# مروری بر مخازن ذخیره و خطرات این مخازن در صنایع


## نویسنده: پریسا مشعشعی

**کارشناسی ارشد بهداشت حرفه ای، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، گروه بهداشت حرفه ای**



## چکیده

صنایع فرآیندی از جمله صنایع دارای ریسک بالا می باشد که هر گونه حادثه ای در این صنایع می تواند منجر به یک فاجعه در جامعه شود. از این رو ایمنی این صنایع بسیار مهم می باشد. از طرفی نفت خام به عنوان ماده ی اصلی صنایع، یکی از مهم ترین مواد با ارزش و استراتژیک در دنیا محسوب می شود. این مواد بعد از استخراج به واحد های فرآیندی ارسال می شوند تا در این واحد ها مورد استفاده قرار بگیرند. این مواد بعد از انتقال به واحد های فرآیندی در این واحد ها با استفاده از مخازن ذخیره سازی ذخیره می شوند. با توجه به این که حجم بسیار زیادی از این مواد در داخل این مخازن ذخیره می شود هر گونه حادثه ای در این مخازن می تواند به یک فاجعه بزرگ تبدیل شود. از این رو شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک های این مخازن بسیار ضروری می باشد به طوری که اگر این کار به خوبی صورت پذیرد می توان با انجام اقدامات کنترلی این خطرات را تا حد قبل قبول و ممکن کاهش داد. این مطالعه سعی دارد ابتدا این مخازن را معرفی و در ادامه به اهمیت حریق و کنترل حریق در این مخاطن بپردازد.



لازم به ذکر است این مطالعه بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد سرکار خانم پریسا مشعشعی کارشناس ارشد بهداشت حرفه ای می باشد.


## ۱-مقدمه

با توسعه سریع اقتصاد تقاضای مواد نفتی نیز فزایش یافته است(۱). در صنایع شیمیایی، مواد رزشمند، مانند بنزین یا گاز مایع، طی فرایندهای ختلفی از مواد شیمیایی، مانند نفت خام جدا می شود و یا از آنها بوجود می آید. نفت خام به عنوان ماده ی اصلی صنایع، یکی از مهم ترین مواد با رزش و استراتژیک در دنیا محسوب می شود. چند راه برای انتقال مواد خام از منابع تامین کننده به واحد فرایندی وجود دارد که بر حسب مورد و شرایط، از یکی از آنها مانند خطوط انتقال و یا نانکر استفاده می گردد(۲). همچنین محصولات تولیدی نیز به روش های مختلف به بازار داخلی و یا خارجی عرضه می شود. به دلایل زیادی از جمله یکسان کردن کیفیت محصول، اندازه گیری حجم محصول جهت فروش، امکان بارگیری و انتقال به تانکر در حداقل زمان ممکن و ... سبب می شود تا مواد محصول را بعد از تولید، در مخازن یا تانک های مناسب ذخیره نمایند. تعداد این مخازن به عواملی چند چون دوری و نزدیکی واحد به منابع تامین کننده نفت خام، تعداد و ظرفیت واحدهای پالایش، تنوع فرآورده های تولیدی و سرانجام چگونگی انتقال و پخش فرآورده ها بستگی دارد(۳).

به طور کلی مخازن چند وظیفه اصلی به عهده دارند:

-ذخیره مواد اولیه و خوراک واحدها
-ذخیره مواد واسطه، که در فرایند تولید می شود
-ذخیره فرآورده ها
-ذخیره مواد برای بارگیری و پخش
-همسان نمودن کیفیت محصول
-معیاری جهت اندازه گیری حجم خوراک و محصول تولید شده

از اصطلاح مخزن برای ظروف ذخیره سازی بزرگ و با کاربرد ذخیره سازی، اندازه گیری و حمل و نقل مایعات استفاده می گردد(۲، ۳). مخازن نگهداری یک ابزار مهم در زنجیره ی تکنولوژیکی فرآیند استخراج، حمل و نقل و توزیع نفت خام و فرآورده های آن به حساب می آیند(۱).

## ۲-تاریخچه ذخیره سازی نفت در مخازن

تاریخچه ساخت و استفاده از این مخازن در کشورهای تولید کننده نفت، به زمان کشف و استخراج نفت بر می گردد. از همان موقع همگام با پیشرفت صنعت نفت تولیدکنندگان آن به فکر ذخیره و نگهداری نفت در حجم های بسیار وسیع افتادند و برای این منظور از مخزن با حجم های مختلف استفاده می کردند.

در سال ۱۸۵۹ ولیام اسمیت به همراه دو پسرش اولین اکتشاف نفت خام را از چاه کولونل دراکس در ایالت پنسیلوانیای آمریکا به انجام رساند. با این اکتشاف نیاز به ظروف مناسب جهت ذخیره سازی نفت احساس شد و مسئولین امر به فکر تهیه مخازن مناسب با حجم لازم در حوالی چاه حفر شد ند. اولین مخزن از جنس چوب و با ظرفیت ۸ بشکه در نزدیکی چاه ساخته و نصب گردید(۴).

در اولین روزهای تجارت نفت کلیه مخازن به شکل قوطی «مکعب» و به ابعاد چهار فوت طول و چهار فوت عرض و سه فوت ارتفاع ساخته شدند. در سال ۱۸۶۱ شخصی به نام آکین اولین مخزن استوانه ای را به قطر و ارتفاع ۸ فوت را بنا نهاد و در آن تاریخ نشتی و تبخیر مسئله جدی تلقی نمی شد چون تولید پالایشگاه های اولیه عمدتاً نفت چراغ و روغن لیزکننده بود. در سپتامبر۱۸۶۴ کمپانی گراف هاسون در آمریکا اولین مخزن فلزی به گنجایش ۸۰۰۰ بشکه و ده سال بعد مخزن دیگری به گنجایش ۸۰۰۰۰۰ بشکه را ساخت و در سال ۱۹۱۳ اولین مخزن پیچ و مهرهای و در سال ۱۹۱۸ اولین مخزن با پله مخصوص ساخته شد. در اولین سال های ۱۹۲۰جوشکاری مخازن ابداع گردید. به عنوان اولین استاندارد به صنایع مخزن سازی معرفی شد از آن تاریخ به بعد پیشرفت های شایانی در صنایع مخزن سازی به وجود آمد که مهم ترین آنها عرضه مخازن سقف شناور در سال ۱۹۲۲می باشد(۵).

در حال حاضر ایران نیز مانند دیگر کشورهای بزرگ تولید کننده نفت به دنبال ذخیره سازی نفت تولید شده است تا بتواند از این طریق بازار نفت را تحت کنترل قرار دهد. در کشور ما در حال حاضر در حال حاضر ظرفیت ذخیره سازی نفت خام ایران به ۱۰۰ میلیون بشکه می رسد و بیش از یک هزار مخزن اصلی با ظرفیت های متفاوت از یک هزار متر مکعب تا پنجاه هزار متر مکعب (یک میلیون لیتر تا پنجاه میلیون لیتر) در انبارهای نفت نصب می باشد که به وسیله آنها کار ذخیره سازی فرآورده های نفتی صورت می پذیرد. با توجه به سرمایه گذاری انجام شده در امر سوخت این مخازن که ظرفیت کل آنها بیش از شش میلیارد لیتر می باشد، ملاحظه خواهید فرمود که نگه داشت و استفاده صحیح از آنها کاملاً مهم و حیاتی خواهد بود(۵).

## ۳-انواع مخازن ذخیره سازی

همان طور که پیشتر بیان شد، مخازن ذخیره سازی یک ابزار مهم در زنجیره ی تکنولوژیکی فرآیند استخراج، حمل و نقل و توزیع نفت خام و فرآورده های آن به حساب می آیند. این مخازن که در شکل ها و اندازه های مختلفی وجود دارند.

یک مخزن ذخیره سازی معمولاً از اجزای زیر تشکیل می شود(۶):

أ.پوسته استوانه ای که از رول کردن ورق ساخته می شود.

ب.سقف مخزن که دارای انواع زیر است:

۱.سقف شناور

۲.سقف ثابت

۳.سقف ثابت و سقف شناور

ت.رینگ های تقویتی که معمولاً از پروفیل های استاندارد ساخته می شوند.

ث.لوله ها و فلنج ها

ج.کف مخزن

در طراحی قسمت های مختلف مخازن، پارامترهای متعددی مورد استفاده قرار می گیرد؛ از جمله این پارامترها می توان به طول، قطر یا حجم مخزن، فشار طراحی مخزن، تعداد نازل ها، طریقه اتصال و غیره اشاره کرد. برای داشتن یک مخزن مناسب باید تمام پارامترهای آن به طور صحیح بررسی شوند. علاوه بر آن پارامترهای دیگری نیز وجود دارند که باید به طور دقیق لحاظ شوند از جمله این پارامترها می توان به محل کار مخزن، نوع ماده مورد استفاده در مخزن، عوامل جغرافیایی مثل باد، زلزله، قیمت مخزن مورد نظر با توجه به سرویس دهی و عمر مفید آن و غیره اشاره کرد(۵, ۶).

## ۱-۳-۱ مخازن بر اساس نوع کاربرد

مخازن را از نظرنوع کاربرد آنها در پالایشگاه ها به چهار دسته زیر تقسیم می کنند(۶, ۷):

### الف- مخازن نفت خام

انواع گوناگون نفت خام سبک یا سنگین را می توان به طور جدا یا آمیخته در این مخزن ذخیره کرد. مخزن های امروزی نفت خام سقفی شناور داشته بیشتر به لوله

### ب-مخازن واسطه

این مخزن ها برای دریافت فرآورده های نیمه نهایی از یک واحد پالایش، و دادن آنها به واحدهای دیگر برای انجام گرفتن فرآیندهای دیگر پالایش یا دریافت ترکیبات گوناگون فرآورده ها پیش از آمیختگی و انتقال آنها به مخزن های فرآورده های نهایی به کار برده می شوند.

### پ- مخازن فرآورده

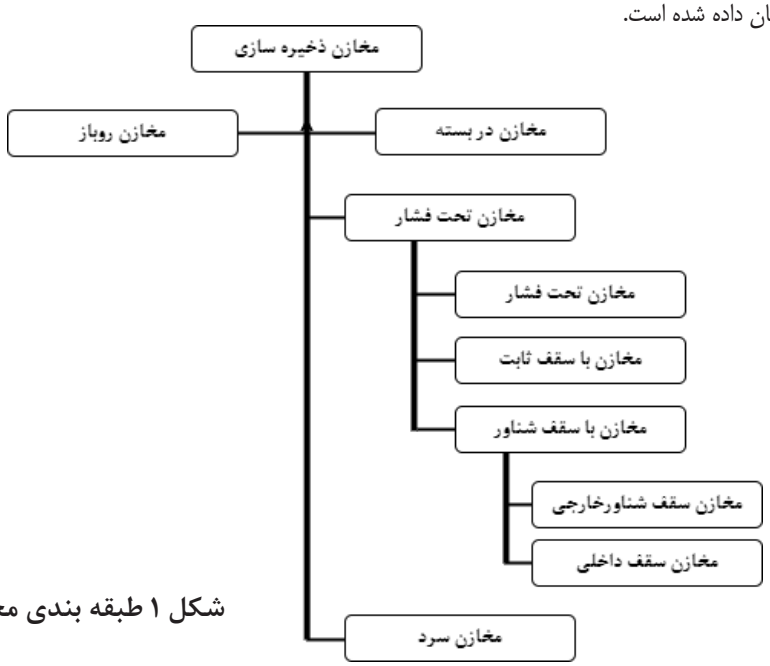
فرآورده های گوناگون نفتی بنا به مشخصات مورد نظر در این مخزن ها تهیه و به شبکه پخش انتقال داده می شوند.

### ت-مخازن بارگیری و پخش

برخی از فرآورده های سبک و سنگین، مانند گاز مایع، روغن موتور، قیر و ... که بردن آنها به جاهای دور دست از راه خطوط لوله دشوار یا نشدنی است، در مخزنهای بارگیری انبار شده، سپس به نفت کش ها یا مخزن دارهای راه آهن منتقل، و به محل مصرف فرستاده می گردد. کار بارگیری معمولا به وسیله تلمبه انجام می گیرد. اگر فرآورده نفتی روان باشد و فاصله مخزن تا جای بارگیری زیاد نباشد، با ایجاد اختلاف سطح میان مخزن و نقطه بارگیری، مایع با نیروی جاذبه به وسیله نقلیه منتقل می شود. مخزن هایی که در این سرویس هستند، مخزن های بارگیری و پخش خوانده می شوند.

چون نصب مخزن ها در هر پالایشگاه هزینه سرمایه ای بسیاری خواهد برد، در طرح پالایشگاه و کوشش می گردد تا شمار و ظرفیت مخزن ها به کمترین حد کاهش یابد، مثلا شمار و ظرفیت مخزنه ای واسطه تا آن حد منظور می شود که به توان تداوم عملیات و موازنه کار عادی دستگاه ها را حفظ کرد. همچنین با انجام عمیات آمیختگی فرآورده های گوناگون در لوله ها در مرحله انتقال به مخازن، می توان شمار مخزنه ای واسطه و فرآورده ها را کاهش داد، مشروط بر اینکه میان تولید و انتقال فرآورده ها موازنه برقرار شد و این کار نیازمند یک برنامه ریزی دقیق روزانه، هفتگی و ماهانه است.

به طور کلی یک تقسیم بندی جامع و یکسان برای مخازن ذخیره وجود ندارد. طبقه بندی مخازن می تواند از دیدگاه های متفاوتی مانند شکل هندسی، نوع سیال و یا بر حسب فشار بخار ماده ذخیره شده در آن باشد. ما می توان همهٔ مخازن را به دو دسته کلی مخازن روباز و دربسته تقسیم بندی نمود(۸, ۹). این نوع طبقه بندی مخازن در شکل (۱) نشان داده شده است.




**شکل ۱ طبقه بندی مخازن ذخیره سازی**

کفش ارک
صنایع ایمن فراز ارک

# ۱ انواع مخازن

## ۱-۲-۳-۱ مخازن روباز

مخازن ذخیره سازی روباز، یکی از ساده‌ترین اشکال مخازن بوده و به شکل دیواره ای بدون سقف می‌باشند. از این نوع مخازن بدلیل نبود سقف و تماس سیال با محیط بیرون برای ذخیره سازی موادی استفاده می‌گردند که:

۱.میزان فراریت آنها بسیارکم باشد، زیرا بالا بودن میزان فراریت باعث تبخیر و اتلاف ماده می شود.

۲.خاصیت اشتعال زایی نداشته باشند، زیرا امکان بروز آتش‌سوزی بوجود می آید.

۳.مواد گران قیمتی نباشند، زیرا امکان آلوده شدن ماده وجود دارد مگر آنکه خالص بودن سیال اهمیت چندانی نداشته باشد و یا قبل از استفاده تصفیه شود(۱۰).

این دسته از مخازن ذخیره‌سازی عموماً دارای اندازه‌های بزرگی هستند. تانک‌های باز معمولاً در محدوده قطرهای تا ۷۰ متر و عمق تا ۷ متر و بعضاً بزرگتر ساخته می‌شوند. جنس این مخازن ممکن است از استیل، بتون و... باشد.

از جمله موادی که در این مخازن ذخیره می شوند آب، آب نمک، کودهای شیمیایی که به شکل دوغاب هستند و ... می تواند نام برد. مخازن ذخیره آب نمک در واحدهای کلرآلکالی پتروشیمی ها از این نمونه هستند(۱۰).

۲-۲-۳-۱ مخازن در بسته

از مخازن دربسته می توان به مخازن تحت فشار، مخازن سقف ثابت، مخازن سرد و مخازن سقف شناور اشاره نمود(۹, ۱۱).

## الف- مخازن تحت فشار

مخزن تحت فشار عبارت است محفظه ای بسته که جهت نگهداری سیال در فشاری متفاوت از فشار محیط (اتمسفر)، طراحی شده است. اختلاف فشار یک پارامتر خطرناک است و بر اثر تغییرات این پارامتر در مخازن تحت فشار، امکان انفجار و تخریب آن وجود دارد. در نتیجه، طراحی، ساخت و بهره برداری از این مخازن، توسط سازمان های مهندسی تحت نظارت قانونی قرار می گیرد(۱۲).

تعریف مخازن تحت فشار از کشوری به کشور دیگر متفاوت است اما پارامتر ثابت در این تعریف، حداکثر فشار و درجه حرارت مناسب مخزن می باشد. مخزن تحت فشار مطابق تعاریف و محدوده کاری ASME SEC VIIIبوده که بر اساس فشار داخلی یا فشار خارجی طراحی می گردد. معیار تبعیت از این استاندارد بیشتر بودن فشار داخلی مخزن از ۱۵ یا KILO POUNDS/INP۲P ۱/۳ می باشد. در مخازن تحت فشار PASCAL خارجی این فشار می تواند ناشی از خلأ بین جاکت و دیواره مخزن باشد(۸).

### •انواع مخازن تحت فشار

مخازن تحت فشار از دیدگاه های مختلف به شرح ذیل تقسیم بندی می شوند(۱۲):

۱.چیدمان: افقی یا عمودی

۲.نوع سیال نگهداری شونده: گاز یا مایع

۳.ضخامت جداره: جداره نازک یا جداره ضخیم

۴.هندسه مخزن: کروی، استوانه ای و یا مخروطی

### •کاربرد مخازن تحت فشار

این مخازن در صنعت به عنوان مخازن هوای فشرده، مخازن ذخیره آب، دیگ بخار (بویلر)، مخازن ذخیره انواع گاز، اتاقک تحت فشار، برج تقطیر، مخازن راکتورهای هسته ای، مخازن هوای فضاپیما، مخازن هوای زیردریایی، مخازن پنوماتیک، مخازن هیدرولیک تحت فشار، مخازن ذخیره سازی برای گازهای مایع مانند آمونیاک، کلر، پروپان، بوتان، LPG و ... مورد استفاده قرار می گیرند(۸).

در مصارف غیر صنعتی به عنوان مخازن ذخیره آبگرم خانگی، مخازن اکسیژن و .. استفاده می شوند. بیشترین کاربرد مخازن تحت فشاردر صنعت نفت، گاز و پتروشیمی می باشد. مخازن تحت فشار در صنعت پتروشیمی و نفت و همچنین اغلب صنایع اصلی نظیر نیروگاه ها و... از کاربرد ویژه ای برخوردار است. نمونه های دیگر از کاربرد آن می توان مخازن تحت فشار استوانه غواصی، برج های تقطیر، اتوکلاو، راکتورهای هسته ای، زیر دریایی وکشتی، مخازن پنوماتیکی و هیدرولیکی تحت فشار و مخازن ذخیره گازمایع، مانند آمونیاک، کلر، پروپان، بوتان نام برد.

## ب- مخازن سقف ثابت

در مواردی که فشار بخار سوخت کم باشد از این مخازن استفاده می شود. معمولاً بخشی از این مخازن از مایع پر بوده و بخشی در بالای مایع به وسیله هوا و بخارات مایع اشغال می گردد(۱۳-۱۵). هنگام روز بر اثر تابش خورشید به مخزن مخلوط بخار هوا منبسط می شود و از آنجا که این مخازن معمولاً طوری طراحی می شوند که در برابر فشار زیاد مقاوم نیستند بخارات از طریق منافذ موجود خارج می گردند. هنگام شب مخلوط فوق سرد شده و به منظور جلوگیری از ایجاد خلاء جزیی در مخزن نیتروژن وارد مخزن می گردد. این چرخه اتلاف سوخت نامیده می شود(۱۶).

در مخازن سقف ثابت، سقف به اشکال مختلف از جمله گنبدی، کروی، نیمه کروی و یا مخروطی شکل وجود دارد. در این میان سقف مخروطی و گنبدی متداول تر هستند(۱۷). عملیات مخروطی ها راحت تر و متداول تر است ولی سقف های گنبدی از استحکام بیشتری برخوردار می باشند و البته از نظر ساخت مشکل تر و پرهزینه تر هستند. سقف ها از دید روش نگهداری به دو دسته تقسیم می گردند.

۱-سقف های با سیستم نگهدارنده که دارای پایه هایی نگهدارنده می باشند. معمولاً در مخازن با قطر بیش از ۲۴ فوت، از نگهدارنده استفاده می گردد.

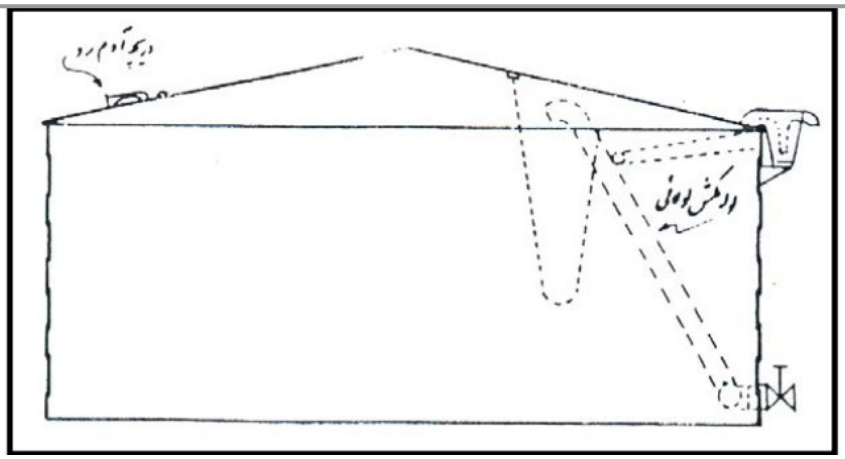
۲-سقف های بدون سیستم نگهدارنده یا اصطلاحاً خود نگهدار، که این نوع سقف ها به بدنه جوش داده شده و هیچ پایه و ستونی جهت ساپورت کردن مورد نیاز نمی باشد. این سقفها غالباً در مخازنی با قطری کمتر از ۲۴ فوت بکار می روند.

سقف ثابت به روش های مختلفی به دیواره های مخزن جوش داده می شود. این جوش ها سبب استقرار و نگه داشتن سقف بر روی مخزن با استحکام کافی می گردند. در مواقعی ممکن است که به هر دلیلی فشار در مخزن بیشتر از حد مجاز افزایش یابد و امکان انفجار آن باشد، استحکام و پایداری این جوش ها بصورتی است که در حین بروز این مشکل، کنده شده و سقف از دیواره ها جدا گردد و به این طریق از پاره شدن دیواره های مخزن جلوگیری می شود تا از انتشار و پخش شدن مواد به بیرون از مخزن و محوطه جلوگیری گردد. لازم به ذکر است که BREATHING VALVE ها و شیرهای ایمنی در مخازن برای جلوگیری از بالارفتن بیش از حد فشار نسبت به مقدار مجاز آن در نظر گرفته شده اند، اما گاهی ممکن است به دلایل مختلفی از جمله خرابی، آنها وظیفه خود را به درستی انجام ندهند و خطر انفجار مخزن را تهدید نماید که در این زمان شکسته شدن جوش ها راهکاری برای جلوگیری از بروز انفجار مطرح می گردد.(۱۸)

در این نوع مخازن روغن، قیر، نفت کوره، نفت گاز و نفت خام ذخیره می گردد و ضخامت ورق های بدنه و جنس آنها بستگی دارد به ظرفیت مخزن و نوع ماده ای که در آن ذخیره می شود ولی ضخامت ورق های سقف در شرایط عادی معمولاً ۳/۱۶″ است .

طبق محاسبه ای که برای بارگذاری آن سقف ها به عمل آمده قدرت محتمل آن در حدود ۲ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع که نصف این مقدار برای بار حاصل از ریزش برف بوده و نصف دیگر برای تحمل فشار حاصل از خلأ می باشد.

از جمله عواملی که در گزینش قطر و بلندی مخزن موثرند، شامل؛ فضای موجود برای نصب مخزن، تحمل فشار خاک زیر مخزن، فراریت فرآورده ای که باید در مخزن انبار شوند، سرعت ته نشین شدن مواد نفتی مورد نظر و ناخالصی هایی که در مخزن انبار می گردد. مخزن هایی که برای انباشتن مایعات فرار ساخته می شوند. باید بدون منفذ بوده و تغییرات فشار میان ۶ تا ۲۰ سانتیمتر ستون آب را تحمل نمایند. تغییرات فشار به وسیله شیر اطمینان ویژه‌ای خنثی می گردد. دیگر تجهیزات این نوع مخزن ها عبارتند از: حوضچه و شیر زیر آب، لوله های مارپیچ بخار، پروانه همزن برای آمیختن فرآورده ها، ژرفاسنج های خودکار، دماسنج و غیره. نمونه ای از این مخازن در شکل (۲-۱) نشان داده شده است.



**شکل ۲ مخازن با سقف ثابت**

## پ- مخازن سرد

مخازن سرد جهت نگهداری گازهای مایع و موادی با نقطه جوش پایین و غالبا زیر صفر درجه سانتیگراد مورد استفاده قرار می گیرند. با توجه به پایین بودن دمای جوش این مواد، غالب آنها در دمای عادی محیط به شکل گاز می‌باشند، لذا باید این دسته از مواد را در دمای پایین نگهداری نمود(۱۹).

اقتصادی ترین و ایمن ترین دما برای نگهداری این گازها، کمی پایین تر از دمای جوش آنها و در حالت مایع می باشد. به عنوان مثال گاز بوتان در صفر درجه سانتیگراد، بوتادین در ۴- ، آمونیاک در ۳۳- ، پروپان در۴۲- ، اتیلن در ۱۰۳- ، آرگون در ۱۸۶- ، نیتروژن در ۱۹۶- ، هیدروژن در ۲۵۳- و ... درجه سانتیگراد نگهداری می‌گردند.

برای مایع نگه داشتن این گازها می توان آنها را در فشارهای بالا و دمای محیط نیز نگهداری نمود ولی دلایل متعددی باعث شده‌اند که ذخیره سازی در دمای پایین و فشار اتمسفریک بر ذخیره سازی در فشار بالا و دمای محیط مزیت داشته باشد، از جمله این دلایل می توان به موارد ذیل اشاره نمود(۱۹):

- وجود فشار پایین تر از دید ایمنی بسیار مناسب تر می‌باشد.
- هرچه فشار مخزن افزایش یابد، ناچارا باید ظرفیت ذخیره سازی را برای ایمنی و هزینه‌های ساخت کاهش داد. لذا کارکردن در فشار پایین تر سبب می شود تا ظرفیت بیشتری برای ذخیره سازی با هزینه مناسب تر استفاده نمود.
- مخازن دارای فشار زیاد از نقطه نظر ایمنی نیاز به محافظهای زیاد و غالبا دور بودن از سایر تجهیزات و واحد های فرایندی دارند، لذا کار کردن در فشار پایین تر سبب استفاده بهینه تری از زمین می‌گردد.
- عملیات بهره برداری در فشار کم راحت تر و سازگار با سیستم حمل و نقل می باشد.

مخازن سرد غالباً به شکل استوانه‌ای با کف صاف هستند که به مخازن تبرید نیز موسوم می‌باشند.

این نوع مخازن اشکال روزمینی و زیرزمینی دارند. مخازن متداول برای انبارهای بزرگ از نوع روزمینی، کف صاف و سقف‌گنبدی و دو جداره می‌باشند، که از یک جدار داخلی از جنس فولاد نیکل‌دار و یک پوشش خارجی از فولاد و یک ماده عایق‌کننده وسطی تشکیل شده است. سیستم عایق‌بندی آن متشکل از دانه‌های پودری پرلایت است که در فضای بین دوجداره و با استفاده از فشار مثبت نیتروژن نگهداری می‌شود. این نوع از مخازن را اصطلاحا تانک‌های نگهداری کامل نیز می‌گویند.

نوع دیگری از این مخازن به شکل زیرزمینی است. یکی از مسائل مهمی که در مخازن زیرزمینی پیش می‌آید، مشکل تشکیل یخ در خاک اطراف و زیر مخزن است که باعث ایجاد فشارهای فوق‌العاده به مخزن و فونداسیون می‌شود. برای کنترل و رفع این مشکل، زیر و اطراف مخزن را با شن درشت پر می‌نمایند و در بعضی موارد از سیستم‌های گرمایشی در فونداسیون زیر مخزن استفاده می‌نمایند. مزیت مخازن زیرزمینی در مقابل مخازن روزمینی این است که در صورت اشکال در مخزن، مایع در سطح زمین اطراف پخش نمی‌شود ولی عیب عمده آنها این است که در صورت بروز نشتی در زیر خاک، یافتن نشتی مشکل است.

سیستم های کاهش دهنده فشار در مخازن سرد نیز مورد استفاده قرار می گیرند و در صورت بالا رفتن فشار از حد مجاز، مقداری از گاز را از مخزن تخلیه کرده تا فشار در حد مجاز قرار گیرد. در مورد گازهای آتش‌گیر باید برای آن از سیستمی ایمنی استفاده نمود تا گازهای حاصل از تخلیه فشار مایع سرد را به نقطه ای بیرون از قسمت های حساس واحد عملیاتی منتقل نماید و در یک فلر آن را بسوزانند و در ضمن به خاطر مسایل محیط زیستی نیز باید کلیه شیرهای ایمنی به مشعل فلر تخلیه گردند. ملاحظات ایمنی ایجاب می‌کند که به منظور جلوگیری از خطرات در هنگام شکافت احتمالی، مخازن به وسیله دیواره‌ها و یا حصارهایی محصور شوند. این مخازن دارای سیستم تبرید می‌باشند.

از جمله مخازن سرد می‌توان از مخازن LNG، مخازن اتیلن، اکسیژن، نیتروژن، آرگون، هیدروژن و ... نام برد.

•سیستم تبرید

در مخازن سرد، به منظور پایین نگه داشتن درجه حرارت و فشار داخل مخزن، لازم است اقدامات مناسبی

صورت گیرد که استفاده از عایق های حرارتی و استفاده از سیکل های سرماسـاز از آن جمله می باشد. با

افزایش دمای داخل مخزن و یا افزایش فشار، سیکل سرماسازی راه اندازی شده و سبب پایین آمدن فشار

و دما در این مخازن می گردد. سیکل های سرماساز گوناگونی در صنعت استفاده می شود که البته اساس کار

همه آنها تقریبا مشابه هم است. در همه این سیکل ها برای خنک کردن سیال، از یک سیال سرد دیگر استفاده می شود که انتخاب این سیال متناسب با درجه حرارت مورد نیاز است. به طور مثال در صورتی که نیاز به درجه حرارت پایین نداشته باشیم، کافی است با کمک یک خنک کننده هوایی و استفاده از هوای

خنک این کار را انجام دهیم. اما در صورتی که دماهای پایین تری نیاز باشد، می توان از سیالات سردی

همچون پروپان با دمای جوش ۴۲- درجه سانتیگراد استفاده نمود. در شرایط خاص و مواقعی که درجه

حرارت مورد نیاز بسیار پایین باشد می توانیم از نیتروژن مـایع بـا دمـای جـوش ۱۹۶- درجه سانتیگراد

استفاده کنیم(۱۹).

در یک توضیح ساده و مختصر، سیکل سرماسازی شامل مراحل زیر می باشد:

بخارات ایجاد شده در مخزن وارد کمپرسور شده و متراکم می گردد که در حین این عملیات دمای آن بالا

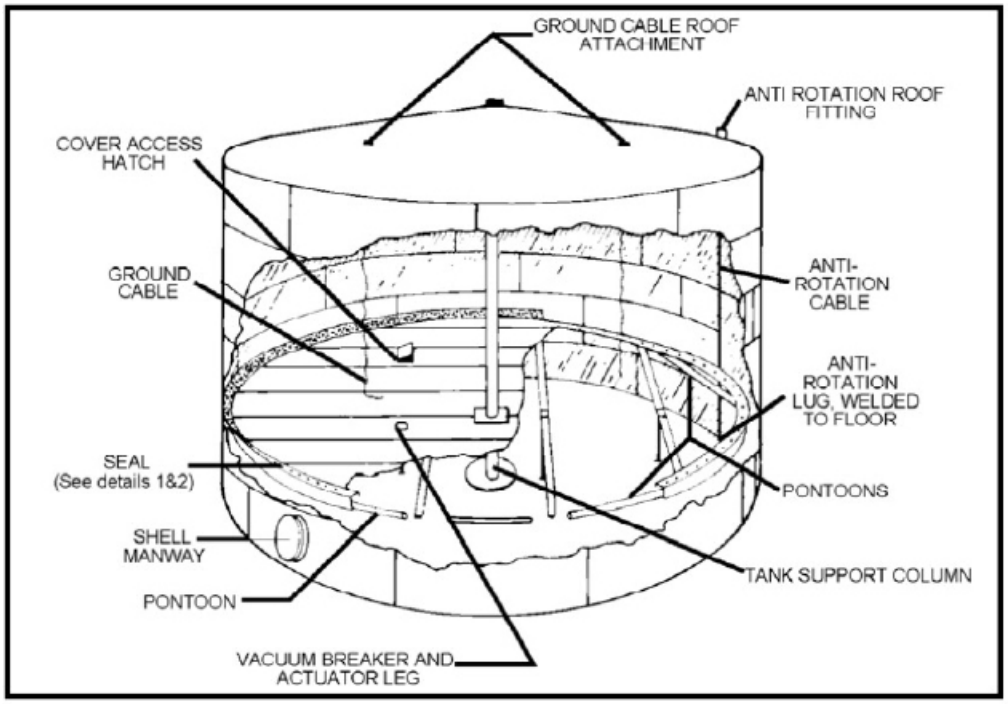
میرود. گاز متراکم و گرم وارد بخش خنک کننده سیستم شده و با کمک جریان هوا یا آب و در صـورت

نیاز، یک مایع سرد دیگر در دمای پایین خنک می گردد. بخش خنک کننده در اصل شامل یک مبدل حرارتی می باشد که دو سیال را با هم در تبادل حرارتی قرار می دهد. گاز متراکم را خنک نموده و از یک

شیر فشار شکن عبور می دهند که در این فرایند مقداری از آن مایع می شود. بدین ترتیب گاز مایع شده بـه

مخزن اصلی برگشت داده می شود و این عملیات باعث حفظ دمای مخزن در حد مشخص شده می

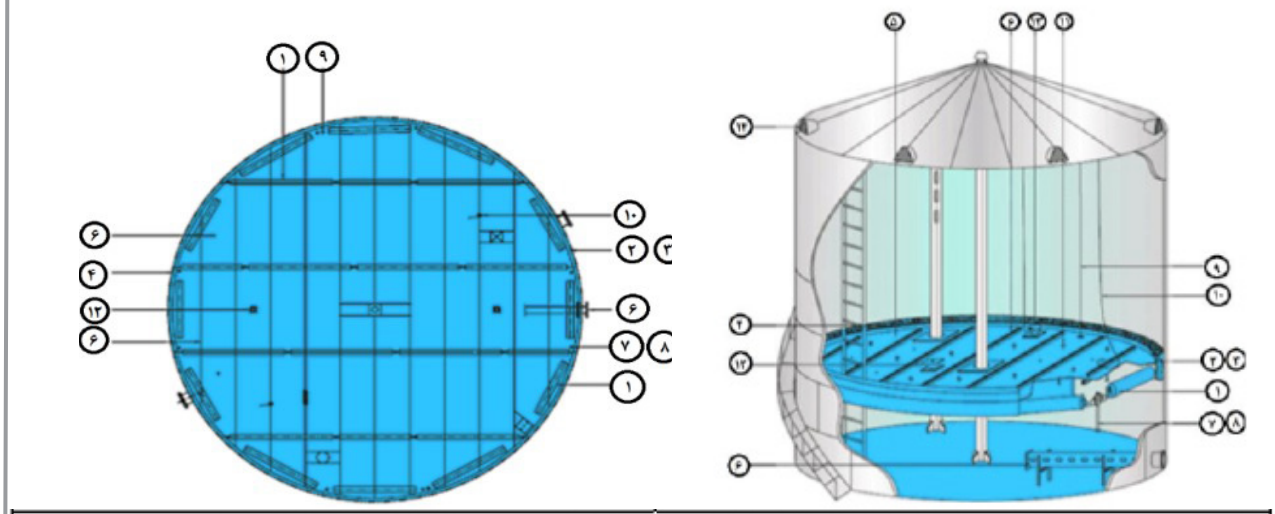
گردد.
قسمتی از گاز مایع نشده دوباره وارد سیکل سرماسازی شده و فرایند ادامه پیدا می کند.
ت–مخازن سقف شناور
از آنجایی که هدف این مطالعه آشنایی و نهایتا ارزیابی ریسک حریق یک مخزن سقف شناور بوده لذا در ادامه راجع به این نوع مخازن توضیحات بیشتری ذکر می شود.
مخازن سقف شناور از جمله مخازن استوانه ای عمودی بوده که بیشترین کاربرد را در بین مخازن دیگر دارند. موادی چون نفت خام که فشار بخار آنها کمی زیاد بوده و در حدود نزدیک به PSI ۰,۵ می باشد، در مخازن خاصی که مجهز به سقف شناور می باشند، ذخیره می گردند. این مخازن به صورت استاندارد و شکل سرباز طراحی و ساخته می شوند(۲۰). سقف مستقیما به صورت شناور بر روی مایع قرار می گیرد و سطح آن را پوشش می دهد(۱۷). نمونه ای از این گونه مخازن در شکل (۳–۱) نشان داده شده است.




**شکل ۳ مخزن با سقف شناور**

## •انواع مخازن سقف شناور

دو نوع از این مخازن طراحی و ساخته می شوند(۱۷, ۲۱):
۱–مخازن سقف شناوری که سقف ثابت ندارند و سقف شناور با فـضای باز در ارتباط است. اصطلاحا مخازن سقف شناور از نوع خارجی نامیده می شوند.
۲–مخازن سقف شناوری که علاوه بر سقف شناور به یک سقف ثابت نیز مجهز هستند و اصطلاحا مخازن سقف شناور از نوع داخلی نامیده می شوند.
از جمله مزیت های سقف ثابت روی سقف شناور عبارت است از(۶):
۱– محافظت سقف شناور و سیستم های آببندی از عوامل جوی مانند باران، برف و باد
۲– جلوگیری کامل از نشت مواد سمی و آتشگیر
۳–امکان اعمال فشار مثبت روی سقف شناور به کمک گاز ازت به منظور جلوگیری از نوسان و کج شدن سقف شناور
سقف شناور روی سطح مایع قرار گرفته و زمانی که ارتفاع سطح مایع در مخزن به هر دلیلی، مثلا پر کردن و خالی کردن مخزن و یا شرایط عملیاتی تغییر کند، سقف شناور نیز بالا و پایین می رود. قرار گرفتن سقف شناور بر روی سطح مایع سبب می گردد که فشار بر روی سطح مایع زیاد گردد و این افزایش فشار از میزان فراریت ماده ذخیره شده می کاهد، چراکه بالاتر بودن فشار فضای روی سیال نسبت به فشار بخار مایع باعث جلوگیری از تبخیر ماده می شود.
شمایی از مخزن با سقف شناور داخلی در شکل (۴–۱) آورده شده است. تفاوت اصلی مخزن سقف شناور داخلی و خارجی، در وجود یک سقف ثابت است، که هر یک از این مخازن کاربرد مخصوص به خود را دارا می باشند. هر دو نوع آنها برای سیالی مورد استفاده قرار می گیرند که میزان فراریت آنها بالا باشد و درصورتیکه سیال موردنظر سمّیت و آتشگیری کمی داشته باشد از نوع سقف شناور خارجی و در صورت بالا بودن سمّیت و یا آتشگیری ماده موردنظر، از سقف شناور داخلی استفاده خواهد شد(۱۳, ۱۷, ۱۸). موادی چون نفت خام را در مخازن سقف شناور خارجی ذخیره و ترکیباتی از قبیل متانول و MTBE را در مخازن سقف شناور داخلی ذخیره می نمایند.



۱-تیوب‌های شناوری کناره/اصلی (Main/Rim Float Tube)
۲- محفظه فوم (Foam Block)
۳-محفظه منحنی شکل (Envelope)
۴-نشت‌بند تمیزکننده (Wiper Seal)
۵-پوسته سقف شناور (Deck Skin)
۶-ستون مهارکننده (Clamp Beam)
۷-کفشک و ستون‌پایه (Leg pipe &Shoe)
۸-هوزینگ (Housing)
۹-کابل ضد چرخش (Anti-Rotation Cable)
۱۰-کابل اتصال به زمین (Ground Cable)
۱۱-آبراه (Stub Drain)
۱۲- خلاءشکن (Vaccum Breaker)
۱۳-ابزار نمونه‌برداری (Sampling Device)
۱۴-هواکش سقف (Roof Vent)
۱۵-پخش‌کننده داخلی (Inlet Diffuser LNE)

**شکل ٤ الف- مخزن با سقف شناور داخلی  ب- شمای عرضی از مخزن با سقف شناور داخلی**

به طور کلی تکنیک استفاده از سقف های شناور دارای مزایای زیر است:
الف – کاهش حجم بخارات ذخیره شده و در نتیجه کاهش احتمالی آتش سوزی و انفجار در مخزن.
ب – کاهش بخار هدر رفته در هنگام پر شدن مخزن.
ج – کاهش میزان بخاری که هدر می رود و در نتیجه کاهش میزان محصول هدر رفته.
البته در این میان آب بندی دور سقف نقش به سزایی بر عهده دارد چنانچه با جلوگیری از خروج بخار از مخزن هم از لحاظ صرفه جویی اقتصادی و هم از لحاظ کاهش آلودگی محیط موثر است(۲۲-۲۴).

**عواملی که فرآیند تبخیر محصول در مخزن را تحت تاثیر قرار می دهند عبارتند از(۱۲):**

الف – شرایط و ساختمان مخزن
از جمله آن می توان به سطح ورقه های جداره مخزن خارج، احتمالی مخزن از حالت دایروی و نیز رنگ مخزن اشاره کرد.
ب – نوع سیستم آب بندی
بر حسب نوع آب بند استفاده شده (مکانیکی و یا تیوپ هایی که با سیال پر می شوند) میزان نشت گاز به خارج از مخزن متفاوت است. ولی محاسبات مربوط به برآورد میزان گازهای خارج شده یک شرایط متوسط برای آب بندها در نظر گرفته می شود.
ج – قطر مخزن
رابطه بین حجم کل مخزن و مساحت طوقه کناری با قطر مخزن تغییر می کند و از این بابت مخازن بزرگتر دارای بازده ی بهتری هستند.
د – فشار بخار
در حالت کلی با افزایش بخار سیال ذخیره پتانسیل تبخیر شدن محصول افزایش پیدا می کند.
ه – دمای نگهداری سیال
دمای سیال ذخیره شده و نیز تغییرات دمای محیط بر میزان بخار تولید شده تاثیر می گذارد.
و– سرعت باد
این پارامتر دارای اهمیت زیادی است. در مخازنی که در روی آب بندها سپر محافظت از ورود هوا نصب نشده، ورود هوا و تماس آن با آب بند، سبب افزایش مقدار بخارهای هدر رفته می شود.
در این گونه مخازن (سقف شناور) آب بندی که حد فاصل سقف و جدار مخزن قرار می گیرد و ظیفه ممانعت از خروج بخار از منافذ کناری را به عهده دارد.
از نظر اقتصادی در مورد مخازنی که قطرشان در حدود ۲۰متر یا بیشتر است مزایای استفاده از این طرح در شرایط میانگین کاری سبب بازگشت سرمایه اضافی

کفش ارک
صنایع ایمن فراز ارک

خرج شده در ساخت، در مدت زمان ۲ تا ۳ سال خواهد شد.

در طراحی و ساخت این مخازن از دو نوع عمده آب بندهای استفاده می شود که عبارتند از(۱۲):

۱-آب بندهای فلزی

۲-آب بندهای پلیمری

همچنین انواع عمده تقسیم بندی سقف ها نیز چنین است(۱۶, ۱۷, ۲۵):

۱-سقف های خزینه ای تک طبقه

۲-سقف های دو طبقه

حریق در مخازن

بحث حریق یکی از مهمترین و محوریترین مواردی است که بر هر سه مقولهٔ ایمنی، بهداشت و محیط زیست تأثیرگذار بوده و پیشگیری ومقابله با آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است(۲۶). صنایع نفت، گاز و پتروشیمی به دلیل ماهیت مواد موجود، نوع تجهیزات و فرآیندهای مورد استفاده بیش از صنایع دیگر می توانند صحنه بروز حوادث مختلفی باشند. از پر مخاطره ترین حوادثی که در صنایع فرآیندی اتفاق می افتند می توان به انفجار، انتشار مواد سمی و آتش سوزی اشاره نمود. حوادث حریق و انفجار مخازن نفت یک تهدید عمده برای ذخیره سازی نفت خام به شمار می روند. همچنین خاموش کردن آنها مشکل و گسترش آنها سریع می باشد(۳). مخازن ذخیره سازی در پالایشگاه ها و کارخانجات شیمیایی حاوی حجم زیادی از مواد شیمیایی خطرناک و قابل اشتعال می باشند. یک حادثه کوچک ممکن است منجربه میلیون ها دلار خسارت شوند و چندین روز وقفه در کار ایجاد کند. حوادث بزرگ ممکن است منجر به داد خواهی، کاهش ارزش سهام و یا ورشکستگی شرکت گردد(۲۷). در ۵۰ سال گذشته، سازمان های تجاری و جوامع مهندسی چون موسسه نفت آمریکا، انجم مهندسی شیمی آمریکا، انجمن مهندسان مکانیک امریکا، انجمن ملی حفاظت در برابر حریق دستورالعمل ها و استاندارد های مهندسی دقیقی را برای ساخت و ساز و انتخاب مواد، طراحی، مدیریت ایمنی مخازن ذخیره سازی و لوازم جانبی آنها منتشر کرده اند. اکثر شرکت ها از این دستورالعمل ها و استانداردها در طراحی و ساخت و بهره برداری استفاده می کنند اما حوادث مخازن هنوز هم رخ می دهند. یادگیری تاریخچه حوادث گذشته قطعا برای عملیات ذخیره سازی و ایمنی مخازن مهم می باشد(۲۸-۳۰). ایمنی مخازن نفت به عنوان تجهیزات مهم ذخیره سازی نفت بسیار مهم می باشد. خطر مخازن نفتی اشاره به این دارد که چگونه ایستگاه های ذخیره سازی مخازن نفتی می توانند صدماتی را به مردم و محیط اطراف آنها ایجاد کنند. به علت واکنش های شیمیایی درگیر در فرایندها، صنایع پتروشیمی به طور مداوم در معرض خطر حریق و حوادث انفجار قرار دارند، اگرچه تجهیزاتی جهت کاهش خطر فاجعه ناشی از حریق و حوادث ناشی از انتشار آن به کار گرفته شده اند اما بهترین راه پیشگیری و حذف علل ایجاد کننده آنها می باشد. به عبارت دیگر پیشگیری بهتر از درمان است. جهت اجرای این هدف روش های ارزیابی ریسک حریق برای جلوگیری از ایجاد حوادث حریق و انفجار ضرورتا مورد نیاز می باشد. روش های ارزیابی ریسک در رابطه با ایمنی صنایع پتروشیمی توسعه یافته و برای سالیان زیادی مورد استفاده عملی قرار گرفته و مزایای زیادی داشته اند(۳۱). زمانی که یک صنعت شروع به کار می کند، عملکرد آن در پیشگیری از حوادث بایستی تا حد زیادی در نظر گرفته شود. فاجعه های صنعتی بزرگی تاکنون رخ داده اند از جمله این حوادث می توان به فاجعه فلیکس برو که منجر به کشته شدن ۲۸ نفر گشت(۳۲)، انفجار LPG در کشور مکزیک و انفجار بزرگ دیگری در پاسادنا تگزاس اشاره نمود(۸). این حوادث گاهی اوقات منجر به آسیب به محیط زیست و اقتصاد کشورها نیز می گردد. در واقع، فجایع در اشکال مختلفی رخ می دهند اما ویژگی مشترک همه آنها حریق، انفجار و مواد سمی می باشد(۸).

در کشور ما نیز صنایع فرآیندی در دهه های اخیر رشد چشمگیری داشته است. جلوگیری از تکرار وقوع حوادث بزرگ، فقدان قوانین جامع و دقیق ایمنی فرآیندی در کشور مانند مدیریت ایمنی فرآیند، نظارت ضعیف بر اجرای قوانین موجود و سطح فرهنگ ایمنی نه چندان بالای صنایع موجود در کشور، ضرورت توجه به اجرای مطالعات دقیق ارزیابی ریسک حریق و انفجار بخصوص در سایت های مخازن بیش ازپیش احساس می گردد. بنابرآنچه که گفته شد، اقدام مهم جهت پیشگیری از حریق مخازن نفتی، تجزیه و تحلیل دلایل ایجاد حریق مخازن نفتی و متقابلا اتخاذ اقدامات پیشگیری مناسب برای رفع آنها می باشد. پیش بینی و مدل سازی حوادث قبل از وقوع همواره یکی از آمال مهندسین ایمنی بوده است. در این راستا تکنیک ها و روش های متعددی از قبیل , PHA , HAZOP, FMEA FTA ,ETA و .. وجود دارد. این تکنیک ها معمولا بر اساس قضاوت کارشناسان و عمومی تمامی حیطه ها بوده همچنین اکثرا کیفی می باشند. برخی از این روش ها مثل PHA برای استفاده نیازمند یک سری پیش نیاز مانند تعریف وتشریح سیستم مورد آنالیز همچنین جمع آوری ریسک از سیستم های قبلی و مشابه می باشند.

نتیجه گیری

این مطالعه سعی کرد ابتدا یک معرفی مختصری از انواع مخازن مورد استفاده در صنایع پتروشیمی ارئه کند. همانطور که پیشتر ذکر شد، در کل می توانیم این مخازن را در سه دسته: ۱-سقف شناور ۲- سقف ثابت و ۳- سقف ثابت و سقف شناور دسته بندی کنیم، در ادامه به مبحث حریق در این صنایع پرداخته شد. حریق در این مخازن می تواند به دلایل مختلفی رخ دهد. با توجه به اهمیت این مخازن شناسایی خطرات و رازیابی ریسک های مرتبط با این مخازن از اولویت بالایی برخوردار است. با توجه به بررسی مختصر روش های شناسایی و ارزیابی ریسک های موجود مشخص شد که ما نیازمند ارائه یک روش مناسب و دقیق جهت ارزیابی ریسک حوادث آتش سوزی و انفجار در این مخازن هستیم تا بتوان اغلب پیامدها ممکن را بر اساس ناهنجاری های خاص مخازن ارزیابی کند. این روش باید بتواند برخلاف روش های عدد کمی برای ریسک ارائه کند. تا بتواند با به حداقل رساندن قضاوت کارشناسان دقت عدد ریسک به دست آمده را بالا ببرد.

## رفرنس:


1. Lin S, Yi P, Shuangchun Y. The Cause of Fire and Preventive Measures in Oil Depot. International Journal of Engineering Research and Development. 2012;4(11):55-7.

2. Nujumi A, Pakdel S, Heidarpoor M. A review of fire incidents last two years the Iran oil, gas and petrochemical. Process Engineering Conference in oil, gas, petrochemicals and energy- PROCESS01_112 2013:1-9.

3. Fayaz AS. Determine the best places troves of strategic oil product and capacity determination in the country. Thesis Master of Industrial Management, Production orientation Tabatabaei Allameh University School of Accounting and Management. 2010.

4. Jacques R. The use of oil and its derivatives in ancient times. Arts & Humanities. 1874(144):38-43.

5. Shamsizadegan K. Oil tanks designed according to API standard. Applications Scientific University - Training Center of Applied Science and Welding Engineering of Iran. 2007.

۶. زارع س, خدارحمی ح. طراحی مخازن ذخیره دیباگران تهران. ۱۳۸۶.

7. Pitblado RM, Purdy G, Waters D, Ltd. HKLT. Atmospheric Storage Tank Study for Oil and Petrochemical Industries. Technical and Safety

Committee Singapore. 1990
8. Lees FP. Loss prevention in process industries. second ed Butterworth & Heinemann, UK. 1996;2.
9. OGP. Risk Assessment Data Directory Storage incident frequencies. International Association of Oil & Gas Producers. 2010;3(434).
10. API. API Standard 650, Welded Steel Tanks for Oil Storage, tenth edition. Washington. 1998.
11. Nwabueze DO. Liquid Hydrocarbon Storage Tank Fires – How Prepared is your Facility? CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS. 2016;48.
۱۲. ورمزیار مر. طراحی مخازن. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر دانشکده مهندسی مکانیک. ۱۳۹۲.
13. RP575 A. Inspection of Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks. Washington, DC: API. 1995(1).
14. Ennis T. PRESSURE RELIEF CONSIDERATIONS FOR LOW-PRESSURE (ATMOSPHERIC) STORAGE TANKS. SYMPOSIUM SERIES. 2006;151.
15. API. Evaporative Loss Measurement. In Manual of Petroleum Measurement StandardsCh 19, Sec 2-E 1997;Washington, DC: API.
16. EPA. AP-42: Compilation of Air Emission Factors. United States Environmental Protection Agency. 2012;1(50).
17. Yeng KS. Design, Construction and Operation of the Floating Roof Tank. Course ENG 4111 and ENG 4112 Research Project. 2009.
18. Shelley CH. storage tank fires: is your department prepared? Fire Engineering. 2008;161(11):63.
۱۹. طرابیان م. پایان نامه مکانیک سیالات – طراحی مخازن فوق سرد. دانشگاه آزاد اسلامی– واحد خمینی شهر. ۱۳۹۰.
20. Guan J, Fang J, Zhang D, Wang J, Zhang Y. Experiment study of oil tank fire characteristics dependent on the opening of tank top. Procedia Engineering 2013;62 932 - 9.
21. Ren X, Fu Z, Yan N, Sun W. Analysis and experimental investigation of direct lightning protection for floating roof oil tanks. Electric Power Systems Research. 2013;94:134-9.
22. Manual Of Petroleum Measurement Standards: Chapter 19: Evaporative Loss Measuremen,Evaporative Loss From Floating Roof Tanks. American Petroleum Institute, Washington, DC. 1994.
23. Ferry RL. Estimating Storage Tank Emissions--Changes Are Coming. TGB Partnership. 1994.
24. EPA. Benzene Emissions From Benzene Storage Tanks-Background Information For Proposed Standards. EPA-450/3-80-034a, U S Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC. 1980.
25. EPA. Alternative control techniques document : volatile organic liquid storage in floating and fixed roof tanks. US environmental protection agency 1994.
26. Zhang M, Song W, Chen Z, Wang J. Risk assessment for fire and explosion accidents of steel oil tanks using improved AHP based on FTA. Process Safety Progress. 2015.
27. Changa JI, Linb C-C. A study of storage tank accidents. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2006:51-7.
28. AIChE .Guidelines for storage and handling of high toxic hazard materials Center for chemical process safety. New York: American Institute of Chemical Engineers. 1988.
29. API . API STD 650. Welded steel tanks for oil storage Welded steel tanks for oil storage. American Petroleum Institute, Washington, DC, USA. Washington, DC, USA: American Petroleum Institute. 1988.
30. ASME .Boiler and pressure vessel code. West Conshohocken, PA USA: American Society of mechanical Engineers. 2004.
31. UEHARA Y. Fire Safety Assessments In Petrochemical Plants. FIRE SAFETY SCIENCE---PROCEEDINGS OF THE THIRD INTERNATIONAL SYMPOSIUM.83-96.
32. Renjith VR. Consequence modelling, vulnerability assessment, and fuzzy fault tree analysis of hazardous storages in an industrial area. PhD thesis in the field of fuzzy applications in safety engineering. 2010.