

شبیه‌سازی توزیع دز محیطی سامانه رطوبت و چگالی سنج هسته‌ای مدل MC-1DR با کد MCNPX

مرتضی رئیسی*، جعفر اسماعیلی و ابراهیم شیروانی

گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، چهارمحال و بختیاری، ایران.

*چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، دانشگاه شهرکرد، دانشکده علوم، گروه فیزیک، کدپستی: ۸۸۱۸۶۳۴۱۴۱

پست الکترونیکی: Raeksi.morteza@gmail.com

چکیده

در این تحقیق میزان توزیع دز در اطراف سامانه رطوبت و چگالی سنج هسته‌ای MC-1DR واقع در دانشگاه شهرکرد با کد MCNPX شبیه‌سازی شده و با مقادیر اندازه‌گیری مقایسه شده است. با توجه به عدم تقارن سیستم و موقعیت چشمه‌های نوترون و گاما مقدار دز معادل در فاصله‌های ۵ و ۳۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری و در جهت‌های مختلف تعیین شده است. به دلیل هندسه پیچیده جداره‌های داخلی سامانه و عدم داده‌های دقیق در مورد ترکیبات آلیاژی دیواره‌های داخلی و خارجی و ساختمان داخلی چشمه‌ها، بین نتایج تجربی و شبیه‌سازی در بعضی از نقاط اختلاف‌هایی مشاهده شده است. در حالت کلی نتایج نشان می‌دهد زمانی که چشمه گاما در داخل سامانه قرار دارد، بیش‌ترین دز در زیر دستگاه و کم‌ترین در پشت دستگاه قرار دارد. هم‌چنین در سمت چپ دستگاه دز نوترون و در قسمت راست دز گاما بیش‌تر است. در مقایسه با حداکثر دز مجاز در روز، ۱۲ mrem، زمان استفاده از دستگاه حداکثر یک ساعت و در فاصله ۱ m از آن توصیه می‌شود.

کلیدواژگان: آهنگ دز معادل، سامانه MC-1DR، کد MCNPX.

۱. مقدمه

میزان آب موجود در خاک اندازه‌گیری می‌شود. با انتشار پرتوهای گاما از چشمه Cs که به صورت متحرک در خاک قرار می‌گیرد میزان عبور آن از لایه خاک مقدار چگالی خاک اندازه‌گیری می‌شود [۲].

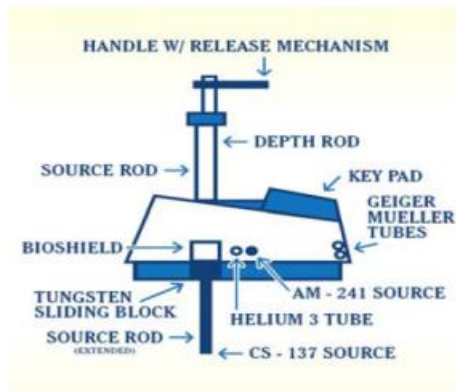
با توجه به این‌که اساس کار این سامانه برحسب گسیل تابش‌های هسته‌ای و آشکارسازی آن‌هاست، بررسی حفاظت در برابر پرتو توسط کاربر امری ضروری است. که باید با شیوه‌های مختلف از میزان توزیع دز در اطراف سامانه به

برای اندازه‌گیری رطوبت و چگالی خاک روش‌های متفاوتی وجود دارد. یکی از آسان‌ترین و سریع‌ترین این روش‌ها، استفاده از چگالی‌سنج و رطوبت‌سنج هسته‌ای است که می‌تواند بدون تغییر در نمونه خاک، سریع و برخط چگالی و رطوبت خاک را برحسب نیاز کاربر اندازه بگیرد و به کاربر فرصت اندازه‌گیری مجدد، به منظور حصول اطمینان از نتایج به دست آمده را می‌دهد. [۱] در این سامانه‌ها با گسیل نوترون سریع از چشمه Am-Be به داخل خاک و حرارتی شدن آن‌ها



صورت سالانه مطمئن شد و اطلاعات آن در اختیار کاربر قرار گیرد تا هنگام کار با دستگاه ضمن رعایت دستورالعمل‌های حفاظتی، در موقعیت مناسبی نسبت به دستگاه، هنگام کار با آن قرار گرفته و شیوه صحیح حمل و نگهداری آن را بدانند، تا در کنار مزایای این دستگاه، خطراتی متوجه کاربر این سامانه‌ها نشود.

امروزه این سامانه به دلیل پیشرفت‌هایی که قابلیت برنامه‌ریزی در الکترونیک آن‌ها جهت استخراج داده‌ها صورت گرفته، مدل‌های مختلفی به لحاظ شکل و نحوه عملکرد ارائه شده است. اما از نظر نوع چشمه‌ها، جنس مواد و اندازه‌ها تقریباً یکسان می‌باشد. به عنوان نمونه شرکت CPN که در حال حاضر به شرکت InstroTek واگذار شده است به مدت ۵۰ سال، سابقه در زمینه طراحی و تولید سامانه‌های سنجش هسته‌ای دارد، مدل‌های مختلفی از نمونه اولیه MC-1DR تا مدل پیشرفته MC-Elite ارائه نموده است. در حال حاضر مدل ابتدایی MC-1DR که سال ۱۳۷۲ توسط دانشگاه شهرکرد جهت استفاده در پروژه‌های پژوهشی کشاورزی خریداری شده در اختیار این تحقیق قرار دارد (شکل ۱). برای اولین بار است که این دستگاه‌ها در حال راه اندازی است. اما متأسفانه در حال حاضر اطلاعاتی دقیقی راجع به نحوه به کارگیری آن و میزان پرتودهی در اطراف آن وجود ندارد. بنابراین هدف اول در این کار بررسی میزان دز معادل در اطراف این سامانه است. به دلیل فعالیت بالای چشمه نوترون (۵۰ mCi) و چشمه گاما (mCi) (۱۰) امکان مشاهده مستقیم داخل دستگاه وجود ندارد. بنابراین فقط با موجود بودن اطلاعات کاربرگ که مربوط به چشمه روی جعبه حمل آن و مقایسه ابعاد آن با مدل MC-3 که از لحاظ شکل ظاهری و قدرت چشمه‌های نوترون و گاما با مدل MC-1DR مشابه است، مشخصات اولیه‌ای تعیین گردید.



شکل (۱) بالا: نمای بیرونی و پایین: نمای برشی سامانه.

۲. مواد و روش‌ها

در مرحله اول این تحقیق با استفاده از دزیمر گایگر-مولر و دزیمر نوترونی BF_3 مقادیر دز نوترون و گاما را در فواصل ۵، ۳۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری را در جهات مختلف، جلو، عقب، راست، چپ، پایین و بالا اندازه‌گیری شده است (شکل ۲). سپس با استفاده از کد MCNPX نسخه ۲/۶ مقادیر دز در همان نقاط اندازه‌گیری و محاسبه شد [۳، ۴، ۵].



شکل (۲): سمت راست: دزیمر نوترون و سمت چپ:

دزیمر گایگر-مولر.

۱.۲. توصیف شبیه سازی

برای شبیه سازی سامانه MC-IDR فایل ورودی برنامه که شامل ابعاد و مواد و چشمه های سامانه هست را تعریف و آهنگ دز در فواصل ۵ و ۳۰ و ۱۰۰ سانتی متری برای خروجی برنامه در نظر گرفتیم (جدول ۱). نوع مواد در جداره و کف دستگاه در این جدول براساس مقایسه با مشخصات موجود در راهنمای مدل MC-3 تنظیم شده است.

جدول (۱): مشخصات کلی دستگاه.

ابعاد دستگاه بدون	۱۹×۲۳×۳۴ سانتی متر
جنس کف	آلومینیوم
جنس بدنه	سرب، تنگستن و کادمیوم
حفاظ چشمه ها	استیل
فعالیت چشمه - ^{۱۳۷} CS	۱۰ mCi
فعالیت چشمه ^{۲۴۱} Am-Be	۵۰ mCi
ضخامت حفاظ بدنه	۶ میلی متر
ابعاد چشمه	۵۰×۲۲ میلی متر
نوترون (قطر×ارتفاع)	
ابعاد چشمه	۱۰×۸ میلی متر
گاما (قطر×ارتفاع)	

۳. نتایج و بحث

در این شبیه سازی به دلیل نامشخص بودن ضخامت آلیاژهای به کار برده شده در دیواره و کف سامانه از مقادیر مختلفی برای ضخامت استفاده شده که در مجموع ۶ mm در نظر گرفته شده است. در شرایط ظاهری در صورتی که کف به طور

کامل آلومینیوم و دیواره به صورت سرب در نظر گرفته شود مقادیر شبیه سازی بسیار بزرگ تر از مقادیر اندازه گیری خواهد بود. بنابراین تغییر ضخامت مواد در شبیه سازی لازم است. در این جا فقط نتیجه محاسبات به ازای ضخامت های سرب ۳/۵، کادمیوم ۲ و تنگستن ۰/۵ میلی متر در جداره و کف آلومینیوم ۴ و سرب ۲ میلی متر ارائه شده است.

در جدول ۲ مقادیر آهنگ دز معادل اندازه گیری شده گاما و نوترون و مجموع آن ها و مقادیر شبیه سازی متناظر نشان داده شده است. در فواصل ۳۰ و ۱۰۰ سانتی متری نتایج به یک دیگر نزدیک می باشد در حالی که در فاصله ۵ سانتی متری اختلاف زیادی مشاهده می شود. به دلیل این که در فواصل کم گرادیان آهنگ دز بیش تر است باید شرایط شبیه سازی دقیق تر باشد. اما در فواصل دورتر قانون عکس مجذور فاصله ناشی از نقطه ای بودن چشمه حاکم است. همان طور که انتظار می رود بیش ترین دز دریافتی نوترون و گاما از کف دستگاه است (در محدوده ۸ تا ۱۲ mrem)، و دز دریافتی گاما هم نسبت به نوترون در این ناحیه بیش تر است. اما کم ترین دز نوترون و گاما در بالای دستگاه دریافت می شود که دلیل این امر هم وجود یک حفاظ آلومینیومی اضافه برای نگهداری باتری و سیستم الکترونیک سامانه است. دلیل دیگر داشتن بیش ترین فاصله از چشمه در همین ناحیه است. عقب و سمت راست دستگاه هم بخاطر قرار گرفتن چشمه سزیم به سمت راست کمی بیش تر از جلو و سمت چپ دستگاه است. بنابراین میزان دز نوترون در جلو و عقب نسبت به سمت چپ و راست سامانه اندکی بیش تر است (جدول ۲).

جدول (۲) مقادیر اندازه گیری و شبیه سازی اهنگ دز معادل در اطراف سامانه MC-1DR.

	میلی رم بر ساعت	جلو		عقب		چپ		راست		بالا		پایین	
		گاما	نوترون	گاما	نوترون	گاما	نوترون	گاما	نوترون	گاما	نوترون	گاما	نوترون
شبیه سازی	۰.۵ متر	۶/۲۳	۲/۴۶	۴/۲۵	۲/۳۹	۷/۲۱	۱/۹	۶/۵	۱/۹۱	۹/۱۴	۲/۲۶	۲۰	۷
	۰.۳ متر	۰/۱۷۸	۰/۵۸۴	۰/۳	۰/۲۹	۰/۶	۰/۳۷	۰/۸۸	۰/۰۷	۱/۵۶	۰/۲۸	۴/۹۷	۱/۵۶
	۱ متر	۰/۰۸	۰/۰۰۱	۰/۱۱۴	۰/۰۷	۰	۰	۰	۰/۰۰۱	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۱۷	۰/۱
اندازه گیری	۰.۵ متر	۴/۲	۱/۸	۵/۲۱	۱/۵	۳/۶	۱/۶	۳	۱	۳	۱/۸	۱۲/۵	۳/۲
	۰.۳ متر	۰/۳۵	۰/۶	۰/۳۵	۰/۶	۰/۳	۰/۵	۰/۳۵	۰/۳	۰/۶	۰/۳	۰/۸	۰/۹
	۱ متر	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۷	۰	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۳	۰/۲

۴. جمع بندی

نتایج تجربی و شبیه سازی در بعضی از نقاط اختلاف هایی مشاهده شده است. این اختلاف زمانی که مقادیر ضخامت آلیاژها مقادیر خاصی باشد به حداقل می رسد. اما در حالت کلی نتایج نشان می دهد زمانی که چشمه گاما در داخل سامانه قرار دارد بیشترین دز در زیر دستگاه و کمترین در پشت دستگاه قرار دارد. همچنین در سمت چپ دستگاه دز نوترون در قسمت راست دز گاما بیش تر است. در مقایسه با حداکثر دز مجاز در روز، ۱۲ mrem، زمان استفاده از دستگاه حداکثر یک ساعت در روز و در فاصله ۱ m از آن است.

در این مطالعه مقادیر توزیع دز در اطراف سامانه رطوبت و چگالی سنج هسته ای MC-1DR مورد بررسی قرار گرفته است. با کد MCNPX آهنگ دز معادل شبیه سازی شده و با مقادیر اندازه گیری مقایسه شده است. با توجه به عدم تقارن سیستم و موقعیت چشمه های نوترون و گاما مقدار دز معادل در فاصله های ۵ و ۳۰ و ۱۰۰ سانتی متری و در جهت های مختلف تعیین شده است. به دلیل هندسه پیچیده جدارهای داخلی سامانه و عدم داده های دقیق در مورد ترکیبات آلیاژی دیوارهای داخلی و خارجی و ساختمان داخلی چشمه ها، بین

۵. مراجع

- [1] S.M. Sargand , S.S Kim.and Farington S.P. Non-Nuclear Density Gauge Comparative Study. Ohio press(2004).
- [2] R. MunozCarpena., S.Shukla and K.Morgan 2004. Field devices for monitoring soil water content,24p.
- [۳] صمیمی، بیژن. راهنمای شرایط بهداشت کار و کنترل تشعشعات یونیزاسیون در صنایع فلزی. تهران، پژوهشکده محیط زیست، (۱۳۹۵).
- [۴] کاسه ساز، یاسر. حسن زاده، مصطفی. آموزش کد MCNPX. تهران، یاسر کاسه ساز، (۱۳۹۴).
- [5] X-5 Monte Carlo Team MCNP – A General Monte Carlo N Particle Transport Code, Volume I – Overview and Theory. Los Angeles National Laboratory, University of California, USA (2003).