فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل

سال نهم، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۷، (پیاپی ٣٦): صص ۴۶-۴۱

محاسبات دز معادل ناشی از تابش‌های اولیه یک انفجار هسته‌ای شکافتی

احمد رضائی[۱]، محسن شایسته[۲]، مهدی عشقی[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۲۵

چکیده

پس از یک انفجار هسته‌ای شاهد تابش‌هایی نظیر آلفا، بتا، گاما و نوترون هستیم که به شکل مستقیم و یا غیرمستقیم از انفجار به وجود می‌آیند. با توجه به اهمیت مطالعاتی تابش‌های هسته‌ای و برد آن‌ها، این تابش‌ها به دو نوع اولیه و باقیمانده تقسیم می‌شوند. به‌جز تابش‌های نوترون و گاما، سایر تابش‌ها به دلیل ماهیت فیزیکی‌شان، اهمیت مطالعاتی در برد بلند ندارند. در این پژوهش برای مقایسه با نتایج شبیه‌سازی، دز معادل تابش‌های اولیه داده‌های مرجع محاسبه‌شده است. همچنین چشمه‌های مربوط به نوترون اولیه، گامای ثانویه ناشی از عبور نوترون در هوا و گامای محصولات شکافت تا ۱ دقیقه اول پس از انفجار، بر اساس قدرت این چشمه‌ها مشخص‌شده‌اند و با شبیه‌سازی ترابرد ذرات مذکور در محیط، توسط کد مونت‌کارلوی MCNPX، دز معادل در بافت در فواصل ۳۰۰ تا ۳۸۰۰ متری محاسبه‌شده است. فاصله ایمن برای افراد در معرض تابش یک سلاح KT ۱ بر اساس شبیه‌سازی ۱۹۰۰ متر و بر اساس مقادیر دز مرجع ۱۸۰۰ متر می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: تابش اولیه، دز معادل در بافت، تابش‌های آنی، شبیه‌سازی مونت‌کارلو

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه جامع امام حسین(ع)

۲- دانشیار، دانشگاه جامع امام حسین(ع)

۳- دکتری، پژوهشگر دانشگاه جامع امام حسین(ع) (meshghi@ihu.ac.ir) – نویسنده مسئول

۱- مقدمه

پس از یک انفجار هسته‌ای چهار پیامد به‌وجود می‌آید: ۱- موج انفجار ۲- تابش حرارتی ۳- تابش‌های هسته‌ای ۴- پالس‌های الکترومغناطیسی (EMP[1]) [۱].

تمامی این پیامدها در هر دو نوع انفجار شکافتی و گداختی قابل مشاهده است. تابش‌های هسته‌ای، با توجه به زمان گسیل تابش، به دو دسته اولیه و باقیمانده تقسیم‌بندی می‌شوند. برای انفجارهایی با قدرت چند ده کیلوتن (انرژی آزاد شده از انفجار هسته‌های را با واحد معادل کیلوتن تی ان تی (TNT) بیان می‌کنند)، زمان ممیزی یادشده جهت تقسیم‌بندی تابش‌های هسته‌ای اولیه و باقیمانده، یک دقیقه می‌باشد. زمان یک دقیقه با فرض این است که انفجار بالای سطح زمین و در ارتفاع متعارف انفجارهای دیگر به گونه‌ای رخ می‌دهد که گوی آتشین به زمین برخورد نمی‌کند. از این‌رو تعریف مدت زمان یک دقیقه برای انفجارهای با قدرت چند صد کیلوتن و یا محل انفجار دیگر (برای مثال سطحی، زیرسطحی و آبی و یا در ارتفاعات بسیار زیاد) کارایی ندارد [۱].

در سلاح‌های شکافتی، بخصوص با قدرت چند کیلوتن، تابش‌های نوترون و گامای اولیه بیشترین اهمیت را دارند. در حالی که در انفجار حاصل از یک سلاح گداختی و یا سلاح شکافتی اما با قدرت چند صد کیلوتن، موج انفجار و تابش حرارتی در درجه اهمیت بالاتری قرار می‌گیرند [۲]. از این‌رو در این نوشتار آنچه مورد بررسی قرار می‌گیرد، تابش‌های نوترون و گامای اولیه از یک سلاح شکافتی با قدرت یک کیلوتن از نسل‌های نوعی ابتدایی (نظیر پسر کوچک) می‌باشد. دلیل انتخاب قدرت سلاح یک کیلوتن این است که نتایج محاسبات می‌تواند به عنوان مرجعی برای ارزیابی سایر انفجارهای مشابه ولی با قدرت بیشتر قرار گیرد.

در حدود ۹۹ درصد نوترون‌های حاصل از یک سلاح شکافتی در مدت زمانی کمتر از 10^{-4} ثانیه پس از آغاز انفجار و به‌صورت ناگهانی آزاد می‌شوند [۱]. خاستگاه این نوترون‌ها غالباً نوترون‌های فراری از زنجیره شکافت و یا سایر منابع نوترون هستند. کمتر از ۱ درصد نوترون‌ها (که به عنوان نوترون‌های تأخیری شناخته می‌شوند) نیز در مدت زمانی کمتر از یک دقیقه پس از شروع انفجار آزاد می‌شوند [۱]. از این‌رو این نوترون‌ها نیز در دسته‌بندی تابش‌های اولیه قرار می‌گیرند. نوترون‌های تولیدشده از سلاح می‌توانند اندرکنش‌های مختلفی با هسته‌های اتم‌های محیط انجام دهند. از جمله اندرکنش‌های نوترون، اندرکنش گیراندازی نوترون است که طی آن نوترون در هسته‌های محیط جذب شده و موجب برانگیختگی هسته شده و به‌دنبال آن یک یا چند پرتو گاما گسیل می‌شود.

1- Electromagnetic pulse

$$n + {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A+1}_{Z}Y + \gamma \qquad (۱)$$

اندرکنش دیگر، پراکندگی ناکشسان نوترون با هسته‌های محیط است که طی آن مقداری از انرژی جنبشی نوترون به هسته هدف منتقل شده و موجب برانگیختگی هسته می‌گردد. هسته برانگیخته با انتشار یک یا چند پرتو گاما به حالت پایه انرژی خود بازمی‌گردد.

$$n + {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z}X + n + \gamma \qquad (۲)$$

محصولات شکافت غالباً در حالت برانگیخته قرار دارند، بنابراین، با تابش پرتوهای گاما به حالت پایه بازمی‌گردند. تابش بتا، تابش دیگری است که محصولات شکافت عمدتاً گسیل می‌دارند. در پی این تابش نیز هسته‌های دختر بار دیگر در حالت برانگیخته انرژی قرار می‌گیرند که باز هم از طریق تابش گاما به حالت پایه باز می‌گردند.

در حالت کلی چشمه‌های تابش اولیه، به سه دسته کلی (الف) نوترون‌های اولیه، (ب) گاماهای ناشی از گیراندازی نوترون و گاماهای القایی توسط نوترون در هسته‌های موجود در هوا (بیشتر نیتروژن و اکسیژن) و (ج) گاماهای ناشی از پاره‌ها و محصولات شکافت تقسیم می‌شوند. سایر چشمه‌های تابش اولیه در مقایسه با سه چشمه کلی مذکور ناچیز می‌باشند [۱]. از این پس این سه دسته به ترتیب با عناوین نوترون‌های اولیه، گاماهای ثانویه و گاماهای محصولات شکافت یاد می‌شود. پرتوهای گامایی که پس از یک دقیقه گسیل می‌شوند در دسته‌بندی پرتوهای باقیمانده قرار می‌گیرند و مورد نظر این پژوهش نمی‌باشند.

۲- روش تحقیق

شبیه‌سازی ذرات مذکور در محیط توسط کد مونت‌کارلوی MCNPX انجام گرفته است. محیط شبیه‌سازی‌شده و تعریف‌شده در کد، که ذرات درون آن ترابرد انجام می‌دهند، به شکل کره‌های متحدالمرکز هستند. کره اول به شعاع ۵ سانتی‌متر و خلأ می‌باشد که چشمه‌های حجمی نوترون و یا گاما در آن توزیع شده‌اند. سایر کره‌ها و یا به عبارت دقیق‌تر پوسته‌های کروی با ترکیب هوای نزدیک دریا پر شده‌اند که در جدول (۱) آمده است [۳].

جدول (۱): ترکیب هوای نزدیک دریا

نام عنصر	C	N	O	Ar
درصد وزنی(٪)	۰/۰۱۲۴	۷۵/۵۲۶۸	۲۳/۱۷۸۱	۱/۲۸۲۷

فشار هوای داخل پوسته‌های کروی ۰/۹ فشار اتمسفر می‌باشد. این فشار، فشار متوسط هوای بین محل انفجار و نقطه مورد مشاهده (برای مثال فردی که روی سطح زمین ایستاده است) پیش از آن است که موج انفجار به هوا برسد و این نگرانی وجود ندارد که موج انفجار شرایط ناپایدار فشار را ایجاد کند. برای تصحیح فشار باید

چگالی ماده مورد نظر در ورودی برنامه شبیه‌سازی تغییر داده شود. بنابراین، چگالی هوای وارد شده در ورودی کد برابر است با:

$$۰/۹\times۰/۰۰۱۲۰۵^{g}/_{cm^3} = ۰/۰۰۱۰۸۴۵^{g}/_{cm^3} \quad (۳)$$

که در آن، $۰/۰۰۱۲۰۵^{g}/_{cm^3}$ چگالی هوا در فشار ۱ اتمسفر است.

۲-۱- تعیین مشخصات چشمه‌های تابش

مبحث دیگر در شبیه‌سازی ترابرد ذرات، تعیین مشخصات چشمه-های تابش نوترون و گامای اولیه است که در کره اول قرار خواهد گرفت. هر چشمه با دو ویژگی تعریف می‌شود: ۱- طیف انرژی ذره مورد نظر، ۲- قدرت و یا تعداد کل ذرات مورد نظر از این چشمه در مدت زمان معین. برای گامای ثانویه بر اساس ترابرد چشمه نوترون اولیه محاسبه صورت گرفته است. طیف انرژی مربوط به چشمه نوترون اولیه در جدول (۲) مشاهده می‌شود. این طیف، طیف انرژی نوترون‌های اولیه‌ای است که از بدنه سلاح گریخته‌اند [۱].

جدول (۲): طیف انرژی نوترون‌های خروجی از سلاح

احتمال بهنجار شده به ۱	تعداد نوترون	بازه انرژی(MeV)
۰/۴۹۶	$۳/۸۶\times۱۰^{۲۲}$	۰/۱-۱/۱۳
۰/۳۲۴	$۲/۵۲\times۱۰^{۲۲}$	۱/۱۳-۲/۴۰
۰/۱۱۴	$۸/۸۸\times۱۰^{۲۱}$	۲/۴۰-۴/۱۳
۰/۰۳۹	$۳/۰۲\times۱۰^{۲۱}$	۴/۱۳-۶/۴۴
۰/۰۱۶	$۱/۲۸\times۱۰^{۲۱}$	۶/۴۴-۸/۳۲
۰/۰۰۹	$۷/۳۴\times۱۰^{۲۱}$	۸/۳۲-۱۰
۱	$۷/۸\times۱۰^{۲۲}$	مجموع

همچنین تعداد نوترون‌های گزارش شده در جدول (۲) به ازای یک کیلوتن می‌باشد و تعداد کل نوترون‌های آزاد شده اولیه یا همان قدرت چشمه برابر $۷/۸\times۱۰^{۲۲}$ به‌ازای یک کیلوتن می‌باشد.

طیف گامای محصولات شکافت نیز از رابطه:

$$N(E) = Ce^{-1.10E} \quad (۴)$$

محاسبه و شبیه‌سازی شده که این رابطه تا ۲۵۰ ثانیه پس از شکافت معتبر است و C یک ثابت بهنجارش است [۴]. نتیجه استفاده از رابطه (۴) در بازه انرژی MeV ۷-۰/۱ و به صورت به‌هنجار به ۱ در ورودی کد شبیه‌سازی به ثبت رسیده است.

اکنون به تعداد پرتوهای گامای محصولات شکافت پرداخته می‌شود. انرژی ناشی از گامای محصولات شکافت به صورت متوسط برای یک شکافت پس از t ثانیه در رابطه (۵) دیده می‌شود.

$$\gamma(t) = 1.40t^{-1.2}\ {MeV}/{Sec} \quad (۵)$$

رابطه (۵) از ۱ تا $۱۰^{۶}$ ثانیه معتبر است [۴]. انرژی آزاد شده از یک شکافت به‌صورت متوسط از پرتوهای گامای محصولات شکافت در ۱ دقیقه اول برابر است با:

$$S = \int_1^{60} \gamma(t)dt = \int_1^{60} 1.40t^{-1.2}dt = 3.92\ MeV \quad (۶)$$

از طرف دیگر، انرژی متوسط گاماهای محصولات شکافت MeV ۰/۷ می‌باشد[۴]. بنابراین، با تقسیم انرژی کل آزاد شده به انرژی میانگین گامای محصولات شکافت، تعداد گامای محصولات به صورت متوسط از یک شکافت به‌دست می‌آید که در رابطه (۷) قابل مشاهده است.

$$n = \frac{3.92}{0.7} = 5.6\ photons \quad (۷)$$

همان‌گونه که اشاره شد این تعداد گامای محصولات به صورت متوسط تنها برای یک شکافت است. برای تولید انرژی معادل یک کیلوتن باید $۱/۳\times۱۰^{۲۳}$ شکافت اورانیوم انجام گیرد [۴]؛ بنابراین:

$$1.3 \times 10^{23} \times 5.6 = 7.28 \times 10^{23} photons \quad (۸)$$

تعداد کل گامای ساطع شده در بازه یک دقیقه پس از انفجار ناشی از محصولات شکافت از سلاحی با قدرت یک کیلوتن است.

۲-۲- محاسبه دز معادل در بافت بدن انسان

در این نوشتار برای محاسبه دز معادل از ضرایب تبدیل فلوئنس به دز معادل در بافت بدن انسان استفاده شده است. این مهم از طریق رابطه (۹) قابل انجام است.

$$H = h_E \times \phi \quad (۹)$$

در رابطه (۹) h_E ضرایب تبدیل فلوئنس به دز معادل در بافت بدن انسان و ϕ فلوئنس نوترون و گاما بر حسب تعداد بر سانتی‌متر مربع است [۵-۶]. مقادیر h_E برای گاما و نوترون در انرژی‌های مختلف و هندسه‌های متفاوت تابش‌گیری بر حسب $Sv.cm^2$ در مرجع شماره [۵] آمده است.

در میان هندسه‌های مختلف تابش‌گیری از حالت AP[۱] استفاده شده است که به معنای تابش‌گیری فرد به صورت رو در رو با چشمه تابش است و حالت محتاطانه دارد. زیرا ضرایب تبدیل فلوئنس به دز در این حالت تابش‌گیری بیشینه است. سایر حالت‌های تابش‌گیری شامل PA[۲] تابش‌گیری از پشت سر، LAT[۳] تابش‌گیری جانبی، ROT[۴] تابش‌گیری در حالت فرد در حال چرخش است و ISO[۵] تابش‌گیری همسانگرد می‌باشند.

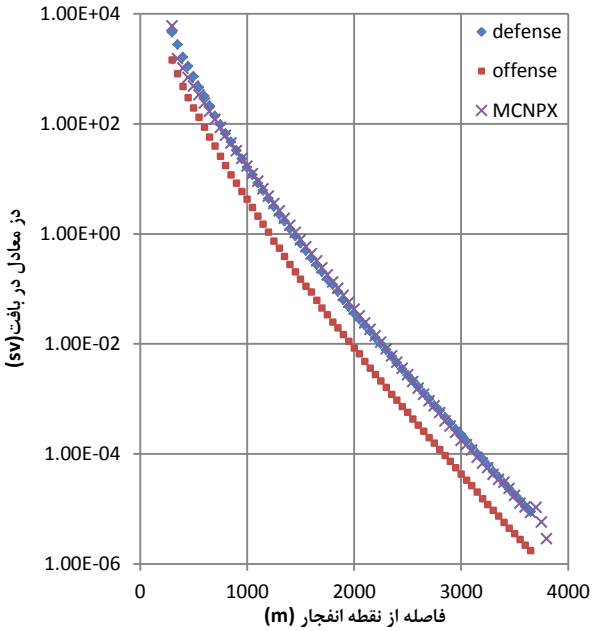
1- Anterior-posterior
2- Posterior- Anterior
3- Lateral
4- Rotational
5- Isotropic

برای محاسبه دز معادل در بافت بدن انسان مورد نیاز است، فلوئنس نوترون اولیه، گامای ثانویه و گامای محصولات شکافت بر اساس ضرایب تبدیل فلوئنس به دز استفاده می‌شوند. این کار با اعمال تالی F4 و تقسیم‌بندی آن بر اساس انرژی‌های جدول‌های موجود در مرجع [۵]، با دستور E4 انجام می‌شود [۷]. همچنین برای کاهش خطای محاسبات که به علت فاصله زیاد از چشمه ایجاد می‌شود از روش کاهش واریانس (تقسیم و رولت روسی) استفاده شده است.

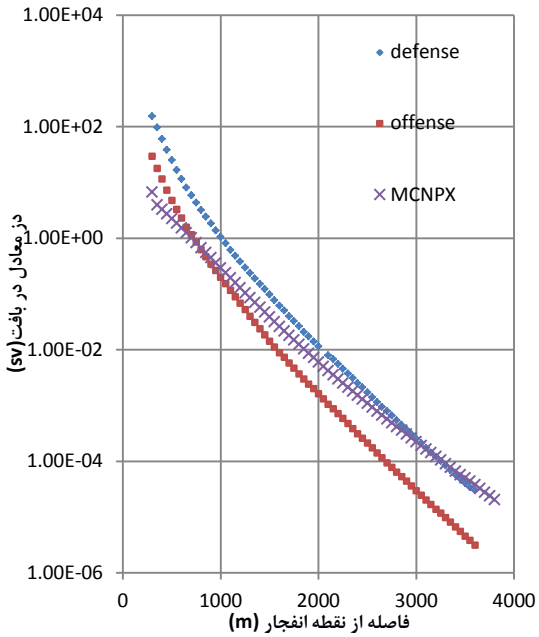
۳- نتایج و بحث

نتایج شبیه‌سازی‌ها در شکل‌های (۳-۱) به صورت دز معادل در بافت بدن انسان آمده است. در این نمودارها، منحنی‌های دیگری نیز در کنار منحنی حاصل از کار شبیه‌سازی مشاهده می‌شود. درواقع این منحنی‌ها به‌عنوان مقادیر مرجع [۱] برای مقایسه با نتایج در کنار منحنی حاصل از کار شبیه‌سازی رسم شده‌اند.

البته در شکل‌های (۲-۱) دو منحنی در کنار منحنی حاصل از شبیه‌سازی مشاهده می‌شود ولی این بدان معنا نیست که حدود دز برای سلاح‌ها با طراحی‌های متفاوت را نشان دهد، بلکه بدین معنا است که دز در بافت غالب سلاح‌های شکافتی بین این دو منحنی قرار می‌گیرد و منحنی بالایی در هر دو شکل تخمین محتاطانه‌ای از دز ناشی از سلاح شکافتی است که مناسب اقدامات و مقاصد دفاعی است و منحنی پایین برای مقاصد تهاجمی ارائه شده است [۸].

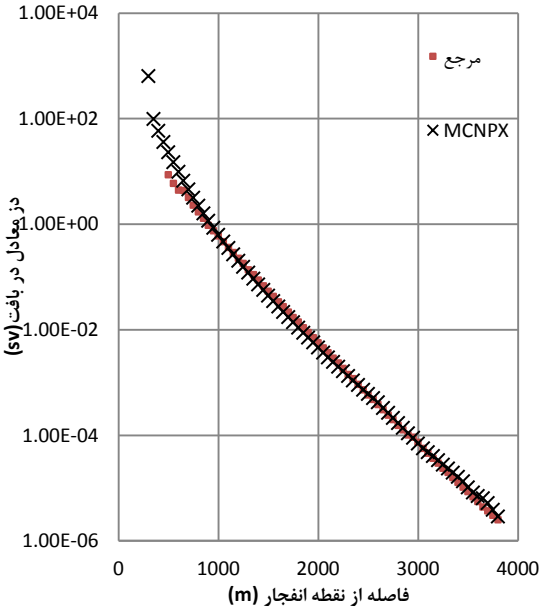


شکل (۱): مقایسه مقدار شبیه‌سازی شده دزمعادل نوترون‌های اولیه در بافت شبیه‌سازی با استفاده از کد MCNPX و دو منحنی مقادیر تدافعی و تهاجمی مرجع به‌عنوان تابعی از فاصله مستقیم.



شکل (۲): مقایسه مقدار شبیه‌سازی شده دزمعادل گامای ثانویه در بافت شبیه‌سازی با استفاده از کد MCNPX و دو منحنی مقادیر تدافعی و تهاجمی مرجع به‌عنوان تابعی از فاصله مستقیم.

جهت استفاده از نتایج شبیه‌سازی در سلاح‌هایی با قدرت بیش از یک کیلوتن کافی است نتایج شبیه‌سازی در قدرت سلاح بر حسب کیلوتن ضرب گردد به‌جز در مورد گامای محصولات شکافت. نتایج حاصل از شبیه‌سازی گامای محصولات شکافت در شکل (۳) به‌جای ضرب در قدرت دقیق، باید در قدرت مؤثر ضرب گردند [۱]. این کار باعث می‌شود تا شرایط هیدرودینامیکی انفجار وارد مسئله شود (برای اطلاعات بیشتر به مرجع شماره [۱] مراجعه کنید).



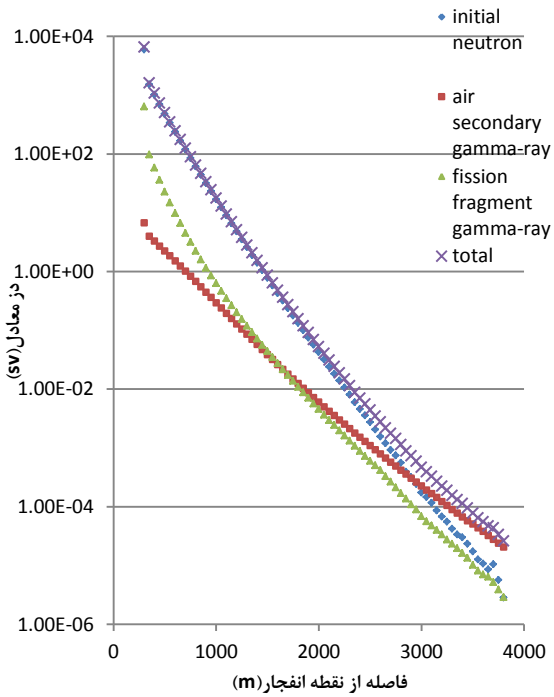
شکل (۳): مقایسه منحنی مقدار شبیه‌سازی شده دزمعادل گامای محصولات شکافت در بافت شبیه‌سازی با استفاده از کد MCNPX و منحنی مقدار مرجع به‌عنوان تابعی از فاصله مستقیم.

۳-۱- دز معادل کل

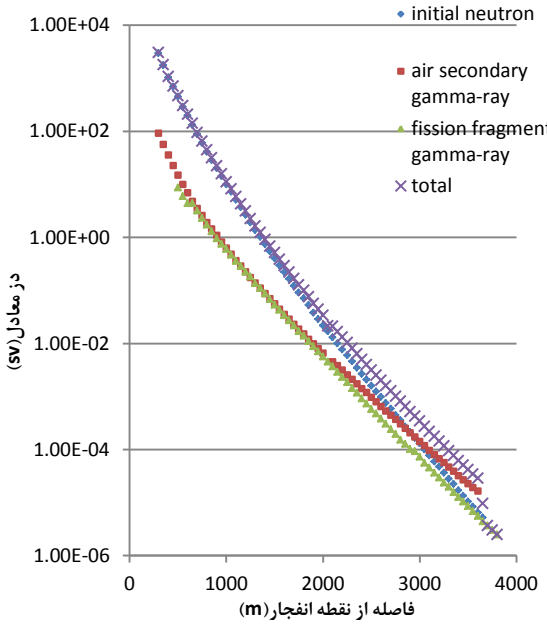
آنچه در عمل اهمیت می‌یابد، دز معادل کل ناشی از ۳ چشمه‌ای است که در مقدمه معرفی شد که در شکل (۴) مشاهده می‌شود. در شکل (۵) دز معادل کل از مقادیر مرجع نیز برای مقایسه با نتایج شبیه‌سازی ارائه شده است.

بر اساس نتایج نمودارهای شکل‌های (۵-۴)، در فواصل نزدیک‌تر به نقطه انفجار دز معادل ناشی از نوترون اولیه، سهم اصلی در دز معادل کل را دارد. اما با افزایش فاصله، به دلیل جذب نوترون، سهم نوترون اولیه به مرور کاهش می‌یابد. همچنین دز دریافت شده از بمب متناسب با عکس مجذور فاصله از انفجار کاهش می‌یابد [۹].

در عوض سهم دز گامای ثانویه در دز معادل کل افزایش می‌یابد و در فاصله تقریباً ۳ کیلومتری سهم هردو برابر می‌شود و در فواصل بیشتر، سهم دز گامای ثانویه از نوترون اولیه پیشی می‌گیرد. دز معادل گامای محصولات شکافت اما با افزایش فاصله با شیب تقریباً ثابتی کاهش می‌یابد و می‌توان گفت از آنجایی که شدت و یا تعداد پرتوهای گاما و همچنین نوترون در عبور از ماده تابعیت نمائی دارد [۱۰-۱۲]، این رفتار به خوبی در شکل‌های (۵-۴) برای گامای محصولات شکافت قابل ملاحظه است.



شکل (۴): دز معادل کل در بافت‌های بدن انسان به عنوان تابعی از فاصله از نقطه انفجار شبیه‌سازی شده با کد MCNPX



شکل (۵): دز معادل کل در بافت‌های بدن انسان به عنوان تابعی از فاصله از نقطه انفجار از مقادیر مرجع

۴- نتیجه‌گیری

تابش‌گیری می‌تواند برنامه‌ریزی شده و یا غیرمترقبه باشد، و یا این‌که در محیط وجود داشته باشد، که در مورد یک انفجار هسته‌ای امری غیرمترقبه است. برای امور غیرمترقبه سه سطح مرجع در کمیته بین‌المللی حفاظت پرتوی دز تعریف شده است. اگر در میان سه باند معرفی‌شده سطح مرجع[1] برای دز معادل تابش‌گیری ناگهانی در مرحله پس از حادثه[2] اثرات ناکاتوره‌ای (حتمی)، مقدار محتاطانه ۱۰mSv در نظر گرفته شود، با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده، فاصله ایمن بر اساس شبیه‌سازی یک سلاح ۱ KT برای افراد در معرض تابش ۱۹۰۰ متر خواهد بود. همچنین برای همه افراد در معرض تابش بر اساس دز معادل حاصل از مقادیر مرجع، فاصله ایمن ۱۸۰۰ متر خواهد بود.

۵- منابع

1. S. Glasstone, P. J. Dolan, “The Effects of Nuclear Weapons,” United States Department of Defense & Energy Research & Development Adminstratin, 1977.
2. P. P. Craig and J. A. jangerman, “Nuclear Arms Race Technology and Society,” University of California, 1986.
3. R. J. McConn, C. J. Gesh, R. T. Pagh, R. Rucker, and R. G. A. Williams, “Compendium of Material Composition Data for Radiation Transport Modeling,” Pacific Northwest National Laboratory , Revis1, 2011.

1- Reference Levels (annual or acute)
2- Post-Accident

4. J. Lamarsh, “Nuclear Reactor Theory,” Addison Wesly, 2002.
5. ANSI/ANS-6.1.1., “Neutron and GammaRayFluence-to-Dose Factors,” American Nuclear Society, 1991.
6. H. Cember and T. Johnson, “Introduction to health physics,” McGraw-Hill, 2009.
7. D. B. Pelowitze, “MCNPX User’s Manual version 2.6.0,” 2008.
8. M. Shayesteh, “Nuclear Weapons and Their Effects,” Center for Planning and Compilation of Textbooks Deputy Head of Education and Human Resources of the Joint Staff of the IRGC, 2006. (In Persian)

۹. شایسته، م، سلاح‌های هسته‌ای و اثرات آنها، مرکز برنامه‌ریزی و تالیف کتابهای درسی- معاونت آموزش و نیروی انسانی ستاد مشترک سپاه، ۱۳۸۵.

10. D. Ghasemabadi and N. Mansour Sharifloo, “The calculation of absorbed dose caused by uranium bomb blast in personnel and determination of a sutitable nuclear shield for an individual shelter,” Passive Defense Quarterly, vol. 1, no. 3, pp. 29-36, 2010.
11. N. Tsoulfanidis, “Measurement and detection of radiation,” CRC Press, 2010.
12. G. F. Knoll, “Radiation detection and measurement,” John Wiley & Sons, 2010.
13. J. Valentin, “Annals of The ICRP: Publication 103,” The Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, 2007.

Dosage Calculations of The Initial Radiation Due to Low-Altitude Nuclear Fission Explosion

A. Rezaei, M. Shayeste, M. Eshghi[*]

Abstract

After a nuclear explosion, we observe radiations like alpha, beta, gamma, and neutron rays, which emerge directly or indirectly from the explosion. Considering the importance of studying nuclear radiations and their range, these radiations are divided into initial and residual types. Apart from neutron and gamma rays, other radiations due to their physical nature are not significant in long-range studies. In this study, equivalent dose of the reference data's initial radiation is calculated for benchmarking. On the basis of their power, initial neutron sources, secondary gamma sources caused by neutron interaction in the air, and gamma sources from fission products for the first minute after the explosion have been identified. By simulating the transport of these particles in the environment using Monte Carlo MCNPX Code, the equivalent doses in the tissue from 300 to 3800 meters have been calculated. Safe distance for exposure to 1KT weapon is equal to 1900 meters according to simulation results, and equal to 1800 meters based on the reference dose..

Key Words: *Initial Radiation, Equivalent Dose in Tissue, Instantaneous Radiation, Monte Carlo Simulation*

[*] Imam Hossein Comprehensive University - (meshghi@ihu.ac.ir) - Writer-in-Charge