

ارزیابی ریسک حریق و انفجار در یک واحد فرایندی با روش شاخص حریق و انفجار DOW

زینب السادات نظام الدینی^{۱*} - زهرا رضوانی^۱ - کیومرث کیان^۲

z_nezamodin@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۸

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۱۲

چکیده

مقدمه: در صنایع فرایندی به‌ویژه صنایعی که از هیدروکربن‌ها استفاده می‌شود، خطر حریق و انفجار همواره به‌دلیل قابلیت اشتعال و واکنش‌پذیری مواد، بالا بودن دما و فشار عملیات، فراریت و قابلیت تبخیر مایعات از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. این مطالعه به منظور ارزیابی کمی ایمنی حریق در یک صنعت روغن‌کشی با استفاده از شاخص حریق و انفجار DOW انجام شده است.

روش کار: اطلاعات مورد نیاز برای اجرای پژوهش، از اسناد فرایندی، راهنمای حریق و انفجار DOW، نتایج اندازه‌گیری پارامترهای عملیاتی و همچنین مصاحبه و مشاوره با سرپرستان و کارشناسان به‌دست آمد. سپس مطالعه طی ۳ مرحله تعیین شاخص DOW و شعاع و ناحیه تماس، تعیین عامل کنترل اعتبار ضرر و زیان و نهایتاً برآورد خسارت اجرا گردید.

یافته‌ها: شاخص حریق و انفجار در واحد فرایندی تحت مطالعه ۲۴۳/۶۸ محاسبه شد و بدین ترتیب شدت ریسک معادل آن شدید و غیر قابل پذیرش بود. شعاع مواجهه ۶۲/۳۸ متر و عامل اعتبار کنترل ضرر و زیان ۰/۶۹ محاسبه شد و در نهایت محتمل‌ترین خسارت واقعی ۸۵۹۰۵۰۰۰ میلیارد ریال برآورد گردید.

نتیجه‌گیری: شاخص حریق و انفجار DOW یک روش مناسب برای اندازه‌گیری خطرناکی کل کارخانه یا بخشی از آن را ارائه می‌دهد. لذا از این معیار می‌توان برای بیان پیشنهادات به‌دستدر خصوص تغییرات یا مقدار و میزان وسایل حفاظتی با توجه به اثر آنها در کاهش خسارت استفاده کرد.

کلمات کلیدی: شاخص حریق و انفجار DOW، ارزیابی ریسک، خسارت، واحد فرایندی

۱- مربی، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

۲- کارشناس بهداشت حرفه‌ای

مقدمه

امروزه دیگر رشد اقتصادی صرف هدف توسعه نبوده و توسعه پایدار با در نظر گرفتن کلیه جوانب امر، توسعه مطلوب و مورد نظر جامعه است. در همین راستا توجه به ایمنی، بهداشت و محیط زیست به عنوان یکی از اهداف توسعه مطلوب صنایع مورد توجه قرار می گیرد. تولید و ایجاد درآمد بدون توجه به این سه محور اساسی یعنی رشد بدون توسعه و رشد بدون توسعه یعنی سقوط و از هم گسیختگی و افزایش خسارات و از بین رفتن منابع در جامعه و صنعت.

رخداد حوادث ناشی از کار، سالیانه خسارات زیادی را به هر کشوری تحمیل می کند که این هزینه ها به طور مستقیم و غیر مستقیم در حدود ۲ تا ۳ درصد تولید ناخالص ملی برآورد شده است. (Koochpaei et al., 1996)

در این میان خطر آتش سوزی و انفجار به ترتیب از اولین و دومین خطرات اصلی در صنایع فرایندی محسوب می شوند. (Lees, 1996) در صنایع شیمیایی به ویژه صناعی که از مشتقات نفتی به عنوان حلال استفاده می کنند، خطر حریق و انفجار همواره به دلیل قابلیت اشتعال و واکنش پذیری مواد، بالا بودن دما و فشار عملیاتی، فراریت و قابلیت تبخیر مایعات و در پی آن تشکیل ابری از بخارات قابل انفجار و اشتعال از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

حوادث فاجعه باری همچون فلیکس بورو (Flixborough)، تری مایل آیلند (Three Mile Island) و بوپال (Bhopal) نمونه هایی از حوادث شیمیایی به شمار می روند که به دنبال رها شدن ماده در یک واحد فرایندی و انتشار آن در هوا رخ داده اند. شناسایی خطرات و تعیین درجه آسیب پذیری

فرایندهای صنعتی از طریق روش های مختلفی قابل اجراست. یکی از این روش ها شاخص های خطر هستند که از اصلی ترین آنها می توان به شاخص ایمنی ذاتی (ISI)، شاخص مواجهه شیمیایی (CEI)، شاخص خطر وزنی ایمنی (SWEHI)، شاخص حریق و انفجار و سمیت موند (MOND) اشاره کرد. شاخص های خطر روش نسبتاً ساده و کاملی بوده و ریسک کلی واحدهای فرایندی را محاسبه می کنند. اجرای آنها به سطح بالایی از تخصص و اطلاعات دقیق فرایند نیاز ندارد و با استفاده از مقادیر عددی تفسیر نتایج آنها آسان است. یکی از پرکاربردترین و جامع ترین شاخص های ارزیابی ریسک حریق و انفجار که در این مطالعه از آن بهره گرفته شد، شاخص حریق و انفجار DOW است. (Khan et al., 2003). روش ها و معادلات ارایه شده در این شاخص با برقراری ارتباط بین ایمنی و پارامترهای عملیاتی، تجزیه و تحلیل ایمنی فرایند را ساده تر می کند. این روش در سال ۲۰۰۲ توسط Etowah و همکاران برای مخازن ذخیره متیل ایزوسیانات در بوپال هند (Etowa et al., 2002) و همچنین توسط هندرشوت و همکاران در سال ۲۰۰۱ در یک کارخانه شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت (Hendershot, 2001). از دیگر موارد می توان به پژوهش (Suardin, 2005)، Suardin و همکاران (Suardin et al., 2007)، (Jensen and Jorgensen, 2007) اشاره کرد. در کشور ایران نیز در مواردی از این شاخص برای رتبه بندی خطر حریق و انفجار (Ahmadi, et al., 2010)، تعیین خسارت ناشی از حریق و انفجار (Ahmadi et al., 2011) و ارزیابی ریسک حریق و انفجار (Jafari et al., 2012) استفاده شده است. واحد اکسترکشن کارخانه روغن کشی مورد پژوهش با در نظر گرفتن انرژی بالقوه هگزان

عمومی و خاص فرایند در قالب فرم شاخص حریق و انفجار در جدول ۱ نمایش داده شده‌اند.

از حاصل ضرب $F1$ و $F2$ ، عامل خطرات واحد فرایندی ($F3$) و از حاصل ضرب عامل $F3$ در عامل مواد (MF)، شاخص حریق و انفجار محاسبه خواهد شد. با مشخص شدن میزان شاخص حریق و انفجار می توان شدت ریسک حریق و انفجار و همچنین شعاع در معرض خطر و مساحت ناحیه مواجهه را بر اساس جداول موجود تعیین نمود.

مرحله دوم در اجرای این شاخص محاسبه عامل اعتبار کنترل ضرر و زیان است که از طریق حاصل ضرب سه عامل اعتبار $C1$ (کنترل فرایند)، $C2$ (جداسازی مواد) و $C3$ (حفاظت از حریق) محاسبه می‌شود. حداکثر میزان این عامل عدد ۱ بوده و بدین معنی است که هیچ گونه اقدام کنترلی برای پیشگیری و حفاظت از ضرر و زیان در نظر گرفته نشده یا سیستم کنترلی موجود فاقد کارایی لازم در کنترل حریق و انفجار است. در مرحله بعد ارزش تجهیزات در ناحیه تماس مشخص شده و با استفاده از عامل مواد، عامل خطرات واحد و منحنی‌های موجود، عامل آسیب (DF) مشخص می‌شود. از حاصل ضرب عامل آسیب در ارزش تجهیزات، محتمل ترین خسارت واقعی محاسبه می‌گردد. شکل ۱ الگوریتم محاسبه شاخص حریق و انفجار را نمایش می‌دهد.

== یافته ها

محاسبه شاخص حریق و انفجار و ناحیه در معرض خطر در واحد اکستراکشن سه مخزن ذخیره هگزان وجود دارد که ظرفیت هر کدام ۶۵ متر مکعب است و در زمان تولید ۱۱۰ متر مکعب هگزان وارد سیستم فرایندی می‌شود.

و خطرات عمومی و خاص فرایند در این واحد به عنوان حساس ترین محل کارخانه از نظر ایجاد حریق و انفجار انتخاب گردید. هدف از انجام این پژوهش، تعیین شاخص حریق و انفجار در واحد فرایندی، تعیین شعاع و مساحت ناحیه در معرض خطر و تعیین خسارات احتمالی ناشی از حریق و انفجار بود.

== روش کار

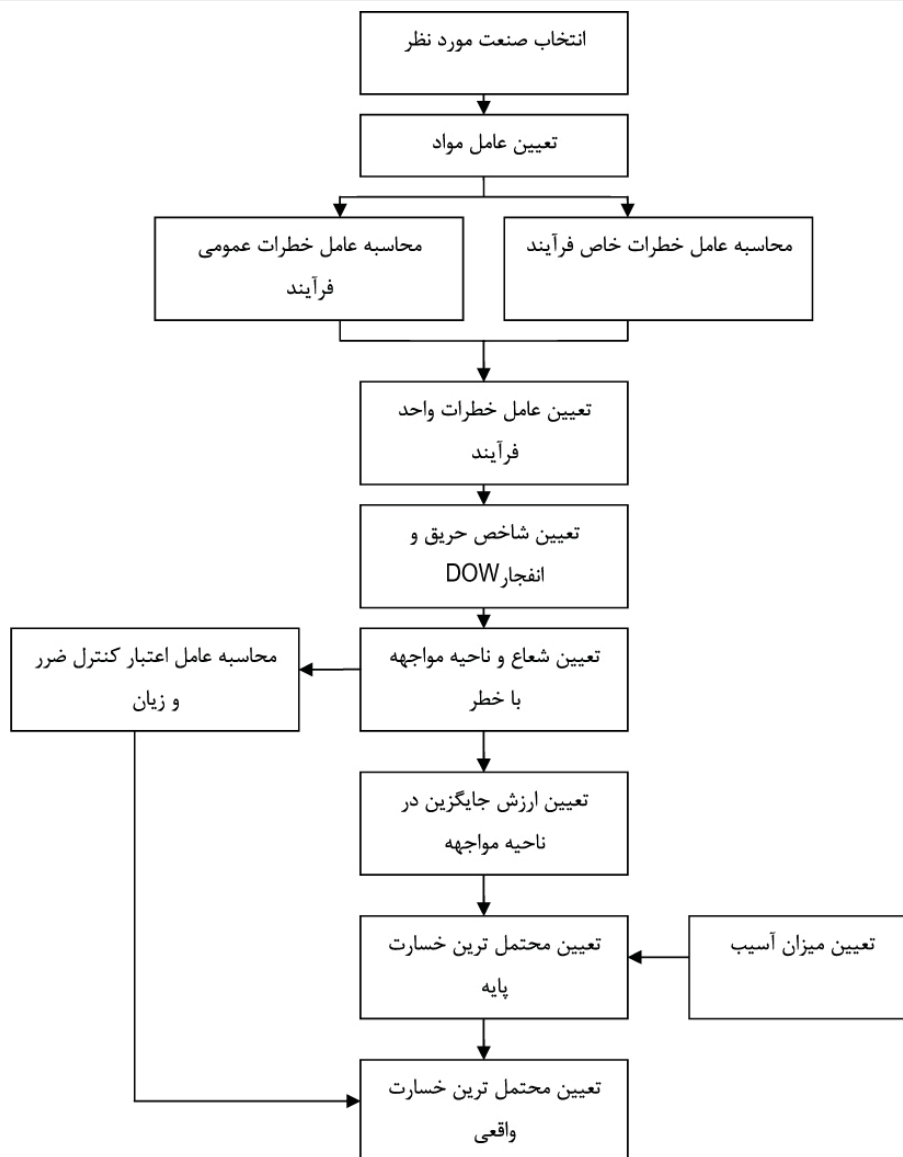
در این مطالعه که در یکی از صنایع روغن‌کشی کشور انجام شده است، اطلاعات لازم از اسناد فرایندی، راهنمای حریق و انفجار DOW، نتایج اندازه‌گیری پارامترهای عملیاتی نظیر دما و فشار و ...، مصاحبه و مشاوره با کارشناسان و مسوولین واحد، جمع‌آوری گردید. با در نظر گرفتن عواملی نظیر نوع و میزان مواد، پارامترهای عملیاتی و به طور کلی میزان حساسیت واحد فرایندی، واحد اکستراکشن صنعت مورد نظر به عنوان واحد فرایندی برای انجام این تحقیق در نظر گرفته شد. در اجرای روش DOW مرحله اول محاسبه شاخص حریق و انفجار است که بدین منظور باید عامل مواد (MF)، عامل خطرات عمومی فرایند ($F1$) و عامل خطرات خاص فرایند ($F2$) محاسبه شوند. عامل مواد معیاری از میزان انرژی بالقوه آزاد شده از حریق و انفجار ماده است و مقدار عددی آن بین ۱ تا ۴۰ می‌باشد. این عامل بر اساس درجه اشتعال پذیری و درجه واکنش پذیری و با استفاده از جدول راهنما تعیین شده و پس از آن با توجه به دمای عملیاتی واحد فرایندی، تصحیح دما بر روی این عامل صورت می‌گیرد. برای محاسبه $F1$ و $F2$ خطرات عمومی و خاص فرایند ارزیابی شده و به هریک از آنها یک عامل جریمه تعلق می‌گیرد. بدین معنی که با افزایش شرایط خطرناک، میزان جریمه نیز افزایش می‌یابد. عوامل مورد نظر برای خطرات

جدول ۱: فرم شاخص حریق و انفجار

شاخص حریق و انفجار (F&EI)			
نوع ماده: هگزان		عامل مواد = ۱۶	عامل مواد تصحیح شده: ۲۱
عامل پایه	خطرات عمومی فرایند (General Processes Hazard)	حدود عامل جریمه	عامل جریمه انتخابی
	عامل پایه	۱	۱
A	واکنش شیمیایی گرمازا	۰/۳۰-۱/۲۵	۰
B	فرآیند های گرما گیر	۰/۲۰-۰/۴۰	۰
C	انتقال و جابه‌جایی مواد	۰/۲۵-۱/۰۵	۰/۵
D	واحد های فرآیندی محصور شده یا داخلی	۰/۲۵-۰/۹۰	۰
E	دسترسی	۰/۲۰-۰/۳۵	۰
F	زهکشی	۰/۲۵-۰/۵۰	۰/۵
	عامل خطرات عمومی فرآیند (F ₁)		۲/۰
	خطرات خاص فرآیند (Special Process Hazards)		
	عامل پایه	۱	۱
A	مواد سمی	۰/۲۰-۰/۸۰	۰/۲
B	فشار کمتر از فشار اتمسفر	۰/۵۰	۰/۵
C	عملیات در نزدیک محدوده قابل اشتعال		
C1	تانک های ذخیره مایعات قابل اشتعال	۰/۵۰	۰/۵۰
C2	خطای ابزار دقیق در تخلیه یا افزودن مواد	۰/۳۰	۰
C3	عملیات به طور همیشگی در محدوده قابل اشتعال	۰/۸۰	۰/۸۰
D	انفجار ذرات قابل اشتعال	۰/۲۵-۲	۰
E	فشار اطمینان		
F	کم دمایی	۰/۲۰-۰/۳	۰
G	مقدار مواد قابل اشتعال ناپایدار		
G1	گازها و مایعات در فرآیند		۰/۹۲
G2	مایعات و گازهای ذخیره شده		۰/۰۳۲
G3	جامدات و ذرات قابل اشتعال در فرآیند		۰
H	خوردگی و فرسایش	۰/۱۰-۰/۷۵	۰/۲
I	نشستی	۰/۱-۱/۵۰	۱/۵
J	استفاده از تجهیزات مشتعل		۰
K	سیستم تبادل حرارتی سیال داغ	۰/۵-۱/۱۵	۰
L	تجهیزات دوار	۰/۵	۰
	عامل خطرات خاص فرآیند (F ₂)		۵/۶۵۲
	عامل خطرات واحد فرآیندی F ₁ *F ₂ =F ₃		۱۱/۳۰۴
	شاخص حریق و انفجار EI&F ₃ *MF=F		۲۷۳/۳۸
	شعاع در معرض خطر (متر)		۶۲/۳۸
	مساحت در معرض خطر (متر مربع)		۱۲۲۱۸/۵۸

فرم شاخص حریق و انفجار (جدول ۱) مشاهده می‌شود، عامل خطرات عمومی ۲ و عامل خطرات خاص فرآیند ۵/۶۵۲ محاسبه شد. شاخص حریق و انفجار به دست آمده برای این واحد ۲۴۳/۶۸ بود و شدت ریسک حریق و انفجار در این واحد فرآیندی در گروه شدید ($F&EI > 158$) طبقه بندی شد و مسلماً ریسک آن غیرقابل پذیرش می‌باشد.

با توجه به درجه اشتعال پذیری ($Nf=3$) و درجه واکنش پذیری ($Nr=0$) هگزان، عامل مواد (Mf) آن ۱۶ به دست آمد. از آنجا که این میزان برای شرایط دمایی محیطی ۶۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، لذا تصحیح دمایی در شرایط دمایی واحد اکستراکشن انجام شد و عامل مواد تصحیح شده برابر ۲۱ محاسبه گردید. همان‌گونه که در



شکل ۱: مراحل تعیین شاخص حریق و انفجار

همان‌گونه که مشاهده می‌شود در بخش کنترل فرایند (C1) روش‌ها و دستورالعمل‌های عملیاتی و در بخش حفاظت از حریق (C3) خاموش‌کننده‌های دستی و ساختار فولادی کمترین میزان عامل اعتبار را به خود اختصاص داده‌اند. در بخش جداسازی مواد (C2) سیستم زهکشی بیشترین عامل اعتبار را به خود اختصاص داده است. نهایتاً عامل اعتبار محاسبه شده برای این واحد فرایندی ۰/۶۹ محاسبه گردید.

شعاع در معرض خطر ۶۲/۳۸ متر و مساحت ناحیه در معرض ۱۲۲۱۸/۵۸ متر مربع به دست آمد.

محاسبه عامل اعتبار کنترل ضرر و زیان جدول ۲ عامل اعتبار اختصاص یافته به هر یک از ویژگی‌های کنترلی واحد فرایندی یعنی حفاظت از حریق، جداسازی مواد و کنترل فرایند را ارائه می‌کند.

شاخص ریسک محاسبه شده، راهنمای شرکت DOW حدی را برای این شاخص تعیین کرده است. بر طبق این راهنما واحدهای فرایندی با ریسک بالاتر از ۱۲۸ (ریسک شدید و سنگین) به عنوان واحدهای با ریسک غیر قابل پذیرش قلمداد می شوند. محاسبه شاخص حریق و انفجار DOW و ارزیابی ریسک ناشی از آن نشان داد که این واحد با میزان شاخص F&EI معادل ۲۴۳/۶۸ دارای ریسک غیر قابل پذیرش ($F&EI > 158$) بوده و نیاز به اقدامات اصلاحی فوری دارد. این میزان از میزان شاخص حریق و انفجار ذخیره متیل ایزوسیانات در حادثه بوپال هند که باعث مرگ بیش از ۲۰۰۰ نفر

تعیین محتمل ترین خسارت پایه و واقعی همان طور که جدول ۳ نشان می دهد، ارزش تجهیزات در ناحیه تماس ۱۵۰ میلیارد ریال و عامل آسیب به تجهیزات ۸۳ درصد و محتمل ترین خسارت پایه ۱۲۴۵۰۰۰۰۰ میلیارد ریال برآورد گردید. با در نظر گرفتن عامل اعتبار محاسبه شده در نهایت محتمل ترین خسارت واقعی ۸۵۹۰۵۰۰۰ میلیارد ریال محاسبه شد.

بحث

اگر چه روش شاخص حریق و انفجار DOW عمدتاً برای طبقه بندی ریسک حریق و انفجار کاربرد دارد، اما به منظور پذیرش یا عدم پذیرش

جدول ۲: نتایج محاسبه عامل اعتبار کنترل ضرر و زیان

محاسبه عامل اعتبار کنترل ضرر و زیان							
عامل کنترل فرایند (C ₁)							
ردیف	مشخصه	محدوده عامل اعتبار	عامل اعتبار استفاده شده	ردیف	مشخصه	محدوده عامل اعتبار	عامل اعتبار استفاده شده
a	نیروی محرکه اضطراری	۰.۹۸	۱	f	گاز خنثی	۰.۹۴-۰.۹۸	۱
b	سیستم های خنک کننده	۰.۹۷-۰.۹۹	۱	g	روشها / دستورالعملهای عملیاتی	۰.۹۱-۰.۹۹	۰.۹۱
c	کنترل انفجار	۰.۸۴-۰.۹۸	۰.۹۸	h	مرور واکنشهای شیمیایی	۰.۹۱-۰.۹۸	۱
d	توقف اضطراری	۰.۹۶-۰.۹۹	۰.۹۸	i	دیگر روشهای تجزیه فرآیند	۰.۹۱-۰.۹۸	۰.۹۸
e	کنترل کامپیوتری	۰.۹۳-۰.۹۹	۰.۹۳				
C ₁ =۰.۷۹							
عامل جداسازی مواد (C ₂)							
a	شیرهای کنترل از راه دور	۰.۹۶-۰.۹۸	۰.۹۸	c	زهکشی	۰.۹۱-۰.۹۷	۱
b	تخلیه کردن بیرون ریختن	۰.۹۶-۰.۹۸	۰.۹۸	d	اینتر لاک	۰.۹۸	۰.۹۸
C ₂ =0.92							
عامل حفاظت از حریق (C ₃)							
a	تشخیص نشستی	۰.۹۶-۰.۹۸	۱	f	پرده های آب	۰.۹۷-۰.۹۸	۱
b	ساختار فولادی	۰.۹۵-۰.۹۸	۰.۹۸	g	کف (فوم)	۰.۹۲-۰.۹۷	۱
c	تامین اب آتش نشانی	۰.۹۴-۰.۹۷	۱	h	خاموش کننده های دستی / مونیتورها	۰.۹۳-۰.۹۸	۰.۹۸
d	سیستم های خاص	۰.۹۱	۱	i	حفاظت از کابلها	۰.۹۴-۰.۹۸	۱
e	سیستم های اسپرینکلر	۰.۷۴-۰.۹۷	۱				
C ₃ =۰.۹۶							
los control credit factor=C ₁ .C ₂ .C ₃ =۰.۶۹							

جدول ۳: خلاصه آنالیز ریسک واحد فرآیندی مورد مطالعه

۲۴۳/۶۸	شاخص حریق و انفجار (EI&F)	۱
۶۲/۳۸	شعاع مواجهه m	۲
۱۲۲۱۸/۵۷	ناحیه مواجهه m ₂	۳
۱۵۰	ارزش تجهیزات در ناحیه مواجهه (میلیارد ریال)	۴
۸۳	عامل آسیب (درصد آسیب)	۵
۱۲۴۵۰۰۰۰۰	محتمل ترین خسارت پایه (۴×۵) میلیارد ریال	۶
۰/۶۹	عامل اعتبار کنترل ضرر و زیان	۷
۸۵۹۰۵۰۰۰	محتمل ترین خسارت واقعی (۶×۷) میلیارد ریال	۸

در مطالعه جعفری و همکاران نیز از مجموع ۸ واحد مورد بررسی، ۶ واحد دارای ریسک شدید و غیر قابل پذیرش شناسایی شدند. (Jafari *et al.*, 2012) علت افزایش ریسک حریق و انفجار در واحد مورد بررسی را می توان در ریسک عوامل اصلی حریق و انفجار آن جستجو کرد. عواملی نظیر پتانسیل نشستی از شیشه های دید، حالت فیزیکی ماده هگزان، سیستم زهکشی نامناسب، سرعت خوردگی بالا، درجه سمیت هگزان و کار در محدوده قابل اشتعال از عوامل خطرزایی عمده افزایش شاخص حریق و انفجار در واحد فرآیندی مورد مطالعه می باشند. در پژوهش جعفری و همکاران نیز سیستم زهکشی نامناسب، دمای فرآیندی بالاتر از نقطه جوش مایع، حالت فیزیکی مواد، نشت از شیشه های دید و خوردگی زیاد به عنوان برخی از اصلی ترین علل زیاد بودن میزان شاخص حریق و انفجار بوده که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. (Jafari *et al.*, 2012)

در بخش خطرات عمومی، انتقال و جابه جایی مواد و سیستم زهکشی، دو مورد تاثیرگذار بر ریسک حریق و انفجار می باشند. از آنجا که هگزان در طبقه بندی مواد جزء مایعات قابل اشتعال قرار می گیرد، طبق راهنمای DOW حداقل عامل جریمه ۰/۵ به این مورد اختصاص یافته است. پژوهش های متعددی شامل Etowa و همکاران (Etowa *et al.*, 2002)، Suardin (۲۰۰۵)،

شد (F&EI=238) بیشتر است. (Khan *et al.*, 2003). متیل ایزوسیانات با عامل مواد ۲۹ نسبت به هگزان با عامل مواد ۲۱ دارای انرژی پتانسیل ذاتی بیشتر و بسیار خطرناک تر است. هگزان فاقد خاصیت واکنش پذیری است ولی متیل ایزوسیانات در دما و فشار بالا به شوک های حرارتی یا مکانیکی موضعی 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. به طور کلی هگزان دارای قابلیت اشتعال پذیری بالاست اما فاقد خاصیت واکنش پذیری است. از طرفی اهمیت خاصیت واکنش پذیری در افزایش انرژی ذاتی مواد یا عامل مواد از خاصیت اشتعال پذیری بیشتر است. با وجود این مشاهده می شود که شاخص ریسک واحد مورد مطالعه تقریباً ۱/۰۲ برابر شاخص ریسک محاسبه شده در حادثه بوپال است. ریگاس و همکاران در یک کارخانه تولید افت کش به منظور بررسی خطر حریق و انفجار از شاخص حریق و انفجار DOW استفاده کردند و میزان شاخص را در بخش های مختلف محاسبه نمودند. بالاترین میزان شاخص حریق و انفجار در مطالعه ایشان در بخش ذخیره کلورهای اسیدی با میزان ۲۹۱ بود. تانک ذخیره کلورهای اسیدی در مقایسه با منابع ذخیره هگزان در مطالعه حاضر حاوی مواد واکنش پذیرتری بود که این عامل سهم زیادی در افزایش شاخص داشت (Rigas *et al.*, 2003).

و شکستن ناگهانی شیشه باعث آزادسازی حجم زیادی از ماده قابل اشتعال به محیط می‌شود، این بخش جریمه ۱/۵ را دریافت می‌دارد. از دیگر عوامل تاثیرگذار بر خطرات خاص می‌توان به سمی بودن مواد، فشار کمتر از اتمسفر، انجام نشدن عملیات در محدوده قابل اشتعال و نوع گازها و مایعات موجود در فرایند اشاره کرد. تدابیر اصلاحی در بخش‌های خطرات عمومی و خاص تا حدودی می‌تواند باعث کاهش احتمال شدت حریق و انفجار در این واحد فرایندی گردد. به عنوان مثال اصلاح سیستم زهکشی در قسمت خطرات عمومی به تنهایی باعث کاهش ۶۵ واحد در عدد شاخص می‌گردد.

شعاع و مساحت ناحیه در معرض خطر حریق و انفجار متناسب با شاخص DOW افزایش می‌یابد. در مطالعه حاضر شعاع در معرض خطر ۶۲/۳۸ متر برآورد گردید. از آنجاکه اتاق کنترل کارگران در محدوده شعاع تماس قرار دارد، در صورت بروز حادثه تلفات جانی می‌تواند تا ۲۰ نفر برسد. شعاع خطر و شاخص حریق و انفجار در مطالعه گوپتا و همکاران در یک راکتور سنتز آمونیاک به ترتیب ۴۱ و ۱۶۱ محاسبه گردید. (Gupta et al., 2003) در این واحد فرایندی اقدامات کنترلی در بخش حفاظت از حریق نسبت به کنترل فرایند و جداسازی مواد بسیار ضعیف‌تر می‌باشند. (C3=0/96) از علل این امر می‌توان به مواردی مانند عدم فعال شدن سیستم حفاظتی توسط کاشف‌ها (تشخیص نشستی)، عدم قابلیت تحویل آب آتش‌نشانی و کمتر بودن فشار آب تحویلی از $\psi 7/16$ در سیستم تامین آب آتش‌نشانی، عدم وجود سیستم‌های خاص اطفای حریق، سیستم‌های اسپرینکلر، پرده‌های آب و سیستم فوم، قرار گرفتن کابل‌های الکتریکی درون سینی‌های کابل بدون اقدام حفاظتی نظیر

Suardin و همکاران (Suardin et al., 2007) و جعفری و همکاران (Jafari et al., 2012) نشان داده‌اند که کاهش میزان مواد مورد استفاده در فرایند، باعث پایین آمدن میزان شاخص حریق و انفجار خواهد شد. اما در مورد عامل دوم لازم به ذکر است که سیستم زهکشی یکی از جنبه‌های غیرفعال چیدمان کارخانه در حفاظت از حریق محسوب می‌شود و نقش ویژه‌ای در انتقال و جابه‌جایی مواد خطرناک خارج شده از دستگاه‌ها در شرایط غیرنرمال به خارج از کارخانه دارد. ولی متأسفانه سیستم موجود قادر نیست حجم آب آتش‌نشانی و مایعات حاصل از فرایند را به نحو مطلوب هدایت کند و لذا عامل جریمه‌ای معادل ۰/۵ برای آن منظور شده است. در پژوهش آقای سعید احمدی و همکاران که به منظور تعیین کمی ریسک حریق و انفجار در یک واحد فرایندی انجام شده است، نیز از سیستم زهکشی نامناسب به عنوان تنها عامل تاثیرگذار بر عامل F1 نام برده شده است. (Ahmadi et al., 2008). در پژوهش جعفری و همکاران نیز از کاربرد سیستم زهکشی به عنوان موثرترین روش کنترلی یاد شده و چنین عنوان شده که با کاربرد چنین سیستمی کاهش حدود ۲۹ درصدی شاخص حریق و انفجار انتظار می‌رود. (Jafari et al., 2012) خطرات خاص فرایند نسبت به خطرات عمومی بر میزان شاخص تاثیرگذارتر هستند. تاثیرگذارترین مورد در بخش خطرات خاص در این پژوهش، نشستی است که این نتیجه نیز مشابه نتایج حاصله از پژوهش سعید احمدی و همکاران می‌باشد. (Ahmadi et al., 2008) از آنجا که در این واحد فرایندی، نشستی از پمپ‌ها و آب بندها کم و جزئی است، این مورد می‌تواند حداقل جریمه ۰/۱ را به خود اختصاص دهد، ولی چون علاوه بر تجهیزات ابزار دقیق از شیشه‌های دید خصوصاً در اکستراکتور استفاده شده است

استفاده از پوشش‌های ضد حریق بر روی سینی کابل و از طرفی در معرض قرار گرفتن کابل‌ها با آب و بخارات گرم اشاره کرد.

در مقابل، اقدامات کنترلی در بخش کنترل فرایند نسبت به ۲ بخش دیگر چشمگیرتر است. (C1=0/79) تجهیز واحد فرایندی به سیستم کامپیوتری با قابلیت لغو عملیات در صورت ورود داده های بحرانی، استفاده از روش‌ها و دستورالعمل‌های عملیاتی مناسب، ارزیابی خطرات واحد به طور منظم و هر ۳ ماه یکبار از مهم‌ترین اقدامات کنترلی برای کاهش ریسک حریق و انفجار در کارخانه تحت بررسی هستند. برآورد خسارت‌های ناشی از تخریب تجهیزات از جمله هزینه های اصلی حریق و انفجار است که از دیگر نتایج پژوهش حاصل می باشد. خسارت محاسبه شده در این مطالعه با در نظر گرفتن تدابیر ایمنی و پیشگیرانه موجود در واحد مورد بررسی برآورد گردیده است. بدیهی است که متناسب با بهبود ویژگی‌های کنترلی، میزان خسارت واقعی کاهش می یابد.

جهت برآورد خسارات ناشی از تخریب تجهیزات لازم است هزینه‌های جایگزینی تجهیزات تخریب شده (ارزش جایگزینی) محاسبه گردد. بر طبق اسناد مالی موجود ارزش جایگزینی در محل مورد مطالعه ۱۵۰ میلیارد ریال برآورد گردید. با لحاظ کردن عامل آسیب و اعتبار کنترل ضرر و زیان محاسبه شده، محتمل ترین خسارت واقعی ۸۵۹۰۵۰۰۰ میلیارد ریال برآورد گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظرمی رسد چنانچه یک سری تدابیر اصلاحی در بخش‌های خطرات عمومی و خاص فرایند و در بخش اقدامات کنترلی واحد صورت گیرد، میزان شاخص حریق و انفجار در این واحد فرایندی به طرز چشمگیری کاهش

می یابد. به عنوان مثال با بهبود سیستم زهکشی و به‌کاربردن گاز خنثی در فرایند به طور همزمان و پیشگیری از خوردگی تغییرات قابل توجهی در عامل خطرات فرایند و شاخص حریق و انفجار ایجاد می‌شود، به نحوی که شاخص از عدد ۲۴۳/۶۸ به عدد ۸۶/۶۲ کاهش می‌یابد.

در مطالعه گوپتا و همکاران خسارت پایه در شعاع تماس راکتور مورد پژوهش ۲۲ میلیون دلار برآورد شد، اما با توجه به عامل کنترل ضرر و زیان نسبتاً خوب (۰/۴۷)، خسارت واقعی ۱۰/۷ میلیون دلار محاسبه گردید. (Gupta et al., 2003)

نتیجه گیری

شاخص حریق و انفجار DOW یک ارزیابی سیستماتیک و منظم از پتانسیل حریق، انفجار و واکنش پذیری تجهیزات فرایندی و مواد موجود در آنهاست. این سیستم عمدتاً در عملیاتی که مواد قابل اشتعال، قابل احتراق و واکنش پذیر ذخیره، جابه‌جایی و فراوری شده، کاربرد دارد و هدف آن تعیین واقع بینانه ترین خسارت مورد انتظار از رویداد حریق و انفجار و شناسایی روش‌هایی برای کاهش شدت و خسارت ناشی از حریق و انفجار با یک روش کم هزینه و کارآمد و ارزیابی ایمنی ذاتی فرایند با مداخله پارامترهای عملیاتی می‌باشد. در این مطالعه ریسک محاسبه شده غیر قابل پذیرش برآورد گردید. لذا با در نظر گرفتن امکانات واحد فرایندی و اولویت‌های کاهش خسارت، مواردی همچون بهبود سیستم زهکشی، دوجداره کردن شیشه های دید چشمی، نصب و راه اندازی سیستم گاز خنثی، استفاده از پوشش‌های ضد حریق بر روی سینی‌های کابل استفاده از سیستم اسپری آب بر روی مخازن پیشنهاد گردید.

Research. 2001; 14:365-401

Jafari MJ, Zarei M, Movahedi M. The credit of fire and explosion index for risk assessment of Iso-Max unit in an oil refinery. IJOH 2012; 4:10-16.

Jensen N, Jorgensen SB. Taking credit for loss control measures in the plant with the likely loss Fire and Explosion Index (LL-F & EI). Trans IChem E, part B Process Safety and Environmental Protection 2007; Vol 85(B1): 51-58

Khan FI, Sadiq R, Amyotte PR. Evaluation of available indices for inherently safer design options. Process Safety Progress. 2003; 22(2): 83-97.

Koohpaei A, Setareh H, Alaei I. Process Safety Engineering. Hamedan: Fanavaran; 2006. (In Persian)

Lees FP. Loss prevention in the process industries. London: Butterworths; 1996.

Rigas F, Konstaninidou M, Centola P, Reggio GT. Safety analysis and risk assessment in a new pesticide production Line. Loss Prevention 2003;16:103-109

Suardin J. The integration of Dow's Fire and Explosion Index into Process Design and Optimization to achieve an Inherently Safer Design. MSc thesis, Texas A&M University. Aug 2005.

Suardina J, Mannana S and El-Halwagi M. The integration of Dow's fire and explosion index (F & EI) into process design and optimization to achieve inherently safer design. Loss Prevention in the Process Industries 2007; 20(1): 79-90.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز که در تصویب و تامین مالی طرح به شماره U-90032 همکاری نمودند و همچنین از مدیریت و پرسنل محترم کارخانه مورد نظر که در اجرای این پژوهش ما را یاری نمودند، صمیمانه قدردانی می‌شود.

منابع

Ahmadi S, Adl J, Ghalehnovi M. Relative ranking of fire and explosion in a petrochemical industry by fire and explosion index. JQUMS 2011; 14(4):50-56. (In Persian)

Ahmadi S, Adl J, Mirzaei M, Zarei M. Determination of fire and explosion loss in a chemical industry by fire and explosion index. JQUMS 2012; 15(4): 68-76. (In Persian)

Ahmadi S, Adl J, Varmazyar S. Risk quantitative determination of fire and explosion in a process unit by Dow's Fire and Explosion Index. Iran Occupational Health.2008; 5(1). (In Persian)

Etowa CB, Amyotte PR, Pegg MJ, Khan FI. Quantification of inherent safety aspect of the Dow indices. Loss prevention. 2002; 15: 477-487

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

Hendershot DC. Safety through design in the chemical process industry. Journal of Safety

Fire and explosion risk assessment in a process unit using Dow's Fire and Explosion Index

Z. S. Nezamodini^{*}; Z. Rezvani¹; K. Kian²

¹ Lecturer, Department of Occupational Health, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

²Occupational Health Expert

Abstract

Introduction: In the process industries, especially industries with hydrocarbons uses, due to flammability and reactivity of materials, high temperature, operation pressure, volatility and evaporability of liquid, fire and explosion hazard always has a great significances. The purpose of this study was to assess the quantitative fire safety using DOW's fire and explosion index, in an oil extraction industry.

Material and Method: The required information for conducting this research was obtained from process documents, DOW's fire and explosion guideline, the measured operational parameters and also interviews and consultation with the supervisors and experts. Following, the study was conducted in three phases: 1) determination of DOW index, the radius and area of contact, 2) determination of loss control credit factor and finally 3) loss estimation.

Result: Fire and explosion index in the understudy process unit was calculated 243.68 and thus severity of risk was extremely high and unacceptable. Radius of exposure and loss control credit factor was obtained 62.38 meters and 0.69, respectively. Finally, the most probable loss was estimated about 2863500 dollars.

Conclusion: DOW's fire and explosion index is a suitable technique to measure the fire risk of whole plant or a part of it. Thus, this criterion can be used to propose the changes or amount of protective equipment according to their effect in reducing the losses.

Key words: DOW's fire and explosion index, risk assessment, Loss, Process Unit

* Corresponding Author Email: z_nezamodin@yahoo.com