

نشریه تابش و فناوری سته ای

نشریه تابش و فناوری هسته ای، دوره ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶

بررسی ومحاسبه آنالیزحساسیت اثر فید بک های دمایی در دو کتابخانه داده ۷۰C و ۲۰C بر روی پارامترهای سینتیکی راکتورتحقیقاتی تهران با استفاده از روش مونت کارلو

حميد رضا خالقي"*

^۱ کارشناسی ارشد، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، کرمان، ایران (تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۲۸ - تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۱۰)

چکیدہ

هدف از این پژوهش، محاسبه آنالیز حساسیت پارامترهای سیتیکی راکتور تحقیقاتی تهران با در نظر گرفتن اثر فیدبکهای دمایی با استفاده از کد MCNPX است. پارامترهای سیتیکی شامل، کسرمؤثر نوترونهای تأخیری (۵٫۳) و زمان متوسط تولید نوترون (۱۸) می باشند. محاسبه دقیق این پارامترها برای عملکرد ایمنی و کنترل راکتورها بسیار مهم است و اهمیت به سزایی در تجزیه و تحلیل دینامیکی سیستم دارد. در این تحقیق با تغییر دادن دمای سوخت و سایر مواد به کار رفته در قلب راکتور تحقیقاتی تهران از ۲°۲۰ تا ۲۰ ۱۰۰ اثرات این تغییر دما بر روی پارامترهای سیتیکی راکتور برای دو کتابخانه داده ۲۰۰ و ۲۰۰ که هر دو در دمای ۲°۲۰ یا ۲۰ در مردو سطح مقطع و در هردو غنای مارکتر (LEU) و ۲۰۰ (HEU) بررسی شده است. نتایج نشان می دهد که مقدارضریب تکثیر (۲٫۳) در هردو سطح مقطع و در هردو غنای مورد نظر با تغییر دما کاهش پیا، میکند. و مقدار آن با افزایش دما در کتابخانه داده ۲۰۰ از آن در کتابخانه داده ۲۰۰ و در هردو غنای مورد نظر با تغییر دما کاهش پیا، میکند. و مقدار آن با افزایش دما در کتابخانه داده ۲۰۰ از آن در کتابخانه داده ۲۰۰ و در هردو غنای مورد نظر با تغییر دما کاهش پیا، میکند. و مقدار آن با افزایش دما در کتابخانه داده ۲۰۰ از آن در کتابخانه داده ۲۰۰ و در هردو غنای مورد نظر با تغییر دما کاهش پیا، میکند. و مقدار آن با افزایش دما در کتابخانه داده ۲۰۰ از مقدار آن در کتابخانه داده ۲۰۰ و در هر دو غنا بیشتر بوده است. مقدار عمرنوترون آنی (۱) و مقدار کسر مؤثر نوترون های تأخیری (۳٫۵) در هردو غنا و در اثر افزایش دما بیشتر است. مقدار و مقدار آنها در کتابخانه داده ۲۰۰ از مقدار آنها در کتابخانه داده ۲۰۰ از مقدار ما افزایش دما در هردو کتابخانه و هردو غنا افزایش می بیا و مقدار آنه از تیا در کتابخانه داده ۲۰۰ از مقدار آنها در کتابخانه داده ۲۰۰ در در مان در کتابخانه داده ۲۰۰ بیشتر است. مقدار پارامتر زمان متوسط تولید نوترون (۱۸) در کتابخانه داده ۲۰۰ با اعمال تغییرات افزایشی دما از مقدار آن در کتابخانه داده ۲۰۰ بیشتر است ولی به طور کلی مانند پارامتر عمرنوترون آنی (۱) روندی افزایشی را در اثر افزایش دما از مقدار آن در کتابخانه داده ۲۰۰ بیشتر است ولی به طور کلی مانند پارامتر عمرنوترون آنی (۱) روندی افزایشی را در اثر افزایش

واژه های کلیدی: فیدبک های دمایی، سطح مقطع، راکتور تهران، پارامترهای سینتیکی، کد MCNPX

^{*} کرمان، کرمان، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فن آوری پیشرفته، برق و کامپیوتر، مهندسی هسته ای، کد پستی ۷۹۳۱۱۳۳۱۳۱ پست الکترونیکی: hamidkhaleghi81@yahoo.com

ا. مقدمه

تعیین پارامترهای سینتیکی برای یک راکتور هستهای در محاسبات فیزیک راکتور و تجزیه و تحلیل رفتار ناپایداری آن ها اهمیت بسزایی دارد [۱]. پارامترهای کسر مؤثر نوترون های تأخیری(βeff) و طول عمر نوترون های آنی(۱) از مهم ترین پارامترهای سینتکی یک راکتور می باشند. روش های مختلفی برای محاسبه این پارامترها وجود دارد که یکی از مهمترین این روش ها، روش مونتکارلو می باشد[۲]. این روش، یک روش آماری است که در آن هیچ معادلهای حل نمی شود بلکه آن پدیده فیزیکی به صورت واقعی همانندسازی میشود. همچنین این روش قابلیت شبیهسازی برای حل مسائل پیچیده را دارد. اجزای اصلی شبیهسازی به روش مونتکارلو تابع توزیع احتمال و مولد اعداد تصادفی هستند. در این پژوهش، آنالیز و محاسبه پارامترهای سینتیکی با در نظر گرفتن اثر فیدبک های دمایی برای دو کتابخانه داده ۲۰C و ۷۰C با استفاده از کد MCNPX [۳] در راکتور تحقیقاتی تهران انجام شده است. این کد یک کد مونتکارلو چند منظوره است که برحسب خاصیت ذرهای نوترون عمل میکند، و برای محاسبات وابسته به زمان، انرژی پیوسته، ترابرد ذرات مختلف در هندسههای سه بعدی را دارد.

در این مطالعه تغییر دما برای دو کتابخانه داده ۲۰C و ۷۰۲ انجام شده که هر دو در دمای ۲ ° ۲۰ یا K ۲ ۲۹۳ است. تفاوت این دو کتابخانه در این است که مقدار داده های کتابخانه ای آنها با هم متفاوت است (برای مثال، تعداد ایزوتوپ ها، محدوده انرژی و یا دما، تعداد و یا نوع مدل های فیزیکی و یا تجربی، دقت و صحت داده ها و غیره). برای هر کدام از این کتابخانهها

در دمای C $^{\circ}$ C یا X $^{\circ}$ ۲۹۳ یک انرژی در نظر گرفته شده است، که برای C $^{\circ}$ I این مقدار برابر 2.5300E-08MeV و برای V·C این مقدار V·C این مقدار این مطالعه برای هر کدام از این دو کتابخانه که در بالا اشاره شد محدوده دمایی هر کدام از این دو کتابخانه که در بالا اشاره شد محدوده دمایی بین C $^{\circ}$ C یا X $^{\circ}$ T $^{\circ}$ C است. در این مطالعه برای گرفته شده است، که این محدوده دمایی با اختلاف C $^{\circ}$ C است. گرفته شده است، که این محدوده دمایی با اختلاف C $^{\circ}$ C است. یا X $^{\circ}$ C یا X $^{\circ}$ C یا X $^{\circ}$ C یا X $^{\circ}$ C یا X یعنی برای هر کدام از این کتابخانه داده ها علاوه بر دمای C $^{\circ}$ C یا X یا X $^{\circ}$ C $^{\circ}$ C $^{$

۲. مواد و روش ها ۱۰۲. شبیه سازی قلب راکتور تهران

راکتور تحقیقاتی تهران از نوع استخری^۱ و غیر همگن بوده و برای حداکثر قدرت MW با کند کنندگی آب سبک و سوخت جامد ناهمگون طراحی شده است. که از آب هم برای خنک کردن و هم برای حفاظ استفاده می شود. قلب راکتور از مجتمع های سوخت از نوع ^۲MTK که در یک صفحه مشبک قرار گرفته اند، تشکیل گردیده است. سوخت راکتور تحقیقاتی تهران در شروع بهره برداری، اورانیوم با غنای بالا (^۳HEU) یعنی ٪۹۳ بود که پس از تجدید نظر در طراحی به اورانیوم با غنای پایین (¹UEU)یعنی ٪۲۰ تبدیل گردید. ترکیب شیمیایی این سوخت به صورت LEU³ می باشد. هر یک از میله های سوخت روی یک صفحه نگهدارنده به ابعاد ۷۰۵m کا و با ضخامت یک صفحه نگهدارنده به ابعاد ۲۰۰۰ × ۲۰۰۰ و با ضخامت اکتر ا

^{&#}x27; pool Type

^v Material Test Reactor

[&]quot; High Enrich Uranium

⁴ Low Enrich Uranium

تشکیل می دهد. این مجموعه در حدود ۸ متری عمق استخر قرار دارد[۱]. جدول(۱) مشخصات و پارامترهای فیزیکی راکتور تحقیقاتی تهران را نشان می دهد[۵,٤].

جدول ۱. مشخصات و پارامترهای فیزیکی راکتور تحقیقاتی تهران استخری رو باز نوع راكتور ٥ مگاوات توان اسمى اورانيوم با غناي بالا ٪۹۳ سوخت اصلى (UAl alloy) اورانیوم با غنای پایین ٪۲۰ سوخت فعلى (U_3O_8Al) نو امبر، ۱۹۶۷ زمان اولين بحراني شدن زمان اولين بحراني شدن با دسامبر، ۱۹۹۲ سوخت جديد تعداد SFE ها در قلب ١٤ اول تعداد CFE ها در قلب ٥ اول سیستم خنک کننده جريان أب تحت فشار آب و گرافیت بازتابنده آب سبک کند کننده و خنک کننده مواد جاذب به کار رفته ٤ عدد ميله ايمني Cd, In, Ag (5%, 15%, 80%) در میله های ایمنی

چیدمانی از قلب راکتور تحقیقاتی تهران که توسط این کد شبیه سازی شده در شکل(۱) آورده شده است. این چیدمان قلب شماره یک راکتور تحقیقاتی تهران میباشد. این چیدمان شامل شماره یک راکتور تحقیقاتی تهران میباشد. این چیدمان شامل استه سوخت کنترلی میباشد و ۱۶ عدد دیگر بسته های سوخت هستند و مکان هایی هم برای تابش دادن به نمونه ها در نظر

گرفته شده که به آنها جعبه تابشی می گویند، در این چیدمان همگی بسته های سوخت تازه می باشند[٥].

		1	FRR Firs	t Opera	ting Co	re Confi	guratio	n		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
		IR BOX	SFE	SFE	IR BOX					A
£	IR BOX	SFE	SFE	CFE SR₃	SFE	IR BOX				B
Thermal Colur	IR BOX	SFE	CFE SR ₂	SFE	CFE SR ₄	SFE	IR BOX			d
	IR BOX	CFE RR	SFE	CFE SR ₁	SFE	SFE	IR BOX			C
		IR BOX	SFE	SFE	SFE	IR BOX				E
										F

شکل ۱. شبیهسازی چیدمان قلب شماره یک راکتور تحقیقاتی تهران با استفاده از کد MCNPX

میله های کنترل تنظیمی ، R.R ، از جنس فولاد ضد زنگ میباشند و به گونهای طراحی شده که ارزش راکتیویته کل آن بین X/ XA ٤/٠و X/ ۸۲ ٦/٠ است. این ارزش به محل استقرار آن در قلب بستگی دارد. این مقدار راکتیویته برای تنظیم قدرت راکتور کافی است. مزیت آن این است که اگر این میله به خطا بیرون کشیده شود راکتور دچار حادثه بحرانیت آنی نمی شود [٤].

ترکیب شیمیایی سوخت راکتور به صورت U₃O₈-AI می باشد که به صورت میله های سوخت درون مجتمع سوخت قرار داده شده است. ابعاد این میله سوخت ۷/۹۸ × ۷/۷۱ × ۱۰/۸ سانتی متر است. تعداد میله های سوخت موجود در هر مجتمع سوخت ۲۶ عدد و تعداد صفحات سوختی موجود در هرمیله سوخت ۱۹ عدد می باشد. در شکل(۲) نمایی از یک میله ی سوخت راکتور تحقیقاتی تهران نشان داده شده است.

'Fresh Fuel

٤٩



شکل۲. ابعاد میله سوخت راکتور تحقیقاتی تهران به سانتی متر

MCNPX محاسبه پارامترهای سینتیکی با کد MCNPX ۱۰۲۰ کسرمؤثر نوترونهای تأخیری یکی از پارامترهای سینتیکی در راکتورها، کسر نوترونهای تأخیری میباشد که بطور مستقیم نمیتوان این پارامتر را با کد

MCNPX محاسبه کرد ولی می توان از نتیجه اجرای دوباره کارت KCODE متوالی مقداری (βeff) را به صورت تقریبی محاسبه کرد [٥].

$$\beta_{\rm eff} = 1 - \frac{K3}{K1} \tag{1}$$

که در این رابطه، پارامتر K₁ همان K_{eff} می باشد و پارامتر K₃ ضریب تکثیر آنی می باشد.

برای محاسبه کسر نوترونهای تاخیری موثر را می توان از روش زیر بهره برد. ابتدا یک بار با استفاده از کارتهای Kcode و Phys (با گذاشتن عدد ۱- به منز له در نظر گرفتن طیف نوترونهای تاخیری و آنی) و کارت Totnu مقدار K1 را بدست آورد و سپس با استفاده از کارت های Kcode و Phys

(با گذاشتن عدد صفر به منزله در نظر نگرفتن طیف نوترونهای تاخیری) و با خاموش کردن کارت Totnu می توان مقدار K3 را بد ست آورد. بنابراین مقدار کسر نوترونهای تاخیری موثر با استفاده از رابطه (۱) بدست آورده می شود [۷-۵].

۲.۲.۲ محاسبه پارامترهای زمانی

در کد MCNP4B و نسخه های بالاتر آن، دو نوع پارامتر زمانی متفاوت در نظر گرفته شده است. یکی طول عمر یا Life span و دیگری نیمه عمر یا Life time میباشد. مقدار عمر نوترون آنی (٤) توسط کد به طور مستقیم محاسبه می شود. البته بایددر نظر داشت که مقدار طول عمر نوترون با عکس سطح مقطع ماکروسکپیک متناسب است[١٠].

$$\ell = \frac{1}{v \Sigma} \tag{Y}$$

که در این رابطه(*U*) سرعت نوترون و (<u>X</u>) سطح مقطع ماکروسکپیک می باشد. برای محاسبه زمان متوسط تولید نوترون (A) از رابطه ی (۳) استفاده شده است.

$$\Lambda = \frac{\ell}{K} \tag{(r)}$$

که در این رابطه (ℓ) عمر نوترون آنی و (K) ضریب تکثیر مؤثر می باشد.

۳.۲. محاسبه پارامترهای نوترونی ۱.۳.۲. محاسبه انرژی نوترون و دما

برای اعمال انرژی نوترون و دما از کارت Tmp در برنامه ورودی کد استفاده شده است. در این تحقیق با تغییر دادن دما از ۲۰°C تا ۲° ۱۰۰ (بیشینه تغییرات دمایی در راکتور تحقیقاتی تهران ٤٠ درجه است) و اثر آن بر روی پارامترهای سینتیکی راکتور برای دو حالت ٪۲۰ و ٪۸۰ بررسی شده است. برای رزونانس عریض تر می شود در صور تیکه بیشینه آن کاهش می یابد که به این پدیده اثر دوپلر و به سطح مقطعهای رزونانسی که بر سرعتهای هسته ای میانگین گیری شده اند دوپلر –عریض شده ^۱ می گویند. شکل (۳) تغییر سطح مقطع رزونانسی در اثر تغییر دما در یک انرژی خاص را نشان می دهد.



شکل۳. گسترده شدن دوپلری رزونانس ها با افزایش دما[۱۱]

در مورد دمای ۲۰۰۵چون دما خیلی زیاد شده است، بنابراین دیگر نمی توان از کتابخانه های داده ۲۰۲ و ۲۰۰۷ استفاده کرد چون برنامه جواب درستی نمی دهد. برای رفع این مشکل برنامه را برای دمای ۲۰۰۵، با کتابخانه داده ۲۱۷ که برای دمای ۲۰۰۶ یا ۲۰ ۳۰۰ در MCNP تعریف شده است اجرا کرده و سپس با درونیابی عدد مورد نظر برای ۲۰ ۱۰۰ به دست آورده شده است [۹].

۲.۳.۲ محاسبه چگالی

چگالی مواد با افزایش دما کاهش پیدا می کند و متعاقب آن با کاهش دما چگالی افزایش پیدا می کند. دلیل این امر این است که با تغییر دما حجم مواد نیز تغییر پیدا می کند و چون حجم، یک

اعمال تغییرات در برنامه برای اعمال کتابخانه داده ۷۰C به این گونه عمل شده که ابتدا در جلو تمامی مواد (عناصر) که در شبیه سازی راکتور تهران از آنها استفاده شده عبارت V·C قرار داده می شود که دلیل این کار این است که اثر تغییرات دما بر روی پارامترهای سینتیکی در یک سطح مقطع خاص به دست آورده شود، این کتابخانه را کد MCNPX برای ۲۰°C و انرژی 2.5300E -08 MeV تعريف كرده است. از أنجايي كه كد MCNPX برای دماهای بین C°C تا MCNPX که با آنها کار شده سطح مقطع ایجاد نکرده است (در MCNPX بعد از کتابخانه ۷۰C ، کتابخانه داده ۷۱C تعریف شده که برای دمای ۲۰۰ ۲۰۰ است و بقیه نیز برای دماهای بالاتر از ۲۰۰[°]K تعریف شدهاست) و نیز دما در قلب راکتورهای تحقیقاتی و من جمله راکتور تحقیقاتی تهران زیاد بالا نمیرود (حد اکثر C° ٤٥) و این حرارت نیز از طریق هدایت طبیعی منتقل میشود[7]، به علاوه اینکه در دمای بین ℃۲۰° تا ℃ ۱۰۰ سطوح مقاطع خیلی تغییر نمیکند، لذا بنا به دلایل ذکر شده در بالا برای دمای بین C°۲ تا C از همان کتابخانه داده V·C استفاده شده است، ولی در اثر تغییر دما پارامترهای دیگری از جمله چگالی مواد به کاررفته در قلب راکتور و انرژی نوترون برخوردی نیز تغییر میکند که این تغییرات برای هر دما به طور مجزا در برنامه اعمال شده است. نوع تغییراتی که در برنامه برای کتابخانه داده ۷۰C اعمال شده با تغییراتی که در برنامه برای کتابخانه داده ۲۰C اعمال شده یکسان است فقط در برخی از موارد از نظر عددی با هم متفاوت است که این به خاطر متفاوت بودن داده های کتابخانه ای این دو است. یکی از نکاتی که در مورد اثر دما بر روی پارامترهای سینتیکی باید به آن توجه شود تغییر سطح مقطع رزونانسی در اثر افزایش دما است. در واقع سطح مقطع به انرژی وابسته است و با آن نسبت عکس دارد. در اثر افزایش دما در یک انرژی خاص

^{&#}x27; Doppler Broadening

حميدرضا خالقى

عامل مؤثر بر روی چگالی مواد است و همچنین با چگالی رابطه معکوس دارد، بنا براین وقتی دمای یک جسم افزایش مییابد حجم آن نیز زیاد می شود و چون حجم با چگالی رابطه عکس دارد بنابراین چگالی آن کاهش مییابد [۹]. برای تغییر چگالی مواد به کار رفته در قلب از رابطه (٤) استفاده شده است.

$$\rho: \frac{m}{V}: \frac{m}{V_0(1+3\alpha\Delta\theta)}: \frac{m/V_0}{1+3\alpha\Delta\theta}: \frac{\rho_0}{1+3\alpha\Delta\theta}: \frac{\rho_0}{1+\beta\Delta\theta}$$
$$\rho: \frac{\rho_0}{1+\beta\Delta\theta} \tag{($)}$$

که در این رابطه، $\rho_0 = \beta$ یالی ماده (عنصر) در دمای اولیه (دمای ۲۰ درجه) است و α و β نیز به ترتیب ضریب انسباط طولی و ضریب انسباط حجمی مواد (عناصر) هستند که البته مقدار β به اندازه ۳ برابر مقدار α است. متغیر $\theta \Delta$ نیز تغییرات دما و ρ مقدار چگالی عنصر را در دمای جدید یا دمای مورد نظر ما نشان می دهد [۸].

ماده دیگر استفاده شده در قلب راکتور تحقیقاتی تهران آب است برای به دست آوردن چگالی آب در دماهای مختلف از منابع موجود استفاده شده است.

در مورد سوخت چون سوخت به صورت ترکیب است نمی توان از رابطه (٤) برای به دست آوردن چگالی آن در دماهای مختلف استفاده کرد. روشی که در این پژوهش برای محاسبه چگالی سوخت در دماهای مختلف استفاده شده است به این صورت است که چون اکثر ماده تشکیل دهنده سوخت اورانیوم است، بنابراین از رابطه (٤) چگالی اورانیوم در دماهای مورد نظر به دست آورده شده، سپس عدد به دست آمده از چگالی اورانیوم در دمای 2° ۲۰ یا همان دمای اتاق کم شده و در نهایت عددی که به دست می آید همان مقداری است که باید از چگالی سوخت

برای هر دمای مورد نظر کم شود تا مقدار چگالی سوخت در دمای مورد نظر بدست آید.

۱.۳. نتایج حاصل از شبیه سازی

کسر مؤثر نوترونهای تأخیری به عنوان یکی از پارامترهای سینتیکی مهم در تمام راکتورهای هستهای، نقش بسیار مهمی در تجزیه و تحلیل رفتار دینامیکی راکتورها دارد. لیکن در این تحقیق پارامترهای نوترونی و سینتیکی نظیر ضریب تکثیر مؤثر ((K_{eff})) کسر مؤثر نوترون های تأخیری (β_{eft})، طول عمر نوترون(\$) و زمان متوسط تولید نوترون (Λ) در غنای ٪۲۰ و ٪۸۰ با در نظر گرفتن اثر فیدبک های دمایی با استفاده از کد MCNPX محاسبه شده است و نتایج آن در جداول(۲) و (۳) برای LEU و ۶و ۵ برای HEU برای کتابخانه داده ۲۰۷ و درجداول (۲) و (۷) برای برای LEU (Λ) و (۹) برای HEU برای کتابخانه ۲۰۲ آورده شده است.

جدول ۲. اثر فیدبک های دمایی بر روی پارامترهای سینتیکی در دمای ۲۰ تا ۱۰۰ درجه در غنای ٪۲۰ در کتابخانه داده ۷۰C

دما	پارامترهای سینتیکی		
(°C)	K _{eff}	خطا	ßeff
۲.	1/•97•7	•/•••٢٥	•/••V0Y
٤.	1/•/4/7	•/•••٢٥	•/••VVY
٦.	1/•/742	•/•••٢٥	•/••٧٨٩
٨٠	1/•٧٦٧٥	•/•••٢٥	•/••٨•¥
١	١/• ٦٣٣١	•/•••٢٥	•/••٨١•

جدول ۵. اثر فیدبک های دمایی بر روی پارامترهای سینتیکی در دمای ۲۰	
تا ۱۰۰ درجه در غنای ٪۸۰ در کتابخانه داده ۷۰C	

دما	پارامترهای سینتیکی		
(°C)	l(sec)	خطا	A(sec)
۲.	۷ /• ٥×١٠ ^{- ٥}	Y/9·× 1·-^	0/EA× 1+-0
٤٠	۷ /۱۱×۱۰ ^{- ۵}	۲/۹·× ۱۰ ^{-۸}	0/00× \ °
٦.	۷ /۲۰×۱۰ ^{- ۵}	۲/۹·× ۱۰ ^{-۸}	0/17× 1°
٨٠	۷ /۳۰×۱۰ ⁻ ۵	۲/۹·× ۱۰ ^{-۸}	0/V0× \ °
۱	٧ /٤٦×١٠- ٥	۲/۹·× ۱۰ ^{-۸}	0/91× 10

جدول ۳. اثر فیدبک های دمایی بر روی پارامترهای سینتیکی در دمای ۲۰ تا ۱۰۰ درجه در غنای ۲۰٪ در کتابخانه داده ۷۰C

دما	پارامترهای سینتیکی		
(°C)	l(sec)	خطا	A(sec)
۲.	۹ /۱× ۱۰ ^{- ۵}	Y/Vox 1^	۸/42× ۱۰-۰
٤٠	٩/١٩× ١٠-٥	Y/Vox 1^	۸/٤١× ١٠ ^{- ٥}
٦٠	9/79× 1 °	Y/Vox 1^	۸/۵٦× ۱۰ ^{- ۵}
۸.	۹/٤١× ١٠ ^{- ٥}	Y/Vox 1^	۸/۷•× ۱۰ ^{- ۵}
۱	9/00× 1.°°	Y/Vox 1^	۸/۸٥× ۱۰ ^{- ۵}

جدول ٤. اثر فیدبک های دمایی بر روی پارامترهای سینتیکی در دمای ۲۰ تا ۱۰۰ درجه در غنای ٪۸۰ در کتابخانه داده ۷۰C

دما	پارامترهای سینتیکی		
(°C)	Keff	خطا	ßeff
۲.	1/87080	•/•••٢٩	•/••٦٩٥
٤٠	1/7774.	•/•••٢٩	•/••٧٢٥
٦٠	١/٢٨١٣٨	•/•••٢٩	•/••٧٤٦
٨.	1/27244	•/•••٢٩	•/••٧٦٦
١	1/27274	•/•••٢٩	•/••VVV

جداول(۲) و (۳) مقدار پارامترهای سینتیکی راکتور تحقیقاتی تهران را در غنای ٪۲۰ و در کتابخانه داده ۷۰C و جداول(٤) و (٥) مقدار پارامترهای سینتیکی را در غنای ٪۸۰ و در کتابخانه داده ۷۰C با افزایش دما نشان می دهد. داده های به دست آمده از این جدول ها نشان می دهد که در هر دو حالت ٪۲۰۲ (LEU) و ٪ ۸۰ (HEU) با افزایش دما مقدار ضریب تکثیر کاهش یافته است که با توجه به شکل (۳) این به دلیل افزایش سطح مقطع رزونانسی به خاطر افزایش دماست(اثر دوپلر)، ولی مقدار کسر مؤثر نوترون های تأخیری افزایش می یابد دلیل آن این است که با افزایش دما اثر دوپلر)، ولی مقدار کسر مؤثر نوترون های تأخیری افزایش می یابد دلیل آن های رزنانس بزرگتر شده که باعث افزایش پیشرو های نوترون این است که با افزایش دما اثر دوپلر پیش میآید یعنی سطح مقطع این است که با افزایش دما اثر دوپلر پیش میآید یعنی سطح مقطع این است که با افزایش دما اثر دوپلر پیش میآید یعنی سطح مقطع این است که با افزایش دما اثر دوپلر پیش میآید یعنی سطح مقطع این است که با افزایش دما اثر دوپلر پیش میآید یعنی سطح مقطع معر نوترون آنی هم به دلیل کاهش ضریب تکثیر مقدار آنها افزایش یافته است.

پارامترهای سینتیکی در دمای ۲۰	جدول ۸. اثر فیدبک های دمایی بر روی
در کتابخانه داده ۲۰ C	تا ۱۰۰ درجه در غنای ٪۸۰ د

دما		مای سینتیکی	پارامتره
(°C)	K _{eff}	خطا	βeff
۲.	1/773709	•/••• * * * * * *	•/••٧٤٢
٤٠	1/7770.	•/•••*	•/••V£0
٦٠	1/77900	•/•••*	•/••٧٥٧
۸.	١/٢٦٣٠٨	•/•••*	•/••VVA
١	1/22100	•/•••*	•/••٧٩٥

جدول ٦. اثر فیدبک های دمایی بر روی پارامترهای سینتیکی در دمای ۲۰ تا ۱۰۰ درجه در غنای ۲۰٪ در کتابخانه داده ۲۰C

دما	پارامترهای سینتیکی		
(°C)	K _{eff}	خطا	ßeff
۲.	1/•٨٨٢٦	•/•••٢٦	•/••٦٨٦
٤.	١/•٨٥٥٠	•/•••٢٦	•/••٦٩٢
٦.	1/• ٨٢٧٧	•/•••٢٦	•/••٧•٦
٨.	1/•٧٢٧١	•/•••٢٦	•/••\\
١	١/•٦٤٥١	•/•••٢٦	•/••Voa

جدول ۹. اثر فیدبک های دمایی بر روی پارامترهای سینتیکی در دمای ۲۰ تا ۱۰۰ درجه در غنای ٪۸۰ در کتابخانه داده ۷۰C

دما	پارامترهای سینتیکی			
(°C)	l(sec)	خطا	A(sec)	
۲.	۷ /• ٥×١٠ ^{- ٥}	۲/VV× ۱۰ ^{-۸}	0/29× 1 °	
٤٠	۰ - ۱۰×۲۰ ۲	۲/۷۷× ۱۰ ^{-۸}	0/0£× \ °	
٦.	V /Y 1×1°	۲/۷۷× ۱۰ ^{-۸}	0/7¥× 1°	
٨٠	۷ /۳٥×۱۰ ^{- ۵}	۲/۷۷× ۱۰ ^{-۸}	0/A·× 1°	
۱	۷/٥٠×۱۰ ^{- ٥}	۲/۷۷× ۱۰ ^{-۸}	0/90× 1 °	

جداول(۲) و (۷) مقدار پارامترهای سینتیکی راکتور تهران را در غنای ٪۲۰ ودر کتابخانه داده ۲۰C و جداول ۸ و ۹ مقدار آنها را در غنای ٪۸۰ ودر کتابخانه داده ۲۰C نشان می دهد. همان گونه که در این جداول مشخص است مقدار ضریب تکثیر

جدول ۷. اثر فیدبک های دمایی بر روی پارامترهای سینتیکی در دمای ۲۰ تا ۱۰۰ درجه در غنای ۲۰٪ در کتابخانه داده ۲۰۰

دما		پارامترهای سینتیکی		
(°C)	l(sec)	خطا	A(sec)	
۲.	۹/۱۱× ۱۰ ^{- ۰}	۲/۸•× ۱۰ ^{-۸}	۸/٣٦× ۱۰ ^{- ۵}	
٤٠	۹/۲۰× ۱۰-۵	۲/۸•× ۱۰ ^{-۸}	۸/٤٦× ۱۰ ^{- ۵}	
٦٠	9/31× 1 °	۲/۸•× ۱۰ ^{-۸}	۸/٥٨× ۱۰ ^{- ۵}	
۸.	۹/٤٥× ۱۰ ^{- ۵}	۲/۸•× ۱۰ ^{-۸}	۸/۸•× ۱۰ ^{- ۵}	
۱۰۰	9/71× 1*	۲/۸•× ۱۰ ^{-۸}	9/•)×)• ^{- 0}	

با افزایش دما در هر دو غنا کاهش داشته است که به این دلیل است که چون با توجه به شکل (۳) در اثر افزایش دما سطح مقطع های رزونانسی افزایش می یابد(اثر دپلر) مقدار شکافت کم شده در نتیجه ضریب تکثیر کاهش یافته است. مقدار کسر مؤثر نوترون های تأخیری با افزایش دما افزایش یافته است دلیل آن این است که با افزایش دما اثر دوپلر پیش می آید یعنی سطح مقطع های رزنانس بزرگتر شده که باعث افزایش پیشرو های نوترون های تأخیری شده است. در مورد زمان متوسط تولید نوترون و عمر نوترون آنی هم به دلیل کاهش ضریب تکثیر مقدار آنها افزایش یافته است.



روش محاسبه کسر مؤثر نوترون های تأخیری (β_{off}) و زمان متوسط تولید نوترون (Λ) در بخش (۲) آورده شده است. این محاسبات برای راکتور تحقیقاتی تهران که با سوخت Al-308 سوخت گذاری شده است انجام شده است. نتایج به دست آمده از این پژوهش در بخش (۱.۳) آورده شده است. در این بخش به تجزیه و تحلیل داده های به دست آمده پرداخته شده است و نمودار تغییرات پارامترهای سینتیکی با تغییر دمای قلب برای هر دو غنا ی ٪۲۰ و ٪۸۰ و برای هردو کتابخانه داده ۲۰۲ و ۷۰۷ ترسیم شده است.



شکل ٤. نمودارضریب تکثیرمؤثر بر حسب افزایش دما برای سوخت با غنای ٪۲۰



شکل۵. نمودارکسر مؤثر نوترون های تأخیری بر حسب افزایش دما برای سوخت با غنای٪۲۰











افزایش دما برای سوخت با غنای ٪۸۰

شکل(٤) نمودار تغییرات ضریب تکثیر مؤثر (Keff) بر حسب افزایش دما را برای سوخت ٪۲۰ راکتور تهران برای دو کتابخانه داده ۲۰۲ و ۲۰۲ نشان می دهد همانطور که مشاهده شد در این نمودار در هر دو حالت مقدار این پارامتر کاهش یافته شد در این نمودار در هر دو حالت مقدار این پارامتر کاهش یافته است، علت کاهش ضریب تکثیر در هر دو کتابخانه داده این است که با افزایش دما با توجه به شکل(۳) سطح مقطع رزونانسی افزایش می یابد، که این افزایش در اورانیوم ۲۳۸ بیشتر است. افزایش سطح مقطع رزونانسی باعث می شود نوترونها به مقدار زیادی جذب در رزونانس های اورانیوم ۲۳۸ شوند، یعنی جذب پرتوزا اتفاق می افتد. بنابراین میزان نوترون تولیدی کاهش می یابد. دلیل دیگر این است که هر چه دما افزایش یابد باعث کاهش چگالی کند کننده می شود، که سبب می شود مقدار نوترون کمتری کند (حرارتی) شود که این کاهش در نوترون های حرارتی باعث کاهش فرایند شکافت و در نتیجه کاهش ضریب تکثیر می شود.

شکل(۵) میزان تغییرات کسر مؤثر نوترونهای تأخیری (βeff) بر حسب افزایش دما، در غنای ٪۲۰ برای دوکتابخانه ی داده ۷۰C و ۲۰C را نشان میدهد. این نمودار نشان داد که مقدار کسر مؤثر نوترونهای تأخیری با افزایش دما در هر دو کتابخانه بیشتر شده است. دلیل آن این است که با افزایش دما اثر دوپلر پیش



شکل ۸ . نمودار ضریب تکثیر مؤثر برحسب افزایش دما برای سوخت با غنای ۸۰۸







می آید یعنی سطح مقطع های رزونانس با توجه به شکل(۳) بزرگتر می شود و در نتیجه میزان جذب و شکافت نیز تغییر می کند. افزایش شکافت افزایش پیشروهای نوترون تأخیری را به دنبال دارد در نتیجه کسر مؤثر نوترونهای تأخیری افزایش یافته است.

شکل(٦) مقدار عمر نوترون (٤) را بر حسب افزایش دما در غنای ٪۲۰ برای دو کتابخانه داده ۷۰C و ۲۰C نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود مقدار عمر نوترون با افزایش دما در هردو سطح مقطع افزایش می یابد. دلیل این افزایش این است که عمر نوترون با ضریب تکثیر نسبت عکس دارد بنابراین چون ضریب تکثیر با افزایش دما کاهش یافته است مقدار عمرنوترون افزایش پیدا کرده است.

شکل(۷) نمودار زمان متوسط تولید نوترون (۸) را بر حسب افزایش دما در غنای ٪۲۰ در دو کتابخانه ۲۰۰ و ۷۰۷ نشان میدهد. در این نمودار زمان متوسط تولید نوترون در اثر افزایش دما بیشتر شده است که دلیل آن به رابطه ۳ بر می گردد. بر مبنای این رابطه زمان متوسط تولید نوترون با ضریب تکثیر نسبت عکس دارد یعنی کاهش ضریب تکثیر افزایش زمان متوسط تولید نوترون را در پی خواهد داشت.

شکل(۸) نمودار تغییرات ضریب تکثیر مؤثر (Keff) بر حسب افزایش دما را برای سوخت ٪۸۰ و برای دو کتابخانه داده ۷۰C و ۲۰C نشان می دهد. در این نمودار نیز مانند شکل ٤ در هر دو حالت مقدار این پارامتر کاهش یافته است، علت کاهش ضریب تکثیر در هر دو کتابخانه به اثر دوپلر و کاهش چگالی کننده در اثر افزایش دما بر می گردد که در توضیحات شکل(٤) به تفصیل به آن پرداخته شده است.

شکل(۹) میزان تغییرات کسر مؤثر نوترونهای تأخیری (βeff) برحسب افزایش دما، در غنای ٪۸۰ برای دوکتابخانه داده

۷۰C و ۲۰C را نشان میدهد. این نمودار نشان میدهد که مقدار کسر مؤثر نوترونهای تأخیری با افزایش دما بیشتر شده است. دلیل آن اثر دوپلر و افزایش سطح مقطع های رزنانسی است که در نتیجه آن میزان جذب و شکافت تغییر میکند. که افزایش پیشروهای نوترون تأخیری را به دنبال دارد در نتیجه کسر مؤثر نوترونهای تأخیری افزایش یافته است.

شکل(۱۰) مقدار عمر نوترون (۱) را بر حسب افزایش دما در غنای ٪۸۰ برای دو کتابخانه داده ۷۰C و ۲۰C نشان میدهد. دلیل این افزایش این است که عمر نوترون با ضریب تکثیر نسبت عکس دارد چون ضریب تکثیر با افزایش دما کاهش یافته است مقدار عمرنوترون افزایش پیدا کرده است.

شکل(۱۱) نمودار زمان متوسط تولید نوترون (۸) را بر حسب افزایش دما در غنای ٪۸۰ در دو کتابخانه ۲۰C و ۷۰C نشان میدهد. در این نمودار زمان متوسط تولید نوترون در اثر افزایش دما بیشتر شده است چون با توجه به رابطه (۳) زمان متوسط تولید نوترون با ضریب تکثیر نسبت عکس دارد یعنی کاهش ضریب تکثیر افزایش زمان متوسط تولید نوترون را در پی خواهد داشت.

٤.بحث و نتیجه گیری

در طراحی و ایمنی تمامی راکتورهای هستهای پارامترهای سینتیکی مانند زمان متوسط تولید نوترون (۸) و کسر نوترونهای تاخیری (βeff) نقش بسیار مهمی دارند. بنابراین در این تحقیق پارامترهای نوترونی و سینتیکی برای قلب راکتور تحقیقاتی تهران با استفاده از کد MCNPX محاسبه شده است. به طور کلی نتایج این تحقیق را می توان به صورت زیر دسته بندی کرد:

۱- دلیل افزایش مقدار پارامترها در کتابخانه داده ۷۰C نسبت
به کتابخانه داده ۲۰C این است که کتابخانه ۷۰C مواد و

مراجع

- [1] L. Snoj, A. Ka veie, and M. Ravanik, "Monte Calculation of Kinetic Parameters", (2010)
- [2] Hassanzadeh, M., Feghhi, S. A. H., Khalafi, H.; "Calculation of kinetic parameters in an Accelerator Driven Subcritical TRIGA reactor Using MCNIC method", Ann. Nucl. Energy, Vol. 59, pp. 188–193, 2013.
- [3] Denise, P. B., "MCNPX User's Manual Version 2.6.0, Los Alamos National Laboratory", LA-CP-07-1473, 2008.

- [5] R. Ion, "MonteBurns Benchmarking Using SCALE4.3 Simulation s Performed for Single MURR Fuel Assembly Models", progress report, NSEI, University of Missouri- Columbia, 2003
- [6] Sakurai, T. and Okajima, P., "Adjustment of Total Delayed Neutron Yields of ²³⁵U, ²³⁸U and ²³⁹ Pu in JENDL -3 .2 Using Benchmark Experiments on Effective Delayed Neutron Fraction β_{eff}", Department of Nuclear Energy System, 2001.
- [7] S. Glasstone and A. Sesonske, "Nuclear Reactor Engineering", Fourth Edition, Chapman & Hall, Inc., 1994.
- [8] R. A. Ion, "MURR Fuel Depletion Calculations for Spent Fuel Criticality Analysis", Master Thesis, University of Missouri-Columbia (1998).
- [9] "Handbook on Nuclear Activation Cross-Section", IAEA, Vienna, 1974.
- [10] Michalek, S. and Hascik, J., "MCNPX5 Delayed Neutron Fraction (β_{eff}) Calculation in Training Reactor VR-1", *Journal of Electrical Engineering*, Vol.59, No.4, pp. 221-224, 2008.
- [11] J. R. Lamarsh, Introduction to Nuclear Reactor Theory, Addison - Wesley, Reading, Mass. (1966).

ایزوتوپهای بیشتری را در نظر می گیرد و نیز انرژی نوترون نیز در آن بیشتر است و خطای کمتری دارد به طور کلی می توان گفت که کتابخانه داده ۲۰۰ نسبت به کتابخانه داده ۲۰۲ دقیق تر است. دلیل آن این است که با توجه به مقایسهای که بین داده های به دست آمده از کتابخانه ۲۰۲ و ۲۰۷ با FSAR راکتور تهران انجام شده است این مقایسه نشان داده است که مقادیر به دست آمده در کتابخانه داده ۲۰۷ به مقادیر واقعی نزدیکتر است. به همین خاطر کتابخانه ۲۰۲ از کتابخانه ۲۰۲ دقیق تر است.

۲ از نظر کمی، مقدار کسر مؤثر نوترونهای تأخیری(βeff) در غنای ٪۲۰ در کتابخانه داده ۷۰C ، به میزان ٪۸ نسبت به کتابخانه داده ۲۰C ، به میزان ٪۸ نسبت به کتابخانه داده ۲۰C افزایش داشته است. در کتابخانه داده ۲۰C کسر مؤثر نوترونهای تأخیری با افزایش دما ٪۷ و در کتابخانه داده ۲۰K و در کتابخانه داده ۲۰C به اندازه ٪۹ افزایش دما ٪۷ و در کتابخانه داده ۲۰C به اندازه ٪۹ افزایش دما ٪۷ و در کتابخانه داده ۲۰C به اندازه ٪۹ افزایش دما ٪۷ و در کتابخانه داده ۲۰C به داده ۲۰C به اندازه ٪۹ افزایش دما ٪۷ و در کتابخانه داده ۲۰C به اندازه ٪۹ افزایش دما ٪۷ و در کتابخانه داده ۲۰C به اندازه ٪۹ اندازه ٪۹ اندازه ٪۹ افزایش دما در کتابخانه داده ۲۰C به اندازه ٪۳ اندازه ٪۳ به اندازه ٪۱ از کتابخانه داده ۲۰C بیشتر است و همچنین کسر مؤثر نوترونهای تأخیری با افزایش دما در کتابخانه داده ۲۰C

- مقدار زمان متوسط تولید نوترون (Λ) در غنای ۲۰٪ در کتابخانه داده ۲۰C نسبت به کتابخانه داده ۲۰C به اندازه ٪/۰ افزایش داشته است. مقدار زمان متوسط تولید نوترون با افزایش دما در کتابخانه داده ۲۰C به اندازه ٪۵ و در کتابخانه داده ۲۰C به اندازه ٪٤ افزایش داشته است. هم چنین در غنای ٪۸۰ زمان متوسط تولید نوترون در کتابخانه داده ۲۰C نسبت به کتابخانه داده ۲۰C ، به میزان ٪/۰ افزایش داشته است. در کتابخانه داده داده ۲۰C مقدار زمان متوسط تولید نوترون به اندازه ٪۲ و در کتابخانه

^{&#}x27; Final Safety Analysis Report

;

Journal of Radiation and Nuclear Technology / Vol. 4 / No. 1 / Spring 2017

Assessment and Sensitivity Analysis Of the temperature feedback effect in both 70C and 60C library on the Tehran Research Reactor kinetic parameters using the Monte Carlo method

H. R. Khaleghi^{1*}

¹ M.Sc, Graduate University of Advanced Industrial Technology, Kerman, Kerman, Iran

* Corresponding author's E-mail : <u>hamidkhaleghi81@yahoo.com</u>

(Received: 2016/12/18- Accepted: 2017/03/02)

ABSTRACT

The Purpose of this study was to calculate kinetic parameters Tehran Research Reactor sensitivity analysis taking into account the effect of temperatures feedback using the code MCNPX. Kinetic parameters including effective delayed neutron fraction (β eff) and the mean generatin time (Λ). The exact calculation of these parameters is very important for immune function and Reactors control. And to play an important role in the analysis of the system dynamic. In this study by changing the temperature, and other materials used in the core of Tehran Research Reactor from 20 ° C to 100 ° C The effects of temperature change on the reactor kinetic parameters for both 70c and 60c library which are at 20 ° C or 293 ° K and for fuel enrichment 20% (LEU) and 80% (HEU) have been investigated. Results show that The effective multiplication factor (Keff) by changing temperature is reduced for both cross section and for both enrichment. And its value by increasing temperature in 70c library is more than 60c library in both Enrichment. The prompt life time (ℓ) and effective delayed nutron fraction(\u03b3 eff) values rising temperature increases in both library and both enrichment. And the amount of them by increasing temperature in 70c library are more than 60c library in both enrichment. The amount of mean generation time (Λ) considering changes in temperature rise in 60c library is more than 70c library But generally such as prompt life time (ℓ) parameter by incrasing temprature shows an increasing trend in both 20% and 80% enrichment.

Keywords: Temprature feedbacks, Cross section, Tehran reactor, Kinetic parameters, MCNPX