

کتاب جامع

بهداشت عمومی

فصل ۵ / گفتار ۲ / دکتر ایرج محمدفام، دکتر جواد عدل (ره)

ایمنی کار و کنترل خطرات و بیماری‌های ناشی از کار

فهرست مطالب

اهداف درس	۷۸۹
مقدمه	۷۸۹
ایمنی کار	۷۹۰
شناسایی خطرات (Hazard Identification)	۷۹۱
تعریف خطر	۷۹۲
ارزیابی خطرات (Hazard Assessment)	۷۹۳
برنامه کنترل خطرات (Hazard Control Program)	۷۹۵
۱) از بین بردن یا حذف خطر (Hazard Elimination)	۷۹۷
۲) محدود سازی خطر (Hazard Limitation)	۷۹۷
۳) استفاده از طرح‌ها و دستگاه‌های ایمنی (Use of safety devices)	۷۹۷
۱-۳) دستگاه‌هایی که به خاطر سیستم، از بین می‌روند (Fail-safe devices : FSD)	۷۹۸
۲-۳) قفل‌های ایمنی (Safety Locks)	۷۹۸
۳-۳) دستگاه‌های تن به ضرر کم دادن (Minor Loss acceptance)	۷۹۸
۴-۳) مانیتورها (Monitors)	۷۹۹
۵-۳) دستگاه‌های هشدار دهنده (Warning devices)	۷۹۹
۴) استفاده از طرح‌های فرار و بقاء (Escape & survival)	۷۹۹
۵) سیستم‌ها و دستگاه‌های امداد (Rescue)	۸۰۰
۶) جداسازی (Isolation)	۸۰۰
منابع	۸۰۱

ایمنی کار و کنترل خطرات و بیماری‌های ناشی از کار

Workplace safety and control of occupational hazards and diseases

دکتر ایرج محمدفام*، دکتر جواد عدل (ره)**

* دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان

** دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

اهداف درس

انتظار می‌رود فراگیرنده، پس از گذراندن این درس، بتواند:

- خطر را تعریف کند
- نحوه شناسایی خطر را شرح دهد
- چگونگی ارزیابی خطرات را توضیح دهد
- نحوه از بین بردن یا حذف خطر را شرح دهد
- طرح‌ها و دستگاه‌های ایمنی را نام ببرد
- چگونگی استفاده از طرح‌های فرار و بقاء را توضیح دهد
- سیستم‌ها و دستگاه‌های امداد را نام ببرد
- انواع تکنیک‌های شناسایی خطرات را نام برده هریک از آنها را توضیح دهد
- کاربرد تکنیک تجزیه و تحلیل خطاهای کاری را بیان کند.

مقدمه

در زبان عامیانه کار به صورت آنچه که فرد به عنوان یک شغل انجام می‌دهد تا درآمدی داشته باشد تعریف می‌شود. ولی به عبارت دقیق‌تر، کار عبارتست از استفاده از جسم و فکر یک فرد برای انجام یا ساختن چیزی بشرط آنکه جنبه استراحت و بازی نداشته باشد. طبیعی است که بشر در انجام هر کاری هدف بدست آوردن نتیجه بیشتر و بهتر و مرغوبتر را دنبال می‌کند. وقتی از فکر و جسم انسان به خوبی و به درستی استفاده

شود نتیجه کار بهتر و بیشتر و مورد پسندتر خواهد بود. اگر تجهیزات و ابزارری که برای سرعت بخشیدن به انجام کار و ممکن ساختن کارهای عظیم، مورد استفاده انسان قرار می‌گیرند بخوبی نگهداری شده و همواره آماده ارائه خدمات باشند نتیجه حاصل از کار را برای زمان‌های طولانی‌تری تداوم بخشیده و ازدیاد آنرا میسر می‌سازند. دقت در انتخاب و کیفیت مواد و مصالح مورد استفاده در انجام کار و همین‌طور دقت در کیفیت انجام خود کار و محصول بدست آمده، درجه تقاضا و مقبولیت محصول را افزایش می‌دهد. به همین دلیل امروزه مسایل و موضوعات مختلفی چون **نیروی کار** (شامل انتخاب، دانش، آموزش، مهارت و تواناییهای جسمی و ذهنی و ...)، **روش‌های کاری** (مطالعه و تغییر روش‌ها به منظور دستیابی به روش‌های ساده، ممکن، کارآ و کم هزینه و ...)، **تجهیزات و ابزار کار** (شامل طراحی و ساخت مناسب، روش‌های استفاده بهینه، برنامه‌های تعمیر و نگهداری و ...) و **کیفیت** (شامل کیفیت مواد مصرفی، میانی و محصول). کیفیت انجام کار و ... بسیار مورد توجه قرار گرفته و به صورت رشته‌های خاصی مورد مطالعه پیوسته انسان می‌باشند.

اما نکته‌ای که قابل ذکر است اینکه وقتی انسان در انجام کار به میزان بسیار ناچیزی از درستی انجام کار دور می‌شود (که در بسیاری از موارد این دور شدن کاملاً غیر عمد و بعضاً به دلایلی اجباری است) نتیجه کار لطمه بزرگی می‌خورد و آنطوری که باید بهتر و بیشتر و مورد پسندتر باشد نمی‌گردد. یا اینکه وقتی در انتخاب مواد اولیه و کیفیت آنها دقت کافی مبذول نمی‌گردد (که می‌تواند به دلایل اقتصادی، جغرافیایی، سیاسی و ... باشد) منجر به پایین آمدن کیفیت محصول و نتیجه کار می‌گردد. مواقعی که ابزار و تجهیزات کار بخوبی نگهداری نشده و بدرستی مورد استفاده قرار نگیرند ضمن کوتاه شدن عمر کاری آنها در بعضی مواقع شکستگی، فرسودگی و از کار افتادگی زودرس، پیش آمده و باعث لطمه وارد شدن به اهداف انسان می‌گردد. همه این اتفاقات یعنی پایین آمدن کیفیت محصول و نتیجه کار و کم شدن آن نسبت به تلاشی که برای انجام کار مبذول شده، از همان ابتدا که بشر شروع به کار نموده وجود داشته است و به همین دلیل یکی دیگر از موضوعاتی که مورد توجه انسان قرار گرفته **ایمنی کار** می‌باشد.

از همان آغاز، بشر به فکر این بوده که در انجام هر کاری جنبه ایمنی آنرا مورد مطالعه قرار داده و از اتفاقاتی که منجر به کاهش میزان محصول یا نتیجه کار و پایین آمدن کیفیت آن و هدر رفتن نیرو و تلاش‌های فراوان صرف شده برای انجام کار میگردند جلوگیری نماید. مثال زیر توجه انسان اولیه به ایمنی کار را بخوبی نشان می‌دهد:

بشر اولیه وقتی تلاش نمود که سنگی را با کمک نیروی بازو طوری بشکند یا به اصطلاح امروزی طوری بتراشد که لبه نسبتاً نازک و تیزی داشته باشد تا بتواند مثلاً بدن حیوان شکار شده را ببرد خیلی زود متوجه شد که پس از انجام کار، آن قسمت از سنگ که بدست گرفته بود باعث وارد شدن صدمه به دست او شده است و لذا با پیچیدن برگ درخت به دور آن میزان صدمه وارده به دست را کاهش داد. این همان فکر و توجه به ایمنی کار می‌باشد.

ایمنی کار

همانطور که در مقدمه اشاره شد ایمنی کار یعنی تلاش برای جلوگیری از آنچه که باعث کاهش میزان

محصول یا نتیجه کار و پایین آمدن کیفیت آن و هدر رفتن نیرو و تلاش‌های صرف شده در انجام کار می‌گردد. امروزه ایمنی کار به صورت‌های مختلفی چون پیشگیری از حوادث یا داشتن سطح قابل قبول ریسک‌های مختلف موجود در انجام کار تعریف شده است. یکی از بهترین تعاریف عبارتست از میزان یا درجه فرار از خطرات (Degree of freedom from hazards) قسمت اصلی در این تعریف، فرار از خطرات می‌باشد و کلمه میزان یا درجه برای تعیین محدوده و مرز بکار رفته است. به مثالی که در مورد بشر اولیه در مقدمه اشاره شد توجه کنید. بشر اولیه می‌توانست برای جلوگیری یا کاهش میزان صدمه به دست یک یا چند برگ درخت را روی دسته سنگ بپیچد. طبیعی است که هرچه تعداد برگ‌های درخت پیچیده شده بیشتر باشد میزان صدمه به دست در حین انجام کار کمتر می‌شود. از طرف دیگر زیاد شدن تعداد برگ‌های پیچیده شده مانعی در انجام راحت و درست کار به شمار می‌آید. بنابراین به خود آن انسان اولیه بستگی داشت که تصمیم گرفته و از یک یا چند برگ درخت استفاده نماید. اگر دست‌هایش بزرگ و قوی بود بخوبی از عهده گرفتن دسته سنگ با چند لایه برگ برمی‌آمد و برعکس. پس می‌توان گفت که هر شخص، هر صنعت، هر کارخانه، هر سازمان و هر کشوری باید خود تصمیم بگیرد که میزان یا درجه فرار از خطرات یا ایمنی چقدر باشد. این بستگی درجه یا میزان ایمنی به خود هر سازمان و کشور یکی از عمده ترین دلایلی است که موجب شده تا امروزه ایمنی نتواند، همانند کیفیت و محیط زیست به صورت استانداردهای بین المللی مطرح شود. تصمیم گیری در مورد این میزان یا درجه ایمنی به عوامل مختلفی مربوط می‌شود که عبارتند از:

(۱) دانش و آگاهی: هرچه سطح دانش و آگاهی یک فرد، صنعت یا سازمان بالاتر باشد بیشتر تمایل خواهد داشت که میزان ایمنی را بالاتر ببرد. مثلاً اگر در صنعتی میزان صدای موجود بالا باشد و افراد مشغول به کار و مسئولین صنعت، به موضوع آلودگی صدا و اثرات آن در سلامتی انسان‌ها و حد مجاز قرار گیری در معرض صدا در طول ساعات کار، آگاهی داشته باشند طبیعی است که به فکر رفع و کنترل صدا خواهند بود. در غیر این صورت اصلاً به وجود صدا پی نخواهند برد.

(۲) توانایی‌های مختلف: اگر صنعت مورد نظر، امکانات مالی خوبی نداشته باشد با وجود تمایل مسئولین و افراد مشغول به کار در آن صنعت برای رفع و کنترل خطر آلودگی صوتی امکان انجام کار مهمی ممکن نخواهد بود. به همین ترتیب سایر امکانات نظیر امکانات فیزیکی، اجتماعی، سیاسی و تکنولوژیکی به صورت مانعی در بالا بردن درجه فرار از خطر خواهند بود. میزان یا درجه ایمنی، نشانگر آن است که ایمنی قابل اندازه گیری است. با تعیین مقدار آن هم می‌توان وضعیت ایمنی یک صنعت یا سازمان را در یک زمان خاص معین ساخت و هم با مقایسه وضعیت ایمنی موجود در دو زمان مختلف در مورد برنامه‌های ایمن سازی و ارتقاء سطح یا درجه ایمنی صنعت یا سازمان در دوره محدود به دو زمان مزبور اظهار نظر نمود.

شناسایی خطرات (Hazard Identification)

پس از روشن شدن مفهوم میزان یا درجه در ابتدای تعریف ایمنی به قسمت اصلی آن یعنی فرار از

خطرات یا دوری گزیدن از خطرات می‌پردازیم. برای آنکه بتوان از خطرات دوری کرد یا به اصطلاح از آن‌ها فرار کرد باید در وهله اول آن‌ها را شناسایی نمود و قبل از هر چیز باید خود خطر را تعریف کرد :

تعریف خطر

شرایطی که دارای پتانسیل یا بالقوه‌گی وارد آوردن آسیب بدنی و خسارت مالی به انسان باشد را خط می‌نامند. خطر دارای انواع مختلفی است که از آن جمله می‌توان به خطرات زیر اشاره نمود :

۱) خطرات فیزیکی (Physical hazards) مانند تغییر فاز، انتقال گرما، تبخیر و ایجاد سرما

۲) خطرات شیمیایی (Chemical hazards) مانند قابلیت اشتعال، قابلیت انفجار، ناپایداری و میل ترکیبی فراوان

۳) خطرات تهدید کننده سلامتی (Health hazards) هر ماده شیمیایی یا هر جسم دیگری که طبق مدارک علمی موجود می‌تواند در هنگام قرارگیری انسان در معرض آن‌ها اثرات سوء آنی (Acute effects) یا درازمدتی (Chronic effects) در سلامتی انسان داشته باشد. از جمله مواد شیمیایی مزبور می‌توان به انواع زیر اشاره کرد: مواد Carcinogen، مواد سمی (toxic agents) یا reproductive toxins، مواد تحریک کننده (irritants) مواد خورنده (Corrosives)، مواد حساسیت زا (Sensitizers)، موادی که به کبد صدمه می‌زنند (hepatotoxins)، موادی که به کلیه‌ها آسیب می‌رسانند (nephrotoxins)، موادی که روی سلول‌های عصبی اثر دارند (neurotoxins)، موادی که در مکانیسم تولید خون اثر سوء دارند، مواد آسیب رسان به ریه‌ها، پوست و چشم‌ها.

بنابراین شناسایی خطرات یعنی شناسایی و تشخیص شرایط موجود در محیط کار یا زندگی انسان. بعضا این شرایط به آسانی قابل تشخیص می‌باشند و متخصصین ایمنی، همانند یک پزشک به هنگام رویارویی با یک بیمار، با مشاهده دقیق یک فعالیت یا یک وضعیت یا محیط کار، بسیاری از خطرات را تشخیص می‌دهند. این نوع شناسایی خطر را اصطلاحاً تحت عنوان Walking, talking through method می‌خوانند که درست شبیه ویزیت و معاینه کردن بیمار توسط یک پزشک می‌باشد. بسیاری از شرایط هم هستند که به آسانی قابل تشخیص و شناسایی نبوده و نیاز به استفاده از روش‌های پیچیده، پرهزینه و زمان بر دارند. درست نظیر پزشکی که برای تشخیص بیماری نیاز به نمونه برداری و انجام آزمایش‌هایی دارد، در شناسایی خطرات هم روش‌های مشابهی وجود دارند. امروزه نزدیک به ۱۲۷ روش یا تکنیک شناسایی خطرات وجود دارد که به تدریج و با گذشت زمان در جریان توسعه علم ایمنی ابداع و بکار برده شده‌اند. بعضی از این تکنیک‌ها خطرات خاصی را مورد شناسایی قرار می‌دهند و بعضی دیگر برای شناسایی خطرات بالقوه یک فعالیت یا دستگاه خاص بوجود آمده‌اند. در جدول شماره ۱ - اسامی تعدادی از این تکنیک‌ها ارائه شده است.

جدول ۱ - اسامی تعدادی از تکنیک‌های شناسایی خطر

نام تکنیک	شرح	موارد کاربرد
تجزیه و تحلیل خطاهای کاری Action Error Analysis	این تکنیک، تداخل بین انسان و ماشین را بررسی می‌کند و خطاهای بالقوه انسان را در انجام وظایف، شناسایی می‌نماید	در مورد مشاغلی چون جراحان، خلبانان و کنترل‌کننده‌های اطاق فرمان صنایع، کاربرد دارد.
ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظها و موانع Energy Trace & Barrier Analysis	جریان انرژی‌های مختلف را ردیابی کرده و جریان‌های ناخواسته را مشخص می‌سازد	در کلیه سیستم‌هایی که دارای انرژی هستند کاربرد دارد. مانند فرایندهای شیمیایی
تجزیه و تحلیل علت - پیامد Cause Consequence Analysis	ترکیبی از روش‌های بالا به پایین و پایین به بالا می‌باشد (Even Trace Fault Trace)	در مواردی که ریسک‌های ترکیبی یک سیستم، ارزیابی می‌شوند کاربرد دارد
تجزیه و تحلیل تغییرات Change Analysis	اثرات اصلاحات و تغییرات را بررسی می‌کند	در همه سیستم‌ها وقتی تغییری ایجاد شد و نکته اصلاحی انجام شد کاربرد دارد
تکنیک وقایع بحرانی Critical Incident Technique	روشی جهت شناسایی شرایط ناامن و خطاهای انسانی می‌باشد	کادر بهره برداری وقتی اطلاعات کافی در مورد عملیات را جمع آوری کردند این روش مورد استفاده قرار می‌گیرد
تجزیه و تحلیل انواع نقص‌ها و اثرات آنها در سیستم Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)	یک تجزیه و تحلیل قابلیت اعتماد سیستم می‌باشد	در مورد سیستم‌های الکتریکی، الکترونیکی هوا فضائی و سخت افزارهای مختلف کاربرد دارد
تجزیه و تحلیل غفلت‌ها و فراموشکاری‌های مدیریتی Management oversight and Risk Trace Analysis (MORT)	روشی جهت تجزیه و تحلیل حوادث به صورت سیستماتیک می‌باشد	در مورد همه حوادث، قابل اجرا است

ارزیابی خطرات (Hazard Assessment)

پس از شناسایی خطرات برنامه کنترل خطرات اجراء می‌شود تا خطرات شناسایی شده به کلی از بین برده شده یا به نوعی تحت کنترل در آیند. اینکه برنامه کنترل خطر را باید از کدام خطر یا خطرات آغاز نمود نیاز به تعیین اولویت‌های خطرات دارد. برای تعیین اولویت خطرات، اولین کار محاسبه ریسک آنها می‌باشد. در ساده ترین

تعریف ریسک هر خطر از حاصل ضرب احتمال تبدیل شدن آن خطر به حادثه (احتمال وقوع حادثه) در پی آمد حاصله یا شدت حادثه به دست می‌آید. هم احتمال وقوع و هم پی آمد حادثه هر دو به صورت عدد کیفی بیان می‌شوند و معمولاً بر اساس نظر خبرگان، مستندات موجود، بانک‌های داده و شبیه‌سازی‌ها می‌گردند. چنانچه در صنعتی حوادث اتفاق افتاده به طور دقیق ثبت نشده و در نتیجه محاسبه احتمال وقوع و پی‌آمد از حوادث امکان‌پذیر نباشد می‌توان با توجه به آمار صنایع مشابه در نقاط مختلف کشور یا حتی جهان این ارقام را محاسبه کرد. به همین دلیل است که ثبت حوادث و نگهداری اطلاعات مربوطه حائز اهمیت فراوان می‌باشد. آنچه که در محاسبه ارقام مورد بحث مهم است این است که اگر احتمال وقوع در مورد یک حادثه خاص یا در مورد یکی از خطرات شناسایی شده بر حسب مثلاً درصد بیان شود باید در مورد بقیه خطرات نیز بر حسب درصد معین شود. پی‌آمد هم به همین ترتیب است یعنی اگر در مورد یکی از خطرات بر حسب مقدار کل خسارت وارده یا بر حسب تعداد کل روزهای از دست رفته محاسبه شود باید در مورد کلیه خطرات به همین ترتیب عمل شود. در غیر این صورت، ریسک هر خطر به صورت مجزا و یک عدد بیان می‌شود و قابل مقایسه با سایر ریسک‌ها نخواهد بود.

با محاسبه ریسک مربوط به کلیه خطرات شناسایی شده لیستی تهیه می‌شود که در آن ریسک‌های بزرگتر یا بیشتر در اول و ریسک‌های کوچکتر یا کمتر در آخر لیست قرار می‌گیرند و بدین ترتیب اهمیت و اولویت خطرها نسبت به همدیگر تعیین می‌گردد. پس از آماده شدن این لیست با توجه به خط مشی ایمنی (Safety policy) صنعت یا سازمان مورد مطالعه به خطرات مختلف ضرایبی داده می‌شود. مثلاً اگر خطرات مربوط به یک دستگاه خاص که با ارزش خارجی خریداری شده و به دلیل کمبود منابع ارزی از اهمیت خاصی برخوردار است به آن‌ها ضریبی بیشتر از یک (در مقایسه با سایر خطرات و اهمیت آن‌ها) تعلق می‌گیرد. این نوع اهمیت دادن‌ها در خط مشی ایمنی مشخص می‌شود. حالا اگر خطری ضریب ۲ داشته باشد ریسک مربوط به آن در ۲ ضرب می‌گردد. پس از دادن ضرایب مربوط به تک تک خطرات لیست دقیق اولیتهای آن‌ها با توجه به ریسک ضرب شده در ضریب تهیه می‌گردد.

امروزه سعی می‌شود که پس از تدوین خط مشی ایمنی، ماتریس ریسک (Risk matrix) نیز تهیه گردد. در ماتریس ریسک که نمونه‌ای از آن در شکل ۱ نشان داده شده احتمال وقوع در محور X ها و پی‌آمد حادثه در محور Y ها برده می‌شود. از جمله نقاط لازم در خط مشی ایمنی تعیین سطح یا میزان ریسک‌پذیری یا ریسک قابل قبول صنعت یا سازمان می‌باشد که به صورت خطی در ماتریس ریسک مشخص می‌گردد.

وقتی لیست ریسک‌های خطرات شناسایی شده تهیه شد همه آن ریسک‌ها را به ماتریس ریسک منتقل می‌کنند. آن دسته از ریسک‌هایی که در پایین خط سطح ریسک‌پذیری قرار دارند خودبخود از لیست خطرات قابل کنترل حذف می‌شوند و ریسک‌های قرار گرفته در بالای سطح ریسک‌پذیری، مورد توجه قرار گرفته و بین خود به همان ترتیب فوق‌الذکر (با در نظر گرفتن ضرایب اهمیت آن‌ها) تعیین اولویت شده و برای اجرای برنامه کنترل خطرات آماده می‌شوند. در جدول ۲ - نمونه‌ای از ماتریس سه بعدی ارائه شده است:

جدول ۲ - ماتریس ریسک (Risk Assessment Matrix)

شدت	احتمال						پیامد			قابلیت کشف	
	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳	سطح ۴	سطح ۵	سطح ۶	اعتبار	محیط زیست	سرمایه		انسان
۱	سبز	سبز	سبز	سبز	سبز	سبز	بدون اثر	بدون اثر	بدون آسیب	بدون جراحت یا آسیب	۱
۲	سبز	سبز	سبز	سبز	زرد	زرد	اثرات خفیف	اثرات خفیف	آسیب خفیف	جراحات یا اثرات سطحی	۲
۳	سبز	سبز	سبز	زرد	زرد	قرمز	اثرات جزئی	اثرات جزئی	آسیب جزئی	جراحات یا اثرات جزئی	۳
۴	سبز	سبز	زرد	زرد	قرمز	قرمز	اثرات قابل توجه	اثرات موضعی	آسیب موضعی	جراحات یا اثرات عمده	۴
۵	سبز	زرد	زرد	قرمز	قرمز	قرمز	اثرات ملی	اثرات عمده	آسیب شدید	مرگ‌ومیر یا ناتوانی دائمی	۵
۶	زرد	زرد	قرمز	قرمز	قرمز	قرمز	اثرات بین‌الهی	اثرات وسیع	آسیب گسترده	مرگ‌ومیر متعدد یا ناتوانی کلی	۶

برنامه کنترل خطرات (Hazard Control Program)

پس از تعیین خطراتی با ریسک‌های غیرقابل قبول، ضروری است اقدامات لازم جهت کنترل آنها به شرح زیر به عمل آید:

الف- حذف علل ریشه‌ای نقص

ب- کاهش وخامت اثر خطا

ج- افزایش احتمال کشف نقص در فرآیند

د- افزایش رضایت کاری کارکنان از وضعیت ایمنی

در این فاز توجه به چهار اصل زیر حیاتی است:

۱. برای هر خطری با ریسک غیرقابل قبول بیش از یک راهکار ارائه کنید. این امر باعث می‌شود دست مدیریت برای اعمال اصلاحات بازتر بوده و احتمال پذیرفته شدن راهکار پیشنهادی شما بیشتر شود. برای

این کار می‌توانید از استراتژی‌های دهگانه‌ی هادون^۱ استفاده کنید. این اصول دهگانه با توجه به مدل انرژی و سه عنصر آن یعنی خطر، حفاظ و عنصر آسیب‌پذیر دسته‌بندی می‌شوند (جدول ۳):

جدول ۳- راهبردهای کنترل خطر بر اساس مدل انرژی هادون

راهبردهای مرتبط با خطر:	راهبردهای مرتبط با حفاظ	راهبردهای مرتبط با عنصر آسیب‌پذیر
از ایجاد انرژی جلوگیری کنید. کیفیت انرژی را تعدیل و اصلاح کنید. کمیت انرژی را تعدیل و اصلاح کنید. از رهایی کنترل‌نشده‌ی انرژی جلوگیری کنید. نرخ و نحوه‌ی توزیع انرژی آزادشده را تعدیل کنید.	از جداسازی مکانی و زمانی منبع انرژی و عنصر آسیب‌پذیر استفاده کنید. به حفاظ‌گذاری فیزیکی و جداسازی از طریق موانع بیندیشید.	افزایش مقاومت عنصر آسیب‌پذیر در برابر صدمات ناشی از جریان انرژی را مدنظر قرار دهید. به محدود کردن و مقابله با تلفات، جراحات و آسیب‌های حاصله فکر کنید. به تعمیر و توان‌بخشی عنصر یا فرد آسیب‌دیده توجه کنید.

۲. در تعیین راهکارهای کنترلی اولویت‌های ایمنی سامانه را به شرح زیر در نظر داشته باشید.

- طراحی ایمن (به‌طوری‌که ریسک‌ها به حداقل ممکن تقلیل یابند): اجرای این مرحله با پیاده‌سازی فرایند ارزیابی و مدیریت ریسک در فازهای ایده و تفکر و طراحی امکان‌پذیر می‌شود. در این صورت امکان شناسایی و حذف خطرات قبل از ساخت و به‌کارگیری سامانه‌ها عملی می‌شود.
- تعبیه‌ی تدابیر ایمنی: تدابیر ایمنی به کلیه‌ی تجهیزات و اقداماتی گفته می‌شود که قادرند خطرات را شناسایی و بدون نیاز به اقدام افراد درگیر با آن‌ها، کنترل کنند. فیوزها، رله‌ها، شیرهای ایمنی و... نمونه‌ای از این تدابیر به شمار می‌روند.
- فراهم کردن وسایل هشداردهنده: این‌گونه تدابیر به‌تنهایی امکان کنترل خطرات را نداشته و به‌هنگام بالفعل درآمدن خطرات تنها به ارائه‌ی هشدارهای لازم به افراد بسنده می‌کنند. انواع آلارم‌های هشداردهنده نمونه‌ای از این تدابیر محسوب می‌شوند.
- گسترش و بهبود دستورالعمل‌های عملیاتی، آموزش‌ها و...: این‌گونه تدابیر برای موفقیت به اقدام کاربران متکی هستند؛ به‌عبارت‌دیگر استفاده از این تدابیر زمانی موفقیت‌آمیز خواهد بود که کاربران آموزش‌های ارائه‌شده را فراگرفته و به مفاهیم ارائه‌شده در آن‌ها عمل کنند.
- پذیرش ریسک: در صورتی‌که بنا به دلایل مختلف امکان کاهش ریسک‌ها به حد قابل‌قبول نباشد لازم

¹ Haddon

است:

۳. هزینه‌های احتمالی پیاده‌سازی راهکارهای پیشنهادی را برآورد و ارائه دهید. بیان هزینه‌های احتمالی کنترل خطرات به همراه میزان کاهش ریسک مورد انتظار آن‌ها، تصمیم‌گیری مدیریت درباره‌ی پذیرش راهکارهای پیشنهادی را تسهیل می‌نماید.

۴. برای راهکارهای پیشنهادی مصوب، تاریخ اجرا و مسئول مشخص تعیین کنید. این امر باعث می‌شود که واحد یا شخص مسئول خود را در برابر هرگونه اهمال یا سستی مسئول دانسته و پیگیر اجرای مصوبات مربوطه باشد.

رویکردهای کلی برای کاهش ریسک‌های غیر قابل قبول عبارتند از:

۱) از بین بردن یا حذف خطر (Hazard Elimination)

برای کنترل هر خطر اول باید تلاش شود که به ترتیبی خطر از بین برده شده یا حذف گردد و معمولاً با خطر دیگری جایگزین می‌گردد. این کار با تغییر تکنولوژی و فرآیند یا تعویض و جایگزینی مواد عملی می‌گردد. طبیعی است وقتی فرآیندی تغییر یافت و خطر مورد بحث از بین رفت در فرآیند جدید هم خطر یا خطراتی وجود خواهد داشت که باید همواره سعی شود تا انتخاب فرآیند جدید به صورتی باشد که خطرات جدید از نظر میزان ریسک در منطقه پایین خط سطح ریسک پذیری مشخص شده در ماتریس ریسک قرار داشته باشند و دیگر نیازی به کنترل مجدد نباشد. به عنوان مثال می‌توان به تغییر رنگ‌های اتومبیل از سیستم حلالی مرسوم به سیستم آبی جدید اشاره نمود که در آن پایه یا base رنگ‌ها از حلال‌های آلی به آب تبدیل شده و بدین ترتیب خطر حلال‌ها (خطرات تهدید کننده سلامتی) از بین رفته و سیستم جدید دیگر خطری از این بابت ندارد.

۲) محدود سازی خطر (Hazard Limitation)

وقتی امکان از بین بردن و حذف خطر وجود نداشته باشد باید سعی نمود که به نوعی خطر محدود گردد. محدود سازی می‌تواند هم از نظر مکانی (جغرافیایی) و هم از نظر زمانی و هم از نظر گروه افرادی که در معرض خطر قرار دارند عملی گردد. مثلاً عدم صدور مجوز صنعتی برای اطراف شهرها و ایجاد شهرک‌های صنعتی در کشور نمونه‌ای از محدود سازی کلیه خطرات صنایع به یک منطقه بنام شهرک صنعتی می‌باشد. ممنوع ساختن ورود افراد متفرقه به داخل انبار مواد شیمیایی (فقط انبار دار حق رفتن به داخل انبار دارد) نیز نوعی محدود سازی می‌باشد و بالاخره اجرای عملیات تعمیر و نگهداری در شیفت روز (طبق برنامه نگهداری) نوعی محدودسازی زمانی است.

۳) استفاده از طرح‌ها و دستگاههای ایمنی (Use of safety devices)

دستگاه‌های ایمنی همانطور که از نام آن‌ها پیداست دستگاه‌هایی هستند که ایمنی سیستم را فراهم

می‌نمایند و دارای انواع متعددی می‌باشند که به عنوان نمونه به چند نوع زیر اشاره می‌شود :

۱-۳) دستگاه‌هایی که به خاطر سیستم، از بین می‌روند (Fail-safe devices : FSD)

این دستگاه‌ها به هنگام خطر از کار می‌افتند یا به عبارت دقیق‌تر متوقف می‌شوند و سیستم را در حالت ایمن نگهداری می‌کنند. به عنوان نمونه می‌توان به فیوز برق در ورودی ساختمان یا دستگاه اشاره کرد که به محض بروز اشکال در سیستم برق رسانی (خطر مدار کوتاه یا کشیده شدن بار زیادتر از حد) می‌سوزد و باعث نجات سیستم یا دستگاه می‌شود. وقتی فیوز عمل کرد برق ساختمان یا دستگاه به کلی قطع و کار دستگاه متوقف می‌شود. به همین دلیل فیوز و امثال آنرا دستگاه‌های FSD از نوع انفعالی (Passive) می‌نامند. بعضی از این نوع دستگاه‌ها هستند که پس از عملکرد، کار سیستم یا دستگاه را در حداقل سطح ایمن، حفظ می‌کنند و باعث متوقف شدن کامل کار سیستم نمی‌گردند. آن‌ها را دستگاه‌های FSD از نوع عملیاتی (Operational) می‌نامند.

۲-۳) قفل‌های ایمنی (Safety Locks)

قفل‌های ایمنی بر سه نوع می‌باشند :

الف) قفل‌های درونی (Lock-ins) قفل‌هایی که خطر را در داخل به صورت محبوس نگه می‌دارند و اجازه نمی‌دهند که در معرض باشند. مثل قرار دادن سموم در یک هود یا قفسه مخصوص و قفل کردن درب آن. بدین ترتیب هیچکس بجز در مواقع ضروری و افراد با تجربه نمی‌تواند دسترسی به سموم داشته باشد و خطر سموم در داخل قفسه به صورت قفل شده می‌ماند. قفل پست‌ها و تابلوهای برق نیز از این نوع می‌باشند.

ب) قفل‌های بیرونی (Lock-outs) قفل‌هایی که بر عکس نوع اول خطر را در بیرون نگه داشته و اجازه ورود نمی‌دهند. بستن درها و پنجره‌ها و کلیه روزه‌ها به هنگام آلودگی هوا یا نشت گاز در محوطه صنعتی نوعی Lock-out می‌باشد که خطر آلاینده‌ها را در بیرون نگه داشته و از ورود آن‌ها به داخل سالن و منزل جلوگیری می‌نماید. کلیدهای برق ضد انفجار نوعی از این قفل‌ها به حساب می‌آیند که در محیط‌های دارای گازهای قابل اشتعال و انفجار نصب می‌گردند.

ج) قفل‌های خودکار (Inter-locks) قفل‌هایی که بطور خودکار و با بروز یک خطر، جریان بالا دستی یا کار سیستم را در بالا دست متوقف می‌سازند تا خطری بوجود نیاید. مثلاً در دیگ‌های بخار این نوع قفل با کم شدن جریان آب ورودی به دیگ که خطر انفجار را در پی دارد بطور خودکار شیر فلکه گاز ورودی به مشعل را می‌بندد و از بالا رفتن بیش از حد درجه حرارت در داخل دیگ جلوگیری می‌نماید. در ماشین‌های تراشکاری به محض باز کردن حفاظ شفاف روی قطعه کار قفل مزبور عمل کرده و برق موتور ماشین تراشکاری را قطع می‌نماید تا هیچ بخشی از قسمت‌های گردان در دسترس تراش کار نباشد.

۳-۳) دستگاه‌های تن به ضرر کم دادن (Minor Loss acceptance)

این دستگاه‌ها باعث می‌شوند که با وارد شدن یک ضرر و زیان کم از ضرر و زیان‌های بزرگتر جلوگیری شود. مثلاً صفحاتی بنام Rupture disk که در مخازن یا ظروف تحت فشار نصب می‌شوند و به محض بالا رفتن

فشار داخل مخزن از حد مجاز ترکیده و فشار را در مسیر خاصی آزاد می‌سازند و بدین ترتیب از انفجار مخزن تحت فشار جلوگیری می‌نمایند.

۴-۳) مانیتورها (Monitors)

با اینکه بسیاری از مانیتورها برای نشان دادن وضعیت یک فرآیند، طراحی و نصب می‌شوند و در جهت بهبود کیفی کار و محصول آگاهی‌های لازم را در اختیار انسان قرار می‌دهند ولی تعداد زیادی از آنها هم شرایط و موقعیت‌های پیش آمده خطرناک را به انسان نشان می‌دهند تا با اقدامات لازم از وقوع حادثه پیشگیری نماید. به عنوان مثال کیلومتر شمار اتومبیل در سرعت‌های پایین یک مانیتور به منظور اهداف تکنیکی است تا راننده با دیدن سرعت ماشین و موتور به موقع دنده عوض کرده و استفاده بهینه از موتور داشته باشد. ولی همین مانیتور در سرعت‌های بالاتر از ۸۰ کیلومتر در ساعت به عنوان یک دستگاه ایمنی عمل می‌کند و به راننده پیش آمدن حالت خطرناک را نشان می‌دهد و هیچگونه کار تکنیکی را دنبال نمی‌نماید.

۵-۳) دستگاه‌های هشدار دهنده (Warning devices)

از آنجاییکه انسان به دلایل مختلفی نظیر فراموشکاری، خواب آلودگی و بی توجهی در بسیاری از مواقع به مانیتورها توجه نکرده و حالات خطرناک پیش آمده را متوجه نمی‌شود همیشه در کنار مانیتورها دستگاه‌های هشدار دهنده ضرورتاً نصب می‌شوند تا توجه انسان را به حالات و موقعیت‌های خطرناک پیش آمده که توسط مانیتورها نشان داده می‌شوند جلب نماید. مثلاً در صنایع شیمیایی به محض بالا رفتن مقدار گازهای خطرناک در داخل دستگاه‌ها یا در محیط کار و رسیدن عقربه مانیتور به نزدیک حالات خطرناک هشدار دهنده‌های صوتی (آلارم) عمل کرده و توجه انسان‌ها را جلب می‌نماید. هشدار دهنده‌های بینایی به صورت روشن شدن لامپ یا چشمک زدن لامپ عمل می‌کنند.

۴) استفاده از طرح‌های فرار و بقاء (Escape & survival)

سه مرحله فوق‌الذکر در برنامه کنترل خطر مخصوص جلوگیری از تبدیل شدن خطر به حادثه بودند و اصطلاحاً اعمال کنترلی قبل از وقوع (Pre - event) نامیده می‌شوند. حالا به سه مرحله دیگر برنامه کنترل خطر پرداخته می‌شود که به منظور کاهش پی‌آمدهای تبدیل شدن خطر به حادثه می‌باشند و اصطلاحاً بنام اعمال کنترلی بعد از وقوع (Post - event) خوانده می‌شوند. هدف در این مراحل کاهش تا حد امکان پی‌آمدهای حوادث می‌باشد که در چهار بخش صدمات جزئی (Minor injuries)، صدمات ناتوان‌کننده (Disabling injuries)، بیماری‌های ناشی از کار (Work-related diseases) و خسارات مالی خلاصه شده‌اند.

طرح‌های فرار و بقاء به آن منظور طراحی، ساخته و نصب می‌شوند که انسان بتواند به محض وقوع حادثه خود و دارایی‌های خود نظیر مواد و تجهیزات را از مهلکه دور کرده و نجات دهد. بهترین مثال برای این گونه طرح‌ها راه‌های فرار اضطراری (Exit) بخصوص در مواقع آتش سوزی است. هدف از ایجاد راه‌های فرار اضطراری

به عنوان یک طرح فرار و بقاء نشان می‌دهد که وجود هر راه اضافی در یک محیط کار یا ساختمان نمی‌تواند راه فرار اضطراری تلقی شود. اینگونه راه‌ها باید علاوه بر مقاوم بودن در برابر حریق عاری از دود و گازهای ناشی از حریق بوده و حرارت هوای داخل آن‌ها قابل تحمل برای انسان باشد تا بتواند از طریق آن‌ها خود را به سلامت از مهلکه دور کرده و به یک جای امن برساند. از این نوع طرح‌ها برای خارج ساختن مواد شیمیایی از مهلکه وجود دارد که نمونه بارز آن‌ها در مخازن مواد نفتی با سقف شناور نصب می‌شود.

۵) سیستم‌ها و دستگاه‌های امداد (Rescue)

سیستم و دستگاه‌هایی هستند که به منظور امداد رسانی به شخص گیر افتاده در حادثه و بعضاً به منظور نجات مواد و دستگاه‌ها طراحی و نصب می‌شوند. مثلاً امروزه سقف اتومبیل‌ها را به صورت یکپارچه با روزه‌ای در قسمت بالای سر راننده طراحی می‌کنند. این روزه دارای ابعادی در حدود ۶۵ سانتی متر بوده و تقریباً مربعی شکل است و دریچه‌ای به کمک ضربه یا پیچ آنرا در محل سقف اتومبیل می‌بندد. به هنگام وقوع حادثه مخصوصاً مواقعی که حادثه در خارج از شهرها و جاده‌های دور افتاده باشد پیدا کردن گاز استیلن و دستگاه برش سقف بسیار مشکل و نیاز به زمان زیاد دارد. زمانی که برای راننده مجروح و در حال خونریزی بسیار اهمیت دارد. با خارج ساختن دریچه مزبور، که به آسانی امکانپذیر است، راننده به موقع از خدمات امداد رسانی بهره مند می‌گردد.

۶) جداسازی (Isolation)

آخرین مرحله در برنامه کنترل خطرات، جدا سازی می‌باشد. یعنی وقتی نتوانستیم در مورد یک خطر از مراحل قبلی کنترل استفاده کنیم یا اینکه استفاده از مراحل قبلی در حد لزوم کفایت نکرد باید به مرحله جداسازی پرداخته شود. این مرحله مخصوصاً در مورد آن دسته از خطراتی که با توجه به قوانین و مقررات، اصلاً خطر تلقی نمی‌شوند مانند وجود بعضی آلاینده‌های شیمیایی در هوای محیط کار به میزان کمتر از حد مجاز که قانوناً به صورت مشکل مطرح نمی‌گردد ولی در دراز مدت باعث بیماری‌هایی چون سردردهای مزمن و ناراحتی‌های عصبی و... می‌گردد بسیار مفید و کاربردی است.

جداسازی یعنی جدا کردن فیزیکی یا ایجاد مانع بین فرد و خطر یا بین دستگاه و خطر که از قرار گرفتن فرد یا دستگاه در معرض خطر جلوگیری می‌نماید. در انبارهای مواد شیمیایی اگر وسعت کافی موجود باشد بین مواد شیمیایی مختلف مخصوصاً بین مواد ناسازگار (Incompatible chemicals) باید فاصله کافی (طبق استانداردهای موجود) در نظر گرفته شود که نقش جداسازی را ایفا می‌نماید. وقتی وسعت انبار کافی نباشد مواد را نزدیک بهم انبار می‌کنند ولی بین آن‌ها دیواری به ارتفاع حداقل ۱/۵ متر بالاتر از سطح مواد انبار شده ایجاد می‌نمایند تا به عنوان جدا کننده عمل نماید. این نوع جداسازی فیزیکی مخصوصاً در طراحی کارخانه‌های صنعتی بسیار مورد توجه قرار دارد.

لوازم یا وسایل حفاظت فردی (Personal protective equipment = PPE) مهمترین نمونه از سیستم‌های جداسازی است وقتی امکان پیشگیری از نشت گاز در مواقع عادی یا اضطراری وجود نداشت یا به درجات پایین وجود داشت ماسک‌های تنفس در اختیار قرار می‌دهیم تا افراد با پوشیدن آنها سیستم تنفسی و حتی

در مواقع خاص پوست خود را از آلاینده‌ها حفاظت نمایند یا جداسازی کنند و بتوانند به سلامت از محیط آلوده خارج شده و خود را ایمن نگه دارند. لازم به یادآوری است که نقش اصلی لوازم حفاظت فردی همین جداسازی است و باید به هنگام وقوع حالت نامناسب و جهت دور شدن از محیط آلوده یا جدا بودن از خطر مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

۱. محمدفام ایرج. مهندسی ایمنی. تهران: انتشارات فن‌آوران، ۱۳۹۱.
۲. محمدفام ایرج. تجهیزات حفاظت فردی. تهران: انتشارات فن‌آوران، ۱۳۹۱.
۳. محمدفام ایرج، میرزایی علی‌آبادی مصطفی. ایمنی و بهداشت برای مهندسين. تهران: انتشارات فن‌آوران، ۱۳۹۲.
۴. جهانگیری مهدی. مدیریت و ارزیابی ریسک، ج ۱ (کلیات و ارزیابی ریسک کیفی). تهران: انتشارات فن‌آوران، ۱۳۹۴.
5. Oxford Learner's pocket Dictionary, New Ed. , Oxford University press, 1996.
6. Bretheric, L. Incompatible chemicals in the storeroom Identification & segregation PP. 87-101 in : safe storage of laboratory chemicals, Pipitone (Editor), John Willey & Sons, New York, 1991.

با درود به روان پاک استاد فقید، زنده یاد، دکتر جواد عدل و آرزوی مزید توفیقات و عمر با عزت و سرافرازی و پویایی برای استاد عالیقدر، جناب دکتر ایرج محمدفام که زحمت بازننگری این مبحث را تقبل فرمودند.