



شرکت ملی صنایع پتروشیمی
شرکت سهامی پتروشیمی تبریز

انجام مطالعات مخاطرات و راهبری (HAZOP) و تجزیه و تحلیل عوامل ریسک در مجتمع پتروشیمی تبریز

میرمحمد چاوش‌باشی^(*)، جواد حنیفی و حسین سپرهم

فوق‌لیسانس مهندسی شیمی^(*)، فوق‌لیسانس مدیریت صنعتی و لیسانس مهندسی مکانیک

شرکت پتروشیمی تبریز، کیلومتر ۵ جاده آذرشهر، مجاور پالایشگاه تبریز، کدپستی ۳۴۵ - ۵۱۷۴۵، تبریز - ایران،

شماره تماس: تلفن: ۰۹۸۴۱۱۴۲۸۲۱۵۰، فاکس: ۰۹۸۴۱۱۴۲۸۲۱۱۳

(*) E-mail: mm.chavoshbashi@gmail.com

چکیده:

بهره برداری از مجتمع پتروشیمی تبریز، دی ماه سال ۷۵ آغاز و در فروردین ماه سال ۱۳۷۷ تکمیل شد. این مجتمع در زمینه تولید انواع مواد پلیمری و شیمیایی (پلاستیک‌های خام) فعالیت می‌کند. با توجه به نقش کلیدی ایمنی در صنعت به عنوان عاملی برای مصون داشتن انسان‌ها، محیط کار و محیط پیرامون، پروژه مطالعات HAZOP و تجزیه و تحلیل عوامل ریسک برای کلیه واحدهای فرآیندی این مجتمع تعریف و انجام گردید تا ریسک و خطرات بالقوه و همچنین مشکلات بهره‌برداری واحدهای صنعتی رفع و یا به حداقل کاهش داده شود. نتایج پروژه شامل یکسری پیشنهاد اقدامات اصلاحی بوده که بر اساس کلمات متدولوژی ارائه شده برای ارزیابی ریسک، اولویت بندی گردیده و مطابق بودجه در نظر گرفته شده اجرا خواهند شد.

کلیدی: پتروشیمی - HAZOP - ریسک - فرآیندی

مقدمه

تکنیک HAZOP (Hazard and Operability study) برای اولین بار در سال ۱۹۶۴ بر اساس تکنیکی که آزمایش بحرانی خوانده می‌شود توسط صنایع شیمیایی سلطنتی بریتانیای کبیر (ICI Chemicals, UK) معرفی و سپس توسط T.A.Kletz بصورت قانونمند درآمد. اما این تکنیک عملاً بعد از حادثه کارخانه فلیکس بورو در انگلستان (۱ ژوئن سال ۱۹۷۴)، در صنایع شیمیایی رایج گردید. [3] با شناخت و آگاهی بیشتر، این مطالعات توسط صنایع پتروشیمیایی که دارای خطرات بالقوه

مشابهی بودند بکار گرفته شد. و طی سالهای اخیر (۱۹۸۵ بعد) در بسیاری از کشورهای دیگر نیز مطرح گردید تا ریسک و خطرات بالقوه مرتبط با فرایند انسان و ماشین و همچنین مشکلات بهره‌برداری واحدهای صنعتی رفع یا به حداقل کاهش داده شود. روش HAZOP روشی کیفی ، سیستماتیک ، خلاق ، تیمی ، مقرون به صرفه بوده و آموزش و یادگیری آن آسان است.

[2] در کشور ما با توجه به رشد روز افزون و گسترده‌گی طیف فعالیت در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی انجام این مطالعات از منظرهای گوناگون به خصوص از بعد بالابردن سطح ایمنی در این صنایع ضروری است.

مدیریت ریسک :

فرآیند ارزیابی ریسک و کنترل آن به صورت کاربردی و سیستماتیک در واقع همان مدیریت ریسک است . راههایی که جهت کنترل ریسک در نظر گرفته می شوند شامل حذف ریسک، کاهش ریسک، انتقال ریسک و پذیرش و نگهداری ریسک می باشد. مدیریت ریسک در سیستم مدیریت بهداشت ، ایمنی و محیط زیست شامل شناسایی ، تجزیه و تحلیل و ارزیابی و کنترل جنبه های زیست محیطی ، خطرات بالقوه و عوامل زیان آور بهداشتی می باشد . شناسایی خطرات شامل طبقه بندی فعالیت‌های کاری و تجزیه و تحلیل خطرات در آن فعالیتها می شود و تخمین احتمال خطر در بردارنده تواتر و پیامد یک حادثه است . بر این مبنا تخمین هر احتمال خطری نیاز به تحلیل پیامد (Consequence Analysis) و تحلیل تواتر (Analysis Frequency) دارد . تحلیل پیامد در واقع تحلیل خسارتی است که رویدادهای خطرناک به دریافت کننده های خود وارد می کنند و تحلیل تواتر درک احتمالی وقوع وقایع خطرناک است. روشهای مختلف تحلیل تواتر شامل تحلیل رویدادهای تاریخی، تجزیه و تحلیل درخت خطا (Fault Tree Analysis) ، تجزیه و تحلیل درخت واقعه (Event Tree Analysis) ، تجزیه و تحلیل قابلیت انسانی (Human Reliability Analysis) و تجزیه و تحلیل وقایع خارجی (External Event Analysis) است . جهت درک قابلیت پذیرش (Acceptability) و یا قابلیت تحمل (Tolerability) یک احتمال خطر باید آن را در فرآیند ارزشیابی احتمال خطر بررسی کرد . در این فرآیند، که فرآیند تصمیم گیری می باشد، ریسکهای مختلف

براساس شاخصها و معیارهای مشخص اولویت بندی می شوند تا در مورد پذیرش، کاهش و یا رد آنها تصمیم گیری شود.

چند دسته بندی مختلف برای روشهای ارزیابی ریسک در مراجع مختلف ارائه شده است که شامل: الف) تقسیم بندی

روشهای ارزیابی ریسک به صورت قیاسی (Deductive) و استقرائی (Inductive) ب) تقسیم بندی روشهای ارزیابی

ریسک به تفکیکهای کیفی، نیمه کمی و کمی میباشد. [6]

در روش قیاسی، واقعه نهایی در نظر گرفته شده و عللی که می توانند باعث این واقعه شوند جستجو می شوند که شامل

تجزیه و تحلیل درخت واقعه و درخت خطا است. در روش استقرائی شکست یک جزء در نظر گرفته شده و در تحلیل

های بعدی وقایعی که در نتیجه شکست مذکور رخ می دهند، شناسایی می شود که شامل روش تحلیل مقدماتی خطر

(preliminary Hazard Analysis)، تجزیه و تحلیل چه می شود اگر (What-If analysis)، تجزیه و تحلیل حالات شکست

و آثار آن (Failure Mode Effect Analysis) و شبیه سازی خطا برای سیستمهای کنترلی (Fault Simulation for Control)

(System) میشود. تکنیکهای کیفی شامل تکنیکهایی جهت شناسایی اولیه خطر هستند. روشهای غیرکمی شامل روشهای

شاخص دهی و ماتریسی بوده و روشهای کمی شامل مدلسازی تواتر و پیامد و تکنیکهای تخمین ریسک می باشند. [1]

متدولوژی HAZOP:

کلمه HAZOP برگرفته از سه حرف اولیه کلمه Hazard به مفهوم خطر و دو حرف اولیه Operability به معنی قابلیت عملیات

می باشد. یکی از روشهای رایج جهت شناسایی مخاطرات در مبحث مدیریت ریسک روش مطالعات HAZOP می باشد.

زمان اجرای HAZOP: هر چند که می توان مطالعه را در کلیه فازهای عمر یک سیستم شامل عملیات Pilot Plant – طراحی

تفصیلی – عملیات روتین واحد – توسعه و تغییر یا اصلاح در واحد – وقوع حادثه در واحد انجام داد ولی اجراء و استفاده از

یافته های آن در فاز طراحی بسیار مفیدتر بوده و نتایج آن از قابلیت اجرایی بیشتری برخوردار خواهد بود.

انواع Hazop: تکنیک را می توان بر اساس عنصر سیستمی مورد مطالعه در چهار دسته کلی زیر طبقه بندی کرد:

HAZOP ساده : اساساً دستورالعمل مطالعات HAZOP در این روش در نظر گرفتن شرح کامل فرآیند واحد و سئوالات سیستماتیکی در هر یک از بخش های واحد مطابق با پرسش " چگونگی تغییرات یا انحرافات نسبت به طرح اولیه " مطرح می گردد. در مطالعه HAZOP پس از تعیین سیستم مورد نظر و اهداف مطالعه ، اولین گام در راستای افزایش تمرکز بر روی انحرافات ممکن، تقسیم سیستم به بخشهای کوچکتر و به عبارت دیگر انتخاب گروههای مطالعاتی خواهد بود. هر گروه مطالعاتی بخشی از سیستم است که در آن امکان تغییر پارامترهای فرآیند وجود دارد. زمانی که تغییرات یا انحرافات شناسایی شدند و معلوم شد که چگونه آنها سبب شده و پیامدهای آنها چه میباشند یک ارزیابی مناسب باید انجام شود که آیا چنین تغییراتی و پیامدهایش در ایمنی و بهره برداری اثرات منفی خواهد داشت و یا خیر. در صورت جواب مثبت ، راههای اقدامات اصلاحی تجویز می گردد. پس از بررسی یک قسمت از طراحی و ثبت هر گونه خطرات بالقوه مربوط به آن ، مطالعه HAZOP ادامه می یابد و بر روی قسمت بعدی طراحی ، تمرکز حاصل میگردد . این بررسی مرتب تکرار میشود تا اینکه تمام قسمتهای کارخانه مورد مطالعه قرار گیرد.[5]

در مرحله شروع مطالعات HAZOP تیم عملیاتی انتخاب و رهبر آن مشخص می شود وظیفه رهبر تیم جمع بندی اطلاعات جمع آوری شده توسط اعضای تیم و هدایت تیم در مسیری است که در نهایت بتواند با همکاری همدیگر کل سیستم یا فرآیند را مورد ارزیابی قرار دهند. تیم HAZOP که تعداد اعضای آن در بهترین حالت ۴ تا ۸ نفر است باید طراحان ، اپراتورها و مصرف کنندگان را در برگیرد .

کلمات کلیدی : یک مشخصه اصلی در این فرآیند پرسشی ، آنالیز سیستماتیک استفاده از واژه های کلیدی جهت متمرکز نمودن توجهات در تغییرات و امکان علتی (Possible Cause) که ممکن است بوجود آید می باشد. این کلمات کلیدی به دو گروه زیر تقسیم می شوند:

کلمات کلیدی اولیه : این کلمات منعکس کننده هدف طراحی فرآیندی و ملاحظات بهره برداری واحدی است که باید مورد مطالعه قرار گیرد. نمونه کلمات مرتبط فرآیندی شامل جریان- دما- فشار- حالت ماده - سطح مایع- ترکیب (Composition) -
 -Reaction -Separation -Addition - Mixing -Information -Voltage -Viscosity- Frequency -Speed - PH -Time
 تست و نگهداری - خوردگی - ترکیدن لوله - از کار افتادن سیستمهای کنترل - بلوکه شدن یا گرفتگی و انسداد در قسمتی از فرایند - اشتباه عملیاتی یا اپراتوری (مانند باز کردن اشتباهی یک ولو) - فعالیت های اشتباه در کارهای تعمیراتی (مانند جا گذاشتن اشتباهی بعضی از ادوات) - از کار افتادن سرویسهای جانبی (Utility Failure) مانند از سرویس خارج شدن هوای ابزار دقیق یا قطع شدن برق - (Un-Steady Operation) عملیات ناپایدار (شامل موارد در سرویس قرار دادن واحد، از سرویس خارج شدن واحد، از سرویس خارج شدن اضطراری واحد، کارهای تعمیراتی، نمونه گیری و تخلیه مواد) - طراحی (Design) شامل موارد تجهیزات ناکافی و یا اسناد ناکامل

کلمات کلیدی ثانویه : کلمات کلیدی ثانویه کلماتی است که وقتی با کلمات کلیدی اولیه ترکیب شود، تغییرات ممکن را پیشنهاد می دهد. شامل هیچ (None) - بیش از (More) - کمتر از (Less than) - بعلاوه (As well as) - بخشی از (part of) - برعکس (Reverse) - بجای اینکه (Other than)

در یک واژه ساده پروسه مطالعه HAZOP شامل انجام راههای سیستماتیک تمام کلمات ترکیبی مرتبط با واحد در قالب پرسش با سعی در پوشش تمام مشکلات بالقوه واحد است و نتایج آن بصورت جدول ستونی و با عناوین زیر گزارش می گردد.

DEVIATION	CAUSE	CONSEQUENCE	SAFEGUARD	ACTION

تغییر Deviation: کلمات کلیدی بصورت ترکیبی استفاده شده است. (مثال Flow / No)

علت Cause: علل بالقوه که موجب ایجاد تغییر خواهند گردید

پیامد ها Consequences: پیامد هایی که ممکن است از تغییر بوجود آید

حفاظت و نگهداری Safeguard: هر وسیله حفاظتی موجود که یا از علت عیب جلوگیری می کند، و یا در برابر پیامد های معکوس محافظت می نماید

اقدام Action: جائیکه یک علت واقعی (مطمئن) موجب پیامد های منفی می شود، جهت اقدام یا عدم اقدام می باید تصمیم گرفته شود. در این مرحله پیامد ها و حفاظت های مرتبط نیز باید مورد توجه قرار گیرد. اگر وضعیت سیستم حفاظتی موجود کافی است، پس نیاز به اقدامی نیست و کلمه مناسب باید در جدول درج شود.

اقدام معمولاً دو نوع است. ۱- اقدامی که موجب حذف علت عیب می شود. ۲- اقدامی که باعث تخفیف یا کاهش پیامد می شود.

ماخذی که برای مطالعه HAZOP در نظر گرفته می شود مجموعه نقشه های P&IDs (As Built) می باشد که این نقشه ها با بررسی مواردی مانند زیر که مناسب این مطالعه می باشند تکمیل می شود:

نقشه ها یا نمودار جریان فرآیند (PFDs) Process Flow Sheets - مشخصات مربوط به تجهیزات و وسایل Equipment Specification - مشخصات مربوط به طبقه بندی لاین ها Piping Class Specification - اعمال مربوط به سیستم اضطراری Emergency Shutdown System Functions - نقشه کارخانه Plant layout diagrams - روشهای عملیاتی - شرح وقایع (نقص ها، نشت ها، شبه حادثه ها و...) - سیستم های Interlock واحدها - Comprehensive Process Description -

Control Philosophy

یک فرآیند پیوسته، از لحظه شروع راه اندازی تا از سرویس خارج شدن واحد به مشابیه یک فرآیند ناپیوسته با مدت زمان

واکنش زیاد میباشد در حقیقت اصول و قواعد کلی در هر دو فرآیند از یک دستورالعمل کلی پیروی می کند یکی

از مهمترین کلمات کلیدی در HAZOP فرآیندهای ناپیوسته مبحث بعد چهارم به مفهوم «زمان» و «پریود» می باشد. [4]

HAZOP اصلاحی: به علت اینکه در روش HAZOP ساده، جنبه های اجرایی عملیات بصورت موثر بررسی نمیگردند،

لذا اغلب لازم است که از یک مدل اصلاح شده برای HAZOP استفاده کرد بطوریکه هم تجزیه و تحلیل دستگاهها و هم

تجزیه و تحلیل دستورالعملهای اجرایی را در بر گیرد .

HAZOP تخمینی : مدل اصلاح شده دیگری از HAZOP است که هدف آن شناسایی خطرات بزرگ (شامل اعمال متقابل

خطرناک و بالقوه در بین واحدهای مختلف) در مرحله اولیه توسعه پروژه میباشد . به منظور استفاده از این روش ،

پارامترهای کلی پروژه بایستی معین شده باشد ، این پارامترها عبارتند از : ۱- مواد خام ، واسطه ، محصول و پساب ۲-

عملیات واحدها ۳- جانمایی [8]

HAZOP STUDY واحدهای مجتمع پتروشیمی تبریز:

نتایج کلی مطالعات HAZOP و مدیریت ریسک در مورد واحدهای مجتمع پتروشیمی تبریز (واحد الفین - بنزن - مخازن -

اتیل بنزن واستایرن مونومر- پلی استایرن معمولی و مقاوم - پلی استایرن انبساطی - پلی اتیلن - بوتن-۱ - نیروگاه (برق و

بخار) - آب و بازیافت - هوا و ازت - ۳ بوتادین) که بکمک نرم افزار PHA-PRO 6 انجام گرفته اند در جدول شماره

۱ نشان داده شده است .

جدول ۱. نتایج کلی مطالعات HAZOP واحدهای مجتمع پتروشیمی تبریز

Unit Name	No of Drawing	No of Nodes	No of Deviations	No of Causes	No of Consequences	No of Safeguards	No of Recommendations
OLEFINE	500	68	1187	2255	2271	2981	215
PGH & BE PLANT	100	53	904	911	921	1528	252
PolyEthylene	100	37	139	139	139	139	20
1-butene	50	19	70	70	70	67	22
1,3 Butadiene	100	72	682	682	682	1306	38
C1 (SM)	200	55	548	548	549	613	146
C2 (GPPS-HIPS)	90	44	627	928	816	1606	44
C3 (EPS)	55	18	187	187	187	187	10
Tank yards	80	45	598	598	598	718	163
POWER & STEAM	80	31	180	180	180	178	29
Nitrogen	30	8	83	113	127	131	6
AIR	15	3	30	60	74	81	7
WATER TREA.	50	26	147	148	148	167	12
WAST WATER TREA.	50	28	182	194	200	223	21
Total	1500	507	5564	7013	6962	9925	985

نرم افزار PHA-PRO : در راستای حل مسائل گروه HSEQ نرم افزارهای مختلفی طراحی و ارائه شده است که یکی از کاربردی ترین این نرم افزارها ، نرم افزار PHA-PRO می باشد که توسط شرکت DYDAM کانادا طراحی و به بازار عرضه شده است این نرم افزار می تواند داده های دریافتی را کلاسه بندی نموده و بصورت اطلاعات مفید در اختیار کاربران قرار دهد. از جمله کاربردهای مهم این نرم افزار استفاده از آن در تکنیک HAZOP و مدیریت ریسک می باشد. در این پروژه نیز از این نرم افزار جهت انجام مطالعات HAZOP بهره گیری شده است. [7].

متدولوژی ارزیابی ریسک در پروژه :

ریسک مورد نظر در این پروژه تابعی از متغیرهای مستقل شامل احتمال (Likelihood) و شدت (Severity) و قابلیت ردیابی (Detectability) می باشد که هر کدام با توجه به جداول اختصاصی خود عددی بین ۱ تا ۵ را شامل می شود .
محاسبه میزان ریسک :

$RPN (Risk Priority Number) = S (MaxiMax) \times O \times D$		
S = Severity	O = Occurrence	D = Detect ability

Risk Ranking

5	25	50	75	100	125	5		
4	16	32	48	64	80	4		
3	9	18	27	36	45	3		
2	4	8	12	16	20	2		
1	1	2	3	4	5	1		
Occurrence	Severity	1	2	3	4	5	Severity	Detectability

بر اساس این متدولوژی برای ارزیابی ریسک، محاسبه رتبه بندی ریسک (RPN) به طبقات چهارگانه زیر تقسیم می‌شود:

طبقه A ریسک بحرانی (خطرناک) یا غیر قابل قبول (Unacceptable) (۱۲۵-۶۴): این طبقه نشاندهنده پتانسیل خطری برابر

مرگ، حوادث وخیم و یا آسیب وسیع بر روی تجهیزات اصلی، مواد یا اثرات زیاد بر روی محیط زیست میباشد و باعث توقف

کلی واحد میگردد. در این محدوده می‌بایست میزان ریسک بوسیله بهره‌گیری از سیستمهای کنترلی و مهندسی در طول دوره

شش ماهه به میزان قابل قبول کاهش یابد.

طبقه B ریسک جدی (وخیم) (۶۳-۲۵): این طبقه نشاندهنده وجود پتانسیل حوادث یا بیماریها، از کارافتادگی موقت و یا

آسیبهایی است که باعث بی‌نظمی واحد میشوند ولی از دامنه کمی برخوردارند. در این محدوده می‌بایست میزان ریسک

بوسیله بهره‌گیری از سیستمهای کنترلی و مهندسی در طول دوره یکساله به میزان قابل قبول کاهش یابد.

طبقه C ریسک کم اهمیت یا قابل تحمل (۲۴-۸): هر شخصی در سیستم با این نوع ریسک در ارتباط میباشد. پتانسیل خطر

آن کم است به نحوی که با تجهیزات استحقاقی میتوان آن را کنترل و اثرات آن را کم نمود. می‌بایست روشهای اجرایی و

سیستمهای کنترلی بازبینی و صحت‌گذاری شوند.

طبقه D ریسک حداقل یا قابل قبول (Acceptable) (۷-۱): پتانسیل حوادث در این ریسک بسیار کم بوده و نمیتواند مهم یا

اثرات جدی به همراه داشته باشد. در این محدوده نیاز به کاهش ریسک نمیشود.

با توجه به نوع طبقه بندی بالا، در ارزیابی‌ها، میبایست برای ریسکهای بالای ۲۵، اقدام اصلاحی لازم جهت کاهش ریسک

پیشنهاد گردد.

نتیجه‌گیری:

با توجه به نتایج حاصل از مطالعات HAZOP مجتمع پتروشیمی تبریز و پیشنهادات و توصیه‌های ارائه شده، می‌توان اذعان

نمود که با روش HAZOP STUDY، ضمن پیش‌بینی وقوع خطرات احتمالی سیستم و ارزیابی ریسک آنها، ضعفهای

طراحی فرآیند و بهره برداری آن مشخص شده و در این راستا می توان تصمیم منطقی جهت کنترل ، کاهش یا حذف ریسک آنها اتخاذ نموده و اقدامات اصلاحی لازم بعمل آورد. که این روند بر اساس الویت بندی انجام شده و بودجه در نظر گرفته شده قابل انجام خواهد بود . همچنین روش HAZOP STUDY راهنمای خوبی جهت پایش مداوم ایمنی سیستم های فرآیندی به ویژه در زمان بهره برداری محسوب می گردد چرا که قبل از انجام کلیه Modification ها و تغییرات در سیستم ، بکمک این تکنیک مورد مطالعه ، بررسی و ارزیابی قرار گرفته و هماهنگ با سیستم مدیریت تغییر ، بهترین گزینه برای انجام اقدامات اصلاحی لازم انتخاب و اجرا می گردد .

مراجع :

- [1] Nolan DP. Application of Hazop and What-If Safety Reviews to the Petroleum, Petrochemical and Chemical Industries. Noyes Publications; .1994
- [2] McKelvey TC. How to improve the effectiveness of hazard and operability analysis .Reliability, IEEE Transactions on 1988;37(2):.70-167
- [3] Swann CD, Preston ML. Twenty-five years of HAZOPs. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 1995;8(6):.53-349
- [4] Pully AS. Utilization and results of hazard and operability studies in a petroleum refinery. Process Safety Progress 1993;12(2):.10-106
- [5] CISHEC, A Guide to Hazard and Operability Studies ,The Chemical Industry Safety and Health Council of the Chemical Industries Association Ltd., 1977.
- [6] T. Kletz, Hazop and Hazan: Identifying and Assessing Process Industry Hazards, Institution of Chemical Engineers ,third edition, 1992.
- [7] P. Fenelon and B. D. Hebbroon, “Applying HAZOP to software engineering models”, in Risk Management And Critical Protective Systems: Proceedings of SARSS 1994, Altrincham, England, Oct. 1994, pp. 1/1–1/16, The Safety And Reliability Society.
- [8] B. D. Hebbroon and P. C. Fencott, “The application of HAZOP studies to integrated requirements models for control systems”, in Proceedings of SAFECOMP '94, Oct. 1994.