Archive of SID

تعیین خسارت ناشی از حریق و انفجار در یک صنعت شیمیایی به روش شاخص حریق و انفجار

سعید احمدی* دکتر جواد عدل** مصطفی میرزائی*** محسن زارعی****

* مربی و عضو هیأت علمی گروه بهداشت حرفه‌ای دانشگاه علوم پزشکی قزوین و دانشجوی دوره دکترای دانشگاه علوم پزشکی تهران
** استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
*** دانشجوی دکترای بهداشت حرفه‌ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
**** کارشناس ارشد بهداشت حرفه‌ای شرکت ملی پالایش و پخش نفت ایران

آدرس نویسنده مسؤول: قزوین، بلوار شهید باهنر، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت حرفه‌ای، تلفن ۰۹۱۲۶۹۸۶۶۷۴
Email: saeidahmad@gmail.com

تاریخ دریافت: ۸۹/۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۸۹/۸/۲۳

چکیده

زمینه: وقوع حوادث حریق و انفجار در صنایع باعث وارد آمدن خسارت‌های مالی ، جانی و زیست محیطی فراوانی می‌شود.

هدف: مطالعه به منظور برآورد خسارت های ناشی از حریق و انفجار در یک صنعت شیمیایی به روش شاخص حریق و انفجار و تعیین حق بیمه انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه تحلیلی در سال ۱۳۸۵ در مجتمع پتروشیمی بندر امام خمینی (ره) انجام شد. شاخص حریق و انفجار در بخش‌های مختلف کارخانه مورد مطالعه، محاسبه و شعاع خطر، ارزش تجهیزات موجود در این ناحیه و خسارت پایه مشخص شد. به منظور تعیین خسارت واقعی، اقدام‌های کنترلی موجود در کاهش خسارت‌ها ارزیابی شد. تعداد روزهای از دست رفته کاری و براساس آن خسارت ناشی از تعطیلی کارخانه برآورد شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار شاخص حریق و انفجارDOW تحلیل شدند.

یافته‌ها: واحد فرایندی برج عریان ساز با شاخص حریق و انفجار۲۲۶، محتمل‌ترین خسارت واقعی ۶/۷ میلیون دلار، تعداد روزهای از دست رفته کاری ۱۲۰ روز و خسارت تعطیلی کارخانه برابر با ۸۹ میلیون دلار به عنوان بحرانی‌ترین بخش کارخانه شناسایی شد. واحد فرایندی مخزن نفتا با شاخص ۶۴ و خسارت واقعی ۰/۳۶ میلیون دلار به عنوان کم خطرترین واحد فرایندی شناسایی شد.

نتیجه‌گیری: خسارت‌های ناشی از تعطیلی کارخانه به مراتب بیش‌تر از خسارت‌های تخریب تجهیزات است که در صنایع ایران به ندرت شامل بیمه می‌شوند. به روش شاخص حریق و انفجار می‌توان تأثیر اقدام‌های کنترلی بر کاهش خسارت‌های ناشی از حریق و انفجار را برآورد کرد و محاسبه این خسارت‌ها می‌تواند به عنوان پایه‌ای برای تعیین حق بیمه ناشی از انفجار و آتش‌سوزی در صنایع شیمیایی قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: شاخص حریق و انفجار، خسارت ، واحد فرایندی

مقدمه:

وقوع حوادث حریق و انفجار در صنایع کوچک و بزرگ همه ساله باعث وارد آمدن خسارت‌های مالی، جانی و زیست محیطی فراوانی به جوامع مختلف می‌شود. در این بین، صنایع شیمیایی به ویژه صنایعی که مواد هیدروکربنی جا به جا، منتقل، فرآوری و ذخیره‌سازی می‌کنند از نظر خطر حریق و انفجار اهمیت بسزایی دارند.[1]

وقوع حوادث حریق و انفجار در هر واحد فرایندی به خسارت‌های مختلفی منجر می‌شود. برآورد دقیق خسارت‌های اقتصادی، کار بسیار مشکلی است و در تخمین هزینه یک حادثه ممکن است تعیین دقیق هزینه خسارت‌ها عملی نباشد. اما حتی یک تخمین کلی می‌تواند نشان‌گر خسارت‌های اقتصادی چنین وقایعی باشد. بعضی از این هزینه‌ها عبارتند از: آسیب به تجهیزات، تعطیلی کارخانه، بی‌کار شدن کارگران، آسیب‌های پایدار به محیط زیست، هزینه بررسی حادثه، هزینه‌های پرداختی به مسایل قانونی، هزینه‌های به کارگیری روش‌های اصلاحی برای جلوگیری از وقوع دوباره، هزینه‌های مربوط به کاهش اعتماد عمومی (در نتیجه کاهش عایدات) و افزایش حق بیمه. آسیب به دارایی‌ها و تعطیلی کارخانه

www.SID.ir

Archive of SID

بخش عمده‌ای از خسارت‌های ناشی از آتش‌سوزی را تشکیل می‌دهد.[۱و۲] خسارت‌های ناشی از حریق و انفجار هریک از حوادث سکوی نفتی پایپر آلفا (۱۹۸۸) و پالایشگاه پاسادنا در تگزاس (۱۹۸۹) بالغ بر ۱۴۰۰ میلیون دلار برآورد شد.[۱]

یکی از روش‌های کاهش خطر در صنایع، انتقال خطر است که توسط بیمه کردن صنعت می‌توان به این مهم دست یافت. از انواع بیمه‌های صنعتی می توان بیمه اموال و دارایی‌ها، آتش سوزی، تعطیلی مؤسسه، مسؤولیت مدنی کارفرما در قبال کارگران، بویلر و ماشین‌آلات و غیره را نام برد. به منظور محاسبه نرخ بیمه و حق بیمه، ابتدا باید سطح خطر صنعت مشخص و براساس خطر تعیین شده، مقدار حق بیمه تعیین شود. ارزیابی خطر به منظور تعیین نرخ بیمه توسط ارزیابان بیمه انجام می‌شود.[۲]

روش‌های متفاوتی جهت ارزیابی خطر به منظور تعیین حق بیمه آتش سوزی در صنایع شیمیایی وجود دارد. برگه‌های ارزیابی، شاخص‌های خطر و روش‌های رسمی تعیین نرخ بیمه (Premium Rating Plans) از جمله این روش‌ها هستند. یکی از روش‌های توسعه یافته طی دو دهه اخیر، شاخص‌های خطر هستند.[۳]

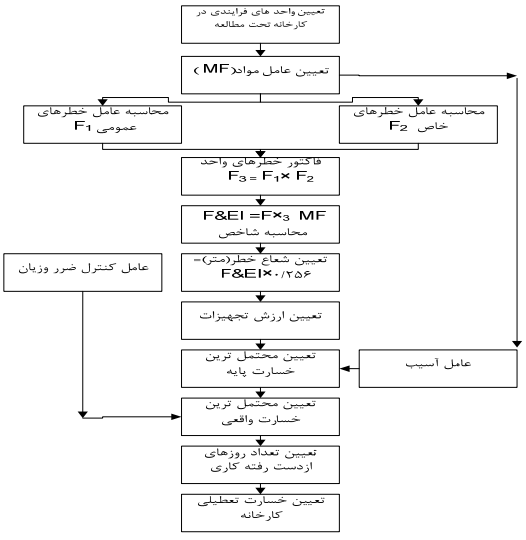
شاخص‌های خطر با استفاده از مقادیر عددی، بخش‌های مختلف یک صنعت را از نظر حریق و انفجار طبقه‌بندی می‌کنند و به شناسایی نواحی فرایندی با سطح خطر بالا می‌پردازند و خسارت‌های ناشی ازحریق را در هر بخش برآورد می‌کنند. ازطرفی کمی‌سازی خطربخش‌های مختلف یک صنعت، تفسیر نتایج را آسان می‌کند. از مهم‌ترین شاخص‌های خطرمی‌توان به شاخص‌های اصلی خطر حریق و انفجار نظیر شاخص خسارت متوسط سالانه (Instantaneous Fractional Annual Loss Index ، IFAL) ، شاخص حریق، انفجار وسمیت MOND و شاخص حریق و انفجار DOW اشاره کرد.[۴-۶]

یکی از شاخص‌های خطر که در زمره روش‌های کمی ارزیابی خطر دسته‌بندی شده و ازمهم‌ترین و پرکاربردترین شاخص‌های ارزیابی خطر حریق و انفجار در سرتاسر دنیاست، شاخص حریق و انفجار DOW است که برای اولین بار در سال ۱۹۶۴ میلادی توسط شرکت شیمیایی DOW ارایه شد. با استفاده از روش‌های ارزیابی خطر حریق و انفجار، توان بالقوه وقوع حریق و انفجار شناسایی و همچنین پیامدهای آن‌ها به منظور تدوین اولویت‌های کنترلی برآورد می‌شود.[۵و۶]

کارشناسان ایرانی جهت برآورد خسارت‌های مالی ناشی از حریق و انفجار به منظور تعیین واقع بینانه‌ترین حق بیمه انفجار و آتش‌سوزی به‌ندرت از روش کمی‌سازی خاصی استفاده می‌کنند و اغلب این برآوردهای حق بیمه (بیمه اتکایی) توسط شرکت‌های خارجی انجام می‌شود. هدف از این مطالعه تعیین خسارت‌های ناشی از حریق و انفجار در یک صنعت شیمیایی به منظور تعیین حق بیمه به روش شاخص حریق و انفجار بود.

* مواد و روش‌ها:

این مطالعه تحلیلی در سال ۱۳۸۵ در مجتمع پتروشیمی بندر امام خمینی (ره) انجام شد. مراحل اجرای این مطالعه در شکل شماره ۱ ارایه شده است.[۶و۷]



شکل۱- روش محاسبه شاخص و خسارت‌های ناشی از حریق و انفجار

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص حریق و انفجار در هر یک از واحدهای فرایندی محاسبه شد. عامل مواد که معیاری از نرخ ذاتی انرژی آزاد شده از حریق و انفجار ماده است، براساس درجه اشتعال و واکنش‌پذیری مواد و رجوع به جداول راهنمای شاخص به دست آمد و براساس شرایط دمایی موجود تصحیح شد.

عامل خطرهای عمومی (F_1) با بررسی بخش‌هایی نظیر واکنش شیمیایی، فرایندهای محصور، زه‌کشی و کنترل نشتی محاسبه شد. عامل خطرهای خاص(F_2) نیز با بررسی بخش‌هایی نظیر مقدار مواد قابل اشتعال، وجود تجهیزات مشتعل، تجهیزات دوار و غیره محاسبه شد. روش بررسی هریک از بخش‌ها براساس معادله‌ها و معیارهای ارایه شده در راهنمای شاخص بود که با توجه به خطرهای موجود عددی تحت عنوان جریمه برای هریک از بخش‌ها مشخص شد. برای مثال به منظور محاسبه جریمه ناشی از مقدار مواد قابل اشتعال تجهیزات فرایندی از معادله زیر استفاده شد:

$$\text{Logy} = 0.17179 + 0.42988\ (\log X) - 0.37244\ (\log X)^2 + 0.17712\ (\log X)^3 - 0.29984\ (\log X)^4$$

X : محتوی انرژی واحد فرایندی ($BTU*10^9$). محتوی انرژی از حاصل ضرب مقدار مواد(پوند) در ارزش حرارتی(بی تی یو بر پوند) به دست می‌آید.

Y : عامل جریمه مقدار مواد قابل اشتعال واحد فرایندی

برای محاسبه جریمه بخش تجهیزات مشتعل با توجه به مقادیر فاصله نقطه نشتی احتمالی از واحد فرایندی تا دستگاه مشتعل، دمای عملیاتی، نقطه شعله‌زنی، نقطه جوش مواد واحد فرایندی تحت بررسی و براساس این که دمای عملیاتی بالاتر از نقطه جوش مواد یا نقطه شعله‌زنی مواد باشد، از معادله‌های زیر استفاده شد:

دما بالاتر از نقطه شعله زنی

$$\log Y = -3.3243 \left(\frac{X}{100}\right) + 5.78127 \left(\frac{X}{100}\right)^2 - 1.42628 \left(\frac{X}{100}\right)^3$$

دما بالاتر از نقطه جوش

$$\log Y = -0.3745 \left(\frac{X}{100}\right) - 77212 \left(\frac{X}{100}\right)^2 + 2.69171 \left(\frac{X}{100}\right)^3$$

X : فاصله نقطه نشتی احتمالی واحد فرایندی تا تجهیزات مشتعل مثل کوره ها (فوت)

Y : عامل جیمه تجهیزات مشتعل

از حاصل جمع جریمه به دست آمده برای هر یک از بخش‌های بررسی شده، عامل خطرهای عمومی و خاص محاسبه شد.

عامل آسیب یا درصد آسیب با استفاده از عامل مواد و عامل خطرهای واحد (F_3) و رجوع به نمودارهای راهنمای شاخص تعیین شد و از حاصل ضرب عامل آسیب در ارزش تجهیزات موجود در شعاع خطر واحد فرایندی، محتمل‌ترین خسارت پایه به دست آمد. خسارت پایه بدون در نظرگرفتن اقدام‌های ایمنی موجود برآورد شد. به منظور تعیین محتمل‌ترین خسارت واقعی، عامل اعتبار کنترل ضرر و زیان برآورد شد. این عامل با در نظر گرفتن ویژگی‌های کنترل ضرر و زیان به دست آمد. برای هریک از ویژگی‌های کنترلی تحت بررسی یک محدودهٔ عددی توسط راهنمای DOW ارایه شده است که در مطالعهٔ حاضر، عامل اعتبار نامیده شد. با توجه به درجهٔ حفاظتی ویژگی کنترلی، عامل اعتبار خاصی از این محدودهٔ عددی انتخاب شد. برای مثال چنانچه کاشف‌های گاز برای تشخیص نشتی باشند و فقط هشدار صوتی بدهند، عامل اعتبار ۰/۹۸ است. اما در صورتی که علاوه بر هشدار صوتی، سیستم حفاظتی را فعال کنند عامل اعتبار ۰/۹۴ است. چنانچه ویژگی کنترلی مورد نظر در واحد فرایندی موجود نباشد (کاشفی موجود نباشد) عامل اعتبار عدد ۱ در نظر گرفته می‌شود. عامل اعتبار کنترل ضرر وزیان، از حاصل ضرب عامل اعتبار هریک از ویژگی‌های کنترلی در یکدیگر، به دست آمد.[۶و۷]

براساس محتمل‌ترین خسارت واقعی و با استفاده از معادله‌های زیر سه حد بالا، طبیعی و پایین برای محاسبه تعداد روزهای از دست رفته کاری ارایه شد:

حد بالا $\log Y = 1.550233 + 0.59841\ (\log X)$

حد طبیعی $\log Y = 1.325132 + 0.592471\ (\log X)$

حد پایین $\log Y = 1.045515 + 0.610426\ (\log X)$

X : محتمل‌ترین خسارت واقعی (میلیون دلار)

Y : تعداد روزهای از دست رفته کاری

با در نظر گرفتن گزینه‌های مؤثر بر هزینه‌های وقفه

www.SID.ir

Archive of SID

در تولید (مثل: موازی یا سری بودن خط تولید، تحریم اقتصادی ایران و غیره)، در این مطالعه به طور عمده از حد بالا استفاده شد. براساس تعداد روزهای از دست رفته کاری و درآمد ماهیانه کارخانه، خسارت ناشی از تعطیلی کارخانه برآورد شد.[۶] در پایان داده‌ها با استفاده از نرم افزار شاخص حریق و انفجار DOW تحلیل شدند.

*** یافته‌ها:**

برج عریان ساز با توجه به شرایط عملیاتی، ارزش تجهیزات موجود در ناحیه تماس، شعاع خطر محاسبه شده، مقدار و نوع مواد شیمیایی و غیره محتمل‌ترین خسارت ناشی از حریق و انفجار را به خود اختصاص داد. در این رتبه‌بندی کم‌ترین خسارت برای واحد فرایندی مخزن نفتا بود. حد بالا و حد پایین روزهای از دست رفته کاری در برج عریان‌ساز ۱۲۰ و ۴۰ روز، محتمل‌ترین خسارت ناشی از تجهیزات ۶/۷ و خسارت ناشی از تعطیلی کارخانه ۸۹ میلیون دلار برآورد شد (جدول شماره ۱).

بررسی ویژگی‌های کنترلی حریق و انفجار در برج عریان‌ساز نشان داد که ویژگی‌های کنترلی حفاظت از حریق(C_1=۰/۸۲) نسبت به ویژگی‌های کنترلی جداسازی (C_2=۰/۹۱) و کنترلی فرایند (C_3=۰/۸۸)، تأثیر بیش‌تری بر کاهش خسارت‌های ناشی از انفجار و آتش‌سوزی داشتند (جدول شماره ۲).

جدول ۱- ارزیابی خطر در واحدهای مختلف کارخانه آروماتیک به روش شاخص حریق و انفجار

واحد فرایندی	مواد اصلی	شاخص حریق و انفجار F & EI	شعاع خطر (متر)	ارزش جایگزینی ناحیهٔ تماس	محتمل‌ترین خسارت پایه (میلیون دلار)	عامل اعتبار کنترل ضرر و زیان	محتمل‌ترین خسارت واقعی (میلیون دلار)	تعداد روزهای از دست رفته کاری		خسارت تعطیلی کارخانه (میلیون دلار)
								حد بالا	حد پایین	
برج عریان ساز	نفتا	۲۲۶	۵۷	۱۲/۷	۱۰/۶	۰/۶۴	۶/۷	۱۲۰	۴۰	۸۹
برج بنزن	بنزن، تولوئن، زایلین	۱۹۹	۵۰	۹/۸	۸	۰/۶۴	۵/۳	۹۷	۳۲	۷۲
برج پنتان زدا	اتان، پروپان، بوتان	۱۸۰	۴۶	۸/۲	۶/۸	۰/۶۴	۴/۴	۹۰	۲۸	۶۷
برج استخراج	ریفورمیت	۱۶۸	۴۳	۷/۲	۶	۰/۶۴	۳/۸	۸۰	۲۵	۶۰
راکتور تبدیل کاتالیستی	هیدروژن، متان، اتان	۱۵۷	۴۰	۶/۴	۵/۲	۰/۷۳	۳/۸	۸۰	۲۵	۶۰
کوره گازوئیل	گازوئیل	۱۴۱	۳۶	۵	۳/۳	۰/۶۸	۲/۳	۶۰	۱۹	۴۵
راکتور آلکیلاسیون	هیدروژن، متان، اتان	۹۴	۲۴	۲/۲	۱/۵	۰/۷۲	۱/۱	۴۰	۱۵	۳۰
مخزن نفتا	نفتا	۶۴	۱۷	۱/۱	۰/۵	۰/۷۴	۰/۳۶۶	۱۴	-	۱۰

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- عامل اعتبار کنترل ضرر و زیان در برج عریان ساز

عامل کنترلی	ویژگی کنترلی	حدود عامل اعتبار	عامل اعتبار استفاده شده	ویژگی کنترلی	حدود عامل اعتبار	عامل اعتبار استفاده شده
عامل حفاظت از حریق C_1	تشخیص نشتی	۰/۹۸-۰/۹۴	۰/۹۸	پرده های بخار	۰/۹۸ -۰/۹۷	۱
	ساختار فولادی	۰/۹۸-۰/۹۵	۰/۹۸	فوم	۰/۹۷ -۰/۹۲	۱
	تأمین آب حریق	۰/۹۷-۰/۹۴	۰/۹۴	مونیتورها/ اطفاءکننده	۰/۹۸ -۰/۹۳	۰/۹۸
	سیستم ویژه	۰/۹۱	۱	حفاظت کابل	۰/۹۸ -۰/۹۴	۰/۹۶
	اسپرینلکر	۰/۹۷-۰/۷۴	۰/۹۷			
$C_1 = ۰/۸۲$						
عامل جداسازی مواد C_2	شیر کنترل راه دور	۰/۹۸-۰/۹۶	۰/۹۸	زه کشی	۰/۹۷ -۰/۹۱	۰/۹۷
	تخلیه سریع	۰/۹۸-۰/۹۶	۰/۹۶	قفل خودکار	۰/۹۸	۱
$C_2 = ۰/۹۱$						
عامل کنترل فرایند C_3	نیروی محرکه اضطراری	۰/۹۸	۱	گازهای خنثی	۰/۹۶ -۰/۹۴	۱
	سیستم سردکننده	۰/۹۹-۰/۹۷	۱	دستورالعمل عملیاتی	۰/۹۹ -۰/۹۱	۰/۹۵
	کنترل انفجار	۰/۹۸-۰/۸۴	۱	آنالیزهای خطر فرایند	۰/۹۸ -۰/۹۱	۰/۹۶
	اطفای اضطراری	۰/۹۹-۰/۹۶	۰/۹۸	کنترل کامپیوتری	۰/۹۱ -۰/۹۳	۰/۹۸
$C_3 = ۰/۸۸$						
$۰/۶۴ \ C_3 = \times C_2 \times C = C_1$						

ساختار اسکلتی کارخانه تحت بررسی و بخش‌های پایینی برج‌ها (عریان‌سازی، پنتان زدا، استخراج و بنزن) تا ارتفاع ۵ متر با بتون عایق بود که در این شرایط فاکتور اعتبار برابر با ۰/۹۸ است. از آنجایی که سیستم اسپرینکلر واحد فرایندی برج عریان‌ساز از نوع جریان آزاد بود فاکتور اعتبار ۰/۹۷ برای این ویژگی در نظرگرفته شد.

عامل اعتبار کنترل ضرر و زیان ۸ واحد فرایندی بررسی شده در محدوده ۰/۶۴ تا ۰/۷۴ به دست آمد. با توجه به عامل اعتبار کنترل ضرر و زیان محاسبه شده، اقدام‌های کنترلی در بخش برج‌ها حداکثر ۰/۶۴ و در واحد فرایندی مخزن نفتا حداقل ۰/۷۴ به دست آمد.

*** بحث و نتیجه‌گیری:**

در این مطالعه محتمل‌ترین خسارت ناشی از حریق و انفجار به برج عریان ساز اختصاص داشت. به طور کلی در برج‌های تحت بررسی با توجه به مقدار مواد و شرایط عملیاتی موجود ، شاخص خطر و به دنبال آن خسارت بیش‌تری نسبت به سایر واحد های فرایندی برآورد شد. شعاع و مساحت ناحیه در معرض خطر حریق و انفجار متناسب با شاخص افزایش یافت. برج عریان ساز با حداکثر شعاع (۵۷ متر) و مساحت ناحیه در معرض خطر (۱۰۲۰۰ متر مربع) در حدود ۱۰ درصد از مساحت کارخانه آروماتیک را در برگرفت. اتاق کنترل یا ساختمان‌های اداری و محل استقرار کارکنان کارخانه در شعاع تماس واحدهای فرایندی تحت بررسی قرار نداشت.

سانتاماریا و همکاران واحد ذخیره، بارگیری و پمپاژ اتیلن به فرایند تولید را به سه بخش تانک ذخیره اتیلن، کندانسه- کمپرس کردن بخارهای اتیلن و بخارکننده- پمپاژ به فرایند تقسیم کردند. بخش کندانسه- کمپرس با شاخص ۱۶۶ و شعاع خطر۴۰ متر به عنوان بحرانی‌ترین و بخش بخارکننده- پمپاژ به فرایند با شاخص ۹۸ و شعاع خطر ۲۵ متر به عنوان کم خطرترین واحد فرایندی این کارخانه شناسایی شدند. بخش تانک ذخیره اتیلن با شاخص ۱۲۹ و شعاع خطر ۳۶ متر دارای خطر میانی بود.

www.SID.ir

Archive of SID

طبق راهنمای شاخص حریق و انفجار معیار پذیرش خطر عدد ۱۲۸ است و بالاتر از آن به عنوان خطر غیرقابل پذیرش در نظر گرفته می‌شود که نیازمند اقدام‌های اصلاحی است. توان بالقوه انرژی ذاتی اتیلن (MF=۲۴) در مقایسه با توان بالقوه انرژی ذاتی ترکیب‌های کارخانه مطالعه حاضر (مواد آروماتیکی با (MF=۲۱) بیش‌تر بود)، اما بخش‌های عملیاتی و فرایندی کارخانه تحت بررسی خطرناک‌تر بودند و تأثیر بیش‌تری بر شاخص داشتند.[۸]

ریگاس و همکاران در یک کارخانه تولید آفت‌کش به منظور بررسی خطر حریق و انفجار از شاخص حریق و انفجار استفاده کردندکه نتایج آن شامل: بخش ذخیره کلرورهای اسیدی ۲۹۱، اولین آلکیلاسیون و دومین آلکیلاسیون ۱۱۹، بخش تقطیر ۱۳۳ و تانک ذخیره حلال ۱۳۸ بود. بخش ذخیره و بارگیری کلرورهای اسیدی به عنوان واحد دارای بالاترین خطر شناسایی شد. تانک ذخیره کلرورهای اسیدی در مقایسه با تانک ذخیره نفتا در مطالعه حاضر حاوی مواد واکنش پذیرتری بود که این عامل سهم زیادی در افزایش شاخص داشت.[۱۰] از طرفی تانک نفتا مشابه برج عریان ساز حاوی ماده نفتاست، اما با توجه به این که در شرایط دمایی محیطی قرار دارد، مواد موجود در آن نسبت به مواد برج عریان ساز در معرض خطر کم‌تری قرار دارند. افزایش دما باعث افزایش خطر حریق و انفجار می‌شود.

کل تجهیزات موجود در ناحیه تماس به واسطه وقوع حریق و انفجار در یک واحد فرآیندی تخریب نمی‌شوند. توان بالقوه انرژی ذاتی مواد و عامل خطر واحد در کلیه برج‌ها و راکتور تبدیل کاتالیستی یکسان بود. بنابر این میزان آسیب ناحیهٔ تماس آن‌ها یکسان و برابر ۸۳ درصد بود. در مقایسه با واحدهای فرایندی فوق، مخزن نفتای خام حداقل میزان آسیب (۴۵ درصد) را داشت. با افزایش درصدآسیب و ارزش جای‌گزین ناحیه تماس، محتمل‌ترین خسارت پایه نیز افزایش یافت. اما از آنجا که هر واحد فرآیندی به یک سری از اقدام های کنترلی مجهز بود ، خسارت واقعی، کم‌تر از خسارت پایه بود. عامل اعتبار کنترل ضرر و زیان در برج‌ها (C=۰/۶۴) کم‌تر از سایر واحدهای فرایندی تحت بررسی به دست آمد. بنابراین، کنترل مطلوب‌تر ضرر و زیان در برج‌ها باعث کاهش قابل توجهی در خسارت‌های واقعی این واحدها شد.

در اغلب واحدهای فرایندی تحت بررسی افزایش شاخص حریق و انفجار به افزایش محتمل‌ترین خسارت واقعی منجر شد. اما همیشه بین شاخص و خسارت واقعی رابطهٔ مستقیم وجود ندارد. اقدام‌های کنترلی به عنوان یک عامل واسطه بر محتمل‌ترین خسارت واقعی تاثیرگذار است. شاخص خطر برج استخراج عدد ۱۶۸ و شاخص خطر راکتور تبدیل کاتالیستی عدد ۱۵۷ به دست آمد. اما عامل اعتبار کنترل ضرر و زیان در برج استخراج (C=۰/۶۴) کم‌تر از راکتور تبدیل کاتالیستی (C=۰/۷۳) بود. بنابراین اقدام‌های کنترلی مطلوب‌تر در برج استخراج باعث خسارت واقعی یکسان (۳/۸ میلیون دلار) در هر دو واحد فرایندی شد. این مثال به خوبی نقش اقدام‌های کنترلی را در کاهش خسارت ناشی از رویدادهای حریق و انفجار نشان می‌دهد. در محاسبه انجام شده توسط کارشناسان بیمه به منظور برآورد حق بیمه، میزان اقدام‌های کنترلی موجود نیز به عنوان عاملی برای تخفیف خطرهای بررسی شده در نظر گرفته می‌شود.[۱]

گوپتا و همکاران شاخص حریق و انفجار و شعاع خطر یک راکتور سنتزآمونیاک را به ترتیب ۱۶۱ و ۴۱ متر محاسبه کردند. خسارت پایه در شعاع تماس این راکتور ۲۲ میلیون دلار برآورد شد. اما با توجه به عامل کنترل ضرر و زیان نسبتاً خوب این فرایند (۰/۴۷)، خسارت واقعی ۱۰/۷ میلیون دلار محاسبه شد. روزهای از دست رفته در این کارخانه ۸۶ روز و خسارت تعطیلی کارخانه ۲۰۱ میلیون دلار برآورد شد.[۹] شاخص حریق و انفجار در این راکتور بسیار کم‌تر و اقدام‌های کنترلی آن نیز بهتر از شاخص برج عریان‌ساز بود. اما با توجه به درآمد ماهیانه بالاتر این کارخانه، خسارت تعطیلی آن بسیار بیش‌تر از واحد فرایندی برج عریان‌ساز بود.

www.SID.ir

Archive of SID

برآورد محتمل‌ترین روزهای از دست رفته کاری یک مرحلهٔ ضروری در بررسی خسارت‌های تعطیلی کارخانه است. خسارت‌های تعطیلی کارخانه اغلب اوقات مساوی یا بیش‌تر از خسارت‌های ناشی از تخریب تجهیزات هستند. طبق راهنمای شاخص حریق و انفجار دو حد بالا و پایین و یک حد مرکزی همبستگی بین خسارت و روزهای از دست رفته وجود دارد. با توجه به سری بودن خط تولید کارخانهٔ آروماتیک، سطح فن‌آوری پایین، در حال توسعه بودن کشور ایران و ارزش بسیار زیاد محصولات کارخانهٔ آروماتیک، برای تمام واحدهای فرآیندی تحت بررسی به جز مخزن نفتا از حد بالا استفاده شد. در مخزن نفتای خام به دلیل ساده، قابل تعمیر و جای‌گزینی تجهیزات، از حد مرکزی همبستگی استفاده شد. در کارخانه‌های با خط تولید سری، وقوع نقص در یک بخش سایر بخش‌ها را نیز متوقف می‌کند. خسارت‌های بسیار جدی تعطیلی کارخانه می‌توانند در اثر خسارت‌های تجهیزاتی جزئی به وجود آیند.[۱و۶]

در تعدادی از واحدهای فرایندی، خسارت تعطیلی کارخانه حدود ۱۰ تا ۱۵ برابر خسارت به تجهیزات شد. از طرفی با توجه به این که میزان خسارت‌های ناشی از حریق و انفجار به ندرت درکشور ما به عدد و رقم محاسبه می‌شود، با برآورد آن‌ها مدیران صنایع از خسارت‌های احتمالی که بر صنعت تحمیل شده آگاه می‌شوند. همچنین مدیران می‌توانند ازاین هزینه‌ها به عنوان پایه‌ای برای تعیین حق بیمه انفجار و آتش‌سوزی استفاده کنند. در حال حاضر مسؤولین کارخانه آروماتیک فقط خسارت‌های ناشی از تجهیزات را بیمه کرده‌اند و خسارت‌های ناشی از تعطیلی کارخانه بیمه نیستند. به گفته کارشناسان بیمه برای کم‌تر کردن حق بیمه پرداختی به شرکت‌های بیمه‌گر، این خسارت‌ها شامل بیمه نشده‌اند. البته بیمه تعطیلی کارخانه در کشور ایران چندان رایج نیست.[۲]

به نظر می‌رسد بیمه کردن خسارت‌های تعطیلی کارخانه بسیار مهم‌تر است. از طرفی از آنجا که به واسطه اقدام‌های ایمنی و کنترلی موجود، کل کارخانه در اثر حریق و انفجار تخریب نمی‌شود، به جای بیمه کردن کل کارخانه، با بیمه کردن شعاع در معرض خطر بحرانی‌ترین واحد فرایندی (برج عریان ساز)، می‌توان هزینه حق بیمه پرداختی به بیمه‌گر را کم‌تر کرد.

به روش شاخص حریق و انفجار می‌توان تأثیر اقدام‌های کنترلی بر کاهش خسارت‌های ناشی از حریق و انفجار را برآورد کرد و محاسبه این خسارت‌ها می‌تواند به عنوان پایه‌ای برای تعیین حق بیمه ناشی از انفجار و آتش‌سوزی در صنایع شیمیایی قرارگیرد. از طرفی با تعیین نقاط پرخطر در این روش، به منظور کاهش حوادث و حفظ سلامت کارگران می‌توان اقدام‌های کنترلی را در این بخش‌ها متمرکز نمود.

*** مراجع:**

1. Lees FP. Loss prevention in the process indusrries. 2nd ed. London: Butterworths; 1999. 678-85 [Vol 2]
2. Types of Insurance in Iran Insurance Industry. Dana Insurance Company, Research and Study Office
3. Hirst R. Underdown's practical fire precaution. 3th ed. Canada: Gower Technical; 1999. 4-10, 330-3, 379
4. Etowa CB, Amyotte PR, Pegg MJ, Khan FI. Quantification of inherent safety aspect of the dow indices. Loss Prevention 2002; 15: 477-87
5. Khan FI, Sadiq R, Amyotte PR. Evaluation of available indices for inherently safer design options. Process Safety Progress 2003; 22(2): 83-97
6. American Institute of Chemical Engineers. Dow's Fire and Explosion Index Hazard classification guide. 7th ed. New York: AICHE; 1998. 1-64
7. Suardin J. The integration of Dow's Fire and Explosion Index into process design and

www.SID.ir

Archive of SID

optimization to achive an ingerently safer design. A thesis for Master of Science. Texas A&M University, 2005 Aug

8. Santamaria Ramiro JM, Brana PA. Risk Analysis and Reduction in the Chemical Process Industry. USA: Blacking Academic & Professional; 1998

9. Gupta JP, Khemani G, Mannan SM. Calculation of Fire and Explosion Index (F&EI) Value for the Dow guide taking credit for the loss control measures. Loss Prevention in the Process Industries 2003; 16: 235-41

10. Rigas F, Konstaninidou M, Centola P Reggio GT. Safety analysis and risk assessment in a new pesticide production Line. J Loss Prevenbion 2003; 16: 103-9

www.SID.ir