

اصول ایمنی بحرانیت هسته‌ای

Criticality Safety Basics

گردآوری و تألیف:

حسین محمدی

مهدی میرابانها

ویراستار:

فرهاد گلفام

زیر نظر:

صولت ثنا

نام کتاب: اصول ایمنی بحرانیت هسته ای

ناشر: نشر بهشت

نوبت چاپ: اول ۱۳۹۳

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۱۰۰,۰۰۰ ریال

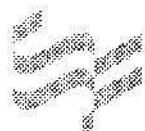
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۸۷-۲۲-۶

سرشناسه: محمدی، حسین، ۱۳۶۴
عنوان و نام پدیدآور: اصول ایمنی بحرانیت هسته ای = Criticality safety basics / گردآوری و تالیف حسین محمدی، مهدی میرابانها؛ ویراستار فرهاد گلغام؛ زیر نظر صولت ثنا.
طراح جلد: امیر یوسفی - امین محمدی
مشخصات نشر: تهران: نشر بهشت، ۱۳۹۳
مشخصات ظاهری: ۱۸۴ ص: مصور، جدول، نمودار
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۸۷-۲۲-۶
وضعیت فهرست نویسی: فیا
موضوع: حوادث هسته ای - پیشگیری
موضوع: اورژانس - مدیریت
موضوع: مدیریت بحران
شناسه افزوده: میرابانها، مهدی، ۱۳۵۸
شناسه افزوده: گلغام، فرهاد، ۱۳۵۵ - ، ویراستار
شناسه افزوده: ثنا، صولت، ۱۳۴۲ - ، ناظر
رده بندی کنگره: ۱۳۹۳ ۴۶ الف ۳/م ۹۱۵۲ TK
رده بندی دیویی: ۶۲۱/۴۸۳۵
شماره کتابشناسی ملی: ۳۶۳۹۱۹۱

آدرس: تهران، خیابان یوسف آباد (اسدآبادی)
خیابان ۲۸ - خیابان بیستون - پلاک ۷۳ - واحد ۵ شمالی

تلفن: ۸۸۷۰۵۹۵۴، نمابر: ۸۸۷۱۱۳۶۰

www.Beheshtbook.com



نشر بهشت

Behesht Publishing

یکی از شاخص‌های پیشرفت کشورها تأمین انرژی آینده است. ثروت هر کشوری با مصرف انرژی آن سنجیده می‌شود و استفاده از انرژی هسته‌ای یکی از بهترین ثروت‌های هر کشور و جایگزین مناسب سوخت‌های فسیلی در دنیای امروز می‌باشد. دانش هسته‌ای در دنیای امروزی جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است و از این فنون برای تشخیص بیماری‌ها، تولید رادیوداروها و بهینه‌سازی محصولات کشاورزی و صنعتی بهره‌برداری می‌گردد. بهره‌برداری از انرژی حاصل از شکافت هسته‌ای نیازمند فناوری پیچیده‌ی هسته‌ای است و در این میان تولید سوخت هسته‌ای نقش کلیدی و اصلی را به عهده دارد. برای استفاده از انرژی هسته‌ای باید خصوصیات و مشخصات این انرژی را شناخت و در تولید و فرآوری سوخت شرایط ایمن را فراهم نمود. اگر در استفاده از این انرژی نکات ایمنی به درستی به کار گرفته نشود، می‌تواند منجر به وقوع حوادث جبران ناپذیری شود و به کارکنان و افرادی که با مواد هسته‌ای کار می‌کنند، آسیب برساند. لذا حوادث و رخداد‌های محتمل ناشی از عدم رعایت کامل اصول ایمنی بحرانیت باید شناخته شده و به افراد و کارکنانی که در این صنعت مشغول به کارند آموزش داده شود. در مورد بحرانیت، اصول ایمنی مربوطه بر اساس مفاهیم پیچیده و مهم فیزیکی وضع شده و ظرایف بسیاری در ایجاد آن دخیل‌اند که باید به دقت به آنها توجه شود، چرا که گاهی ممکن است با تغییر بسیار کوچکی در حجم یا شکل ظرف، جرم ماده و یا فاصله ظروف از یکدیگر حادثه‌ای با تلفات انسانی بوجود آید. بنابراین خواندن این کتاب به کلیه افراد شاغل در صنایع حاوی مواد رادیواکتیو با امکان بالقوه ایجاد شرایط بحرانیت هسته‌ای، توصیه می‌گردد.

سازمان انرژی اتمی سال‌هاست که در زمینه تکنولوژی هسته‌ای و کاربردهای مختلف آن فعالیت می‌کند که از جمله مهم‌ترین آن‌ها چرخه سوخت هسته‌ای است. در دو دهه اخیر تولید سوخت هسته‌ای در کشور شروع شده که با چالش‌های مختلفی در امر اجرا و حفاظت پرنوی مواجه بوده است. از آنجایی که ایران با تحریم‌های مختلفی از جمله گسترش انرژی هسته‌ای مواجه است، دانشمندان ایرانی با توکل بر خدای متعال و تکیه بر دانش بومی و توانمندی‌های جوانان این مرز و بوم قدم در این راه پر فراز و نشیب نهادند. نکته مهم در این عرصه آگاهی از ایمنی کار با مواد شکافت‌پذیر و چگونگی رخداد حوادث و پیشگیری از بروز آنها می‌باشد. با توجه به مسوولیت معاونت سوخت در تولید و تامین سوخت هسته‌ای کشور و با عنایت به اهمیت مسائل ایمنی هسته‌ای، چاپ کتاب "اصول ایمنی بحرانیت هسته‌ای" در دستور کار قرار گرفت تا گامی در جهت استفاده ایمن از انرژی هسته‌ای برداشته شود. در حال حاضر سوخت راکتور تحقیقاتی تهران در معاونت چرخه سوخت هسته‌ای تولید شده و جهت پروژه‌های تحقیقاتی و تولید رادیوداروها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پیشگفتار

از آن جایی که دانش و ساخت سوخت هسته‌ای در ایران در دهه اخیر رشد فزاینده‌ای داشته است و در عدم وجود یک مرجع جامع و کامل خارجی که بتواند تمامی مطالب مربوط به آشنایی، پیشگیری، کنترل و نحوه مواجهه با حوادث بحرانیت هسته‌ای را در تأسیسات تولید سوخت به زبان ساده و قابل فهم برای کلیه کارکنان شاغل در این تأسیسات بیان نماید و نیز خلاء وجود یک منبع و مرجع غنی به زبان فارسی در این خصوص، برآن شدیم تا به منظور ارائه اطلاعات لازم در زمینه بحرانیت در تأسیسات تولید سوخت هسته‌ای برای آشنایی کارکنان، با توجه به شرح وظایف و مسئولیت‌های کاری، دانشجویان و تمامی علاقه‌مندان صنعت هسته‌ای مجموعه حاضر را تهیه و تدوین نماییم. کوشش شده است آموزش‌های اولیه در مورد ملزومات و اقدامات حفاظت پرتوی ویژه ایمنی بحرانیت نیز در این کتاب فراهم گردد.

در فصل اول کتاب توضیح کلی در مورد مبانی فیزیک هسته‌ای و تئوری مجموعه‌های بحرانیت برای درک کلی از بحث و ایجاد بستر لازم در زمینه بحرانیت هسته‌ای آورده شده است. شکافت هسته‌ای و علل و عوامل آن و معیار تشخیص مجموعه‌های بحرانیت با استفاده از ضریب تکثیر نوترون در فصل دوم گنجانده شده است. فصل سوم با فاکتورهای تأثیر گذار در بحرانیت هسته‌ای آغاز شده و در ادامه به فاکتورهای کنترلی و پیشگیرانه در زمینه ایمنی بحرانیت هسته‌ای می‌پردازد. در فصل چهارم ساختار لازم در

برنامه ایمنی بحرانیت یک تاسیسات تولید سوخت مورد بررسی قرار گرفته و محدوده-
های مجاز استفاده از مواد شکافت پذیر توضیح داده شده است. در فصل پنجم برای
درک بیشتر خوانندگان از مباحث ایمنی بحرانیت مثال‌های کاربردی از وجود برنامه
ایمنی بحرانیت و اقدامات پیشگیرانه سخن به میان آورده شده است. متذکر می‌شود که
گردآورندگان این کتاب علی‌رغم نهایت دقت و کوشش در خلق این اثر، بر این باورند
که کتاب حاضر خالی از عیب و نقص نمی‌باشد، امید است خوانندگان محترم با ارائه
پیشنهاد و نظر، ما را در رفع نواقص و اصلاح ایرادات یاری رسانند. در پایان از کلیه افراد
و همکارانی که در تهیه این کتاب به هر نحو ما را یاری نمودند نهایت امتنان را داریم.

مؤلفین

تابستان ۹۳

فهرست

۱۷.....	فصل اول
۱۹.....	اتم و مشخصات آن
۱۹.....	مولکول‌ها و اتم‌ها
۱۹.....	هسته (پروتون‌ها و نوترون‌ها)
۲۰.....	الکترون‌ها
۲۰.....	عدد اتمی (Z)
۲۰.....	ایزوتوپ‌ها
۲۰.....	عدد جرمی (A)
۲۱.....	پایداری اتمی
۲۲.....	انرژی بستگی به ازای هر نوکلئید
۲۳.....	واپاشی رادیواکتیو
۲۴.....	نیمه عمر فیزیکی
۲۴.....	نیمه عمر بیولوژیکی
۲۴.....	نیمه عمر موثر
۲۴.....	انرژی برانگیختگی

۲۵..... هسته دختر

۲۵..... یونیزاسیون

۲۵..... تابش های غیر یونیزان

۲۵..... تابش های یونیزان

۳۲..... برهمکنش نوترون با ماده

۳۳..... پراکندگی نوترون

۳۴..... جذب نوترون

۳۵..... اورانیوم

۳۵..... خواص شیمیایی اورانیوم

۳۸..... خواص پرتویی اورانیوم

۴۳..... غنی سازی

۴۳..... نفوذ یا پخش گازی (Gaseous Diffusion)

۴۴..... روش های لیزری

۴۵..... جداسازی افشانه ای (NOZZLE)

۴۵..... جداسازی سانتریفوژی

۴۶..... تولید و مونتاژ سوخت

۴۹..... فصل دوم

۵۱.....	شکافت هسته‌ای
۵۱.....	شکافت
۵۳.....	نیروی هسته‌ای
۵۳.....	مدل قطره مایع هسته
۵۵.....	پاره‌های شکافت
۵۷.....	گرما
۵۸.....	پرتوهای یونساز
۶۰.....	مواد شکافا و شکافت‌پذیر
۶۱.....	بحرانیت هسته‌ای
۶۴.....	مجموعه زیر بحرانی
۶۴.....	مجموعه بحرانی
۶۴.....	مجموعه فوق بحرانی
۶۶.....	ضریب تکثیر نوترون
۷۳.....	فصل سوم
۷۵.....	جرم
۷۶.....	غنا

۷۶..... بازتابندگی

۷۷..... کندکنندگی

۷۹..... جذب کنندگی

۸۰..... برهمکنش

۸۱..... چگالی و غلظت

۸۲..... شکل و اندازه

۸۷..... فصل چهارم

۸۹..... دستورالعمل برنامه

۸۹..... محدودیت‌ها و کنترل‌های بحرانی

۹۰..... کنترل‌های مهندسی

۹۰..... کنترل‌های اجرایی

۹۱..... روش‌های کنترل مؤثر

۹۲..... تبعیت از محدودیت‌ها و کنترل‌ها

۹۲..... خطاهای کنترل بحرانی و تجاوزات از محدودیت‌ها

۹۳..... ایمنی بحرانی هسته‌ای در کار با مواد شکافت‌پذیر

۹۴..... اقدامات ایمنی بحرانی هسته‌ای

۹۴..... مقادیر مجاز مواد شکافت‌پذیر

۹۴.....	آنالیز فرآیندها
۹۶.....	کنترل مواد
۹۶.....	کنترل تجهیزات
۹۶.....	بررسی‌های مؤثر
۹۷.....	روش‌های اضطراری
۹۷.....	اقدامات فنی
۹۸.....	کنترل پارامترها
۹۸.....	اصل پيشامد مضاعف
۹۹.....	حاشیه ایمن
۱۰۰.....	کنترل هندسه
۱۰۰.....	جاذب‌های نوترون
۱۰۰.....	بازتاب نوترون
۱۰۱.....	مانیتورینگ رسوب مواد در کنترل ایمنی بحرانیّت
۱۰۲.....	محدودیت‌های تک پارامتری برای نوکلئیدها
۱۰۲.....	محلول‌های آبی همگن
۱۰۲.....	مخلوط‌های آبی
۱۰۳.....	محدودیت‌های مربوط به غنای مواد شکافا
۱۰۴.....	واحدهای فلزی

- ۱۰۴..... اکسیدها
- ۱۰۶..... کنترل‌های چند پارامتری
- ۱۰۸..... کنترل حالت بحرانیت با روش شناسایی خطا
- ۱۰۹..... شناسایی خطا
- ۱۱۰..... معیارها
- ۱۱۰..... اصول کنترل
- ۱۱۰..... ارزیابی ایمنی بحرانیت
- ۱۱۱..... روشهای آنالیز بحرانیت و کدهای کامپیوتری
- ۱۱۲..... MCNP
- ۱۱۳..... مثالی از برآوردهای ایمنی بحرانیت هسته‌ای
- ۱۱۷..... نتایج محاسبات و تحلیل آن
- ۱۲۰..... سیستم هشدار حوادث بحرانیت هسته ای (CAAS)
- ۱۲۰..... اصول کلی
- ۱۲۱..... برآورد سیستم‌های هشدار بحرانیت
- ۱۲۳..... نصب سیستم‌های هشدار بحرانیت
- ۱۲۳..... هشدارهای بحرانیت
- ۱۲۴..... الزامات اجرایی و طراحی
- ۱۲۵..... دزیمتری حوادث هسته‌ای

۱۲۶.....	بر آورد اولیه
۱۲۷.....	دزیمترهای فردی و ثابت حوادث بحرانیت هسته‌ای
۱۲۷.....	دزیمتری جهت اندازه‌گیری نوترون
۱۲۸.....	دزیمتری جهت اندازه‌گیری گاما
۱۲۹.....	نشانگرهای زیستی
۱۲۹.....	دستورالعمل مواجهه با بحران
۱۳۰.....	مسئولیت‌ها
۱۳۱.....	برنامه پاسخ به شرایط اضطراری
۱۳۳.....	تجهیزات لازم
۱۳۳.....	تخلیه سازی
۱۳۳.....	تخلیه پرسنل از منطقه کاری پر خطر
۱۳۳.....	پایش نواحی مجاور
۱۳۴.....	پایش جایگاه‌های تجمع
۱۳۴.....	تخلیه بیشتر پرسنل
۱۳۴.....	خروجی‌ها
۱۳۴.....	شناسایی جایگاه‌های تجمع

۱۳۴.....	برنامه‌ریزی مسیرهای تخلیه
۱۳۵.....	ورود، نجات و تثبیت
۱۳۶.....	سازمان‌ها با گروه‌های واکنش دهنده
۱۴۲.....	مشاهدات و تجربیات حاصل از حوادث بحرانیّت
۱۴۴.....	مشاهدات و نتایج
۱۴۶.....	نکات آموخته شده از حوادث
۱۵۳.....	فصل پنجم
۱۵۵.....	استفاده از مخازن بزرگ مانند درام‌های ۵۵ گالنی
۱۵۹.....	مثالهایی از الزامات در حمل و نقل مواد
۱۶۰.....	مثالهایی از الزامات در فرآیندهای فرآوری اورانیوم
۱۶۱.....	مثالهایی از الزامات در انبارش مواد شکافا
۱۶۲.....	مثالهایی از پیش‌فرض‌های رخداد‌های عادی و غیرعادی در فرآوری اورانیوم
۱۶۲.....	مثالهایی از اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه برای کنترل بحرانیّت در تأسیسات فرآوری اورانیوم
۱۶۵.....	پیوست ۱
۱۶۸.....	پیوست ۲
۱۷۳.....	مراجع
۱۷۵.....	واژه نامه
۱۷۸.....	فهرست واژه‌ها