



جمهوری اسلامی ایران

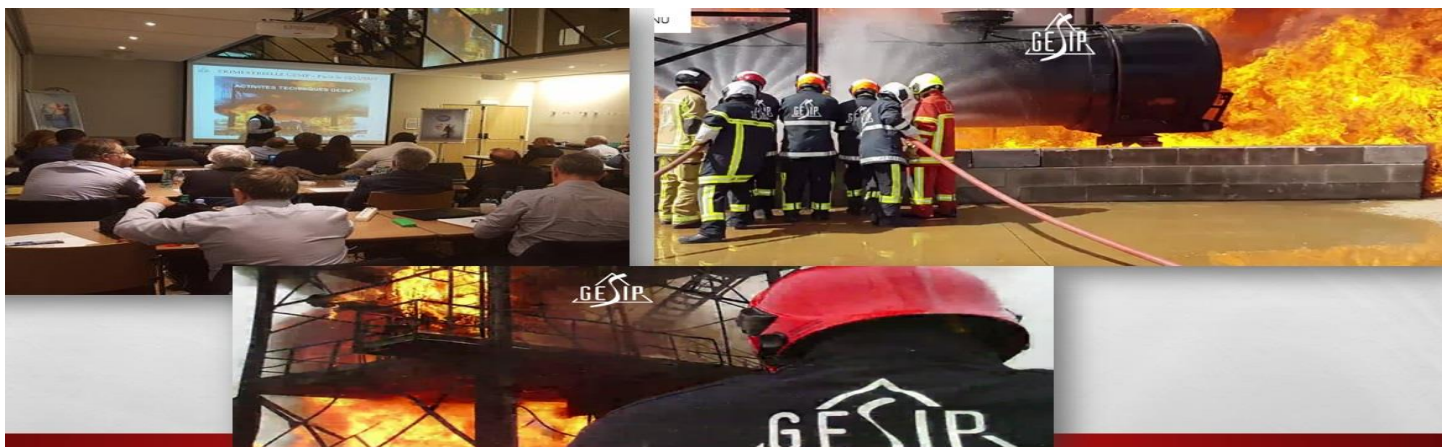
وزارت نفت

اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست و پدافند غیرعامل

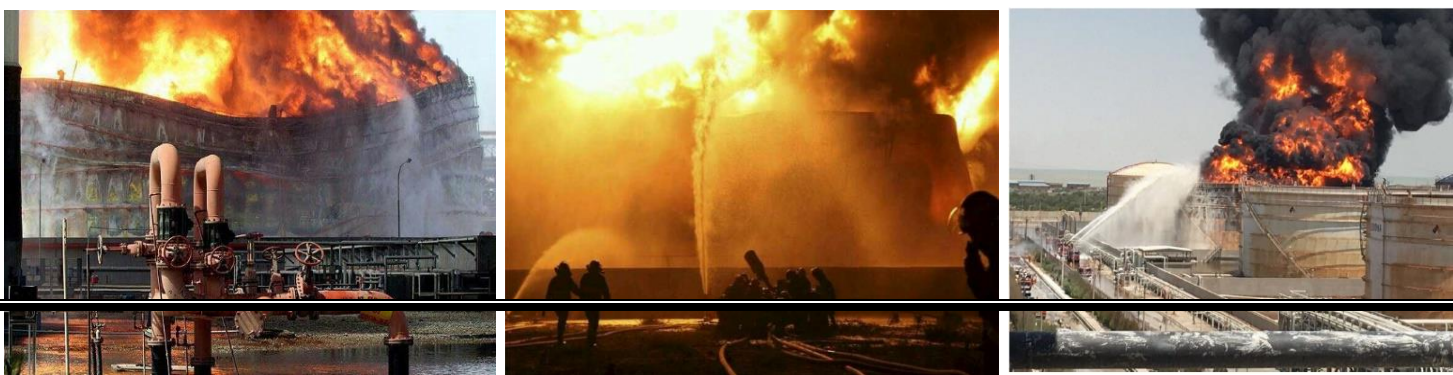
کتابچه آموزشی فرماندهان صحنه

با

اقتباس از سرفصل‌های طرح تربیت فرماندهان صحنه وزارت نفت



ON SCENE COMMANDERS TRAINING MANUAL



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کتابچه آموزشی فرماندهان صحنه

با

اقتباس از سرفصل‌های طرح تربیت فرماندهان صحنه وزارت نفت

تهیه کنندگان:

اداره کل *HSE* و پدافند غیرعامل وزارت نفت با همکاری فراگیران دوره تربیت فرماندهان صحنه

با تشکر ویژه از آقای مهندس علی کمندی رئیس پدافند غیر عامل و مدیریت بحران شرکت پالایش گاز ایلام

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۵	پیشگفتار
۱۰	بخش اول: مبانی نظری
۱۱	فصل اول: مفاهیم و تعاریف
۱۲	۱-۱ نقشه ها و نمودارهای فرآیندی
۱۳	۲-۱ سیستم های ایمنی
۱۸	۳-۱ سیستم های اندازه گیری
۲۱	۴-۱ استانداردهای قابل کاربرد در HSE
۲۹	۵-۱ رویداد فرآیندی (Process Incident)
۳۱	۶-۱ مشخصه های فیزیکی و شیمیایی
۳۵	فصل دوم: مبانی حریق
۳۶	۱-۲ آتش چیست؟
۳۷	۲-۲ انواع سوختن
۳۸	۳-۲ مراحل حریق
۳۹	۴-۲ طبقه بندی حریق و راههای اطفاء
۴۲	۶-۲ علل و شرایط بروز حریق و محصولات احتراق
۴۳	۷-۲ دسته بندی انفجار و آتش سوزی
۵۲	۸-۲ پدیده های احتراق
۵۴	۹-۲ ساز و کارهای انتقال حرارت و کاربرد آن در آتش نشانی
۵۸	فصل سوم: هیدروکربن ها و طبقه بندی آنها
۵۹	۱-۳ ترکیب شیمیایی هیدروکربنها:
۶۰	۲-۳ تعادل گاز و مایع
۶۱	۳-۳ مواد شیمیایی خطرناک (HAZMAT)
۶۳	۱-۳-۳ طبقه بندی مواد خطرناک
۷۱	فصل چهارم: رفتار مواد و فلزات در برابر حریق
۷۲	۱-۴ مقدمه
۷۲	۲-۴ مقاومت سازه های فولادی در برابر حریق
۷۳	۳-۴ مقاومت سازه های بتنی در برابر آتش
۷۴	۴-۴ رفتار سازه فلزی در برابر آتش
۷۵	۵-۴ حالت های شکست سازه ای
۷۵	۱-۵-۴ واکنش حرارتی

۷۶	۴-۵-۲- واکنش مکانیکی
۷۹	۴-۵-۳- روابط تنش - کرنش فولاد در دماهای بالا
۷۸	بخش دوم: فرماندهی صحنه حادثه
۸۲	فصل پنجم: مبانی فرماندهی صحنه
۸۳	۵-۱- ارکان اصلی مدیریت شرایط اضطراری در صنعت نفت و وظایف آن
۸۶	۵-۲- استراتژی و تاکتیک در فرماندهی
۸۹	۵-۳- ارزیابی ریسک
۹۰	۵-۳- مدیریت منابع
۹۱	۵-۴- پشتیبانی (لجستیک)
۹۴	۵-۵- ابزارهای مورد نیاز فرماندهی شرایط اضطراری
۹۴	۵-۵-۱- کارت گزارش فوری حادثه:
۹۵	۵-۵-۲- کارت واکنشی
۹۶	۵-۵-۳- کارت ماموریت
۹۶	۵-۵-۴- کارت راهنما
۹۷	۵-۵-۵- کارت اطلاعات اولیه (ISC)
۹۷	۵-۵-۶- نمایش گرافیکی موقعیت یا SITAC
۱۰۰	۵-۵-۷- تایم اوت (Time Out)
۱۰۱	۵-۵-۸- ثبت وقایع (Log Keeping)
۱۰۲	۵-۵-۹- ثبت سرشماری (P.O.B: People On Board)
۱۰۳	۵-۶- عوامل مهم در اثربخشی فرماندهی
۱۰۴	۵-۷- ارتباطات در شرایط اضطراری
۱۰۵	۵-۷-۱- ارتباطات خارجی
۱۰۵	۵-۷-۲- ارتباطات داخلی
۱۰۶	۵-۸- تدوین سناریو، برنامه ریزی و اجرای مانور
۱۱۱	فصل ششم: موارد تخصصی در فرماندهی صحنه
۱۱۲	۶-۱- مرکز مدیریت شرایط اضطراری (EMC)
۱۱۳	۶-۳- مرکز فرماندهی (CP)
۱۲۲	۶-۹- فناوری های جدید فرماندهی صحنه حوادث
۱۲۴	۶-۸- سیمولاتور (شبیه ساز)
۱۲۷	فصل هفتم: نمونه تمرین مدیریت شرایط اضطراری و به کارگیری ابزارهای فرماندهی
۱۲۸	۶-۶- ایفای نقش در سناریوهای مدیریت شرایط اضطراری
۱۲۸	۶-۷- تمرین مدیریت شرایط اضطراری با سناریوی نشت گاز و انفجار در کمپرسور سکوی دریایی APP1
۱۳۸	۶-۴- محاسبات منابع مورد نیاز آب و کف در آتش استخری

پیشگفتار

با توجه به نواقص مدیریت حادثه پتروشیمی بوعلی سینا و به منظور ساماندهی فرایند مدیریت شرایط اضطراری و با توجه به اهمیت بالای موضوع از جنبه مدیریتی، نظام مدیریت شرایط اضطراری در صنعت نفت طی ابلاغیه شماره ۹۴۹-۲/۲۰ مورخ ۹۷/۱۲/۱۴ با تمرکز بر اصل وحدت فرماندهی صحنه و سطح بندی وضعیت های اضطراری، به کلیه شرکتهای تابعه ابلاغ گردید.

با توجه به چارچوب جدید مدیریت شرایط اضطراری صنعت نفت، یکی از ارکان کلیدی مدیریت شرایط اضطراری و طرح های واکنش، نقش فرماندهی صحنه (On-scene commander) می باشد که با توجه به استانداردها و مراجع بین المللی اهم وظایف این نقش شامل تعیین و اتخاذ تاکتیکهای عملیاتی، فرماندهی عملیات و هدایت تیم های عملیاتی، هماهنگی با واحدهای مختلف درون سازمانی، درخواست منابع و تجهیزات می باشد. فرمانده صحنه ارشدترین مقام مسئول و مجاز در عملیات واکنش بوده و سایر واحدهای سازمانی موظف به پشتیبانی کامل از وی می باشند. بر این اساس مسئولیت کامل عملیات مقابله و کنترل از جنبه فنی و تعیین استراتژی با فرمانده صحنه بوده و سایر عوامل سازمانی در یک نمودار ماتریسی تحت دستور فرمانده صحنه خواهند بود. اهم وظایف فرمانده صحنه عبارتند از :

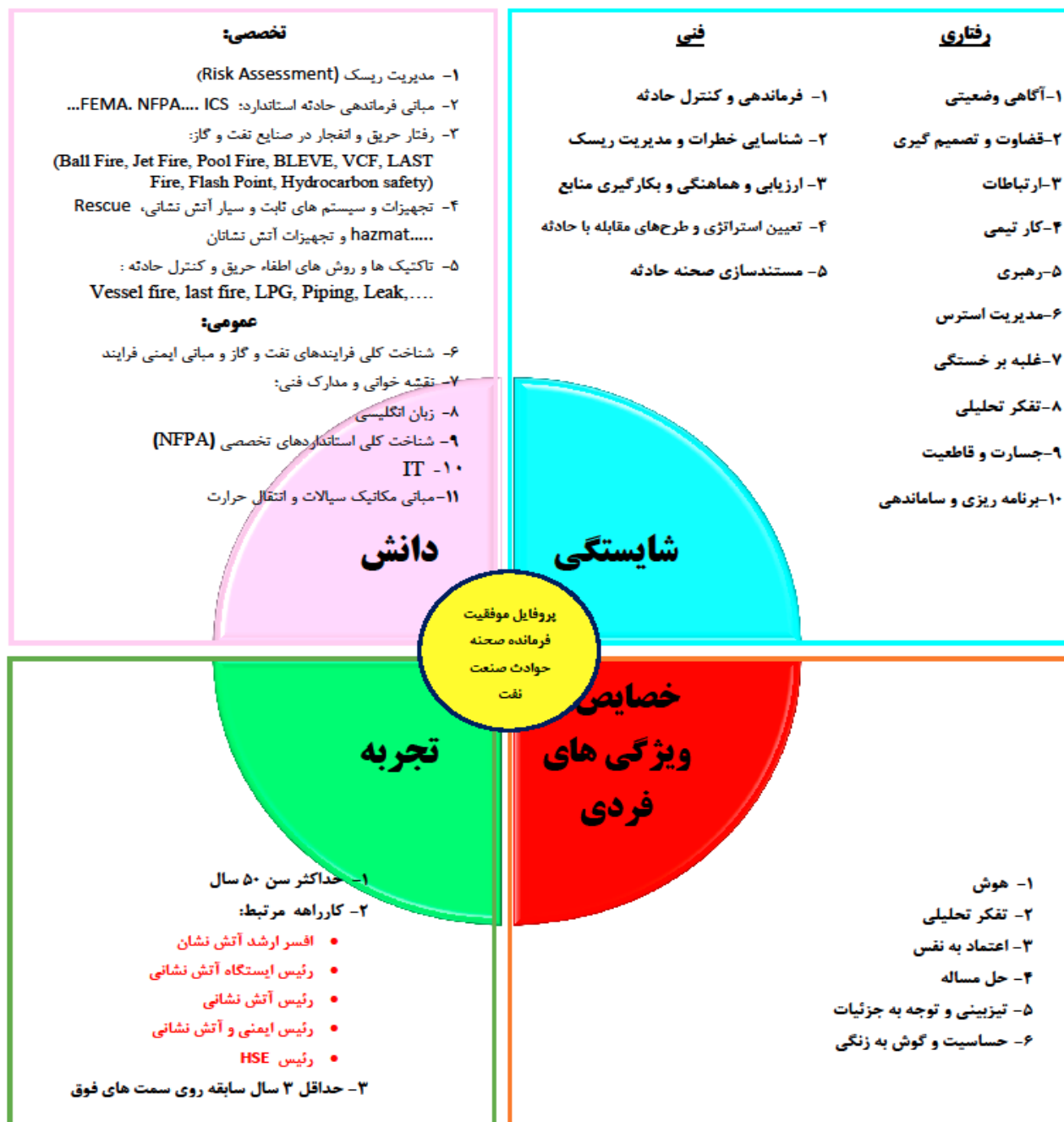
- اتخاذ تاکتیک های مورد نیاز برای مقابله با شرایط اضطراری
- ارائه پیشنهاد برنامه های پیشگیرانه به مدیر شرایط اضطراری شرکت یا منطقه
- فرماندهی عملیات تاکتیکی برای مقابله با شرایط اضطراری
- هماهنگ کننده عملیات های واکنش به شرایط اضطراری که به طور همزمان انجام می گیرند
- اطمینان از ایمنی کارکنان شرکت کننده در شرایط اضطراری و سایر کارکنان
- کمک به توسعه استراتژی و تاکتیک های عملیات واکنش در شرایط اضطراری

- نظارت بر اجرای بخش عملیاتی برنامه واکنش اضطراری
- درخواست منابع برای حمایت عملیات تاکتیکی از طریق بخش تدارکات
- اطمینان از اینکه تیم واکنش به طور مؤثر و در داخل محدوده تعریف شده فعالیت می کنند.
- هماهنگی و هدایت تیم مدیریت حوادث و فوریت های پزشکی جهت ارائه به موقع خدمات

برنامه توانمندسازی و تقویت دانش و مهارت مورد نیاز افراد مرتبط با این نقش در صنعت نفت از طریق ارزیابی، انتخاب و سپس آموزش های تئوری و عملی مطابق استانداردهای روز دنیا و در مراکز آموزش معتبر بین المللی مجهز به شبیه سازهای آموزشی، ماکت های تمرین عملی مشابه تاسیسات صنعت نفت و کادر آموزشی و مربیان مجرب در دستور کار قرار گرفت. انتخاب فرمانده صحنه شایسته به مثابه ورود یک مدیر به یک سازمان است که با تخصص، تجربه و سازماندهی تغییر اثربخش را برای سازمان به ارمغان می آورد. در صورت عدم توجه به تناسب ویژگیها و تخصص فرمانده مورد نظر با نوع حوادث، ماندگاری و مواجهه فرمانده صحنه در مقابله با حوادث با تهدیدی جدی روبرو خواهد بود. بنابراین مثلث طلایی انتخاب صحیح شامل تخصص، تجربه و هوش و ذکاوت فرمانده است که علاوه بر شرایط تخصصی، شرایط جسمانی و رفتاری فرد را با سایر افراد شاغل در صنعت نفت مد نظر قرار می دهد. هدف از ایجاد رویه و مراحل مختلف در فرآیند انتخاب، سنجش توان غلبه فرمانده صحنه حوادث بر موانع و مشکلات پیش روی در یک شرایط اضطراری پیش آمده و همچنین، شناخت کامل تر از توانایی های فردی یک فرمانده می باشد که می توان به اهداف مهم ذیل اشاره کرد:

- ۱- فرماندهی و کنترل حادثه
- ۲- تعیین استراتژی و طرح های مقابله با حادثه
- ۳- شناسایی خطرات و مدیریت ریسک
- ۴- ارزیابی و هماهنگی و بکارگیری منابع
- ۵- مستندسازی صحنه حادثه

پروفايل موفقیت فرمانده صحنه حوادث صنعت نفت



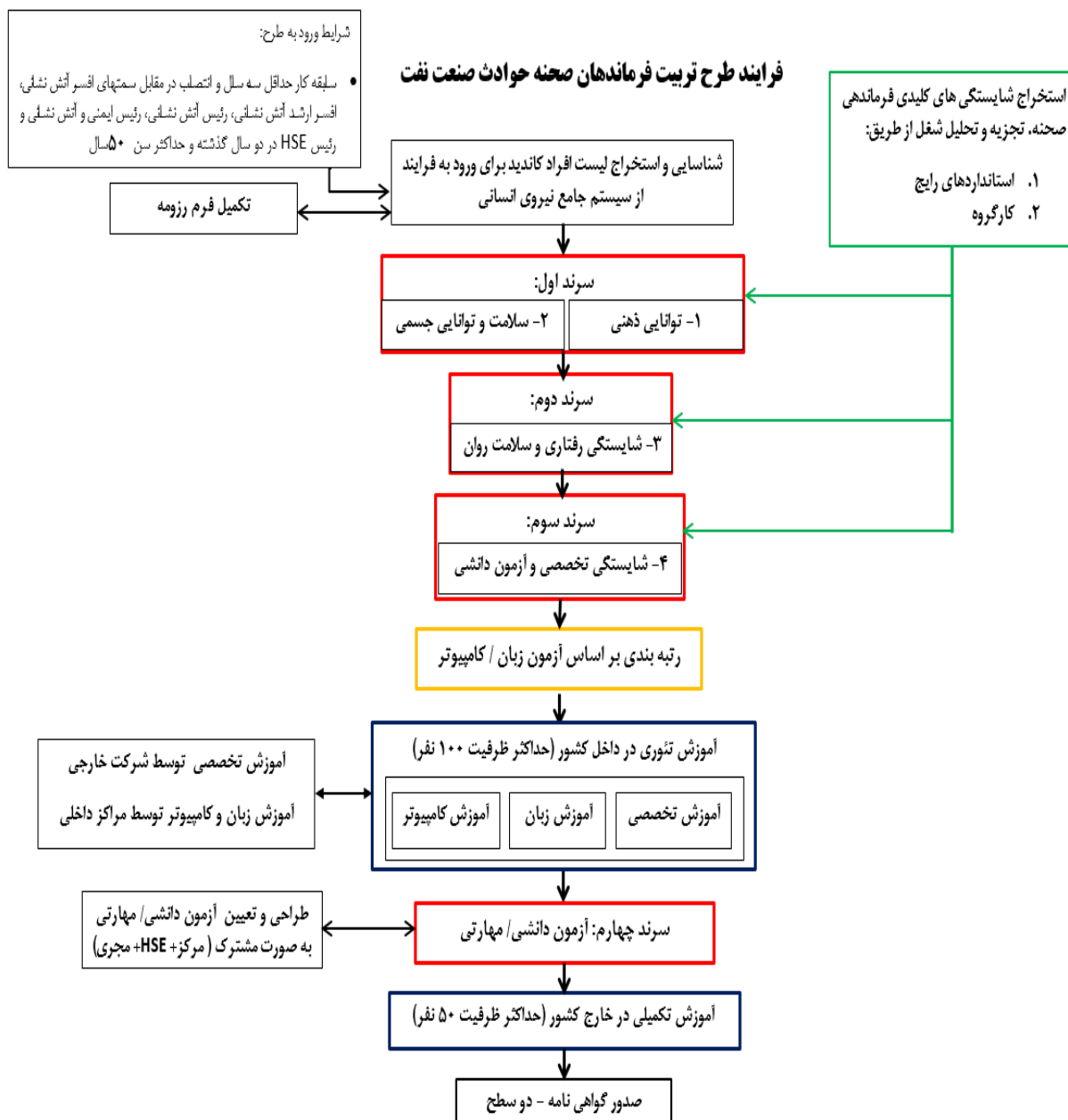
VCE: Vapor cloud Explosion

BLEVE: Boiling liquid Expanding Vapor Explosion

LASTFIRE: Large Atmospheric Storage Tank Fire

کتابچه آموزشی فرماندهان صحنه

با توجه به اصل تمرکز فرماندهی صحنه در این شیوه نامه و ضرورت تربیت نیروی انسانی مورد نیاز جهت ایفای این نقش در مناطق و تاسیسات عملیاتی؛ طرح تربیت فرماندهان صحنه حوادث صنعت نفت با رویکرد حرفه ای گرای و یکپارچگی مشتمل بر الگوریتم ارزیابی و انتخاب نفرات واجد شرایط و برگزاری دوره های آموزشی نفرات منتخب (آموزش های تئوری و تکمیلی تخصصی شامل تمرینات عملی و شبیه سازها) اجرا گردید.



کتابچه آموزشی فرماندهان صحنه

بر این اساس طرح تربیت فرماندهان صحنه حوادث در شش مرحله به شرح زیر طرح ریزی گردید:

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| ۱-شناسایی و احصا شایستگی ها | ۴- آموزش مباحث تئوری داخل کشور |
| ۲-ارزیابی و انتخاب واجدین صلاحیت | ۵- آموزش عملی و تکمیلی خارج از کشور |
| ۳-طراحی سرفصل و برنامه آموزشی | ۶- آزمون و صدور گواهینامه |

پس از انجام هفت مرحله سنجش و ارزیابی (شامل توانمندی های ذهنی، سلامت روان، سطوح دانش تخصصی، شایستگی های تخصصی، شایستگی های رفتاری، مهارت های رایانه و سطح زبان انگلیسی) در مرکز توسعه مدیریت صنعت نفت، از بین ۲۲۸ نفر واجدین شرایط اولیه در سطح صنعت نفت، تعداد ۴۵ نفر واجدین صلاحیت نهایی جهت ورود به مرحله آموزش انتخاب و دوره های آموزشی نفرات منتخب در دو گروه در دو فاز آموزش های تئوری به مدت دو هفته از تاریخ ۹۷/۱/۱۸ در مرکز توسعه مدیریت صنعت نفت و آموزش های تکمیلی تخصصی شامل تمرینات عملی و شبیه سازها به مدت دو هفته از تاریخ ۹۷/۴/۱۸ برگزار گردید.

این کتابچه آموزشی در دو بخش مبانی نظری (شامل ۴ فصل) و فرماندهی صحنه حادثه (شامل سه فصل) با بهره گیری از سرفصل های خلاصه شده طرح تربیت فرماندهان صحنه وزارت نفت، به منظور افزایش توانایی مقابله با شرایط اضطراری در صنعت نفت تنظیم شده است. انتظار می رود افراد آموزش دیده با ایفای نقش حرفه ای و انتقال دانش و تجربیات به سایر همکاران، در استقرار منسجم شیوه نامه مدیریت شرایط اضطراری صنعت نفت در شرکتهای تابعه محل اشتغال خود، نقش موثری ایفا نمایند.

بخش اول:

مبانی نظری

فصل اول: مفاهیم و تعاریف

۱-۱ نقشه ها و نمودارهای فرآیندی

فرآیند به معنی عملکرد یا روش و طریقی است که بتوان به کمک آن ماده ای را از حالتی به حالت دیگر تغییر داد و برای تبدیل یک ماده از حالت اولیه به حالتی خاص لازم است که دستگاه‌هایی طراحی شده و محاسباتی انجام بگیرد تا بتوان به نتیجه مطلوب دست یافت.

نقشه‌های PFD (Process Flow Diagram)

در این نقشه‌ها که ماحصل طراحی پایه است طرح کلی جریان مواد شیمیایی، دبی، دما، فشار و سایر مشخصات آنها تعیین می‌شود. در این نقشه‌ها مواردی از قبیل خطوط لوله فرآیند، علائم، نام و کد شناسایی تجهیزات اصلی، شیرها و شیرهای کنترلی که بر روی عملکرد سیستم اثر می‌گذارند، ارتباط با سایر سیستم‌ها، انشعابات فرعی^۱ مهم، مقادیر عملکردی مانند جریان حداقل، عادی و حداکثر، فشار یا درجه حرارت و ترکیب مایعات وجود دارد.

نقشه‌های P&ID (Piping & Instrumentation Diagram)

در این نقشه‌ها که توسط مهندسین فرآیند تهیه می‌شود ارتباط فرآیندی تجهیزات ترسیم می‌شود. همچنین خطوط ابزار دقیق مورد نیاز فرآیند و تجهیزات و در یک نمای کلی، تمامی جزئیات فرآیند مشخص می‌شود. جزئیات مورد نیاز برای طراحی و سفارش ساخت تجهیزات مکانیکی مانند ظرفیت، فشار، دبی ورودی و خروجی، دما و ... نیز مشخص می‌شود. برای نشان دادن تجهیزات و وسایل کنترلی در نقشه‌ها، از علائم و اشکال خاصی استفاده می‌شود که اغلب بر اساس استاندارد ISA طراحی می‌شوند. در واقع می‌توان گفت که P&ID شکل کامل شده PFD می‌باشد. در یک P&ID باید حداقل اطلاعات زیر نشان داده شود:

- کلیه وسایل کنترلی و مشخصات آنها
- تجهیزات مکانیکی به همراه نام و شماره آنها
- شیرها و مشخصات آنها

¹ Bypass

- اطلاعات مربوط به خطوط لوله شامل شماره خطوط، اندازه، تغییر مشخصه‌ها، طبقه بندی خطوط و جهت جریان، فلنچ‌ها، تجهیزات ایمنی، دریچه‌های تخلیه^۲، محل‌های تخلیه^۳، اتصالات و تبدیل‌ها
 - ورودی‌ها و خروجی‌های کنترلی و اینترلاک‌ها
 - ورودی‌های سیستم کنترل
 - کلیه تجهیزات کنترلی شامل لوپ‌ها، ارتباطات نرم افزاری و هشدارها و سیستم منطقی
- نمودار *P&ID* پس از تایید *PFD* تهیه می‌گردد. پس از تهیه و تایید *P&ID* نیز، کارشناسان خطوط لوله نسبت به تهیه مدارک تفصیلی پایپینگ نظیر نقشه ایزومتریک و غیره اقدام می‌کنند. از سوی دیگر کارشناسان ابزار دقیق نیز با استفاده از این نمودار نسبت به طراحی مدارک تفصیلی ابزار دقیق نظیر منطق کنترلی، صفحات واسط و غیره اقدام می‌نمایند.

۲-۱ سیستم‌های ایمنی

برای حفظ جان نیروی انسانی، محیط زیست و حفظ سرمایه از قبیل تجهیزات، سرمایه و اعتبار شرکت، طراحی کارخانه‌های شیمیایی و نفتی نیازمند سیستم‌های ایمنی فرایند^۴ می‌باشد، بنابراین وجود این سیستم‌ها به همراه مطالعات فنی و مهندسی طراحی کارخانه و تاسیسات یک الزام می‌باشد. در صورت بالا بودن دقت این مطالعات فنی، می‌توان سلامت نیروی انسانی، تاسیسات، محیط زیست، سرمایه و اعتبار شرکت‌ها را تضمین نمود. سیستم‌های ایمنی فرایند شامل سیستم‌های فعال^۵ و غیرفعال^۶ می‌باشد. سیستم‌های غیرفعال بدون نیاز به فعال سازی و به صورت ایستا در سناریوهای حریق، انفجار و نشت توانایی محدودسازی حادثه را دارند. در حالی که سیستم‌های فعال، به صورت پویا و نیاز به فعال سازی (دستی، نیمه اتوماتیک، اتوماتیک) به منظور کاهش اثرات و محدود کردن نتایج و اثرات حادثه دارد.

انواع سیستم‌های ایمنی و حفاظت از حریق فعال و غیرفعال می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

^۲ Vent

^۳ Drain

^۴ Process safety system

^۵ Active

^۶ Passive

(۱) سیستم آشکارساز گاز و حریق^۷ (F&G)

سیستم F&G می‌تواند با کشف به موقع گاز، دود و آتش از بوجود آمدن شرایط حاد اضطراری جلوگیری نماید. سیستم‌های F&G هر دو نقش فعال و غیرفعال را دارد و مانع از بوجود آمدن حوادث می‌شود. حسگرهای کشف دود و آتش در کارخانه‌ها و سایت‌های بهره‌برداری، میزان گازهای قابل اشتعال و سمی و یا دود را تشخیص داده و می‌توانند از طریق سیستم قطع اضطراری (ESD)^۸، فرمان قطع را ارسال کنند.

(۲) سیستم فلر (Flare system)

گازهای مازاد سیستم که از ظروف تحت فشار جدا می‌شوند و یا گازهای این ظروف در شرایط اضطراری که از طریق باز شدن Blow Down Valve تخلیه می‌گردند در Flare سوزانده می‌شود.

(۳) مقاومت تجهیزات و سازه در برابر حریق^۹

اعمال پوشش‌های مناسب بر روی تجهیزات و سازه‌های مختلف، از تغییر شکل آنها در آتش سوزی‌ها جلوگیری می‌نماید. با مقاوم بودن تجهیزات در برابر حریق، بعد از اطفاء کامل حریق امکان استفاده مجدد از سازه و تجهیزات میسر شده و سرمایه عظیمی حفظ می‌شود. مهم‌ترین پوشش ضد حریق در سازه‌ها به کار می‌رود. گاهی ظروف ذخیره‌سازی مانند K.O.Drum و یا شیرها را نیز با نصب پوشش‌های برزنتی مقاوم‌سازی می‌کنند و یا کابل‌های فشار قوی را با تزریق نوعی ماده مخصوص در برابر حریق محافظت می‌نمایند.

(۴) سیستم ایمنی فشار با یکپارچگی بالا^{۱۰} HIPS

یک نوع سیستم کنترل فشار می‌باشد که می‌تواند شامل یک شیر کنترل یا ESDV باشد. این سیستم در فشارهای بسیار بالا (معمولاً در تجهیزات سرچاهی همانند Xmas tree valve) به همراه یک تحلیلگر منطق^{۱۱} عمل کرده و باعث قطع جریان در شرایط اضطراری می‌شود.

^۷ Fire and Gas Detection System

^۸ Emergency System Shutdown

^۹ Fire Proofing

^{۱۰} High Integrity Pressure Safety System

^{۱۱} Logic solver

۵) انتخاب مواد ظروف / خطوط لوله^{۱۲}

موقع تخلیه و کاهش فشار، انتخاب مواد در سیستم ظروف/خطوط لوله با رویکرد رفتار دما در آن فشار مدنظر می باشد، بنابراین انتخاب صحیح مواد در حوزه های مذکور یک نوع سیستم غیرفعال می باشد. علت بسیاری از حوادث فرآیندی، نامتناسب بودن مواد و تجهیزات با شرایط کارکرد دستگاه و یا محتویات مخزن و خط لوله می باشد. در این راستا باید شرایط بد جوی و خوردگی را نیز لحاظ کرد.

۶) جانمایی و تعیین موقعیت تجهیزات و حفظ فواصل ایمنی

چیدمان تجهیزات و رعایت حداقل فاصله بین آنها به عنوان یک سیستم غیرفعال بسیار حیاتی، در کاهش پیامد حوادث فرآیندی بر تجهیزات مجاور و حذف کاهش اثر دومینو کمک شایانی می کند.

۷) طراحی ساختمان ضد انفجار^{۱۳}

یکی دیگر از موارد آنالیز فرایند، انفجار و شبیه سازی نوع انفجار می باشد. به عنوان مثال در صورتیکه مطالعات سناریوهای انفجار در واحد فرآیندی صورت گرفته باشد می توان تصمیم سازی منطقی در خصوص جانمایی و یا میزان تحمل فشار بتن بکار رفته را با واحد سیویل نهایی کرد.

۸) سیستم پمپ آب آتش نشانی^{۱۴}

سیستم هوشمند پمپ آب آتش نشانی به محض دریافت سیگنال از خط آب آتش نشانی ناشی از کاهش فشار یا دریافت سیگنال از سیستم F&G عمل کرده و فشار مورد نیاز آب در خطوط اصلی آب آتش نشانی را تأمین می کند.

۹) تجهیزات فعال آتش نشانی (سیستم فوم/سیستم سیلابی^{۱۵} / گاز خنثی /..)

سیستم سیلابی هم یک سیستم فعال است و به محض دریافت سیگنال از سیستم F&G یا خط هوا عمل کرده و آب را روی تجهیزات مورد نظر جهت اطفاء حریق و خنک سازی تخلیه می کند و مانع از سرایت یا ادامه حریق می شود، در خصوص سیستم فوم نیز همین طور است و برای مخازن کاربرد دارد. سیستم های CO₂،

¹² Piping Material selection / vessels material selection

¹³ Blast proof

¹⁴ Fire water Pump system

¹⁵ Deluge System / foam system

گازخنی، $CF3I$ ، $M200$ و سایر مواد اطفاء حریق در واقع یک سیستم فعال در مناطق سر بسته و داخلی^{۱۶} اطلاق می شود و جهت قطع حریق احتمالی در مناطق سر بسته مثل ساختمان ها، کانتینرها... مطرح می شود.

۸) سیستم کاهش فشار^{۱۷}

به هنگام افزایش فشار در تجهیزات این سیستم عمل کرده و توسط شیر *Blow down* (BDV) مانع از افزایش فشار و خطای احتمالی می شود. عملکرد $ESDV / SDV / BDV / XV$ ها از طریق ناحیه حریق^{۱۸} و فلسفه *Shutdown* صورت می گیرد. موارد فوق الذکر مربوط به مباحث فلسفه توقف اضطراری واحدهای فرآیندی است.

۹) سامانه قطع اضطراری^{۱۹} (ESD)

سامانه های قطع اضطراری (ESD)، که سامانه های ابزار دقیق ایمنی (SIS)^{۲۰} نیز خوانده می شوند، در فرایندهای حساس و دارای خطر زیاد مانند صنایع نفت و گاز و پتروشیمی و نظایر آن استفاده می شوند. این سامانه ها بطور موازی و مستقل با سیستم کنترل اصلی مانند DCS کار می کنند و اگر به هر دلیلی کنترل فرایند از سیستم اصلی خارج شود، فرایند را قطع و ایمن می نمایند. طبق استانداردهای رایج، حسگرها و عملگرهای متصل به ESD باید از حسگرها و عملگرهای متصل به سیستم کنترل اصلی مجزا و مستقل باشند. در فرایندهای تحت کنترل ESD، خطرات موجود در هر حلقه کنترلی شناسایی و میزان خطر برآورد شده و براساس آن یک سطح یکپارچگی ایمنی (SIL)^{۲۱} به حلقه کنترلی نسبت داده می شود. SIL سامانه باید مطابق با بالاترین SIL برآورد شده حلقه های کنترلی باشد. پیکربندی سامانه بر اساس SIL نسبت داده شده، تعیین می شود.

¹⁶ Indoor

¹⁷ Relief System

¹⁸ Fire zone

¹⁹ Emergency Shutdown System (ESD)

²⁰ Safety instrumented systems (SIS)

²¹ Safety Integrity Level (SIL)

۱۰) سامانه‌های کنترل توزیع شده (DCS)^{۲۲}

سامانه‌های کنترل توزیع شده (DCS) در اکثر صنایع نفت و گاز استفاده می‌شوند. این سامانه‌ها بیشتر در فرایندهای پیوسته که حجم زیادی از سیگنال‌های ورودی و خروجی، بخصوص سیگنال‌های آنالوگ و حلقه‌های کنترل ساده و پیچیده دارند مورد استفاده قرار می‌گیرند. معمولاً کنترل کننده‌ها و ایستگاه‌های کاری این سامانه در مرکزهای کنترل در نقاط مختلف کارخانه توزیع می‌شوند. این سامانه‌ها امکان برقراری ارتباط با سامانه‌های کنترل کوچکتر ماشین‌ها از قبیل پمپ‌ها و کمپرسورها، پکیج‌های فرایندی مانند هیترها و زباله سوزها، سامانه‌های قطع اضطراری (ESD) و سامانه‌های اعلان و اطفای حریق و نشت گاز (F&G) را دارند و به این وسیله اطلاعات لازم جهت مدیریت بهتر فرایند را فراهم می‌آورند. سامانه‌های DCS امکانات ذخیره‌سازی اطلاعات و هشدارهای فرایندی و ارائه گزارش‌های لازم را دارند و می‌توانند بهینه‌سازی فرایند و رفع ایرادات و همچنین نگهداری بهتر ماشین آلات را ممکن سازند. همچنین می‌توان این سامانه‌ها را به سامانه‌های مدیریت بالادستی از قبیل سامانه اطلاعات مدیریت^{۲۳} متصل نمود تا از این طریق مدیریت کارخانه یا مجتمع به اطلاعات تولید و مصرف مواد اولیه از نزدیک و یا از راه دور دسترسی داشته باشد.

۱۱) سامانه‌های کنترل برنامه‌پذیر (PLC)^{۲۴}

سامانه‌های کنترل برنامه‌پذیر نوعی سامانه کنترل کوچک‌تر هستند که معمولاً برای کنترل واحدهای کوچک فرایندی، ماشین‌های مختلف از قبیل پمپ‌ها و کمپرسورها، پکیج‌های فرایندی از قبیل هیترها، ماشین آلات شیشه پرکنی و بسته‌بندی و صنایع اتومبیل سازی استفاده می‌شوند. این سامانه‌ها اغلب دارای سیگنال‌های ورودی و خروجی غیر پیوسته هستند و همچنین سرعت پردازش سیگنال‌های ورودی و خروجی و سرعت پردازش برنامه در آنها زیاد است.

^{۲۲} Distributed Control System (DCS)

^{۲۳} Management Information System (MIS)

^{۲۴} Programmable Logic Controller (PLC)

۳-۱ سیستم‌های اندازه گیری

سیستم‌های اندازه گیری که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارتند از: سیستم انگلیسی / سیستم محلی / سیستم بین‌المللی. سه سیستم که هنوز هم در صنعت نفت و گاز استفاده می‌شوند عبارتند از: سیستم‌های امپریال که با سیستم‌های بین‌المللی جایگزین شدند، سیستم‌های انگلیسی که در صنعت نفت و گاز استفاده زیادی دارند و سیستم‌های بین‌المللی که علاوه بر صنعت نفت و گاز در همه دنیا استفاده می‌شوند. در طول قرن بیستم، سیستم بین‌المللی توسط همه کشورها تصویب شد، ولی با این وجود هنوز هم سیستم‌های محلی و آمریکایی در صنعت نفت استفاده می‌شود.

سیستم بین‌المللی بر اساس هفت واحد اساسی پایه گذاری شده است: طول، جرم، زمان، دما، فشار، حجم، نیرو. تمام واحدهای جدید ممکن است بر اساس این هفت واحد بیان شود.

در جداول ۱۱ الی ۱۰ نسبت تبدیل واحدهای اساسی در سیستم‌های رایج اندازه گیری ارائه شده است:

جدول ۱- واحدهای طول

Unit	Symbol	Inch	Foot	Metre	Nautical Mile
Inch	"	1	12	39. 37	72913. 24
Foot	ft	0. 083	1	3. 281	6076. 4
Metre	m	0254 .0	0. 3048	1	1852
Nautical Mile	m	0000137 .0	0. 0001646	0. 00054	1

جدول ۲ - واحدهای حجم

Unit	Symbol	Cubic foot	Barrel	US Gallon	Cubic metre
Cubic foot	CU. ft	1	5. 618	0. 1337	35. 3357
Barrel	BBL	0. 178	1	0. 0238	6. 29
US Gallon	US. GA	7. 477	42. 008	1	264. 2
Cubic metre	M ³	0. 0283	0. 159	0. 003785	1

جدول ۳- واحدهای سطح

Unit	Symbol	Square inch	Square foot	Sq Cm	Sq Metere
Square inch	Sq.In	1	144	0. 155	1550. 39
Square Foot	Sq.Ft	0. 0069	1	0. 00694	10. 76
Sq. Cm	Cm ²	6. 45	929. 03	1	10000
Sq. Meter	m ²	0. 000645	0. 0929	0. 000645	1

جدول ۴- واحدهای جرم

Unit	Symbol	Kilogram	Ton	Gramm	Pound
Kilogram	Kg	1	1000	0. 001	0. 4536
Ton	T	0. 001	1	0. 00 001	0. 0004536
gramm	G	1000	1 000 000	1	453. 6
Pound	LB	2. 2957	22295. 7	0. 002295	1

جدول ۵- واحدهای نیرو

Unit	Symbol	Newton	KG force	Poun force
Newton	N	1	9. 80665	4. 4483
Kg force	KgF	0. 102	1	0. 4536
Pound force	LBF	0. 234	2. 2957	1
Deca-newton	DN			

جدول ۶- واحدهای دانسیته

Unit	Symbol	Kg/M ³	Kg/L	LB/CU. FT	LB/US Gal
Kg per cubic meter	Kg/m ³	1	0. 001	0. 06242	119. 83
Kg per litre	Kg/L	0. 001	1	62. 428	0. 11983
Lb per cu. foot	LB/CU. FT	16. 0185	0. 0160185	1	0. 1337
Lb per us gal	LB/US Gal	0. 008345	8. 345	7. 4805	1

جدول ۷- واحدهای دما

Unit	Symbol	Kelvin	Celsius	Fahrenheit	Rankine
Kelvin	K	T	T+273. 15	(1. 8 (T-273. 15)) +32	1. 8T
Celsius	C	T-273. 15	T	(TF-32) /1. 8	1. 8T+491. 7
Fahrenheit	F	(T+459. 7) /1. 8	(1. 8TC) +32	T	T+459. 7
Rankine	R	T/1. 8	(T-491. 7) /1. 8	T-459. 7	T

جدول ۸- واحدهای جریان حجمی

Unit	Symbol	M^3/D	CU FT/D	US. GA/D	BPD
CU metre per day	M^3/D	1	35. 31467	0. 0037845	0. 15899
CU FT per day	CU FT/D	0. 028317	1	0. 13368	5. 61458
US Gallon per day	US. GA/D	264. 1721	7. 477	1	42
BBL per day	BPD	6. 29	0. 1783	0. 02381	1

جدول ۹- واحدهای فشار

Unit	Symbol	Pa	bar	kgf/cm ²	atm	psi	mm Hg	mm H ₂ O
Pascal	PA	1	10 ⁵	98066. 5	101325	6894. 76	133. 32	9. 80665
Bar	BAR	10 ⁻⁵	1	0. 98066	1. 01325	0. 06895	1. 333×10 ⁻³	9. 8067×10 ⁻⁵
Kg force per cm ²	KgF/C m ²	1. 0197×10 ⁻⁵	1. 0197	1	1. 0332	0. 0703	1. 359×10 ⁻³	10 ⁻³
Atmosphere	atm	9. 869×10 ⁻⁶	0. 9869	0. 96784	1	0. 06805	1. 316*10 ⁻³	9. 678×10 ⁻³
Pound per square inch	psi	10450×10 ⁻⁴	14. 5	14. 2234	14. 6959	1	0. 01934	1. 422×10 ⁻³
mm of mercury	mm Hg	7500×10 ⁻³	750. 06	735. 56	760	57. 715	1	0. 0736
mm of water	mm H ₂ O	0. 10197	1197. 2	10000	10332. 3	703. 07	13. 595	1

جدول ۱۰- سایر واحدها

Mass (weight) : 1 pound = 0. 4536 Kg 1 Kg = 2. 2 pound
Pressure: 1 psi = 0. 07 kg / cm ² 1 kg/cm ² = 14. 28 psi
Temperature: °C = (t °F- 32) /1. 8 °F = (t °C = 1. 8) +32 °K= (t °C =273. 15) °R = (t °C + 491. 67)

۴-۱ استانداردهای قابل کاربرد در HSE

بر اساس تعریف، استاندارد حداقل الزامات مورد نیاز برای فعالیتهای مهندسی، ساخت و نصب، انتخاب مواد و غیره در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی است که هدف آن دستیابی به میزان مطلوبی از نظم و کیفیت در یک زمینه خاص می باشد. به عبارتی استانداردها مدارک فنی معتبری هستند که مجموعه ای از اطلاعات بدست آمده از اقدامات و فعالیتهای آزمایشهای تجربی و مشخصه های کیفی را در خود جای داده اند. اهداف تدوین استاندارد در صنعت نفت بطور خلاصه عبارتند از: یکپارچه و یکسان سازی، تعیین حداقل الزامات مورد نیاز، جلوگیری از دوباره کاری، صرفه جویی در زمان و هزینه ها، دقت، صحت و سرعت در فعالیتهای استانداردهای مرتبط در حوزه صنایع نفت، گاز و پتروشیمی به طور کلی به سه گروه تقسیم بندی می شود:

۱. استانداردهای بین المللی مانند *IUT*، *IEC*، *ASTM*، *ISO*

۲. استاندارد ملی (محلی، داخلی) مانند *ISIRI* در ایران، *ANSI* در آمریکا، *AFNOR* در فرانسه، *BSI* در

انگلیس

۳. استاندارد تخصصی مانند *IPS* در ایران، *API*، *OSHA*، *NFPA* در آمریکا، *SOLAS* در انگلیس

تدوین استاندارد و انطباق آنها با شرایط داخلی کشور (بومی سازی) با استفاده از منابع و مراجع بین المللی انجام می شود. استانداردهای رایج در صنعت نفت، گاز و پتروشیمی عبارتند از *ISO*، *ASME*، *API*، *NFPA*، *ASTM*، *ANSI* و *DIN* و ... که در کنار این موارد، از حدود سال ۱۳۶۹، وزارت نفت به تهیه و تدوین استانداردهای نفت ایران (*IPS*) نیز پرداخته است.

استانداردهای نفت ایران^{۲۵}: *IPS*

IPS استاندارد تخصصی نفت و گاز ایران می باشد و در تأسیسات پالایشگاه های نفت، تولید نفت و گاز، واحدهای شیمیایی و پتروشیمی، تأسیسات انتقال و فراورش گاز و سایر تأسیسات مشابه کاربرد دارد. استانداردهای نفت ایران در کمیته های تخصصی متشکل از صاحب نظران نفت و گاز و پتروشیمی مورد بررسی

²⁵ Iranian Petroleum Standard

کامل قرار گرفته و سرانجام در شورای عالی استانداردهای وزارت نفت به تصویب رسیده و به مرحله اجرا گذاشته می‌شود. با تصویب هیأت مدیره شرکت ملی نفت ایران، کار تدوین استانداردهای صنعت نفت ایران (IPS) از سال ۱۳۶۹ با استفاده از خدمات مشاور و با همکاری مدیریت‌ها و شرکت‌های تابعه وزارت نفت شروع و طی شش سال به صنعت نفت ارائه گردید.

استاندارد NFPA:

یکی از مهمترین استانداردهای بین‌المللی انجمن ملی حفاظت در برابر حریق NFPA^{۲۶} است. مجموعه استانداردهای NFPA ضوابطی را جهت ایمنی در مقابل آتش وضع و منتشر می‌کند. در جدول ۱۱ کدهای استانداردهای NFPA (در زمان تدوین این سند) جهت اطلاع و کاربرد درج شده است.

جدول ۱۱- عناوین کدهای استاندارد NFPA

موضوع	NFPA	ردیف
کد پیشگیری از حریق	NFPA 1	۱
کد تکنولوژی هیدروژن	NFPA 2	۲
استاندارد تست‌های یکپارچه پیشگیری از حریق و سیستم‌های ایمن زندگی	NFPA 3	۳
استاندارد خاموش‌کننده‌های قابل حمل	NFPA 10	۴
استاندارد فوم‌های با انبساط کم، متوسط و زیاد	NFPA 11	۵
استاندارد سیستم فوم‌های با انبساط متوسط و زیاد	NFPA 11A	۶
استاندارد تجهیزات سیار و متحرک فوم	NFPA 11C	۷
استاندارد سیستم‌های خاموش‌کننده دی اکسید کربن	NFPA 12	۸
استاندارد نصب سیستم‌های اسپرینکلر	NFPA 13	۹
استاندارد نصب شلنگ‌ها و هایدرن‌های آتش‌نشانی	NFPA 14	۱۰
استاندارد سیستم‌های پاشش آب	NFPA 15	۱۱
استاندارد نصب اسپرینکلرهای فوم-آب و سیستم‌های پاشش فوم-آب	NFPA 16	۱۲
استاندارد سیستم‌های خاموش‌کننده‌های شیمیایی خشک	NFPA 17	۱۳
استاندارد سیستم‌های تر	NFPA 18	۱۴
استاندارد نصب پمپ‌های ثابت برای پیشگیری از حریق	NFPA 20	۱۵
استاندارد منابع آب آتش‌نشانی	NFPA 22	۱۶
استاندارد نصب تجهیزات آتش‌نشانی	NFPA 24	۱۷
استاندارد بازرسی، تست، تعمیر و نگهداری سیستم‌های آتش‌نشانی آبی	NFPA 25	۱۸
دستورالعمل مایعات قابل اشتعال و احتراق	NFPA 30	۱۹
استاندارد نصب تجهیزات نفت سوز	NFPA 31	۲۰

²⁶ National Fire Protection Association

کتابچه آموزشی فرماندهان صحنه

ردیف	NFPA	موضوع
۲۱	NFPA 32	استاندارد ماشین آلات خشک شویی
۲۲	NFPA 33	استاندارد استعمال اسپری که در موارد قابل اشتعال و احتراق به کار می‌رود
۲۳	NFPA 36	استاندارد کارخانه‌های استخراج حلال‌ها
۲۴	NFPA 37	استاندارد نصب موتورهای احتراقی و توربین‌های گازی
۲۵	NFPA 40	استاندارد ذخیره و کار با فیلم‌های نیترات سلولزی
۲۶	NFPA 42	استاندارد انبار پلاستیک‌های پیروکسی لین
۲۷	NFPA 45	استاندارد حفاظت از حریق در آزمایشگاه‌های شیمیایی
۲۸	NFPA 46	توصیه‌های ایمنی برای انبار نمودن تولیدات
۲۹	NFPA 50	استاندارد مصرف اکسیژن و تأسیسات مصرف کننده
۳۰	NFPA 51	استاندارد طراحی و نصب سیستم‌های گازی اکسیژن سوز در جوشکاری و برشکاری
۳۱	NFPA 52	دستورالعمل سیستم‌های گاز سوز وسایل نقلیه
۳۲	NFPA 53	توصیه‌های لازم در رابطه با مواد، تجهیزات و سیستم‌هایی که در فضاهای غنی از اکسیژن استفاده می‌شوند
۳۳	NFPA 54	دستورالعمل سوخت‌های گازی
۳۴	NFPA 55	استاندارد ذخیره‌سازی، استفاده و سیلندرهای گاز مایع فشرده قابل حمل
۳۵	NFPA 57	دستورالعمل سیستم سوخت‌رسانی وسایل نقلیه با سوخت LNG
۳۶	NFPA 61	استاندارد پیشگیری از حریق و انفجار گرد و غبار در فرآیندهای کشاورزی و غذایی
۳۷	NFPA 68	استاندارد پیشگیری از انفجار بوسیله تخلیه و سوزاندن
۳۸	NFPA 69	استاندارد سیستم‌های پیشگیری از انفجار
۳۹	NFPA 70	کدهای ملی حریق
۴۰	NFPA 72	دستورالعمل سیستم‌های اعلام و هشدار حریق
۴۱	NFPA 73	دستورالعمل بازرسی برق در ساختمان‌ها
۴۲	NFPA 75	استاندارد حفاظت از تجهیزات
۴۳	NFPA 76	استاندارد پیشگیری از حریق تجهیزات ارتباطی
۴۴	NFPA 77	توصیه‌های لازم برای الکتریسیته
۴۵	NFPA 79	استاندارد برق برای ماشین آلات صنعتی
۴۶	NFPA 80	استاندارد درها و پنجره‌های حریق
۴۷	NFPA 82	استاندارد زباله سوزها و تجهیزات آن
۴۸	NFPA 85	دستورالعمل دیگ بخار و خطرات سیستم احتراق
۴۹	NFPA 86	استاندارد کوره‌ها و دیگ‌ها
۵۰	NFPA 87	توصیه‌های لازم برای گرمکن‌های سیالات
۵۱	NFPA 88A	استاندارد پارکینگ و ساختار آن
۵۲	NFPA 88B	استاندارد تعمیرگاه‌ها و گاراژها
۵۳	NFPA 90	استاندارد نصب سیستم‌های تهویه و تبرید
۵۴	NFPA 91	استاندارد نصب سیستم‌های تخلیه هوا، گازها، و ذرات جامد غیر قابل احتراق
۵۵	NFPA 92	توصیه برای سیستم کنترل دود
۵۶	NFPA 96	استاندارد پیشگیری از آتش‌سوزی و کنترل سیستم‌های تهویه در آشپزخانه‌های تجاری
۵۷	NFPA 97	استاندارد دودکش‌ها، تهویه‌ها و تجهیزات تولید گرما
۵۸	NFPA 99	استاندارد برای مراکز درمانی

کتابچه آموزشی فرماندهان صحنه

موضوع	NFPA	ردیف
استانداردهای ایمنی حفاظت از جان	NFPA 101	۵۹
استاندارد نصب درهای دود و سایر درهای حفاظتی	NFPA 105	۶۰
استاندارد منابع نیروهای اضطراری و آماده بکار	NFPA 110	۶۱
استاندارد ذخیره انرژیهای اضطراری و منابع نیروی جانشین	NFPA 111	۶۲
استاندارد پیشگیری از حریقهای ناشی از لیزر	NFPA 115	۶۳
استاندارد پیشگیری از حریق و کنترل آن در معادن ذغال سنگ	NFPA 120	۶۴
استاندارد پیشگیری از حریق و کنترل آن برای خودروهای معادن روزمینی	NFPA 121	۶۵
استاندارد پیشگیری از حریق و کنترل آن در معادن فلزی و غیرفلزی	NFPA 122	۶۶
استاندارد پیشگیری از حریق و کنترل آن در معادن زیر زمینی ذغال سنگ	NFPA 123	۶۷
استاندارد راهنمای ثابت راه ها و گاردریل ها	NFPA 130	۶۸
استانداردهای صحنه های نمایش و استودیوهای ساخت فیلم	NFPA 140	۶۹
استاندارد حریق و ایمنی در تسهیلات نگه داری حیوانات	NFPA 150	۷۰
استاندارد استفاده از تأثیرات شعله	NFPA 160	۷۱
استاندارد ایمنی حریق و علائم اضطراری	NFPA 170	۷۲
پیشنهادهای لازم برای پوشاندن پشت بام	NFPA 203	۷۳
استاندارد تخلیه دود و گرما	NFPA 204	۷۴
استاندارد دودکش ها، اجاق ها، تهویه ها و وسایل احتراق	NFPA 211	۷۵
استاندارد پیشگیری از حریق در انبارها	NFPA 230	۷۶
استاندارد انبارهای عمومی	NFPA 231	۷۷
استاندارد حفاظت از اسناد و مدارک	NFPA 232	۷۸
استاندارد ساختار حفاظت های ایمنی	NFPA 241	۷۹
روش استاندارد تست مقاوم در برابر حریق مواد ساختمانی	NFPA 251	۸۰
استاندارد روش های تست درهای ضد حریق	NFPA 252	۸۱
استاندارد روش تست پوشش های سطحی در برابر تشعشعات حریق	NFPA 253	۸۲
روش استاندارد تست سوختن مصالح ساختمانی	NFPA 255	۸۳
روش استاندارد تست سوختن پوشش های سقفی	NFPA 256	۸۴
استاندارد تست حریق پنجره ها و موانع شیشه ای	NFPA 257	۸۵
توصیه های کاربردی برای تشخیص دودهای تولید شده از مواد جامد	NFPA 258	۸۶
روش تست استاندارد پتانسیل حرارتی مواد ساختمانی	NFPA 259	۸۷
روش استاندارد تست برای مشخص نمودن مقاومت در برابر حریق مواد و اسباب خانه بوسیله سیگار روشن	NFPA 261	۸۸
روش استاندارد انتقال شعله و دود کابل ها و سیم ها	NFPA 262	۸۹
روش استاندارد تست حریق برای ارزیابی مرکزهای پر از منسوجات	NFPA 265	۹۰
روش استاندارد تست حریق مبلمان و اسباب مواجه شده با منابع شعله	NFPA 266	۹۱
روش استاندارد تعیین آتش گیری سطوح خارجی دیوارهای در مواجهه با تشعشع منابع حرارتی	NFPA 268	۹۲
روش استاندارد تست حریق برای پکیج های سوخت	NFPA 289	۹۳
توصیه های لازم برای علامت گذاری شیرهای آتش نشانی	NFPA 291	۹۴
استاندارد کنترل مواد قابل اشتعال	NFPA 295	۹۵
راهنمایی جهت تمرین سیستم های ارتباطی	NFPA 297	۹۶

کتابچه آموزشی فرماندهان صحنه

موضوع	NFPA	ردیف
استاندارد فوم‌های شیمیایی جهت کنترل حریق بیابان‌ها	NFPA 298	۹۷
استاندارد حفاظت از زندگی و دارایی‌ها از حریق بیابان	NFPA 299	۹۸
استاندارد پیشگیری از حریق در قایق‌ها و تجهیزات دریایی	NFPA 302	۹۹
استاندارد کنترل خطرات گاز لوله‌ها و مخازن	NFPA 306	۱۰۰
استاندارد پیشگیری از تجهیزات نیمه هادی و نیمه رسانا	NFPA 318	۱۰۱
استاندارد ایمن سازی تانک‌ها و مخازن در هنگام ورود، نظافت و تعمیر	NFPA 326	۱۰۲
توصیه برای کنترل حریق و مایعات قابل اشتعال و گازها در چاه‌ها، مجاری فاضلاب و سازه‌های مشابه زیرزمینی	NFPA 328	۱۰۳
توصیه برای مدیریت انتشار گازها و مایعات قابل اشتعال و احتراق	NFPA 329	۱۰۴
استاندارد وسیله نقلیه مخزن دار جهت مایعات قابل اشتعال و احتراق	NFPA 385	۱۰۵
استاندارد کشتی‌های مخزن دار جهت مایعات قابل اشتعال و احتراق	NFPA 386	۱۰۶
استاندارد ذخیره‌سازی مایعات قابل اشتعال و احتراق در سایت‌های ایزوله و مخازن دفنی	NFPA 395	۱۰۷
کد مواد خطرناک	NFPA 400	۱۰۸
استاندارد عملیات اطفاء حریق هواپیمایی	NFPA 402	۱۰۹
استاندارد خدمات اطفاء حریق هواپیمایی	NFPA 403	۱۱۰
استاندارد مهارت آتش نشان‌های فرودگاه	NFPA 405	۱۱۱
استاندارد خدمات سوخت رسانی هواپیما	NFPA 407	۱۱۲
استاندارد خاموش کننده‌های قابل حمل دستی هواپیما	NFPA 408	۱۱۳
استاندارد آشیانه هواپیما	NFPA 409	۱۱۴
استاندارد تعمیرات و نگهداری هواپیما	NFPA 410	۱۱۵
استاندارد ماشین‌های اطفاء حریق هواپیما	NFPA 414	۱۱۶
استاندارد ساختمان ترمینال فرودگاه	NFPA 415	۱۱۷
استاندارد فرودگاه هلیکوپتر	NFPA 418	۱۱۸
راهنمایی جهت ارزیابی واکنش حوادث هواپیمایی	NFPA 422	۱۱۹
استاندارد حفاظت از تجهیزات تست هواپیما	NFPA 423	۱۲۰
دستورالعمل ذخیره‌سازی جامدات و مایعات اکسید کننده	NFPA 430	۱۲۱
دستورالعمل ذخیره‌سازی پراکسیدهای آلی	NFPA 432	۱۲۲
دستورالعمل ذخیره‌سازی حشره کش‌ها	NFPA 434	۱۲۳
راهنمایی جهت اورژانس پزشکی و سیستم‌های آن	NFPA 450	۱۲۴
توصیه جهت واکنش در برابر حوادث مواد خطرناک	NFPA 471	۱۲۵
استاندارد صلاحیت مسئولین حوادث خطرناک	NFPA 472	۱۲۶
استاندارد صلاحیت تیم واکنش در شرایط اضطراری	NFPA 473	۱۲۷
استاندارد ذخیره‌سازی، برداشت، و بهره برداری منیزیم جامد پودری	NFPA 480	۱۲۸
استاندارد ذخیره‌سازی، برداشت و بهره برداری تیتانیوم	NFPA 481	۱۲۹
استاندارد ذخیره‌سازی، برداشت و بهره برداری از زیرکونیوم	NFPA 482	۱۳۰
استاندارد فلزات قابل اشتعال	NFPA 484	۱۳۱
استاندارد ذخیره‌سازی، برداشت و بهره برداری لیتیوم فلزی	NFPA 485	۱۳۲
دستورالعمل ذخیره‌سازی نیترات آمونیوم	NFPA 490	۱۳۳
دستورالعمل مواد قابل انفجار	NFPA 495	۱۳۴

کتابچه آموزشی فرماندهان صحنه

موضوع	NFPA	ردیف
توصیه برای دسته بندی خطرات مایعات، گازها و بخارات قابل اشتعال و مکان یابی برای نصب تجهیزات الکتریکی در محیط‌های شیمیایی	NFPA 497	۱۳۵
توصیه برای دسته بندی گرد و غبار قابل انفجار و خطرات آنها و مکان یابی برای نصب تجهیزات الکتریکی	NFPA 499	۱۳۶
استاندارد ساختمان‌های تولیدی	NFPA 501	۱۳۷
استاندارد پل‌ها و تونل‌ها	NFPA 502	۱۳۸
استاندارد وسایل حمل بار صنعتی	NFPA 505	۱۳۹
استاندارد ترمینال‌های باربری	NFPA 513	۱۴۰
استاندارد مترو	NFPA 520	۱۴۱
راهنمایی جهت ارزیابی پتانسیل صاعقه در خانه	NFPA 555	۱۴۲
استاندارد بار حریق برای مهندسین طراح مقاومت در برابر حریق ساختمان‌ها	NFPA 557	۱۴۳
استاندارد ذخیره‌سازی و بهره برداری از اتیلن اکساید جهت ضد عفونی نمودن	NFPA 560	۱۴۳
استاندارد تیم آتش نشانان صنعتی	NFPA 600	۱۴۴
استاندارد سرویس‌های امنیتی در کاهش خطرات و پیشگیری از حریق	NFPA 601	۱۴۵
استاندارد ماشین کاری، انتقال و استخراج آلومینیوم	NFPA 651	۱۴۶
استاندارد برای پیشگیری از حریق‌ها و انفجارات گوگردی	NFPA 655	۱۴۷
استاندارد پیشگیری از حریق و انفجارات فرایندها و صنایع چوب	NFPA 664	۱۴۸
روش استاندارد تست حریق برای گسترش حریق در منسوجات و فیلم‌ها	NFPA 701	۱۴۹
سیستم استاندارد برای تعیین و مشخص نمودن خطرات مواد برای واکنش‌های اضطراری	NFPA 704	۱۵۰
استاندارد نصب دتکتورهای منواکسید کربن و تجهیزات هشدار	NFPA 720	۱۵۱
راهنمایی برای مواد امنیتی	NFPA 730	۱۵۲
استاندارد نصب سیستم‌ها و تجهیزات امنیت الکتریکی	NFPA 731	۱۵۳
استاندارد سیستم‌های پیشگیری از حریق به روش میست نمودن آب	NFPA 750	۱۵۴
استاندارد نصب سیستم‌های صاعقه گیر	NFPA 780	۱۵۵
استاندارد حفاظت از حریق تأسیسات و مواد رادیو اکتیو	NFPA 801	۱۵۶
استاندارد پیشگیری از حریق در صنایع اتمی رادیو اکتیو	NFPA 803	۱۵۷
استاندارد پیشگیری از حریق راکتورهای آب سبک در نیروگاه تولید برق	NFPA 804	۱۵۸
استاندارد پیشگیری از حریق تأسیسات تصفیه فاضلاب	NFPA 820	۱۵۹
استاندارد نصب سیستم‌های جایگاه‌های سوخت ثابت	NFPA 853	۱۶۰
دستورالعمل انرژی ساختمان	NFPA 900	۱۶۱
استاندارد طبقه‌بندی گزارش‌های حوادث و اطلاعات پیشگیری از حریق	NFPA 901	۱۶۲
راهنمایی جهت گزارش نویسی حریق در زمینه حوادث	NFPA 902	۱۶۳
راهنمایی جهت گزارش نویسی حریق در زمینه خسارات مالی	NFPA 903	۱۶۴
گزارش نویسی جهت پیگیری حوادث	NFPA 904	۱۶۵
راهنمایی جهت حادثه‌های حریق	NFPA 906	۱۶۶
راهنمایی جهت حفاظت از منابع فرهنگی، موزه‌ها، کتابخانه‌ها و محل‌های عبادت و پرستش	NFPA 909	۱۶۷
پیشگیری از حریق سازه‌های تاریخی	NFPA 914	۱۶۸
راهنمایی جهت بازرسی‌های آتش‌سوزی و انفجار	NFPA 921	۱۶۹
استاندارد تأیید و ارائه گواهینامه جهت خدمات آتش‌نشانی	NFPA 1000	۱۷۰

کتابچه آموزشی فرماندهان صحنه

ردیف	NFPA	موضوع
۱۷۱	NFPA 1001	استاندارد شرایط احراز صلاحیت آتش نشان
۱۷۲	NFPA 1002	استاندارد صلاحیت رانندگان تجهیزات آتش نشانی
۱۷۳	NFPA 1003	استاندارد صلاحیت خاموش کننده های حریق فرودگاه
۱۷۴	NFPA 1005	استاندارد صلاحیت خاموش کننده های حریق دریایی
۱۷۵	NFPA 1006	استاندارد کیفیت فنی منابع آتش نشانی
۱۷۶	NFPA 1021	استاندارد احراز صلاحیت افسران آتش نشانی
۱۷۷	NFPA 1031	استاندارد صلاحیت بازرسان حریق و آزمون گران طرح
۱۷۸	NFPA 1033	استاندارد صلاحیت بازرسان حریق
۱۷۹	NFPA 1037	استاندارد فرماندهان حریق
۱۸۰	NFPA 1041	استاندارد صلاحیت آموزشیاران خدمات آتش نشانی
۱۸۱	NFPA 1051	استاندارد صلاحیت آتش نشانان صحرا و بیابان
۱۸۲	NFPA 1061	استاندارد صلاحیت حرفه ای تجهیزات ارتباطی ایمنی عمومی
۱۸۳	NFPA 1071	استاندارد صلاحیت تکنیسین های امداد و نجات
۱۸۴	NFPA 1081	استاندارد صلاحیت شغلی تیم های آتش نشانی صنعتی
۱۸۵	NFPA 1123	دستورالعمل نمایش آتش بازی
۱۸۶	NFPA 1124	دستورالعمل تولید، ذخیره سازی و خرده فروشی وسایل آتش بازی
۱۸۷	NFPA 1125	دستورالعمل تولید فشقه
۱۸۸	NFPA 1126	استاندارد استفاده از فن آتش بازی
۱۸۹	NFPA 1141	استاندارد پیشگیری از حریق در زمین های توسعه یافته در حومه شهرها و روستاها
۱۹۰	NFPA 1143	استاندارد مدیریت حریق های صحرا و بیابان
۱۹۱	NFPA 1144	استاندارد کاهش مواجهه ساختمان ها در مقابل حریق های صحرا و بیابان
۱۹۲	NFPA 1145	استاندارد استفاده از فوم کلاس A در اطفاء حریق ساختمان ها
۱۹۳	NFPA 1150	استاندارد استفاده از فوم های شیمیایی برای آتش های کلاس A
۱۹۴	NFPA 1192	استاندارد ماشین های تفریح و سرگرمی
۱۹۵	NFPA 1194	استاندارد تجهیزات تفریح و سرگرمی پارک ها و کمپ ها
۱۹۶	NFPA 1201	استاندارد خدمات امداد و نجات برای عموم مردم
۱۹۷	NFPA 1221	استاندارد نصب، نگه داری و استفاده از سیستم های خدمات ارتباطی
۱۹۸	NFPA 1231	استاندارد تأمین آب برای اطفاء حریق حومه شهرها و روستاها
۱۹۹	NFPA 1250	توصیه های کاربردی مدیریت ریسک برای سازمانهای خدمات اضطراری
۲۰۰	NFPA 1401	توصیه های کاربردی برای آموزش خدمات حریق در زمینه ثبت و گزارش
۲۰۱	NFPA 1402	راهنمایی برای مراکز آموزش خدمات حریق در ساختمان ها
۲۰۲	NFPA 1403	استاندارد تکمیل آموزش آتش نشانی
۲۰۳	NFPA 1404	استاندارد آموزش حفاظت از سیستم تنفسی
۲۰۴	NFPA 1405	راهنمایی برای آتش نشانانی که به لوله ها و مخازن دریایی رسیدگی می کنند
۲۰۵	NFPA 1410	استاندارد آموزش های اولیه برای کارکنان امدادی
۲۰۶	NFPA 1451	استاندارد برنامه آموزشی راهبری وسایل نقلیه در خدمات آتش نشانی
۲۰۷	NFPA 1452	راهنمایی برای آموزش حریق برای پرسنلی که بررسی حریق ساختمان ها را انجام می دهند
۲۰۸	NFPA 1500	استاندارد برنامه ایمنی و بهداشت شغلی برای دپارتمان های آتش نشانی

کتابچه آموزشی فرماندهان صحنه

موضوع	NFPA	ردیف
استاندارد افسر ایمنی برای دپارتمان های حریق	NFPA 1521	۲۰۹
استاندارد سیستم مدیریت سوانح در خدمات آتش نشانی	NFPA 1561	۲۱۰
برنامه کنترل بیماریها در دپارتمان های آتش نشانی	NFPA 1581	۲۱۱
استاندارد برنامه جامع پزشکی حرفه ای در دپارتمان های آتش نشانی	NFPA 1582	۲۱۲
استاندارد برنامه آمادگی جسمانی برای دپارتمان های آتش نشانی	NFPA 1583	۲۱۳
استاندارد فرآیند آماده سازی برای اعضای تیم امدادی و تمرین های آموزشی	NFPA 1584	۲۱۴
استاندارد مدیریت در شرایط اضطراری و بلایا	NFPA 1600	۲۱۵
توصیه های کاربردی برای طرح ریزی قبل از حوادث	NFPA 1620	۲۱۶
استاندارد راهبری و آموزش برای جست و جوی فنی	NFPA 1670	۲۱۷
استاندارد مدت زمان لازم برای واکنش در شرایط اضطراری	NFPA 1710	۲۱۸
استاندارد ساماندهی و آرایش کارکنان پیشگیری از حریق، امداد در شرایط اضطراری	NFPA 1720	۲۱۹
استاندارد انتخاب، نگهداری و تعمیرات تجهیزات پیشگیری از حریق برای ساختمان های آتش نشانی و مجاور آن	NFPA 1851	۲۲۰
استاندارد انتخاب، تعمیر و نگهداری تجهیزات تنفسی	NFPA 1852	۲۲۱
استاندارد تجهیزات و لوازم ماشین آتش نشانی	NFPA 1901	۲۲۲
استاندارد تجهیزات آتش نشانی صحرا و بیابان	NFPA 1906	۲۲۳
استاندارد بازرسی، تعمیر و نگهداری، تست و از رده خارج نمودن خودروهای آتش نشانی	NFPA 1911	۲۲۴
استاندارد تعمیر و نوسازی تجهیزات حریق	NFPA 1912	۲۲۵
استاندارد تست تجهیزات هوایی آتش نشانی	NFPA 1914	۲۲۶
استاندارد برنامه تعمیر و نگهداری پیشگیرانه تجهیزات آتش نشانی	NFPA 1915	۲۲۷
استاندارد لوله ها و مخازن اطفاء حریق دریایی	NFPA 1925	۲۲۸
استاندارد طراحی و تولید نردبان های آتش نشانی	NFPA 1931	۲۲۹
استاندارد استفاده، تعمیر و نگهداری و خدمات تست نردبان های آتش نشانی	NFPA 1932	۲۳۰
استاندارد اتصالات شیلنگ های آتش نشانی	NFPA 1936	۲۳۱
استاندارد پیشگیری از حوادث برای تیم های فنی امداد و نجات	NFPA 1951	۲۳۲
استاندارد شیلنگ های آتش نشانی	NFPA 1961	۲۳۳
استاندارد بازرسی، نگهداری و استفاده از شیلنگ های آتش نشانی، کوپلینگ، سرنازل و تست شیلنگ های آتش نشانی	NFPA 1962	۲۳۴
استاندارد اتصالات شیلنگ های آتش نشانی	NFPA 1963	۲۳۵
استاندارد نازل های آب پاش	NFPA 1964	۲۳۶
استاندارد تجهیزات شیلنگ های آتش نشانی	NFPA 1965	۲۳۷
استاندارد پیشگیری از حریق برای ساختمان های آتش نشانی و ساختمان های مجاور	NFPA 1971	۲۳۸
استاندارد لباس های مخصوص ایستگاه و کار	NFPA 1975	۲۳۹
استاندارد تجهیزات و البسه حفاظتی برای اطفاء حریق صحرا و بیابان	NFPA 1977	۲۴۰
استاندارد تجهیزات تنفسی برای شرایط اضطراری	NFPA 1981	۲۴۱
استاندارد سیستم های ایمنی هشداردهنده برای افراد	NFPA 1982	۲۴۲
استاندارد طناب های نجات	NFPA 1983	۲۴۳
استاندارد سیستم های تنفسی برای اطفاء حریق صحرا و بیابان	NFPA 1984	۲۴۴
استاندارد کیفیت هوای تنفسی برای حفاظت از سیستم های تنفسی	NFPA 1989	۲۴۵
استاندارد حفاظت از اثرات بخارهای مواد خطرناک	NFPA 1991	۲۴۶

موضوع	NFPA	ردیف
استاندارد حفاظت از نشت مایعات و البسه مناسب برای مقابله با آن	NFPA 1992	۲۴۷
استاندارد تجهیزات حفاظتی برای واکنش های اولیه حوادث تروریستی	NFPA 1994	۲۴۸
استاندارد لباس های حفاظتی برای تیم پزشکی امداد	NFPA 1999	۲۴۹
استاندارد خاموش کننده های تمیز	NFPA 2001	۲۵۰
استاندارد سیستم اطفاء حریق ثابت	NFPA 2010	۲۵۱
استاندارد مقاومت در برابر حریق لباس های آتش نشانی	NFPA 2112	۲۵۲
استاندارد انتخاب، نگه داری، استفاده و تعمیر لباس های مقاوم در برابر حریق	NFPA 2113	۲۵۳
دستورالعمل ایمنی سازه ساختمان ها	NFPA 5000	۲۵۴
استاندارد بویلرهای تک مشعل	NFPA 8501	۲۵۵
استاندارد پیشگیری از ترکیدن و انفجار کوره بویلرهای چند مشعل	NFPA 8502	۲۵۶
استاندارد سیستم های سوخت پودری	NFPA 8503	۲۵۷

۵-۱ رویداد فرآیندی (Process Incident)

"هرگونه خروج ناخواسته و کنترل نشده یک ماده خطرناک از یک ظرف یا تجهیز فرایندی که بتواند با پیامدهای جدی ایمنی، سلامت یا زیست محیطی همراه باشد".

بر اساس تعاریف OSHA بروز حوادث فرایندی از ظروف فرایندی آغاز شده و در صورت عدم کنترل فوری و موثر می توانند به طیف وسیعی از پیامدها منجر شوند. بر اساس این تعریف، حادثه فرایندی طیف وسیعی از رویدادها از یک نشت کنترل نشده کوچک تا یک حادثه فاجعه بار را شامل می شود. تمامی حوادث فرایندی با رخدادی آغاز می شوند که بنام خروج ماده از ظرف یا Outflow شناخته می شود. پس از خروج ماده از ظرف بسته به عوامل زیر، سناریوی بحرانی ایجاد می شود:

- پارامترهای فرایند (فشار، دما، ارتفاع، سطح، دبی و..)
- خواص ماده (نقطه جوش، فراریت، فشار بخار، اشتعال پذیری، سمیت و..)
- شرایط محیطی (تراکم و فشردگی محیط، شیب و..)
- شرایط جوی (جهت باد، رطوبت نسبی، دما و..)
- وجود یا عدم وجود منابع احتراقی

بر اساس استانداردهای مدیریت ایمنی فرایند، شرکت ها باید تمامی پتانسیل های نشت و رهاش را شناسایی کرده و سناریوهای اضطراری را مشخص نمایند. پس از بروز خروج ماده از ظرف، بسته به شرایط مورد اشاره در

بالا، یکی از سناریوهای بحرانی رخ می‌دهد. بطور کلی، سناریوهای بحرانی را می‌توان در سه گروه کلی زیر طبقه بندی نمود:

- انتشار و رهایش
- آتش سوزی و انفجار
- انفجار

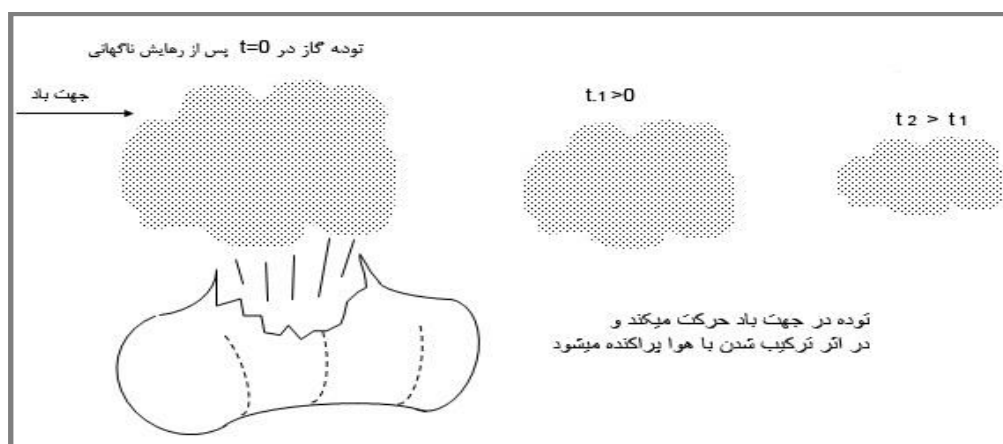
رهایش

رهایش گازها در محیط در دو حالت زیر اتفاق می افتد:

(a) رهایش آنی^{۲۷}

(b) رهایش پیوسته^{۲۸}

نحوه انتشار گاز در هر یک از حالت‌های اشاره شده متفاوت است. گازها پس از رهایش می‌توانند به شکل یک توده ممتد^{۲۹} و یا توده‌های از هم جدا^{۳۰} در جهت باد حرکت کنند. تصاویر مربوط به این توده‌ها در شکل‌های ۱ و ۲ آمده است.



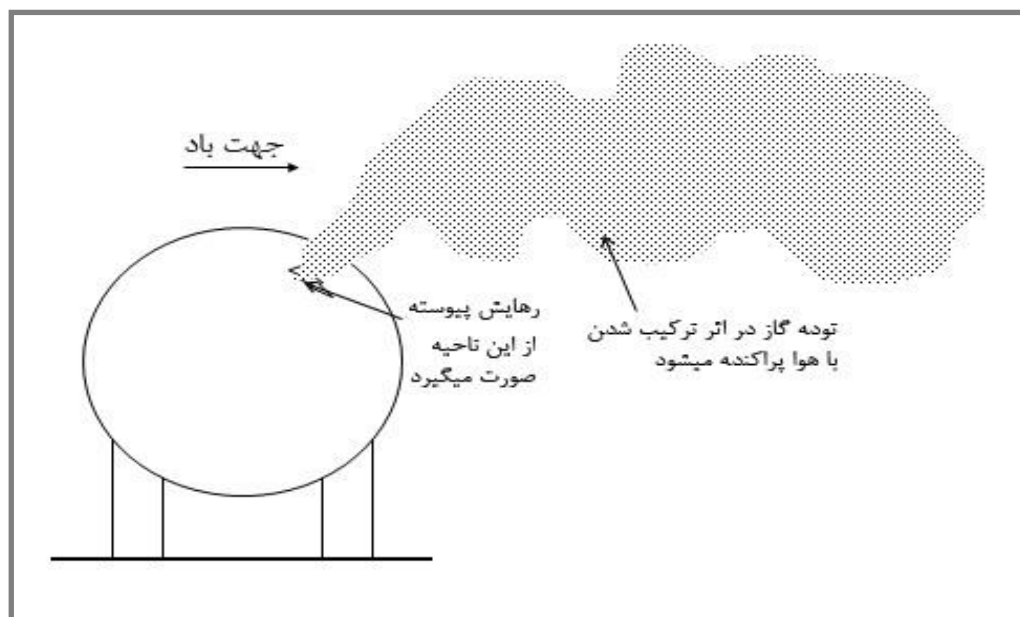
شکل ۱- نحوه رهایش آنی ماده

²⁷ Instantaneous

²⁸ Continuous release

²⁹ Plume

³⁰ Puff



شکل ۲- نحوه رهايش پيوسته ماده

۶-۱ مشخصه های فیزیکی و شیمیایی

نقطه شعله زنی^{۳۱}

نقطه شعله زنی کمترین درجه حرارتی است که در آن یک ماده سوختنی، بخارات کافی جهت تشکیل یک مخلوط قابل اشتعال با هوا در سطح خود تولید می نماید و در صورت وجود یک منبع آتش زنه مانند یک شعله، شعله ای موقت ایجاد می شود و خاموش خواهد شد در این نقطه آتش ادامه نخواهد داشت و این قضیه بیشتر در ماده های قابل اشتعال و حتی جامداتی که حالت تصعید دارند (تبدیل از حالت جامد به گاز) دیده می شود.

با توجه به اینکه کلیه مواد در حالت گازی می سوزند و مقدار این گاز باید مشخص باشد در نتیجه اگر ما به طور مثال یک ظرف آهنی را از نفت پر کرده و روی شعله قرار می دهیم ماده سوختنی یا همان نفت به بخار تبدیل شده و به شکل دود سفیدی در سطح ظرف به بالا خواهد رفت. حالا اگر در همین حین به طور متوالی جرقه ای در سطح نفت ایجاد شود در یک دمای خاصی یک شعله مانند فلش دوربین به طور موقت ایجاد خواهد شد و پس از آن خاموش خواهد شد. دمای نفت در آن لحظه همان *Flash Point* خواهد بود.

³¹ Flash Point

نقطه آتش^{۳۲}

پایین ترین درجه حرارتی که در آن یک ماده سوختنی، بخارات کافی به جهت شروع آتش و ادامه آن در صورت وجود منبع آتش زنه تولید بنماید. نقطه آتش معمولاً چند درجه بالاتر از نقطه شعله زنی می باشد.

درجه حرارت خود سوزی^{۳۳}

پایین ترین درجه حرارتی است که در آن یک ماده سوختنی بدون وجود منبع آتش زنه و بدون تماس با هیچ شعله ای به صورت خود به خود و فقط به وسیله مکانیزم های انتقال حرارت (مانند تشعشع) آتش می گیرد. مثلاً یک برگ کاغذ بدون تماس با شعله در دمای حدود 200-300 درجه به صورت خود به خود مشتعل خواهد شد یا روغن سرخ کردنی در صورت بالا بودن شعله زیر آن و گذشت چند لحظه به طور خود به خود مشتعل می شود. در آتش نشانی این درجه حرارت بسیار مهم است زیرا آتش نشانان زیادی به وسیله عدم توجه به این دمای خود به خود سوزی در محل حریق و دور از شعله دچار حریق شده اند.

احتراق خود به خود^{۳۴}

برخی از مواد سوختنی خصوصاً آنهایی که دارای ریشه کربنی هستند (مانند مواد آلی) ممکن است حتی در درجه حرارت محیط با اکسیژن هوا وارد واکنش شوند. این واکنش می تواند مقداری انرژی آزاد کند که خود باعث انجام واکنش های بعدی شود و به صورت سلسله وار واکنش های یکی پس از دیگری انجام شده و حرارت بالا و بالاتر رود و در نهایت منجر به حریق شود مثلاً یک تکه پارچه آغشته به روغن در طی روز می تواند به طور خود به خود مشتعل شود.

در حالتی دیگر در اثر فعالیت برخی باکتری ها مشاهده شده است که حرارت تولید شده و در نهایت منجر به حریق شده است مانند آتش سوزی در انبار علوفه.

³² Fire Point³³ Auto ignition temperature³⁴ Spontaneous combustion

دمای بحرانی

برای هر گاز یا بخار مایع دمایی وجود دارد که بالاتر از آن نمی توان آن گاز را تنها با اعمال فشار به مایع تبدیل کرد بلکه باید دمای آن گاز را نیز کاهش داد تا به زیر دمای بحرانی خود برسد در بالاتر از دمای بحرانی جنبش مولکول ها بقدری زیاد است که تنها با اعمال فشار نمی توان جنبش آنها را کم نمود و باید هنگام اعمال فشار از روش سرد کردن نیز استفاده نمود.

گرمای احتراق

مقدار گرمایی که از بابت سوختن هر گرم از هر جسمی تولید می شود را گرمای احتراق می گویند و واحد آن

$$\frac{cal}{gr} \left(\frac{کالری}{گرم} \right) می باشد.$$

فشار بحرانی

فشار لازم جهت مایع نمودن گاز یا بخار، در درجه حرارت بحرانی را فشار بحرانی گویند.

حدود اشتعال یا انفجار

بخارات قابل انفجار در صورتی که در حد معینی قرار گیرد (نسبت به هوا) خواهد سوخت اگر درصد این گاز یا بخارات کمتر از حد معین باشد (LFL) یا اگر بیشتر از حد معین باشد (UFL) انفجار و یا اشتعال صورت نخواهد پذیرفت.

$UEL \rightarrow$ Upper Explosive Limit	$UFL \rightarrow$ Upper Flammability Limit
$LEL \rightarrow$ Lower Explosive Limit	$LFL \rightarrow$ Lower Flammability Limit

واکنش پذیری مولکول ها

برخی مولکول ها در شرایط عادی (فشار ۷۶۰ میلیمتر جیوه و دمای ۲۹۳ درجه کلوین) بسیار پایدار هستند، ولی بعضی از آنها می توانند بسیار ناپایدار باشند. پایداری بستگی به پیوند بین اتم های تشکیل دهنده مولکول ها دارد. برای مثال: آب یکی از پایدارترین مولکول هاست، برخی از اجزاء هیدروکربن های نفت خام به راحتی تجزیه می شوند و بعضی از آنها مثل متان بسیار قابل اشتعال هستند.

کتابچه آموزشی فرماندهان صحنه

جدول ۱۲- دمای خود اشتعالی برخی از مواد

ردیف	حالت ماده در شرایط نرمال $T = 293^{\circ}K, P = 760 \text{ mmHg}$	نوع هیدروکربن	دمای خود اشتعالی	
			($^{\circ}C$)	($^{\circ}F$)
۱	گاز	متان (گاز طبیعی)	۵۸۰	۱۰۷۶
۲	گاز	اتان	۵۱۵	۹۵۹
۲	گاز	استیلن	۳۰۵	۵۸۱
۳	گاز	سیکلوپروپان	۴۹۸	۹۲۸
۳	گاز	پروپان	۴۵۵	۸۵۱
۴	گاز	ایزوبوتان	۴۶۲	۸۶۴
۴	گاز	بوتان نرمال	۴۰۵	۷۶۱
۵	مایع	پنتان نرمال	۲۶۰	۵۰۰
۶	مایع	سیکلوهگزان	۲۴۵	۴۷۳
۶	مایع	هگزان نرمال	۲۲۵	۴۳۷
۷	مایع	هپتان نرمال	۲۱۵	۴۱۹
۸	مایع	اکتان نرمال	۲۲۰	۴۲۸

فصل دوم: مبانی حریق

۱-۲ آتش چیست؟

درک ماهیت آتش به پیدایش علم شیمی باز می‌گردد. آتش عبارت است از ترکیب هر ماده سوختنی با اکسیژن به شرط آنکه با شعله و حرارت همراه باشد. وقوع آتش نیاز به زمینه‌های فیزیکی و شیمیایی محل وقوع آتش دارد. آتش با چهار عامل اکسیژن، مواد سوختنی، حرارت و واکنش‌های زنجیره‌ای، که به هرم آتش معروف است، شکل می‌گیرد و در صورت حذف تنها یکی از آنها ادامه آتش ممکن نیست و هر کدام از عوامل مؤثر در ایجاد آتش خصوصیات مختلفی دارند.



برای شناخت رفتار آتش، به منظور برنامه‌ریزی در پیشگیری و کنترل حریق، لازم است با اصطلاحات، مفاهیم، علل و شرایط بروز، عوامل مؤثر بر گسترش حریق آشنا شده و برای جلوگیری از آسیب‌ها، هزینه‌ها و خسارت ناشی از آتش‌سوزی‌ها روش‌های انتقال و انتشار شعله، مکان‌های دارای خطر و طبقه‌بندی انواع حریق از نظر روش اطفاء را بیان و روش‌های عمومی اطفای حریق تشریح شود.

شعله

محصول سوختن یک ماده، که حرارت و نور را به محیط اطراف انتشار می‌دهد، شعله نام دارد. شمع روشن نمونه خوبی از یک شعله است. شعله زمانی ایجاد می‌شود که در اثر گرم شدن یک نقطه یا محل، گازهایی ایجاد شوند و این گازها بسوزند.

احتراق^{۳۵}

سوختن، یک واکنش شیمیایی اکسیداسیون حرارت زا می باشد و همراه با نور و حرارت است. در طی این فرایند ماده ای اکسید شده و با اکسیژن ترکیب می شود که اصطلاحاً به آن احیا شونده یا ماده سوختنی گویند و ماده ای دیگر به عنوان اکسید کننده که به آن اکسید کننده مانند اکسیژن یا حمایت کننده سوختن گفته می شود. احتراق به دو دسته کامل و ناقص تقسیم می شود. اگر تمام عناصر سوختنی موجود در سوخت بسوزد یا به آخرین مرحله اکسیداسیون خود برسد این نوع سوختن را **احتراق کامل** گویند و چنانچه تمام عناصر سوختنی موجود در سوخت به طور کامل نسوزد یا به آخرین مرحله اکسیداسیون خود نرسد و محصول احتراق با کربن ترکیب شود به آن، **احتراق ناقص** گویند.

۲-۲ انواع سوختن

از لحاظ سرعت انجام واکنش، سوختن به سه گروه تقسیم می شود:

۱- سوختن کند یا آرام

در این نوع سوختن سرعت انجام واکنش به قدری کند است که با چشم غیر مسلح و یا استفاده از وسایل مخصوص قابل احساس می باشد مانند زنگ زدن آهن که نوعی واکنش شیمیایی اکسیداسیون حرارت زا می باشد ولی برای ما قابل دیدن نمی باشد.

۲ - سوختن معمولی

در این سوختن ماده سوختنی به صورت آزاد با اکسیژن هوا ترکیب می شود و نور و حرارت تولید می کند مانند سوختن یک برگ کاغذ یا یک چوب کبریت.

۳- سوختن تند یا انفجار:

در این نوع سوختن سرعت انجام واکنش به قدری تند است که خطر مرگ ناشی از موج انفجار و اشتعال سریع وجود دارد مانند انفجار گاز مایع

³⁵ Combustion

از نظر محصولات حریق، اکثر هیدروکربن ها (موادی که در خود هیدروژن و کربن دارند)، گاز دی اکسید کربن CO_2 و آب و یا گاز منو اکسید کربن CO و آب به وجود می آید. اگر مقدار اکسیژن در محیطی که فرایند سوختن در آن اتفاق می افتد کافی باشد محصول نهایی CO_2 می باشد ولی اگر اکسیژن کافی نباشد CO تولید می باشد که علت مرگ بیشتر افراد در زمستان می باشد. اگر CO در فضا وجود داشته باشد میل ترکیبی هموگلوبین خون با این گاز نسبت به اکسیژن حدود ۲۰۰ برابر است و زمانی که نمی توان فاصله را تشخیص داد یعنی CO با هموگلوبین ترکیب شده است و همچنین در حادثه حریق تا ۴۸ ساعت CO در محل وجود دارد.

۳-۲ مراحل حریق

مرحله ۱: شروع حریق

در این مرحله اکسیژن کافی در دسترس قرار دارد و بیشترین محصولات آن دی اکسید و منو اکسید کربن است. حرارت شعله در این مرحله حدود ۵۳۸ درجه سانتیگراد است. گسترش حریق در این مرحله تصاعدی و مدت زمان رسیدن به اوج حرارت، کوتاه است. (۳ تا ۵ دقیقه)

مرحله ۲: سوختن آزاد

در این مرحله، علاوه بر هوای داخل محوطه حریق، جریان هوای بیرون نیز به دلیل اختلاف حرارت به داخل آتش کشیده می شود و همین هوا به دلیل گرم شدن باعث گسترش حریق می گردد. درجه حرارت در ارتفاع و طبقات بالای محل حریق به ۷۰۰ درجه سانتیگراد نیز می رسد. در این مرحله به تدریج درصد اکسیژن رو به کاهش می رود و به حدی می رسد که حریق بدون شعله می گردد. در این مرحله تراکم گازها و ذرات در هوا بیش از حد است و فشار داخل منطقه حریق بسیار بالاست. تداوم مرحله دوم به وسعت فضا و دسترسی به هوا و سوخت بستگی دارد و می تواند از یک ساعت تا چندین روز ادامه داشته باشد. گسترش حریق به سایر مناطق برای دسترسی به ماده سوختنی در این مرحله انجام می گیرد.

مرحله ۳: سوختن کند

در این مرحله، حریق فاقد شعله است. وسعت حریق در این مرحله محدود می شود و مرکز آتش تبدیل به نقاط منفصل می گردد. در این مرحله حرارت در اطراف حریق حدود ۵۳۸ درجه سانتیگراد است، که به تدریج کاهش می یابد و در پایان این مرحله به تدریج مواد قابل احتراق تبدیل به زغال یا خاکستر می شود و حریق نیز به تدریج سرد می گردد.

مرحله ۴: برگشت شعله

برگشت شعله در تمام حریق ها وجود ندارد، ولی اگر تراکم گازهای قابل احتراق در هوا بالا باشد، به دلیل اختلاط با هوا مجدداً آتش می گیرد و سبب برگشت شعله می شود که تداوم زیادی نخواهد داشت. این مرحله در صورتی خطر آفرین می شود که منابع سوختی جدیدی در دسترس آتش قرار گیرد و آتش به این مواد سرایت نماید. در عملیات اطفای حریق، پس از خاموش کردن آتش، باید یک تیم عملیاتی برای مبارزه با برگشت آتش، یک تا دو ساعت در محل باقی بماند.

۲-۴ طبقه بندی حریق و راههای اطفاء

برای سهولت در پیشگیری و کنترل، آتش بر حسب ماهیت مواد سوختنی به دسته های مختلفی تقسیم می شود. بر اساس طبقه بندی مراجع رسمی آمریکا و ژاپن، حریق به چهار دسته (A, B, C, D) و در اروپا و استرالیا به پنج دسته (A, B, C, D, E) تقسیم بندی شده است. دسته A در همه تقسیم بندی ها مواد جامدی است که خاکستر به جا می گذارد. دسته B مواد نفتی و مایعات قابل اشتعال، دسته D شامل فلزات قابل اشتعال می باشد. از آنجایی که تقسیم بندی مورد تایید کشور ما تقسیم بندی اروپایی است که مورد تایید ISO نیز می باشد، در اینجا به توضیح در خصوص این تقسیم بندی پرداخته می شود:

آتش دسته A

این نوع آتش سوزی از سوختن مواد معمولی قابل احتراق، عموماً جامد و دارای ترکیبات آلی طبیعی یا مصنوعی حاصل می شود. این منابع کاغذ، پارچه، چوب، پلاستیک و امثال آن است که پس از سوختن، از خود

خاکستر به جا می‌گذارند. خاموش‌کننده‌هایی که برای کنترل آن بکار می‌روند علامتی مثلث شکل و سبز رنگ با نشان A دارند. مبنای اطفاء آنها، خنک کردن است.

آتش دسته B

این آتش در اثر سوختن مایعات قابل اشتعال یا جامداتی که به راحتی قابلیت مایع شدن دارند (عموماً مواد نفتی و روغن‌های نباتی) پدید می‌آید. خاموش‌کننده‌هایی که برای این دسته مناسب هستند دارای برچسب مربع قرمز رنگ با علامت B هستند. اطفاء این حریق عموماً مبتنی بر خفه کردن است.

آتش دسته C

این دسته شامل آتش سوزی ناشی از گازها یا مایعات یا مخلوطی از آنهاست که بر راحتی قابلیت تبدیل شدن به گاز را دارند مانند گاز مایع و گاز شهری، این گروه نزدیکترین نوع حریق به دسته B می‌باشد و خاموش‌کننده‌های مربوطه با علامت C در مربع آبی رنگ مشخص می‌شوند. راه اطفاء این حریق خفه کردن و سد کردن مسیر نشت می‌باشد.

آتش دسته D

حریق‌های این دسته ناشی از فلزات سریعاً اکسید شونده مانند منیزیم، سدیم، پتاسیم و امثال آن می‌باشد و خاموش‌کننده‌های مناسب برای اطفاء آنها با علامت ستاره زرد رنگ با نشان D مشخص می‌شوند.

آتش دسته E

این دسته شامل حریق‌های الکتریکی می‌باشد که عموماً در وسایل الکتریکی و الکترونیکی اتفاق می‌افتد مانند سوختن کابل‌های تابلو برق یا وسایل برقی و حتی سیستم‌های کامپیوتری، نامگذاری این دسته نه بخاطر متفاوت بودن نوع ماده سوختنی بلکه بخاطر مشخصات وقوع، اهمیت و نوع دستگاه‌هایی است که حریق در آنها رخ می‌دهد. راه اطفاء این دسته قطع جریان برق و خفه کردن حریق با گاز CO_2 یا هالون و هالوکربن می‌باشد. خاموش‌کننده‌هایی که قابلیت کنترل آن را دارند با حرف E نشان داده می‌شوند.

اماکن از نظر خطر حریق در سه گروه به شرح زیر طبقه بندی می شود:

- **اماکن کم خطر:** در این مکان ها، مقدار مواد قابل احتراق یا به طور کلی بار آتش گیری کم است و حریق گسترش نمی یابد. مثال هایی از این دسته شامل مدارس، سالن های پذیرایی، منازل مسکونی و مانند آنهاست و حریق در این اماکن به خوبی قابل کنترل است.
 - **اماکن با خطر متوسط:** در این مکان ها، مقدار ذخیره ماده سوختنی قابل توجه است، لیکن در صورت حریق، آتش سوزی قابل کنترل است. انبار رنگ، انبار کارگاه های تولیدی کوچک، انبار پوشاک، انبار مواد غذایی کشتی، انبار مواد پلاستیکی از این جمله اند.
 - **اماکن پرخطر:** در این مکان ها، مقدار ذخیره مواد قابل اشتعال زیاد است و در صورت بروز حریق، آتش سوزی های شدیدی به وجود می آید، مانند انبارهای رنگ کشتی ها، انبارهای بزرگ چوب، مخازن سوخت، انبارهای مهمات ناوها و انبارهای لاستیک، پالایشگاه.
- با توجه به هرم حریق با هر روشی که بتوان یکی از اضلاع هرم را از آن جدا نمود، منجر به اطفاء حریق خواهد شد. برای مثال برداشتن ضلع اکسیژن (خفه کردن)، برداشتن ضلع حرارت (سرد کردن)، برداشتن ضلع مواد سوختنی (جداسازی) و قطع واکنش های زنجیره ای.
- اگر از زمان شروع حریق مدت زیادی گذشته باشد فرمانده بیشتر به سرد کردن حریق فکر می کند ولی در حریق های بزرگ و گسترده و یا حریق هایی که به مدت طولانی در حال انجام است جداسازی روش مناسب تری می باشد.

برای جداسازی نیز سه روش مجزا پیش بینی شده است:

۱. جدا کردن و به قطعات کوچکتر تقسیم کردن ماده مشتعل
۲. جدا کردن ماده مشتعل از مواد غیرمشتعل
۳. جدا کردن مواد غیرمشتعل از مواد مشتعل

لازم به ذکر است که جداسازی را هم می توان با ایجاد فاصله مکانی و یا سرد کردن به وسیله آب و یا ماده مناسب دیگر انجام داد.

۶-۲ علل و شرایط بروز حریق و محصولات احتراق

عوامل و شرایط متعددی می توانند در بروز حریق ایفای نقش نمایند که مهم ترین آنها شامل موارد زیر است:

- واکنش های آتش گیری مستقیم: مانند نزدیک نمودن شعله به مواد سوختنی
- واکنش های شیمیایی: واکنش هایی نظیر ترکیب آب و اسید، پتاسیم و آب، اسید نیتریک با کاغذ می - تواند عامل شروع آتش گردد.
- الکتریسیته جاری: حرارت حاصل از عبور برق از یک هادی دارای مقاومت بالا می تواند سبب حرارت و آتش گردد.
- الکتریسیته ساکن: به دلیل ایجاد جرقه ناشی از اختلاف پتانسیل در مکان هایی که دارای گاز یا بخار مواد آتش گیر باشند حریق ایجاد شود. مانند مخازن سوخت کشتی.
- صاعقه: صاعقه دارای صدها هزار ولت اختلاف پتانسیل الکتریکی است و می تواند به راحتی سبب بروز حریق گردد.
- تراکم بیش از حد ماده سوختنی: تراکم بیش از حد مواد سوختنی در حالت بخار یا گاز، مشابه آنچه که در موتورهای درون سوز اتفاق می افتد، همراه با یک عامل راه انداز (جرقه) می تواند سبب بروز حریق گردد.
- احتراق نه تنها انرژی ایجاد می کند، بلکه علاوه بر شعله و حرارت، موادی از احتراق حاصل می شود که گاه صدمات آنها به تجهیزات و افراد از خود حریق بیشتر است و مهم ترین آنها عبارت اند از:
 - گازها و بخارات حاصل از احتراق: یکی از خطرناک ترین محصولات آتش که نقش مهمی در افزایش تلفات انسانی دارد گازها و بخارات ناشی از آتش است.
 - ذرات معلق: آنچه به صورت دود در اثر حریق تولید می شود، در واقع ذراتی است که مانع عبور نور می - گردد و بسیاری از آنها برای سلامت افراد نیز خطرناک اند. اصولاً ذرات در اثر احتراق ناقص و در دمای

پایین ایجاد می‌گردند و در حریق‌های گسترده، که مواد اکسیژن کافی برای سوختن کامل در اختیار ندارند نیز تولید می‌گردد.

۷-۲ دسته بندی انفجار و آتش سوزی

به طور کلی انواع انفجار و آتش متناسب با ماهیت رخداد و نحوه وقوع، در گروه‌های زیر طبقه بندی می‌شود:

- انفجار ابر بخار^{۳۶}
- BLEVE^{۳۷} و آتش کروی^{۳۸}
- انفجار محدود^{۳۹}
- انفجار فیزیکی^{۴۰}
- آتش ناگهانی^{۴۱}
- آتش فورانی^{۴۲}
- آتش استخری^{۴۳}

در زیر هر یک از این موارد به تفکیک شرح داده شده است:

انفجار ابر بخار (VCE)

وقتی مقادیر زیادی از مواد آتش گیر (مایع بخار شونده یا گاز) به سرعت رها شده و وارد محیط می‌شود، ابری از بخار در محیط به وجود آمده و با هوای اطراف مخلوط می‌گردد. رهایش ماده می‌تواند از داخل یک مخزن ذخیره، ظرف فرآیندی، مخزن مخصوص حمل و نقل مواد و یا خطوط لوله صورت گیرد.

چهار شرط برای وقوع سناریوی انفجار ابر بخار ضروری است:

(۱) مقدار کافی از ابر باید در محدوده اشتعال پذیری قرار داشته باشد

³⁶ Vapor Cloud Explosion (VCE)

³⁷ Boiling Liquid Expansion Vapor Explosion

³⁸ Fire Ball

³⁹ Confined Explosion

⁴⁰ Physical Explosion

⁴¹ Flash Fire

⁴² Jet Fire

⁴³ Pool Fire

(۲) حجم/ توده ابر بخار حاصل قبل از شعله‌ور شدن قابل توجه باشد (احتمال وقوع سناریوی انفجار ابر

بخار، برای سناریوهایی که تأخیر در شعله‌ور شدن ابر بین یک تا پنج دقیقه می‌باشد، بیشتر است)؛

(۳) محیط باید محدود^{۴۴} بوده و امکان اختلاط در اثر توربولنسی برای ابر تشکیل شده، وجود داشته باشد.

(۴) ایجاد جرقه

بخش زیادی از حوادث *VCE* در شرایط جوی با جریان باد پایین (*Calm*) اتفاق می‌افتد و در مکان‌هایی که

ابر بخار حرکت بیشتری داشته باشد (حرکت ابر بخار و یا تاثیر باد) با هوا رقیق می‌شود، که احتمال و یا

اثرات انفجار آن بسیار کمتر می‌شود.

هر فرآیند حاوی مقادیر گازهای مایع شده، مایع فرار *Super Heat* یا گازهای با فشار بالا، مناسبترین عامل

برای تشکیل *VCE* است. بهترین روش برای جلوگیری از *VCE*، پیشگیری از انتشار ماده است. مهم‌ترین پیامد

ناشی از انفجار ابر بخار افزایش فشار می‌باشد. خسارات ناشی از انفجار بسیار بالا می‌باشد. نمونه‌ای از انفجار ابر

بخار در یک محیط متراکم در شکل ۳ نشان داده شده است.

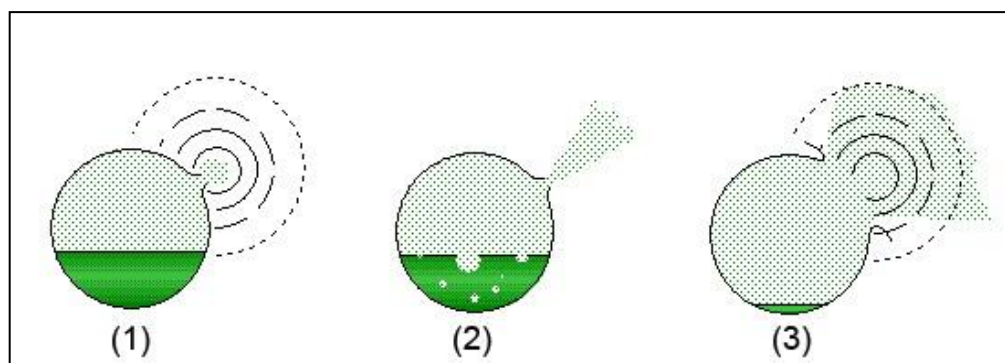


شکل ۳- انفجار ابر بخار در یک محیط متراکم

⁴⁴ Sufficient Confinement

آتش کروی و BLEVE

^{۴۵} BLEVE یا "انفجار بخار در حال انبساط مایع در حال جوشش" وقتی اتفاق می افتد که یک مایع فوق گرم ^{۴۶} و یا گاز مایع شده ^{۴۷}، به صورت ناگهانی از مخزن بیرون ریخته می شود. علت رهايش ناگهانی این مواد به صورت معمول برخورد شعله آتش به دیواره مخزن در محلی بالاتر از سطح مایع است. این موضوع باعث ضعیف شدن دیواره در آن ناحیه و سپس موجب پارگی مخزن می شود. در این مورد، شیر اطمینان روی مخزن نیز تاثیری نخواهد داشت زیرا دیواره ظرف در فشاری پایین تر از فشاری که برای شیر اطمینان تعیین شده، دچار پارگی می گردد. البته نباید فراموش کرد که BLEVE می تواند تحت هر شرایطی موجب پارگی ناگهانی ظروف و مخازن شود (مانند برخورد اشیاء، خوردگی و گرم شدن بیش از اندازه) اتفاق بیفتد. پارگی ناگهانی مخزن موجب تبخیر ناگهانی مایع فوق گرم شده و حجم آن را تا حدود ۲۰۰ برابر افزایش می دهد. فشاری که این افزایش حجم ایجاد می کند برای تولید موج انفجار و پرتاب اشیاء کافی است. اگر ماده رها شده آتش گیر نیز باشد، در این صورت آتش کروی ایجاد خواهد شد. شکل ۴ مراحل تشکیل BLEVE را از انبساط مایع تا پارگی ظرف نشان می دهد.



شکل ۴ مراحل تشکیل BLEVE (۱) پارگی مخزن (۲) تبخیر ناگهانی مایع (۳) انبساط گاز و انفجار در مرحله اول تشکیل آتش کروی، در اثر خروج سریع گازهای آتش گیر، آتش کروی تشکیل می شود و در مرحله بعد با گرم شدن گازها و پایین آمدن دانسیته آنها، آتش کروی به سمت بالا حرکت می کند.

^{۴۵} Boiling Liquid Expansion Vapor Explosion

^{۴۶} Super Heat

^{۴۷} Liquefied Gas

انفجار محدود

انفجارهای محدود به *Deflagration* یا واکنش‌های شیمیایی سریعی اطلاق می‌شود که توسط ساختمان‌ها، مخازن و... محدود می‌شوند. انفجارات گازی در درون ساختمان‌ها و مخازن با استحکام پایین، واکنش‌های احتراقی، تجزیه‌های حرارتی و یا واکنش‌های خارج از کنترل در ظروف و تجهیزات فرآیندی از مواردی هستند که سناریوی انفجار محدود برای آن‌ها کاربرد دارد. به طور کلی، در اثر وقوع *Deflagration* در یک ساختمان با استحکام پایین مانند سیلو، به علت حضور حجم پایین سوخت و انرژی در انفجار، امکان آسیب رسیدن به اجتماعات اطراف بسیار کم و در واقع خطر انفجارهای محدود، بیشتر متوجه واحدهای فرآیندی است که انفجار در آن اتفاق می‌افتد.

انفجار فیزیکی

وقتی مخزن حاوی گاز، تحت فشار دچار پارگی می‌شود، انرژی ذخیره شده در ظرف آزاد می‌گردد. انرژی آزاد شده موجب به وجود آمدن موج انفجار و گاهی پرتاب شدن قطعات می‌شود. در صورت احتراق گازهای آتش-گیر، پیامدهای آتش ناگهانی را نیز دنبال خواهد داشت. انرژی ذخیره شده در مخزن موجب پیامدهای ذیل می‌شود:

- از هم پاشیده شدن مخزن
 - ایجاد انرژی جنبشی در قطعات و پرتاب آنها
 - انرژی موج انفجار
 - انرژی هدر رفته (گرم کردن هوای اطراف)
- پارگی می‌تواند در اثر عوامل زیر ایجاد شود:
- از کار افتادن شیر تنظیم کننده فشار و تجهیزات کاهنده فشار مانند شیرهای اطمینان (افزایش فشار فیزیکی)
 - کاهش ضخامت مخزن در اثر خوردگی، ساییدگی و واکنش‌های شیمیایی

- کاهش مقاومت مخزن در اثر گرمایش بیش از حد، نقص ماده سازنده مخزن و گسترش ترک
- واکنش‌های خارج از کنترل

رهایش مواد می‌تواند با فشاری نزدیک به فشار عملیاتی و یا فشارهای بالاتر صورت گیرد. پیامد حاصل از رهایش مواد داخل مخزن، موج انفجار، پرتاب قطعات و نحوه گسترش موج انفجار تابع فاز ماده داخل مخزن می‌باشد.

آتش ناگهانی^{۴۸}

آتش ناگهانی، احتراق غیر انفجاری ابر بخار در اثر رهایش مواد آتش‌گیر، ترکیب شدن مواد با هوا و ایجاد شرایط مناسب برای احتراق، در محیط‌های باز است. میزان انتشار شعله در آتش ناگهانی در مقایسه با انفجار با سرعتی کمتر صورت می‌گیرد. پیامدهای اصلی ناشی از آتش ناگهانی، تشعشع حرارتی و تماس مستقیم با شعله است. بنابراین سوختگی بسیار شدید برای افراد و به دلیل مصرف زیاد اکسیژن، خطر خفگی برای افراد حاضر در محل را بدنبال دارد. احتراق ناشی از آتش ناگهانی بیش از چند دهم ثانیه به طول نمی‌انجامد. بنابراین مقدار تشعشعی که توسط یک تجهیز در این سناریو دریافت می‌شود در مقایسه با آتش‌های دیگر مانند آتش استخری ناچیز است. شکل ۵ تصویری از آتش ناگهانی را نشان می‌دهد.

⁴⁸ Flash Fire



شکل ۵- آتش ناگهانی

آتش فورانی^{۴۹}

آتش فورانی در اثر احتراق ماده آتش گیر در هنگام رهایش پیوسته از مخازن تحت فشار به وجود می آید. مهم ترین خطر این نوع آتش، تشعشع حرارتی ناشی از شعله است. رهایش جت سوخت ممکن است عمداً و یا سهواً اتفاق بیفتد. یکی از بارزترین مثال ها برای رهایش عمدی جت سوخت به محیط در سیستم فلر تجهیزات تولید نفت و گاز در سکوه های دریایی است.

آتش استخری^{۵۰}

خطرات ناشی از آتش های استخری به صورت موضعی است. این بدان معناست که اثرات آتش استخری بیشتر متوجه تجهیزات و ساختمان هایی است که در نزدیکی آتش قرار دارند و بدین ترتیب این آتش نمی تواند روی اجتماعات اطراف واحد مورد بررسی تاثیر قبل توجهی داشته باشد. مهم ترین اثر این آتش ها مربوط به تشعشع ناشی از شعله آن است.

⁴⁹ Jet Fire

⁵⁰ Pool Fire

یکی از عوامل مهم و مطرح در زمینه آتش‌های استخری، نحوه تخلیه مواد به محیط است. در صورتیکه مواد در یک مکان ایمن تخلیه شوند، امکان تشکیل آتش استخری وجود نخواهد داشت. مواردی که برای جلوگیری از تشکیل آتش استخری باید در نظر قرار گرفته شوند عبارتند از:

- تخلیه مایع به یک مکان ایمن
- پوشاندن سطح مایع برای جلوگیری از تبخیر
- دور بودن مکان تخلیه مایع از دیگر منابع تشعشع حرارتی
- فراهم بودن تجهیزات حفاظت در برابر آتش
- فراهم بودن آشکارسازهای نشتی

آتش استخری می‌تواند در اثر وقوع سناریوهای متفاوتی اتفاق بیفتد. این سناریوها عموماً به علت رهايش ماده آتش‌گیر از تجهیزات فرایندی به وقوع می‌پیوندد. اگر ماده رها شده مایع باشد و در دمایی پایین‌تر از دمای جوش نرمال نگهداری شده باشد، در این صورت مایع رها شده استخری از مایع را به وجود می‌آورد. شکل استخر به محیط اطراف بستگی دارد (به عنوان مثال دایک⁵¹ وجود دارد یا نه)، اما امکان تشکیل استخر در سطوح صاف و بدون محدودیت نیز امکان دارد. در صورتی که مایع تحت فشار نگهداری شود و دمای نگهداری آن بالاتر از دمای جوش نرمال آن باشد، در این صورت یک قسمت از مایع تبخیر شده و قسمت باقیمانده در محلی نزدیک محل رهايش، استخری از مایع به وجود می‌آورد.

به طور نسبی و مقایسه‌ای، آتش استخری یک آتش رام و ساده تلقی می‌شود. زیرا ابعاد آن مشخص است و با ریختن فوم می‌توان مهار نمود، اما دو پدیده در آتش استخری رخ می‌دهد که آتش نشان‌ها را شگفت زده می‌کند و یا از آنها قربانی می‌گیرد: *Slop Over* و *Boil Over*.

- ***Slop Over***: اگر سطح یک مخزن نفت خام با سقف شناور یا یک مخزن اتمسفریک آتش بگیرد، استراتژی آتش‌نشانی این است که با نرخ بسیار بالا با پرتاب فوم و آب سطح آن را پوشانده و ارتباط آتش با هوا را

⁵¹ Dike

قطع کرده تا این آتش مهار شود. اما اگر برای اطفای این آتش، میزان زیاد فوم و آب، ریخته شود، پدیده ای به نام *Slop over* رخ می دهد. به بیان دیگر، امولسیون اتفاق می افتد و ناگهان از سطح مخزن بیرون می ریزد و تمام اطراف را در بر می گیرد که پیش بینی نشده است و ممکن است آتش نشان هایی که در فاصله کم با آتش در حال انجام عملیات اطفاء هستند، دچار حادثه شوند.

- **Boil Over:** پدیده دیگری که بسیار خطرناکتر است، *Boil over* نامیده می شود که مخاطره اش برای مخازن بزرگ نفت خام و فرآورده ها بسیار بالاست. این پدیده بیشتر مواقعی رخ می دهد که مقداری آب در فرآیند تمیزکاری یک مخزن چند هزار تنی، کف آن مانده باشد و یا در فرآیند تولید از بالادست مقداری آب وارد مخزن شده باشد، به طور طبیعی آب به تدریج پایین می رود و در عملیات بهره برداری نیز تا هنگامی که سطح آب داخل مخزن زیر نازل خروجی فرآورده باشد، مشکلی ایجاد نمی کند. اما زمانی که سطح چنین مخزنی آتش می گیرد و آتش نشان ها درگیر اطفای آتش سطح مخزن هستند، مقداری از حرارت سطح به صورت همرفت به لایه های پایین سوخت می رود و لایه ها گرم و گرم تر می شود تا این موج دمایی بالاخره به لایه باریک آب پایین مخزن می رسد. آب کف مخزن به سرعت تبخیر می شود و حجم آن افزایش پیدا می کند و یک لایه کوچک آب، ۱۷۰۰ برابر می شود و دیگر در آن مخزن جایی نخواهد داشت. بنابراین تمام محتویات سوزان سطح مخزن را با یک شعاع بسیار زیاد به بیرون پرتاب می کند که به این پدیده *Boil Over* می گویند. در نتیجه یک آتش استخری که رام تلقی می شود، می تواند به یک پدیده عظیم تبدیل شود.

آتش استخری (*Pool Fire*) و حوادث زنجیره ای

آتش استخری نقش بسیار موثری نیز در رخداد حوادث زنجیره ای دارد. به ویژه در محوطه ای از مخازن نفتی (تانک فارم)، یک آتش استخری می تواند کل آن مجموعه را از بین ببرد و یا آتشی که به صورت محلی درون یک دایک وال (دیواره شنی اطراف مخازن) شروع می شود، می تواند کل مجموعه را درگیر کند.

در پژوهشی که روی حوادث زنجیره ای در سال ۲۰۱۱ انجام شده است، نشان می‌دهد که سهم انواع مختلف آتش در ایجاد حوادث زنجیره ای یعنی تصدی حادثه به بخش های دیگر، چه مقدار است. شاید به نظر برسد که آتش فورانی (جت فایر) نقش بیشتری در این زمینه داشته باشد زیرا می تواند با زبانه، آتش لوله ها و مخازن را تحت تأثیر قرار دهد، گرم و منفجر کند و حادثه زنجیره ای رخ دهد.

اما با توجه به آمار، ۸۰ درصد حوادث زنجیره‌ای که آتش ریشه آن بوده، آتش استخری دلیل اصلی آن بوده است. نمونه معروف آتش زنجیره ای، حادثه بونسفیلد انگلستان در سال ۲۰۰۵ است. برای جلوگیری از بروز حوادث زنجیره ای در مخازن باید بررسی شود که اگر در این مخزن یا ناحیه دایک آتشی رخ داد، میزان تشعشع رسیده به مخازن مجاورش چه میزان خواهد بود. نباید فرض شود که آتش استخری، آتشی است با عواقب موضعی و می‌توان به راحتی آن را مهار کرد، شواهد نشان می‌دهد که به این سادگی نیست و بلایای بسیاری را به وجود می‌آورد. برای پیشگیری آتش استخری، مدل های تجربی خیلی ساده ای موجود است. اما رفتار آتش های همزمان، دیگر از آن قواعد تبعیت نمی‌کند. برای نمونه، یک پدیده عجیبی که رخ می‌دهد پدیده ای به نام ادغام آتش هاست.

ادغام آتش‌های استخری

آتش های استخری می تواند با یکدیگر ادغام شود. به بیان دیگر، طول آتش‌ها ناگهان افزایش پیدا می‌کند و این اتفاق بسیار مخرب می‌شود که قابل پیشگیری است. هنگامی که چند آتش استخری با هم ادغام می‌شود دیگر رفتار آن به سادگی یک آتش استخری یکتا قابل پیش بینی نیست و متأسفانه از آن فرمول‌های ساده برای پیش بینی رفتار نمی‌توان استفاده کرد و ناچار باید از ابزارهای نوین برای شبیه سازی^{۵۲} استفاده کرد. در نتیجه آتش استخری، آتشی با رفتار پیچیده نیست و کافی است بدانید که چهار ناحیه دارد و فرمول های تجربی وجود دارد که می‌توان طول، قطر و میزان رهایی آن را پیش بینی کرد و این که آتش رامی نیست و کافی است یک لایه بسیار باریک آب ته مخزن وجود داشته باشد تا پدیده مهیبی مانند *Boil Over* رخ دهد.

⁵² Simulation

کافی است چند مخزن ذخیره در کنار هم باشد و پدیده ادغام آتش رخ دهد و از دسترس و کنترل خارج شود. بنابراین با در نظر گرفتن این موارد، شاید پیش بینی رفتار آتش استخری مقدور باشد و به دنبال آن مدیریت ریسک آن نیز به سادگی صورت گیرد.

۸-۲ پدیده‌های احتراق

شعله ور شدن^{۵۳}

زمان شعله ور شدن فضایی محصور به حالت انفجار را شعله‌ور شدن می‌گویند. گرمای برخاسته از آتش سوزی توسط دیوار فوقانی و محتویات اتاق، جذب شده و دمای گازهای قابل اشتعال و ااثیه اتاق را تا دمای خودسوزی^{۵۴} بالا می‌برد. این بالا رفتن دما موجب ایجاد پدیده شعله‌ور شدن می‌شود. این پدیده معمولاً در دمای ۵۰۰-۵۹۱ درجه سلسیوس و با میزان تشعشع 20 kW/m^2 رخ می‌دهد. یک مثال ساده آن مشتعل شدن مبلمان منزل می‌باشد که به تدریج لایه غلیظی از دود تولید می‌نماید و در اثر گرمای محیط گاز CO مشتعل می‌شود. به حد فاصل بین دودهای جمع شده در بین سقف و هوای تمیز موجود در کف مرکز مرحله خنثی یا نوتروپلن^{۵۵} گویند.

❖ علائم وقوع Flash Over:

- حرارت زیاد ناشی از دودهای انباشته شده زیر سقف موجب آزار آتش نشانان می‌شود.
- مواد سوختنی موجود در کف مرکز در حال پایدرولیز شدن (برخاستن دود سفید) می‌باشند.
- در آن قسمت امکان تهویه هوا موجود است.

اقدامات لازم در زمان شعله ور شدن می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- با ارزیابی خطر، تصمیم گرفته شود که آتش نشانان پیشروی کنند یا در جای خود بایستند یا عقب نشینی نمایند.
- با تکنیک خنک کردن گازهای داغ موجود در زیر سقف Gas Cooling و با توجه به منطقه خنثی اقدام به خنک سازی شود.

⁵³ Flash Over

⁵⁴ Auti Ignation

⁵⁵ Neutrol Plan

▪ اگر شرایط مساعد بود می توان از تهویه نیز استفاده کرد.

نکته: در محل حریق اگر چند حریق وجود داشت به سراغ حریقی می رویم که بزرگتر از بقیه است و پیشرفت بیشتری دارد.

برگشت شعله^{۵۶}

اگر در محیطی کاملاً محصور ، حریقی ایجاد شود ، با گذشت زمان اکسیژن محیط کاهش یافته و گرمای منتقل نشده درون آن محیط باعث پیرولیز مواد سوختنی خواهد شد در این حالت با توجه به مثلث حریق دو ضلع بسیار قوی یعنی حرارت و ماده سوختنی محیا می باشد و شعله از بین خواهد رفت. با ورود آتش نشان یا هر فرد دیگری و بازکردن در یا شکستن پنجره، اکسیژن به محیط تزریق خواهد شد تا جایی که مخلوط گازهای تولید شده داخل در حدود اشتعال خود قرار می گیرند، در این صورت انفجاری به وجود خواهد آمد که می تواند باعث مرگ یا جراحات سنگین شود این انفجار را بک درفت یا برگشت شعله می گویند. **نشانه های**

وقوع برگشت شعله عبارتند از:

۱. دود با فشار از روزنه های موجود به بیرون می رود، حتی از سطوح پائین و به عبارت دیگر نوتروپلن به کف مرکز می چسبد.

۲. اگر شیشه وجود داشته باشد از داخل دوده زده و تیره و تار شده است.

۳. قسمت های فلزی مرتبط به داخل (چهارچوب و دستگیره و...) داغ هستند.

۴. در اثر باز کردن هر نوع دریچه یا پنجره یا درب، هوا به داخل هجوم می برد.

راه های جلوگیری از وقوع برگشت شعله عبارت است از:

۱) با باز کردن در یا پنجره و قبل از آن آماده کردن یک سر لوله شارژ شده از آب اجازه می دهیم که

برگشت شعله انجام شود.

⁵⁶ Back Draft

۲) این روش بیشتر بین آتش نشان های آمریکایی دیده می شود و آنها ترجیح می دهند از بالاترین قسمت سوراخ یا منفذی برای خروج گازهای داغ و قابل اشتعال ایجاد کنند که این روش به نوبه خود می تواند خطرناک باشد چرا که احتمال سقوط آتش نشانان را به داخل محل حریق به همراه دارد.

۳) با هماهنگی کامل بین فردی که نازل را در دست دارد و فرد کمکی در فواصل زمانی کوتاه اقدام به باز کردن در به اندازه عبور سر نازل و خنک کردن گازهای داغ و بعد بستن در و تکرار این کار را تا زمانی که گازهای قابل اشتعال از بین رفته و دود سفید (بخار آب) جایگزین شود ادامه می دهیم. سرنازل در حالت مه پاش قرار می گیرد و فرد دستور باز کردن در را می دهد سر نازل به صورت مقطع ۵ ثانیه اسپری کرده و دستور بستن در را می دهد و حدود ۱۰ ثانیه صبر کرده تا آب بخار شود و دوباره این کار را تکرار می کنیم.

۲-۹ ساز و کارهای انتقال حرارت^{۵۷} و کاربرد آن در آتش نشانی

انتقال حرارت به چهار روش انجام می شود که دانستن آنها در نجات جان آتش نشان می تواند اهمیت زیادی داشته باشد زیرا با فهمیدن هر مرحله و خصوصیات آن می توان مرحله بعدی را پیش بینی کرد.

۱. رسانایی یا هدایت^{۵۸}

رسانایی بیشتر در فلزات دیده می شود. هر فلزی که از نظر جریان الکتریسیته، هادی بهتری باشد به همان اندازه از نظر هدایت حرارت نیز بهتر می شود: نظیر طلا، نقره و مس که هادی های خوبی هستند. وقتی که یک مولکول گرم شود تمایل دارد گرمای جذب شده را از دست بدهد، چون تمایل ندارد از حالت پایداری خود خارج شود، ناگزیر جنبش مولکولی اش زیاد می شود و در نهایت با مولکول های مجاور برخورد می کند. در حین تصادم مولکولی مقداری از حرارت خود را به مولکول مجاور منتقل می کند و در نتیجه مولکول به مولکول حرارت از یک طرف به طرف دیگر منتقل می شود.

⁵⁷ Heat Transmission

⁵⁸ Conduction

در اطفای حریق ساختمان‌های دارای اسکلت فلزی، باید تمام اطاق‌های مجاور و بالای حریق را پس از اطفاء به خوبی بازرسی نمود، زیرا مشاهده شده است که در بعضی از حریق‌ها انتقال حرارت توسط تیرهای فلزی به سمتی که حرقی در آنجا نبوده انجام شده و موجب آتش‌سوزی شده است.

۲. جابه‌جایی یا همرفتی^{۵۹}

در این روش، انتقال حرارت عامل انتقال گرمای مولکول‌های هوا می‌باشد. این روش بیشتر در مایعات و گازها رخ می‌دهد. مولکول گرم‌تر به بالا حرکت کرده و جای خود را به مولکول‌های سرد می‌دهد این سیکل آنقدر ادامه پیدا می‌کند تا کل فضای آن محیط گرم شود مانند شوفاژ.

در طبیعت نیز حرکت همیشه از سمت گرم‌تر به سمت سردتر می‌باشد و از قسمتی که پر فشار می‌باشد همیشه حرکت به سمت کم فشار است.

با توجه به گسترش سریع حریق در جهت عمودی رو به بالا یک آتش‌نشان باید پس از اطفاء حریق به طبقات بالاتر یک ساختمان بلند رفته و عملیات خود را ادامه دهد و به هیچ وجه آتش‌نشانان و امدادگران مجاز به عبور از حریق و رفتن به طبقات بالاتر نمی‌باشند.

۳. تشعشع^{۶۰}

روشی است که در آن هیچ شی‌مادی حرارت را انتقال نمی‌دهد و حتی در خلاء هم حرارت به راحتی با این روش منتقل می‌شود، مانند نور خورشید. مادون قرمز که از امواج الکترومغناطیس است علت اصل تشعشع

⁵⁹ Convection

⁶⁰ Radiation

حرارتی می‌باشد این شعله در برخی از مواد مانند لباس های تیره، جذب و در برخی از مواد مانند لباس های روشن، منعکس و در برخی از مواد مانند شیشه، رد می‌شود.

قانون مربع معکوس: هر چقدر از منبع حرارتی فاصله بیشتر بگیریم، تشعشع حرارتی به صورت تصاعدی کاسته می‌شود $\frac{1}{x^2}$ (در این فرمول X یعنی مسافت به متر).

با در نظر گرفتن این موضوع، اگر در جایی در حین اطفاء حریق، احساس گرمای زیاد شد یعنی فاصله از منبع حرارتی کم و کمتر شد با توجه به اینکه مادون قرمز در مسیر مستقیم حرکت می‌کند و در برخی از مواد جذب می‌شود می‌توان در پشت مانعی عایق سنگر گرفت و یا اگر مانعی وجود نداشت به پهلوی ایستاد و یا جای خود را برای مدتی با شخص کمک سر لوله عوض نمود در غیر اینصورت عقب نشینی لازم و ضروری است.

❖ تجزیه حرارتی یا پایرولیز^{۶۱}

پایرولیز یک واژه یونانی است *Pyro* به معنی آتش و *Lisis* به معنی تجزیه است. در پایرولیز مواد سوختنی، حرارت دریافت شده منجر به شکستن پیوندهای بین مولکولی می‌شود و آنها را به گاز تبدیل می‌کند که بصورت برخاستن دود سفید از مواد سوختنی قبل از مشتعل شدن آنها کاملاً محسوس می‌باشد و زنگ خطری برای آتش نشان به حساب می‌آید زیرا ماده سوختنی می‌تواند حتی خود آتش نشان باشد و نشان می‌دهد که در چند لحظه آینده پس از شروع پایرولیز آن ماده سوختنی آتش خواهد گرفت.

⁶¹ Pyrolysis

فصل سوم:
هیدروکربن ها و
طبقه بندی آنها

۳-۱ ترکیب شیمیایی هیدروکربن‌ها:

نفت، گاز و میعانات گازی ترکیبات شیمیایی هیدروکربنی هستند که همراه آنها مقادیر بسیار زیادی از اجزای متغیر دیگر (آب شور، ازت، دی‌اکسید کربن، هیدروژن سولفور و رسوبات) وجود دارد. مولکول هیدروکربن‌ها از اتم‌های هیدروژن و کربن تشکیل شده‌اند. میل ترکیبی هیدروژن ۱ و کربن ۴ است، بنابراین یک ترکیب معمولی به واسطه پیوند کووالانسی تشکیل می‌دهد.

هیدروکربن‌ها بر اساس تعداد اتم‌های کربن آنها از C_1 - C_{30} طبقه بندی می‌شوند (بسته به نوع سبک یا سنگین بودن نفت). در شرایط معمولی، تعداد اتم‌های کربن در یک هیدروکربن، حالت جامد / مایع یا گاز بودن جزء را تعیین می‌کند:

- از C_1 - C_4 (متان، اتان، پروپان، بوتان): حالت گازی

- از C_5 - C_{15} : حالت مایع

- از C_{16} به بالا: حالت جامد

از نظر شیمیایی اجزای هیدروکربن‌ها به دو گروه اصلی تقسیم بندی می‌شوند:

- هیدروکربن‌های اشباع

- هیدروکربن‌های غیر اشباع

هیدروکربن‌های اشباع از ۳ زیر گروه تشکیل شده‌اند:

- پارافین‌های طبیعی (زنجیره‌های مستقیم)

- ایزو پارافین‌ها (زنجیره‌های حلقوی)

- نفتن‌ها (زنجیره‌های حلقوی با پیوند یگانه)

هیدروکربن‌های غیر اشباع از ۲ زیر گروه تشکیل شده‌اند:

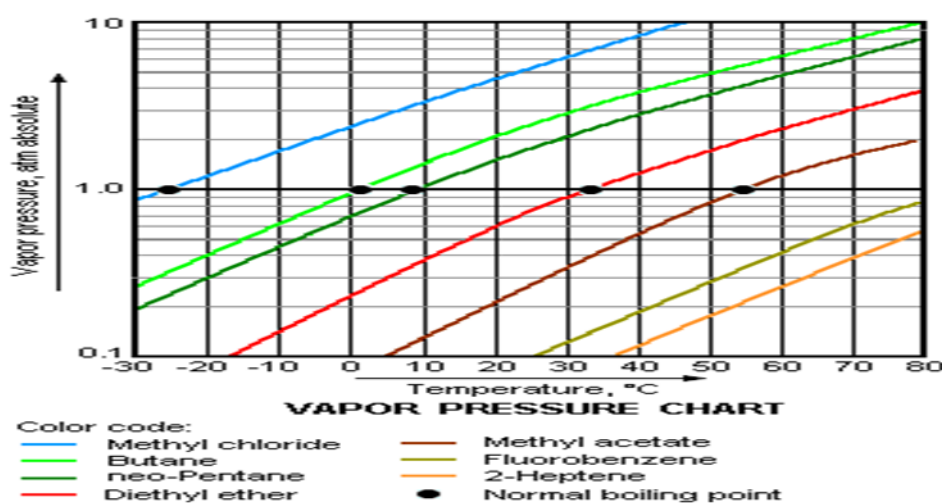
- آروماتیک‌ها (چرخه بنزن با یک پیوند دوگانه دو طرفه)

- گروه الفین‌ها (زنجیره‌های مستقیم یا حلقوی با پیوند دوگانه یا سه گانه)

به غیر از H_2S که بسیار خطرناک است (هم خیلی سمی است هم خورنده)، اجزای دیگر دارای یک اتم کربن در فرمول شیمیایی و همچنین یک گوگرد هستند که عبارتند از (مرکاپتان‌ها، سولفیدها، دی سولفیدها و ترکیبات تئو فیلک)

۲-۳ تعادل گاز و مایع

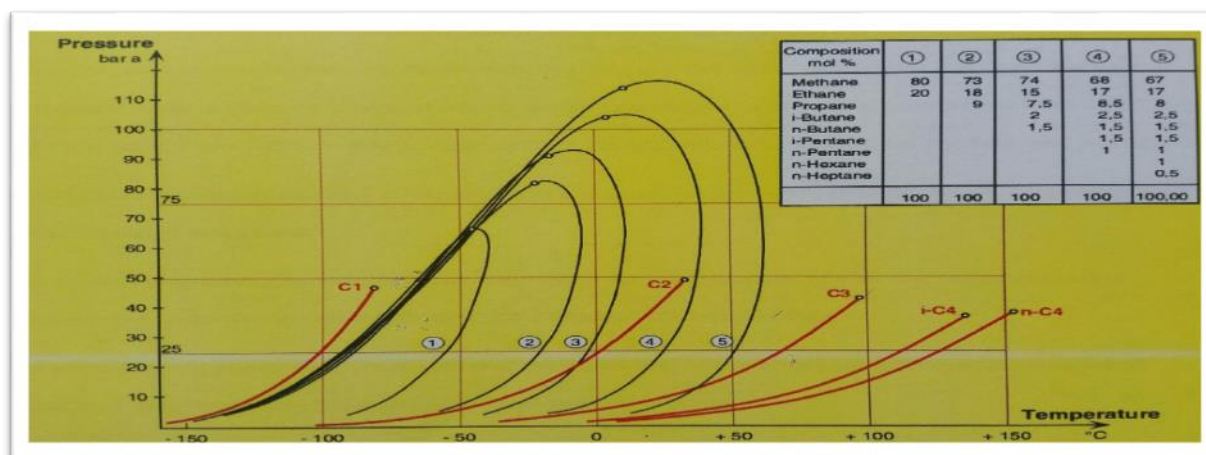
آنچه در نگهداری یا حمل و نقل هیدروکربن‌ها مهم است، پیش بینی رفتار مواد یعنی وضعیت آنها تحت شرایط دما و فشار است، به این معنی که آیا گازها در شرایط دما و فشار اولیه و دما و فشار ثانویه می‌توانند گاز باقی بمانند، به عنوان مثال: قبل از قرار گرفتن گاز در یک خط لوله طولانی می‌بایست مطمئن شویم هیچ آب کندانسی در گاز یا خط لوله وجود نداشته باشد، چون می‌تواند باعث ایجاد هیدرات در خط لوله شود و همین کار را نیز برای خطوط لوله نفت خام برای جلوگیری از ایجاد پارافین‌ها انجام می‌شود. برای این منظور می‌توان صرف نظر از محاسبات پیچیده در مورد مواد خالص، از منحنی فشار بخار و در مورد مخلوط‌ها از نمودار فازی استفاده کرد.



شکل ۶- نمودار فشار بخار

مواد مخلوط شامل هیدروکربن‌هایی است که ترکیبی از گازها (C_1-C_4) و مایعات (C_5+) و مواد جامد بالقوه (نفتی و پارافینی) است. در مورد مخلوط مواد خالص، رفتار این مخلوط را نمی‌توان با یک منحنی نشان داد، به عنوان یک ویژگی هر یک از مولفه‌ها در رفتار مخلوط موثر است. اثر اصلی این است که منحنی فشار بخار را به دو منحنی تقسیم می‌کند: منحنی نقطه حباب و منحنی نقطه شبنم، دو منحنی در نقطه بحرانی به هم

می پیوندند و در بین دو منحنی، پوشش فازی تشکیل می شود. درصد گاز و مایعات، گاز و مایع در تعادل، با دما و فشار متفاوت است. همانطور که در شکل زیر مشخص است، منحنی فشار C_1-C_9 و منحنی پوششی فاز هر مخلوط از (۱ تا ۵) نشان داده می شود:



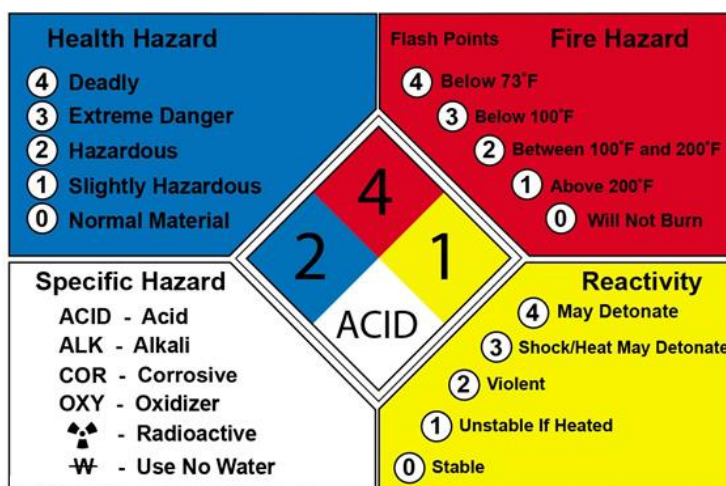
شکل ۷- نمودار فازها با توجه به ترکیب گازها

۳-۳ مواد شیمیایی خطرناک (HAZMAT)

HAZMAT یا Hazardous Material به معنی مواد شیمیایی خطرناک است. مواد شیمیایی خطرناک در پنج گروه (Explosive & Nuclear, Radiological, Biological, CBRNE Chemicals) دسته‌بندی می‌شوند و مطابق تقسیم‌بندی DOT در ۹ کلاس خطر جای می‌گیرند. حادثه ناشی از مواد خطرناک وضعیتی است که در آن مواد زیان آور در محیط رها می‌شوند. این رهاسازی غالباً به صورت مواد شیمیایی، بیولوژیک، رادیولوژی، هسته‌ای و انفجاری است. اینگونه حوادث ممکن است ناشی از خطای بشر، خطای تکنولوژیک یا یک فاجعه طبیعی باشد که شامل پاشش، نشت، انتشار هوایی یا نفوذ مواد در فضای بسته است.



مواد خطرناک، جامدات، مایعات یا گازهایی هستند که می توانند به انسان، ارگانیسم های زنده، اموال و محیط آسیب برسانند. این مواد اغلب تابع مقررات مواد شیمیایی هستند. معمولاً در سراسر دنیا برای مدیریت حوادث مواد خطرناک، تیمی ویژه و تخصصی تشکیل می شود. کالاهای خطرناک اغلب با علامت لوزی شکل ۸ (مطابق با NFPA 704) روی ظروفی که در آن ذخیره می شود نشان داده می شود.



شکل ۸- لوزی خطر NFPA 704

رفع خطرات مربوط به مواد خطرناک ممکن است نیاز به استفاده از اقدامات احتیاطی ایمنی در حین حمل و نقل، استفاده، ذخیره و دفع آنها داشته باشد. اکثر کشورها طبق قوانین، تحت چند معاهده بین المللی قرار می گیرند. افرادی که با کالاهای خطرناک کار می کنند، اغلب تجهیزات حفاظتی می پوشند و در ادارات آتش نشانی شهری اغلب یک تیم واکنش که به طور خاص برای مقابله با حوادث آموزش دیده اند، در نظر می گیرند. افرادی که ممکن است با مواد خطرناک به عنوان بخشی از کار خود در تماس باشند، اغلب تحت نظارت اداره بهداشت قرار می گیرند تا اطمینان حاصل شود که در معرض قرار گرفتن آنها از حد مجاز حرفه ای بالاتر نیست. قوانین و مقررات مربوط به استفاده و کار با مواد خطرناک ممکن است بسته به فعالیت و وضعیت مواد متفاوت باشد. بسیاری از کشورها نیز مقررات حمل و نقل خطرناک کالای خود را برای هماهنگ سازی با سازمان ملل متحد، در سازمان و همچنین در شرایط خاص سازماندهی کرده اند.

۳-۳-۱ طبقه بندی مواد خطرناک

مواد خطرناک را در ۹ گروه اصلی، طبقه بندی می شود:

۱. مواد انفجاری
۲. گازها
۳. مایعات قابل اشتعال
۴. جامدات قابل اشتعال
۵. مواد اکسید کننده
۶. مواد سمی
۷. مواد رادیواکتیو
۸. مواد خوردنده
۹. سایر مواد

برچسب کالاهای خطرناک (مانند نمونه زیر) نشان دهنده کلاس های مختلف کالاهای خطرناک بوده و به هنگام حمل و نقل این کالاها استفاده می شود.



در ادامه گروههای نه گانه مواد خطرناک به طور خلاصه توضیح داده می شود:

۱. گروه مواد انفجاری

مواد منفجره شامل موادی هستند که می توانند انفجار و یا اثرات گرمازا ایجاد نمایند. مواد منفجره شامل ۶

کلاس فرعی به شرح ذیل است:

کلاس ۱-۱:

- ماهیت: انفجاری

- خطرات: انفجار ناگهانی، واکنش شیمیایی و تولید گاز در دمای پایین همراه با فشار و سرعت بالا
- مثال: نیترو گلیسرین، فولمینات جیوه، TNT

کلاس ۱-۲:

- ماهیت: صرفاً انفجاری بر اساس مکانیسم
- خطرات: انفجار ناگهانی، واکنش شیمیایی و تولید گاز در دمای پایین همراه با فشار در مخزن و سرعت بالا به روش پرتاب
- مثال: بمب و نارنجک

کلاس ۱-۳:

- ماهیت: مواد منفجره با آتش سوزی‌های حجیم
- خطرات: آتش سوزی سریع و پرتوسعه و در صورت قرارگیری در ظرف همراه با انفجار
- مثال: باروت و مواد و لوازم آتش بازی

کلاس ۱-۴:

- ماهیت: مواد منفجره بدون خطر انفجار قابل توجه
- خطرات: آتش سوزی و در صورت انباشت تولید حجم بالای انفجار همراه با دود و حرارت بسیار
- مثال: مواد و لوازم آتش بازی

کلاس ۱-۵:

- ماهیت: مواد منفجره با حساسیت انفجاری کم
- خطرات: آتش سوزی و انفجارات خفیف
- مثال: Detapower -Droprietary

کلاس ۱-۶:

- ماهیت: مواد منفجره با حساسیت انفجاری بسیار کم



- خطرات: آتش سوزی و انفجار بسیار خفیف

- مثال: لوازم آتش بازی

۲. گروه گازهای قابل اشتعال

گازها در بخش مواد شیمیایی خطرناک دارای سه کلاس فرعی می باشند.

- گازهای قابل اشتعال

- گازهای غیر قابل اشتعال و غیر سمی

- گازهای سمی

این گازها در کانتینرهای پر ظرفیت به منظور حمل و نقل و کم ظرفیت جهت مصارف مورد بهره برداری

قرار می گیرد.

کلاس ۱-۲:

- ماهیت: گازهای تحت فشار همراه با قابلیت اشتعال بالا می باشد.

- خطرات: انفجار در اثر BLEVE، آتش سوزی، نشت گاز

- مثال: پروپان، بوتان

کلاس ۲-۲:

- ماهیت: گاز غیر قابل اشتعال و غیر سمی، فشرده، خنک کننده، دارای نقطه جوش بیش از منفی

۱۳۰ درجه فارنهایت (منفی ۹۰ سانتیگراد) در فشار 14.7 PSI

- خطرات: سوختن در اثر سرما

- مثال: آمونیاک بی بو، آرگون کریوژنیک، دی اکسید کربن، نیتروژن فشرده شده.

کلاس ۳-۲:

- ماهیت: گازهای سمی که استنشاق آن موجب مرگ و میر و یا صدمات جدی به سلامتی انسان

می گردد.

- خطرات: مصدومیت و مرگ در اثر استنشاق گاز سمی
- مثال: آمونیاک، کلر و...



۳. گروه مایعات قابل اشتعال^{۶۲}



منظور از مایعات قابل اشتعال مخلوطی از مایعات و یا مایعات حاوی جامدات بصورت محلول می باشد که می توانند در تماس با منبع جرقه مشتعل شوند. مانند بنزین، تینر، رنگ ها، لاک ها و حلال های قابل اشتعال. این طبقه از مواد خطرناک به کلاس های

فرعی زیر تقسیم می گردد.

کلاس PGI - مایعات با قابلیت اشتعال زیاد با نقطه جوش اولیه کمتر از ۸۰ درجه سانتی گراد. مثال: دی اتیل اتر، دی سولفید کربن

کلاس PGII - مایعات با قابلیت اشتعال بسیار زیاد با نقطه جوش اولیه بیشتر از ۸۰ درجه سانتی گراد و نقطه فلاش کمتر از ۱۰ درجه سانتی گراد مانند: بنزین، استن

گروه های بسته بندی I و II قبلاً تحت عنوان کلاس فرعی ۰-۲ تقسیم بندی می شدند.

کلاس PGIII - مایعات قابل اشتعال با نقطه فلش ۱۰ تا ۹۲ درجه سانتی گراد مانند: Kerosene، تورپنتن معدنی. این گروه در تقسیم بندی قبلی تحت عنوان کلاس فرعی ۲-۳ نامیده می شدند.

⁶² Flammable Liquids

۴. گروه جامدات قابل اشتعال^{۶۳}

این گروه شامل موادی با پتانسیل احتراق خودبخودی و نیز موادی بوده که در تماس با آب، ایجاد گازهای قابل اشتعال نمایند. همچنین جامداتی (به غیر از مواد منفجره) که فوراً دچار احتراق شده و یا موجب آتش‌سوزی می‌شوند نیز در این گروه، طبقه بندی می‌شوند.



این گروه، شامل ۳ کلاس فرعی می‌باشد:

کلاس ۱-۴ جامدات قابل اشتعال: موادی که به راحتی مشتعل شده و قابل احتراق هستند. مثال: نیتروسولوز، فسفرها، کبریت‌ها و اسیدپیکریک.

کلاس ۲-۴ جامدات با پتانسیل احتراق خودبخودی: مثال: ذغال، پنبه و فسفر سفید.

کلاس ۳-۴ جامدات خطرناک در حالت مرطوب: شامل جامداتی است که در تماس با آب ایجاد گازهای قابل اشتعال می‌کنند. مثال: فسفید آلومینیوم و کاربید کلسیم.

۵. گروه مواد اکسید کننده^{۶۴}

⁶³ Flammable Solids

⁶⁴ Oxidizing Substances



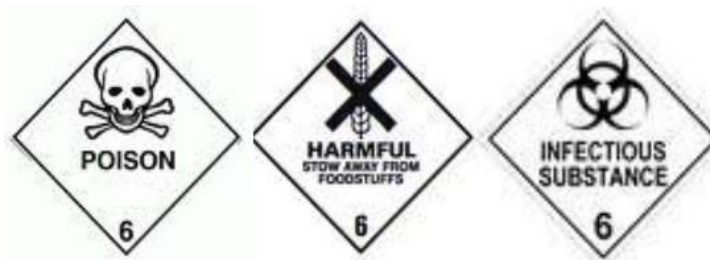
مواد اکسید کننده شامل ۲ کلاس فرعی می باشد:

کلاس ۵-۱ - مواد اکسید کننده (به غیر از پراکسیدهای آلی): مانند پراکسید هیدروژن، هیپوکلریت کلسیم (که در استخرها استفاده می شود) نیتрат آمونیوم و نیترات های آلی.

کلاس ۵-۲ - پراکسیدهای آلی (جامد یا مایع): مانند پراکسید متیل اتیل کتن، بنزوئیل پراکسید، دی بنزول و پراستیک اسید. مواد اکسید کننده به خودی خود لزوماً قابل احتراق نیستند اما ممکن است موجب احتراق سایر مواد شوند. پراکسیدهای آلی دارای ساختاری با اکسیژن دو ظرفیتی می باشند. این مواد از نظر حرارتی موادی ناپایدار بوده و بنابراین ممکن است خودبخود تجزیه شده که گاهی می تواند موجب واکنش های انفجار شده و یا به سرعت بسوزند و یا در مقابل ضربه یا اصطکاک حساس بوده و یا با سایر مواد واکنش های خطرناکی ایجاد نمایند.

۶. گروه مواد سمی و عفونت زا^{۶۵}

این کلاس شامل دو کلاس فرعی مواد سمی و مواد عفونی می باشد، البته گازهای سمی، که قبلاً اشاره شد در این کلاس قرار نمی گیرند.



⁶⁵ Toxic and infectious substances

کلاس ۱-۶ مواد سمی (شامل مایعات و جامدات سمی): شامل موادی هستند که در صورت بلعیده شدن، استنشاق و یا از طریق تماس پوستی، منجر به مرگ و یا صدمات جدی و آسیب شدید به سلامتی انسان می-شوند. مثال: سیانید سدیم ($NaCN$) سیانیدها و ترکیبات آرسنیک.

کلاس ۲-۶ مواد عفونی: موادی هستند که عفونت را شناخته شده و یا ممکن است حاوی عوامل بیماری زا (میکرو ارگانیسم ها شامل باکتری ها، ویروس ها، ریکتزیا، پارازیت ها و قارچ ها) باشند. واکسن ها و نمونه های پاتولوژی مثال هایی از این دست هستند. دستورالعمل نگهداری، نحوه کار و نحوه دفع مواد عفونی باید تابع مقررات بهداشتی و نحوه حمل و نقل این گروه از مواد تابع مقررات حفاظت محیط زیست باشد.

۷. گروه مواد رادیواکتیو^{۶۶}

این گروه، شامل مواد یا ترکیب موادی هستند که دائماً از خود امواج رادیواکتیو ساطع می کنند. به عبارت دقیق تر ماده رادیواکتیو ماده ای است که فعالیت مخصوص آن بزرگتر از 70 kbq/kg باشد. (منظور از فعالیت مخصوص، میزان فعالیت در واحد جرم ماده رادیواکتیو است).

۸. گروه مواد خورنده^{۶۷}

مواد خورنده مواد جامد یا مایعی هستند که می توانند از طریق آثار شیمیایی موجب آسیب بافت های زنده و وسایل و تجهیزات در هنگام تماس با آنها شوند. به عبارت دیگر، مواد خورنده موادی هستند که با اثر شیمیایی موجب آسیب شدید در هنگام تماس با بافت های زنده، وسایل و تجهیزات شده و موجب تخریب سایر مواد می شوند. مثال: هیدروفلوریک اسید، هیدروکسید سدیم و کلر استخرها.

۹. گروه مواد متفرقه^{۶۸}



^{۶۶} Radioactive Substances

^{۶۷} Corrosives

^{۶۸} Miscellaneous



این کلاس خطر مواد متفرقه ای که عمدتاً شدید نبوده و در کلاس های دیگر تقسیم بندی نشده اند را نشان می دهد. مانند مواد مغناطیسی شدید، آئروسل ها، کودهای نیترات آمونیوم و گرانول های پلی استر.

فصل چهارم:
رفتار مواد و فلزات
در برابر حریق

۴-۱ مقدمه

مقاومت یک سازه در برابر حریق مدت زمانی است که سازه یا هر المان سازه‌ای، مقاومت و پایداری کافی را در برابر انتقال حرارت از خود نشان می‌دهد. معمولاً این مقاومت توسط روش‌های تست استاندارد برای هر المان یا مصالح تعیین می‌شود. بنابراین، مجموعه سازه یا هر المان دارای سطحی از مقاومت در برابر حریق است که توسط یک استاندارد (برای مثال استاندارد *ASTM E119*) تعیین می‌شود. این توانایی یک سازه یا المان را جهت مقابله با آتش به صورت مقایسه‌ای با سازه‌ها یا المان‌های دیگر بیان می‌کند. قواعدی در انجام تست برای ارزیابی عملکرد المان‌های سازه‌ای مختلف مانند تیرها، ستون‌ها، دیوارها و سقف‌ها وجود دارد که این المان‌ها عموماً دارای سطح مقاومت حریق حدود ۱ تا ۴ ساعت هستند.

۴-۲ مقاومت سازه‌های فولادی در برابر حریق

فولاد مقاومت بالایی در برابر آتش دارد. فولاد یک ماده غیر قابل اشتعال است که دارای خواص سازه‌ای ویژه‌ای است. خواص مکانیکی این ماده در دمای بالا در بخش بعدی شرح داده شده است. یک سازه فولادی می‌بایست به درستی طراحی و با استفاده از یک سیستم مونتاژ مناسب ساخته شود. آیین‌نامه‌های ساخت و ساز شامل ضوابط پیشنهادی برای تعیین زمان مقاومت در برابر آتش و الزامات مورد نیاز برای شرایط مختلف ساخت و ساز، ارتفاع، ناحیه و تراکم است وجود دارد. در شرایط خاص بسته به سطح خطرپذیری منطقه، میزان تراکم، ارتفاع کم ساختمان‌های ورزشگاه‌ها و پارکینگ‌ها می‌توان از فولاد مقاوم سازی شده در برابر حریق استفاده کرد. جهت مقاوم سازی المان‌های فولادی در برابر حریق می‌توان از اسپری کردن مواد غیرقابل اشتعال، پوشش‌های ضد انفجار، صفحات گچی و پوشاندن یا پر کردن توسط بتن استفاده کرد.

گرمای طولانی مدت، همه مصالح ساختمانی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و همه مصالح در دمای بالا دچار آسیب دیدگی می‌شوند. تغییر شکل اعضای سازه در طول آتش‌سوزی‌های طولانی و گرم می‌تواند به چندین سانتی متر یا چند متر برسد که بیشتر از تغییر شکل‌های الاستیک است که معمولاً در طراحی سازه مورد توجه قرار می‌گیرند. ارتعاش و چرخش محلی المان‌ها نیز می‌تواند در دماهای بالا تجربه شود. حتی در یک سازه بتنی

زمانی که در درجه حرارت بالا قرار می‌گیرد، آرماتورهای آن نسبت به آتش واکنش نشان داده و این موضوع باعث تخریب سازه بتنی می‌شود.

مقاومت حریق اسکلت فلزی از طریق یک یا چند مکانیزم ترمودینامیکی زیر به دست می‌آید:

- هدایت حرارتی کم.
- ظرفیت حرارت ویژه بالا.
- واکنش شیمیایی جذب گرما، مانند تجزیه اندروترمیک یا پیرولیز.
- واکنش فیزیکی جذب گرما، مانند ترشح، تبخیر، ته نشستن یا تخلیه.
- انجماد
- تابش یا انعکاس

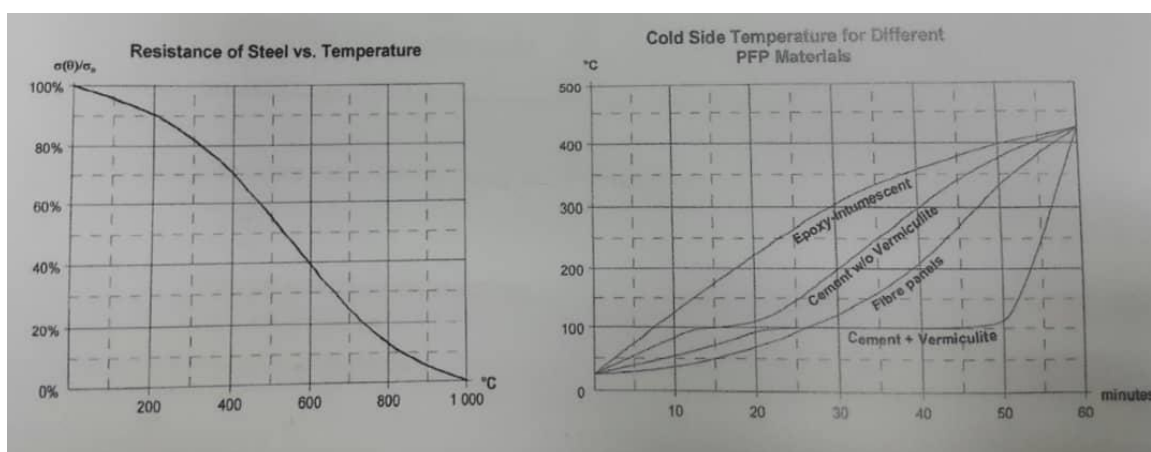
۳-۴ مقاومت سازه‌های بتنی در برابر آتش

بتن به عنوان یکی از مصالح ساختمانی پر مصرف، مقاوم و پایدار در شرایط جوی مختلف استفاده می‌گردد. ولی کاهش مقاومت مکانیکی بتن در اثر افزایش دما از ۶۰۰ درجه سانتی گراد به بالا از معضلات رفتار بتن هنگام آتش‌سوزی می‌باشد. به عبارت دیگر بدلیل تفاوت انبساط و انقباض بین بتن و آهن در هنگام خنک سازی ساختار درگیر حریق، احتمال بروز انفجار در ساختمان‌های بتنی بسیار بالاست و دلیل اصلی نیاز به مقاوم سازی در ساختارهای بتنی این مسئله می‌باشد. در خصوص رفتار بتن در برابر حریق، هیچگونه استانداردی وجود نداشته و تنها رفتار آن بررسی شده است. از عمده عوامل موثر در مقاومت بتن در برابر حریق می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- مقدار سیمان در بتن
- نوع و دانه بندی سنگ دانه‌ها
- نسبت آب به سیمان
- رفتار بتن در آتش

میزان دما و تشعشعی که پس از ۵ دقیقه به سازه می‌رسد برای حریق‌های مختلف متفاوت است. این دما و تشعشع برای آتش سلولوزی 580°C و 50 kw/m^2 ، برای آتش هیدروکربنی 900°C و 160 kw/m^2 و برای آتش فورانی (مایع یا گاز تحت فشار) 1100°C و 325 kw/m^2 می‌باشد.

حداکثر دمای مجاز برای سازه بتنی تقویت شده 450°C ، سازه فولادی 427°C ، خطوط لوله و مخازن 350°C و پمپ‌ها 200°C می‌باشد. شکل ۹ دمای سمت سرد برای مواد حفاظتی مختلف و مقاومت فلز را نشان می‌دهد.



شکل ۹- نمودار دمای سمت سرد برای مواد حفاظتی مختلف و مقاومت فلز

۴-۴ رفتار سازه فلزی در برابر آتش

آتش با افزایش دما باعث تغییر خواص فیزیکی و در نتیجه تخریب سازه‌های فلزی می‌گردد. مطابق بسیاری از استانداردهای بین‌المللی، دمای بحرانی ستون‌ها ۵۳۸ و تیرها ۵۹۸ سانتیگراد می‌باشد. زمان رسیدن به دمای بحرانی برای ستون در منحنی دمای آتش سلولوزی ۲۲ تا ۴۵ دقیقه و این زمان برای منحنی دمای آتش هیدروکربنی بین ۶ تا ۷ دقیقه می‌باشد.

کاهش مقاومت مکانیکی، کششی و افزایش طول، عوامل تغییر شکل و خم شدن اسکلت فلزی می‌باشد و امکان تخریب ساختمان در صورت افزایش زمان آتش سوزی حتمی است. فولاد ساختمانی محافظت نشده دارای نقطه حرارت خمش (خمیدگی) $470-500$ درجه سانتیگراد بوده و حدود نیمی از مقاومت خود را در دمای $550-500$ درجه سانتیگراد از دست می‌دهد، از این رو در مقابل حریق بسیار آسیب‌پذیر است که

عمدتاً نیازمند به مقاوم سازی در مقابل حریق می باشد. طبق جداول ISO و BS 476 فلز آهن در زمان کمتر از ۱۰ دقیقه پس از آتش سوزی به دمای ۴۷۰ درجه می رسد که نقطه خمش فلز آهن می باشد.

۴-۵ حالت های شکست سازه ای

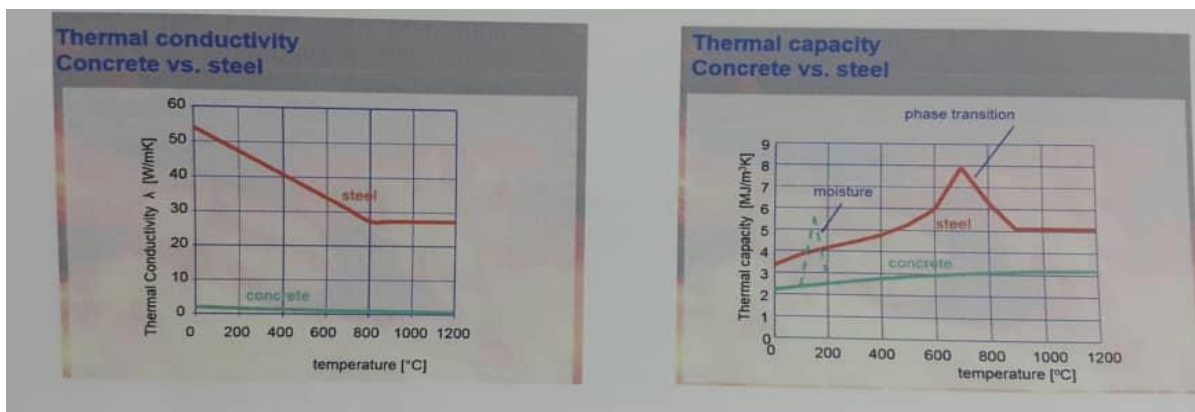
برای فهم بهتر از حالت شکست سازه های فلزی در معرض آتش، بررسی زنجیره رویدادهای احتراق، رفتار حرارتی و مکانیکی، عکس العمل حرارتی، عکس العمل مکانیکی و فروپاشی احتمالی که با احتراق شروع می شوند، ضروری است. شیمی آتش به صورت هرم حریق نمایش داده می شود که شامل اکسیژن، سوخت، حرارت و واکنش های زنجیره ای می باشد.

فرمانده صحنه (OSC) باید قادر به پیش بینی این باشد که یک سازه فلزی بعد از چه مدت زمانی فرو خواهد ریخت. برای پاسخ دادن به این سوال باید یک روش شناسایی را به کار برد. روشی که بر اساس اطلاعات خواص فیزیکی سازه و ارتباط آن با محاسباتی که بر اساس مدل سازی به دست آمده است، استوار می باشد. هدف این مدل آموزش پاسخ گویی به هر شرایطی نیست بلکه به افراد یک درک مناسبی از زنجیره رویدادها را می دهد و یک روش را به آنان معرفی می کند که می تواند برای ارزیابی های بعدی مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۵-۱- واکنش حرارتی

به هنگام بروز حریق، سازه فلزی تحت هر دو کنش مکانیکی و حرارتی قرار می گیرد. کنش های مکانیکی بر اساس بار سنگین و بارهای ادغام شده بر روی سازه در لحظه حادثه شکل می گیرد. کنش های حرارتی به افزایش دمای گاز در بخش آتش بستگی دارد و تحت تاثیر شرایط انتقال گرما در سطح عناصر و اجزاء ساخت قرار می گیرد. یکی از نتایج و پیامدهای کنش های حرارتی، افزایش دما در سازه است که واکنش حرارتی گفته می شود و به صورت بالقوه منجر به کشش حرارتی و افت کیفیت مکانیکی در قسمت های گرم شده ساختمان می شود. با توجه به این وضعیت، کشش حرارتی ممکن است (تا حدی) مهار شود که منجر به فشارهای حرارتی می شود. در ترکیب و تلفیق با کنش های مکانیکی ممکن است تحت این شرایط تغییرات مهمی رخ دهد. (احتمال ویرانی ساختار سازه فلزی یا بخش هایی از آن وجود دارد)

رسانایی گرمایی و حرارتی بیشتر مواد سازه‌های فلزی شدیداً به دما بستگی دارد. این مورد در اشکال زیر برای سازه‌های بتنی و فولادی، نشان داده شده است.

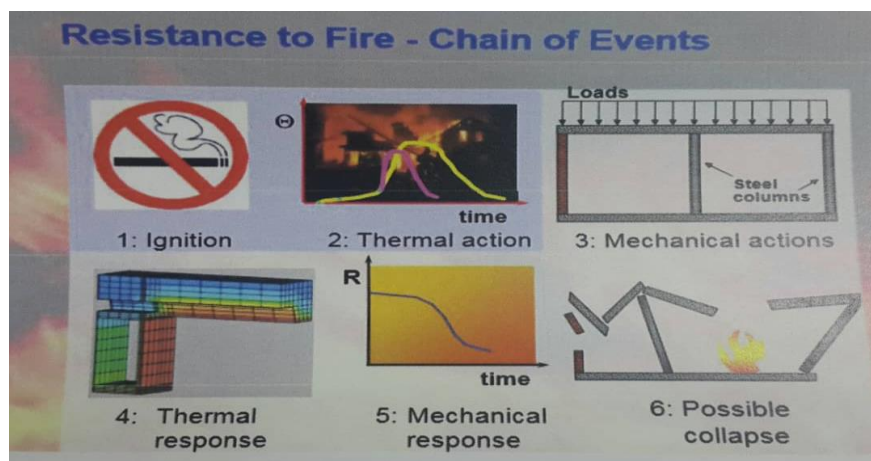


شکل ۱۰- مقایسه هدایت حرارتی و ظرفیت حرارتی بتن با فولاد

این دمای حداکثری در نمودار برای ظرفیت و قدرت حرارتی بتن برای اثر تبخیر رطوبت محاسبه شده است. توجه داشته باشید که رسانایی حرارتی فولاد بیشتر از بتن است. این دلیل توزیع دما در اجزای فولاد محصور در آتش و حریق است که بسیار همگون‌تر از ترکیب اجزا در بخش‌های بتنی است. به منظور ساده سازی اغلب اینگونه فرض می‌شود که توزیع و پراکندگی دما در اجزاء فولادی یکنواخت است.

۴-۵-۲- واکنش مکانیکی

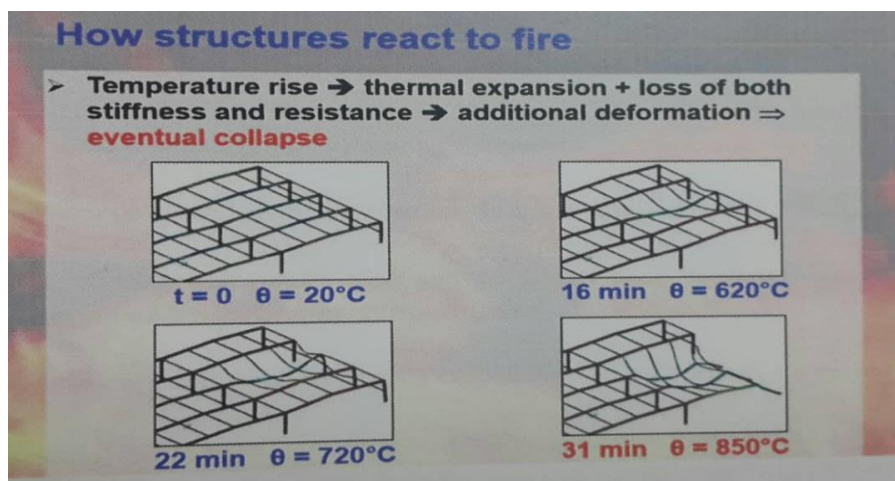
در طول آتش‌سوزی، واکنش مکانیکی سازه می‌تواند به عنوان آخرین مورد میان رویدادهای مختلف که در شکل ۱۱ آمده است مورد توجه قرار گیرد. همچنین یکی از مهمترین اثرات ناشی از آتش‌سوزی بر ساختار فلزی ساختمان هاست.



شکل ۱۱- مقاومت در برابر حریق - زنجیر رویدادها

باید توجه داشت که واکنش مکانیکی سازه در شرایط آتش سوزی به طور مستقیم به چگونگی کنش‌های آن به هنگام حریق بستگی دارد. در مجموع، واکنش یک ساختمان به آتش و حریق است به موارد زیر خلاصه می‌شود:

- افزایش دما که به آن واکنش حرارتی نیز گفته می‌شود- از طریق انتقال گرمای آتش سوزی ایجاد می‌شود.
- زمانی که ساختمان گرم شده است، متناسب با ضریب انتشار و گسترش حرارت، ساختمان از حالت اولیه خود خارج می‌شود (دفرمه می‌شود) که معمولاً آشکار و قطعی است.
- همزمان، افزایش دمای زیاد منجر به سست شدن مواد می‌شود. بنابراین سفتی و استحکام ساختمان از بین می‌رود در نتیجه تغییر شکل بیشتر در سازه رخ می‌دهد.
- در برخی موارد، کم شدن استحکام و محکمی سازه رخ می‌دهد، این امر اهمیت زیادی دارد که سازه توانایی خود در قبال تحمل بارهای بکار رفته و خرابی‌هایی که در نتیجه آن رخ خواهد داد را ندارد.



شکل ۱۲- چگونگی واکنش ساختمان در برابر آتش‌سوزی

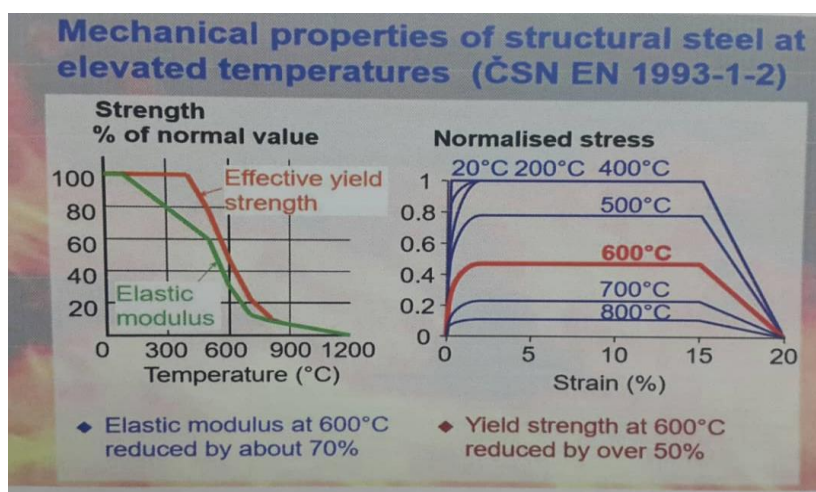
درک کنش‌های کلی ساختمان در برابر حریق آسان است. ولی این امر برای یک مهندس به منظور دانستن دقیق میزان ایمنی آتش بسیار اهمیت دارد تا قادر به پیش‌بینی مسیر درست کنش‌های سازه‌های فلزی باشد. در مهندسی حریق، دو روش اصلی ارزیابی برای سنجش و تخمین واکنش مکانیکی سازه‌ها یا بخش‌های سازه‌ای درون آتش وجود دارد (به عکس مراجعه شود).

- تست‌های حریق همیشه راهی در دسترس است که واکنش مکانیکی سازه یا بخش‌های سازه‌ای را نشان می‌دهد. این امر به مهندسان کمک می‌کند تا عملکرد مکانیکی سازه‌ها یا بخش‌های سازه در برابر آتش را با استفاده از طراحی قوانینی که هدف عمده آن ایجاد تصویر واقعی است را پیش‌بینی کنند.
- ارزیابی واکنش‌های مکانیکی فولاد و سازه‌های فولادی در برابر آتش‌سوزی لازم است تا شناخت خوبی در مورد بخش‌های زیر بدست آید:
- تعیین ظرفیت مکانیکی مناسب و مورد نیاز ساخت قبل از آتش‌سوزی.
- ویژگی‌های مواد در دمای بالا مثل تنش- کرنش، کشش، استحکام، دوام و مقاومت به عنوان تابعی از دما.
- سهل الوصول بودن ابزار تحلیلی مثل قوانین سنجش ساده و محاسبات پیشرفته.

- امکان بررسی نقاط خاص از قبیل جزئیات خاص سازه، مولفه‌های اتصال بخش‌های سازه‌ای مختلف، که به صورت مستقیم در قواعد معمول طراحی حریق محاسبه نمی‌شوند ولی برای اطمینان از ایمنی کافی در برابر حریق بسیار مهم هستند.

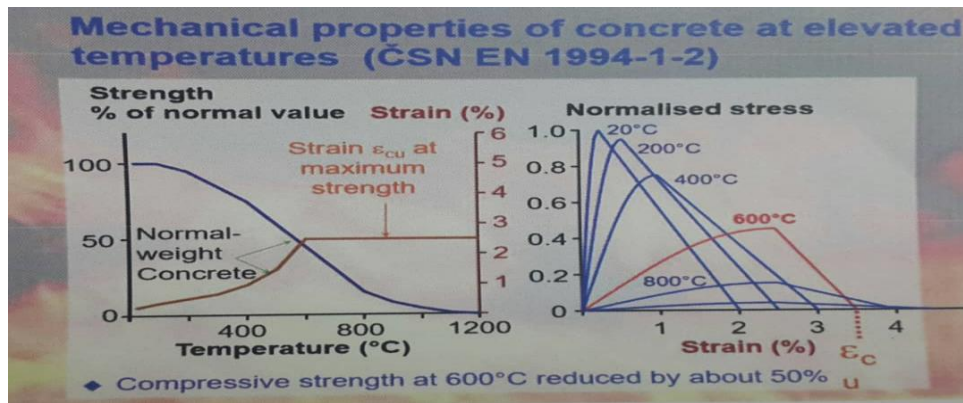
۴-۵-۳- روابط تنش - کرنش فولاد در دماهای بالا

دو ماده اصلی بکار رفته برای فولاد و ترکیب سازه‌ها، فولاد و بتن است. بنابراین اطلاع از ویژگی‌های مکانیکی این مواد، در دمای بالا ضرورت دارد. در خصوص فولاد ساختمانی، استحکام آن به عنوان تابع دما و نیز روابط تنش-کرنش آن در دمای بالا در شکل ۱۳ نشان داده شده است. می‌توان دریافت که فولاد به طرز قابل ملاحظه‌ای از ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد استحکام و سفتی خود را کم‌کم از دست می‌دهد. سفتی و محکمی آن در ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد تا حدود ۷۰ درصد و استحکامش تا ۵۰ درصد کم می‌شود.



شکل ۱۳- روابط تنش - کرنش فولاد در دمای بالا

همچنین، ویژگی‌های مکانیکی بتن در دماهای بالا می‌تواند از شکل ۱۴ تهیه و ارائه شود. با توجه به تاب فشاری بتن در دماهای بالا، به راحتی می‌توان فهمید که به تدریج تا حدود ۵۰ درصد از دمای مرکز ۶۰۰ درجه سانتیگرادی کاهش یافته است. پس کاملاً به فولاد سازه‌ای شبیه هستند.



شکل ۱۴-- خصوصیات مکانیکی بتن در دماهای بالا

بخش دوم:

فرماندهی صحنه

حادثه

فصل پنجم:
مبانی فرماندهی
صحنه

۵-۱ ارکان اصلی مدیریت شرایط اضطراری در صنعت نفت و وظایف آن

(مدیر شرایط اضطراری و فرماندهی صحنه (OSC))

فرمانده صحنه شخصی با تجربه است که علاوه بر داشتن معلومات و تجربه کافی در آتش نشانی و امداد و نجات، شناخت کافی - نسبت به تاسیساتی که قرار است در مواقع اضطرار فرماندهی کنترل آن را عهده دار باشد- را دارد. وی عضو اصلی کمیته شرایط اضطراری می باشد و ضمن هماهنگی با مدیر شرایط اضطراری تصمیمات عملیاتی خود را توسط اعضاء عملیاتی نظیر تیم های آتش نشانی حاضر در عملیات میدانی به اجرا در می آورد. به طور کلی وظایف فرمانده صحنه شامل موارد زیر است:

- بتواند استراتژی ها و تاکتیک مقابله با شرایط اضطراری را تعیین کند.
- طرح های پیشگیری از رخداد شرایط اضطراری را به مدیر شرایط اضطراری پیشنهاد می دهد.
- دستور اتخاذ تاکتیک مناسب مقابله با شرایط اضطراری را به تیم واکنش در شرایط اضطراری می دهد.
- هماهنگ کننده تمامی عملیات های واکنشی همزمان در شرایط اضطراری است .
- هماهنگ کننده، رهبر تیم کنترل حادثه و امداد و نجات می باشد.
- مطمئن می شود تیم واکنش در شرایط اضطراری موثر و به موقع و در محدوده تعیین شده اقدام می نماید.
- گزارشات لحظه به لحظه را به مدیر شرایط اضطراری می دهد.
- مسئولیت و اختیار کلیه عملیات واکنش مقابله در شرایط اضطراری و کنترل تاکتیک و تکنیک مقابله را برعهده دارد.

فرمانده صحنه، اختیار و مسئولیت کامل استراتژی ها و تاکتیک ها را بر عهده دارد. این ساختار را می توان با جزئیات بیشتر به صورت شکل زیر نمایش داد. بر این اساس، مأموریت های اصلی فرماندهی صحنه شامل موارد زیر است:

- تطبیق استراتژی ها و تاکتیک های شرایط اضطراری
- پیشنهاد برنامه های پیشگیرانه برای واحد صنعتی یا مناطق اضطراری

- فرماندهی عملیات تاکتیکی برای مواجهه با شرایط اضطراری
 - سازماندهی عملیات واکنشی که به صورت همزمان در حال اجرا است.
 - اطمینان از عملکرد موثر تیم واکنش در شرایط اضطراری در راستای اهداف
 - سازماندهی و رهبری تیم پزشکی شرایط اضطراری و مدیریت حوادث
- جدول ۱۳-وظایف و اقدامات فرماندهی در یک نگاه

تکلیف (Task)							وظیفه (Duty)
			بررسی و ارزیابی ابعاد و پیامدهای حادثه	تشخیص سطح بندی و نوع حادثه و بررسی سرعت گسترش حادثه	جمع آوری اطلاعات فرآیندی	بررسی محیط پیرامونی حادثه	۱-ارزیابی وضعیت موجود در صحنه حادثه
				اعلام نوع استراتژی به تیم فرماندهی حادثه	بازنگری و در صورت لزوم تغییر نوع استراتژی	انتخاب استراتژی تدافعی به عنوان یک اصل در ابتدای عمل	۲-تعیین استراتژی
			تقسیم مسئولیتها و تفویض اختیار	بکارگیری طرحهای پیش از حادثه (PID)	تعیین اولویت فعالیتهای عملیاتی	تعیین تاکتیک و انتخاب روش کنترل و مدیریت صحنه حادثه	۳-تعیین طرحهای مقابله با حادثه
	تمهید محیط جهت ریکاوری نیروهای انسانی و منابع	تعیین منابع مناسب و تجهیزات موثر در کنترل حادثه	تعیین موقعیت تجهیزات و گروه های عملیاتی	تعیین تعداد جبهه های عملیاتی	جمع آوری و دریافت اطلاعات آماری مورد نیاز از تجهیزات و منابع انسانی	آگاهی و شناخت تجهیزات و منابع موجود	۴-تعیین روش بکارگیری و انتخاب منابع جهت فرمانده حادثه
عملیات امداد و نجات صحنه حادثه	پایش و دریافت بازخورد از تیم های عملیاتی حادثه	ابلاغ فعالیتهای تاکتیکی	انتخاب تیم های عملیاتی مناسب با شرایط	تعیین آمادگاه (Staging)	تعیین پست فرماندهی	ارزیابی وضعیت آمادگی نیروهای تیم مقابله با حادثه	۵-تقسیم کار و هدایت تیم عملیاتی فرماندهی حادثه
					اعلام پایان عملیات	بررسی و تحلیل گزارشها و اطلاعات وضعیت حادثه	۶-اعلام کنترل مهار و پایان عملیات مقابله با حادثه
				برقراری ارتباط با بخش درمانی و اورژانس	برقراری ارتباط با مدیریت شرایط اضطراری	برقراری ارتباطات با مسئولین مرتبط، برقراری ارتباطات لجستیک، ایمنی، برنامه ریزی و عملیاتی	۷-برقراری ارتباطات و هماهنگی لازم
				جمع بندی و نهایی سازی کلیه گزارشهای پس از پایان عملیات	حصول اطمینان از ثبت گزارشهای حین حادثه	جمع آوری و دریافت اطلاعات آماری تجهیزات و منابع انسانی	۸-مستند سازی صحنه حادثه
	بررسی و پیش-پیش-تخلیه اضطراری	تعیین مسیرهای خروج اضطراری	تعیین و اجرای اقدامات کنترلی متناسب با ریسکهای شناسایی شده	شناسایی مخاطرات و ریسک برای عموم شناسایی شده	شناسایی مخاطرات و ریسک برای تیم های عملیات	منطقه بندی (Zoning) نواحی (خطرناک و ایمن)	۹-ارزیابی و کنترل ریسک پویای حادثه

وظایف و ماموریت‌های اصلی مدیر شرایط اضطراری عبارتند از:

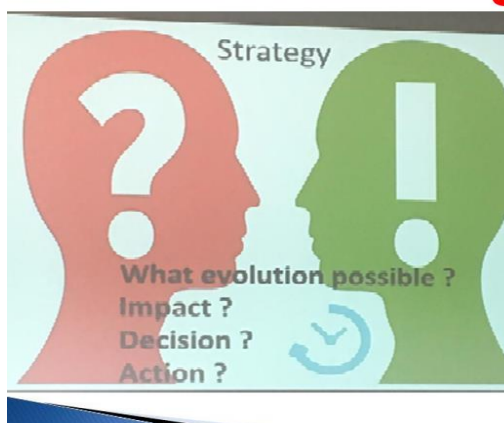
- اطمینان از پایه گذاری یک طرح واکنش در شرایط اضطراری
 - مدیریت واکنش در شرایط اضطراری و فعالیت‌های مرتبط
 - اطمینان از اجرای فعالیت‌های پیشگیرانه
 - اطمینان از اجرای مانورها و تمرینات و مشارکت‌ها
 - اطمینان از اجرا/ عملکرد صحیح ارتباطات/وسایل ارتباط از راه دور
 - ارتباط با رؤسای کلیدی
 - مدیریت جلسات اضطراری
 - هماهنگی با مدیر کمیته مرکزی مدیریت شرایط اضطراری از شرکت بالادستی یا رؤسا در صورت لزوم
 - تصدیق اطلاعاتی که در میان بخش روابط عمومی منتشر می شود.
 - ارتباط نزدیک با فرمانده صحنه برای ارائه آخرین وضعیت عملیات و فرایند عملیات و تنظیم برنامه برای واکنش در شرایط اضطراری
 - پیگیری پیوسته و کنترل فعالیت‌های پشتیبانی مثل خدمات، تامین تجهیزات و نیروی انسانی
 - دریافت گزارش‌هایی مبنی بر نحوه مدیریت و درست کردن موارد شکست بطور پیوسته
 - اطلاع از فعالیت‌های عملیاتی
 - تخمین میزان حداکثر کمک‌های لازمه مدیریت فعالیت‌ها و شرایط اضطراری
- طرح واکنش در شرایط اضطراری، شرح وظیفه هر شخص در هنگام اجرای برنامه‌ی سازماندهی شده در زمان وقوع حوادث را مشخص می‌کند: این طرح ابزاری برای مدیریت حوادث بوده و یک سند بسیار ساده و موثر است که باید برای همه افراد سازمان، شناخته شده باشد. بنابراین، طرح واکنش در شرایط اضطراری، کمک کننده توسعه استراتژی‌ها و اجرا و افزایش آمادگی مواجهه آنی با حوادث خواهد بود. در این طرح، باید موارد زیر به روشنی تشریح شود:
- تعریف منابع لازم مطابق با استراتژی و تاکتیک های ممکن.

- نحوه واگذاری مأموریت‌ها به افراد.
- مشخص نمودن نفرات و منابع.
- مشخص نمودن آموزش‌های مورد نیاز سازمانی.
- تمرینات واقع بینانه به طوری که سازگاری با سناریوها و همچنین بازدهی آموزش‌ها را بررسی کند.
- تعیین نحوه‌ی بروزرسانی اطلاعات موارد فوق

۲-۵ استراتژی و تاکتیک در فرماندهی

استراتژی^{۶۹} یک طرح کلی و روشن برای رسیدن به اهداف است. تعیین اولویت با ایجاد شرایط ایمن برای رسیدن به هدف، با حفظ جان کارکنان، اموال و تجهیزات و پایداری تولید و کاهش خطرات و ضرر و زیان می باشد. تعیین استراتژی بر عهده فرمانده صحنه (OSC) می باشد.

استراتژی مقابله با شرایط اضطراری



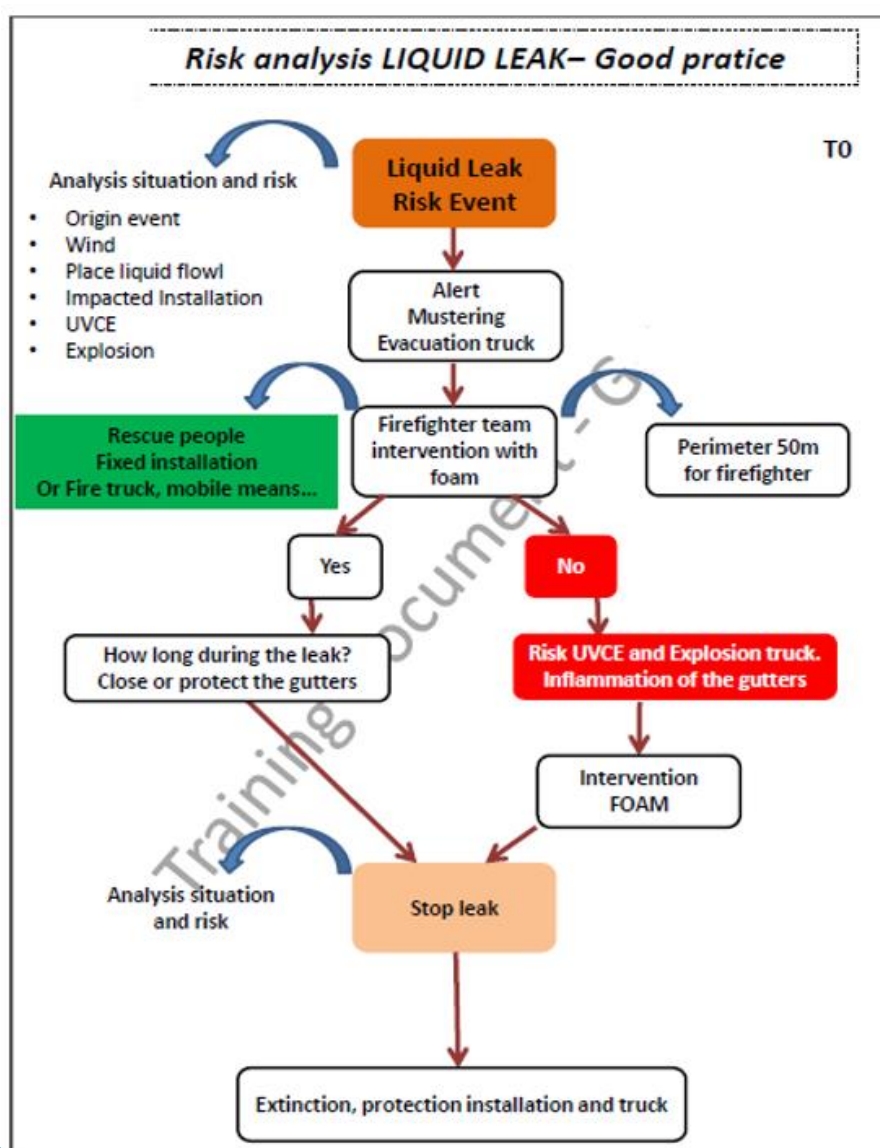
- ▶ تعیین اهداف با توجه به نوع شرایط اضطراری رخ داده
- ▶ اولویت بندی اهداف مشخص شده
- ▶ سازماندهی تیم ها و تجهیزات برای رسیدن به اهداف تعیین شده

تاکتیک^{۷۰} جزئیات تصمیم‌های استراتژیک را در بر می گیرد، شامل نحوه تقسیم وظایف تیم‌های درگیر، ساماندهی خودروها و استفاده از انواع تجهیزات متناسب با حریق برای مقابله با حادثه (روش به کار بردن منابع موجود و مورد نیاز جهت اجرای استراتژی). به طور کلی، تاکتیک‌های مقابله با شرایط اضطراری می تواند شامل موارد زیر باشد:

⁶⁹ Strategy

⁷⁰ Tactical

- چه تجهیزات و موادی به صورت کلی باید استفاده گردد (خودروها، مانیتورها، هایدزنت ها، آب ، پودر، فوم و...)
- دستور به واحدها برای تخلیه افراد و...
- دستور تخلیه محیط از مواد و ادوات خطرزا
- هدایت فاضلاب حاصل از اطفاء حریق به کانال های ایمن و تحت کنترل آتش نشانان
- اطفاء حریق و پشتیبانی های لازم توسط تیم های امدادی



شکل ۱۵- یک نمونه فرم تاکتیکی

تکنیک^{۷۱} در هر حوزه‌ای، کوچک‌ترین واحد یادگیری یک مهارت است، به این معنا که در بحث اطفای حریق مواردی نظیر چگونگی هوز کشیدن، نحوه استفاده از نازل و.. تکنیک محسوب می‌گردد. تکنیک نحوه استفاده صحیح از تجهیزات با توجه به محدودیت‌های تاکتیکی اتخاذ شده (انجام تجربی امور محوله، روش‌های انتقال مصدومین، اطفای حریق و خنک‌سازی محیط و تجهیزاتی که مورد تهدید حریق و رقیق‌سازی گازهای قابل اشتعال و سمی) که توسط آتش‌نشانان انجام می‌شود. به عبارت دیگر، تکنیک‌ها روش‌های اختصاصی آتش‌نشانان جهت امداد یا اطفاء، اقدامات مقابله‌ای با حوادث، تخلیه افراد یا تخلیه محیط از مواد است.



اگر چه تعریف استراتژی به شیوه‌های مختلف بیان و تجزیه و تحلیل می‌شود و برای برنامه‌ریزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما به طور کلی استراتژی به فرایند تعیین مأموریت، مقاصد و هدف‌های اساسی و بلند مدت و پذیرش جریان اقدامات و تخصیص منابع ضروری برای دستیابی به هدف‌های فرمانده صحنه حادثه می‌پردازد. در این رویکرد یک اصل قوی و بدون ابهام وجود دارد و آن تمرکز است، بدین معنی که وقتی یک استراتژی از سوی فرمانده صحنه تعیین می‌گردد و همه افراد به روشنی در جریان جزئیات تعیین این استراتژی قرار می‌گیرند، سیاست‌های همه اعضای مستقر در مرکز فرماندهی حادثه^{۷۲} هم‌راستا شده و هماهنگی ابلاغ دستورات به زیر مجموعه هر یک از اعضا از اتلاف منابع و زمان نیز جلوگیری خواهد کرد. برای اینکه بتوان از منابع سازمان برای کنترل یک حادثه به موثرترین شکل استفاده نمود، به تصمیم‌گیری‌های

^{۷۱} Technical

^{۷۲} Command Post

کوتاه مدت مطابق با وضعیت که تغییر می کند نیاز است که تاکتیک نامیده می شود. (تاکتیک‌ها، استراتژی- های وظیفه‌ای و یا استراتژی های زیرین نیز نامیده می شوند).

استراتژی مفهومی کلان تر، عمیق تر، بلندمدت تر و گسترده تر است. در مقابل، تاکتیک به صورت مقطعی و در افق زمانی کوتاه تر و با دامنه اثر کوچک تر مورد استفاده قرار می گیرد. تصمیم‌های تاکتیکی، جزئیات تصمیمات استراتژیک را در بر می گیرد به عبارتی در زمان فرماندهی حادثه، یک هدف استراتژیک کلان توسط فرمانده صحنه تعریف می گردد و در مقاطع مختلف تاکتیک‌های متفاوتی برای نزدیک شدن به آن هدف اتخاذ می شود. استراتژی طرح جامع و گسترده‌ای است و تاکتیک‌ها راه‌هایی برای اجرای استراتژی هستند. استراتژی در حوادثی نظیر آتش‌سوزی می تواند تهاجمی یا تدافعی باشد. بعد از تعیین استراتژی نحوه آرایش خودروها و نفرات، مسیر هوزکشی و... بعنوان تاکتیک محسوب خواهند شد.

۳-۵ ارزیابی ریسک

ارزیابی ریسک، ابزاری برای پیشگیری از بروز حوادث می باشد. ولی این فرایند محدود به پیشگیری از بروز حوادث نبوده و ابزاری بسیار قدرتمند برای فرماندهی حادثه در جهت کنترل تبعات و حوادث ثانویه در زمان بروز شرایط اضطراری نیز بشمار می رود.



فرایند ارزیابی ریسک روش‌های متنوعی داشته و پیچیدگی های ویژه خود را دارد ولی مطالعه ریسک در مرکز فرماندهی حادثه یک فرایند سریع و کاملاً دینامیک می باشد. بدین صورت که یک حادثه به ویژه در محیط‌های صنعتی دارای اثرات دومینویی بوده و احتمال توسعه حادثه همیشه وجود دارد بر همین اساس فرمانده صحنه حادثه، مشاور ایمنی و سایر افراد درگیر در مرکز فرماندهی حادثه بایستی مخاطرات ناشی از شرایط اضطراری به وقوع پیوسته را پیش بینی کرده و براساس آنها استراتژی های بعدی کنترل حادثه را تعیین کنند. فرآیند ارزیابی ریسک از پدید آمدن حوادث با شدت بالاتر جلوگیری می کند و همچنین ضرورت مهم تر آن در حفظ نیروها و منابع در منطقه حادثه خواهد بود.

اولویت های یک فرمانده صحنه برای ارزیابی مخاطرات با حروف اختصاری PEAR نشان داده می شود. حروف PEAR مخفف کلمات People (انسان)، Environment (محیط زیست)، Asset (تجهیزات) و Reputation (اعتبار سازمان) می باشد. این به این معنا است که در حالت کلی، استراتژی کنترل شرایط اضطراری بر مبنای نجات جان انسان ها می باشد و این مهم بدون شک اولویت شماره یک می باشد. از طرفی اولویت های محیط زیست، تجهیزات و اعتبار سازمانی، ممکن است با توجه به شرایط جابجا شود. لذا تعیین نوع استراتژی بایستی بر مبنای تعیین نوع اولویت شکل گیرد. بدیهی است طرح و اتخاذ این اولویت بندی مبتنی بر راستای خط و مشی سازمان است.

۳-۵ مدیریت منابع



مقابله با شرایط اضطراری نیازمند مدیریت صحیح و دقیق منابع از قبیل کارکنان، تیم ها، تجهیزات و ملزومات کنترل حادثه می باشد که با نظارت مستقیم فرمانده صحنه حادثه هدایت می شوند. مدیریت منابع بایستی انعطاف پذیر و قابل اندازه گیری باشد بدین معنی که با روش های علمی میزان

منابع مورد نیاز یک سازمان برآورد گردیده و با تغییرات احتمالی حادثه از یک فاز به فاز دیگر منطبق باشند. داشتن منابع موثر، نگهداری صحیح و دسترسی به موقع به آنها از مهمترین ابزارهای فرماندهی حادثه می باشد و در صورت عدم نیازسنجی صحیح و در دسترس نبودن به موقع منابع، مقابله با حادثه از طرف بهترین فرماندهان و تیم های مقابله نیز امکان پذیر نخواهد بود.

مدیریت منابع فرایندی معطوف به لحظه وقوع حادثه نبوده و از قبل تا بعد از کنترل حادثه و بازگشت به شرایط عادی ادامه خواهد داشت. شناسایی دقیق منابع مورد نیاز از هدر رفت منابع در بخش خرید و همچنین نگهداری جلوگیری خواهد کرد. شناسایی منابع مورد نیاز هر سازمانی از الگوهای خود پیروی می کند ولی بصورت عمومی می توان از چرخه دمینگ استفاده کرد. چرخه دمینگ یا چرخه PDCA پرکاربردترین متدولوژی جاری سازی یک سیستم بهبود مستمر در یک شرکت یا سازمان می باشد.

حروف PDCA مخفف کلمات Plan (برنامه ریزی)، Do (انجام)، Check (بررسی و نظارت) و Act (اقدام) می باشد. اگر این چهار مرحله بطور سیستماتیک انجام شوند بهبود مستمر در یک سیستم مدیریت منابع حاصل می گردد.



کاربرد PDCA در مدیریت منابع بدین صورت است که فرایند برنامه ریزی شامل شناسایی منابع مورد نیاز بر اساس نوع تهدیدات و آسیب پذیری های حوزه عملیاتی انجام می پذیرد. فرایند انجام شامل استفاده از تمرینات و مانورهای آمادگی شرایط اضطراری و همچنین بررسی منابع تامین شده می باشد. مرحله بررسی، شامل تحلیل کفایت منابع تامین شده و استخراج نواقص آنها می باشد که با گذر از مرحله اقدام، نواقص به دست آمده نیز تامین گردیده و این روند به صورت چرخه ای و مداوم تکرار می گردد.

۴-۵ پشتیبانی (لجستیک)

پشتیبانی (لجستیک)، کلیه فرآیندهای برآورد، تأمین، حمل و نقل، نگهداری و توزیع کالاها، تجهیزات، خدمات و تمامی نیازمندی های آسیب دیدگان و تیم های امدادی می باشد که باید در کمترین زمان ممکن (زمان مناسب) و در مکان های تعیین شده (مکان مناسب) به میزان مورد نیاز (مقدار مناسب) به افراد و تیم های مورد نظر (افراد مشخص) و با روش علمی و دقیق و دارای کمترین مشکلات برای نیازمندان (روش مناسب) به دست آنها برسد.

مدیریت لجستیک بخشی از زنجیره تامین است که طراحی، نحوه اجرا و کنترل بهره وری و ذخیره کالا و جریان های جلو برنده و یا عقب رونده موثر، ارائه سرویس ها و یا اطلاعات مرتبط از محل تولید تا نقطه مصرف

-به طوریکه نیازهای مدیریت شرایط اضطراری را بر آورده سازد- را عهده دار است. زنجیره لجستیک پشتیبانی وضعیت اضطراری شامل موارد زیر می باشد:

۱ - تهیه و تامین منابع (از قبیل آب و فوم جهت عملیات اطفاء حریق)

۲- حمل و نقل (ترابری)

۳- انبارداری

۴ - توزیع و در اختیار قرار دادن منابع جهت استفاده در عملیات کنترل شرایط اضطراری

مسئول لجستیک که در مرکز فرماندهی صحنه حادثه مستقر می باشد می بایست متناسب با دستوراتی که از طرف فرمانده صحنه حادثه دریافت می کند نسبت به تامین منابع مورد نیاز جهت کنترل صحنه اقدام نموده و در اسرع وقت در اختیار تیم های عملیاتی حاضر در صحنه حادثه قرار داده و همچنین در ارتباط با تامین منابع پشتیبان اقدامات سریع را به انجام رساند. همچنین در ارتباط با ایجاد خطوط امدادی هوایی و زمینی و در صورت نیاز دریایی اقدامات لازم را بعمل آورد.



موانع اصلی در پشتیبانی عبارتند از:

- از کار افتادن سیستم های ارتباطی
- صدمه یا فروپاشی تامین انرژی، منابع آب و فوم مورد نیاز جهت اطفاء حریق

مدیریت جریان منابع از محل موجودی به محل مصرف، برای برطرف کردن نیازها در زمان کنترل و فرماندهی حادثه می‌باشد. بعد از برنامه ریزی و تامین منابع مورد نیاز برای کنترل حوادث، مهمترین مساله استفاده از منابع موجود در زمان حادثه است. لجستیک بعنوان یک بخش پر اهمیت در پست فرماندهی حضور داشته و مسئول این بخش تحت امر فرمانده صحنه حادثه بوده و منابع مورد نیاز نظیر ماشین آلات، آمبولانس، ابزار آلات، تاسیسات و... را با توجه به نیازهای صحنه به محل ارسال می‌نماید و همچنین فرایند بسیج منابع را بطور مستقیم ردیابی و به فرمانده صحنه گزارش می‌دهد. مسئول لجستیک وظیفه دارد قبل از حادثه نحوه اجرا، کنترل فرایند اعزام، ارتباطات و هر آنچه در تامین منابع حادثه اهمیت دارد را طراحی و از عملکرد صحیح آن اطمینان حاصل نماید.

فرایند فرماندهی صحنه حادثه با تبیین اهداف و استراتژی توسط فرمانده صحنه شروع شده و سایر اعضا نظیر HSE، ایمنی صحنه، مسئول لجستیک و... بایستی تاکتیک‌های موثر و کارآمد را با توجه به طرح واکنش و پیشینه تمرینات میدانی به کار بگیرند. در این میان ابزارهایی نظیر ارزیابی ریسک و مدیریت منابع و لجستیک در دسترس تمامی افراد حاضر در کمیته فرماندهی مستقر در (CP) Command Post قرار می‌گیرد.



۵-۵ ابزارهای مورد نیاز فرماندهی شرایط اضطراری

در شرایط اضطراری، اثربخشی واکنش، تابع زمان شروع واکنش، منابع در دسترس، کیفیت ارتباطات و تصمیمات و راهکارهای مقابله با شرایط است. قاعدتاً پس از رخداد هر حادثه‌ای، زمانی برای رسیدن گروه واکنش به صحنه و شروع عملیات صرف خواهد شد، لذا واکنش در شرایط اضطراری نیازمند ابزاری برای تسریع در عملیات واکنشی و بهبود ارتباطات و کیفیت تصمیمات است. مهمترین ابزار مدیریت شرایط اضطراری عبارتند از مجموعه ای از کارت‌ها، نمایش گرافیکی موقعیت، تایم اوت، ثبت وقایع، ثبت سرشماری و ERP. در ادامه این ابزارها به تفکیک به طور خلاصه تشریح می شوند:

۵-۵-۱ کارت گزارش فوری حادثه:

اولین شخصی که به مرکز کنترل وارد می شود ، اطلاعات حادثه را در این کارت ثبت می کند. درج اطلاعات موجب جلوگیری از اتلاف وقت برای اطلاع رسانی به سایر افراد می شود. اهم اطلاعات مندرج بر روی این کارت شامل موارد زیر است:

- چه موقع:
 - ☐ از اولین دقایق
 - ☐ تا آخر
- چه کسی:
 - ☐ از اولین نفری که مطلع می شود.
 - ☐ تا شخصی که مسئول مستندسازی است.
- چرا:
 - ☐ برای تبادل بهتر اطلاعات.
 - ☐ دنبال کردن حوادث.

موقعیت اولیه

شماره کارت گزارش فوری

جهت باد

زمان ویرایش

تاریخ:	زمان:	
--------	-------	--

آزیر خطر:	شناسایی:	منطقه:	
(چه کسی؟ چگونه؟)	شواهد درونی شواهد بیرونی	نام	شماره تلفن

محل حادثه کجا (محل جغرافیایی)
تاسیسات (ادارات، مخازن ذخیره، مخازن، پارک)
توضیح (شماره خیابان)

شکل ۱۶- نمونه فرم گزارش فوری حادثه

۵-۲-۵ کارت واکنشی^{۷۳}

کارت واکنشی یا رفلکس کارت، کارتی است که اولین اقدامات مورد نیاز واکنشی برای کسی که به مرکز فرماندهی رسیده است را مشخص می‌کند. محتوای رفلکس کارت اطلاعات کلی در خصوص حادثه شامل موارد زیر است:

- فراخوان اعضای مرکز فرماندهی
- آماده باش به گروه‌های امدادی و واکنشی
- بررسی شرایط آب و هوایی
- بررسی فهرست منابع و دستور آماده سازی آنها
- جمع‌آوری اطلاعات از قبیل اندازه نشتی
- اعزام گروه واکنش به صحنه حادثه
- تعریف مناطق خطر
- ارزیابی نیاز به $EER^{۷۴}$

^{۷۳} Reflex card

- راه اندازی سیستم های طراحی شده برای ERP

اطلاعات اولیه در خصوص حادثه توسط اولین شخصی که به مرکز فرماندهی وارد می شود جمع آوری و نوشته می شود. این کار از اتلاف وقت و ایجاد سردرگمی نزد سایرین جلوگیری می نماید. سایر اشخاص نیز در صورت نیاز اطلاعات مندرج در کارت را تکمیل می نمایند.

۵-۳-۵ کارت ماموریت^{۷۵}

کارتی است که ریز وظایف هر یک از اعضای مرکز فرماندهی در سناریوهای مختلف در آن نوشته شده است. این کارت برای جلوگیری از فراموشی موارد مهم و تداخل وظایف در مرکز فرماندهی به کار برده می شود.

۵-۴-۵ کارت راهنما^{۷۶}

کارت راهنما چک لیست اقداماتی است که باید برای یک سناریو خاص انجام شود. می توان کارت ماموریت و کارت راهنما را در دو روی یک برگه تهیه کرد.

شرایط حادثه		اقدامات اولیه		زمان اقدام
آتش	با سوخت بدون سوخت	اجراییات		
		ادوات، تجهیزات و متعلقات		
		حفاظت توسط آب		
تصادف				
نشت				
انفجار		تعداد	حوادث برای نفرات	
گسترش				مرگ
از دست رفتن کنترل اوضاع				جراحت، مسمومیت
واقعه (نوع)				مفقودین
.....		پیشرفت		
زمان:	آژیر IOP	زمان:	سیستم هشدار	
		زمان:	آژیر خطر	
دستورالعمل های اولیه برای فرد خبر دهنده				
از ریسک های موجود آگاه باشید		مراقب خودتان باشید / لوازم استحفاظ فردی بپوشید / در محل های سرپوشیده بمانید / به محل امن بروید		
دستورالعمل ها		Shut down اضطراری بزنید / DCI را اجرا کنید / موتور ها را خاموش کنید		
فعالیت های صورت گرفته		چه کار کرده اید؟		

شکل ۱۷- نمونه کارت راهنما

⁷⁴ Evacuation Escape Rescue

⁷⁵ Mission card

⁷⁶ Guideline card

۵-۵-۵ کارت اطلاعات اولیه^{۷۷} (ISC)

در زمان رخداد حادثه دقت اطلاعات بسیار حائز اهمیت است. سه سوال اصلی که باید توسط فرمانده صحنه حادثه پس از رسیدن به مرکز فرماندهی مطرح شود آن است که حادثه چگونه، کجا و چرا رخ داده است. پاسخ به این سوالات می‌تواند استراتژی، تاکتیک و منابع مورد نیاز را مشخص کند.

وقتی اپراتور متوجه حادثه شد باید کلیه اطلاعات مورد نیاز را جمع‌آوری و مکتوب نماید. جمع‌آوری و ثبت اطلاعات توسط اپراتور بایستی دارای یک الگوی خاص باشد که اطلاعات مهم از قلم نیافتد. در بسیاری از مراکز کنترل، از کارت اطلاعات اولیه حادثه استفاده می‌شود. کارت اطلاعات اولیه حادثه یکی از ابزارهای واکنش در شرایط اضطراری برای به اشتراک گذاری اطلاعات است. اطلاعات تماس گیرنده، محل حادثه، نوع حادثه، و وضعیت آسیب دیده‌ها از کسی که وقوع حادثه را اطلاع می‌دهد پرسیده و در این کارت ثبت می‌شود. شکل زیر یک نوع کارت اطلاعات اولیه حادثه را نشان می‌دهد:

Card no:	Initial situation		wind direction :	
Edit time:				
Date :		Time (TO) :		
Alert (Who, how?)	☐ Detection	Area:		
	☐ Internal witness	Names:	Phone no:	
	☐ External witness			
Event location :		where? :		
		(geographical place)		
		facility:		
		(offices, tank, containment, park...)		
		Description :		
		(street number...)		

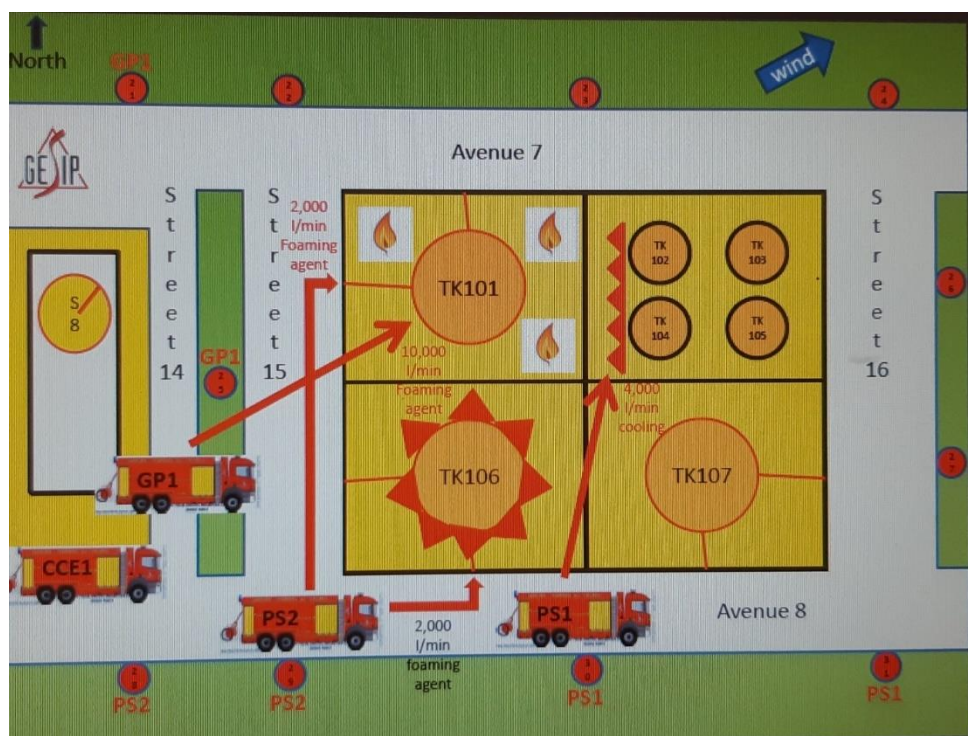
شکل ۱۸- کارت ثبت اطلاعات اولیه حوادث

۵-۵-۶ نمایش گرافیکی موقعیت یا SITAC

برای تصمیم‌گیری صحیح در مورد حادثه لازم است تصویر و درک مناسبی از موقعیت وجود داشته باشد. نمایش تصویری موقعیت می‌تواند به درک حادثه، ریسک‌های آن و طراحی تاکتیک‌ها کمک کند. یکی از افراد حاضر در مرکز فرماندهی حادثه مسئول تهیه نمایش تصویری می‌باشد. این کار معمولاً توسط مشاور HSE یا مسئول عملیات یا مسئول لجستیک انجام می‌شود.

⁷⁷ Initial situation card

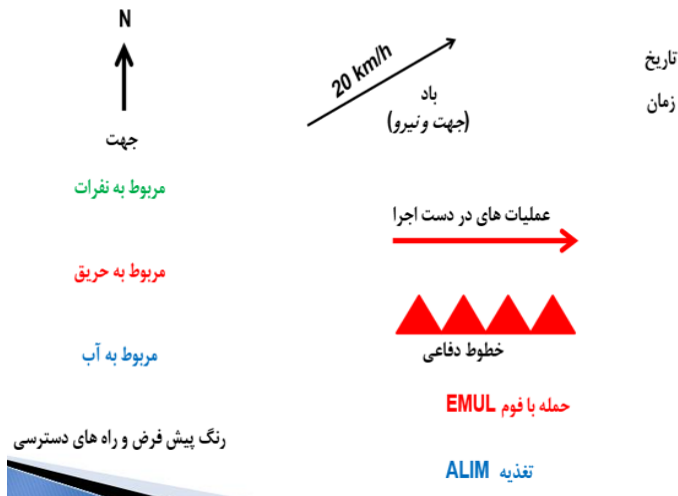
برای ترسیم SITAC بایستی نقشه محل را کامل ترسیم و اطلاعات مربوط به محل استقرار افراد، تجهیزات و سیستم های مجاور، و حتی اقلامی که ممکن است روی عملیات یا روی گسترش حریق و حادثه اثرگذار باشند همچنین جهت باد غالب و جهت جریان و محل های کاری که دارای پروانه کار می باشند و محل افراد مصدوم و فوتی باقیمانده در صحنه را مشخص کرد.



شکل ۱۹- سناریوی از پیش تعیین شده برای آتش سوزی مخازن با توجه به جهت باد غالب

حتی یک اشتباه کوچک در انتقال اطلاعات صحنه بین گروه های عملیاتی و مرکز فرماندهی در رسم SITAC ممکن است منجر به درک نادرست از صحنه حادثه و در نتیجه اتخاذ تصمیمات اشتباه شود بخصوص که این اشتباه در مورد اطلاعات مهم نظیر جهت باد باشد. به منظور سادگی و در عین حال روشن بودن SITAC از مجموعه ای از قراردادهای استفاده می شود. این قراردادهای شامل کدهای رنگی و نشانه های خاص است.

SITACK (سند تصویری)

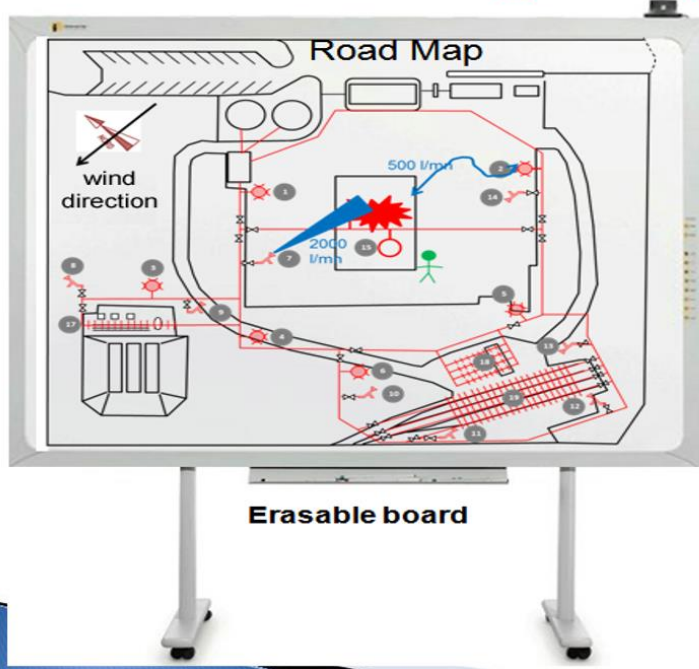


SITAC

ویژگی ها:

- چه موقع؟
 - از اولین دقایق
 - تا آخر؟
- چه کسی
 - یک شخص خاص
- چرا؟
 - برای تبادل اطلاعات
 - نشان دادن فعالیت ها و حوادث
 - برای پیش بینی کردن
 - پایه گذاری یک استراتژی ماهرانه

برنامه مکانی



کد رنگ

مربوط به نفرات

مربوط به آب

مربوط به حریق یا نشت

مربوط به خطرات خاص (مثل منابع پرتو های یونساز)

میزان پیشرفت/پیش داده ها

شکل ۲۰- مشخصات SITAC

۵-۵-۷ تایم اوت (Time Out)

زمان مشخص شده جهت تبادل اطلاعات بین اعضاء کمیته از روند حادثه و استراتژی مقابله با حادثه در موقع نیاز را تایم اوت می گویند. پیشنهاد اجرای تایم اوت، حسب ضرورت انتقال اطلاعات در اختیار تمام اعضاء می باشد، اما فرمانده صحنه بایستی به صورت مستمر آخرین اطلاعات را در اختیار سایرین قرار دهد. تایم اوت یک ابزار مدیریتی بسیار موثر برای فرماندهی صحنه است که در آن اطلاعات فرمانده به اشتراک گذاشته می شود، پیش بینی تغییرات، استراتژی و تاکتیک ها تعریف و مشخص می شود و اقدامات هر یک از اعضای گروه تعیین و برنامه ریزی می شود. فرمانده همه اعضای مرکز فرماندهی را فرا می خواند و پس از تبیین موقعیت، ریسک های آن، اهداف، استراتژی و تاکتیک ها را اجرا می نماید. به طور کلی ترتیب اقدامات فرمانده در صحنه و زمان گرفتن تایم اوت می تواند به ترتیب زیر باشد:

- رسیدن به موقعیت و جمع آوری اطلاعات
- گرفتن اولین *Time out* توسط فرمانده جهت ارایه وضعیت موجود
- فرمانده موقعیت را آنالیز کرده و ریسک ها را ارزیابی می کند
- یک تصویر ذهنی از موقعیت حادثه برای خود و دیگران ایجاد می کند
- آنالیز ریسک های موجود را با سایر اعضاء به طور پیوسته بررسی می کند
- تعیین استراتژی حادثه/ هماهنگی برای استقرار تاکتیک های مناسب/ نظارت
- کنترل تکنیک کنترل حادثه با جمع آوری اطلاعات میدانی
- گرفتن *Time out* منظم
- با ترسیم *SITAC* اطلاعات و استراتژی را با سایرین به اشتراک می گذارد

فرمانده صحنه حادثه در اولین تایم اوت بایستی استراتژی، اهداف، تاکتیک ها و گسترش احتمالی حادثه را مشخص نماید. در تایم اوت های بعدی در صورت تغییر در استراتژی، اهداف، تاکتیک ها، یا ریسک های حادثه لازم است به آنها پرداخته شود. در غیر این صورت تنها اطلاعات جدید مرور شده و وظایف جدید هر یک از اعضای گروه فرماندهی حادثه مشخص خواهد شد. در صورت حضور اعضای مرکز فرماندهی و تعیین وظایف، به

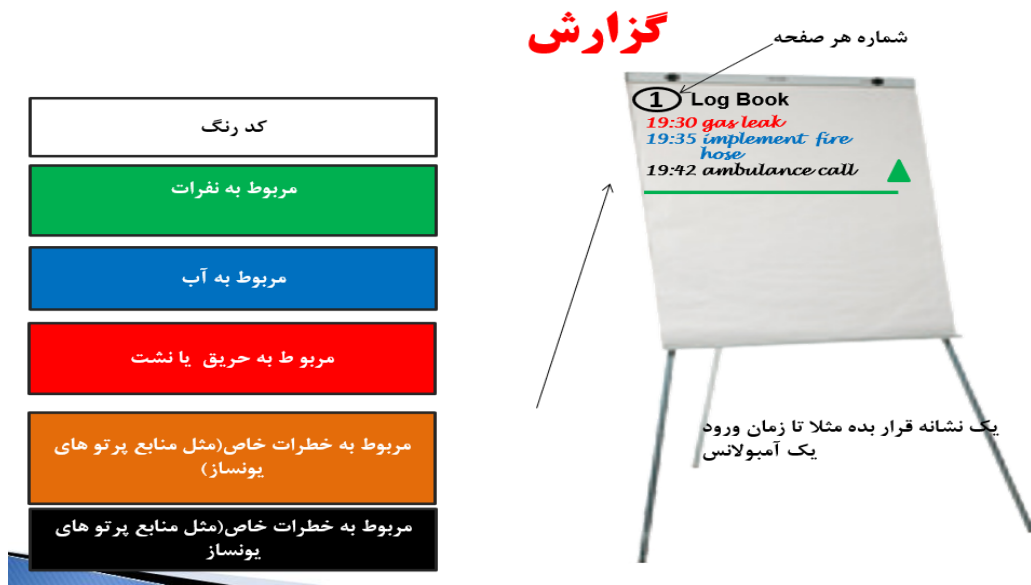
محض اینکه اطلاعات اولیه جمع‌آوری شد بایستی اولین تایم اوت گرفته شود. پس از آن در بازه های زمانی ۱۵ تا ۲۰ دقیقه یا پس از هر تغییر چشمگیر شرایط که باعث بازنگری در استراتژی یا تاکتیک شود بایستی یک تایم اوت گرفته شود. معمولاً هر تایم اوت بین ۱ تا چند دقیقه طول می‌کشد.

برای آنکه تایم اوت اثربخش باشد فرمانده صحنه باید روبروی افراد قرار گیرد شرایط را تشریح کند، پیش‌بینی وضعیت آینده را ارائه کند و ریسک‌های جاری و پیش‌رو، استراتژی و اقدامات مورد نیاز را شرح دهد. رعایت سکوت در زمان تایم اوت به منظور درک شرایط ضروری می باشد. مدت زمان تایم اوت نباید از چند دقیقه بیشتر باشد و از بحث و تبادل نظر بایستی اجتناب نمود.

چنانچه از سوی فرمانده صحنه در زمان تایم اوت اشتباهی رخ دهد اعضای مرکز فرماندهی بایستی با ارائه یادداشت نسبت به تصحیح خطا اقدام نمایند و نباید به هیچ وجه نسبت به قطع کلام فرمانده اقدام نمایند. تماس‌های غیر ضروری از سوی خارج از مرکز در زمان تایم اوت بایستی تا خاتمه تایم اوت قطع شود. در زمان تایم اوت بایستی سکوت رادیویی برقرار باشد.

۵-۵-۸ ثبت وقایع (Log Keeping)

ثبت وقایع در واقع یک ابزار به اشتراک گذاری اطلاعات است. معمولاً سیر تحولات در حوادث و مرکز فرماندهی بسیار سریع است و ممکن است در خلال فرماندهی بنا به دلایلی، ترکیب اعضای مرکز فرماندهی تغییر یابد. در این موارد لازم است افراد جدید در جریان تحولات قبل قرار گیرند. به این منظور از ثبت وقایع روی برگه‌های بزرگ کاغذ و چسباندن آنها در معرض دید اعضای مرکز فرماندهی استفاده می شود. کسی که این مسئولیت را برعهده می‌گیرد ثبت کننده وقایع می‌گویند. بهتر است برای ثبت وقایع از Flip Chart استفاده شود که از قبل برگه‌های آن شماره خورده و دارای خط‌کشی باشد.



شکل ۲۱- ثبت وقایع

۵-۵-۹ ثبت سرشماری (P.O.B: People On Board)

در مرکز فرماندهی برای جمع اطلاعات افراد و جلوگیری از اشتباهات احتمالی، یک نفر مسئول سرشماری می باشد که می تواند روی تابلویی اطلاعات جمع آوری شده را نمایش دهد. تابلوی سرشماری افراد می تواند مشابه شکل زیر و در ابعادی باشد که برای اعضاء مرکز فرماندهی به راحتی قابل خواندن باشد.

P.O.B – Complexe ALPHA				
	Resemble général		Humber des manquants	Noms / Remarques
	Numbers attende	Numbers actuel		
Muster point A				
Muster point B				
Muster point C				
Total				

شکل ۲۲- تابلوی سرشماری افراد

با توجه به اینکه حفظ و نجات جان افراد اولویت اول تمام سازمان ها می باشد، لذا پس از وقوع هر نوع شرایط اضطراری پس از صدور فرمان *Mustering* در *Muster Station* فرد مسئول حاضر در نقطه تجمع نسبت به

سرشماری نفرات حاضر و اعلام نتیجه به اتاق فرماندهی اقدام می نماید. در صورت مغایرت نفرات حاضر با آمار پیش از حادثه، فرمانده حادثه نسبت به اعلام فرمان جستجو تا زمان مشخص شدن وضعیت نفرات مفقود شده اقدام می نماید. آمار نفرات مجروح و یا فوت شده جهت اقدامات بعدی در اختیار اتاق فرماندهی قرار داده می شود. تا زمان مقرر که از سوی مدیر شرایط اضطراری مشخص می شود از اطلاع رسانی عمومی در خصوص تعداد و اسامی مفقودین، مجروحین و فوت شوندگان بایستی خودداری کرد.

۵-۶ عوامل مهم در اثربخشی فرماندهی

الف- سکوت

رعایت سکوت در مرکز فرماندهی موجب تمرکز افراد در تصمیم گیری ها می شود و از طرفی ایجاد سر و صدا توأم با استرس موجب درک نادرست اطلاعات می شود. افراد حاضر در مرکز فرماندهی بایستی نسبت به بی صدا کردن تلفن های دستی و بی سیم های خود اقدام نمایند. بهتر است ارتباطات ضروری از طریق پیامک مبادله گردد. بی سیم مرکز اتاق کنترل بایستی توسط یک نفر کنترل شده و پیام های ضروری را در اختیار اعضا قرار دهد.

ب- صلاحیت حرفه ای

در موضوع صلاحیت^{۷۸} سه اصل دانش، مهارت و توانایی (KSA^{۷۹}) بسیار مهم است. به دلیل اینکه سازمان در خصوص کنترل و مدیریت شرایط اضطراری مسئولیت و تصمیم گیری را در اختیار فرماندهی صحنه قرار داده است، لذا افراد بایستی از توانایی های اشاره شده در فوق برخوردار بوده و به صورت مستمر در دوره های آموزشی مرتبط شرکت نمایند.

پ- اطلاع رسانی در خصوص تغییرات فنی در سیستم ها

از آنجا که هر نوع تغییر در سیستم و تجهیزات می تواند با ایجاد شرایط اضطراری مرتبط باشد، لذا پیش و پس از انجام تغییرات، اطلاعات لازم بایستی در اختیار اعضا اتاق فرماندهی قرار داده شود.

⁷⁸ Competency

⁷⁹ Knowledge, Skill, Ability

۵-۷ ارتباطات در شرایط اضطراری

ارتباطات مرکز فرماندهی در شرایط اضطراری عبارتند از:

ارتباطات عملیاتی

- ارتباط با مرکز مدیریت شرایط اضطراری (از طریق OSC و مشاور HSE)
- ارتباط با گروه‌های عملیاتی (از طریق مدیر بهره‌برداری و مشاور HSE)

ارتباطات عمومی: این نوع ارتباطات از طریق رئیس/ نماینده روابط عمومی و با هماهنگی مدیر شرایط

اضطراری انجام می‌گیرد و شامل موارد زیر است:

- ارتباط با مراجع قانونی
- ارتباط با مشتریان و تامین کنندگان
- ارتباط با کارکنان
- ارتباط با رسانه‌ها
- ارتباط با مردم

ارتباطات به چند طریق می‌تواند صورت گیرد:

- کلامی (رودررو، و یا از طریق وسایل ارتباطی)
- از طریق ابزار نوشتاری (نظیر کاغذ یا پیامک)
- از طریق کدها و علائم

در هر یک از موارد فوق، قواعدی وجود دارد که باید رعایت شود. همیشه دریافت یک پیام را باید اطلاع رسانی کرد. بهتر است اعضای مرکز فرماندهی، بلافاصله پس از ورود به مرکز فرماندهی، تلفن همراه خود را خاموش کنند یا تلفن‌های همراه خود را در اختیار یک نفر قرار دهند که تماس‌ها را مدیریت نماید. در مرکز فرماندهی، فرمانده باید در جریان تمام امور اثرگذار بر شرایط یا تغییرات شرایط قرار گیرد یعنی تمام اخباری که به HSE و گروه عملیات اطلاع داده می‌شود باید به فرمانده حادثه اطلاع داده شود.

از ذکر نام قربانیان حادثه در ارتباطات رادیویی که براحتی می‌تواند توسط افراد دیگر شنید شود باید خودداری کرد. اما در صورت کسب اطمینان از سلامت کسی که قبلاً مفقود بوده است یا از سرنوشت او خبری در دست نبوده می‌توان برای اطلاع رسانی نام او را اعلام نمود.

۵-۷-۱ ارتباطات خارجی

منظور از ارتباط خارجی، ارتباطاتی است که خارج از ساختار مدیریت شرایط اضطراری وجود دارد. یعنی ارتباط با کسانی که نقشی در ساختار اصلی مدیریت ندارند. مثلاً ارتباط با گروه های امدادی خارج از سازمان نظیر هلال احمر، یا رسانه‌ها.

ارتباط خارجی اگر تحت کنترل نباشد می‌تواند باعث عدم تمرکز گروه و حتی ایجاد ناهماهنگی درون گروه واکنشی شود. عمده ارتباطات خارجی که گروه شرایط اضطراری در مرکز فرماندهی (CP) دارند ارتباط با مراجع قانونی، ارتباط با مشتریان و تامین کنندگان، ارتباط با کارکنان، ارتباط با رسانه ها و ارتباط با مردم است که اغلب به دلیل نیاز طرف خارجی از سمت بیرون برقرار می‌شود و لازم است به گونه‌ای مدیریت شود.

۵-۷-۲ ارتباطات داخلی

الف- ارتباط مرکز فرماندهی با مرکز مدیریت شرایط اضطراری

ارتباط مرکز فرماندهی با مرکز مدیریت شرایط اضطراری اغلب از طریق فرمانده صحنه انجام می‌شود. بهترین زمان برای تماس با مدیر شرایط اضطراری دقیقاً بعد از تایم اوت‌ها است که اطلاعات جدید جمع آوری شده و تصمیمات لازم برای اجرا گرفته شده است و می‌توان آخرین تصمیمات را به مدیر شرایط اضطراری اطلاع داد. دفعات برقراری ارتباط با مدیر شرایط اضطراری نباید آنقدر زیاد باشد که مانع کار فرماندهی حادثه شود و از طرفی نباید آنقدر کم باشد که باعث ایجاد نگرانی در مدیریت شرایط اضطراری و نیاز او به تماس با فرمانده شود. باید با تنظیم صحیح فواصل بین ارتباطات و ارائه اطلاعات کامل و صحیح از صحنه به مدیر شرایط اضطراری این حس را به وجود آورد که در جریان تمام مسائل است.

ب- ارتباط مرکز فرماندهی با گروه‌های عملیاتی در صحنه حادثه

ارتباط مرکز فرماندهی حادثه با گروه‌های عملیاتی در صحنه بایستی توسط کانال ارتباطی مجزا از ارتباطات خارجی و ارتباط با هسته مدیریت انجام شود.

ارتباطات تیم‌های عملیاتی

- موثر و بهره‌ور
- مفید و قابل استفاده
- ساده و آسان
- تابع قوانین و مقررات

این ارتباط می‌تواند توسط هر یک از نقش‌های مرکز فرماندهی انجام شود اما بهتر است ارتباط با گروه آتش نشانی از طریق مشاور HSE و با گروه عملیاتی از طریق مدیر بهره‌برداری انجام شود. جهت هماهنگی بهتر می‌تواند تمام ارتباطات با گروه‌های عملیاتی از طریق یک نفر انجام گیرد.

ارتباطات تیم‌های عملیاتی: الگو و ساختار یک پیام



۵-۸ تدوین سناریو، برنامه ریزی و اجرای مانور

تعریف سناریو: نگاهی ساده به موقعیت‌هایی که یک دولت، سازمان یا شرکت در آینده با آنها روبرو می‌شود.

انواع سناریو: می‌توان پنج نوع سناریوی متمایز را شناسایی کرد:

۱. سناریوی بدون شگفتی
۲. سناریوی خوش بینانه
۳. سناریوی بدبینانه
۴. سناریوی فاجعه
۵. سناریوی معجزه

برنامه ریزی و اجرای مانور با اهداف زیر انجام می شود:

- ۱- تمرین واکنش در شرایط اضطراری برای کسب آمادگی بیشتر برای مواجهه با شرایط اضطراری واقعی
- ۲- سنجش میزان تناسب و کفایت برنامه های تدوین شده برای مقابله با شرایط اضطراری
- ۳- ارزیابی میزان آمادگی افراد و تجهیزات سازماندهی شده برای واکنش در شرایط اضطراری

مراحل تدوین سناریو، برنامه ریزی و اجرای مانور:

- ۱- پیش بینی و در نظر گرفتن حالتهای مختلف واکنش افراد و تجهیزات در مراحل مختلف گسترش وضعیت اضطراری و مهار آن که می تواند شامل مواردی نظیر نحوه اطلاع از اتفاق اولیه، انتخاب مسیرهای دسترسی به محل وقوع شرایط اضطراری، نحوه ارسال تجهیزات ایمنی و آتش نشانی، اعلام شرایط اضطراری، توقف اضطراری، امداد و نجات و کمک های اولیه
- ۲- در نظر گرفتن عوامل موثر بر عدم موفقیت در واکنش به شرایط اضطراری فرضی نظیر منع دستیابی به تاسیسات، تجهیزات و افراد آسیب دیده، آماده به کار نبودن افراد و تجهیزات، شرایط جوی نامساعد و ..
- ۳- مشخص کردن پیامدهای ناشی از هر کدام از حالت های تصویر شده
- ۴- تخمین میزان احتمال وقوع وضعیت اضطراری با بررسی حالت های مختلف ذکر شده در بالا و شدت پیامدها (خسارت ها و آسیب های جانی، مالی و زیست محیطی پیامدها)

- ۵- مشخص کردن تعداد افراد و گروه های درگیر در عملیات واکنش
- ۶- تعیین میزان مواد اطفائی، مواد جاذب نشتی و نوع و تعداد ماشین آلات مورد نیاز نظیر تجهیزات آتش نشانی، کمک های اولیه و تجهیزات حفاظت فردی، تجهیزات آوار برداری و پاکسازی
- ۷- انتخاب یکی از حالت های متصور شده (ترجیحا حالتی که احتمال و یا شدت بالاتری دارند).
- تجزیه و تحلیل درخت واقعه یکی از ابزارهای بسیار مناسب در بررسی حالتیهای مختلف برای تدوین سناریوهای اضطراری است.
- ۸- سازماندهی افراد و گروه های کاری و تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای اجرای مانور بر اساس سناریوی انتخاب شده
- ۹- بررسی کردن شرح وظایف افراد، زمان و نحوه عکس العمل هر یک از افراد و تجهیزات (زمان و مکان برگزاری مانور در سناریو مشخص شده است)
- ۱۰- اعلام وضعیت اضطراری فرضی و اجرای مانور (به کار انداختن تجهیزات و فعالیت افراد بر اساس جزئیات سناریو انجام می شود)
- ۱۱- ثبت و ضبط وقایع و فعالیت ها جهت ارزیابی نحوه عملکرد افراد و تجهیزات در برگزاری مانور (یکی از مهمترین اقدامات در زمان انجام مانور، ثبت و ضبط وقایع به صورت گزارشهای مکتوب، فیلم و عکس توسط گروهی است که از قبل به این منظور تعیین شده اند. داده های جمع آوری شده در این قسمت اساس ارزیابی اثر بخشی مانور به ویژه در خصوص فاکتورهای نظیر زمان و نحوه عملکرد خواهد بود.
- ۱۲- پس از انجام مانور، جلسه کمیته اضطراری برگزار می شود. اعضای کمیته اضطراری با توجه به داده های جمع آوری شده قسمت قبل به ارزیابی مانور می پردازند.

سطوح مختلف مانور

مانورها بسته به شرایط اضطراری در سه سطح مختلف اجرا میشوند:

۱- مانور **ERT** (تیم واکنش در شرایط اضطراری): این مانور در سطح شیفت عملیات نوبتکاری

پالایشگاه یا تاسیسات برگزار می شود.

۲- مانور **ERC** (هسته واکنش در شرایط اضطراری): این مانور در سطح مدیریت پالایشگاهها و

تاسیسات جانبی و همکاری پالایشگاه معین (شرکت صنعتی) برگزار می گردد.

۳- مانور **CMC** (هسته مدیریت بحران) این مانور در سطح مدیریت ارشد و با حضور کلیه مدیران

ستادی و پالایشگاه و تاسیسات / استانی / کشوری برگزار می شود.

نمونه موضوعاتی که در جلسه ارزیابی مانور مورد بررسی قرار می گیرد:

۱- میزان انطباق سناریو و مامور برگزار شده با شرایط واقعی

۲- میزان انطباق مانور با سناریوی تدوین شده (آیا مراحل انجام مانور بر اساس سناریو بوده است؟)

۳- میزان تطابق زمانی اقدامات انجام شده با برنامه ریزی انجام شده

۴- نحوه عملکرد افراد و گروه های مختلف داخلی نظیر تیم های اطفای حریق و مهار حادثه، تیم

تخلیه، تیم امداد، نجات و کمک های اولیه

۵- نحوه عملکرد افراد و گروه های مختلف خارجی نظیر آتش نشانی، اورژانس، پلیس راه، مخابرات و

غیره (در صورتی که بر مبنای سناریو در برگزاری مانور شرکت داشته باشند)

۶- میزان آماده به کار بودن تجهیزاتی نظیر اعلام و اطفای حریق، سیستم های دیداری و شنیداری و

آلارم، تجهیزات نشت یاب و رفع کننده نشتی، تجهیزات حفاظت فردی، دوش ها و چشم شورهای

ایمنی، بیسیم و تجهیزات ارتباطی، تجهیزات کمک های اولیه و غیره

آسیب شناسی برنامه ریزی و اجرای مانور

- ۱- نداشتن سناریوی مدون برای انجام مانور
- ۲- یکسان بودن سناریوها در انجام مانور
- ۳- در نظر نگرفتن محدودیت هایی نظیر آماده نبودن تجهیزات و افراد
- ۴- جدی نگرفتن مانور توسط دیگر پرسنل
- ۵- انجام مانور در ساعات و شرایط خاص نظیر ساعات نزدیک ظهر و شرایط جوی نامناسب
- ۶- مشخص بودن زمان دقیق مانور و آمادگی افراد تنها برای انجام مانور، در بسیاری از سازمانها حتی اگر وضعیت اضطراری ساعاتی پس از مانور اتفاق بیافتد، آمادگی برای مانور وجود ندارد
- ۷- انجام مانور در شیفت ها / روزهای کاری، ممکن است وضعیت اضطراری زمانی رخ دهد که بسیاری از کارکنان کلیدی برای مقابله حضور نداشته باشند، فراگیر نبودن مانور، مانور واحدها و افراد خاصی نظیر کارکنان ایمنی و آتش نشانی محدود شود.
- ۸- کم بودن / زیاد بودن فواصل انجام مانور

فصل ششم: موارد
تخصصی در فرماندهی
صحنه

۶-۱ مرکز مدیریت شرایط اضطراری^{۸۰} (EMC)

در مرکز مدیریت شرایط اضطراری، مدیر شرایط اضطراری، مدیر HSE و سخنگو نقش اصلی را ایفا می کنند. بهتر است برای مدیر شرایط اضطراری و هر یک از اعضاء معاون یا جانشین در نظر گرفته شود. در این بخش به وظایف اعضای مرکز مدیریت شرایط اضطراری با جزئیات پرداخته می شود:

مدیر شرایط اضطراری^{۸۱}

مدیر شرایط اضطراری بالاترین مقام در سلسله مراتب مدیریت شرایط اضطراری است. اهم مسئولیت های او عبارتند از:

- اطمینان از استقرار طرح واکنش در شرایط اضطراری
- اطمینان از سازگاری ساختار، منابع، راهبردها و تاکتیک های عملیاتی
- مدیریت فعالیت های واکنشی در شرایط اضطراری و موارد مربوط به آن
- اطمینان از اجرای فعالیت های پیشگیرانه
- اطمینان از اجرای تمرینات و مانورها و مشارکت در آنها
- اطمینان از عملکرد صحیح ابزار ارتباطی و مخابراتی
- ارتباط با مراجع ذیصلاح
- مدیریت نشست اضطراری
- ارتباط و هماهنگی با کمیته مرکزی شرایط اضطراری شرکت اصلی و مراجع ذیصلاح
- اطمینان از انتشار صحیح اخبار و اطلاعات از جمله اطلاعات مورد نیاز عموم
- ارتباط نزدیک با فرمانده صحنه برای انتقال اطلاعات و اجرای برنامه واکنش
- پیگیری پیوسته فعالیت های پشتیبانی و تامین منابع
- بسیج منابع و پشتیبانی کامل از فرمانده صحنه
- پیگیری جنبه های مدیریت فرآیند بازیابی

⁸⁰ Emergency Management Center

⁸¹ Emergency manager

مدیر شرایط اضطراری نباید بگذارد از بیرون فشاری به گروه فرماندهی حادثه و به خصوص فرمانده صحنه حادثه وارد شود و یا فرایند فرماندهی مختل شود.

مدیر HSE

در شرایط اضطراری، حضور گروه آتش نشانی و امداد و نجات ضروری است. لذا تامین منابع لازم برای این گروه‌ها برای عملکرد موثر فرماندهی صحنه بسیار مهم است. از همین رو یکی از نقش‌های حاضر در مرکز مدیریت شرایط اضطراری مدیر HSE است. وظیفه مدیر HSE ارائه مشاوره به مدیر شرایط اضطراری در موضوعات HSE است. برای انجام این مهم مدیر HSE در تماس با مشاور HSE در مرکز فرماندهی خواهد بود و همچنین آخرین اطلاعات صحنه را به مدیر شرایط اضطراری اطلاع داده و در خصوص تامین منابع مورد نیاز برای واکنش و انجام اقدامات مورد نیاز در رابطه با مصدومان یا قربانیان احتمالی به مدیر شرایط اضطراری کمک خواهد کرد.

سخنگو

به طور روال معمول، روابط عمومی، نقش سخنگوی مرکز مدیریت را بر عهده دارد و برای ایفای این نقش باید ضمن دریافت اطلاعات از حادثه با در نظر گرفتن پروتکل‌های اطلاع‌رسانی و پس از هماهنگی با مدیر مجموعه (مدیریت شرایط اضطراری) اطلاعات مورد نیاز رسانه‌ها و مردم را به روش‌های موثر در اختیار آنها قرار دهد. سخنگو همچنین وظیفه ارتباط با سهامداران، بیمه، مراجع قانونی، مشتریان و... را بر عهده دارد. برای انجام این وظایف سخنگو باید در دوره‌های آموزشی ویژه‌ای مربوط به ارتباطات با رسانه‌ها و روابط عمومی شرکت کرده باشد.

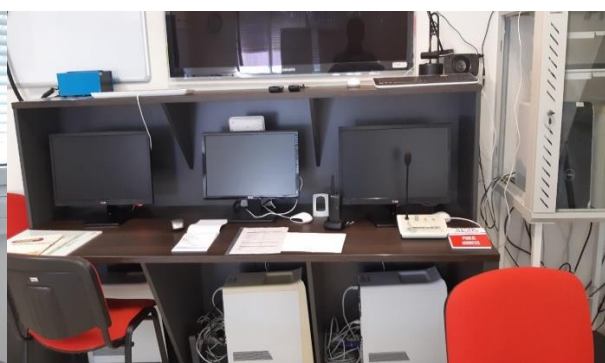
۳-۶ مرکز فرماندهی^{۸۲} (CP)

مهمترین مسئله در فرماندهی صحنه حوادث، استفاده صحیح از ابزار، برقراری ارتباطات موثر، و انتخاب راهکارهای صحیح و موثر برای مدیریت صحنه است. بدین منظور ساختاری شامل نقش‌های زیر در مرکز فرماندهی صحنه پیشنهاد شده است:

⁸² Command Post

- فرمانده صحنه حادثه
- معاون یا دستیار فرمانده صحنه
- مسئول لجستیک
- مسئول سرشماری
- ثبت کننده وقایع^{۸۳}
- مسئول بهره برداری
- مشاور HSE

لازم به ذکر است نقش‌های فوق، عناوین کلی بوده که مسئولیت هر عنوان می‌تواند با بیش از یک نفر مدیریت شود.

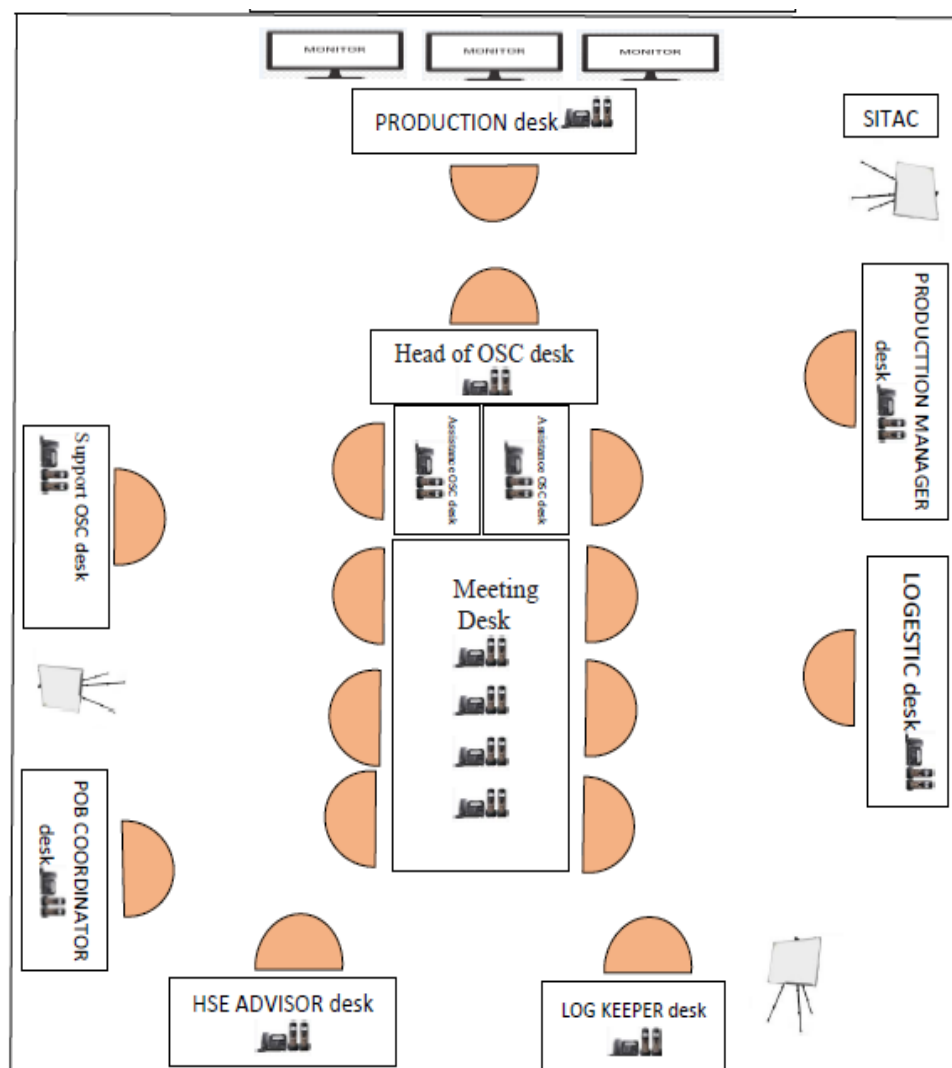


⁸³ Log keeper



شکل ۲۳- مرکز فرماندهی

ساختار عملیاتی شرایط اضطراری در مرکز فرماندهی صحنه لزوماً با ساختار سازمانی تطابق ندارد، یعنی صرفاً در زمان حادثه ایجاد می شود و ممکن است مسئولیت های افراد در مرکز فرماندهی و نحوه ارتباطات بین افراد در ساختار سازمانی کاملاً متفاوت باشد. پس از پایان شرایط اضطراری و بازگشت به شرایط عادی اجرای این ساختار متوقف خواهد شد. نکته بسیار مهم در خصوص این ساختار آن است که نقش های موجود در مرکز فرماندهی لزوماً دارای سمت سازمانی معادل نیست و حتی در صورت وجود سمت معادل ممکن است افراد بسته به شرایط، نقشی غیر از سمت سازمانی خود را بر عهده گیرد و یا حتی یک نفر چند نقش را تا زمان رسیدن سایر افراد مناسب بر عهده گیرد. در ادامه وظایف هر یک از این نقش ها مشخص شده است.



شکل ۲۴- چیدمان مرکز فرماندهی صحنه

موقعیت مرکز فرماندهی حادثه:

بهترین محل برای مرکز فرماندهی حادثه، نزدیک ترین محل ایمن به صحنه حادثه است که امکانات کافی برای مدیریت صحنه حادثه را داشته باشد. هر چند لزوماً، نباید نزدیک صحنه حادثه باشد. سه اصل اساسی برای تعیین محل مرکز فرماندهی به ترتیب اولویت عبارتند از:

- ایمنی محل
- امکانات
- نزدیکی به صحنه حادثه

فرمانده صحنه حادثه:

فرمانده صحنه مغز متفکر و هماهنگ کننده مرکز فرماندهی است. وظایف اصلی فرمانده صحنه عبارتند از:

- جمع آوری اطلاعات و ارزیابی موقعیت
- دستور اقدامات فوری کنترلی
- ایمنی صحنه
- تحلیل ریسک های موجود و پیش رو
- تعیین استراتژی ها و تاکتیک ها
- مدیریت منابع
- فرماندهی و کنترل مرکز فرماندهی
- مدیریت گروه های عملیاتی، آتش نشانی، امداد و نجات، و پزشکی و ایجاد هماهنگی بین آنها
- اعلام پایان حادثه و مدیریت منابع پس از حادثه

فرمانده حادثه مسئول ارتباط با مدیر شرایط اضطراری می باشد. فرمانده صحنه حادثه مسئول هر عاملی در صحنه حادثه است. وی باید اطلاعات مورد نیاز مدیر شرایط اضطراری را به مدیر شرایط اضطراری انتقال دهد و امکاناتی را که برای فرماندهی مناسب صحنه حادثه نیاز دارد و خارج از اختیارات خود اوست از وی بخواهد.

کنترل مرکز فرماندهی

فرمانده صحنه برای مدیریت صحیح صحنه باید فضای مرکز فرماندهی را به خوبی مدیریت نماید. بدین منظور اصلی ترین نکات، حفظ آرامش در مرکز فرماندهی و جلوگیری از ایجاد همهمه و اضطراب در مرکز فرماندهی است. جهت نیل به این هدف، فرمانده صحنه باید ارتباطات و میزان صدا را در مرکز فرماندهی کنترل کند. برای کم کردن اضطراب اعضا توصیه می شود در صورت دریافت اخبار مثبت از صحنه حادثه پس از اطمینان از صحت خبر، فوراً آن را به اعضای مرکز فرماندهی و مرکز مدیریت شرایط اضطراری اعلام نماید.

جمع آوری اطلاعات و ارزیابی موقعیت

اولین کار فرمانده پس از رسیدن به مرکز فرماندهی صحنه، بررسی اطلاعات موجود و اقدام برای جمع آوری اطلاعات حادثه برای تحلیل ریسک‌های آن است. این اطلاعات می‌تواند شامل برگه اطلاعات ایمنی مواد، طرح واکنش در شرایط اضطراری، جهت باد و شرایط آب و هوایی، فهرست منابع محلی و غیرمحلی در دسترس، نقشه محل و... است. یکی از اصول اساسی تحلیل ریسک و تصمیم‌گیری در صحنه حادثه آن است که باید از تصمیم‌گیری بر مبنای اطلاعات تایید نشده خودداری نمود. جمع‌آوری اطلاعات هر چند اولین وظیفه است اما تا پایان حادثه باید به صورت پیوسته ادامه داشته باشد.

اقدامات فوری کنترلی:

پس از جمع‌آوری اطلاعات، فرمانده حادثه باید تصمیمات لازم برای اقدامات فوری کنترل شرایط اضطراری را اتخاذ و فوراً برای اجرای آنها اقدام کند. البته در بسیاری از موارد در طرح‌های ERP تاسیسات، این اقدامات مشخص شده و قبلاً توسط عملیات اجرایی شده است. اقدامات فوری شامل اقدام برای امداد و نجات قربانیان، دستور آماده سازی ناحیه استقرار، توقف عملیات، برقراری کانال‌های ارتباطی، آماده باش به گروه‌های واکنشی یا اعزام آنها، تخلیه اضطراری، فعال کردن سیستم‌های آتش‌نشانی، انجام اقدامات احتیاطی، تعیین ناحیه جداسازی اولیه (ابتدا با محافظه کاری و سپس منطقی)، دور کردن کارکنانی که به حضور آنها نیازی نیست و حفظ حداقل نفرات مورد نیاز می‌باشد.

تحلیل ریسک‌های موجود و پیش رو

یکی از مهمترین وظایف فرمانده صحنه حادثه، تحلیل ریسک‌های موجود و پیش رو در صحنه است. چرا که باید‌ها و نبایدهای صحنه حادثه را مشخص می‌کند. در واقع برای تعیین استراتژی ابتدا باید ریسک‌های صحنه حادثه شناسایی و تحلیل شود و احتمال گسترش حادثه در نظر گرفته شود. برای تحلیل ریسک‌های حادثه لازم است فرمانده صحنه درک نسبتاً کاملی از صحنه داشته باشد و دانش و مهارت کافی و اطلاعات دقیق در این زمینه را داشته باشد یا از دانش و مهارت افراد متخصص در این زمینه کمک بگیرد. بدین منظور استفاده از

دو نقش مدیر بهره‌برداری و مشاور HSE در مرکز فرماندهی صحنه حادثه بسیار مفید است. همچنین استفاده از ابزار نمایش صحنه حادثه (SITAC) برای درک مشخصات صحنه موثر است.

برای تحلیل ریسک گسترش حادثه، باید هم از اثرات حادثه به شکل انتقال حرارت و هم مواد و تجهیزات موجود در اطراف حادثه و مشخصات آنها در نظر گرفته شود. این اطلاعات در مرحله جمع‌آوری و بعد از آن باید جمع‌آوری شده باشد.

تعیین استراتژی و تاکتیک‌ها

برای فرماندهی حادثه و جلوگیری از انجام فعالیت‌های موازی باید ابتدا اهداف فعالیت‌ها تعیین و برای اعضا مشخص شود. فرمانده صحنه حادثه در تعیین اهداف باید اصل PEAR را مدنظر قرار دهد. PEAR از چهار حرف ابتدای ۴ واژه لاتین تشکیل شده است: R: Reputation -A: Asset -E: Environment- P: People

این اصل ترتیب اولویت‌ها را برای فرمانده حادثه مشخص می‌کند. یعنی به ترتیب انسان، محیط زیست، سرمایه و اعتبار سازمان اولویت‌های هدف‌گذاری هستند.

توجه نمایید که اقدامات فوری نیز دارای هدف هستند اما از آنجا که زمان موجود تا تشدید حادثه برای اولین اقدامات ممکن است بسیار کوتاه باشد این اقدامات را تا مشخص کردن اهداف نباید معطل کرد.

فرمانده صحنه حادثه پس از شناخت ریسک‌های صحنه، باید استراتژی‌ها و تاکتیک‌های مورد نیاز برای مقابله با شرایط را تعیین نماید. البته تاکتیک‌ها می‌تواند بر اساس استراتژی فرمانده صحنه توسط گروه عملیاتی و آتش‌نشانی در محل حادثه اتخاذ شود و اطلاعات آن در اختیار مرکز فرماندهی صحنه حادثه قرار گیرد.

در حین یک حادثه ممکن است چند هدف استراتژیک تعریف شود. استراتژی باید شامل پیش‌بینی وضعیت آینده و طرح پیشگیرانه جهت جلوگیری از توسعه وضعیت اضطراری باشد.

تاکتیک‌ها فرایندهایی دقیق و قابل اندازه‌گیری هستند که برای اجرایی شدن استراتژی‌ها در نظر گرفته می‌شوند و معمولاً شامل مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها و انجام فعالیت‌هاست که با توجه به منابع تعیین می‌شود.

استراتژی‌ها و تاکتیک‌های سنتی آتش نشانی ممکن است در حوادث صنعتی چندان اثربخش نباشد. در این حوادث معمولاً راهبردها و تاکتیک‌های HAZMAT کارایی بیشتری دارند.

معاون یا دستیار فرمانده^{۸۴}

در شرایط اضطراری وظایف فرمانده صحنه متعدد و چندوجهی و زمان برای تصمیم‌گیری و اقدام کوتاه است. فرمانده صحنه باید صحنه حادثه را تجزیه و تحلیل کند، راهکارهای مقابله با شرایط را انتخاب کند، منابع مورد نیاز را پیش‌بینی و مدیریت کند و ارتباطات را تنظیم کند. این تعدد وظایف ممکن است سبب ایجاد خطا یا کاهش قدرت تصمیم‌گیری و کنترل و نظارت فرمانده شود. لذا برای کمک به فرمانده، وجود یک معاون در کنار او می‌تواند بسیار موثر باشد. معاون یا دستیار فرمانده صحنه بایستی موقعیت را تحلیل نماید و به درک سناریو و یافتن طرح واکنش در شرایط اضطراری کمک کند استفاده از چک لیست در این راستا بسیار موثر می‌باشد. معاون فرمانده می‌تواند در تنظیم زمان بین تایم‌اوت‌ها و برقراری ارتباط موثر با مدیر شرایط اضطراری یا انجام محاسبات و استفاده از طرح واکنش اضطراری به فرمانده صحنه کمک کند.

مسئول سرشماری^{۸۵}

در اغلب شرایط اضطراری، جان افرادی در خطر قرار می‌گیرد و لازم است برای اطمینان از توجه به افراد در طرح واکنش در شرایط اضطراری شخص یا اشخاصی را به عنوان مأمور سرشماری در نقاط تجمع انتخاب نمود که این افراد وظیفه سرشماری اشخاص مراجعه کرده به نقاط تجمع، مصدومین، قربانیان و مفقودین را بر عهده دارند. مسئولیت سرشماری افراد را معمولاً نماینده حراست یا بهداشت و درمان می‌تواند بر عهده بگیرد. در مرکز فرماندهی هم برای ارتباط با این مأموران و جمع‌آوری اطلاعات افراد و جلوگیری از اشتباهات احتمالی، یک نفر مسئول سرشماری خواهد بود که می‌تواند روی تابلویی اطلاعات جمع‌آوری شده را نمایش دهد. تابلوی سرشماری افراد می‌تواند مشابه شکل زیر و در ابعادی باشد که برای اعضای مرکز فرماندهی به راحتی قابل خواندن باشد.

⁸⁴ Commander assistant

⁸⁵ POB man

جدول ۱۴- سرشماری افراد در مرکز فرماندهی

نفرات گمشده Casualités -						
وضعیت عمومی (هوشیاری، بدن)	محل	مجروح	گمشده	شرکت	نام	محل های تجمع
						شماره ۱
						شماره ۲
						شماره ۳
						شماره ۴
						شماره ۵
						.
						.
						.
						.
						جمع کل

تیم‌های عملیاتی آتش نشانی، HAZMAT و امداد و نجات

انجام عملیات اطفاء حریق در لحظات اولیه شروع آتش‌سوزی تحت نظر فرمانده صحنه جهت جلوگیری از صدمات جانی و مالی از اهمیت بسزایی برخوردار است و با یک اقدام سریع در امر اطفاء حریق نه تنها می‌توان از توسعه آتش جلوگیری به عمل آورد، بلکه با خفه کردن آتش در نطفه می‌توان خسارات ناشی از آنرا به حداقل رساند. خط مقدم مدیریت شرایط اضطراری در حوادث، گروه آتش نشانی و امداد و نجات می‌باشد که به واسطه هماهنگی با مرکز فرماندهی می‌تواند با اخذ مشاوره تاکتیک‌های مناسب را به منظور کنترل و خنثی سازی حادثه پیاده نماید. فرمانده حادثه با ارائه راهکار مناسب می‌تواند تیم‌های عملیاتی را از قرار گرفتن در معرض ریسک‌های ناشی از حادثه، خارج و یا در مواجهه با ریسک‌های قابل قبول تیم‌های عملیاتی را مدیریت نماید. ارتباط با تیم‌های عملیاتی بوسیله دستگاه‌های ارتباطی (رادیو، تلفن، تصاویر هلی‌شات و...) مهم‌ترین نقش را در تصمیم‌گیری مرکز فرماندهی ایجاد می‌کند. وظایف اصلی تیم‌های آتش نشانی، امداد و نجات در شرایط اضطراری موارد ذیل می‌باشد:

- حمل و نقل وسایل و تجهیزات آتش نشانی و رسیدن به محل حادثه
- هماهنگی از طریق دستگاه‌های ارتباطی با مرکز فرماندهی به منظور اجرای تاکتیک‌های مناسب
- کنترل و مهار آتش
- نجات مصدومان و قربانیان از محل‌های آتش‌سوزی، صحنه تصادفات و سایر موقعیت‌های خطرناک

- اعلام وضعیت جسمانی افراد در معرض حادثه (تعداد مصدومین)
- کنترل نشت مواد شیمیایی و خطرناک
- نظارت بر عملیات‌های آتش‌نشانی و کار آتش‌نشان‌ها (مخصوص تیم‌های آتش‌نشانی)
- ارائه گزارش‌های لازم و به موقع به مرکز فرماندهی

۶-۹ فناوری‌های جدید فرماندهی صحنه حوادث

با پیشرفت علم و ظهور فناوری‌های نو، برای مشکلات قدیمی راه‌های جدید کشف یا ابداع می‌شود که نیاز کمتری به منابع دارد یا اثربخشی بیشتری دارد و یا با سرعت بیشتری به سرانجام می‌رسد. واکنش به شرایط اضطراری هم از این قاعده مستثنی نیست و در سال‌های گذشته فناوری‌های مختلفی برای کنترل صحنه حوادث ابداع و استفاده شده است که از آن جمله عبارتند از:

- پهپادها
- ربات‌های آتش‌نشان

- پهپاد (هلی‌شات، کواد کوپتر)

از فناوری‌های جدید مورد استفاده در شرایط اضطراری و از جمله برای اطفاء حریق تاسیسات و مخازن ذخیره می‌توان به پهپاد اشاره نمود. پهپاد از آن جهت که می‌تواند به سرعت حرکت کند و در محل‌هایی حضور یابد که انسان به راحتی قادر به حضور در آن محل‌ها نیست و یا ریسک آن بالاست در صحنه حادثه قابل کاربرد است. پهپاد بسته به تجهیزات نصب شده روی آن می‌تواند نمایی از بالای صحنه حادثه را نمایش دهد و یا اطلاعات مفیدی از صحنه حادثه جمع‌آوری کند مثلاً در صحنه حوادث آتش‌سوزی مخازن نمای بالا، مشخص می‌کند آب و فوم دقیقاً به کجا تخلیه می‌شود یا کدام قسمت‌ها را باید بیشتر مدنظر قرار داد. به منظور نمایش صحنه حادثه باید از پهپادهایی استفاده نمود که دارای دوربین‌های مخصوص باشند و بتوانند تصویر را به صورت همزمان به پایین ارسال نمایند. همچنین بایستی پهپاد با شرایط صحنه حادثه سازگار بوده و ریسک ایمنی جدیدی به صحنه حادثه اضافه نکند. یعنی مثلاً در صحنه حادثه آتش‌سوزی بایستی پهپاد قابلیت تحمل

تشعشع حرارتی وارده را داشته باشد و یا در صحنه نشت گازهای قابل اشتعال پهباد در صورت ورود به ابر گاز و بخار باید از نوع ضد انفجار باشد. در هر حال خطر سقوط پهباد در صحنه حادثه وجود دارد و ممکن است منجر به ایجاد حادثه گردد. برای مقابله با این ریسک ها باید از دستورالعمل هایی خاص برای کاربرد پهباد از قبیل ارتفاع پروازی و مسیر پروازی استفاده شود. در محل آموزش شرکت Gesip حریقی بر روی تاسیسات آموزشی نفت و گاز ایجاد شد که تیم های اطفاء حریق نسبت به اطفاء آن اقدام کردند. در همین حین یک دستگاه هلی شات به منظور تهیه تصاویر از محل آتش سوزی به هوا برخاسته و از کلیه مراحل حریق و اطفاء آن تصویر تهیه که امکان مشاهده آن به صورت مستقیم نیز وجود داشت. هدف از به کارگیری این هلی شات کمک به تیم های فرماندهی به منظور تصمیم گیری، ارائه راهکار مناسب به تیم های عملیاتی می باشد.

برای اینکه بتوانیم به صورت دقیق بگوییم آیا ربات های پرنده (هلی شات) همکاران خوبی برای آتش نشان ها هستند یا نه باید ببینیم چه کارهایی از دست آن ها ساخته است. اولین و فراگیرترین ابزاری که در این پرنده ها به کار گرفته شد دوربین های فیلمبرداری بوده است تا علاوه بر آنکه امر هدایت آن را آسان کند اطلاعاتی نیز از محیط برای کاربر ارسال کند. پس اولین اقدامی که یک پهباد می تواند انجام دهد این است که در لحظات اولیه آتش سوزی به پرواز درآید و با دارا بودن دوربین، اطلاعاتی مفیدی را برای آتش نشان ها ارسال کند طبیعتاً اگر از دوربین های حرارتی به جای دوربین های فیلمبرداری استفاده شود اطلاعات بیشتری می توان بدست آورد به طور مثال اینکه دمای آتش چقدر است و یا حتی چه تعداد موجود زنده در آتش گرفتار هستند. با توجه به توان باتری های موجود در بازار، دوربین و همچنین دستگاه های ارسال تصویر این امر به راحتی امکان پذیر است اما نکته ی بسیار مهم یک پهباد آتش نشان، بدنه ی مقاوم در برابر حرارت است چرا که همچون یک آتش نشان برای محافظت از خود، نیاز به یک پوشش بسیار قوی دارند که در عین حال از وزن کمی برخوردار باشد.

- ربات های آتش نشان

یکی از کاربردهای ربات ها در محیط های خطرناک، استفاده از آن ها در حوادث آتش سوزی است. در بسیاری از آتش سوز هایی که روزانه به دلایل مختلف روی می دهند، امکان دسترسی نیروی انسانی به تمامی نقاط و اقدام

جهت خاموش کردن آتش وجود ندارد. در این گونه حوادث، هر لحظه امکان دارد نیروهای امداد و آتش نشان خود نیز گرفتار حریق و دیگر خطرهای احتمالی شوند. لذا به کارگیری ربات های آتش نشان برای خاموش کردن آتش از اهمیت بسیاری برخوردار است به منظور آشنایی فراگیران با ربات های آتش نشان، ربات خاموش کننده آتش (ماشین مکانیکی) که توسط شرکت *POK* در فرانسه طراحی و ساخته شده بود، در محل تمرین شرکت *Gesip* مورد استفاده قرار گرفت. به منظور کاهش حوادث نیروی انسانی (آتش نشانان) در مواجهه با حریق این ربات طراحی و ساخته شده به طوری که با وصل لوله های آب و فوم به این ربات و انعطاف پذیری ۳۶۰ درجه، قابلیت اطفاء حریق با قدرت پرتاب حداکثر ۹۰ متری برای این ربات میسر بود. این ربات توسط ریموت های که در دست آتش نشانان بود کنترل و هدایت می شد (کنترل از راه دور).



شکل ۲۵- ربات آتش نشان

۸-۶ سیمولاتور (شبه ساز)

در برنامه نرم افزاری سیمولاتور (با نام *crise*)، چگونگی رخ داد حوادث، شدت حوادث، اطلاعات تجهیزات و ظرفیت به صورت گرافیکی و انیمیشن طراحی گردیده که با ارائه دستورهای متفاوت در زمان تصمیم گیری و تغییر تاکتیک شاهد تغییرات گرافیکی و محاسباتی بر روی نرم افزار خواهیم شد. با توجه به اینکه فراگیران

فقط کار با این نرم افزار را در مرکزهای فرماندهی تجربه نموده‌اند ارتباط هر یک از اعضاء مرکز شرایط اضطراری و چگونگی مواجهه با نرم افزار و ارائه بازخورد مناسب به شرح ذیل بیان می‌گردد.

Fire Fighting Team- در انجام سناریوها اعضای تیم آتش نشانی در یک مرکز مجزا مجهز به سیستم کامپیوتری که نرم افزار شبیه سازی بر روی آن نصب و در حال اجرا است قرار می‌گیرند و در بازه های زمانی مشخص پیام های نرم افزار را که بر روی مانیتور نمایش داده می شود را برای *HSE Advisor* مخابره می‌نمایند. رئیس تیم عملیات آتش نشانی و بهره بردار در هر زمان مشخص با توجه به تغییر شرایط حادثه، ابتدا اقدام به کنترل انتشار مواد قابل اشتعال و انتقال مصدومان می‌نمایند.

سپس آتش سوزی با توجه به اعلام حادثه و صدور استراتژی از مرکز فرماندهی، تاکتیک و تکنیک مناسب را در جهت مهار و کنترل حادثه اتخاذ می‌نماید.

On Scene Commander (OSC) - فرمانده صحنه حادثه به همراه اعضای تیم خود در مرکز فرماندهی با توجه به نمایشگرهای موجود، مشاهدات میدانی تیم عملیات آتش نشانی از صحنه حادثه، اطلاعات فرآیندی که توسط مدیر بهره برداری اعلام می شود و همچنین استفاده از *ERP* استراتژی خود را در زمینه کنترل حادثه اتخاذ و به بخش های مختلف مرکز فرماندهی ابلاغ می‌نمایند.

Medic And Security - تیم پزشکی و حراست در یک مرکز مجزا مجهز به سیستم کامپیوتری که نرم افزار شبیه ساز بر روی آن نصب و در حال اجرا است قرار می‌گیرند و در بازه های زمانی مشخص پیام های نرم افزار را که بر روی مانیتور نمایش داده می شود، جهت اعزام آمبولانس و یا رسیدن و هدایت خودروهای پشتیبانی به محدوده عملیات به مرکز فرماندهی منتقل می‌نمایند.

Emergency Management - تیم مدیریت اضطراری در مرکزی مجزا نسبت به دریافت اطلاعات از *OSC* اقدام نموده و گزارشات خود را تهیه می‌نمایند.

Production - کلیه اطلاعات فرآیندی محل حادثه اهم از بستن شیرها و فشار و دمای مخازن را به مدیر بهره برداری اعلام تا این اطلاعات در اختیار *OSC* قرار داده شده و با توجه به این اطلاعات و مشاهدات میدانی تیم عملیات آتش نشانی، *OSC* استراتژی خود را اتخاذ و اعلام نماید.

مزایای کار شبیه سازی نسبت به قرار گرفتن در میدان:

- به مراتب دارای ریسک های کمتری است
- راه اندازی سیستم شبیه ساز و انجام تمرین ها دارای هزینه های بسیار کمتری است.
- راه اندازی و انجام یک تمرین با شبیه ساز، زمانی بسیار کمتر از یک مانور میدانی دارد.
- حذف آلودگی های زیست محیطی نسبت به مانور میدانی
- ایجاد وقفه در تمرین و اضافه کردن توضیحات، شروع مجدد تمرین یا ایجاد تغییرات اساسی بصورت لحظه ای در تمرینات
- به نحو بهتری می توان بر عملکرد افراد شرکت کننده نظارت نمود و عملکرد افراد بهتر ثبت می شود.

فصل هفتم: نمونه
تمرین مدیریت شرایط
اضطراری و به کارگیری
ابزارهای فرماندهی

۷-۱ ایفای نقش در سناریوهای مدیریت شرایط اضطراری

در ابتدای این فصل به عناوین سناریوهایی که در دوره آموزشی بطور عملی و ایفای نقش همچنین سناریوهایی که با کمک سیمولاتور توسط شرکت کنندگان اجرا گردیده اشاره شد، که در این قسمت به منظور آشنایی بیشتر با نحوه انجام تمرین‌های کاربردی به صورت عملی، یکی از سناریوهای تمرین شده به صورت زیر تشریح می‌گردد. در تمرینات کاربردی سناریوهای شرایط اضطراری، وظایف اعضای مرکز مدیریت شرایط اضطراری، مرکز فرماندهی صحنه حادثه (OSC) و تیم‌های عملیاتی به یکی از شرکت کنندگان محول شده که می‌بایست بر اساس شرح وظایف تعریف شده ایفای نقش نماید.

۷-۲ تمرین مدیریت شرایط اضطراری با سناریوی نشت گاز و انفجار در کمپرسور سکوی دریایی APP1

دریایی APP1

شرح سناریو:

- سکوهای APP1، APD1، APQ1 مجموعه فاز یک بهره برداری میدان گازی A را تشکیل می‌دهند. سکوی APD1 محل ورود گاز از چاه‌ها بوده و تجهیزات سرچاهی، شیرها و ابزار کنترل فشار در این پلتفرم قرار دارد، سکوی APP1 کار فراورش فرآیندی بویژه جداسازی فازهای مایع (آب و میعانات گازی) و تامین فشار مورد نیاز برای صادرات گاز را عهده دار است.
- تیم‌های مختلفی از کارشناسان، تکنیسین‌ها و کارگران ماهر حوزه‌های فنی، تعمیراتی و مهندسی در کنار واحدهای پشتیبانی از قبیل HSE، لجستیک، پشتیبانی، اداری و خدمات وظیفه راهبری، نظارت و سرویس دهی بر فاز فوق را بصورت تمام وقت انجام می‌دهند که محل اقامت این افراد سکوی اقامتی APQ1 می‌باشد. همچنین کارگاه‌های تعمیرات و خدمات نیز در سکوی فوق قرار دارد.
- تردد افراد و تجهیزات به مجموعه گازی فوق بوسیله هلی کوپتر و کشتی انجام می‌پذیرد.
- سناریوهای محتمل بر اساس ارزیابی ریسک مشخص شده است. بر اساس سناریوهای معتبر، ERP تهیه و از طرف مدیریت ارشد سازمان ابلاغ گردیده است. مانورهای مورد نیاز بر اساس جدول سالیانه برگزار و طبق صورتجلسات ارزیابی که بعد از هر مانور برگزار می‌شود اقدامات اصلاحی تعریف و بصورت مستمر و

طبق رویه آن پیگیری می‌گردد. تجهیزات نجات جان افراد تهیه و مستمر پایش و نگهداری شده در یک برنامه پیشگیرانه (PM) تحت کنترل هستند.

- طرح اعزام مصدومین و مجروحین (Medevac) ابلاغ و جاری می‌باشد. سکوی اقامتی به درمانگاه شبانه روزی با تمام امکانات لازم مجهز می‌باشد.

- محل تجمع اضطراری (Muster Point) بر اساس ارزیابی‌های مهندسی و شرایط جوی غالب شناسایی و هر سه سکوی موصوف مجهز به تجهیزات نجات و ترک سکو می‌باشند.

- تیم اطفاء، امداد و نجات تشکیل، آموزش‌های لازم را فراگرفته و طی مانورهای مستمر آمادگی خود را حفظ می‌کنند.

- در سکوی اقامتی مرکز فرماندهی صحنه (در مجاورت کنترل مرکزی) تجهیز گردیده است.

- اعضای تیم OSC بر اساس دستورالعمل ERP ابلاغی تشکیل شده، احکام صادر شده و اعضای آن با شرکت در دوره‌های آموزشی، مانورهای عملی توانایی کار تیمی خود را افزایش و در شرایط مطلوب قرار دارند.

- ارتباطات با شناورهای عبوری، هلی‌کوپترها توسط لجستیک به طور مستمر رصد و پایش می‌گردد.

- سناریوی نشت گاز از سناریوهای شاخص جدول سالیانه بوده و بصورت فصلی برگزار می‌گردد.

- آنچه در ادامه شرح داده خواهد شد سناریوی نشت گاز کمپرسور C1 واقع در سکوی APP1 می‌باشد که در ۳۰ تیر ماه ۹۷ برگزار شد.



شروع حادثه:

- در ساعت ۹ صبح سیستم های شناسایی گاز در سکوی APP1 به صدا درآمد و کارمند مرکز کنترل متوجه نشت گاز از کمپرسور C1 می گردد، در همین حال نفر بهره برداری اعلام نشتی می نماید. کارمند کنترل سریعاً OSC را مطلع کرده، کارکنان با توجه به قرار گرفتن محل نشتی و جهت باد و این مهم که از درون ابر نشتی عبور نخواهند کرد با حفظ آرامش سکو را ترک و به محل تجمع سکوی اقامتی هدایت می شوند. سکو بر اساس رویه حفاظتی توقف تولید داده و محتویات گازی مخازن تحت فشار به سمت مشعل هدایت و سوزانده می شود.

- ساعت ۹:۳۰ اعضای تیم به مرکز فرماندهی صحنه (Command Post) وارد می شوند.

ردیف	سمت	فعالیت انجام داده	ملاحظات
۱	Board Man	تهیه برگه گزارش اولیه و نصب در محل ورودی مرکز	مسئول بهره برداری شیفت
۲	مسئول بهره برداری	گرفتن اطلاعات اولیه فرآیندی از کنترل و اپراتور سایت	گزارش به OSC
۳	HSE Advisor	گرفتن اطلاعات از تیم عملیاتی آتش نشانی	گزارش به OSC
۴	POB Person	استقرار در محل و گرفتن اطلاعات اولیه افراد و ثبت آنها	گزارش به OSC
۵	Data Log	استقرار در محل، دریافت اطلاعات	ثبت در Log Paper
۶	لجستیک	استقرار در محل، دریافت اطلاعات اولیه با توجه SITAC	گزارش به OSC
۷	معاون (دستیار) OSC	استقرار در محل و کسب اطلاعات	گزارش به OSC
۸	فرمانده صحنه OSC	استقرار در محل، کسب اطلاعات اولیه	ارائه گزارش اولیه به مدیریت ارشد (EM)

کتابچه آموزشی فرماندهان صحنه

پس از دقایق اولیه فرمانده صحنه حادثه (OSC) اعلام *Time Out* می‌نمایند و موارد بشرح زیر انجام می‌شود.

Time Out NO:1 09:35		علت و تغییر رخ داده: شروع حادثه
ردیف	سرفصل موضوع	شرح ابلاغ شده
۱	ارزیابی ریسک	خطرات آسیب افراد، آلودگی محیط زیست دریا و صدمه به تجهیزات
۲	اهداف	نجات افراد، جلوگیری از آلودگی محیط زیست، حفظ تجهیزات و تاسیسات
۳	استراتژی	توقف تولید، تخلیه و ایمن سازی محیط با لحاظ کردن منابع محتمل ایجاد جرقه، اعلام شرایط به شناورهای مجاور و دریانوردی
۴	تکنیک و تاکتیک	تخلیه همه افراد، سرشماری سریع، سرد نمودن سطوح گرم و ایزوله کردن محیط، تهیه سریع SITAC
۵	صدور دستورات لازم	فرمانده تقسیم کار نموده و دستورات لازم را صادر می‌نماید

پس از اتمام تایم اوت افراد تیم مرکز فرماندهی به ادامه فعالیت‌ها پرداخته و فرمانده صحنه با مدیر شرایط اضطراری (EM. Manager) تماس گرفته و ایشان که در مرکز مدیریت شرایط اضطراری در کنار رئیس روابط عمومی و مدیر HSE هستند، خلاصه‌ای از شرایط و تصمیمات را به شرح ذیل به ایشان اطلاع می‌دهند:

ردیف	سمت	فعالیت انجام داده	ملاحظات
۱	مسئول بهره برداری	تبادل اطلاعات، تاکید بر تخلیه ایمن و ایزوله نمودن محیط نشت از منابع حرارتی و سطوح داغ	گزارش به OSC
۲	HSE Advisor	تبادل اطلاعات با تیم عملیاتی آتش‌نشانی، درخواست کشتی آتش خوار از لجستیک، اعلام وضعیت مصدومین	گزارش به OSC
۳	POB person	گرفتن و ثبت آمار محل تجمع ایمن	۳ نفر نیامده‌اند، گزارش به OSC
۴	Data Log	دریافت اطلاعات	ثبت در Log Paper
۵	لجستیک	فراخوان کشتی آتش خوار، آماده کردن SITAC حادثه، تماس مدیریت بنادر و اعلام حریم خطر، فراخوان کشتی نجات و آماده باش هلی کوپتر جهت مصدومین احتمالی در سکوی پشتیبانی در فاصله ایمن	گزارش به OSC
۶	دستیار OSC	جوابگویی تلفن‌های مرکز فرماندهی و بررسی امکانات و تجهیزات نجات لازم	گزارش به OSC
۷	فرمانده صحنه OSC	کسب اطلاعات از اعضای تیم؛ بررسی SITAC	

فرمانده صحنه پس از اطلاع حاصل نمودن از عدم مراجعه ۳ نفر از همکاران به محل تجمع ایمن *Time Out* شماره ۲ را اعلام می کند.

<i>Time Out NO:2</i> 09:45		علت و تغییر رخ داده: اعلام مفقودی ۳ نفر
ردیف	سر فصل موضوع	شرح ابلاغ شده
۱	یکپارچگی اطلاعات حادثه	خلاصه‌ای از روند مقابله با حادثه و تاکید بر ایمنی
۲	اعلام مفقودی	تشکیل و اعزام تیم نجات به سکوی <i>APP1</i>
۳	اولویت نجات افراد	دستیار فرمانده مستقیم بر کار نجات نظارت کند (دستور فرماندهی صحنه به معاونش)
۴	اعزام مصدومین احتمالی	جاری نمودن رویه <i>MEDVAC</i>

پایان جلسه تایم اوت دوم ساعت ۹:۴۶ اعلام می شود و اعضای کمیته به فعالیت‌های خود ادامه می دهند.

فرمانده صحنه بعد از جلسه تایم اوت دوم با مدیر شرایط اضطراری *E. M* تماس گرفته و گزارش می دهد.

فعالیت تیم مدیریت شرایط اضطراری

ردیف	سمت	شرح کار
۱	مدیریت شرایط اضطراری (<i>E.M</i>)	تماس با مدیر عامل و رئیس هیئت مدیره، نماینده سهامداران و شرح حادثه
۲	مدیر <i>HSE AD</i>	تماس با <i>HSE AD</i> و بررسی ابعاد حادثه، مشاوره به مدیر شرایط اضطراری
۳	رئیس روابط عمومی	گرفتن اطلاعات از مدیر شرایط اضطراری و جواب دادن تماس‌ها، اعلام گزارش رسمی
		اطلاع رسانی کلی و آماده سازی گزارش تکمیلی

پس از تایم اوت دوم شرح کار اعضای مرکز فرماندهی صحنه حادثه به شرح ذیل دنبال می شود:

ردیف	سمت	فعالیت انجام داده/گزارش دریافت شده	ملاحظات
۱	مسئول بهره برداری	تبادل اطلاعات سایت کاملاً تخلیه فشار شده	گزارش به OSC
۲	HSE Advisor	تبادل اطلاعات با تیم عملیاتی آتش‌نشانی، کشتی آتش خوار مستقر شده، یک نفر موقع تخلیه سقوط کرده (احتمال آسیب مهره های کمر)	گزارش به OSC
۳	POB person	گرفتن و ثبت آمار محل تجمع	یک نفر نیروی تعمیرات به نام X نیامده اند. گزارش به OSC
۴	Data Log	دریافت اطلاعات	ثبت و به روز رسانی LOG PAPER
۵	لجستیک	به روز رسانی SITAC	گزارش به OSC
۶	دستیار OSC	جوابگویی تلفن CP، بررسی امکانات و تجهیزات نجات مورد نیاز	گزارش به OSC
۷		فرمانده صحنه OSC	کسب اطلاعات از اعضای تیم و بررسی SITAC

[00:00:06 / 0%]



با مطلع شدن از مصدوم شدن یک نفر OSC اعلام تایم اوت ۳ نمود

Time Out NO:3 10:00		علت و تغییر رخ داده : اعلام مصدومیت یک نفر
ردیف	سر فصل موضوع	شرح ابلاغ شده
۱	رویه MEDEVAC	فراخوان هلی کوپتر نجات
۲		اسکورت مصدوم توسط پرستار سکو
۳		حضور آمبولانس در فرودگاه
۴		اعلام به بیمارستان تخصصی در خشکی، آماده باش پزشک متخصص با هماهنگی دکتر سکو

پس از تایم اوت سوم فرمانده صحنه (OSC) به مدیر شرایط اضطراری (E. M) گزارش داده و اعلام می نماید شرایط تحت کنترل در آمده است.

پس از تایم اوت سوم اعضای مرکز فرماندهی صحنه حادثه (CP) به فعالیت های موظفی، مطابق جدول زیر ادامه می دهند:

ردیف	سمت	فعالیت انجام داده/گزارش دریافت شده	ملاحظات
۱	مسئول بهره برداری	تبادل اطلاعات، سایت کاملاً تخلیه فشار شده، سایت از گاز عاری شده	گزارش به OSC
۲	HSE Advisor	تبادل اطلاعات با تیم عملیاتی آتش نشانی، نفر مصدوم اعزام شد	گزارش به OSC
۳	POB Person	گرفتن وثبت آمار محل تجمع	

کتابچه آموزشی فرماندهان صحنه

ثبت و به روز رسانی <i>LOG PAPER</i>	دریافت اطلاعات	<i>Data Log</i>	۴
گزارش به <i>OSC</i>	به روز رسانی <i>SITAC</i> ، رسیدن مصدوم به خشکی	لجستیک	۵
گزارش به <i>OSC</i>	جوابگویی تلفن مرکز فرماندهی صحنه (<i>CP</i>) بررسی امکانات و تجهیزات نجات مورد نیاز	دستیار <i>OSC</i>	۶
	کسب اطلاعات از اعضای تیم؛ بررسی <i>SITAC</i>	فرمانده صحنه <i>OSC</i>	۷

پس از دریافت اطلاعات از مسئول بهره برداری فرمانده، تایم اوت چهارم را اعلام می نماید.

Time Out NO:4 10:30		علت و تغییر رخ داده : تخلیه ایمن سایت
ردیف	سرفصل موضوع	شرح ابلاغ شده
۱	اعزام تیم تعمیرات	تیم تعمیرات با پشتیبانی تیم عملیاتی آتش نشانی و بهره برداری به محل نشتی اعزام و در صورت امکان رفع اشکال کنند
۲	کنترل شرایط اضطراری	شرایط ایزوله <i>APP1</i> حفظ شود
۳		کارهای گرم کماکان تعطیل است
۴		شرایط از طریق سیستم فراخوان به افراد اعلام شود.

پس از تایم اوت چهارم اعضای مرکز فرماندهی صحنه حادثه (طبق جدول زیر) به فعالیت ها و اجرای دستورات برگشته و فرمانده صحنه (*OSC*) به مدیر شرایط اضطراری (*E. M*) گزارش می دهد.



ردیف	سمت	فعالیت انجام داده/گزارش دریافت شده	ملاحظات
۱	مسئول بهره برداری	محل نشستی گسکت بوده، تعویض می گردد و کمپرسور آماده راه اندازی است	گزارش به OSC
۲	HSE Advisor	تبادل اطلاعات با تیم عملیاتی آتش نشانی سایت از هرگونه نشستی عاری است	گزارش به OSC
۳	POB Person	گرفتن و ثبت آمار محل تجمع	گزارش به OSC
۴	Data Log	دریافت اطلاعات	ثبت و بروز رسانی LOG PAPER
۵	لجستیک	به روز رسانی SITAC، وضعیت مصدوم رو به بهبود است.	گزارش به OSC
۶	دستیار OSC	جوابگویی تلفن های مرکز فرماندهی، بررسی رویه های راه اندازی	گزارش به OSC
۷	فرمانده صحنه OSC	کسب اطلاعات از اعضای تیم؛ بررسی SITAC	

پس از اعلام رفع نشستی توسط مسئول بهره برداری و مناسب بودن شرایط راه اندازی ایمن سکو، فرمانده صحنه

(OSC) تایم اوت پنجم را اعلام می کند:

کتابچه آموزشی فرماندهان صحنه

Time Out NO:5 10:45		علت و تغییر رخ داده : آمادگی راه اندازی ایمن سایت
ردیف	سرفصل موضوع	شرح ابلاغ شده
۱	رویه PSSR	تمام الزامات <i>PSSR</i> Pre Startup Safety Review در گزینه توقف ناگهانی ناشی از نقص فنی (نشتی و...) انجام شود.
۲	راه اندازی	سکو طبق رویه راه اندازی مربوطه در سرویس قرار گیرد
۳		به پالایشگاه خشکی اعلام آمادگی دریافت خوراک
۴		شرایط آماده باش حفظ شود.

پس از تایم اوت پنجم اعضای مرکز فرماندهی صحنه، طبق جدول زیر به فعالیت ها برگشته و فرمانده صحنه (OSC) به مدیر شرایط اضطراری (E. M) گزارش می دهد.

ردیف	سمت	فعالیت انجام داده/گزارش دریافت شده	ملاحظات
۱	مسئول بهره برداری	راه اندازی/سکو در سرویس قرارگرفت، خشکی خوراک دریافت کرد	گزارش به OSC
۲	HSE Advisor	تبادل اطلاعات با تیم عملیاتی آتش نشانی، حفظ هوشیاری	گزارش به OSC
۳	POB Person	-----	
۴	Data Log	دریافت اطلاعات	ثبت و بروز رسانی LOG PAPER
۵	لجستیک	بروز رسانی SITAC، اطلاع رسانی به مسئولین بنادر	گزارش به OSC
۶	دستیار OSC	جوابگویی تلفن های مرکز فرماندهی، شروع گزارش مدیریتی بر اساس اطلاعات Data Log	گزارش به OSC

پس از اعلام راه اندازی توسط مسئول بهره برداری و ایمن بودن شرایط سکو توسط HSE ADV. فرمانده صحنه تایم اوت ششم را اعلام می کند.

Time Out NO:6 12:00	علت و تغییر رخ داده: راه اندازی ایمن سایت
------------------------	---

کتابچه آموزشی فرماندهان صحنه

ردیف	سرفصل موضوع	شرح ابلاغ شده
۱	نرمال سازی	شرایط سایت نرمال شده، کارها طبق روال معمول پیگیری شود.
۲		حریم خطر لغو شود، کشتی های پشتیبانی و آتش خوار به وضعیت نرمال برگردند.
۳		صادرات سکو به خشکی و کشتی نرمال شود
۴		از همه همکاران تشکر لازم بعمل آید.

پس از تایم اوت ششم فرمانده صحنه گزارش نهایی را به مدیر شرایط اضطراری ارائه نمود.

اعضای تیم مرکز فرماندهی صحنه (CP) پس از انجام موارد ابلاغ شده در تایم اوت اختتامیه شرکت نمودند.

Time Out NO:7 12:30		علت و تغییر رخ داده: جمع بندی نهایی
ردیف	سرفصل موضوع	شرح ابلاغ شده
۱	جمع بندی، اختتامیه	هر واحد عملکرد خود را بررسی، گزارش آن را تهیه کند
۲		دستیار جلسه بررسی علل حادثه و بررسی عملکرد را سه روز آینده برگزار کند.
۳		بهره برداری و تعمیرات سوابق خرابی کمپرسور را در جلسه RCA (فردا) بررسی و گزارش نهایی آن برای جلسه سه روز آینده آماده باشد.
۴		از همه همکاران تشکر لازم بعمل آید.

مانور در ساعت ۱۲:۳۰ پایان یافت.

لازم به ذکر است در اجرای هر سناریو، از چند نفر مزاحم نیز استفاده می گردید که هدف کنترل اختلال های احتمالی در فرآیند تصمیم گیری توسط فرمانده صحنه می باشد.

۳-۷ محاسبات منابع مورد نیاز آب و کف در آتش استخری

عملیات آتش نشانی بدون وجود مقادیر کافی آب و کف به نتیجه نمی رسد. عدم کفایت آب و فوم استفاده شده در حریق ممکن است سبب هدر رفت منابع و به دلیل ایجاد رواناب سبب دشوارتر شدن عملیات اطفاء حریق شود. بسته به نوع شرایط اضطراری ممکن است تصمیم به اطفاء یا کنترل حریق گرفته شود. مثلاً خاموش کردن آتش فورانی بخصوص در سیالات پرفشار بسیار دشوار است و معمولاً بهتر است ضمن کنترل آتش اجازه دهیم سیال بسوزد. اما برای خاموش کردن آتش استخری به شرط وجود آب و کف کافی می توان اقدام کرد. برای خاموش کردن آتش استخری باید تمام سطح حوضچه را با کف برای مدت زمان مشخصی پوشاند. می توان فرمول زیر را برای محاسبه مقدار محلول کف مورد نیاز استفاده کرد:

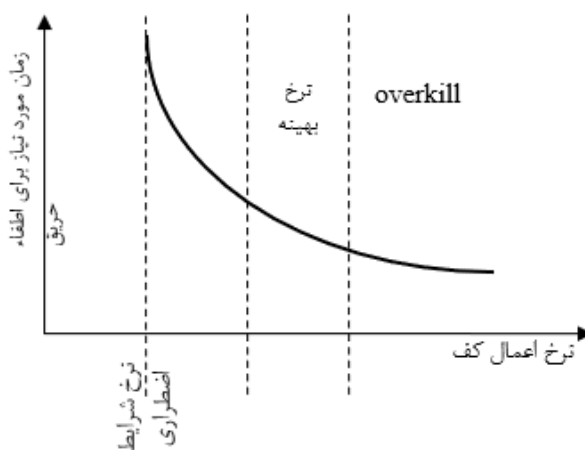
کتابچه آموزشی فرماندهان صحنه

مدت زمان اعمال $\times$ نرخ مورد نیاز اعمال محلول کف $\times$ سطح حریق استخری = مقدار محلول کف مورد نیاز (premix)
پس از محاسبه مقدار محلول کف بسته به نوع کف (۱٪، ۳٪ یا ۶٪) می توان به راحتی میزان آب و کنسانتره کف مورد نیاز را محاسبه کرد. در فرمول فوق مساحت سطح در شرایط اضطراری باید محاسبه یا تخمین زده شود.

برای نرخ مورد نیاز اعمال محلول کف و مدت زمان اعمال باید از استاندارد یا داده های سازنده استفاده کرد. منظور از نرخ اعمال کف مقدار محلول کفی است که در واحد زمان بر واحد سطح اعمال می شود به طور مثال وقتی برای خاموش کردن آتش در هر دقیقه ۲ لیتر محلول کف را بر هر مترمربع سطح سیال در حال سوخت اعمال کنیم نرخ اعمال کف ۲ لیتر بر دقیقه بر متر مربع است.

گاهی نرخ اعمال کف با مقدار کف تخلیه شده در واحد زمان اشتباه گرفته می شود. مقدار اعمال کف در واحد زمان به نسبت سطح آتش افزایش می یابد به این معنی که اگر نرخ ۲ لیتر بر دقیقه بر مترمربع را بر آتشی با سطح ۱۰ متر تخلیه کنیم به معنای تخلیه ۲۰ لیتر محلول کف در دقیقه است و اگر بر آتش به سطح ۱۰۰ متر مربع اعمال کنیم به معنای تخلیه ۲۰۰ لیتر محلول کف بر دقیقه است.

نرخ اعمال کف باید آنقدر باشد که گرمای آتش نتواند پوشش کف روی سیال را از بین ببرد و کف بتواند به سرعت قابل قبول روی سطح را بپوشاند و سیال را خفه کند. اگر نرخ اعمال کف کافی نباشد عملیات آتش نشانی شکست خواهد خورد و اثری جز اتلاف منابع و تولید رواناب نخواهد داشت. حداقل نرخ اعمال کف که می تواند تشکیل لایه سطحی دهد را نرخ شرایط اضطراری اعمال کف می گویند. شکل ذیل اثر تغییرات نرخ اعمال کف را بر مدت زمان اطفاء حریق نشان می دهد.



شکل ۲۶- نمودار اثر تغییر نرخ اعمال کف بر اطفاء حریق

منطقه بهینه یا نرخ بهینه منطقه‌ای است که با وجود آنکه نرخ اعمال کف نسبت به نرخ شرایط اضطراری افزایش خیلی زیادی ندارد اما زمان اطفاء حریق کاهش شدید دارد. این منطقه معمولاً بین ۲ تا ۳ برابر نرخ اعمال کف شرایط اضطراری است. همانطور که از شکل پیداست افزایش نرخ اعمال کف بیش از مقدار بهینه اثر چندانی بر زمان اطفاء حریق ندارد.

حداقل نرخ اعمال کف مورد نیاز بسته به نوع سیال، نوع و کیفیت کف، شرایط آب و هوایی و روش اعمال (مانیتور، نازل، سیستم کف پاش ثابت و ...) و مهارت آتش نشان در روش های دستی متفاوت است. بسیاری از سازندگان نرخ اعمال کف محصولات خود را با انجام آزمایشاتی محاسبه کرده و در اختیار خریدار قرار می‌دهند. همچنین برخی استفاده کنندگان به صورت تجربی اعدادی را برای نرخ اعمال کف استفاده می‌کنند. اما در هر حال این نرخ باید بالاتر از نرخ های اعلامی توسط استاندارد باشد. محلول کف را Premix نیز می‌گویند. جدول ۱۵ نرخ اعمال کف برای سناریو مختلف حریق را ارائه می‌دهد.

جدول ۱۵- نرخ اعمال کف مورد نیاز در سناریوهای مختلف حریق

نرخ اعمال کف	سناریو
gpm/ft^2	
۰/۱	اعمال کف با سیستم ثابت برای سوخت های هیدروکربنی
۰/۳	اعمال کف با سیستم ثابت برای ناحیه نشت بند مخازن سقف شناور روباز
۰/۱	اعمال کف بصورت زیرسطحی در مخازن سقف ثابت مخروطی
۰/۱	اعمال کف به وسیله تجهیزات قابل حمل برای ریزش سوخت های هیدروکربنی (FFFP, AFFF)
۰/۱۶	اعمال کف به وسیله تجهیزات قابل حمل برای ریزش سوخت های هیدروکربنی (P, FP)
۰/۱۶	اعمال کف به وسیله تجهیزات قابل حمل برای مخازن سوخت های هیدروکربنی
۰/۱۸ تا ۰/۲	اعمال کف به وسیله تجهیزات قابل حمل برای مخازن بسیار بزرگ سوخت های هیدروکربنی
حداقل ۰/۲	اعمال کف برای حلال های قطبی (حداقل ۲/ بسته به نوع سوخت و نوع کف متفاوت است)

مدت زمان اعمال آب و کف نیز همانند نرخ اعمال کف، فاکتور مهمی در اطفاء حریق می باشد. مدت زمان اعمال آب و کف زمانی است که کف به طور پیوسته به سطح سیال اعمال می شود و با تشکیل پتوی کف به عنوان مانع نفوذ هوا عمل کرده و آتش را خاموش می‌کند. قطع عملیات اعمال کف می‌تواند باعث از بین رفتن

کف موجود شود و لذا در صورت اعمال مجدد کف باید زمان را از ابتدا محاسبه کرد. جدول ۱۶ مدت زمان اعمال کف برای سناریو مختلف حریق را ارائه می دهد.

جدول ۱۶- مدت زمان اعمال کف در سناریوهای مختلف حریق

سناریو	مدت زمان (دقیقه)
مخزن با نقطه اشتعال بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ درجه فارنهایت	۵۰
مخزن با نقطه اشتعال کمتر از ۱۰۰ درجه فارنهایت	۶۵
نفت خام	۶۵
حلال قطبی	۶۵
محل نشست بند مخازن سقف شناور	۲۰
حوضچه انباشت سیال	۱۵

در جدول ۱۷ برای مثال میزان کف مورد نیاز مطابق استاندارد *EN 13565.2 or NFPA 11* برای حریق مخزن استوانه ای سقف شناور به قطر ۴۴ متر حاوی میعانات گازی در دو سناریو مختلف ارائه شده است:

جدول ۱۷- محاسبه میزان فوم مورد نیاز برای حریق مخازن استوانه ای سقف شناور بر اساس استاندارد *EN 13565.2* و

NFPA 11

نوع حریق	روش محاسبه میزان فوم مورد نیاز
الف) حریق دور نشست بند (Rim seal)	<i>Base on EN 13565.2 or NFPA 11</i> $\pi * d(D-d) = \text{rim seal area}$ $\pi * 0.6 * (44-0.6) = 81.7656 \sim 82 \text{ m}^2$ $82 * 12 = 984 \text{ Lpm foam solution}$ $984 * 20(\text{min}) = 19680 \text{ lit foam solution}$ $19680 * 97\% = 19089.6 \text{ Required water for } 20 \text{ min}$ $19680 - 19089.6 = 590.4 \text{ Required Foam for } 20 \text{ min}$ $19680 * .039 \text{ (max nominal admixture permissible rate for 3\% is 3.9\%)} = 767.52 \text{ lit foam Concentrate}$ Note: 20 min may have to be increased
ب) حریق تمام سطح مخزن	<i>For full surface application rate</i> <i>Base on EN 13565.2 or NFPA 11</i> Diameter: 44 m $F_o = 2.5$ Foam Concentrate Garde 2A $F_c = 1$ Application rate $Q = 4 * 2.5 * 1 = 101 \text{ pm/m}^2$ Application time: 60 min Foam solution: $1520(\text{m}^2) * 10 = 15200 \text{ Lpm}$

نوع حریق	روش محاسبه میزان فوم مورد نیاز
	<i>Storag Tank Type External Floating Roof Internal</i> <i>Base on EN 13565.2 or NFPA 11</i> <i>Diameter = 44.3 m</i> <i>Area to be protected : 1541 (m²)</i> <i>Minimum Application rate: 11 Lpm/m²</i> <i>Minimum Discharg tim: 60 min</i> <i>Stored fluid Forexample : C5 + , IB</i> <i>Foam Concentrate Type: AR-AFFF 3% (Recommended), EN- Certified 1B</i> <i>Minimum Required Foam Solution 16951 Lpm</i> <i>Minimum Foam Concentrate Required: 39665 Lit</i> <i>Foam or Foam Proportion</i> <i>Proportioning System</i> <i>Foam Dosing System or Water</i> <i>Driven Foam Proportion System</i>