



۳۹

تعیین کمی ریسک حریق و انفجار در یک واحد فرایندی به روش شاخص DOW حریق و انفجار

سعید احمدی^۱، جواد عدل^۲، سکینه ورمذیار^۳

چکیده

زمینه و هدف: خطر آتش سوزی و انفجار به ترتیب از اولین و دومین خطرات اصلی در صنایع فرایندی است. این مطالعه به منظور تعیین شدت ریسک حریق و انفجار، شعاع در معرض و برآورد محتمل ترین خسارت انجام شد.

روش بررسی: در این مطالعه کمی واحد فرایندی موردنظر بر اساس پارامترهای تأثیرگذار بر ریسک حریق و انفجار انتخاب شد. سپس با استفاده از روش شاخص حریق و انفجار DOW (F&EI) مورد آنالیز قرار گرفت. اطلاعات فنی مورد نیاز برای محاسبه شاخص از اسناد فرایندی، راهنمای شاخص و گزارشات موجود بدست آمد پس از محاسبه شاخص، شعاع در معرض خطر تعیین و محتمل ترین خسارت واقعی برآورد گردید.

یافته‌ها: شاخص حریق و انفجار واحد فرایندی تحت مطالعه ۲۲۶ محاسبه شد که شدت ریسک معادل با آن شدید و غیرقابل پذیرش بود. از طرفی شعاع خطر و درصد آسیب به تجهیزات موجود در این ناحیه به ترتیب ۵۷ مترو ۸۳ درصد تعیین گردید. به علاوه محتمل ترین خسارت واقعی ۷/۶ میلیون دلار برآورد شد.

نتیجه گیری: شاخص حریق و انفجار یک تکنیک مناسب برای ارزیابی ریسک و برآورد خسارات ناشی از حریق و انفجار صنایع فرایندی و برای تعیین نقاط پر خطر و کم خطر یک صنعت است. در این تکنیک مجموعه عوامل تأثیرگذار بر ریسک حریق و انفجار بصورت شاخصی نمایش داده می‌شود که مبنایی برای قضاوت درجه ریسک است. از طرفی خسارات برآورده شده می‌توانند به عنوان مبنایی برای حق بیمه ناشی از انفجار و آتش سوزی قرار گیرند.

کلیدواژه‌ها: شاخص حریق و انفجار، واحد فرایندی، ریسک، خسارت

جدی تراز انفجار می‌باشد [۱، ۲]. محیط مطالعاتی این پژوهش یکی از صنایع پتروشیمیایی کشور است. خطر حریق و انفجار در این صنایع همواره به دلایلی چون قابلیت اشتعال و واکنش پذیری مواد، نشتی، دما و فشار، هزینه‌های ناشی از وقه در تولید، ارزش تجهیزات وغیره از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است [۳]. لذا با توجه به اهمیت خطر حریق و انفجار و به منظور کنترل این خطرها یا آزاد شدن سریع گاز با فشار زیاد به محیط را انفجار دقیقاً مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند، نقاط بحرانی شناسایی و راههای مبارزه و کنترل مشخص گردد.

مقدمه

خطر آتش سوزی و انفجار به ترتیب از اولین و دومین خطرات اصلی در صنایع فرایندی محسوب می‌شوند [۱]. فرایند اکسیداسیون سریع در دماهای بالا را که با تولید محصولات گازی گرم و انتشار تشعشعات مرئی و غیر مرئی همراه می‌باشد را حریق تعریف کرده‌اند. در ضمن، آزاد سازی ناگهانی و شدید انرژی یا آزاد شدن سریع گاز با فشار زیاد به محیط را انفجار گویند. اگر چه خطرات انفجار بزرگترین خسارات را در صنایع فرایندی بوجود می‌آورند. اما حوادث حریق به دلیل وسعت آن

۱- (نویسنده مسئول) مریم گروه بهداشت حرفه‌ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قزوین (email: saeidahmad@gmail.com)

۲- استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

۳- پژوهشگر



نمودر ۱-مراحل تعیین شاخص حریق و انفجار

سیستم ترکیبی از پارامترهای تأثیر گذار بر ریسک حریق و انفجار به صورت کمی نمایش داده می‌شود که شاخص حریق و انفجار نامیده می‌شود. Etowa و همکاران در سال ۲۰۰۲ شاخص حریق و انفجار DOW را برای مخازن ذخیره متیل ایزوپیتانات حادثه بوبال هند که بیش از ۲۰۰۰ نفر کشته و زخمی بر جای نهاد عدد ۲۳۸ محاسبه کرده اند. شدت خطر معادل با این عدد در گروه شدید طبقه بندی شد [۳].

از آنجایی که اجراء تکنیکهای کلاسیک ارزیابی ریسک (نظیر FTA، HAZOP) بر روی کلیه بخش‌های صنعت بسیار وقت گیر و پر هزینه است لذا برای صرفه جوئی در وقت و تمرکز فعالیتهای کنترل حریق و انفجار در بخش‌های مهم و بحرانی صنعت، استفاده از چنین شاخصهایی، مخصوصاً برای شناسایی بحرانی ترین بخشها اجتناب ناپذیر است. پس از تکنیک‌های کلاسیک آن را دقیق تر و جزئی تر ارزیابی کرد. در این پژوهش اهداف ذیل دنبال می‌شوند:

- تعیین شاخص حریق و انفجار که در واقع تعیین سطح ریسک واحد فرایندی تحت بررسی است.
- تعیین شاع و مساحت ناحیه در معرض خطر حریق و انفجار
- بررسی سیستمهای کنترل فرایند و تعیین محتمل ترین خسارت ناشی از حریق و انفجار

شناسایی خطرات و تعیین درجه آسیب پذیری فرایند‌های صنعتی توسط تکنیک‌های مختلفی قابل اجرا است. یکی از این تکنیک‌های شاخصهای خطر می‌باشند. شاخص‌های خطر با بررسی کلیه فاکتورهای تأثیر گذار بر آیتم مورد اندازه گیری به صورت کمی محاسبه می‌شوند. با اجرای شاخص‌های خطر در واحدهای فرایندی مختلف یک صنعت نقاط با سطح ریسک بالا شناسایی می‌شوند و واحدهای فرایندی یک کارخانه را براساس سطح ریسک عمومی آنها طبقه بندی می‌کنند. به علاوه با شناسایی نقاط پر خطر راه حل‌های کنترلی را برای کاهش ریسک‌های غیر قابل پذیرش ارائه می‌دهند. شاخصهای خطر در روشی نسبتاً ساده و کامل ریسک کلی و واحدهای فرایندی را به سرعت محاسبه می‌کنند، به سطح بالایی از تخصص نیاز ندارند، با استفاده از امتیازهای ویژه تفسیر نتایج را آسان می‌کنند، به جزئیات دقیق فرایند نیاز ندارند [۴، ۷].

از اصلی ترین شاخصهای خطر می‌توان به شاخص خسارت متوسط سالانه (IFAL=Instantaneous Fractional Annual Loss Index)، شاخص حریق، انفجار و سمیت موند (MOND) نام شرکت ارائه دهنده، شاخص خطر وزنی ایمنی (hazard Index = SWEHI)، Safety Weighted Index=ISI (Safety Weighted Index)، و شاخص ایمنی ذاتی (Inherent Risk) اشاره کرد [۸].

یکی از پرکاربردترین و جامعترین شاخصهای خطر که در این مطالعه از آن بهره گرفته شده سیستم شاخص حریق و انفجار (DOW's Fire and Explosion Index) DOW است [۴]. در این



واحدهای تولید کننده: کارخانه آروماتیک واحدهای فرآیندی: برج عربیان ساز	موقعیت: مجتمع پتروشیمی موردمطالعه
مواد واحد فرآیندی: نفتا، متان، اتان، پروپان، بوتان ماده اصلی جهت تعیین فاکتور مواد: نفتا	شرایط عملیاتی: نرمال
فاکتور مواد تصحیح شده: ۲۱	فاکتور مواد: ۱۶
حدود فاکتور جرمیه فاکتور جرمیه انتخاب شده	۱- خطرات عمومی فرایند
۱ ۱	فاکتور پایه
۰/۰۰ ۰/۳۰ - ۱/۲۵	A. واکنش شیمیایی گرمایی زا
۰/۰۰ ۰/۲۰ - ۰/۴۰	B. فرآیندهای گرمایی
۰/۰۰ ۰/۲۵ - ۱/۰۵	C. انتقال، جابجایی و انتشار کردن مواد
۰/۰۰ ۰/۲۵ - ۰/۹۰	D. واحدهای فرآیندی محصور شده یا داخلی
۰/۰۰ ۰/۲۰ - ۰/۳۵	E. دسترسی
۰/۵۰ ۰/۲۵ - ۰/۵۰	F. زه کشی و کنترل نشستی
۱/۵۰	(F) فاکتور خطرات عمومی فرآیند
۱ ۱	۲- خطرات خاص فرآیند
۰/۸۰ ۰/۲۰ - ۰/۸۰	فاکتور پایه
۰/۰۰ ۰/۵۰	A. مواد سمی
۰/۵۲	B. فشار کمتر از اتمسفر ($< 500 \text{ mmHg}$)
۰/۰۰ ۰/۲۰ - ۰/۳۰	C. فشار
۱/۹	D. کم دمایی
۰/۵۰ ۰/۱۰ - ۰/۷۵	E. مقدار مواد قابل اشتعال / ناپایدار
۱/۵۰ ۰/۱۰ - ۱/۵۰	F. خوردگی و فرسایش
۰/۴۰	G. نشتی
۰/۰۰ ۰/۱۵ - ۱/۱۵	H. استفاده از تجهیزات مشتعل
۰/۵۰ ۰/۵۰	I. سیستم تبادل گرمایی گازوئیل داغ
۷/۱۲	J. تجهیزات دور
۱۰/۸	(F _۲) فاکتور خطرات خاص فرآیند
۲۲۶	فاکتور خطرات واحد فرآیند
۵۷	DOW
۱۰۲۰۱	شاخص حریق و انفجار
	شعاع در معرض خطر (m)
	مساحت در معرض خطر (m ²)

جدول ۱- فرم شاخص حریق و انفجار DOW

پذیری مواد تعیین و از نظر دمایی تصحیح شد [۱۳، ۶]. در ادامه فاکتورهای خطرات عمومی (F_۱) و خاص (F_۲) فرایند توسط آیتم های ویژه ای که در فرم شاخص (جدول شماره ۱) نشان داده شده بررسی شدند. پس از بررسی شرایط فرایند فاکتور جرمیه ویژه ای از محدوده عددی ارائه شده برای هریک از آیتم ها انتخاب شد. به تناسب افزایش شرایط خطرناک یا نواقص میزان جرمیه نیز افزایش خواهد یافت. در جرمیه صفر آیتم موردنظر خطری را برای واحد فرایندی ایجاد نمی کند. برای تعیین جرمیه هریک از آیتمها از پارامترهای عملیاتی (مثل دما، فشار و ...) و معیارهای تأثیرگذار بر ریسک استفاده شد. برای مثال چنانچه مسیرهای دسترسی کافی و تجهیزات اطفاء کننده

روش بروزی
الگوریتم محاسبه شاخص حریق و انفجار در شکل شماره ۱ مشاهده می شود [۱۱، ۱۰، ۶]. در پژوهش حاضر اطلاعات لازم از اسناد فرایندی، راهنمای حریق و انفجار، گزارشات اندازه گیری پارامترهای عملیاتی، استاندارهای مربوطه، مصاحبه و مشاوره با مسئولین بدست آمد. در ابتداء با در نظر گرفتن فاکتورهای نظیر اشتعال پذیری و واکنش پذیری مواد، مقدار مواد خطرناک، دما و فشار عملیاتی، برج عربیان ساز ناحیه سولفورزدایی یکی از کارخانجات آروماتیک کشور به عنوان واحد فرایندی برای انجام این تحقیق در نظر گرفته شد. سپس فاکتور مواد براساس درجه اشتعال پذیری و درجه واکنش

فакتور اعتبار استفاده شده	اعتبار	حدود فاکتور	ویژگی کنترلی	فاکتور اعتبار استفاده شده	اعتبار	حدود فاکتور	ویژگی کنترلی	فکتور حفاظت از انسان
۱	۰/۹۷- ۰/۹۸	f. پرده های بخار	۰/۹۸	۰/۹۴- ۰/۹۸	a. تشخیص نشستی	۰/۹۴- ۰/۹۸	b. ساختار فولادی	۰/۹۵- ۰/۹۸
۱	۰/۹۲- ۰/۹۷	g. فوم	۰/۹۸	۰/۹۴- ۰/۹۷	c. تأمین آب حریق	۰/۹۴- ۰/۹۷	d. سیستمهای ویژه	۰/۹۱
۰/۹۸	۰/۹۳- ۰/۹۸	h. مونیتورها / اطفاء کننده	۰/۹۴	۰/۹۷	e. اسپرینکلر	۰/۷۴- ۰/۹۷		
۰/۹۶	۰/۹۴- ۰/۹۸	i. حفاظت کابل	۱					
$C_1 = 0/82$								
۰/۹۷	۰/۹۱- ۰/۹۷	j. زه کشی	۰/۹۸	۰/۹۶- ۰/۹۸	z. شیر کنترل راه دور	۰/۹۶- ۰/۹۸		۰/۹۷
۱	۰/۹۸	m. قفل خودکار	۰/۹۶	۰/۹۶- ۰/۹۸	k. تخلیه سریع			
$C_2 = 0/91$								
۱	۰/۹۴- ۰/۹۶	۱. گازهای خنثی	۱	۰/۹۸	n. نیروی محرکه اضطراری	۰/۹۸	۰. سیستم سرد کننده	۰/۹۷- ۰/۹۹
۰/۹۵	۰/۹۱- ۰/۹۹	s. دستورالعمل عملیاتی	۱	۰/۹۷- ۰/۹۹	p. کنترل انفجار	۰/۸۴- ۰/۹۸	۰. سیستم کنترل فرآیند	۰/۹۶- ۰/۹۹
۰/۹۶	۰/۹۱- ۰/۹۸	t. آنالیزهای خطر فرآیند	۱	۰/۹۸	q. خاموش کردن اضطراری	۰/۹۶- ۰/۹۹		
۰/۹۸	۰/۹۳- ۰/۹۱	u. کنترل کامپیوتري	۰/۹۸					
$C_3 = 0/88$								
$C = C_1 \times C_2 \times C_3 = 0/64$								

جدول ۲- فرم فاکتور اعتبار کنترل ضرر وزیان در برج عربان ساز

$Nf =$ درجهٔ واکنش پذیری ($= ۰$) نفتا فاکتور مواد آن ۱۶ بدست آمد. این فاکتور برای شرایط دمایی محیطی ($= ۶۰$ درجه سانتیگراد) است لذا در شرایط دمایی برج تصحیح شد که برابر باشد ۰/۶۱۲۱ است.

فاکتور جریمه اختصاص یافته به هر یک از آیتم‌های بررسی شده در فرم شاخص حریق و انفجار (جدول شماره ۱) مشاهده می‌شود. نتایج تعدادی از مهمترین آیتم‌های تأثیرگذار بررسیک حریق و انفجار برج عربان ساز به شرح ذیل است:

دسترسی: جاده‌های فرعی اطراف واحد فرایندی حداقل از دو جهت دسترسی سریع به برج را میسر می‌سازند. علاوه بر آن تجهیزات اطفاء حریق در فاصله امن نسبت به برج قرار دادند. لذا در صورت وقوع حریق و انفجار دسترسی سریع به این ناحیه فراهم است، بنابراین آیتم دسترسی جریمه‌ای دریافت نکرد.

زه کشی و کنترل نشستی: حوضچه سیستم زه کشی کارخانه با حجم مناسب توانایی پذیرش مجموع مایعات هیدرولوکرینی آزاد شده از برج و آب آتش نشانی مورد استفاده در شرایط اضطراری را دارد. اما وجود رسوبات بر جداره کانالهای زه کشی مانع از هدایت سریع مایعات به حوضچه شده و اکثر اوقات مجاري مملو از مایعات می‌باشد که نتیجه آن تجمع مایعات هیدرولوکرینی در سطح کارخانه است. این شرایط بر شدت حوادث حریق و انفجار در شرایط اضطراری می‌افزایند بنابراین مراکزیم فاکتور جریمه

اضطراری برای واحد فرایندی در نظر گرفته باشند جریمه آیتم دسترسی صفر در غیر این صورت به آن جریمه خاصی تعلق می‌گیرد. روش محاسبه شاخص در جدول شماره ۱ مشاهده می‌شود. پس از محاسبه شاخص، محتمل ترین خسارت واقعی با در نظر گرفتن اقدامات ایمنی و کنترلی موجود تعیین گردید. اقدامات ایمنی و کنترلی موجود، همانطور که در جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود تحت عنوان فاکتور اعتبار کنترل ضرر وزیان (Loss Control Credit Factor) در سه بخش جداگانه بررسی شد. برای هر یک از این ویژگیهای کنترلی با توجه به درجهٔ حفاظتی و کارایی آن در کاهش پیامدها فاکتور اعتبار ویژه ای از این محدوده عددی انتخاب گردید. حداکثر فاکتور اعتبار عدد یک و حداقل آن صفر است که به ترتیب بیانگر حداکثر و حداقل درجهٔ حفاظتی است.

نتایج

- محاسبه شاخص حریق و انفجار و ناحیه در معرض خطر مواد تشکیل دهنده برج عربان ساز عبارتند از: نفتا، متابن، اتان، پروپان، بوتان، هیدروژن، سولفید هیدروژن و آمونیاک. در حدود ۹۵ درصد وزنی از این اجزاء نفتا و مجموع سایر ترکیبات ۵ درصد وزنی را تشکیل می‌دهند که بسیار ناچیز و در محاسبه فاکتور مواد حذف می‌شوند. با توجه به درجهٔ اشتعال پذیری ۳



ناحیه تحت بررسی نصب شده و دارای عملکرد مطلوب هستند. این کاشفهای فقط گازهای نشت کرده را شناسایی و آلام می‌دهند. اما قادر به فعال کردن سیستم حفاظتی نیستند. بنابراین فاکتور اعتبار 0.98 به آن اختصاص یافت.

ساختمان اسکلتی: ساختار اسکلتی ساختمان کارخانه و بخشهای پایینی برج عربان ساز تا ارتفاع 5 متر با بتوون عایق شده اند. فاکتور اعتبار معادل با این ارتفاع از ضد حریق کردن برابر 0.98 است.

پرده‌های بخار: پرده‌های اسپری بخار بمنظور کاهش دسترسی گازها و بخارات آزاد شده به مشعل کوره‌هادر پیرامون آنها طراحی شده است. این پرده‌های روش دستی فعال شده و فاقد سیستم‌های تشخیص برای فعال کردن خودکار آنها است. لذا امکان اشتعال گازها و بخارات قبل از فعال کردن پرده بخار توسط اپراتورها وجود دارد، به همین جهت برای این بخش فاکتور اعتبار 1 در نظر گرفته شد.

همانطور که در فرم فاکتور اعتبار کنترل ضرر و زیان (جدول 2) مشاهده می‌شود به تعدادی از ویژگیهای کنترلی فاکتور اعتبار 1 اختصاص یافته است. چنین ویژگیهایی نظیر نیروی حرکتی اضطراری، سیستم‌های سرد کننده و ... در واحد فرایندی برج عربان ساز وجود ندارند یا اینکه نظیر پرده‌های بخار معیارهای ایمنی لازم را برای کنترل ضرر و زیان دارا نمی‌باشد.

پس از محاسبه فاکتورهای اعتبار حفاظت از حریق ($C_1 = 0.82$)
 $C_2 = 0.91$) و کنترل فرایند ($C_3 = 0.88$) از حاصل ضرب 3 فاکتور فوق فاکتور اعتبار کنترل ضرر و زیان $= 0.64$ تعیین می‌شد. در ادامه با توجه به فاکتور اعتبار و خسارت پایه محتمل ترین خسارت واقعی $7/6$ میلیون دلار برآورد شد. (جدول 3)

بحث

بر اساس راهنمای شاخص حریق و انفجار شدت ریسک می‌تواند در یکی از گروه‌های سبک، متوسط، سنگین و شدید طبقه‌بندی شود [۶]. شاخص حریق و انفجار برج عربان ساز مقدار 226 محاسبه شد. شدت ریسک حریق و انفجار معادل با این عدد در گروه بaderجه ریسک شدید ($F & EI > 158$) و ریسک آن غیرقابل پذیرش ($F & EI > 128$) می‌باشد.

شاخص حریق و انفجار برج عربان ساز با شاخص محاسبه شده برای مخزن ذخیره مตیل ایزو سیانات حادثه بوپال که باعث مرگ بیش از 2000 نفر شد تفاوت چندانی ندارد. شاخص حریق و انفجار این مخزن نمره 238 گزارش شده است. مตیل ایزو سیانات با فاکتور مواد 29 درجه واکنش پذیری 3 ، درجه اشتعال پذیری 3 (نسبت به ماده نفتای برج عربان ساز با فاکتور مواد 16 درجه واکنش پذیری صفر)، درجه اشتعال پذیری 3 انرژی پتانسیل ذاتی بیشتر و بسیار خطرناکتر است. نفتا در حالت عادی و حتی در مجاورت با حریق پایدار است، اما مতیل

۱۰۲۰۱	۵۷	۲۲۶	۱	شاخص حریق و انفجار (F & EI)
۱۰/۵	۸۳	۱۲/۷	۲	شعاع تماس (متر)
۰/۶۴	۶/۷	۱۰/۵	۳	ناحیه تماس (مترمربع)
[۴ × ۵]	[۶ × ۷]	[۴ × ۵]	۴	ارزش تجهیزات در ناحیه تماس (میلیون دلار)
[۴ × ۵]	[۶ × ۷]	[۴ × ۵]	۵	فاکتور آسیب (درصد آسیب)
[۴ × ۵]	[۶ × ۷]	[۴ × ۵]	۶	محتمل ترین خسارت پایه (میلیون دلار)
[۶ × ۷]	[۶ × ۷]	[۶ × ۷]	۷	فاکتور اعتبار کنترل ضرر و زیان
[۶ × ۷]	[۶ × ۷]	[۶ × ۷]	۸	محتمل ترین خسارت واقعی (میلیون دلار)

جدول 3 - فرم خلاصه تجزیه و تحلیل ریسک واحد فرایندی برج عربان ساز

برای این آیتم انتخاب شد.

مواد سهی: سمی ترین ماده موجود در برج عربان ساز گاز سولفید هیدروژن با درجه خطر بهداشتی 4 است. بنابراین ماکریمم فاکتور جریمه $8/0$. برای این آیتم تعیین گردید.

نشتی: در برج عربان ساز از چشمی شیشه ای برای قرائت سطح مایع داخل آن استفاده می‌گردد. کاربرد چنین وسایلی در طراحی تجهیزات فرایندی بالاترین ریسک نشتی را دارد. زیرا شکستن ناگهانی شیشه باعث آزاد سازی حجم زیادی از مواد قابل اشتعال به محیط می‌شود. بنابراین ماکریمم جریمه $1/5$ به این آیتم اختصاص یافت.

سرعت خودگی بالا، کوره‌های اطراف برج، تجهیزات دور با توان کاری خطرناک و فشار عملیاتی سایر فاکتورهایی هستند که باعث افزایش ریسک حریق و انفجار برج عربان ساز شدند.

همانطور که در فرم شاخص حریق و انفجار مشاهده می‌شود فاکتور خطرات عمومی و خاص فرایندی به ترتیب $1/50$ و $1/12$ و در ادامه شاخص حریق و انفجار برج عربان ساز 226 محاسبه شد. شدت ریسک حریق و انفجار این واحد فرایندی در گروه شدید ($F & EI > 158$) طبقه بندی شده و ریسک آن غیر قابل پذیرش ($F & EI > 128$) است. شعاع در معرض خطر 57 مترو مساحت این ناحیه 10201 متر مربع بدست آمد.

۲- تعیین محتمل ترین خسارت و فاکتور اعتبار کنترل ضرر و زیان

همانطور که در فرم خلاصه تجزیه و تحلیل ریسک واحد فرایندی (جدول شماره 3) مشاهده می‌شود ارزش جایگزینی تجهیزات ناحیه در معرض خطر با تجهیزات نوساخت مشابه $7/12$ میلیون دلار، درصد آسیب به تجهیزات موجود در این ناحیه 83 و محتمل ترین خسارت پایه $10/5$ میلیون دلار برآورد شد. برای تعیین اقدامات کنترلی وایمنی موجود، ویژگیهای کنترلی واحد فرایندی مورد مطالعه بررسی شد که فاکتور اعتبار اختصاص یافته به هریک از آنها در فرم فاکتور اعتبار کنترل ضرر و زیان (جدول شماره 2) مشاهده می‌شود. نتایج تعدادی از ویژگیهای کنترلی به شرح ذیل است:

تشخیص نشتی: کاشف‌های گازهای قابل اشتعال در سرتاسر

قابل توجه دمای عملیاتی برج عربیان ساز است که بالاتر از نقطه شعله زنی ماده نفتامی باشد. چنانچه دمای عملیاتی برج عربیان ساز پایین تراز نقطه شعله زنی نفتا باشد، آزاد سازی و تجمع مایعات خطی را ایجاد نمی کند.

آیتم های بررسی شده در بخش خطرات خاص نسبت به خطرات عمومی تأثیرگذارتری بر ریسک حریق و انفجار محاسبه شده داشتند. یکی از آیتم های بررسی شده سمیت مواد شیمیایی واحد فرایندی تحت بررسی است. در حریق ناشی از مواد قابل احتراق، محصولات ناشی از حریق به عنوان یک جزء سمی و خطرناک محسوب می گردد. امادر این مطالعه سمیت مواد داخل تجهیزات مورد توجه است. مواد سمی موجود در فرایند با توجه به درجه سمیت آنها به هنگام آزاد شدن در یک رویداد حریق و انفجار به نسبت های مختلفی باعث کندی عملیات اطفاء حریق و افزایش پیامدهای آن خواهد شد. در مقایسه با سایر تجهیزات کارخانه آروماتیک که حاوی موادی نظیر بنزن، تولوئن، زایلین، پروپان و بوتان هستند برج عربیان ساز حاوی گاز سمی سولفید هیدروژن است. حتی تماسهای کوتاه مدت با این ماده می تواند باعث مرگ یا آسیب های شدید گردد. البته ماده نفتای موجود در این برج از نظر سمیت قابل توجه نیست. در حادثه بوبال یکی از عوامل اصلی مرگ و میر ماده متیل ایزوپریلانات بارگاه خطر بهداشتی^۳ بود. به گفته کارشناسان کارخانه موردنظر مطالعه دریکی از حوادث مربوط به نشت گاز کلر، تماس افراد با این ماده به حدی بود که مصدومین زیادی را بر جای نهاد. درجه خطر بهداشتی کلر با سولفید هیدروژن یکسان و برابر^۴ است.

وجود منابع اشتعال متعدد (کوره ها) به عنوان منبع جرقه در مجاورت برج عربیان ساز و آزاد شدن نفتادردمایی بالاتر از دمای جوش خود به ترتیب باعث اشتعال و پراکنش سریع نشتی می شود. این فاصله کم فرست لازم برای پراکنش مواد نشت کرده رانمی دهد. همچنین دمای عملیاتی بالا باعث می شود تاماده نشت کرده در شکل اسپری به سرعت به اطراف پراکنده شوند تا به یک منبع جرقه برسند. چنانچه دمای عملیاتی کمتر یا حتی بالاتر از نقطه شعله زنی مواد باشد خطرآتش سوزی به مراتب کمتر از شرایطی است که بالاتر از نقطه جوش مواد باشد. در حال حاضر به منظور محاصره کردن منابع اشتعال کوره ها از پرده های بخار استفاده شده که به صورت دستی فعال می شوند و احتمال مشتعل شدن بخارات قبل از جداسازی کوره ها توسط اپراتور بسیار زیاد است. البته عدم تشکیل پرده بخار یکپارچه در اطراف کوره های از نقص های این سیستم است.

شعاع و مساحت ناحیه در معرض خطر حریق و انفجار متناسب با شاخص حریق و انفجار افزایش می یابد. شعاع در معرض خطر برج عربیان ساز در حدود ۱۰ درصد از مساحت کارخانه آروماتیک را دربر می گیرد. در این فاصله بسیاری از تجهیزات مهم کارخانه مستقر هستند، اما ساختمانی که محل استقرار مسئولین و کارکنان کارخانه باشد واقع نبود. وقوع حادثه حریق و انفجار در این ناحیه بیشتر از آنکه باعث خطر

ایزوپریلانات در دما و فشار بالا به شوکهای حرارتی یا مکانیکی حساس و در حضور یک منبع انرژی قوی یا به واسطه محصور شدن در یک محفظه گرم به خودی خود قادر به انفجار یا تجزیه انفجاری است. ماده نفتادردمایی به ماده نظری فلورین، نیتروگلیسرین و اسید پیکریک با ماکریزم فاکتور مواد^۵ و در مقایسه با مواد نظیر کلر، دی اسید سولفور با حداقل فاکتور مواد یک جزء مواد پتانسیل انرژی ذاتی متوسط طبقه بندی می شود که با فاکتور مواد آن با نزین یکسان است. فاکتور مواد برج عربیان ساز در شرایط دمایی محیطی مقدار عددی ۱۶ محسوب شد، اما از آنجایی که خطرات واکنش پذیری و آتش سوزی بطور قابل توجهی با افزایش دمایی تغییر می کند، فاکتور مواد نفتادردمایی برج تصحیح شد. بنابراین شرایط دمایی به عنوان یک عامل مهم در افزایش ریسک قلمداد می شود. در کارخانه تحت بررسی علاوه بر برج عربیان ساز مخزن نگهداری نفتانیز حاوی ماده نفتای خام است، اما با توجه به اینکه مخزن نفتادردمایی محیطی قرار دارد فاکتور مواد آن نسبت به فاکتور مواد برج عربیان ساز کمتر است. فاکتور مواد یا انرژی پتانسیل ذاتی مواد یکی از پارامترهای اصلی برای محاسبه شاخص حریق و انفجار است. ریسک فاکتورهای اصلی حریق و انفجار در این برج سیستم زه کشی نامناسب، سمتی گاز سولفید هیدروژن، مقدار زیاد نفتا، سرعت خوردنی زیاد به دلیل حضور گازها و بخارات خورنده سولفید هیدروژن و آمونیاک، پتانسیل نشتی از چشمی شیشه ای، تجهیزات مشتعل متعدد اطراف برج و تجهیزات دور با توان کاری خطرناک (اسب بخار^۶ < توان پمپها) می باشند. در بخش خطرات عمومی تنها آبTEM تأثیرگذار بر ریسک حریق و انفجار سیستم زه کشی کارخانه بود. فرایند برج عربیان ساز یک فرایند فیزیکی است و فاقد واکنشهای شیمیایی گرماگیر یا گرمایزامی باشد. از طرفی برج عربیان ساز در یک فضای باز قرار دارد و هرگونه نشتی مایعات و گازهای قابل اشتعال باعث پراکندگی سریع آنها در محیط اطراف خواهد شد بنابراین چنین محیطی پتانسیل انفجار در یک فضای بسته را کاهش می دهد. دسترسی کافی به جاده ها و تجهیزات اطفاء حریق فراهم است وایستگاه آتش نشانی در نزدیکی کارخانه قرار دارد. سیستم زه کشی یکی از جنبه های غیرفعال چیدمان کارخانه در حفاظت از حریق محسوب می شود و نقش ویژه ای در انتقال وجایجایی مواد خطرناک خارج شده از دستگاه ها در شرایط اضطراری به خارج از کارخانه دارد. از آتجایی که وجود رسوبات هیدروکربنی سنگین در کانال های سیستم زه کشی مانع از هدایت سریع مواد آزاد شده از فرایند به خارج از ناحیه فرایندی می شود تجمع مایعات هیدروکربنی آزاد شده از دستگاه ها با دمایی بالاتر از نقطه شعله زنی خود در سطح کارخانه با تشکیل ابر بزرگی از بخارات قابل اشتعال همراه است. لذا احتمال وقوع حریق حوضچه ای در چنین شرایطی افزایش می یابد. لازم به ذکر است سیستم زه کشی بایستی علاوه بر مایعات هیدروکربنی توانایی پذیرش و انتقال آب آتش نشانی رانیز داشته باشد. نکته



کشی از رسوبات، نصب اسپرینکلرهای آب خنک کننده برروی سینی های کابل و... ارائه گردید.

تقدیر و تشکر: بدین وسیله از ریاست و مسئولین کارخانه آروماتیک پتروشیمی بندر امام خمینی (ره) که در انجام این تحقیق مساعدت های لازم را مبذول داشته اند تشکر نموده و صمیمانه قدردانی می نماییم. همچنین از ریاست و مسئولین محترم امور اینمنی، بهداشت و محیط زیست شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران بخصوص آقای مهندس صادق پور تقدیر و تشکر به عمل می آید.

منابع

- Lees FP. Loss prevention in the process industries. London: Butterworths, 1996.
- Hirst R. Underdown's practical fire precaution. 3rd ed. Canada: Gower Technical, 1989;4-10,330-333,379.
- Etowa CB, Amyotte PR, Pegg MJ, Khan FI. Quantification of inherent safety aspect of the dow indices. Loss Prevention 2002;15:477-487
- Khan FI, Sadiq R, Amyotte PR. Evaluation of available indices for inherently safer design options. Process Safety Progress.2003;22(2):83-97
- King R, Hirst R. King safety in the process industries. 2nd ed. Canada: Wuerz Publishing Ltd, 1998, 294-7.
- American Institute of Chemical Engineers. Dow's fire and explosion index hazard classification guide.7th ed. Newyork: AICHE;1994,1-64.
- Suardin J. The integration of Dow's Fire and explosion index into process design and optimization to achieve an inherently safer design. A thesis for Master of Science. Texas: A&M University. August 2005.
- Khan FI, Abbasi SA. Techniques and methodologies for risk analysis in chemical process industries. 1998;11:261-277
- NFPA 704. Standard system for the identification of the hazards of materials for emergency response.USA; National Fire Protection Association,2003: 6-7
- 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;16:235-241
- Gupta J.P. Application of Dow's fire and explosion index hazard classification guide to process plants in developing countries. Loss Prevention 1997;10(1):7-15
- Santamaria Ramiro J M, Brana PA. Risk analysis and reduction in the chemical process industry. USA: Blackling Academic&Professional.1998
- NFPA325,Guide to Fire Hazard Properties of Flammable Liquids,Gases and Volatile Solides. USA: National Fire Protection Association, 2003.

جانی گردد، خطر مالی را در بی دارد.

عموماً وقوع حوادث حریق و انفجار در هر واحد فرایندی به خسارت‌های مختلفی منجر می شود. برآورد دقیق خسارات اقتصادی کاربسیار مشکلی است و در تخمین هزینه یک حادثه ممکن است تعیین دقیق خسارات عملی نباشد، اما حتی یک تخمین کلی می تواند نشانگر خسارات اقتصادی چنین وقایعی باشد. از آنجایی که هدف مدیران کاهش هزینه های حوادث به حداقل ممکن می باشد، آگاهی از هزینه حوادث به منظور تنظیم مخارج مرتبط با اینمی و پیشگیری از حادثه ضروری است. خسارت های ناشی از تخریب تجهیزات از جمله هزینه های اصلی حریق و انفجار است که در این مطالعه برآورد شده است. خسارت محاسبه شده در این مطالعه واقع بینانه ترین خسارت است که بادر نظر گرفتن اقدامات اینمنی و پیشگیرانه موجود بدست آمده است متناسب با بهمود ویژگی های کنترلی، میزان خسارت واقعی کاهش می یابد. در این مطالعه اقدامات کنترلی در بخش حفاظت از حریق نسبت به کنترل فرایند و جداسازی مواد بسیار چشم گیرتر هستند. تجهیز واحد فرایندی برج عربیان سازبه کاشف های گازهای قابل اشتعال و گازسمی سولفیدهیدروژن، تأمین آب آتش نشانی با فشار و مقدار مناسب، عایق سازی ساختار اسکلتی کارخانه، وجود اسپرینکلرهای آب و انتقال کابل های برق از طریق کانالهای زیرزمین از جمله مهمترین اقدامات کنترلی برای کاهش ریسک حریق و انفجار در کارخانه تحت بررسی هستند. البته بخشی از کابل های برق توسط سینی کابل و از روی زمین انتقال یافته است. آسیب به کابل های برق اغلب اوقات به قطع طولانی برق منجر می شود که خسارات ناشی از تعليق شغل را در پی دارد. آنچایی که محصولات آروماتیکی بسیار بالارزش هستند و فرایند تولید سایر واحدها بصورت سری در امتداد واحد فرایندی برج عربیان ساز قرار دارند، تعليق شغل در این واحد می تواند باعث توقف تولید کارخانه و افزایش پیامدها گردد.

نتیجه گیری

شاخص حریق و انفجار به عنوان یکی از اختصاصی ترین روشها برای ارزیابی ریسک و برآورد خسارات ناشی از حریق و انفجار صنایع فرآیندی در سرتاسر دنیا استفاده می شود. در این روش مجموعه عوامل تأثیر گذار بر ریسک حریق و انفجار بصورت شاخصی نمایش داده می شود که مبنایی برای قضایت درجه ریسک است. از طرفی خسارات برآورد شده توسط این روش می توانند به عنوان مبنایی برای تعیین حق بیمه ناشی از انفجار و آتش سوزی قرار گیرند. در این مطالعه ریسک واحد فرایندی غیرقابل پذیرش محاسبه شد. استفاده از تدبیری نظیر کاهش مقدار مواد، دما، فشار و افزایش فوائل دستگاهها برای کاهش پیامد از نظر اقتصادی مقرن به صرفه نیست، لذا به منظور کاهش پیامدها پیشنهاداتی نظیر کاربرد پوشش های ضدحریق، راه اندازی خودکار پرده های بخار، زدودن مجازی زه

Risk quantitative determination of fire and explosion in a process unit by Dow's Fire and Explosion Index

Saeid Ahmadi³

Javad Adl²

Sakineh Varmazyar³

Abstract:

Background and aims: Fire and explosion hazards are the first and second of major hazards in process industries, respectively. This study has been done to determine fire and explosion risk severity, radius of exposure and estimating of most probable loss.

Methods: In this quantitative study process unit has been selected with affecting parameters on fire and explosion risk. Then, it was analyzed by DOW's fire and explosion index (F&EI). Technical data were obtained from process documents and reports, fire and explosion guideline. After calculating of DOW's index, radius of exposure determined and finally most probable loss was estimated.

Results: The results showed an F&EI value of 226 for this process unit. The F&EI was extremely high and unacceptable. Risk severity was categorized in sever class. Radius of exposure and damage factor were calculated 57 meters and 83%, respectively. As well as most probable loss was estimated about 6.7 million dollars.

Conclusion: F&EI is a proper technique for risk assessment and loss estimation of fire and explosion in process industries. Also, It is an important index for detecting high risk and low risk areas in an industry. At this technique, all of factors affecting on fire and explosion risk was showed as index that is a base for judgement risk class. Finally, estimated losses could be used as a base of fire and explosion insurance.

Keywords

Fire and Explosion Index, process unit, risk, loss

1. (Corresponding author) School of Public Health, Qazvin University of Medical Sciences.

saeidahmad@gmail.com

2. School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences.

3. Researcher