

آتش، انفجار و انتشار گازهای سمی آنالیز ریسک و ارزیابی پیامدها

نوشته‌ی

Marc J. Assael

Konstantinos E. Kakosimos

ترجمه‌ی

اسلام کاشی

و

نرجس همتی علم

سرشناسه	: اسائل، مارک ج. Assael, Marc J
عنوان و نام پدیدآور	: آتش، انفجار و انتشار گازهای سمی- آنالیز ریسک و ارزیابی پیامدها/نویسندگان [مارک ج. اسائل، کنستانتینوس ای کاکوسیموس]؛ مترجمین اسلام کاشی، نرجس همتی علم.
مشخصات نشر	: تهران، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	: ۳۵۷ص. : مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۳۵۰۰۰۰ ریال ۷-۵-۹۷۲۳۱-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
عنوان اصلی	: Fires, explosions, and toxic gas dispersions : effects calculation and risk analysis, 2010.
موضوع	: مواد خطرنا - ارزیابی ریسک
موضوع	: مواد خطرنا - حوادث
موضوع	: مواد خطرنا - ارزیابی ایمنی
موضوع	: مواد خطرنا - جنبه های بهداشتی
شناسه افزوده	: اسائل، مارک ج Assael, Marc J
شناسه افزوده	: کاکوسیموس، کنستانتینوس ای Kakosimos, Konstantinos E
شناسه افزوده	: کاشی، اسلام، ۱۳۵۸
شناسه افزوده	: همتی علم، نرجس، ۱۳۶۲
شناسه افزوده	: سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۷ الف۵/م۸/۳/ت۵۵
رده بندی دیویی	: ۶۰۴/۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۱۱۰۶۰۲

سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

آتش، انفجار و انتشار گازهای سمی- آنالیز ریسک و ارزیابی پیامدها

مترجم: اسلام کاشی و نرجس همتی علم

ناشر: سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: ۱۳۹۷

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

چاپ و صحافی: پرچین

طراح روی جلد: سمیه عرب‌لو

ویراستار: لیلا اجاقلو - حمیرا شکوهی

قیمت: ۳۵۰۰۰۰ ریال

نشانی: تهران، احمدآباد مستوفی، بعد از میدان پارسا، خیابان انقلاب، خیابان شهید احسانی راد،

صندوق پستی: ۱۱۵-۳۷۵۷۵

تمام حقوق مادی این اثر اعم از چاپ، تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و مانند اینها برای سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران محفوظ است.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: شناسایی مخاطره - فراوانی رویداد.....	۱
۱.۱ مخاطره و ریسک.....	۲
۲.۱ روش های شناسایی مخاطره.....	۴
۱.۲.۱ تجزیه و تحلیل چه می شود اگر.....	۶
۲.۲.۱ روش مطالعه مخاطرات و راهبری یا HAZOP.....	۹
۳.۲.۱ روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن (FMEA).....	۱۴
۴.۲.۱ بررسی اجمالی روش های ارزیابی کیفی.....	۱۵
۳.۱ روش تواتر رویداد.....	۱۸
۱.۳.۱ تجزیه و تحلیل درخت خطا (FTA).....	۱۹
۲.۳.۱ تجزیه و تحلیل درخت رویداد(ETA).....	۲۲
۴.۱ عامل انسانی.....	۲۵
۱.۴.۱ تعاریف.....	۲۵
۲.۴.۱ حوادث در پالایشگاه های نفت.....	۲۶
۳.۴.۱ چک لیست عوامل انسانی.....	۳۰
فصل دوم: رهايش و تخلیه.....	۳۵
۱.۲ مقدمه.....	۳۶
۲.۲ رهايش گازهای متراکم.....	۳۸
۱.۲.۲ دانسیته گاز.....	۳۸
۲.۲.۲ رهايش از مخازن.....	۳۹
۳.۲.۲ رهايش به دليل پارگی در لوله.....	۵۰
۳.۲.۲ رهايش مایعات.....	۵۵
۱.۳.۲ رهايش از مخزن.....	۵۵
۴.۲ رهايش گازهای مایع شده تحت فشار.....	۶۰
۱.۴.۲ توصیف رویداد.....	۶۱
۲.۴.۲ تبخیر ناگهانی اولیه.....	۶۲

۶۶ ۲. ۴. ۳ ورود هوا به داخل ابر و انتشار در جو

فصل سوم: تجزیه و تحلیل آثار و پیامدها ۷۱

۷۲ ۳. ۱ مقدمه

۷۵ ۳. ۱. ۱ تعاریف

۸۱ ۳. ۲ آتشها

۸۵ ۳. ۲. ۱ آتش استخری

۱۰۶ ۳. ۲. ۲ آتش توپی (کروی)

۱۱۴ ۳. ۲. ۳ آتش فورانی

۱۲۷ ۳. ۲. ۴ آتش ناگهانی

۱۲۹ ۳. ۲. ۵ اثرات تابش گرما

۱۴۲ ۳. ۲. ۶ مثالها

۱۵۵ ۳. ۳ انفجار ابر بخار (VCE)

۱۵۷ ۳. ۳. ۱ مکانیسم انبساط ابر

۱۵۹ ۳. ۳. ۲ روش جرم معادل TNT

۱۶۵ ۳. ۳. ۳ روش چند انرژی

۱۷۸ ۳. ۳. ۴ روش بیکر- استرلو

۱۸۵ ۳. ۳. ۵ اثرات انفجار

۱۹۵ ۳. ۳. ۶ مثالها

۲۱۵ ۳. ۴ انفجار بخارات منبسط شده مایع در حال جوش BLEVE

۲۱۹ ۳. ۴. ۱ برآورد کردن

۲۱۹ ۳. ۴. ۲ مثالها

۲۲۱ ۳. ۵ پخش گاز سمی

۲۲۱ ۳. ۵. ۱ انواع گازهای سمی

۲۲۸ ۳. ۵. ۲ مقدمه‌ای بر انتشار ابر

۲۳۹ ۳. ۵. ۳ انتشار پیوسته گاز سبک از یک منبع

۲۵۳ ۳. ۵. ۴ انتشار گازهای سبک از منابع لحظه‌ای

۲۶۳ ۳. ۵. ۵ انتشار گازهای سنگین

۲۷۳ ۳. ۵. ۶ انتشار ذرات جامد (به‌طور مثال PM_{10})

۲۷۶	..... ۷.۵ اثرات انتشار گازهای سمی
۲۸۶	..... ۸.۵ مثال ها
۲۹۷	..... فصل چهارم: علل تخریب
۲۹۸	..... ۱.۴ مقدمه
۲۹۹	..... ۲.۴ تأسیسات و تجهیزات
۲۹۹	..... ۱.۲.۴ مخازن ذخیره سازی
۳۰۷	..... ۲.۲.۴ لوله ها، شیرها و تجهیزات مربوطه
۳۱۳	..... ۳.۲.۴ دودکش ها
۳۱۷	..... ۴.۲.۴ سایر تجهیزات و پروسه ها
۳۲۱	..... ۳.۴ جرقه
۳۲۲	..... ۱.۳.۴ منابع جرقه و آغازگر احتراق
۳۲۵	..... ۲.۳.۴ ویژگی های احتراق
۳۲۹	..... منابع
۳۳۴	..... پیوست الف: خواص فیزیکی
۳۳۹	..... پیوست ب: مقادیر IDLH
۳۴۵	..... نمادهای اصلی
۳۴۶	..... نمادهای یونانی

پیشگفتار نویسندگان

هدف از ارائه این کتاب، ارائه‌ی روش‌های محاسبه و تجزیه و تحلیل ریسک، از لحاظ بررسی اثرات و پیامدهای آتش‌سوزی، انفجار و انتشار گازهای سمی می باشد. پس از بررسی احتمال وقوع حادثه، خواننده با محاسبه میزان نشت و سپس محاسبه شار حرارتی، فشار بیش از حد و غلظت ابرهای سمی ناشی از آن آشنا می شود. سپس اثرات و عواقب آن‌ها بر روی مردم (صدمات یا مرگ و میر) و نیز خسارات مادی شرح داده می شود. این کتاب با بحث در مورد علل احتمالی تخریب، خاتمه می‌یابد. مطالعه این کتاب به دانشجویان مقطع کارشناسی، مهندسیین حرفه‌ای و نیز محققانی که کارشان پیش‌بینی پیامدهای یک حادثه است، پیشنهاد می شود. روش‌های شرح داده شده در این کتاب روش‌های عملی هستند و تلاش می کنند که درک بسیار خوبی از موضوع ارائه دهند. استفاده از روش‌های مدرن و ساده به درک معنای تمام متغیرهای درگیر در مسئله کمک می‌کند، که این امر برخلاف برنامه‌های کامپیوتری پیچیده‌ی مورد استفاده در این حوزه است، که تنها نتایج را تولید می‌کنند. همچنین این کتاب برای آموزش یک دوره کارشناسی در زمینه تجزیه و تحلیل ریسک مناسب است. ساختار این کتاب، روش محاسبه‌ی گام به گام بوده و تعداد زیادی مثال^۱ با هدف کمک به تدریس و یادگیری و همچنین پر کردن شکاف موجود در آموزش تجزیه و تحلیل ریسک ارائه شده است.

این کتاب در چهار فصل ارائه شده است. فصل اول، برخی از روش‌های تشخیص خطر پایه‌ای را با تأکید ویژه بر روش‌های «چه می‌شود اگر» و تجزیه و تحلیل HAZOP^۲ معرفی می‌کند. مطالب با بحث در مورد احتمال رخداد حادثه و استفاده از تجزیه و تحلیل درخت خطا و توضیح از طریق مثال‌ها ادامه می‌یابد. تأثیر «عامل انسانی» نیز مورد بحث قرار گرفته است.

فصل دوم، با محاسبات مربوط به انواع نشت‌ها آغاز می شود و محاسبات ویژه برای نشت گاز تحت فشار و نشت مایع، به ترتیب ارائه شده است. مطالعات موردی در زمینه‌ی نشت کم یا پارگی کامل مخزن ارائه شده و خروج گازهای مایع شده‌ی تحت فشار نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل سوم، بزرگ‌ترین فصل این کتاب است. این فصل شامل پنج بخش است. در بخش اول برخی عناوین تکمیلی تعریف می شوند. محاسبه شار حرارتی ناشی از آتش در بخش دوم آورده شده است، که آتش ناگهانی، آتش توپی، و آتش استخری را پوشش می دهد. احتمال آسیب و یا مرگ و میر نیز

^۱ تمام مثال‌هایی که در این کتاب ارائه شده، در آدرس زیر موجود است:

محاسبه شده است. در قسمت سوم، روش محاسبه‌ی فشار بیش از حد یک موج شوک ناشی از یک ابر بخار غیرقابل کنترل ارائه شده است.

با تغییر در زمان و فاصله فشار بیش از حد، احتمال آسیب، مرگ و میر و خسارت به تجهیزات محاسبه شده است. در بخش چهارم، تحلیل مختصری از BLEVE (انفجار بخارات منبسط شده مایع در حال جوش) ارائه شده است، در بخش آخر انتشار مداوم یا آبی گازهای سبک یا سنگین سمی یا ذرات معلق هوا (به عنوان مثال، PM₁₀) مورد بررسی قرار گرفته است. برای هر مورد، غلظت زمانی و محلی محاسبه شده و بر اساس آن، مناطق ایمن مشخص شده‌اند. در پایان هر بخش، جداول گسترده‌ای در رابطه با حوادث عمده صنعتی بر اساس موضوع بخش و ترتیب زمانی ارائه شده است.

در فصل آخر این کتاب، فصل چهارم، تجزیه و تحلیل علل مختلف تخریب، بر اساس حوادث صنعتی قرن گذشته انجام شده است. هدف این فصل نشان دادن برخی از شرایط محیطی است که می‌تواند به حادثه منجر شود. مباحث در مورد امکانات (مخازن نگهداری، دودکش‌ها و غیره) و تجهیزات (لوله‌ها، شیرها، مبادله‌گرهای حرارتی) می‌باشند. منابع احتمالی جرقه نیز بحث شده‌اند.

از دکتر توماس تسلاکیس^۱ برای ایده‌هایش و تشویق در نوشتن این کتاب تشکر می‌کنیم و همچنین آقای تیانتافیلوس پارتنوپولوس^۲، که همکاری عالی ایشان در پروژه‌های تجزیه و تحلیل ریسک، مبنایی برای این کتاب بود. همچنین از کمک آقای آپوستولوس رافیلیدیس^۳ در بخش فاکتورهای انسانی و خانم آدریان تراش^۴ برای ویرایش این کتاب قدر دانی می‌کنیم. در نهایت، ما خود را مرهون دکتر کنستانتینوس آنتونیادیس^۵ می‌دانیم، که با خواندن کل متن و ارائه نظرات خویش به ما یاری رساند، از تلاش متعهدانه و بسیار کارآمد ایشان نیز تشکر می‌کنیم؛ ایشان حتی مثال‌ها را خوانده و تصحیح کردند. هر خطای باقی‌مانده (یا شاید ما باید بگوییم «خطاهای باقی‌مانده») البته به طور کامل خطای ماست. نوشتن این کتاب برای ما لذت بخش بود، امیدواریم که خواندن آن نیز برای شما لذت بخش باشد.

Marc J. Assael & Konstantinos E. Kakosimos Thessaloniki

¹ Thomas Tsolakis

² Tiantafyllos Parthenopoulos

³ Apostolos Rafaelidis

⁴ Adriane Thrash

⁵ Konstantinos Antoniadis

پیشگفتار مترجمین

با پیشرفت تکنولوژی و عظیم‌تر شدن صنایع، مخاطرات مربوط به واحدهای صنعتی نیز رشد کرده است. بروز حوادث عظیم در صنایع شیمیایی ایران طی سال‌های اخیر، توجه به این موضوع را دوچندان نموده است.

امروزه هنگام طراحی واحدهای شیمیایی و حتی واحدهای در حال کار، مطالعات ریسک پذیری و ارزیابی مخاطرات به صورت جامع انجام می‌شود. در فرآیند مدیریت ریسک، پس از شناسایی مخاطرات، نیاز به ارزیابی شدت تأثیر و عواقب مخاطرات وجود دارد تا در مرحله ارزیابی ریسک مورد استفاده قرار گیرد. نتایج این تحلیل، به همراه محاسبه‌ی احتمال وقوع حوادث، در ارزیابی و مدیریت ریسک واحدها بکار گرفته می‌شوند.

در این کتاب آموزش مراحل شناسایی مخاطرات فرایندی، ارزیابی پیامد و مدیریت ریسک به خوبی صورت گرفته است. پس از تعاریف اولیه، روش‌های شناسایی مخاطرات ارائه شده و سپس مدل‌سازی فرایند نشت و رهایش مایعات و گازها بررسی شده است. بعد از آن مدل‌سازی انواع آتش، انفجار و انتشار گازهای سمی و آتش‌گیر در شرایط مختلف شرح داده شده است. در هر بخش سعی شده تا مفاهیم مربوطه، به کمک مثال‌های متعدد و کاربردی انتقال داده شوند. مرور حوادث گذشته که در انتهای هر بخش ارائه شده، خواننده را با حوادث آن حوزه‌ی کاری آشنا می‌کند. در فصل آخر نیز علل منجر به حوادث در ارتباط با تجهیزات مختلف فرایندی بررسی شده‌اند. این بخش می‌تواند باعث توجه بیشتر مهندسی‌ن به مسائل ایمنی مرتبط با تجهیزات موجود در کارخانه‌های شیمیایی شود.

کتاب حاضر، مرجع مناسبی برای آموزش مفاهیم شناسایی مخاطرات فرایندی، ارزیابی پیامد و مدیریت ریسک به دانشجویان می‌باشد. همچنین مطالعه‌ی آن به مهندسی‌ن خبره فرایندی که مسائل ایمنی برای آنها مهم می‌باشد، توصیه می‌شود. بدون شک انتشار کتاب‌های مختلف در این حوزه باعث افزایش دانش در زمینه‌ی ایمنی فرایندها خواهد شد و توجه بیشتر مهندسی‌ن و مدیران را جلب خواهد کرد. امیدواریم با آموزش صحیح و نگرش علمی به مباحث ایمنی، از وقوع حوادث دلخراش در صنایع فرایندی جلوگیری شود.

در پایان، با وجود این که در ترجمه و تدوین این کتاب کوشش فراوانی شده، امیدواریم باز هم از اظهار لطف و محبت و نظرات استادان گرامی و همکاران ارجمند برخوردار باشیم تا در چاپ‌های بعد کاستی‌ها برطرف شود. خواهشمند است در صورت امکان نظرات ارزشمند خود را به آدرس kashi@irost.ir ارسال نمایید.

اسلام کاشی - نرجس همتی علم