Research Article

DOI: 10.22034/ijche.2021.276516.1095

DOR: 20.1001.1.17355400.1400.20.119.2.3

This journal is an open access journal licensed under an Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International license(CC BY-NC-ND 4.0).

Simulation the Fire Consequence for a Gas Pipeline Using PHAST Software

H. Jahedshahraki[1], N. Esfandiari[2*]

1- M. Sc. Student of Chemical Engineering, Department of Chemical Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvasht, Iran

2- Assistan Professor of Chemical Engineering, Department of Chemical Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvasht, Iran

Email: esfandiari_n@miau.ac.ir

Abstract

The use of pipelines is one of the most important methods of gas transmission. Leakage in gas transmission lines causes financial and life-threatening damages. For this reason, it is very valuable to obtain information such as maximum safe radius of fire, explosion and leakage of materials. This information can play an important role in dealing with accidents in emergencies. In this study, safe privacy for 42-inch gas pipeline was studied using PHAST software version 7.11. The highest amount of radiation is related to the horizontal state and the lowest amount of radiation is related to the vertical state. The vertical direction has the lowest radiation distance from the propagation source, while the horizontal direction at an angle of 45 degrees shows the highest radiation distance from the propagation source. Simulation results showed the lowest radiation outcome for pressurized environments and the most dangerous radiation for hazardous areas. For example, if the ratio of leakage diameter to hole diameter is 0.25 and leakage mode is horizontal. The safety privacy caused by fire for hazardous areas, enclosed environments and pressure environments is 850, 1070 and 1360 meters, respectively.

Received: 6 March 2021
Accepted: 31 July 2021
Page Number: 22-30

Keywords:
Process Evaluation,
Fire,
Pipe Line,
Simulation,
PHAST Software

Please Cite this Article Using:

Jahedshahraki, H., Esfandiari, N., "Simulation the Fire Consequence for a Gas Pipeline Using PHAST Software", Iranian Chemical Engineering Journal, Vol. 20, No. 119, pp. 22-30, In Persian, (2022).

مقـــالـــه پـــژوهشی

DOI: 10.22034/ijche.2021.276516.1095
DOR: 20.1001.1.17355400.1400.20.119.2.3

This journal is an open access journal licensed under an Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International license(CC BY-NC-ND 4.0).

شبیه‌سازی پیامد ناشی از آتش‌سوزی برای خط لوله گاز با استفاده از نرم‌افزار PHAST

حجت‌الله جاهدشهرکی[۱]، نادیا اسفندیاری[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، گروه مهندسی شیمی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران

۲- استادیار مهندسی شیمی، گروه مهندسی شیمی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران

پیام نگار: esfandiari_n@miau.ac.ir

چکیده

خطوط لوله، یکی از مهم‌ترین ابزار انتقال گاز است. ایجاد نشتی در خطوط انتقال گاز، باعث خسارت‌های مالی و جانی می‌شود؛ از همین رو دست‌یابی به اطلاعاتی مانند حد اکثر شعاع ایمن آتش، انفجار و نشت مواد بسیار ارزشمند است و در مقابله با حوادث در شرایط اضطراری نقش مهمی را می‌تواند بازی کند. در این پژوهش، حریم ایمن برای خط لولهٔ گاز ۴۲ اینچ با استفاده از نرم‌افزار PHAST ورژن 7.11 مطالعه شد. بیشترین میزان تشعشع مربوط به حالت افقی و کمترین میزان تشعشع مربوط به حالت عمودی است؛ جهت عمودی کمترین مسافت تشعشع از منبع انتشار را دارد، در حالی که جهت افقی با زاویهٔ ۴۵ درجه، بیشترین مسافت تشعشع از منبع انتشار را نشان می‌دهد. نتایج شبیه‌سازی پیامد کمترین تشعشع را برای محیط‌های تحت فشار و خطرناک‌ترین تشعشع را برای مناطق خطر نشان داد. برای نمونه، اگر نسبت قطر نشتی به قطر سوراخ مقدار ۰/۲۵ و حالت نشتی به‌صورت افقی باشد. حریم ایمن ناشی از آتش‌سوزی برای مناطق خطر، محیط‌های محصور و محیط‌های تحت فشار به‌ترتیب ۸۵۰، ۱۰۷۰ و ۱۳۶۰ متر است.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۰۹
شماره صفحات: ۲۲ تا ۳۰

کلیدواژه‌ها:
ارزیابی فرایند،
آتش‌سوزی،
خط لوله،
شبیه‌سازی،
نرم‌افزار PHAST

* مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، گروه مهندسی شیمی

استناد به مقاله:
جاهدشهرکی، ح.، اسفندیاری، ن.،"شبیه‌سازی پیامد ناشی از آتش‌سوزی برای خط لولهٔ گاز با استفاده از نرم‌افزار PHAST"، نشریه مهندسی شیمی ایران، سال بیستم، شماره ۱۱۹، صص. ۳۰-۲۲، (۱۴۰۰).

۱. مقدمه

گاز طبیعی شامل ترکیبی از هیدروکربن‌های سبک است که در شرایط فشار و دمای معمولی در حالت گاز است. بر اساس تحقیقات لوپز[1]، گاز طبیعی از متان، اتان، پروپان و نسبت‌های کمتری از دیگر هیدروکربن‌های سنگین تشکیل شده است[۱،۲]. یکی از رایج‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌های انتقال گاز استفاده از خطوط لوله است. با توجه به خصوصیات فرایندی گاز داخل لوله و هم‌چنین گستردگی این خطوط در سراسر جهان، ریسک‌های زیادی وجود دارد که شبیه‌سازی پیامد این حوادث را با اهمیت می‌کند[۳].

در سراسر جهان برای انتقال حجم‌های بالای گاز در مسافت‌های طولانی، از خطوط لوله استفاده می‌شود. استفاده از این خطوط روزبه‌روز در حال گسترش است. با توجه به گستردگی استفاده از خطوط لوله و ریسک موجود در انتقال گاز، برای تأمین حریم ایمن مناسب در مناطق اطراف این خط لوله باید تمهیداتی در نظر گرفته شود[۴].

به‌طور کلی صنایع مخاطره‌آمیز به صنایعی اطلاق می‌شود که- در مراحل مختلفی همانند انتقال و ذخیرهٔ مواد شیمیایی- با توجه به شرایط خاص دما، فشار و غیرهفعالیت می‌کنند. این صنایع به‌طور گسترده در سراسر جهان موجود است. از جملهٔ آن‌ها می‌توان به صنایع دارویی، شیمیایی، غذایی، نفت، گاز و پتروشیمی اشاره کرد[۵].

به‌دلیل وجود حجم زیادی از مواد هیدروکربنی، شیمیایی، سمی و هم‌چنین با توجه به تعداد پرسنل بالای این صنایع، پتانسیل ایجاد حوادث، بسیار زیاد است. پیامدهای احتمالی، از منظر تلفات جانی یا خسارات مالی حایز اهمیت است؛ بنابراین توجه به این امر مهم است[۴]. از جمله خطرهای مهم صنایع مخاطره‌آمیز می‌توان پخش مواد سمی، آتش سوزی و انفجار را نام برد[۵].

اگر شبیه‌سازی پیامد و ارزیابی کمی ریسک در زمان مناسب انجام گیرد، می‌توان پس از پیش‌بینی حوادث، از وقوع آن‌ها پیشگیری کرد. در آن صورت شاهد خسارت‌های ناشی از آنها نخواهیم بود. این حقیقت با بررسی دقیق حوادث معروف به اثبات رسیده است[۶].

پدیدهٔ آتش و انفجار از حوادث مهم و بسیار خطرناک فرایندی در واحدهای صنعتی است. وقوع این رخدادها باعث به‌خطرافتادن جان انسان‌ها و آسیب به تجهیزات و ادوات می‌شود؛ بنابراین نباید از پیامدهای آن‌ها غافل شد[۷]. از آنجایی که بیشتر خطرهای صنعتی انتشار مواد شیمیایی سمی، آتش‌سوزی یا انفجار است. از همین رو چنانچه اشتباهات عملیاتی در این گونه صنایع رخ دهد، پیامدهای فاجعه‌باری برای زندگی و محیط زیست دارد، که منجر به تلفات مالی و اقتصادی می‌شود[۸]. پیش‌بینی اثرات و عواقب ناشی از رهایش و پخش مواد قابل اشتعال و سمی در محیط از اهمیت زیادی بر خوردار است؛ این اثرات می‌تواند منجر به آسیب به سرمایه، تجهیزات، اثرات سوء بر سلامت انسان وحتی اثرات سوء بر محیط زیست است.

از جمله موضوعات اجتناب‌ناپذیر برای کاهش خطرات فردی و فرایندی، توجه و اهمیت به ایمنی است؛ بنا به دلایلی هم‌چون فرسایش لوله‌ها و ظروف، خطاهای انسانی یا نواقص مکانیکی، ریسک نشتی در این ظروف بسیار است[۹]. با توجه به گستردگی صنایع مخاطره‌آمیز، امروزه حوادث صنعتی علاوه بر آسیب‌های انسانی، تلفات پول و سرمایه باعث نابودی محیط زیست و بروز مسایل اجتماعی می‌شوند[۱۰].

هدف از ارزیابی پیامد، تعیین میزان خطرات و هم‌چنین تلفات احتمالی ناشی از حوادث آتش‌سوزی است که با استفاده از نرم‌افزار می‌توان به این نتیجه رسید. لازم به ذکر است که تهیهٔ اطلاعات پایه برای آمادگی و طرح‌ریزی برنامهٔ واکنش در شرایط اضطراری و هم‌چنین کاهش خسارت‌های مستقیم و غیر مستقیم ناشی از وقوع انتشار مواد، آتش‌سوزی و انفجار در خطوط لوله از ضروریات این امر است.

دانستن این که حداکثر شعاع‌های ایمن برای نشر مواد سمی، آتش، انفجار چه اندازه است، تأثیر بسیار مهمی در مقابله با حوادث در زمان وقوع آن‌ها دارد. هم‌چنین با استفاده از ارزیابی این پیامدها می‌توان تصمیمات صحیح‌تری برای طرح‌ریزی واکنش در شرایط اضطراری داشت[۵].

ارزیابی ریسک و پیامد انتشار مواد خطرناک، اغلب با استفاده از بسته‌های نرم‌افزارهایی که به‌دنبال مدل‌سازی حوادث بر انسان‌ها و جوامع هستند، انجام می‌گیرد[۱۱]. یک روش خوب برای پیش‌بینی پیامدها و تأثیرهای وقایع و حوادث مختلف، استفاده از نرم‌افزاری جامع و بی‌نقص است. نرم‌افزار PHAST[2]، مناسب‌ترین نرم‌افزار در زمینهٔ انتشار مواد سمی و قابل اشتعال و تجزیهٔ پیامدهای این

1. Lopez

2. Process Hazard Analysis Software

حوادث است[۱۲]. برای تجزیهٔ انتشار مواد سمی، مواد قابل اشتعال و قابل انفجار چندین مدل وجود دارد؛ ولی بر اساس مشاهدات و مقایسه با شرایط واقعی، نرم‌افزار PHAST نسبت به سایر نرم‌افزارهای موجود از خطای کمتری برخوردار است[۱۰]. امروزه به‌دلیل پیچیدگی معادلات و زمان‌بر بودن حل مدل‌سازی پیامدهای ناشی از آتش‌سوزی یا انفجار، ناگزیر به استفاده از نرم‌افزارهای رایانه‌ای هستیم. مؤسسهٔ DNV[1] اقدام به تهیهٔ نرم‌افزاری با عنوان PHAST کرده است که این نرم‌افزار، از قوی‌ترین و مشهورترین ابزار شبیه‌سازی پیامد به حساب می‌آید[۱۳].

در این مطالعه، با استفاده از نرم‌افزار PHAST ورژن 7.11 پیامد ناشی از آتش‌سوزی خط ۴۲ اینچ برای منطقهٔ خطر، محیط‌های محصور و محیط‌های تحت فشار با توجه به قطر نشتی بررسی شد. در حالت‌هایی که ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ قطر لوله پاره شود. بیشترین فاصلهٔ مورد اهمیت، میزان تشعشع برای منطقهٔ خطرناک است که تیم واکنش در شرایط اضطراری آن را در اولویت نخست خود قرار می‌دهد.

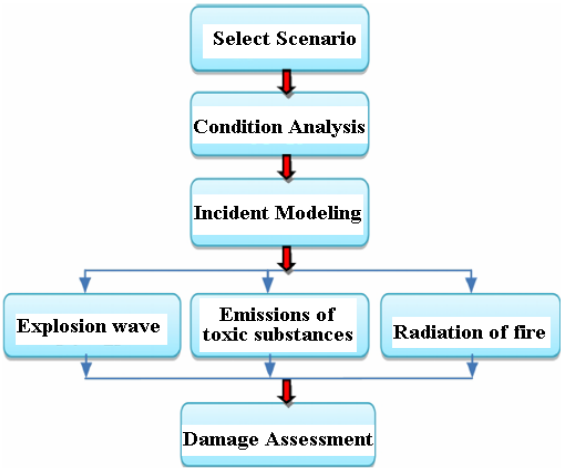
۲. روش کار

برای انجام این تحقیق از روش رایجی که انستیتوی مهندسی شیمی آمریکا و مؤسسهٔ DNV پیشنهاد داده‌اند، استفاده شد. الگوی چهار مرحله‌ای که برای مدل‌سازی و ارزیابی پیامد بسیاری از فرایندهای شیمیایی، نفت وگاز استفاده می‌شود، در شکل (۱) نمایش داده شده است[۵].

۲-۱ انتخاب سناریو

پس از شناسایی و پیش‌بینی مخاطرات موجود در یک صنعت مخاطره‌آمیز، باید سناریوها تعیین‌شود؛ برای انتخاب سناریوها رعایت دو نکته بسیار ضروری است؛ نخست این‌که سناریوها باید محتمل باشند؛ یعنی از نوشتن سناریوهای خیالی و امکان‌ناپذیر خودداری شود. دوم این‌که این سناریوها باید از شدت و تأثیر چشمگیری برخوردار باشند؛ یعنی از نوشتن سناریوهایی با تأثیر بسیار ناچیز خودداری شود. نکتهٔ مهم این است که چنان‌چه خطرات محتمل به درستی شناسایی نشوند، ریسک وقوع حوادث فرایندی بسیار زیاد خواهد بود[۵،۷،۱۴].

1. Det Norske Veritas



شکل ۱. الگوی چهار مرحله‌ای.

Figure 1. Four step pattern

در این تحقیق به ارزیابی پیامد آتش‌سوزی خط لولهٔ انتقال گاز با قطر ۴۲ اینچ پرداخته شد. اطلاع از این حریم‌ها برای حفظ ایمنی خطرات ناشی از تشعشع حرارتی برای واحدهای مجاور از اهمیت بسزایی برخوردار است. در جدول (۱) انواع سناریوهای منتخب به‌همراه اندازهٔ نشتی و حالت نشتی شرح داده شده است.

جدول ۱. سناریوهای منتخب در اندازه و حالت‌های مختلف نشتی.

Table 1. Selected scenarios in different sizes and modes of leakage

Scenarios number	Ratio of hole diameter to pipe diameter	Leakage mode
1	0.25	Vertical
2	0.25	Horizontal
3	0.25	Horizontal at 45 degree angle
4	0.5	Vertical
5	0.5	Horizontal
6	0.5	Horizontal at 45 degree angle
7	0.75	Vertical
8	0.75	Horizontal
9	0.75	Horizontal at 45 degree angle
10	1	Vertical
11	1	Horizontal
12	1	Horizontal at 45 degree angle

۲-۲ تحلیل شرایط

پس از کنارگذاشتن سناریوهای خیالی و انتخاب سناریوهای محتمل، باید شرایطی که بر پیشرفت و گسترش هر یک از سناریوها تأثیر می‌گذارد، بررسی شود. این شرایط مواردی است مانند دمای محیط، دمای گاز، فشار عملیاتی، میزان و قطر نشتی، رطوبت هوا، پایداری جوی و غیره. شرایط فیزیکی و محیطی حاکم از ضروریات یک سناریو است[۵،۷،۱۴].

شرایط فیزیکی مسئلهٔ مورد بررسی در جدول (۲) و شرایط محیطی در جدول (۳) شرح داده شده است.

جدول ۲. شرایط فیزیکی.

Table 2. Physical conditions

Parameter	
Operational pressure (bar)	101
Pipe diameter (inch)	42
Hydrogen sulfide concentration (ppm)	137
Gas temperature inside the pipe (°C)	33
Length of pipeline (km)	137

جدول ۳. شرایط محیطی.

Table 3. Environmental Conditions

Atmospheric stability	Humidity (percent)	Air temperature (°C)	Wind speed (m/s)
Neutral	70	35	1.5

۲-۳ شبیه‌سازی حادثه

در این مرحله با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی می‌توان به شدت آسیب‌های احتمالی پی برد. نرم‌افزار PHAST یکی از نرم‌افزارهای مهم و کاربردی برای مشاهدهٔ پیامدهای سناریوهای محتمل است. به‌طور کلی نتایج این نرم‌افزار به‌صورت مدل‌سازی تخلیه، مدل‌سازی انتشار و مدل‌سازی آثار حوادث (رهایش مواد سمی، تشعشع حرارتی و موج انفجاری) نمایش داده می‌شود[۵]. آنچه که در این تحقیق برای ما اهمیت دارد، شدت تشعشع حرارتی ناشی از آتش‌سوزی است؛ بنابراین با اطلاع از این موضوع، حریم ایمن برای تأسیسات و واحدهای مجاور به دست می‌آید.

۲-۴ معیار برای انتخاب حریم ایمن

استاندارد GS EP SAF 253[1] یک معیار مناسب برای تشخیص شدت تشعشع حرارتی است؛ این استاندارد را شرکت TOTAL تهیه و ارائه داده است. در این استاندارد واحدهای شیمیایی به دسته‌های زیر تقسیم شده است[۱۵].

مناطق خطر[2]: فواصل ایمنی است که برای هر یک از واحدها اختصاص داده می‌شود تا در صورت بروز آتش‌سوزی در یکی واحدها اثری بر واحد مجاور نداشته باشد. این فواصل ایمن می‌توانند از هم عبور کنند ولی نباید به واحد بعدی برسند.

محیط‌های محصور[3]: دورترین نقاط یک واحد شیمیایی که در آن تجهیزات و پرسنل مستقر هستند؛ به‌عبارتی نقطهٔ کشیدهٔ فنس تأسیسات را گویند. مسئولیت کلی این محدوده بر عهدهٔ مسئولان واحد شیمیایی است.

محیط‌های تحت فشار[4]: منطقه‌ای که در دسترس عموم است و فراتر از مرزهای تأسیسات قرار دارد. در صورت بروز حوادث در مناطق خطر و محیط‌های محصور، می‌تواند برای این نواحی نیز خطراتی را در پی داشته باشد.

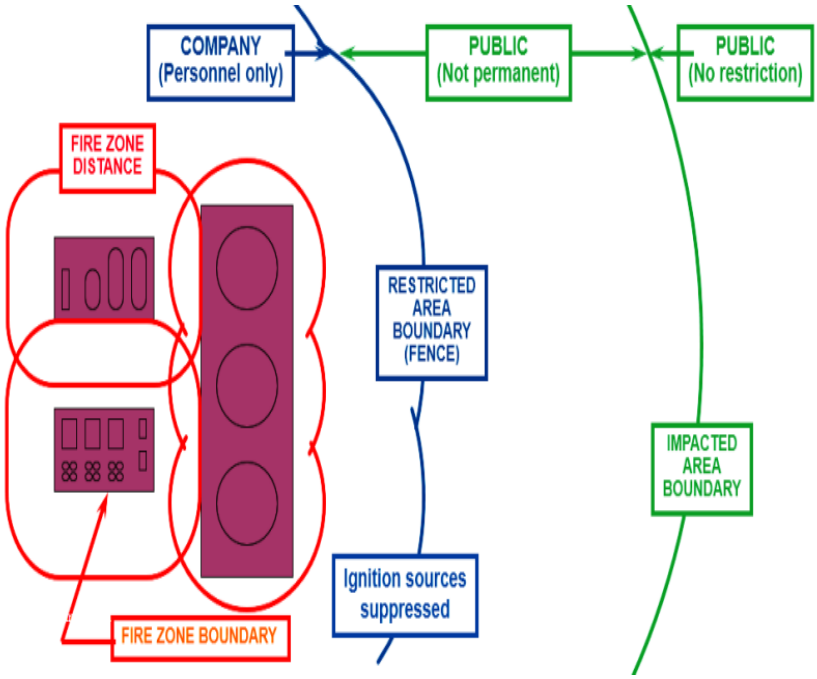
در شکل (۱) می‌توان این سه قسمت را مشاهده کرد.

۲-۵ انواع آتش

آتش: به مفهوم یک واکنش شیمیایی است که در آن یک مادهٔ سوختنی در مجاورت با اکسیژن و گرما قرار می‌گیرد و مقداری انرژی از این واکنش آزاد می‌شود. گرما، اکسیژن و مادهٔ سوختنی اضلاع مثلث آتش است که برای شروع آتش‌سوزی ضروری است. آتش‌سوزی‌ها به دسته‌های زیر تقسیم می‌شوند[۱۸-۱۶].

آتش استخری[5]: در زمان ذخیره یا انتقال مایعات قابل اشتعال، چنان‌چه این ظروف دچار شکستگی یا نشت شوند، در نزدیکی این مخازن حوضچه‌ای از ماده تشکیل می‌شود. از آنجایی که بخار ناشی از تبخیر بر روی حوضچه، ابر گازی تشکیل می‌دهند، در صورتی که به مسیر انتشار باد با منبع جرقه برسند، آتش‌سوزی استخری صورت می‌گیرد.

1. General Specification Exploration and Production Safety 253
2. Fire zone
3. Restricted Are
4. Impacted Area
5. Pool Fire



شکل ۲. تقسیم‌بندی واحدهای شیمیایی.

Figure 2. Division of chemical units

جت آتش/ آتش فورانی[1]: در اثر نشتی کوچک درخطوط لوله و مخازن تحت فشار، سیال با سرعت از این ظروف خارج می‌شود. پس از خروج این مواد قابل اشتعال و رسیدن به منبع جرقهٔ نزدیک، باریکهٔ ممتدی از آتش به‌صورت جت تشکیل می‌شود.

آتش توپی/ آتش کروی[2]: این آتش‌سوزی زمانی رخ می‌دهد که به یکباره حجم زیادی از گازهای قابل اشتعال به بیرون منتشرشود و جرقهٔ آنی رخ دهد. شعلهٔ حاصل از آتش توپی به شکل کروی است.

آتش ناگهانی[3]: زمانی که گازهای قابل اشتعال با غلظت اشتعال‌پذیری و در یک محیط باز به منبع جرقه برسند، احتراق کوتاه‌مدتی رخ می‌دهد که به آن آتش ناگهانی گویند.

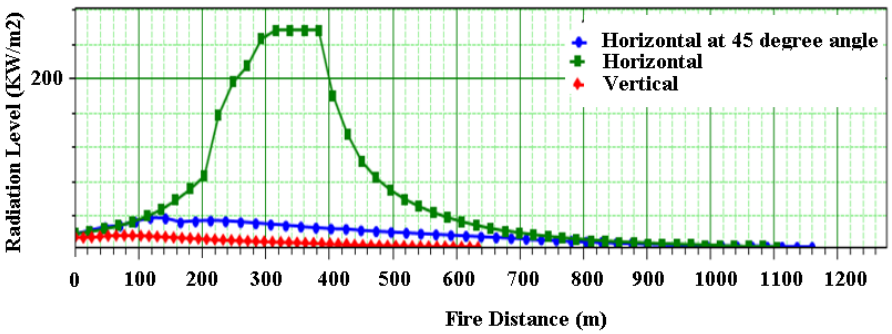
۳. نتایج و بحث

با توجه به این‌که هدف تعیین حریم ایمن برای مناطق سه‌گانه است، به همین دلیل نمودارهای مربوط به آتش فورانی بررسی می‌شود. در نمودارهای میزان تشعشع- فاصلهٔ آتش‌سوزی گاز، هریک از حالت‌های نشتی با رنگ جداگانه مشخص شده است. رنگ آبی نشان‌دهندهٔ انتشار گاز به‌صورت افقی، رنگ سبز نشان‌دهندهٔ انتشار گاز به‌صورت افقی با زاویهٔ ۴۵ درجه و رنگ قرمز حالت انتشار عمودی را نشان می‌دهد. سرعت باد ۱/۵ متر بر ثانیه و پایداری جوی، خنثی در نظر گرفته شده است.

در شکل (۳) میزان تشعشع بر حسب فاصله آتش‌سوزی گاز را برای حالت انتشار عمودی، افقی و افقی با زاویهٔ ۴۵ درجه، برای نسبت قطر نشتی به قطر لوله ۰/۲۵ نشان می‌دهد. چنان که در شکل پیداست، بیشترین میزان تشعشع مربوط به حالت افقی و کمترین میزان تشعشع مربوط به حالت عمودی است. جهت عمودی کمترین مسافت تشعشع را از منبع انتشار دارد، در حالی‌که جهت افقی با زاویهٔ ۴۵ درجه بیشترین مسافت تشعشع را از منبع انتشار نشان می‌دهد.

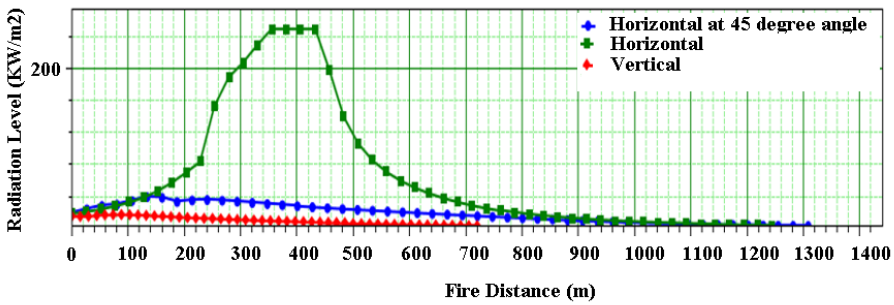
شکل (۴) نتایج را برای نسبت قطر نشتی به قطر لوله ۰/۵۰ نشان می‌دهد. شکل (۵) و (۶) به‌ترتیب میزان تشعشع را برای نسبت قطر نشتی به قطر لوله ۰/۷۵ و ۱ نشان می‌دهد. بررسی نتایج در شکل‌های (۴) تا (۶) نشان می‌دهد که در هر یک از اندازه‌های نشتی (۰/۲۵و ۰/۵۰ و ۰/۷۵ و ۱)، بیشترین و کمترین شدت

1. Jet Fire
2. Fire Ball
3. Flash Fire



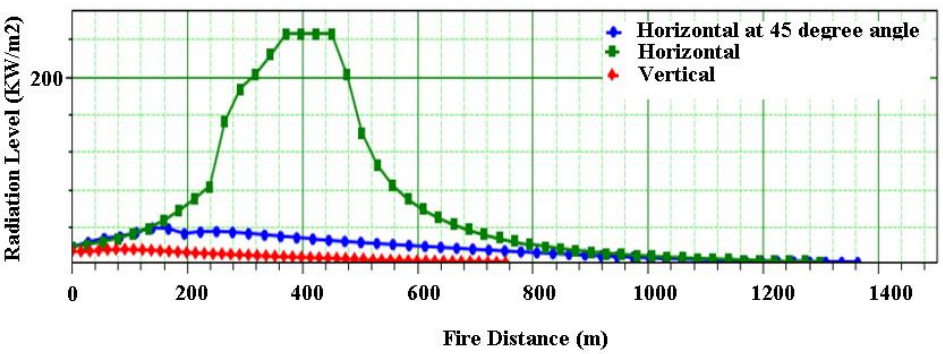
شکل ۳. میزان تشعشع-فاصلهٔ آتش‌سوزی گاز با نشتی ۰/۲۵قطر لوله.

Figure 3. Radiation level- Gas fire distance with leakage of 0.25 pipe diameter



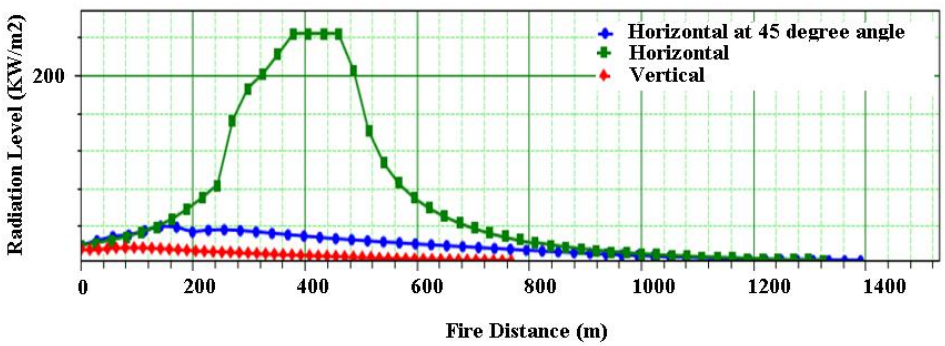
شکل ۴. میزان تشعشع-فاصلهٔ آتش‌سوزی گاز با نشتی ۰/۵۰ قطر لوله.

Figure 4. Radiation level- Gas fire distance with leakage of 0.5 pipe diameter.



شکل ۵. میزان تشعشع-فاصلهٔ آتش‌سوزی گاز با نشتی۰/۷۵ قطر لوله.

Figure 5. Radiation level- Gas fire distance with leakage of 0.75 pipe diameter



شکل ۶. میزان تشعشع- فاصلهٔ آتش‌سوزی گاز با نشتی قطرکامل لوله.

Figure 6. Radiation level- Gas fire distance with leakage of pipe diameter

تشعشع حرارتی به‌ترتیب مربوط به حالت انتشار گاز به‌صورت افقی و عمودی است. هم‌چنین حد اکثر و حد اقل مسافت، مربوط به حالت انتشار گاز به‌ترتیب برای حالت افقی با زاویهٔ ۴۵ درجه و عمودی است. البته فراموش نشود که این نتایج با توجه به شرایط محیطی مسأله رخ داده است. میزان مسافت انتشار و تشعشع حرارتی علاوه بر شرایط فیزیکی و محیطی، به نوع سناریو نیز بستگی دارد.

نکتهٔ مهم و حایز اهمیت نتایج به‌دست‌آمده این است که در حریم ایمن برای مناطق خطر، بیشترین مسافت مربوط به حالت انتشار افقی و کمترین مسافت مربوط به حالت انتشار عمودی است؛ اما حریم ایمن برای محیط‌های محصور و محیط‌های تحت فشار، بیشترین مسافت مربوط به حالت انتشار افقی با زاویهٔ ۴۵ درجه و کمترین مسافت مربوط به حالت انتشار عمودی است. دلیل این امر به پروفایل غلظت گاز تشکیل‌شده و نزدیکی به منبع انتشار مربوط است.

۴. نتیجه‌گیری

مطابق یافته‌ها می‌توان گفت که در صورت بروز حادثهٔ آتش‌سوزی، حریم‌های ایمن مختلفی وجود خواهد داشت. علت ایجاد حریم‌های متفاوت، قطر نشتی و حالت انتشار نشتی است. هرچه قطر نشتی بیشتر باشد، شدت تشعشع حرارتی، مسافت بیشتری را در بر می‌گیرد. هم‌چنین هرچه جهت نشتی به حالت افقی نزدیک‌تر باشد، حداکثر مسافت طی‌شده مشاهده می‌شود؛ اما برای به‌دست‌آوردن حریم ایمن ناشی آتش‌سوزی باید از استاندارد GS EP SAF 253 استفاده کرد. حریم‌های ایمن ناشی از آتش‌سوزی برای مناطق خطر، محیط‌های محصور و محیط‌های تحت فشار در جدول (۴) با توجه به اندازه و جهت نشتی گزارش شده است. این نتایج می‌تواند علاوه بر طرح‌های واکنش در شرایط اضطراری، در جانمایی حریم ایمن واحدها یا تأسیسات جدید استفاده شود.

جدول ۴. حریم‌های ایمن ناشی از آتش‌سوزی مناطق مختلف با توجه به اندازه و قطر نشتی.

Table 1. Safe privacy caused by combustion of different regions according to the size and diameter of leakage

Ratio of hole diameter to pipe diameter	Gas Emission Mode	Safe privacy of danger zones (m)	Safe privacy of enclosed environments (m)	Safe privacy of pressurized environments (m)
0.25	Vertical	290	670	670
0.25	Horizontal	850	1059	1360
0.25	Horizontal at 45 degree angle	835	1070	1400
0.5	Vertical	340	635	790
0.5	Horizontal	964	1181	1380
0.5	Horizontal at 45 degree angle	945	1215	1460
0.75	Vertical	365	670	820
0.75	Horizontal	1006	1230	1400
0.75	Horizontal at 45 degree angle	985	1265	1600
1	Vertical	370	680	880
1	Horizontal	1026	1255	1405
1	Horizontal at 45 degree angle	1000	1290	1700

مراجع

[1] Shmakov, A. G., Kozlovb, V. V., Litvinenko, M. V., Litvinenko, Y. A., "Effect of inert and reactive gas additives to hydrogen and air on blow-off of flame at hydrogen release from microleakage", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 46, pp. 2796-2803, (2021).

[2] Parvini, M., Kordrostami, A., "Consequence modeling of explosion at Azad-Shahr CNG refueling station", Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 30, pp. 47-54, (2014).

[3] Gharagouzlou, E., Parvini, M., "Gas leakage consequence modeling for buried gas pipelines", Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 37, pp. 110-118, (2015).

[4] Bagheri, M., Badri, N., Rashtchian, D., Eghbalian, H., "Determination of Safe Distance for Sour Gas Pipelines Based on Quantitative Risk Assessment", Iranian Chemical Engineering Journal, 32, pp. 57-71, In Persian, (2013).

[5] Zarei, E., Jafari, M. J., Dormohammadi, A., Sarsangi, V., "The Role of Modeling and Consequence Evaluation in Improving Safety Level of Industrial Hazardous Installations: A Case Study: Hydrogen Production Unit", Iran Occupational Health, 10 (6), pp. 54-69, In Persian, (2013).

[6] Jafari, M. J., Zarei, E., Dormohammadi, A., "Presentation of a method for consequence modeling and quantitative risk assessment of fire and explosion in process industry (Case study: Hydrogen Production Process)", Journal of Health and Safety at Work, 3 (1), pp. 55-68, In Persian, (2013).

[7] Kamaei, M., Alizadeh, S. Sh. Keshvari, E., Kheikhah, Z., Moshashaei, P., "Risk assessment and consequence modeling of beleve burst wave of LPG spherical tank in a refinery", Health and Safety Executive News and Knowledge, 6 (2), pp. 10-25, In Persian, (2016).

[8] Naemnezhad, A., Akbar Isari, A., Khayer, E., Esfandiari, M., "Consequence assessment of separator explosion for an oil production platform in South of Iran with PHAST Software", Modeling Earth Systems and Environment, Vol. 43, pp. 1-12, (2017).

[9] Mousavi, J., Parvini, M., "Analyzing effective factors on leakage-induced hydrogen fires". Journal of Loss Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 40, pp. 29-42, (2016).

[10] Assi, N., Nabhani, N., "Consequence modeling and evaluation of gas dispersion of ethane export gas line A case study", International conference on the 4th Environmental planning & management, Tehran, Iran, pp.1-8, (2017).

[11] Witlox, H. W. M., Fernandez, M., Harper, M., Oke, A., Stene, J., Xu, Y., "Verification and validation of PHAST consequence models for accidental releases of toxic or flammable chemicals to the atmosphere", Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 15, pp. 457-470, (2018).

[12] Nabhani, N., Esfandyari, M., "Analyzing The Consequences of Mixture Release in The South Pars Gas Field Development in Irana Case Study", International Journal of Mechanical and Production Engineering, Vol. 3, pp. 20-23, (2015).

[13] Kariznovi, H., Farshad, A. A., Yarahmadi, R., Khosravi, Y., Yari, P., "Consequence Analysis of fire and explosion of a cylindrical LPG tank in a selected industry of oil and gas", Iran Occupational Health, 14 (3), pp. 37-45, In Persian, (2017).

[14] Harati, B., Karimi, A., Askari, A., Dehghani, F., Nasrollahi, A., "Modeling and evaluation of safety consequences of propylene oxide leakage, a petrochemical company", Journal of Health and Safety at Work, 8 (2), pp. 199-209, In Persian, (2018).

[15] Mohamadzade, F., "Checking the document GS EP SAF 253". ww.mehdiparvini.com, InPersian, (2018).

[16] Jahangiri, M., Noroozi, M. A., Sarbanzadeh, K., "Risk Management and Assessment", Fanavaran, First Edition, In Persian, (2013).

[17] Mohandesin Moshaver Arman Faraand Parsian, "Consequence Analysis with PHAST", InPersian, (2018).

[18] Rashtchian, D., "Modeling process events with the help of PHAST and ALOHA", In Persian (2018).