

نشریه علمی پژوهش در ایمنی سلامت و محیط زیست

سال اول، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲: (پیاپی ۴) ۱-۱۰

علمی

ارزیابی پیامد رهایش آمونیاک از مخزن نگهداری در یکی از پالایشگاه‌های

روغن‌سازی

محمد یوسفی^{۱*}، جواد محبوب نسب^۲، حسین حسینی^۳، نفیسه حاجی عبدالله^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۵

چکیده

زمینه و هدف: آمونیاک گاز بسیار سمی و خطرناکی است که در صورت نشت از مخازن نگهداری و نشر در محیط با توجه به میزان غلظت رها شده، می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری از لحاظ جانی و مالی بر جای بگذارد. به همین جهت نیاز است که بررسی‌هایی بر روی مخازن موردنظر انجام شود تا از میزان پراکندگی آمونیاک در صورت رهایش و همچنین میزان شدت موج انفجار در صورت ترکیدگی مخزن آگاهی یافته شود.

روش بررسی: به منظور آگاهی یافتن از میزان خسارات احتمالی در اثر رهایش آنی آمونیاک از یک مخزن استوانه‌ای با گنجایش حدود ۱۹ مترمکعب در یکی از پالایشگاه‌های روغن‌سازی جنوب ایران، به کمک نرم‌افزار فست، مدل‌سازی‌هایی انجام گرفته است. یافته‌ها: در این مطالعه بیشترین مسافت پیموده شده آمونیاک در غلظت‌های ۲۵ppm، ۱۵۰ppm، ۷۵۰ppm و ۵۰۰۰ppm، بیشترین میزان تشعشع در شدت‌های $4 \frac{kw}{m^2}$ و $12/5 \frac{kw}{m^2}$ و همچنین موج‌های انفجار ناشی از ترکیدن مخزن با شدت‌های ۰/۲۰۶۸ bar، ۰/۱۳۷۹bar و ۰/۲۰۶۸ bar مورد ارزیابی قرار گرفتند.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج نشان دادند که آسیب‌های انسانی وارد شده بر اثر توزیع غلظت ماده سمی آمونیاک بیشتر از آسیب‌های به وجود آمده به وسیله تشعشع ناشی از آتش و موج‌های انفجاری ناشی از ترکیدن مخزن بوده است و همچنین فصل بهار با سرعت باد ۱۴ متر بر ثانیه و پایداری جوی D به عنوان بدترین حالت شناخته شد.

کلیدواژه‌ها: مدل‌سازی پیامد، فست، مخزن ذخیره‌سازی آمونیاک، پالایشگاه روغن‌سازی

۱ دکترای مهندسی شیمی، گروه مهندسی شیمی، واحد آبادان، دانشگاه آزاد اسلامی، آبادان، ایران (mohammad_59_y@yahoo.com) نویسنده

مسئول

۲ دانشجوی دکترای مهندسی شیمی، گروه مهندسی شیمی، واحد آبادان، دانشگاه آزاد اسلامی، آبادان، ایران

۳ دکترای مهندسی شیمی، گروه مهندسی شیمی، واحد آبادان، دانشگاه آزاد اسلامی، آبادان، ایران

۴ دکترای شیمی تجزیه، گروه مهندسی شیمی، واحد آبادان، دانشگاه آزاد اسلامی، آبادان، ایران

۱- مقدمه

پخش گازهای سمی بارها ایجاد حادثه نموده و فجایع بین-المللی را بوجود آورده است [۱]. مواد واکنش پذیر با آب از قبیل آمونیاک، کلر، تری اکسید سولفور، الوم، تتراکلرید تیتانیوم، تتراکلرید سیلیکون، اسید کلروسولفونیک، کلرید کلرواستیل، تری کلرید فسفر و . . . می باشند. زمانی که این مواد در اتمسفر آزاد می شوند به طور معمول سریعاً با آب آزاد زمین، آب زیرزمینی و آب اتمسفری واکنش می دهند. نشت این مواد در صنایع فرآیندی و شیمیایی همواره یکی از عوامل تهدیدکننده افراد شاغل و ساکنین اطراف این صنایع و همچنین آسیب به محیط زیست می باشد [۲]. آمونیاک گاز بسیار سمی بوده و در مجاورت با هوا یک ترکیب انفجاری را به وجود می آورد. از طرفی، وجود شرایط عملیاتی فشار و دمای بسیار بالا در واحد تولید آمونیاک، پتانسیل ایجاد خطر را افزایش می دهد [۳] و همچنین به شکل غلیظ خود بسیار خورنده و خطرناک است. در ایالات متحده این ماده به عنوان ماده ای بسیار خطرناک طبقه بندی می شود و در مراکز تولید، ذخیره یا استفاده در مقادیر قابل توجه نیازمند گزارش و سخت گیری است [۴]. در نتیجه امروزه ایمنی پالایشگاهها به منظور پیشگیری از حوادث و حمایت از ایمنی پرسنل، اموال و محیط، به شدت مورد توجه قرار گرفته است [۵]. اما نکته قابل توجه این فرآیند الزامات ایمنی است [۶]. برای حفظ ایمنی ابتدا باید مخاطرات بالقوه را شناخته و مهم ترین آنها را تعیین نمود و سپس راهی برای مقابله با آنها پیدا نمود [۷]. لذا نیاز است ارزیابی های دقیقی به منظور آنالیز پیامد و آنالیز ریسک صورت پذیرد. آنالیز پیامد روشی است که مهندسان و متخصصان ایمنی به منظور بررسی ریسک ایجاد شده در فعالیت های صنعتی و جهت برآورد و تخمین میزان خطرات و تلفات احتمالی بوجود آمده از حوادث، به کار برده می شود [۸]. در سال های آغازین گسترش فعالیت های صنعتی، مهندسی ایمنی به صورت درس گرفتن از حوادث رخ داده برای بهبود طراحی های آتی تجلی می یافت. پس از رشد سریع صنایع شیمیایی و نفت در ابتدای دهه شصت میلادی، تعداد و دامنه تأثیر حوادث صنعتی نیز افزایش چشمگیری داشت. پیشامدهایی چون فلیکس بورو^۱ انگلستان [۹] در سال ۱۹۷۴، انتشار گاز سمی در سوسو^۲ ایتالیا [۱۰] به سال ۱۹۷۶ و یا نشت و انتشار گاز سمی ایزوسیانات متیل از کارخانه تولید سموم شهر بوپال^۳ هندوستان [۱۱] در سال ۱۹۸۴ چند مثال از این گونه اتفاقات است. به همین دلیل مطالعات زیادی از سال ۱۹۸۰ از طریق ایجاد مدل های عددی انجام شده است که معمولاً برای پیش گیری از ضرر و زیان در مهندسی فرآیندهای شیمیایی استفاده می شود [۱۲، ۱۳]. مطالعاتی نظیر: بررسی انتشار

ناگهانی آمونیاک از مخازن ذخیره و آنالیز پیامدهای احتمالی به هنگام نشتی و بحران [۱۴، ۱۵]، مدل سازی و ارزیابی پیامد رهایش گاز آمونیاک در پتروشیمی شیراز [۱۶]، مدل سازی پیامد برای کلر و آمونیاک بر اساس رویکرد شاخص مرگ و میر [۱۷]، کاربرد طراحی تجربی عددی در تحلیل پیامد نشت آمونیاک [۱۸] و یا انتشار تصادفی آمونیاک در حین ذخیره سازی آمونیاک [۱۹] از این دسته مطالعات می باشند.

همه مدل ها و روش های مورد استفاده در اندازه گیری پیامدهای پدیده های خطرناک (انفجار، آتش، نشر مواد سمی و...) به وسیله یکی از این گروهها انجام می گیرد: الف) مدل های تحلیلی (جبری) ب) شبیه سازی های عددی ج) مدل های تجربی یا شبه تجربی (آزمایشگاهی) [۲۰].

نرم افزار فست^۴ برنامه ای جهت مدل سازی پیامد انفجار، حریق و انتشار مواد سمی است و به دلیل ماهیت شرکت های نفت، گاز و پتروشیمی (وجود مواد نفتی و انرژی) در این صنایع کاربرد دارد. این نرم افزار یکی از چندین محصولی است که توسط شرکت نرم افزاری DNV، یکی از پیش گامان ارزیابی مخاطرات و حوادث صنعتی، تهیه شده است [۲۱]. در این تحقیق از نرم افزار فست نسخه ۷/۲ جهت مدل سازی استفاده شده است. اما قبل از مدل سازی و ارزیابی نتایج لازم است عوامل مؤثر در مدل سازی پخش مواد در محیط مثل پایداری جوی، سرعت باد، سناریوهای مورد نظر و . . . مورد بررسی قرار گیرند.

۲- پایداری جوی

پایداری جوی میزان اختلاط و اغتشاش لایه های جوی و معیاری از اختلاط مواد پخش شده در محیط در جهت عمود بر سطح زمین را نشان می دهد. هر چه پایداری جو کمتر باشد مواد در سه جهت اصلی بیشتر پخش خواهند شد و غلظتی که به یک فاصله خاص خواهد رسید کمتر خواهد بود. به همین دلیل در ارزیابی مخاطرات احتمالی در یک واحد پایدارترین کلاس جوی به عنوان بدترین حالت برای پخش مواد در محیط در نظر گرفته می شود [۲۲، ۲۳].

۳- سرعت باد

هر چه میزان سرعت باد بیشتر باشد، ماده پخش شده در محیط سریع تر در جهت باد حرکت کرده و بیشتر در محیط منتشر می گردد. رابطه (۱) توسط API و AIChE/CCPS برای محاسبه پروفایل سرعت باد در راستای عمود بر سطح زمین ارائه شده است [۲۲].

^۱ Bhopal
^۲ PHAST

^۳ Flixborough
^۴ Seveso

$$u_z = 2.44 \left(\frac{\tau}{\rho} \right)^{0.5} \cdot \left(\ln \frac{Z}{Z_0} + 4.5 \frac{Z}{L} \right) \quad (1)$$

به‌منظور محاسبه نرخ تخلیه مایع از یک سوراخ در بدنه مخزن، کرول^۱ و لوور^۲ [۲۴] در سال ۱۹۹۰ رابطه زیر را ارائه کردند:

$$\dot{m} = AC_D \cdot \sqrt{2 \left(\frac{g_c \cdot P_g}{\rho} + gh_L \right) \dot{m}} \quad (3)$$

که \dot{m} دبی مواد خروجی (kg/s)، P_g فشار نسبی در فضای بالای مخزن (Pa)، A مساحت شکاف ایجاد شده (m^2)، ρ چگالی مواد (kg/m^3)، g شتاب گرانشی زمین (m/s^2)، g_c ثابت گرانشی زمین ($N \cdot s^2/kg \cdot m$) و h_L سطح مایع موجود در بالای شکاف ایجاد شده در مخزن (m) می‌باشد.

۶- اطلاعات مورد نیاز جهت مدل‌سازی

سناریوهای رهایش آمونیاک به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

- ♦ رهایش آمونیاک از یک سوراخ ۵ میلی‌متر بر روی مخزن
- ♦ رهایش آمونیاک از یک سوراخ ۵۰ میلی‌متر بر روی مخزن
- ♦ رهایش آمونیاک از یک سوراخ ۱۲۵ میلی‌متر بر روی مخزن
- ♦ رهایش آمونیاک در اثر گسستگی و ترکیدگی کامل تانک می‌باشد.

۷- تعیین شرایط آب و هوا

شرایط آب‌وهوایی لازم جهت مدل‌سازی در جدول (۳) ذکر شده است.

که u_z سرعت باد در سطح (m/s)، Z ارتفاع از سطح زمین (m)، Z_0 طول متوسط ناهمواری‌های سطح زمین (m)، L پارامتر واسطه (m)، τ تنش برشی در سطح زمین (N/m^2)، ρ چگالی هوا در نزدیکی سطح زمین (kg/m^3) می‌باشد. به کمک جدول (۱) می‌توان مقادیر L را ارزیابی نمود.

جدول (۱): معیارهای تعیین پارامتر L [۲۲, ۲۳]

کلاس جوی	سرعت باد (m/s)	L (m)
F	$3 <$	۱۰m
E	۲-۴	۵۰m
D	همه سرعت‌ها	۱۰۰m
B, C	۲-۶	-۵۰m
A	$3 <$	-۱۰m

۴- ناهمواری‌های سطح زمین

Z_0 مؤلفه تعیین کننده مرتبط با زبری سطح زمین و نمایان گر سطح متوسط پستی و بلندی‌های زمین است [۲۲, ۲۳]. اندازه Z_0 برای زمین‌های مختلف در جدول (۲) مشخص شده است.

جدول (۲): مقادیر پارامتر Z_0 [۲۲]

پارامتر Z_0 (m)	شرایط ناحیه
۳-۱۰	مناطق کوهستانی، مناطق شهری یا ساختمان بلند
۱-۳	مناطق شهری و دهکده‌ها
۱	واحدهای فرایندی بزرگ
۰/۵	واحدهای فرایندی کوچک
۰/۱	زمین‌باز

۵- تخلیه مایع

معمولاً فشار عاملی جهت تخلیه مایع می‌باشد که در زمان تخلیه، این عامل به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود [۲۳]. با توجه به این‌که چگالی مایع در زمان تخلیه ثابت بوده، رابطه‌ی (۲) را می‌توان برای تخلیه مایع در نظر گرفت:

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{g}{g_c} (Z_2 - Z_1) + \frac{1}{2} \frac{g}{g_c} (V_2^2 - V_1^2) + \sum e_f + \frac{W_s}{\dot{m}} = 0 \quad (2)$$

جدول (۳): شرایط آب و هوایی

فصل				بهار				تابستان				پاییز				زمستان			
پوشش هوا				صاف				صاف				نیمه‌ابی				ابری			
دمای هوا ($^{\circ}\text{C}$)				۳۲				۳۹				۲۴				۱۶			
رطوبت (درصد)				۳۲				۳۵				۴۶				۵۴			
سرعت باد ($\frac{\text{m}}{\text{s}}$)				۱۴				۱۴				۱۴				۱۴			
کلاس پایداری جوی				روز				D				D				D			
				شب				D				D				D			

قابل ذکر است که جهت غالب باد 360° درجه (شمال به جنوب) در نظر گرفته شده است.

جدول (۴): معیارهای تشعشع آتش و توصیف پیامدهای آن [۲۶-۲۹]

توصیف پیامد	شدت تشعشع (kw/m^2)
تابش خورشید در سطح زمین	۰/۵
حد آستانه درد (حد ایمن)	۴
حد آستانه آسیب به تأسیسات ثابت	۸
حد آستانه آسیب برای تجهیزات فرایندی	۱۲/۵
آسیب شدید به انسان و در صورت عدم رسیدن تیم نجات موجب مرگ می‌شود	۲۰
حد کافی برای آسیب قابل توجه به تجهیزات و همچنین مرگ آنی افراد	۳۷/۵

در بررسی آتش‌سوزی احتمالی توسط نرم‌افزار تنها تشعشع $4 \frac{\text{kw}}{\text{m}^2}$ و $12/5 \frac{\text{kw}}{\text{m}^2}$ مشاهده شده است. در شکل (۱) مناطق تحت تشعشع آتش ناشی از ترکیدن مخزن در فصل بهار 14°D و میزان رطوبت هوا که 32% درصد است را نشان می‌دهد.



شکل (۱): میزان تشعشع ناشی از آتش‌سوزی مواد در اثر ترکیدن مخزن در فصل بهار 14°D

۸- مروری بر مشخصات و عملکرد مخزن مورد مطالعه

در پالایشگاه روغن‌سازی مورد مطالعه جهت جداسازی بهتر موم^۱ از برش روغنی^۲ به منظور بالا رفتن شاخص گرانی^۳، از حلالی به نام متیل اتیل کتون^۴ استفاده می‌شود. بیشترین میزان جداسازی هنگامی روی می‌دهد که فرایند اختلاط حلال و برش روغنی در دما و بستر بسیار پایین حرارتی صورت پذیرد و به جهت ایجاد این دما و بستر سرمایی از آمونیاک استفاده می‌شود. در همین راستا تعداد دو دستگاه مخزن جهت ذخیره‌سازی آمونیاک در نظر گرفته شده است که مخزن مورد مطالعه دارای طولی در حدود 61000 میلی‌متر و قطری در حدود 1900 میلی‌متر می‌باشد و گنجایشی در حدود 19 مترمکعب دارد. آمونیاک در فشار 20 barg و دمای -33°C درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شود. مخزن مذکور در طول 48 درجه شرقی و عرض 30 درجه شمالی جغرافیایی قرار دارد.

۹- پیامدهای تشعشع ناشی از آتش‌سوزی

چنانچه جسم جامد یا مایع قابل اشتعال، گرما داده شود، بخار از آن خارج شده و در صورتی که غلظت بخار به میزانی باشد که با ترکیب با اکسیژن هوا ترکیبی اشتعال پذیر بوجود آورد، در مجاورت گرما فرآیند آتش‌سوزی شروع می‌شود [۲۲، ۲۳]. آتش فورانی^۵، آتش ناگهانی^۶، آتش استخری^۷ و آتش کروی^۸ انواع آتشی هستند که معمولاً در مطالعات ارزیابی ریسک بررسی می‌گردند [۲۵]. در جدول (۴) نمونه‌ای از مقادیر استاندارد به همراه پیامدهای ناشی از هر مقدار ارائه شده است.

^۱ Flash Fire

^۲ Pool Fire

^۳ Fire ball

^۴ Wind speed: 14 m/s , Atmospheric stability: D

^۱ Wax

^۲ Lube oil

^۳ Viscosity Index (V.I)

^۴ Methyl Ethyl Ketone (M.E.K)

^۵ Flash Point

بر اساس اطلاعات شکل (۱) سطح تشعشع $12/5 \text{ kw/m}^2$ از فاصله ۶/۳ متر در جهت باد تا ۶/۳ متر در خلاف جهت باد که بیشینه این تشعشع در فاصله ۱/۲ متری جهت باد می‌باشد و همچنین سطح تشعشع 4 kw/m^2 از فاصله ۲۲/۱۴ متر در جهت باد تا ۲۲/۱۴ متر در خلاف جهت باد ادامه داشته که بیشینه این تشعشع نیز در فاصله ۱ متری خلاف جهت باد تشکیل شده است. اطلاعات آماری مناطق تحت تشعشع نیز در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول (۵): اطلاعات مربوط به سطح تشعشع آتش

میزان تشعشع	مساحت تحت پوشش (مترمربع)
تشعشع $4 \frac{\text{kw}}{\text{m}^2}$ (منطقه آبی رنگ)	۳۸۰
تشعشع $12/5 \frac{\text{kw}}{\text{m}^2}$ (منطقه سبز رنگ)	۲۸



شکل (۳): مناطق تحت تأثیر شدت موج انفجار در فصل بهار ۱۴D

بر اساس نتایج تصویر شکل (۲) و شکل (۳) در موج انفجار با شدت $0/2068 \text{ bar}$ محدوده‌ای با شعاع ۷۰/۸۱ متر، در موج انفجار با شدت $0/1379 \text{ bar}$ محدوده‌ای با شعاع ۱۳/۷۶ متر و در موج انفجار با شدت $0/2068 \text{ bar}$ محدوده‌ای با شعاع ۱۰/۳۲ متر از مبدأ انفجار در بر گرفته شده است.

۱۰- پیامدهای موج فشاری حاصل از انفجار

انفجار عبارت است از آزاد شدن ناگهانی و فاجعه‌انگیز انرژی که سبب ایجاد موج فشار می‌شود [۲۲]. در جدول (۶) برخی از این معیارها معرفی شده‌اند.

جدول (۶): تاثیرات موج فشاری حاصل از انفجار [۲۲]

فشار (psig)	پیامد مخرب
۵	خسارت شدید به سازه‌های اصلی و سنگین
۳	تجهیزات اصلی آسیب غیرقابل جبران می‌بینند
۲/۵	آسیب شدید به گوش و لطمه زدن به سازه‌ها و ساختار سبک
۲	زیان قابل جبران، فرونشستن سازه‌های سبک
۱	احتمال شکستن پنجره‌ها و آسیب در اثر برخورد پرتابه
۰/۷	ده درصد شیشه‌ها شکسته می‌شوند
۰/۳	آسیب جزئی به ساختمان‌ها

۱۱- پیامدهای ناشی از توزیع غلظت

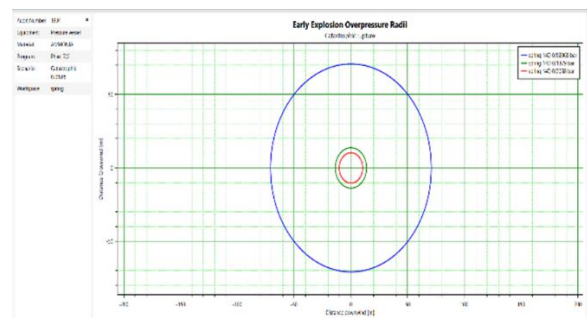
معیار ERPG^۱ یکی از متداول‌ترین مقیاس‌ها به منظور بررسی میزان سمیت مواد است که توسط AIHA^۲ ارائه شده است. این مقیاس بیانگر سه حالت با بازتاب‌های متفاوت است که در جدول (۷) نشان داده شده است [۱۹، ۲۰، ۲۱].

جدول (۷): مهم‌ترین خواص مربوط به سمیت گاز آمونیاک [۳۰]

معیار سمیت	غلظت (ppm)	رخداد
ERPG-۱	۲۵	کمترین مقدار غلظت که از طریق بویایی انسان قابل تشخیص است.
ERPG-۲	۱۵۰	میزان غلظتی است که برای همه آزاردهنده است.
ERPG-۳	۷۵۰	میزان غلظتی است که سریعاً و شدیداً باعث ناراحتی و آزار چشم می‌شود. سبب بروز مشکلات تنفسی شدید می‌شود
---	۵۰۰۰	غلظتی که فوراً کشنده است

با محاسبات انجام شده، تعداد ۱۲۸ حالت برای توزیع غلظت آمونیاک در محیط اطراف، توسط نرم‌افزار فست مدل‌سازی شده است که اطلاعات مربوط به بیشترین پیمایش آمونیاک در محیط توسط نرم‌افزار در تصاویر شکل‌های (۴)، (۵)، (۶) و (۷) نشان داده شده‌اند.

بر اساس تصویر خروجی نرم‌افزار، در صورت انفجار مخزن، محدوده‌هایی که تحت تأثیر موج انفجار با شدت‌های مختلف قرار گرفته‌اند در تصویر شکل (۲) و شکل (۳) ملاحظه می‌گردند.



شکل (۲): محدوده تحت تأثیر موج انفجار با شدت‌های مختلف در فصل

بهار ۱۴D

^۱ American Industrial Hygiene Association

^۲ Emergency Response Planning Guidelines



شکل (۶): نشت آمونیاک از سوراخ ۱۲۵ میلی‌متر در فصل تابستان ۲۴

در شکل (۶) آمونیاک با غلظت‌های ۲۵ppm (منطقه آبی رنگ) مسافتی در حدود ۴۹۵۵۷/۹ متر، ۱۵۰ppm (منطقه سبز رنگ) مسافت ۱۷۸۴۹/۴ متر، ۷۵۰ppm (منطقه قرمز رنگ) مسافت ۶۷۹۱/۵۷ متر و ۵۰۰۰ppm (منطقه بنفش رنگ) مسافت ۲۲۵۷/۲۲ متر را طی می‌کند.



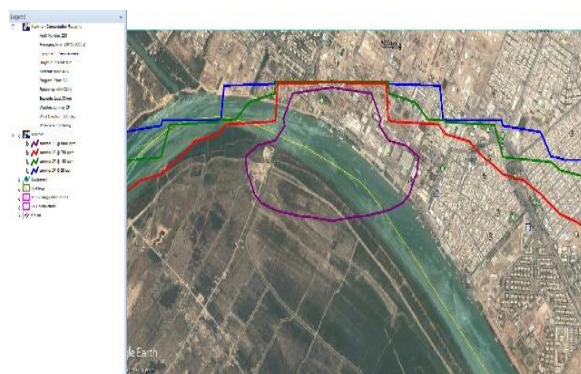
شکل (۷): نشت آمونیاک در اثر گسستگی و ترک‌بند مخزن در فصل بهار ۱۴د

بر اساس نمودار شکل (۷) آمونیاک با غلظت‌های ۲۵ppm مسافت ۸۹۸۰/۸۴ متر، ۱۵۰ppm مسافت ۴۵۷۸/۷۸ متر، ۷۵۰ppm مسافت ۲۳۶۹/۶۴ متر و ۵۰۰۰ppm مسافت ۱۰۲۸/۵۶ متر را طی می‌کند. در جدول (۸) اطلاعات آماری پیمایش آمونیاک در محیط بصورت جامع ذکر شده است.



شکل (۴): نشت آمونیاک از سوراخ ۵ میلی‌متر در فصل تابستان ۲۴

در شکل (۴) آمونیاک با غلظت‌های ۲۵ppm (منطقه آبی رنگ) مسافت ۲۲۹۳/۵۱ متر، ۱۵۰ppm (منطقه سبز رنگ) مسافت ۷۷۹/۶۷ متر، ۷۵۰ppm (منطقه قرمز رنگ) مسافت ۳۰۷/۹۹ متر و ۵۰۰۰ppm (منطقه بنفش رنگ) مسافت ۱۰۸/۳۲ متر را طی می‌کند.



شکل (۵): نشت آمونیاک از سوراخ ۵۰ میلی‌متر در فصل تابستان ۲۴

در شکل (۵) آمونیاک با غلظت‌های ۲۵ppm (منطقه آبی رنگ) مسافت ۲۷۲۴۷/۵ متر، ۱۵۰ppm (منطقه سبز رنگ) مسافت ۹۰۲۴/۹۷ متر، ۷۵۰ppm (منطقه قرمز رنگ) مسافت ۳۳۹۲/۱ متر و ۵۰۰۰ppm (منطقه بنفش رنگ) مسافت ۱۱۳۶/۱۶ متر را پیمایش می‌کند.

جدول (۸): اطلاعات مربوط به بیشترین پیمایش آمونیاک

منطقه خطر نشر مواد سمی (m)				داده‌های رهائش	داده‌های محیط					اندازه سوراخ نشی
محدوده آبی رنگ (m) ERPG-۱ (۲۵ ppm)	محدوده سبزرنگ (m) ERPG-۲ (۱۵۰ ppm)	محدوده قرمز رنگ (m) ERPG-۳ (۷۵۰ ppm)	محدوده بنفش رنگ (m) (۵۰۰۰ ppm)	سرعت رهائش (m/s)	کلاس پایداری	پوشش ابر	رطوبت (درصد)	دما (°C)	فصل	
۲۲۹۳/۵۱	۷۷۹/۶۷	۳۰۷/۹۹	۱۰۸/۳۲	۲	F	شب - صاف	۳۵	۳۹	تابستان	۵ میلی‌متر
۲۷۲۴۷/۵	۹۰۲۴/۹۷	۳۳۰۹۲/۱	۱۱۳۵/۱۶							۵۰ میلی‌متر
۴۹۵۵۷/۹	۱۷۸۴۹/۴	۶۷۹۱/۵۷	۲۲۵۷/۲۲							۱۲۵ میلی‌متر
۸۹۸۰/۸۴	۴۵۷۸/۷۸	۲۳۹۶/۶۴	۱۰۲۸/۵۶	۱۴	D	روز و شب - صاف	۳۲	۳۲	بهار	ترکیدن مخزن

با نتایج بدست آمده از مدل‌سازی، میزان پراکنندگی ناشی از توزیع غلظت ماده سمی آمونیاک مهم‌ترین خطری است که جان کارکنان را تهدید می‌کند. از این‌رو انجام بازرسی‌هایی مطابق با پیشنهاد شرکت سازنده در ارتباط با شیرهای اطمینان مخازن آمونیاک و تهیه طرح واکنش در شرایط ضروری، نقش مهمی در کم کردن آثار زیان‌بار نشر مواد سمی و خطرناک در محیط خواهد داشت [۳۱]. همچنین لازم است که تدابیر مهمی نظیر ایجاد دستگاه‌های هشدار دهنده نشت مواد در محیط، محصور نمودن مخزن نگهداری، ایجاد تهویه مناسب، تعیین مناطق امن به کمک تابلوهای راهنما و موارد دیگری از این قبیل کارها جهت جلوگیری از هرگونه خسارات جانی و مالی اعمال شود [۳۲]. استفاده از نرم‌افزارهایی مانند PHAST و ALOHA، استفاده از روش‌های نوین شناسایی مناطق خطر مانند روش انتشار گاوسی^۲ و استفاده از استانداردهایی نظیر AEGL^۲ نیز می‌تواند در تعیین مناطق امن بسیار موثر باشند [۳۳].

۱۴- مراجع

[۱] کاشی، اسلام و همکاران، تأثیر ورودی سرعت باد و گرادیان دما بر روی پخش گازهای سنگین، in سومین همایش ملی مهندسی ایمنی و مدیریت HSE. تهران، ۱۳۸۸.

[۲] پوربخش، وحیده. رشتچیان، داود، آنالیز پیامد و مدل‌سازی نشت آمونیاک در مناطق آب و هوایی مرطوب. چهارمین همایش ملی مهندسی ایمنی و مهندسی HSE. ۱۶ الی ۱۸ اسفندماه ۱۳۹۰.

۱۲- نتایج و بحث

با نتایج به دست آمده از نرم‌افزار فست و ارزیابی‌های انجام شده مشخص شد که بیشترین فاصله پیموده شده ناشی از نشر ماده آمونیاک در نشی از سوراخ ۵ میلی‌متر، ۵۰ میلی‌متر و ۱۲۵ میلی‌متر مربوط به فصل تابستان ۲F رخ داده که در نشت آمونیاک از سوراخ ۵ میلی‌متر تعداد ۴ نفر در محدوده غلظت ۲۵ppm، تعداد ۲۳ نفر در محدوده غلظت ۱۵۰ppm و تعداد ۴ نفر در محدوده غلظت ۵۰۰ppm قرار گرفته‌اند. در نشت آمونیاک از سوراخ‌های ۵۰ و ۱۲۵ میلی‌متر تعداد ۳۰ نفر در محدوده غلظت ۲۵ppm، تعداد ۲۷ نفر در محدوده غلظت‌های ۱۵۰ppm و ۷۵۰ppm و همچنین تعداد ۲۷ نفر در محدوده غلظت ۵۰۰ppm قرار گرفته‌اند. در اثر گسستگی و ترکیب‌گی کامل مخزن در فصل بهار ۱۴D تعداد ۷۱ نفر در محدوده غلظت ۲۵ppm، تعداد ۳۷ نفر در محدوده غلظت‌های ۱۵۰ppm و ۷۵۰ppm و همچنین تعداد ۳۰ نفر در محدوده غلظت ۵۰۰ppm قرار گرفته‌اند. با ارزیابی میزان تشعشع‌های 4kw/m^2 و $12/5\text{kw/m}^2$ ناشی از آتش‌سوزی احتمالی و همچنین بررسی شدت موج‌های $0/2068\text{ bar}$ ، $0/1379\text{ bar}$ و $0/2068\text{ bar}$ ناشی از انفجار مخزن، هیچگونه تلفات جانی و آسیب جدی به افراد مشاهده نگردید.

۱۳- نتیجه‌گیری

در این مطالعه ترکیب‌گی مخزن در فصل بهار ۱۴D بیشترین آسیب و تلفات جانی را در پی داشته است که می‌توان از آن به عنوان بدترین حالت^۱ یاد کرد. همچنین قابل ذکر است که مطابق

^۲ Acute Exposure Guideline Levels

^۱ Worst Case

^۲ Gaussian dispersion model

in industrial and urban area Atmospheric Environment. ۲۰۰۹. ۴۳: p. ۲۶۲-۲۷۰.

[۱۳] Middha, P.H., Olav R. Storvik, Idar E, Validation of CFD-model for hydrogen dispersion, Journal of Loss Prevention in the Process Industries. ۲۰۰۹. ۲۲: p. ۱۰۳۴-۱۰۳۸.

[۱۴] آتشی، حسین و همکاران، بررسی انتشار ناگهانی آمونیاک از مخازن ذخیره و آنالیز پیامدهای احتمالی به هنگام نشستی و بحران، نخستین همایش مهندسی فرآیند در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و انرژی، ۱۳۹۲، تهران.

[۱۵] یوسفی، محمد. رشتچیان، داود. بررسی تحلیلی پیامد مخزن آمونیاک مجتمع پتروشیمی کرمانشاه. مهندسی شیمی سال دهم، (۵۵): صفحات ۰-۴۸، ۱۳۹۰، ایران.

[۱۶] ستاره‌شناس، نعیمه . همکاران، مدل سازی و ارزیابی پیامد رهایش گاز آمونیاک در پتروشیمی شیراز، چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، ۱۳۸۹، تهران.

[۱۷] Brockhoff, L., H.J.S. Petersen, and P. Haastrup, A consequence model for chlorine and ammonia based on a fatality index approach. Journal of Hazardous Materials, ۱۹۹۲. ۲۹(۳): p. ۴۰۵-۴۲۵.

[۱۸] da Silva Júnior, A.H., C.R.S. de Oliveira, and J. Fiates, Numerical experimental design application in consequence analysis of ammonia leakage. Chemical Engineering Journal Advances , ۱۱:۲۰۲۲ p. ۱۰۰۳۲۷.

[۱۹] Ng, C.K.L., et al., Accidental release of ammonia during ammonia bunkering: Dispersion behaviour under the influence of operational and weather conditions in Singapore. Journal of Hazardous Materials, ۲۰۲۳. ۴۵۲: p. ۱۳۱۲۸۱.

[۲۰] یوسفی، محمد، مدل سازی پیامد ترکیدن تانک کروی بوتان پالایشگاه آبادان. چهارمین همایش ملی مهندسی ایمنی و مهندسی HSE. ۱۶ الی ۱۸ اسفندماه ۱۳۹۰.

[۲۱] احمدپور، امین، مطالعه موردی حوادث با استفاده از نرم افزار فست، دومین همایش علوم و فناوریهای نوین در صنعت پالایش، ۱۳۹۰، اصفهان.

[۲۲] مرادی حنیفی، صابر مدل سازی پیامد به کمک نرم افزار Phast , Aloha جلد ۱، تهران: فن آوران. ۲۹۷، ۱۳۹۴.

[۳] یوسفی، محمد. رشتچیان، داود، بررسی آنالیز پیامد تانک آمونیاک مجتمع پتروشیمی کرمانشاه، سومین همایش ملی مهندسی ایمنی و مدیریت HSE. ۱۳۸۸، تهران.

[۴] C.F.R., "Appendix A to Part ۳۵۵—The List of Extremely Hazardous Substances and Their Threshold Planning Quantities" (PDF) (۱ July ۲۰۰۸ ed.). Government Printing Office. Archived from the original (PDF) on ۲۵ February ۲۰۱۲. Retrieved ۲۹ October ۲۰۱۱.

[۵] شاهدی علی آبادی، سارا و همکاران. ارزیابی پیامد حریق مخازن گاز متان در یک پالایشگاه گاز. مجله مهندسی بهداشت، شماره ۳، صفحات ۵۱-۵۹، ۱۳۹۵.

[۶] کریمی، سید رضا. ایثاری‌نیا، حمید، مدل سازی سناریوهای حریق و انفجار در مخزن مونو متیل هیدرازین با نرم افزار PHAST. نشریه علمی پژوهشی در ایمنی سلامت و محیط زیست، سال اول، شماره ۳، صفحات ۱-۱۲، ۱۴۰۲.

[۷] یوسفی، محمد، تأثیر شرایط آب و هوایی ماه‌های مختلف در پیامد ناشی از ترکیدن تانک پروپان. چهارمین همایش ملی مهندسی ایمنی و مهندسی HSE. ۱۳۹۰.

[۸] کاشی، اسلام، آنالیز پیامد حوادث فرآیندی در پالایشگاه‌ها، سومین همایش ملی مهندسی ایمنی و مدیریت HSE. ۱۳۸۸، تهران.

[۹] کریمی، صفورا و همکاران. خطاهای انسانی مربوط به بردمن در یکی از اتاق های کنترل صنایع پتروشیمی توسط روش CREAM گسترده. ۱۳۹۷.

[۱۰] اقبالی بابادی، علی و همکاران. ارائه روشی مبتنی بر مدل PDS و تکنیک AHP برای محاسبه و تحلیل قابلیت اطمینان با در نظر گرفتن شکست علت مشترک برای اجزاء غیر یکسان (مطالعه‌ی موردی خروجی سیستم تثبیت موقعیت دینامیکی یک شناور). نشریه علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت کیفیت. ۶ (۲): صفحات ۱۰۳-۱۱۷، ۱۳۹۶.

[۱۱] لنگری، مبین و همکاران، آنالیز نرم‌افزارهای مدل سازی پیامد PHAST و ALOHA. نخستین همایش بین المللی بازرسی و ایمنی در صنایع نفت و انرژی، ۱۳۸۹، تهران.

[۱۲] Hanna, S.R.H., Olav R. Ichard, Mathieu. Strimaitis, David, CFD model simulation of dispersion from chlorine railcar releases

[۳۳] Nikita, et al., Mitigating accidental ammonia (NH_3) release from storage tank based on risk distribution using ALOHA and fault tree analysis in PT. Sarihusada Generasi Mahardhika ۲ Klaten, in International Energy Conference Astechnova, ۲۰۲۰.

[۲۳] عبدالحمیدزاده، بهمن. بدری، ناصر، ارزیابی کمی و کیفی ریسک در صنایع فرآیندی و شرح روش‌های شناسایی مخاطرات صنعتی با تمرکز بر روش HAZOP، جلد هفتم. تهران: انتشارات اندیشه سرا ۲۱۴، ۱۳۹۵.

[۲۴] Crowl, D.A. and J.F. Louvar, Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. Fourth Edition ed. ۱۹۹۰.

[۲۵] درمحمدی، علی. زارعی، اسماعیل، ارزیابی ریسک نیمه کمی و کمی در صنایع فرآیندی با تمرکز بر روش‌های QRA, LOPA, DOW Index، تهران: فن آوران. ۲۵۲، ۱۳۹۲.

[۲۶] اسعدی، سیده زینب، مدل‌سازی سناریوی نشت از برج پایدارساز واحد کاهش گرانیوی پالایشگاه تهران و بررسی پیامدهای آن با استفاده از نرم افزار PHAST، سومین همایش بازرسی و ایمنی در صنایع نفت و انرژی، ۱۳۹۱، تهران.

[۲۷] رشتچیان، داود. لک، احمد. تحلیل ریسک‌پذیری مخازن آمونیاک. شیمی و مهندسی شیمی ایران، سال بیست و ششم(۴): صفحه ۱۹، ۱۳۸۶.

[۲۸] گوهررخی، مهدی و همکاران. ارزیابی کمی و کیفی ریسک در واحدهای فرآیندی، روش‌های بررسی حوادث و شبیه‌سازی شبکه Flare با نرم‌افزار Aspen flarenet، شرکت دانشگران صنعت پژوه. ۴۸۲، ۱۳۸۹.

[۲۹] نیهانی، نادر و همکاران، آنالیز پیامد نشستی متانول از مخزن یک مجتمع پتروشیمی با نرم‌افزار PHAST، سومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، ۱۳۹۲، تهران.

[۳۰] خرم، رسول. مدل‌سازی پیامد انتشار گاز کلر بر اساس مقادیر طرح‌ریزی واکنش در شرایط اضطراری طی یک دوره زمانی ۲۴ ساعته توسط نرم‌افزار PHAST (مطالعه موردی حریم نیروگاه اتمی بوشهر). طب نظامی، ۲۲: صفحات ۴۹۲-۵۰۱، ۱۳۹۹.

[۳۱] Shirali, G.A., et al., Modeling the Effect of Ammonia Leakage from Ammonia Reservoirs Using ALOHA Software and Developing an Emergency Response Program in One of Process Industries. umsha-johe, ۵(۲): p. ۱۲-۱۹, ۲۰۱۸.

[۳۲] محبوب‌نسب، جواد، تأثیر جهت باد بر مناطق تحت پوشش در اثر نشت آمونیاک از مخزن نگهداری آن در یکی از پالایشگاه‌های جنوب کشور، ششمین کنفرانس بین‌المللی ایمنی و بهداشت، ۱۴۰۱، تهران.

Evaluation of the consequences of ammonia release from the storage tank in one of the oil refineries

Mohammad Yousefi ^{۱*}, Javad Mahboub Nasab ^۲, Hossein Hosseini ^۳, Nafiseh Hajiabdollah

۴

PhD in chemical engineering, Department of Chemical Engineering, Abadan Branch, Islamic Azad University, Abadan, Iran
mohammad_۰۹_y@yahoo.com

Abstract

Background and Aim: Ammonia is a very toxic and hazardous gas that can cause irreparable damage in terms of life and money if it leaks from storage tanks and releases into the environment, depending on the concentration level. Therefore, it is necessary to study on the tanks in order to find out the amount of ammonia dispersion in case of release, as well as the intensity of the blast wave in case of the tank bursting.

Methods: In order to find out the number of possible damages due to the immediate release of ammonia toxin from a cylindrical tank with a capacity of about ۱۹ cubic meters in one of the oil refineries in southern Iran, modeling was performed with the help of PHAST software.

Results: In this study, the maximum distance traveled by ammonia at concentrations of ۲۵ ppm, ۱۵۰ ppm, ۷۵۰ ppm and ۵۰۰۰ ppm, the highest amount of radiation at intensities of ۴ kw/m^۲ and ۱۲,۵ kw/m^۲ as well as explosion waves caused by Reservoir bursts with intensities of ۰,۰۲۰۶۸ bar, ۰,۱۳۷۹ bar and ۰,۲۰۶۸ bar were evaluated.

Discussion and Conclusion: The results showed that the human damage caused by the distribution of the concentration of the poisonous substance ammonia was more than the damage caused by the radiation caused by the fire and the explosive waves caused by the bursting of the tank, and the spring season with a speed of ۱۴ meters per second and Atmospheric stability D was identified as the worst case.

Keywords: consequence modeling, PHAST, Ammonia storage tank, Oil Refinery