

مهندسی حریق

تألیف:

مهندس مسعود مردانی

دکتر سید محمدرضا میری لواسانی

مردانی، مسعود، ۱۳۶۳ -	سرشناسه
مهندسی حریق / مسعود مردانی، سیدمحمد رضا میری لواسانی.	عنوان و نام پدیدآور
تهران: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، ۱۳۹۶.	مشخصات نشر
ج۲: مصور، جدول.	مشخصات ظاهری
دوره ۲- 978-964-10-4790-2 : ج. ۱ 978-964-10-4776-6	شابک
ج. ۲ 978-964-10-4789-6 :	
فیفا	وضعیت فهرست نویسی
آتش سوزی	موضوع
Fires	موضوع
آتش سوزی -- پیش بینی های ایمنی	موضوع
Fire protection engineering	موضوع
آتش سوزی -- پیشگیری	موضوع
Fire prevention	موضوع
میری لواسانی، سیدمحمد رضا، ۱۳۶۰ -	شناسه افزوده
دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات	شناسه افزوده
TH9176/9م ۱۳۹۶	رده بندی کنگره
۸/۹	رده بندی دیویی
۴۸۰۳۱۶	شماره کتابشناسی ملی

نام کتاب: مهندسی حریق (جلد اول)

تألیف: مهندس مسعود مردانی، دکتر سید محمد رضا میری لواسانی.

چاپ اول: تابستان ۱۳۹۶

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۴۷۷۶-۶ ISBN: 978-964-10-4776-6

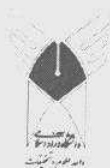
تیراژ: ۲۰۰۰ جلد

قیمت: ۲۹۰۰۰۰ ریال

مرکز پخش: تهران، انتهای بزرگراه شهید ستاری، میدان دانشگاه آزاد اسلامی به سمت

حصارک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ساختمان علوم انسانی

تلفن: ۴۴۸۶۵۱۱۱



مقدمه مؤلفان

((يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ))

خداوند مقام اهل ایمان و دانشمندان عالم را (در دوجهان) رفیع می گرداند.

(سوره مبارکه مجادله- آیه ۱۱)

تمامی ادیان الهی و در رأس آن ها اسلام، انسان را موجودی کمال گرا می دانند. از نظر اسلام، انسان همواره در حال تکامل است و جهت گیری او به سمت کمال بی نهایت یعنی خداوند تبارک و تعالی است.

یکی از راه های کمال و قرب به ذات اقدس الهی، علم و دانش است. علمی که به تعبیر استاد شهید مطهری- زیبایی علم است. علمی که انسان خداجو در آن نشانه های معبود را می جوید و می یابد؛ علمی که هر چه فزونی می گیرد، دارنده آن را به خدا نزدیک تر می کند.

هم از این روست که در نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران که شالوده و اساس حاکمیت در آن بر مبنای احکام اسلام است، توجه به علم و دانش، تحقیق و نشر در صدر مسائل قرار دارد.

کتاب حاضر برآمده از علاقه مندی وافر به تحقیقات عمیق در توسعه و کاربرد مهندسی حریق توسط مؤلفان آن است. قلمرو این بحث محدود به هیچ یک از رشته های مهندسی نمی شود زیرا مفاهیم و روش های اساسی مهندسی حریق بسیار فایده و کاربردپذیر در عموم موارد مهندسی است.

مؤلفان کتاب بر این عقیده اند که حریق و انفجار، ویژگی بسیار مهم و تفکیک ناپذیر برنامه ریزی، طراحی و کاربری همه سامانه های مهندسی از کوچک ترین و ساده ترین تا بزرگ ترین و پیچیده ترین آن ها است. همچنین اعتقاد بر این است که همه مهندسانی که با چنین سامانه هایی سروکار دارند باید علاوه بر آگاهی از نقش ارزنده و مهم مهندسی حریق، قادر به مبادرت و اجرای آن نیز باشند.

هدف عمده از تألیف این کتاب، تدارک زمینه آموزش و تحقیق برای مهندسان اجرایی و دانشجویان مهندسی در تمام مقاطع است به نحوی که حتی بدون دانش قبلی از مفاهیم و روش های مهندسی حریق قادر به استفاده از این کتاب شوند.

در تألیف این کتاب سعی شده است که ساختار آن به گونه ای باشد تا مفاهیم و یا روش های جدید یک به یک ارائه شود و با بهره گیری از مثال های عددی متعدد تفهیم کامل آن ها صورت

گیرد. علیرغم تلاش وافر که به منظور تألیف آن صورت گرفته بر این عقیده‌ایم که این کتاب خالی از ایراد نیست لذا از کلیه متخصصان، کارشناسان و صاحب‌نظران تقاضا داریم تا نظرات خود را به ما منتقل نمایند تا در کارهای بعدی مدنظر قرار دهیم.

www.ketab.ir

فهرست مطالب

<u>عنوان</u>	<u>صفحه</u>
فصل اول: مقدمه.....	۱
۱-۱- ریسک.....	۱
۲-۱- تجزیه و تحلیل ریسک.....	۳
۳-۱- مطالعات عملیات و خطر (Hazop).....	۷
۱-۳-۱- روش شناسی HAZOP.....	۸
۴-۱- جزئیات HAZO.....	۱۲
۱-۴-۱- تعریف، گره و هدف.....	۱۲
۲-۴-۱- وجوه عملیات.....	۱۳
۳-۴-۱- متغیرها.....	۱۳
۴-۴-۱- کلمات راهنما.....	۱۵
۱-۴-۴-۱- تعریف.....	۱۵
۲-۴-۴-۱- قابلیت اعمال.....	۱۶
۵-۱- انحراف ها.....	۱۶
۱-۵-۱- تعریف.....	۱۶
۲-۵-۱- علل انحراف ها.....	۱۷
۱-۲-۵-۱- علل موثق.....	۱۷
۳-۵-۱- پیامد.....	۱۷
۴-۵-۱- معیارهای حفاظتی.....	۱۸
۶-۱- نواقص در محافظت.....	۱۸
۱-۶-۱- خطای انسانی.....	۱۸
۲-۶-۱- نواقص سخت افزاری.....	۱۹
۷-۱- پیشنهاد های اجرایی.....	۱۹
۸-۱- استفاده از مستند سازی حین مطالعه.....	۲۰
۹-۱- زمان لازم برای هر گره و مدت زمان مطالعه.....	۲۰
۱۰-۱- ساختار جلسات.....	۲۲

۲۲	۱۱-۱- HAZOP گروه
۲۳	۱۱-۱-۱- تعداد اعضای گروه
۲۳	۱۱-۱-۲- ترکیب گروه
۲۵	۱۱-۱-۳- مهارت‌ها و تجارب گروه
۲۵	۱۲-۱- نقش HAZOP در رویه اجرای پروژه
۲۶	۱۳-۱- ثبت و گزارش کردن HAZOP
۲۶	۱۳-۱-۱- خلاصه‌برداری
۲۷	۱۳-۱-۲- نرم‌افزارهای رایانه‌ای
۲۷	۱۳-۱-۳- گزارش سرپرست HAZOP
۳۵	۱۴-۱- حوادث برگشت
۳۵	۱۴-۱-۱- انواع حوادث
۶۰	۱۴-۲- خسارات
۶۴	۱۵-۱- تأثیرات دومینو
۶۴	۱۵-۱-۱- دسته‌بندی اثرات دومینو
۶۵	۱۵-۲- مثال موردی
۶۷	۱۶-۱- الگوسازی ریاضی از حوادث
۷۲	۱۷-۱- منابع

۷۳ فصل دوم: اساس منبع

۷۳	۲-۱- مقدمه
۷۵	۲-۲- آزادسازی مایع
۷۶	۲-۲-۱- جریان مایع از طریق حفره ای در مخزن
۸۰	۲-۲-۳- جریان مایع در میان لوله
۸۱	۲-۳-۱- نرخ جریان مایع
۸۴	۲-۳-۲- ضریب اصطکاک
۸۸	۲-۴- آزادسازی گاز/ بخار
۸۹	۲-۴-۱- جریان گاز و یا بخار از میان حفره
۹۰	۲-۴-۲- سرعت بحرانی

۹۴	۲-۴-۳- نرخ جریان جرمی.....
۹۵	۲-۴-۴- ضریب تخلیه.....
۹۸	۲-۵- جریان گاز و یا بخار از طریق لوله.....
۱۰۴	۲-۶- آزادسازی گاز وابسته به زمان.....
۱۰۶	۲-۷- جریان دو فازی.....
۱۰۷	۲-۷-۱- تبخیر ناگهانی مایعات.....
۱۰۸	۲-۷-۲- تخلیه دو فازی.....
۱۱۱	۲-۸- شیر تخلیه ایمنی.....
۱۱۲	۲-۸-۱- تخلیه از شیر تخلیه ایمنی.....
۱۱۶	۲-۹- تخلیه اضطراری.....
۱۱۶	۲-۹-۱- نرخ جریان اضطراری برای مخزن در معرض حریق خارجی.....
۱۱۹	۲-۹-۲- نرخ جریان فشار شکن برای مخزن تحت واکنش غیر قابل کنترل.....
۱۲۴	۲-۱۰- تبخیر مایع از حوضچه.....
۱۲۵	۲-۱۰-۱- تبخیر مایعات.....
۱۲۵	۲-۱۰-۲- اندازه حوضچه.....
۱۲۵	۲-۱۰-۳- حوضچه روی زمین.....
۱۲۶	۲-۱۰-۴- حوضچه در آب.....
۱۲۶	۲-۱۰-۳- تبخیر از مایعات جوشان.....
۱۲۸	۲-۱۰-۴- تبخیر مایعات غیر جوشان.....
۱۲۹	۲-۱۱- راهنمای عمومی جریان خروجی برای تحلیل کمی ریسک.....
۱۳۰	۲-۱۱-۱- وقایع انتشار آلودگی در مخازن تحت فشار و اتصالات.....
۱۳۱	۲-۱۱-۲- وقایع انتشار آلودگی در مخازن اتمسفری.....
۱۳۱	۲-۱۱-۳- وقایع انتشار آلودگی در لوله‌ها.....
۱۳۱	۲-۱۱-۴- وقایع انتشار آلودگی در پمپها.....
۱۳۲	۲-۱۱-۵- وقایع انتشار آلودگی در دستگاه‌های فشار شکن.....
۱۳۲	۲-۱۱-۶- وقایع انتشار آلودگی برای ذخیره سازی در انبار.....
۱۳۲	۲-۱۱-۷- رویدادهای انتشار آلودگی در واحدهای حمل و نقل در تأسیسات.....

۱۳۳	۸-۱۱-۲- تبخیر حوضچه
۱۳۴	۹-۱۱-۲- جریان خروجی و پراکندگی جوی
۱۳۸	۱۲-۲- منابع

فصل سوم: حوادث حریق

۱۴۰	۱-۳- مقدمه
۱۴۸	۲-۳- احتراق
۱۴۹	۱-۲-۳- نمودار اشتعال پذیری
۱۶۱	۲-۲-۳- واکنش احتراق و حرارت احتراق
۱۶۲	۳-۲-۳- شعله های از ترکیب شده و شعله های نفوذی
۱۶۳	۳-۳- انواع حریق
۱۶۴	۱-۳-۳- حریق حوضچه ای
۱۶۶	۲-۳-۳- حریق های فواره ای
۱۶۶	۳-۳-۳- حریق های ناگهانی
۱۶۷	۴-۳-۳- توپ آتش
۱۶۸	۴-۳- اشتعال پذیری
۱۶۸	۱-۴-۳- محدوده اشتعال پذیری
۱۷۰	۱-۱-۴-۳- تخمین محدوده اشتعال پذیری
۱۷۵	۲-۱-۴-۳- اثر دما بر روی اشتعال پذیری
۱۷۵	۳-۱-۴-۳- اثر فشار بر اشتعال پذیری
۱۷۶	۴-۱-۴-۳- محدوده اشتعال پذیری مخلوط های گازی
۱۷۷	۵-۱-۴-۳- حداقل انرژی اشتعال (MIE)
۱۷۹	۶-۱-۴-۳- محدوده اشتعال پذیری به عنوان تابع فشار
۱۸۰	۷-۱-۴-۳- محدوده اشتعال پذیری به عنوان تابع درجه حرارت
۱۸۱	۸-۱-۴-۳- نمودار خشی سازی و اشتعال پذیری
۱۸۳	۲-۴-۳- دمای نقطه اشتعال
۱۸۵	۱-۲-۴-۳- مایعات
۱۸۹	۲-۲-۴-۳- نقطه اشتعال مخلوط مایعات

- ۱۹۱ ۴-۲-۱- مثال کاربردی
- ۱۹۲ ۳-۲-۴- جو انفجار برای مایعات
- ۱۹۴ ۴-۲-۴- بخار و آئروسول
- ۱۹۴ ۳-۲-۵- گرد و غبار
- ۲۰۱ ۳-۲-۶- مخلوط های میسرید
- ۲۰۱ ۳-۴-۳- دمای خودسوزی
- ۲۰۲ ۳-۴-۴- مثال کاربردی
- ۲۰۶ ۳-۵- برآورد تابش حرارتی از آتش سوزی ها
- ۲۰۷ ۳-۵-۱- الگو، معنای ای
- ۲۰۹ ۳-۵-۱-۱- قابلیت انتقال حرارت
- ۲۱۱ ۳-۵-۲- الگو شعله تابش
- ۲۱۳ ۳-۵-۲-۱- ضریب دید
- ۲۱۷ ۳-۵-۲-۲- قدرت انتشار
- ۲۲۱ ۳-۶-۱- ابعاد شعله
- ۲۲۲ ۳-۶-۱- اندازه حریق حوضچه ای
- ۲۲۲ ۳-۶-۱-۱- قطر حوضچه
- ۲۲۶ ۳-۶-۱-۲- نرخ سوختن
- ۲۲۷ ۳-۶-۱-۳- ارتفاع و طول شعله ها
- ۲۲۸ ۳-۶-۱-۴- تأثیرات باد
- ۲۳۲ ۳-۶-۲- ابعاد حریق فواره ای
- ۲۳۲ ۳-۶-۲-۱- جریان فواره ای
- ۲۳۵ ۳-۶-۲-۲- شکل و اندازه حریق فواره ای
- ۲۳۹ ۳-۶-۲-۳- تأثیر باد
- ۲۴۶ ۳-۶-۳- حریق ناگهانی
- ۲۴۷ ۳-۷- جوش آوری (سر رفتن)
- ۲۵۳ ۳-۷-۱- تمایل هیدرو کربن ها به جوش آوری (سر رفتن)
- ۲۵۴ ۳-۷-۲- اثرات جوش آوری (سر رفتن)

۲۵۵	۸-۳- توپ آتش
۲۵۶	۱-۸-۳- هندسه توپ آتش
۲۵۶	۱-۱-۸-۳- قطر زمین
۲۵۶	۲-۱-۸-۳- طول مدت و قطر توپ آتش
۲۵۸	۳-۱-۸-۳- ارتفاع رسیده توسط مرکز توپ آتش
۲۵۹	۲-۸-۳- مشخصات حرارتی
۲۵۹	۱-۲-۸-۳- کسر گرمای تابشی
۲۶۰	۲-۲-۸-۳- قدر انتشار
۲۶۱	۳-۲-۸-۳- برید دید
۲۶۲	۳-۸-۳- ثابت یا غیر ثابت
۲۶۴	۹-۳- مثال موردی
۲۷۴	۱۰-۳- منابع
۲۷۷	فصل چهارم: انفجارهای ابر بخار (VCF)
۲۷۷	۱-۴- مقدمه
۲۸۰	۲-۴- ساز و کار گسترش ابر
۲۸۲	۱-۲-۴- بیشترین احتمال خسارت به اموال از انفجار ابر بخار (OFCE)
۲۸۳	۲-۲-۴- مواد قابل اشتعال با OFCE بالقوه
۲۸۴	۱-۲-۲-۴- گازها
۲۸۴	۲-۲-۲-۴- مایعات
۲۸۵	۳-۲-۲-۴- منابع OFCE
۲۸۵	۴-۲-۲-۴- مخازن نگهداری
۲۸۶	۵-۲-۲-۴- مخازن و تأسیسات فرآیندی
۲۸۷	۶-۲-۲-۴- بیشترین احتمال اندازه انفجار
۲۸۹	۷-۲-۲-۴- تعیین حداکثر خسارت احتمالی اموال (MPPD)
۲۹۰	۸-۲-۲-۴- منابع حریق، انحراف و دیگر عوامل
۲۹۱	۳-۴- ابر های بخار
۲۹۲	۴-۴- ضربه انفجار و موج انفجار

۲۹۳	۴-۱-۴- موج انفجار.....
۲۹۵	۴-۱-۱-۴- برآورد اوج اضافه فشار جانبی.....
۲۹۷	۴-۱-۲-۴- مثال کاربردی.....
۲۹۹	۴-۱-۳-۴- سینتیک و ترموشیمی.....
۳۰۱	۴-۵- محاسبه دمای شعله بی دررو (CAFT).....
۳۰۳	۴-۵-۱- مثال کاربردی.....
۳۰۶	۴-۶- دینامیک گاز.....
۳۱۱	۴-۷- انفجارهای تخریبی (فراصوت).....
۳۱۲	۴-۸- انفجار سریع انفجار با سرعت کمتر از سرعت صوت.....
۳۲۳	۴-۸-۱- شمع کوب (سد) فشار و انتقال از انفجار سریع به انفجار تخریبی.....
۳۲۴	۴-۹- سنجش موج انفجار.....
۳۲۶	۴-۱۰- انفجارهای هوایی - ترند وزمینی.....
۳۲۷	۴-۱۱- برآورد ضربه انفجار: روش معادل TNT.....
۳۳۲	۴-۱۲- تخمین ضربه انفجار: روش چند- انرژی.....
۳۳۹	۴-۱۳- برآورد ضربه انفجار: روش بیکر- اسبرو (B-S-T).....
۳۴۴	۴-۱۴- مقایسه سه روش موجود.....
۳۴۷	۴-۱۵- دیدگاهی آماری نسبت به برآورد تلفات احتمالی در انفجارهای تصادفی.....
۳۵۱	۴-۱۶- مثال موردی.....
۳۵۸	۴-۱۷- منابع.....
۳۵۹	فصل پنجم: BLEVEs و انفجار مخازن
۳۵۹	۵-۱- مقدمه.....
۳۶۲	۵-۲- ساز و کار BLEVE.....
۳۶۷	۵-۲-۱- ساز و کار تشکیل BLEVE به دلیل آتش سوزی خارجی.....
۳۶۸	۵-۲-۲- مایع بسیار داغ.....
۳۷۱	۵-۲-۳- دمای حدی بسیار داغ.....
۳۷۷	۵-۲-۴- دمای حدی بسیار داغ از تعادل انرژی.....

- ۳۸۰ ۵-۲-۵- چه زمانی انفجار BLEVE است؟
- ۳۸۶ ۵-۳-۳- نقص مخزن
- ۳۸۶ ۵-۳-۱- ساز و کار
- ۳۸۷ ۵-۳-۲- فشار مورد نیاز برای نقص مخزن
- ۳۹۰ ۵-۴-۴- تخمین تأثیرات انفجار
- ۳۹۰ ۵-۴-۱- تابش حرارتی
- ۳۹۰ ۵-۴-۲- انرژی مکانیکی آزاد شده از انفجار
- ۳۹۱ ۵-۴-۱-۱- مار ایله آل گازی و انبساط هم آنتروپی
- ۳۹۴ ۵-۴-۱-۲- مار حقیقی گاز و انبساط غیر قابل بازگشت بی دررو
- ۳۹۶ ۵-۴-۳- موج فشار
- ۴۰۱ ۵-۴-۴- استفاده از انرژی ماریم به بار داغ برای برآوردی سریع از ΔP
- ۴۰۶ ۵-۴-۵- تخمین ΔP از منحرف ای و انبساط
- ۴۰۹ ۵-۴-۶- برتابه ها
- ۴۱۲ ۵-۴-۶-۱- مسافت
- ۴۱۴ ۵-۴-۶-۲- سرعت
- ۴۱۶ ۵-۵- اقدامات پیشگیرانه
- ۴۲۰ ۵-۶- مثالی از موارد مختلف
- ۴۳۱ ۵-۷- منابع

فصل ششم: پراکندگی جوی ابرهای سمی یا قابل اشتعال

- ۴۳۴ ۶-۱- مقدمه
- ۴۳۴ ۶-۲- متغیرهای جوی
- ۴۳۵ ۶-۲-۱- باد
- ۴۳۹ ۶-۲-۲- نرخ سیری شدن
- ۴۴۲ ۶-۲-۳- پایداری جوی
- ۴۴۷ ۶-۲-۴- رطوبت نسبی
- ۴۴۸ ۶-۲-۵- واحدهای اندازه گیری
- ۴۴۸ ۶-۳- الگوهایی پراکندگم

- ۴۴۹ ۱-۳-۶- آزادسازی لحظه‌ای و مداوم.
- ۴۵۱ ۲-۳-۶- ارتفاع مؤثر انتشار.
- ۴۵۳ ۴-۶- الگوهای پراکندگی برای گازهای خنثی (الگو گاوسی).
- ۴۵۴ ۱-۴-۶- انتشار مداوم.
- ۴۶۳ ۲-۴-۶- انتشار لحظه‌ای.
- ۴۶۷ ۳-۴-۶- آزادسازی کوتاه مدت.
- ۴۶۸ ۵-۶- الگوهای پراکندگی برای گازهای سنگین تر از هوا.
- ۴۷۱ ۱-۵-۶- الگو برتر و مک کونید.
- ۴۷۲ ۱-۱-۵-۶- آزادسازی مداوم.
- ۴۷۴ ۲-۱-۵-۶- آزادسازی لحظه‌ای.
- ۴۷۶ ۳-۱-۵-۶- آزادسازی با مدت زمان محدود.
- ۴۷۹ ۶-۶- محاسبه غلظت مختصات خل و ارتفاع.
- ۴۷۹ ۱-۶-۶- الگو ابر یکپارچه اومس.
- ۴۸۰ ۲-۶-۶- تعیین مختصات خط واصل با دقت.
- ۴۸۴ ۷-۶- پراکندگی گرد و غبار.
- ۴۸۵ ۸-۶- پراکندگی جوی عوامل عفونت زار.
- ۴۸۶ ۱-۸-۶- منع انتشار.
- ۴۸۶ ۲-۸-۶- پراکندگی عوامل بیماری زای هوایی.
- ۴۸۸ ۳-۸-۶- اپیدمی ها(بیماری های واگیردار): پراکندگی ویروس های هوایی.
- ۴۹۲ ۹-۶- فرار (گریز).
- ۴۹۳ ۱۰-۶- پناهگاه.
- ۴۹۳ ۱-۱۰-۶- غلظت داخل ساختمان.
- ۴۹۳ ۱-۱-۱۰-۶- آزادسازی مداوم.
- ۴۹۵ ۲-۱-۱۰-۶- آزادسازی کوتاه مدت.
- ۴۹۷ ۳-۱-۱۰-۶- آزادسازی لحظه‌ای.
- ۵۰۰ ۴-۱-۱۰-۶- رویکرد ساده.
- ۵۰۱ ۱۱-۶- مثال موردی.