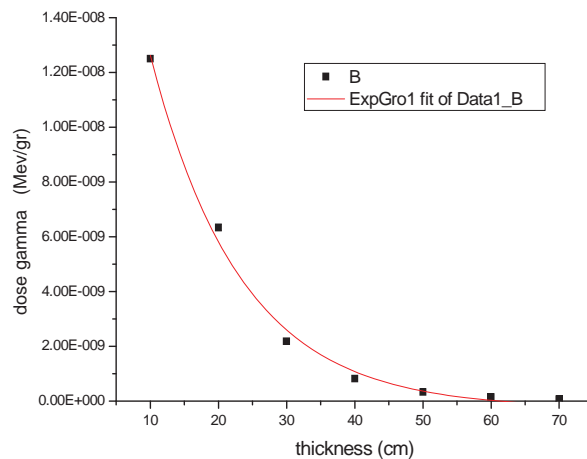
[†]Read as 2.5×10^{-8} .

جدول ۷- تبدیلات دز براساس شار تابشی گاما [۳]

Gamma-Ray Flux-to-Dose-Rate Conversion Factors ⁷					
Photon energy (MeV)	(rem/h)/ [particles/(cm ² s)]	(Sv/s)/ [particles/(m ² s)]	Photon energy (MeV)	(rem/h)/ [particles/cm ² s]	(Sv/s)/ [particles/(m ² s)]
0.01	7.80 - 9	2.17 - 18	1.5	1.68 - 6	4.68 - 16
0.02	3.29 - 8	9.14 - 18	1.75	1.92 - 6	5.32 - 16
0.03	4.80 - 8	1.33 - 17	2.00	2.14 - 6	5.94 - 16
0.05	6.50 - 8	1.80 - 17	2.25	2.35 - 6	6.53 - 16
0.07	7.91 - 8	2.20 - 17	2.5	2.56 - 6	7.08 - 16
0.10	1.03 - 7	2.86 - 17	2.75	2.75 - 6	7.65 - 16
0.15	1.54 - 7	4.27 - 17	3.00	2.94 - 6	8.18 - 16
0.20	2.17 - 7	6.02 - 17	3.25	3.13 - 6	8.70 - 16
0.25	2.78 - 7	7.73 - 17	3.50	3.32 - 6	9.21 - 16
0.30	3.41 - 7	9.46 - 17	3.75	3.50 - 6	9.71 - 16
0.35	4.04 - 7	1.12 - 16	4.0	3.67 - 6	1.02 - 15
0.40	4.67 - 7	1.30 - 16	4.25	3.85 - 6	1.07 - 15
0.45	5.30 - 7	1.47 - 16	4.50	4.02 - 6	1.12 - 15
0.50	5.92 - 7	1.64 - 16	4.75	4.19 - 6	1.16 - 15
0.55	6.54 - 7	1.82 - 16	5.00	4.36 - 6	1.21 - 15
0.60	7.15 - 7	1.98 - 16	6.00	5.04 - 6	1.40 - 15
0.65	7.75 - 7	2.15 - 16	7.00	5.71 - 6	1.59 - 15
0.70	8.34 - 7	2.32 - 16	8.00	6.39 - 6	1.78 - 15
0.80	9.51 - 7	2.64 - 16	9.00	7.08 - 6	1.97 - 15
1.0	1.17 - 6	3.26 - 16	10.0	7.79 - 6	2.16 - 15

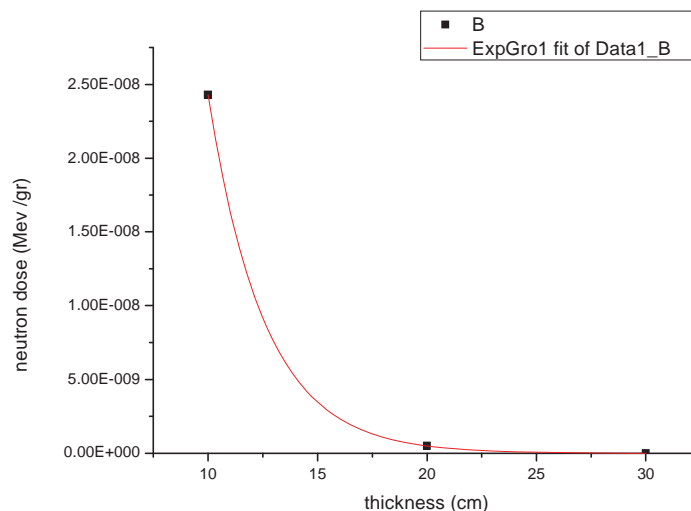
سرپانتین با ضخامت‌های مختلف جهت حفاظ بالایی پناهگاه بصورت شکل‌های (۵) و (۶) می‌باشد.
الف- دز گامای القایی دریافتی آدمک، حاصل از اندرکنش‌های نوترونی با استفاده از کد MCNPX به اجزای یک نوترون، برای ضخامت‌های مختلف بتن به صورت شکل (۵) می‌باشد. در این محاسبات دز براساس واحد MeV/gr و ضخامت بتن بر حسب سانتیمتر در نظر گرفته شده است.

نتایج به دست آمده از تابش نوترونی دز ایجاد شده در فانتوم برای نوترون و گامای القایی حاصل از تابش نوترونی برای ضخامت‌های مختلف از بتن سرپانتین، که یکی از مصالح اصلی مخصوص و ضروری در ساخت پناهگاه‌های هسته‌ای می‌باشد، بررسی شده است. نمودارهای به دست آمده ۵ و ۶ با استفاده از روش مونت کارلو برای یک نوترون در واحد ثانیه تابش می‌باشد. از ضرب کردن شار نوترونی یا به عبارت دیگر تعداد نوترون‌های تولیدی حاصل از انفجار بمب میزان کل دز بر واحد ثانیه به دست می‌آید. نمودارهای به دست آمده برای بتن



شکل ۵- میزان دز گامای القایی دریافتی آدمک برای ضخامت‌های مختلف بتن

ب- دز دریافتی آدمک به ازای یک نوترون با انرژی متوسط ۲ MeV مطابق شکل (۶) می باشد.



شکل ۶- میزان دز دریافتی حاصل از یک نوترون برای ضخامت‌های مختلف بتن

این شار در هر یک از نقاط به دست آمده در نمودارهای (۵) و (۶) و تبدیل واحد MeV/gr بر حسب J/kg میزان دز دریافتی آدمک به ازای هر ضخامت حفاظ بتونی، بر حسب Sv (سیورت) به دست می آید.

مراجع

۱. کرین کنت؛ آشنایی با فیزیک هسته‌ای؛ ترجمه: ابراهیم ابوکاظمی و منیژه رهبر، تهران: مرکز نشر دانشگاهی؛ (۱۳۷۱).
۲. عبدالله زاده، مسعود؛ آشنایی با آشکارسازی و سنجش تابش‌های هسته‌ای؛ تهران: ستاد مشترک سپاه، مرکز برنامه‌ریزی و تالیف کتب درسی؛ (۱۳۸۶).
۳. سولفانیدیس، نیکلاس؛ اندازه‌گیری و آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای؛ ترجمه: رحیم کوهی و محمود هادیزاده یزدی؛ تهران: انتشارات سیمین؛ (۱۳۷۰).
۴. مایر هوف، والتر؛ مبانی فیزیک هسته‌ای؛ ترجمه: فرهاد رحیمی، مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.
۵. گلاستون، ساموئل؛ اصول و تأثیرات سلاح‌های هسته‌ای؛ ترجمه معاونت جنگ نوین اداره عملیات سپاه؛ (۱۳۷۷).

۶- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش انرژی ذخیره شده در کل اندام‌ها با استفاده از کد محاسبات هسته‌ای MCNPX برای آدمک شبیه‌سازی شده به ازای ضخامت‌های مختلف حفاظ بتونی ابتدا به ازای یک نوترون و گاما محاسبه شده است. سپس با توجه به انرژی نوترون و وزن تابشی با استفاده از جدول (۴) و رابطه (۱) دز معادل کل دریافتی در آدمک تعیین گردیده است. نتایج به دست آمده به وضوح در نمودارهای (۵) و (۶) نشان داده شده است. این دو نمودار شاخصی برای تعیین ضخامت بهینه حفاظ بتونی می‌باشند. همان‌طور که از نمودارهای (۵) و (۶) معلوم است با افزایش ضخامت بتن، دز رسیده به صورت نمایی کاهش پیدا می‌کند و می‌توان براساس نتایج به دست آمده ضخامت بهینه بتن را برای به کارگیری در حفاظ فوقانی تعیین کرد. با توجه به نتایج به دست آمده و تحلیل نمودارها برای یک بمب یک مگاتنی در فاصله ۱/۶ کیلومتری از نقطه انفجار، ضخامت حفاظ بتنی ۵۰ سانتیمتر تعیین می‌گردد. با توجه به جدول‌های (۶) و (۷) و ضریب تبدیل‌ها، برای محاسبات شار نوترون تولیدی برای یک بمب یک مگاتنی مقدار $1.0 \times 10^{11} \text{ n/s.cm}^2$ در نظر گرفته شده است. با ضرب کردن

6. Lamarsh, John R., "Introduction to Nuclear Engineering", Addison-Wesley.
7. Judith F. Briesmeister, MCNPTM - A General Monte Carlo N-particle Transport Code, Version 4C, (2000).
8. R. Lide, David, Handbook of Chemistry and Physics. CRC press, (2004).
9. Miri-Hakimabad, H., Panjeh, H., Vejdani-Noghreiyani, A., 2007. Shielding studies on a total-body neutron activation facility. Iran. J. Radiat. Res. 5(1), 45-51.
10. M. Cristy, K. F. Eckerman, Specific absorbed fractions of energy at various ages from internal photon sources. I. Methods, Oak Ridge National Laboratory Report ORNL/TM-8381/VI, 198.
11. International Commission on Radiological Protection, Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection: reference values, ICRP Publication 89, Ann. ICRP, (2002).

The Calculation of Absorbed Dose Caused by Uranium Bomb Blast in Personnel and Determination of a Suitable Nuclear Shield for An individual Shelter

Davood Ghasemabadi¹

Naser Mansur shariflu¹

Abstract

In this research the required calculation for determining the suitable upper shield in an individual shelter, against gamma and neutron rays produced by Uranium nuclear blast has been carried out. Firstly the various shields for protecting against gamma and neutron rays have been considered. For a simulated human phantom using the Monte Carlo method and MCNPX code, for one neutron and one gamma photon the absorbed dose in various organs of the body has been computed. Then by using the given information from nuclear emissions of neutron and gamma produced by Uranium bombs blast with variant powers, the amount of absorbed dose in an effigy has been defined. Therefore by using the calculation of the totally absorbed dose in an effigy a suitable shield for a shelter can be determined.

Key Words: *Nuclear Blast, Uranium, Neutron, Gamma, Dose*