

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله



بیست و یکمین کنفرانس هفتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

محاسبه و اندازه گیری تجربی توزیع شار در راکتور MNSR اصفهان

نامی نظری، محمد؛ احمدی، مسعود؛ خورسندی، جمشید؛ رضوانی فرد، مهدی؛ عبادتی، جواد؛ یزدان ستاد، فرهاد

سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده راکتور

چکیده:

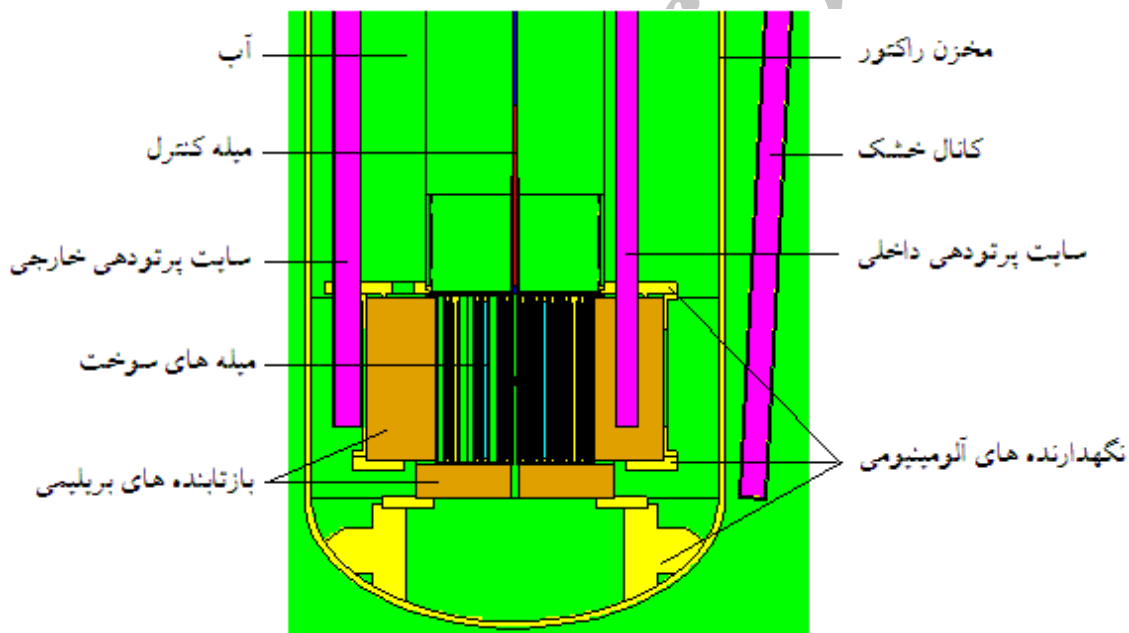
در این مقاله توزیع شار نوترون در قلب راکتور MNSR اصفهان با استفاده از کد مونته‌کارلوی MCNPX محاسبه و با مقادیر تجربی موجود در سند SAR راکتور و همچنین مقادیر به دست آمده از آزمایشات مقایسه شد. برای محاسبه توزیع شار در قلب از یک مدل سه بعدی نوترونیک در کد MCNPX استفاده شده است. از این مدل برای محاسبه توزیع محوری و شعاعی نوترون‌های حرارتی در قلب، توزیع شار در سایت‌های پرتودهی داخلی، خارجی و کانال خشک راکتور استفاده شد. نتایج مقادیر تجربی و محاسبات شبیه‌سازی شده نشان دادند که سازگاری‌های خوبی بین این مقادیر وجود دارد.

کلیدواژه: راکتور MNSR، توزیع شار، کد MCNPX.

مقدمه

راکتور MNSR اصفهان، یک راکتور تحقیقاتی از نوع تانک استخری است. این راکتور یکی از راکتورهای تحقیقاتی کم توان (۳۰ kW) است که از اورانیوم با غنای بالا به عنوان سوخت، آب سبک به عنوان کندکننده و بریلیم به عنوان بازتابنده بهره می‌برد. انتقال حرارت در قلب راکتور، با استفاده از فرایند همرفت طبیعی صورت می‌گیرد. زیر- کندکنندگی و جرم بحرانی کم از ویژگی‌های بارز این راکتور می‌باشد. راکتور MNSR از ۵ قسمت اصلی تشکیل شده است که شامل: قلب راکتور، سیستم کنترل، استخر آب، سیستم‌های جانبی و سیستم پرتودهی می‌باشد. قلب شامل یک میله کنترل مرکزی، ۳۴۳ میله سوخت و ۷ میله بدلی سوخت از جنس آلومینیم است. قطر و ارتفاع فعال قلب ۲۳ cm می‌باشد. راکتور دارای سه نوع بازتابنده بریلیمی است: بازتابنده حلقوی جانبی که قلب راکتور را محاط می‌کند، بازتابنده تحتانی و صفحات بریلیمی بالای قلب. ۵ سایت پرتودهی داخلی و ۵ سایت پرتودهی خارجی به ترتیب داخل و اطراف بازتابنده حلقوی وجود دارد. اهمیت استفاده از بریلیم به عنوان بازتابنده در قلب، انجام واکنش‌های ${}^9\text{Be}(n,2n){}^8\text{Be}$ و ${}^9\text{Be}(\gamma,n){}^8\text{Be}$ است. بیشینه شار نوترون حرارتی راکتور در سایت‌های پرتودهی داخلی و خارجی به ترتیب برابر $1 \times 10^{12} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$ و $5 \times 10^{11} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$ می‌باشد. از اهداف این راکتور تحقیقاتی

می توان به آنالیز به روش فعال سازی نوترونی (NAA)، تولید رادیوایزوتوپ های با نیمه عمر متوسط و کوتاه و آموزش (کارگردانی راکتور و آزمایشات فیزیک راکتور) اشاره کرد [۱]. کارکنان و محققانی که در آزمایشگاه آنالیز به روش فعال سازی نوترونی و در گروه فیزیک راکتور مشغول به کار هستند، نیاز به نقشه کاملی از توزیع شار نوترون های حرارتی و سریع در مکان های مهم قلب راکتور MNSR یعنی سایت های پرتو دهی داخلی و خارجی دارند [۲]. برای محاسبه نمودارهای توزیع شار، راکتور MNSR با استفاده از کد MCNPX در سه بعد مدل شده است. این مدل سه بعدی شامل همه اجزای راکتور که در بالا به آن ها اشاره شد، می باشد. نمایی از این مدل سه بعدی در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱. نمای عمودی از راکتور MNSR با استفاده از کد MCNPX.

روش کار

کد مونت کارلوی MCNPX ابزاری قدرتمند و چند منظوره برای محاسبات ترابرد ذرات است. محاسبات ترابرد نوترون برای فیزیکدانان راکتور در طراحی قلب راکتور از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از این کد می توان در طراحی هندسه قلب راکتورهای پیچیده و همچنین محاسبه ضریب تکثیر موثر (K_{eff})، توزیع شار، توزیع توان در راکتور و ... استفاده کرد [۳]. در ابتدا یک مدل نوترونیک سه بعدی برای راکتور



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

MNSR اصفهان جهت محاسبه توزیع شار نوترون در قلب و سایت‌های پرتو دهی داخلی و خارجی با استفاده از کد MCNPX و سطح مقطع‌های انرژی پیوسته از کتابخانه ENDF/B-VII در دمای 20°C ارائه شده است. در فایل ورودی کد MCNPX از کارت KCODE که معمولا برای محاسبات بحرانی راکتور به کار می‌رود، استفاده شده است. فایل ورودی شامل ۱۶۰ سیکل می‌باشد که دارای ۲۰ سیکل غیرفعال و یک میلیون تاریخچه در هر سیکل است. همچنین از ویژگی پراکندگی $S(\alpha, \beta)$ جهت در نظر گرفتن پراکندگی حرارتی در بازتابنده بریلیم و آب سبک در این مدل استفاده شده است. تجزیه و تحلیل توزیع شار با استفاده از سه گروه انرژی شامل $0 - 0.625\text{ eV}$ برای گروه حرارتی، $0.625\text{ eV} - 0.5\text{ MeV}$ برای گروه فوق حرارتی و $0.5 - 20\text{ MeV}$ برای گروه سریع انجام شده است. توزیع شار محوری و شعاعی در قلب و همچنین توزیع شار محوری در سایت‌های پرتو دهی داخلی و خارجی با استفاده از تالی F4 و کارت FM در کد MCNPX محاسبه گردید. اندازه‌گیری توزیع شار شعاعی و محوری نوترون در سند SAR راکتور، با استفاده از روش پولک گذاری منگنز در آزمایشات قدرت صفر در نمونه اولیه راکتور MNSR صورت گرفته است. همچنین اندازه‌گیری تجربی شار در کانال خشک راکتور با استفاده از پولک ایندیم (In) تا ارتفاع 20 cm انجام شد.

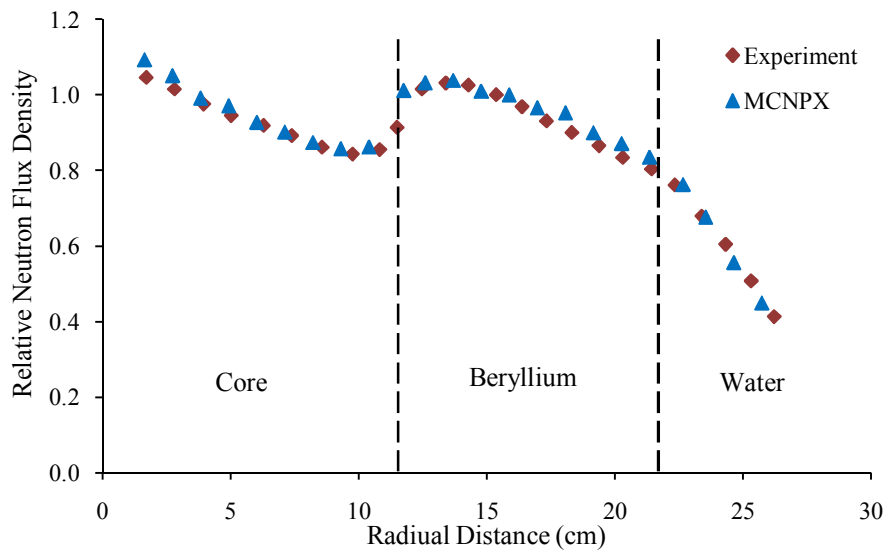
نتایج

شکل (۲) توزیع شار شعاعی نوترون‌های حرارتی را از مرکز قلب تا فضای بین بریلیم حلقوی و مخزن راکتور نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، یک روند کاهشی شار حرارتی در محدوده قلب وجود دارد که نشان دهنده تابع بسط حاکم بر شار شعاعی قلب می‌باشد. در ناحیه‌ای که بازتابنده بریلیمی قرار دارد، به دلیل انجام واکنش‌های (γ, n) و $(n, 2n)$ در بریلیم، شاهد یک بیشینه در شار نوترون‌های حرارتی هستیم که خود بیانگر اهمیت این نوع بازتابنده در راکتور MNSR است. همچنین توزیع شار شعاعی نوترون‌های حرارتی با نتایج تجربی موجود در SAR راکتور مقایسه شده است که توافق خوبی با یکدیگر دارند.



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



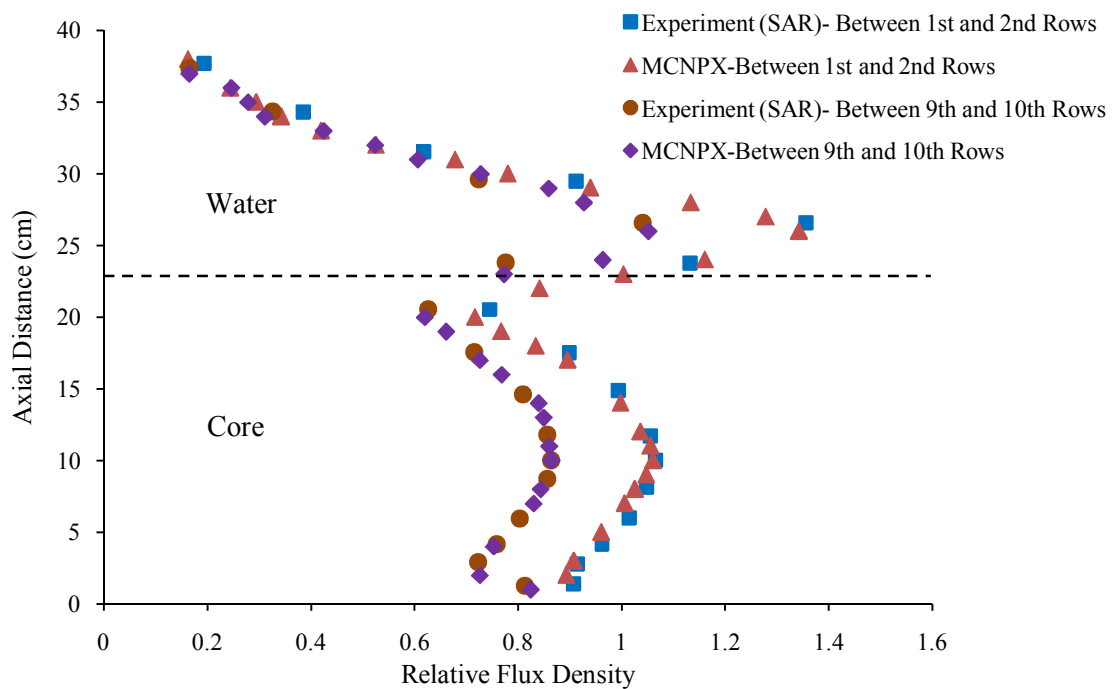
شکل ۲. توزیع شعاعی شار نوترون های حرارتی در قلب راکتور.

شکل (۳) توزیع محوری شار نوترون های حرارتی را در بین ردیف های اول و دوم و ردیف های نهم و دهم سوخت موجود در قلب را نشان می دهد. اولین بیشینه از کف قلب مربوط به مرکز فیزیکی قلب است که همانطور که انتظار می رود شکل کسینوسی دارد و به دلیل وجود بریلیم در قسمت تحتانی قلب، قله توزیع شار حرارتی کمی پایین تر از مرکز هندسی قلب است. وجود قله دوم در این نمودار در قسمت بالای قلب راکتور به دلیل نوترون های سریعی است که در این قسمت انرژی خود را از دست داده و حرارتی می شوند. همچنین در این شکل توزیع محوری شار با نتایج تجربی موجود در SAR راکتور MNSR مقایسه شده است که سازگاری خوبی با یکدیگر دارند.



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۳. توزیع محوری شار نوترون های حرارتی در قلب راکتور.

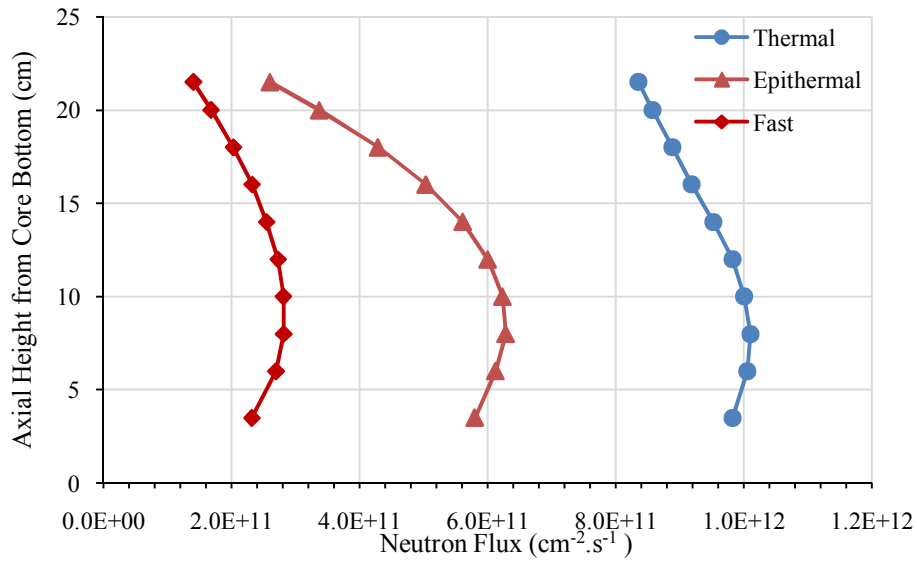
شکل (۴) توزیع محوری شار نوترون های حرارتی، فوق حرارتی و سریع را تا ارتفاع ۱۸ cm در سایت های پرتو دهی داخلی، نشان می دهد. گرادیان (شیب) شار نوترون های حرارتی در ارتفاع حدود ۸ cm از کف قلب که کپسول های پرتو دهی قرار می گیرند، کمتر از ۰.۳٪ است که توافق بسیار خوبی با مقدار ذکر شده در SAR راکتور دارد. این نتیجه ثابت می کند که توزیع محوری شار نوترون حرارتی در محل قرار گیری کپسول های پرتو دهی در این سایت، تقریباً هموار است. این پایداری در توزیع شار نوترون حرارتی باعث می شود که راکتور MNSR برای آنالیز نمونه های ناشناخته با استفاده از فعال سازی نوترونی (NAA) بسیار مناسب باشد.

شکل (۵) توزیع محوری شار نوترون های حرارتی، فوق حرارتی و سریع را در سایت های پرتو دهی خارجی نشان می دهد. گرادیان شار نوترون های حرارتی در محل قرار گیری کپسول های پرتو دهی در این سایت کمتر از ۰.۳٪ است که سازگاری خوبی با مقادیر موجود در SAR راکتور دارد.

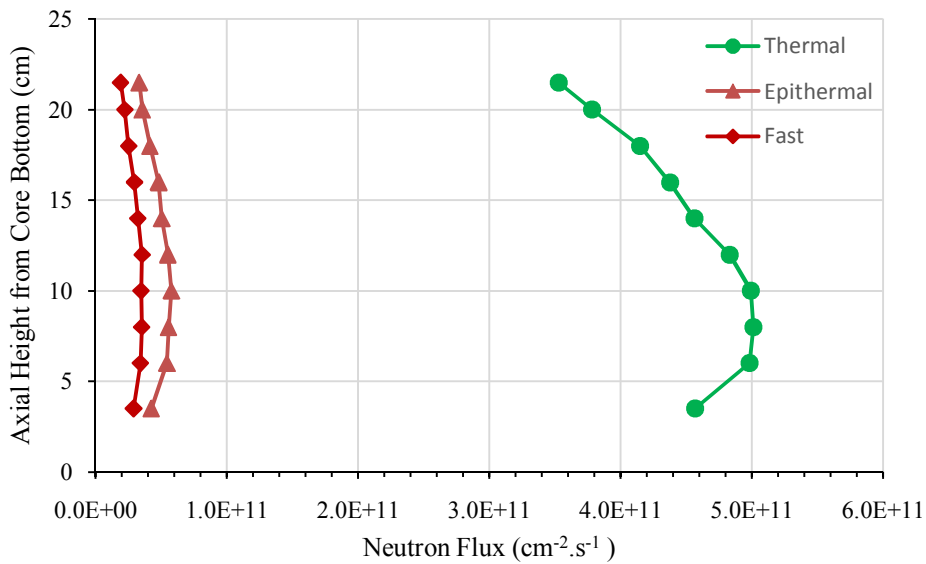


بیست و یکمین کنفرانس هسته ای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۴. توزیع محوری شار نوترون در سایت پرتو دهی داخلی.



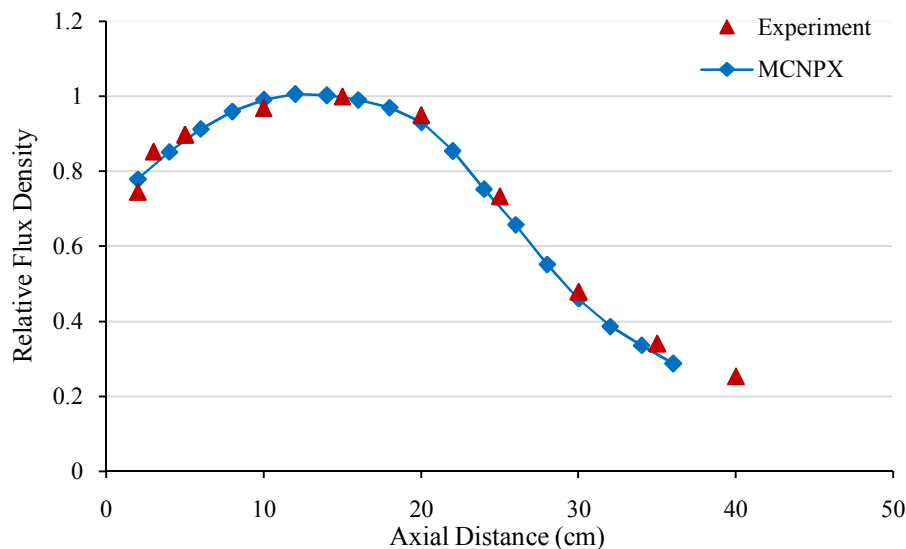
شکل ۵. توزیع محوری شار نوترون در سایت پرتو دهی خارجی.



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

همچنین توزیع محوری شار نوترون حرارتی در کانال خشک راکتور به همراه نتایج تجربی، در شکل (۶) آمده است. توزیع کسینوسی شار در کانال خشک به خوبی مشهود است.



شکل ۶. توزیع محوری شار نوترون در کانال خشک راکتور.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله توزیع شار نوترون در نواحی قلب، بازتابنده حلقوی بریلیم، سایت‌های پرتودهی داخلی، سایت‌های پرتودهی خارجی و کانال خشک راکتور MNSR اصفهان با استفاده از کد MCNPX محاسبه و برخی از نتایج با نتایج تجربی موجود در سند SAR و آزمایشات انجام شده در راکتور مقایسه شد. مقایسه محاسبات انجام شده با نتایج تجربی نشان می‌دهد که توافق بسیار خوبی بین نتایج محاسبه شده و نتایج تجربی وجود دارد که دقت مدل سه بعدی طراحی شده برای راکتور MNSR را اثبات می‌کند.

مراجع

- [1] "Esfahan MNSR Safety Analysis Report". Reactors Research and Development School & Esfahan Health Physics Department. (2014).
- [2] Kattab, K. Sulieman, I. "Calculation of the thermal and fast neutron fluxes in the Syrian miniature neutron source reactor using the MCNP-4C code". Applied Radiation and Isotopes, 67, 535-538, (2009).
- [3] Denise, B. Pelowitz, P. "MCNPXTM User's Manual Version 2.6". Los Alamos National Laboratory, (2008).

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله