



مهندسی آب و فاضلاب

[www.abfaeng.ir](http://www.abfaeng.ir)

جلوتر از دیگران حرکت کنید

اطلاعات آموزشی

اطلاعات فنی و مهندسی

اخبار روز آب و فاضلاب

اخبار استخدامی کارفرمایان



[T.me/mohandesifazelab](https://t.me/mohandesifazelab)



[Instagram.com/abfaeng](https://www.instagram.com/abfaeng)

# ایمنی ، بهداشت و محیط زیست (HSE) در ایستگاه های کلرزنی

تهیه شده توسط واحد HSE شرکت سازه های  
آب فعال



*Water active Co*

[www.wateractiveco.ir](http://www.wateractiveco.ir)

## بسمه تعالی

### مقدمه:

گندزدایی آب آشامیدنی با هدف انهدام عامل‌های میکروبی بیماری‌زا، کنترل میکروارگانیسم‌های مزاحم، ممانعت از رشد مجدد میکروبی در شبکه‌های آب‌رسانی و حذف یا تقلیل رنگ، طعم و بوی آب به انجام می‌رسد. نیل به موفقیت در این امر، تمهیدهای ویژه‌ای از حوضه‌ی آبریز تا مصرف‌کننده را طلب می‌کند و نخستین شرط تحقق آن، پیش‌بینی تمهیدهای مدیریتی و فنی برای ممانعت و یا تقلیل ورود آلاینده‌ها به منابع آب است. در رویکردهای نوین مدیریت کیفیت آب نیز، حفاظت منابع آب، به کارگیری فرآیندهای مناسب و حفاظت از آب تولید شده در مراحل ذخیره‌سازی و توزیع و سرانجام گندزدایی آب، به عنوان راهبردهای نیل به سلامت آب آشامیدنی اعلام و برای کنترل کیفیت آب در منابع تأمین، شاخص‌های کدورت، رشد جلبک‌ها، رنگ، هدایت الکتریکی و رخدادهای هواشناسی، در تصفیه‌خانه‌ها، شاخص‌های غلظت و زمان تماس عامل گندزدا، pH، کدورت و رنگ و در شبکه‌ی توزیع، شاخص‌های کلر باقی‌مانده، کدورت، اشیریشیاکلی‌گرماپای، شمارش جمعیت میکروبی (HPC) و فشار آب توصیه شده است. به دلیل مزایای متعدد کلرزنی در تحقق سلامت میکروبی آب، سازمان جهانی بهداشت به صراحت اعلام کرده است که "پیامدهای بهداشتی ناشی از فرآورده‌های جانبی کلرزنی، در مقایسه با عدم کفایت انجام آن، بسیار جزئی است و کلرزنی آب بدون توجه به کنترل فرآورده‌های جانبی حاصل از آن باید انجام شود". مطالعه‌های اپیدمیولوژی محققان نیز نشان می‌دهد که احتمال ابتلا به سرطان ناشی از فرآورده‌های جانبی کلرزنی در استخرهای شنا ۲۵ و در آب آشامیدنی، ۶ در میلیون است. برای اینکه آبی قابل استفاده باشد، علاوه بر حذف انواع آلاینده‌ها از آب و خارج کردن یونها و مواد رسوبی و کلوئیدی، باید برای مصارف خانگی و بهداشتی، عاری از باکتریها و ویروسهای مضر باشد. برای پاک کردن آب از اینگونه آلودگی‌ها معمولاً به یک اکسیدکننده قوی نیاز داریم. فرآیند حذف باکتریها و ویروسها از آب توسط یک اکسیدکننده را گندزدایی می‌نامند. برای اینکار معمولاً از ازن یا ترکیبات کلردار استفاده می‌شود.

## گندزدایی با کلر:

متداولترین عامل تصفیه آب که در اکثر کشورهای پیشرفته استفاده می‌شود، استفاده از اسید هیپوکلرو است. این ترکیب کووالانسی و خنثی با عبور از درون غشاء موجودات ذره‌بینی آنها را می‌کشد. هم مانند ازن پایداری کمتری دارد و نمی‌توان آن را ذخیره کرد. در مراکز بزرگ تصفیه آب، هیپوکلرواسید را با حل کردن گاز کلر در آب در PH متوسط تولید می‌کنند. بنابراین محلول رقیق کلر در آب، دارای مقدار کمی است و چنانچه محیط واکنش زیاد باشد، اسید هیپوکلرو به یون هیپوکلریت که خاصیت گندزدایی کمتری دارد، تبدیل می‌شود. معمولاً برای تولید هیپوکلرو اسید از نمک کلسیم‌هیپوکلریت یا محلول آبی سدیم‌هیپوکلریت استفاده می‌شود. با انجام واکنش اسید - باز بیشتر درون آب، یون هیپوکلریت به اسید هیپوکلرو تبدیل می‌شود. برای جلوگیری از تجزیه اسید، باید PH محیط به دقت کنترل شود تا بیش از اندازه قلیایی نباشد، چون برای جلوگیری از خوردگی مواد ساختمانی استخر در محیط اسیدی، معمولاً PH را بالاتر از ۷ نگه می‌دارند. حفظ PH قلیایی، همچنین مانع از تبدیل آمونیاک حل شده به کلر آمینها، مخصوصاً (که باعث تحریک چشم است)، می‌شود. نقطه تعادل در واکنش تبدیل یون هیپوکلریت به اسید هیپوکلرو باید طوری تنظیم شود که برتری با اسید هیپوکلرو که خاصیت گندزدایی دارد، باشد. برای این منظور، تنظیم PH آب ضروری است، زیرا در PH های بین ۷ تا ۹ تعادل به سمت تولید یون هیپوکلریت جابجا می‌شود. برای تنظیم PH آب از یک اسید مثل سدیم بی‌سولفات یا یک باز مثل کربنات سدیم و یا یک تامپون مثل سدیم بی‌کربنات می‌توان استفاده کرد.

## اصطلاحات علمی در رابطه با کلرزی:

### کلر

عنصر شیمیایی کلر در هر حالت یا وضعیتی که در شرایط مورد بررسی وجود داشته باشد. علامت اختصاری کلر، Cl بوده، عدد اتمی آن ۱۷ و جرم اتمی آن ۳۵/۴۵۳ می‌باشد. کلر تقریباً همیشه به صورت یک مولکول با دو اتم کلر پیوند داده با هم و به شکل Cl<sub>2</sub> با وزن مولکولی آن ۷۰/۹۰۶ وجود دارد.

## مایع کلر

عنصر کلر، در حالت مایع. [اصطلاح "کلر مایع" گاهی اوقات به اشتباه برای توصیف محلول هیپو کلریت استفاده می‌شود. این مورد استفاده‌ای نابجا از اصطلاح بوده و مؤسسه‌ی کلر استفاده از آن را منع می‌کند.]

## گاز کلر

عنصر کلر در حالت گازی.

## کلر خشک

کلر گازی و یا مایع با محتوای آب حل شده در خود [کلر با محتوای آبی کم‌تر از حداکثر حلالیت آب در کلر]. انحلال‌پذیری آب در کلر با دما تغییر می‌یابد. [اصطلاح "کلر خشک" گاهی اوقات به اشتباه برای توصیف ترکیب کلردار خشک (معمولاً کلسیم هیپوکلریت و یا Chloroisocyanurates) استفاده می‌شود. این مورد استفاده‌ای نابجا از اصطلاح بوده و مؤسسه‌ی کلر استفاده از آن را منع می‌کند.]

## کلر مرطوب

کلر مایع یا گاز که محتوای آب آن بیش از مقداری باشد که در محلول حل شود. [کلر با محتوای آبی بیش‌تر از حداکثر حلالیت آب در کلر به نحوی که دو فاز کلری و آبی ایجاد شود]. کلر مرطوب به شدت خورنده است.

## کلر نمناک یا تر

مترادف با کلر مرطوب.

## گاز کلر اشباع شده

گاز کلر در شرایطی که گرفتن کمی گرما از آن و یا افزایش جزئی در فشار آن، موجب تراکم مقداری از آن به مایع خواهد شد [این اصطلاح نباید با کلر مرطوب و یا نمناک اشتباه گرفته شود].

## مایع کلر اشباع شده

مایع کلر در شرایطی که گرفتن کمی گرما و یا کاهش در فشار، موجب تبخیر مقداری از آن به گاز خواهد شد. [این اصطلاح نباید با کلر مرطوب و یا نمناک اشتباه گرفته شود.]

## محلول کلر (آب کلر)

یک محلول حاصل از انحلال کلر در آب می باشد. [اصطلاح "محلول کلر" گاهی اوقات به اشتباه برای توصیف محلول هیپوکلریت استفاده می شود. این مورد استفاده‌ای نابجا از اصطلاح بوده و مؤسسه‌ی کلر استفاده از آن را منع می کند.]

## مایع سفید کننده

محلولی از هیپوکلریت، معمولاً سدیم هیپوکلریت، می باشد. این اصطلاح ترجیحاً باید به جای "کلر مایع" در توصیف یک محصول هیپوکلریتی مایع استفاده شود.

## مخزن

در این متن، مخزن یک محفظه مقاوم در برابر فشار است که با در نظر گرفتن نظام‌نامه‌ای اجرایی جهت حمل و نقل کلر مجاز شناخته شده است. [مخزن] شامل خطوط لوله‌کشی یا تانک‌های ذخیره ساکن نمی شود که مخصوصاً برای جابجایی یا ذخیره‌ی کلر طراحی و نصب شده‌اند. مخازن معمول کلر به سیلندرهای ۵۰ یا ۶۵ کیلوگرمی و مخازن تنی تقسیم می‌شوند. کلمه‌ی "مخزن" هر دو نوع آن را در بر می‌گیرد.

## چگالی پر شده (Filling Density)

با توجه به قوانین DOT، وزن کلری که در یک مخزن پر می‌شود نباید از ۱۲۵٪ وزن آبی که مخزن می‌تواند در دمای ۶۰ °F (۱۵/۶ °C) نگه دارد، تجاوز کند.

## سدیم هیدروکسید

معمولاً محصول هم‌زمان تولید کلر، تولید شده به صورت محلول، در هنگام تجزیه‌ی الکترولیتی محلول سدیم کلرید می‌باشد. سدیم هیدروکسید غالباً سود سوزآور خوانده می‌شود.

## پتاسیم هیدروکسید

معمولاً محصول هم‌زمان تولید کلر، تولید شده به صورت محلول، در هنگام تجزیه‌ی الکترولیتی محلول نمک پتاسیم کلرید می‌باشد. پتاسیم هیدروکسید غالباً پتاس سوزآور خوانده می‌شود.

### مزیت و مضرات استفاده از ترکیبات کلردار :

در این روشها، مقداری از کلر بعد از تصفیه آب به صورت حل شده باقی می‌ماند، بطوری که اگر آب پیش از اینکه مصرف شود، از آلودگی‌های بعدی با باکتری یا ویروس محافظت شود. مهمترین مانع برای کلرزنی به منظور گندزدایی آب، تولید مواد کلردار آلی است که جزء آلاینده‌ها هستند و برخی نیز جزء ترکیبات سمی می‌باشند. اگر آب، حاوی فنل یا ترکیبی از آن باشد، کلر، جانشین اتمهای حلقه شده، باعث ایجاد ترکیبات سمی با بو و مزه زننده می‌شود.

شکل دیگر، تولید تری‌هالومتانها می‌باشد. ترکیب نگران کننده اصلی، کلروفرم، می‌باشد که از واکنش هیپوکلرو اسید با ماده آلی حل شده در آب تولید می‌گردد. برخی دانشمندان عقیده دارند که کلروفرم در انسان، تولید سرطان کبد می‌کند. برای جلوگیری از این خطرات، برخی از کشورها از ازن یا دی‌اکسید کلر برای گندزدایی استفاده می‌کنند، زیرا این عوامل گندزدا کلروفرم تولید نمی‌کنند یا به میزان ناچیز تولید می‌کنند. با توجه به آنچه گفته شد، به هر حال تحت هیچ شرایطی نباید گندزدایی آب را حذف کرد، زیرا ریشه‌کنی واقعی امراض کشنده مثل بیماری وبا و حصه که عامل اصلی آنها آب است، با استفاده از مواد گندزدا امکانپذیر می‌باشد. در کشورهای فقیر که تصفیه آب در آنها اغلب نامنظم است، هر ساله انسانهای زیادی (مخصوصاً کودکان) بوسیله امراضی که عامل آنها آب آلوده است، جان خود را از دست می‌دهند.

از مزیت های استفاده از کلر جهت گندزدایی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تقریباً بر ضد همه‌ی باکتری‌های بیماری‌زا مؤثر است.
- با ایجاد کلر باقی‌مانده، از رشد مجدد باکتری‌ها در شبکه‌ی توزیع جلوگیری کرده و از آب تصفیه شده تا محل مصرف محافظت می‌کند.
- برای گندزدایی آب با گستره‌ی بالایی از کیفیت‌های مختلف مناسب است.

- به راحتی قابل پایش و کنترل است.
- مقرون به صرفه است.

## مبانی کلرزی

برای حصول اطمینان از درستی کلرزی قواعد زیر بایستی رعایت شود:

- ۱ - آب مورد گندزدایی، صاف و بدون کدورت باشد.
- ۲ - کلر مورد نیاز آب مشخص گردد، نقطه شکست کلر و کلر باقی مانده آزاد حائز اهمیت است.
- ۳ - در هر حال زمان تماس حدود یک ساعت برای ازبین بردن زیستوارک‌های حساس در مقابل کلر منظور گردد.
- ۴ - حداقل کلر باقیمانده پس از یک ساعت ۰,۵ میلی گرم در لیتر پیشنهاد می‌شود. این مقدار در بیماری‌های همه گیر روده تا ۱ میلی گرم در لیتر نیز توصیه شده است.
- ۵ - مقدار کلر مورد نیاز هر نوع آب برابر خواهد بود با مقدار کلری که به آب اضافه می‌شود تا پس از یک ساعت مقدار ۰,۵ میلی گرم در لیتر کلر باقی مانده داشته باشد.

## روش کلرزی :

با توجه به حجم آب مورد گندزدایی و وسعت پروژه، روش کلرزی تعیین می‌گردد. کلر ممکن است به یکی از اشکال زیر در دسترس باشد:

الف) گاز کلر  $Cl_2$

ب) کلرامین  $NH_2 Cl$  و  $NHCl_2$

ج) پرکلرین (High Test Hypochlorit) H.T.H

د) دی اکسید کلر  $ClO_2$

کلر اولین ماده انتخابی در گندزدایی آب است زیرا ارزان، موثر و کاربرد آن بسیار ساده است. برای جلوگیری از آثار سمی آن توسط دستگاه کلرزی به آب اضافه می‌شود. ترکیب آمونیاکی



کلر نیز برای گندزدایی آب به کار می‌رود لیکن اثر آن کندتر از اثر کلر است. این امر باعث محدودیت استفاده از آن شده است.

پرکلرین یا H.T.H یا هیپوکلریت پر قدرت، یکی از ترکیبات کلسیم است که ۶۰-۷۰ درصد کلر دارد. محلول ساخته شده از H.T.H و ترکیبات دیگر کلردار برای گندزدایی آب بکار می‌رود.

- پرکلرین  $Ca(OCl)_2$  به صورت پودر یا کریستال ریز در بسته‌هایی با وزن مشخص تهیه و توزیع می‌گردد.

- گرد سفید کلر  $CaOCl_2$  که کلر قابل استفاده آن ۳۹-۳۳,۵٪ است.

- محلول هیپوکلریت سدیم NaOCl که دارای ۵-۳ و ۱۶-۱۰ درصد وزنی کلر قابل استفاده است. به هر حال علی‌رغم ترکیبات جانبی کلر با مواد آلی آب و خطرات احتمالی آن برای سلامت هنوز کلر به عنوان یک ماده شیمیایی گندزدا برای بهسازی آب آشامیدنی مورد استفاده است.

کلرینه کردن آب مخازن: ابتدا حجم مخزن را معین نموده، سپس به ازای هر متر مکعب ( ۱۰۰۰ لیتر ) آب از ۳ تا ۵ گرم پودر پرکلرین استفاده می‌شود. کلرینه کردن مخازن به روش‌های دستی و مکانیکی انجام می‌شود که در روش دستی لازم است حتماً پس از اضافه کردن محلول کلر آب مخزن به هم زده شود. بعد از گذشت نیم ساعت در صورت مناسب بودن نتیجه کلرسنجی آب قابل مصرف است. قابل ذکر است که نتیجه کلرسنجی در کلیه ساعات شبانه روز و در نقاط مختلف شبکه لوله کشی باید در حد مطلوب باشد. حد مطلوب آخرین شیر مصرفی شبکه ۰,۵ تا ۱ PPM (قسمت در میلیون)

طرز تهیه و استفاده از محلول کلر مادر

از ترکیب سه قاشق مرباخوری ( ۱۵ گرم ) از پودر پرکلرین ۷۰ درصد در یک لیتر آب، کلر مادر بدست می‌آید که باید در یک بطری تیره رنگ یا پوشیده با کاغذ آلومینیوم نگهداری شود. ۳ تا ۷ قطره از این محلول کلر مادر در یک لیتر آب بمدت ۳۰ دقیقه آنرا بهداشتی و قابل شرب می‌نماید. قبل از گند زدائی، جدار داخلی مخازن با برس سیمی تمیز و شست و شو می‌گردد و با توجه به حجم مخزن می‌توان به ازای هر متر مکعب ۴۳ گرم پرکلرین (۷۰ درصد به صورت محلول) آماده نمود. بعد از این مرحله چندین بار با آب مخزن را شستشو می‌دهیم.

تشکیل ترکیبات جانبی آلی حاصل از عمل کلرزنی آب آشامیدنی از نظر سلامتی انسان و همچنین ایجاد مشکلات در تاسیسات تصفیه آب از سال ۱۹۷۴ که وجود کلروفرم و سه تری هالومتان (THMs) دیگر گزارش شد، مورد توجه بوده است. تحقیقات وسیعی از آن تاریخ انجام شده است تا فاکتورهایی که در تشکیل این ترکیبات دخالت دارند شناخته شوند و بتوان از طریق تکنیکهای آب آشامیدنی، غلظت آنها را کاهش داد. بعضی از این ترکیبات جانبی با دز زیاد به صورت خوراکی و یا تزریقی در حیوان ایجاد سرطان می کنند و ممکن است در درازمدت اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان نیز داشته باشند.

مواد هوموسی که به صورت طبیعی در آبهای سطحی یافت می شوند، مواد پیش سازی هستند که در کلرزنی آب آشامیدنی ترکیبات جانبی ایجاد می کنند که برخی از این ترکیبات مشکوک به ایجاد سرطان می باشند. در اثر واکنش بین کلر و ترکیبات هوموسی بیش از ۷۸۰ ترکیبات جانبی ایجاد می گردد، که درصد عمده این ترکیبات هالوژنه می باشند. از جمله گروههای شناخته شده ترکیبات جانبی می توان تری هالومتانها (چهار ترکیب) هالواستیک اسیدها (نه ترکیب)، هالواستونیتریلها (چهار ترکیب) را نام برد. چنانچه تعیین مقدار کل این ترکیبات مورد نظر باشد از دستگاه تعیین مقدار کل ترکیبات آلی هالوژنه (TOX Total Organic Halogen) استفاده می شود. و اگر تعیین مقدار کیفی و کمی هر یک از این ترکیبات لازم باشد از دستگاههای گاز کروماتوگرافی (GC) و یا گاز کروماتوگرافی / مس اسپکترومتری (GC/MS) استفاده می شود.

## ویژگی های فیزیکی

نام: کلر (Chlorine)

فرمول شیمیایی: Cl<sub>2</sub>

نقطه ی ذوب: ۱۱۰° C -

نقطه ی جوش: ۳۴° C -

میزان انحلال در ۱۰۰ گرم آب در ۲۰° C: ۰/۷ گرم

چگالی نسبت به آب در ۰° C: ۱/۴۶۷

چگالی نسبت به هوا در  $20^{\circ}\text{C}$ : ۲/۴۹

جرم مولکولی: ۷۰/۹۱۴

رنگ: رنگ زرد مایل به سبز در حالت گازی و رنگ شفاف کهربایی در حالت مایع

بو: دارای بوی تند و محرک و سوزش آور

آستانه‌ی تشخیص بو: بین ۰/۲ ppm – ۰/۰۲ برای افراد [در اولین برخورد]. لازم به یادآوری است پس از مدتی استشمام یا عادت به بو، آستانه‌ی تشخیص تا حد خطرناکی افزایش می‌یابد.

### ویژگی‌های شیمیایی

پایداری: پایدار بوده و تجزیه‌ناپذیر است.

واکنش‌پذیری: با بسیاری از مواد آلی مانند انواع سوخت‌ها، تینرها و ... و مواد معدنی مانند آمونیاک و براده یا تراشه‌های فلزی به شدت واکنش داده و می‌تواند منجر به آتش‌سوزی شود.

در برخی موارد محصول واکنش خود می‌تواند ماده‌ی سمی جدیدی باشد.

مرطوب شدن کلر مایع یا گاز خواص خورندگی آن را به شدت افزایش می‌دهد.

سرعت و قدرت واکنش: شدید

فولاد در دمای معمولی در مقابل کلر مقاوم بوده و مخازن کلر از آن ساخته می‌شوند اما در دماهای بالا فولاد با کلر وارد واکنش می‌شود.

### کلریناتور مایع:

طریقه استفاده از دستگاه :

۱. مخزن همزن را تا بیست سانتی متری دهانه ، از آب پر نمایید .

۲. به مقدار لازم پودر کلر را در داخل آن بریزید .

۳. همزن را روشن کرده اجازه دهید ۲ الی ۱۰ دقیقه محلول همزده شود سپس همزن را خاموش نمایید .

۴. حداقل ده دقیقه اجازه دهید تا آهک تشکیل شده رسوب نماید .

۵. در دستگاههای تک مخزنه محلول آماده تزریق می باشد .

۶. در دستگاههای دو مخزنه با باز کردن شیر واسط ، محلول در مخزن تزریق پر شده و قابل استفاده می باشد .

نصب دستگاه :

۱. دستگاه ، در مکانی با شرایط فوق قرار داده شود .

۲. برق دستگاه به برق شهر و برق پمپ چاه وصل گردد .(فرمان پمپ تزریق بهتر است از پمپ چاه تغذیه شود. )

۳. به لوله آب یک بوشن ۳/۴ وصل گردیده و سپس انژکتور تزریق به آن بسته شود .

۴. یک شیر جهت تامین آب دستگاه به نزدیکی دهانه مخزن کشیده شود .

نگهداری دستگاه کلرزن مایع :

۱. مخزن دستگاه حداقل هر هفته یکبار تمیز گردد.

۲. حداقل هر ماه یکبار دستگاه سرکه شویی گردد.(یک لیوان سرکه توسط پمپ مکش شده سپس ۱۰ دقیقه در داخل پمپ و مسیر تزریق بماند تا رسوبات را پاک نماید )

۳. از وارد آوردن ضربه به قسمت‌های مختلف دستگاه به خصوص انژکتورها و میله همزن خودداری گردد.

۴. پیچ دبی را فقط در حالتی که دستگاه روشن می باشد تنظیم نمایید.

۵. ظاهر دستگاه را حداقل هفته ای یکبار تمیز نمایید.

۶. در صورت وجود رسوبات بر روی دستگاه بخصوص هد و انژکتورها آن را با سرکه و یا اسید شستشو بدهید.

۷. در صورتی که دستگاه بیشتر از یک روز از سرویس خارج می گردد باید سرکه شویی شود.

عوامل مهم موثر در گندزدائی با کلر :

۱. غلظت کلر : با بالا رفتن میزان غلظت کلر توان گندزدائی آن افزایش می یابد.
۲. زمان تماس کلر با آب : با افزایش زمان تماس کلر با آب ، تاثیر گندزدائی کلر بیشتر میگردد. لذا به غلظت کلر کمتری نیاز می باشد.

۳. PH آب : با افزایش PH آب تاثیر گندزدائی کلر کمتر میگردد. لذا به غلظت کلر بیشتری نیاز می باشد.

۴. دمایی آب : با افزایش دمای آب ، تاثیر گندزدائی کلر بیشتر میگردد. لذا به غلظت کلر کمتری نیاز است .

۵. مواد خارجی موجود در آب : با افزایش کدورت آب ( به دلیل امکان تماس کمتر کلر با میکروارگانیسمها ) تاثیر گندزدائی کلر کمتر می گردد. لذا به غلظت کلر بیشتری نیاز می باشد.

اندازه گیری میزان کلر توسط کیت‌های کلرسنجی (OTO یا DPD):

5 : OTO قطره از محلول OTO را در داخل کیت کلرسنجی OTO ریخته سپس آن را تا خط نشان با آب پر نمائید درب آن را ببندید. با معکوس کردن کیت ، محلول را بهم بزنید. بر حسب میزان غلظت کلر ، رنگ محلول فوق از زرد کم‌رنگ تا زرد پررنگ تغییر می نماید . با مقایسه رنگ ایجاد شده با رنگ روی بدنه کیت می توان میزان کلر باقیمانده کل را بر حسب میلی گرم در لیتر ( PPM ) قراعت نمود.

DPD قرصی : یک عدد قرص را در داخل کیت DPD انداخته سپس آن را تا خط نشان با آب پر نمائید درب آن را ببندید. با معکوس کردن کیت ، محلول را بهم بزنید. بر حسب میزان غلظت کلر ، رنگ محلول فوق از قرمز کم‌رنگ تا قرمز پررنگ تغییر می نماید. با مقایسه رنگ ایجاد شده ، با رنگ روی بدنه کیت DPD می توان میزان کلر باقیمانده کل و یا آزاد ( بر حسب نوع قرص مورد استفاده ) را به میلی گرم در لیتر ( PPM ) محاسبه نمود.

کیت های سنجش کلر توسط شرکت پارس اندیش ایلیا قابل عرضه می باشد.

طریقه تنظیم میزان کلر آب :

طبق استاندارد شماره ۱۰۱۱ (ویژگیهای میکروبیولوژیکی آب) ایران میزان کلر آزاد باقی مانده در انتهای شبکه آبرسانی در شرایط عادی ۰,۸ - ۰,۵ میلی گرم در لیتر (PPM) می باشد. و این زمانی است که زمان تماس کلر با آب حداقل ۳۰ دقیقه، PH آب مابین ۹ - ۶,۵، تیرگی آب (کدورت) حداکثر ۵ NTU باشد.

لذا میزان تزریق توسط کلرزن را باید طوری تنظیم نمائیم که کلر باقی مانده آزاد مابین ۰,۸ - ۰,۵ باشد. و این در صورتی است که شبکه آبرسانی ما شرایط فوق را دارا باشد. (زمان تماس، PH، کدورت)

جهت افزایش و یا کاهش میزان کلر تزریقی به شبکه آب می توان با چرخاندن پیچ دبی پمپ تزریق (فقط در زمان روشن بودن پمپ) از صفر تا ۱۰۰ درصد میزان تزریق را افزایش داد و یا برعکس. و در صورت عدم جوابگو بودن پیچ دبی می توان با کم و یا زیاد ریختن پودر کلر، به داخل مخزن دستگاه، میزان تزریق کلر را تنظیم نمود

## **آئین نامه کار اصول طراحی ایمنی و بهداشت ساختمان واحد کلر زن گازی در تصفیه آب:**

استاندارد آئین کار اصول طراحی ایمنی و بهداشت ساختمان واحد کلر زن گازی در تصفیه آب آشامیدنی بوسیله کمسیون فنی مربوطه تهیه و تدوین شده و در پنجاه و هشتمین کمیته ملی استاندارد ساختمان و مصالح ساختمانی مورخ 1377/12/24 مورد تأیید قرار گرفته، اینک به استناد بند 1 ماده 3 قانون اصلاحی قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب بهمن ماه 1371 بعنوان استاندارد رسمی ایران منتشر می گردد.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با پیشرفتهای ملی و جهانی در زمینه صنایع و علوم، استانداردهای ایران در مواقع لزوم مورد تجدیدنظر قرار خواهند گرفت و هرگونه پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها برسد در هنگام تجدیدنظر در کمسیون فنی مربوط مورد توجه واقع خواهد شد.

بنابراین برای مراجعه به استانداردهای ایران باید همواره از آخرین چاپ و تجدیدنظر آنها استفاده نمود.

در تهیه و تدوین این استاندارد سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود و نیازهای جامعه حتی المقدور بین این استاندارد و استانداردهای کشورهای صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود .

لذا با بررسی امکانات و مهارتهای موجود و اجرای آزمایشهای لازم این استاندارد با استفاده از منابع زیر تهیه گردیده است :

- 1- (( دستورالعمل‌های بهره برداری کلرزن‌های گازی )) - تهیه و تدوین : شهلا فروزانفر - وزارت نیرو - شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور - مدیریت نظارت در بهداشت آب و فاضلاب شهری - آذر ماه 1376.
- 2- مهندس ابراهیم نیا , پریدخت و مهندس بازرگان , ناصر و مهندس سهرابی , امیر - (( بهداشت و ایمنی کار با مواد شیمیایی )) - انتشارات مرکز تحقیقات نیرو ( متن ) - سال 1376.
- 3- مهندس رزمیان فر , پرویز - (( خطرات حریق مواد شیمیایی )) - انتشارات جزیل - سال 1370.
- 4- NFPA 43c - code for the storage of gaseous Oxidizing Materials – 1986 the Handling of chlorine - IRAN power Generation co Transmission co. TAVANIR touss power station – Mashad – 1984.

آیین کار اصول طراحی ایمنی و بهداشت ساختمان واحد کلر زن گازی در تصفیه آب آشامیدنی

0 - مقدمه

آب ماده‌ای حیاتی است که حدود 60 تا 70 درصد وزن بدن انسان بالغ را تشکیل می‌دهد و بعد از اکسیژن مهمترین ماده برای زیستن می‌باشد و بهداشت همگانی اجتماعات انسانی در درجه اول به وجود و فراوانی و در دسترس بودن آب سالم بستگی دارد .

آلاینده‌هایی که ممکن است در منابع آب موجود باشند شامل مواد معدنی و آبی , گازهای محلول و باکتریهای بیماری زا می‌باشند که بایستی با توجه به نتایج آزمایش آب خام منبع مورد استفاده , عمل تصفیه فیزیکی و شیمیایی مناسب برای آن پیش بینی شود . اگر چه در

تصفیه فیزیکی ( ته نشینی و صاف کردن ) ذرات معلق و تعدادی از باکتریها و موجودات زنده از آب جدا می شوند ولیکن برای اطمینان از سالم بودن آب برای آشامیدن و مصارف بهداشتی و تفریحی و ورزشی ، گندزدایی آن یک ضرورت است . مقصود از گندزدایی آب آشامیدنی ، از بین بردن عوامل بیماریزا ( پاتوژن ) و جلوگیری از شیوع بیماریهای قابل انتقال بوسیله آب است .

در حال حاضر استفاده از کلر برای گندزدایی به دلیل ارزان بودن و قدرت میکروب کشی و اثر ابقایی نسبتاً خوب آن ، متداولترین روش در دنیا واز جمله کشور ما می باشد . کلر را می توان به صورت گاز کلر (CL<sub>2</sub>) و یا به صورت ترکیب هیپوکلریت کلسیم CaOCl<sub>2</sub> و یا هیپوکلریت سدیم NaOCl در گندزدایی آب به کار برد . در تصفیه آب آشامیدنی شهرها و مصارف صنایع بزرگ ، کلر زنی غالباً به صورت گاز کلر انجام می شود .

کلر گازی است خطرناک و کار با آن نیاز به احتیاطهای لازم دارد . از آنجایی که کلر ، گازی جذب شونده ، محرک و خفه کننده برای انسان است . حد مجاز آستانه (TLV) آن در هوای استنشاقی معادل 3 میلی گرم در متر مکعب تعیین شده است . تنفس گاز کلر به مقدار زیاد باعث مسمومیت بسیار شدید شده و گاهی مرگ آور است .

بطور کلی ایمنی و بهداشت عمومی و محیط کار در تصفیه خانهها ارتباط مستقیمی به چگونگی طراحی ساختمان و رعایت ضوابط ایمنی کار با گاز کلر دارد . لذا به منظور پیشگیری از بروز احتمالی حوادث و خطرات جانی و مالی ناشی از نشت گاز در محیط کار و محیط زیست ، آتش سوزی و انفجار و تأمین سلامت کارکنان و ساکنان اطراف ، تدوین اصول طراحی ایمنی و بهداشت ساختمان واحد کلر زن در تصفیه آب آشامیدنی یک ضرورت است .

#### 1 - هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این آئین کار ، تهیه ضوابط و تدوین اصول طراحی ایمنی و بهداشت ساختمان واحد کلر زن در تصفیه آب آشامیدنی شهری ، روستایی و صنایع می باشد به گونه ای که با کاربرد آن بتوان به اهداف زیر دست یافت :

1 - بهبود وضعیت ایمنی و بهداشت محیط کار پرسنل تصفیه خانهها .



2 - کاهش زیان‌های جانی و مالی ناشی از نشت گاز , آتش‌سوزی و انفجار در واحدهای کلر زنی .

3 - تأمین , حفظ و ارتقاء سطح بهداشت و سلامت عمومی و محیط زیست .

2 - فضاهای تشکیل دهنده واحد کلر زنی گازی

واحد کلر زنی بخشی از سیستم تصفیه آب آشامیدنی و بهداشتی است ( برای گندزدایی شیمیایی آب ) که شامل قسمت‌های زیر می‌باشد :

2 - 1 - اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف

2 - 2 - اتاق کلر زنی

2 - 3 - انبار نگهداری سیلندرهای گاز کلر

2 - 4 - اتاق فرمان و کنترل

2 - 5 - حوضچه خنثی سازی

2 - 6 - اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف

به اتاقی مسقف و ایمن اتلاق می‌گردد که بر حسب مصرف آب مورد نیاز , یک یا چند سیلندر یک تنی یا با حجم کمتر بر روی حداقل دو واحد سکوی ویژه مستقر شده باشند .

2 - 7 - اتاق کلر زنی

به فضای مسقف و ایمن در واحد کلر زنی اتلاق می‌گردد که عمل تزریق گاز کلر به منظور گندزدایی و سالم سازی آب آشامیدنی بوسیله دستگاه‌های کلر زنی خود کار و سیستم‌های کنترل و ایمنی مربوط در این اتاق انجام می‌شود .

2 - 8 - انبار نگهداری سیلندرهای گاز کلر

به فضای مسقف و ایمن در واحد کلر زنی اتلاق می‌شود که سیلندرهای گاز کلر اعم از خالی یا پر طبق ضوابط ایمنی در آن نگهداری می‌گردد .

2 - 9 - اتاق فرمان و کنترل

فضای مسقف و ایمن در واحد کلر زنی است که از طریق پنجره‌های شیشه‌ای بسته ، مشرف به اتاق استقرار سیلندرها و اتاق کلر زنی بوده و شخص یا اشخاص اداره کننده و ناظر واحد در آن مستقر می‌باشند .

## 2 - 10 - حوضچه خنثی سازی

حوضچه‌ای است که نزدیک اتاق کلر زنی و انبار سیلندرهای گاز کلر ساخته می‌شود و همواره دارای آب آهک و یا سود در حد اشباع می‌باشد تا در مواقع بروز نشت گاز با غوطه‌ور کردن سیلندر در آن موجب خنثی کردن گاز کلر نشتی از سیلندر گردیده و از آلوده شدن محیط کار و محیط زیست به گاز کلر جلوگیری بعمل آید .

دیآگرام ارتباطی عناصر تشکیل دهنده واحد کلر زن

3 - اصول و ضوابط طراحی ایمنی و بهداشت ساختمان واحد کلر زنی و انبار سیلندر گاز

3 - 1 - ساختمان واحد کلر زنی بایستی مستقل از دیگر واحدها و ترجیحاً هم سطح زمین باشد .

3 - 2 - ابعاد اتاق استقرار سیلندرهای آبی آماده مصرف حداقل  $5*4*3$  ( طول ، عرض ، ارتفاع ) متر باشد تا فضای کافی برای اپراتور جهت انجام تعمیرات یا تعویض سیلندر موجود باشد .

3 - 3 - پی ستونهای استقرار سیلندرهای گاز دارای استحکام کافی باشد .

3 - 4 - دیوارهای جانبی اتاق استقرار سیلندرهای گاز و اتاق کلر زنی حداقل به ضخامت 40 سانتیمتر و مجهز به یک لایه عایق حرارتی با ضخامت حداقل  $2/5$  سانتیمتر گردد .

3 - 5 - سقف اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف و اتاق کلر زنی به صورت شیب دار اجرا شود تا آب باران و برف در آب رو به راحتی تخلیه گردد ، هدف از این امر آن است که هیچگونه رطوبتی بر روی کپسولهای گاز کلر اثر گذار نباشد .

3 - 6 - سقف اتاقهای استقرار سیلندرهای گاز و کلر زنی باید دارای عایق حرارتی باشد .

3 - 7 - در سقف اتاق استقرار سیلندرهای گاز آماده مصرف شبکه افشانک آب ( روش سقفی ) مناسب تعبیه شود تا در مواقع اضطراری ( نشت گاز ) به منظور شستشوی گاز عمل نماید .

3 - 8 - مصالح ساختمانی مورد استفاده برای پوشش دیوارها , کف و سقف اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف , کلر زنی و انبار سیلندرهای گاز می‌بایست در برابر خردگی و آتش مقاوم باشد .

3 - 9 - در ورودی برای حمل سیلندر به داخل و خارج انبار می‌تواند از نوع کشویی یا ریلی باشد ولی در خروج عادی و اضطراری کارکنان باید از نوع لولایی و به طرف بیرون باز شود .

3 - 10 - سیستم جمع آوری و دفع فاضلاب واحد کلر زنی برای مواقع اضطراری پیش بینی شود .

3 - 11 - پیش بینی حوضچه آب آهک در حد اشباع و یا سود خارج از اطاق کلر زنی با ابعاد حداقل  $3 \times 3 \times 1/5$

( طول \* عرض \* عمق ) متر که همواره باید دارای آب آهک در حد اشباع باشد ( برای غوطه‌ور کردن دو سیلندر یک تنی ) همچنین شیر تخلیه در پایین‌ترین نقطه حوضچه تعبیه گردد .

3 - 12 - محل انبار سیلندرهای کلر باید دور از محل رفت و آمد وسائط نقلیه عمومی باشد .  
3 - 13 - محل نگهداری و استقرار سیلندرهای کلر بایستی دور از منابع تولید حرارت و تابش مستقیم نور خورشید باشد .

3 - 14 - سیلندرهای گاز دور از لوله‌های بخار آب , رادیاتور , اجاق گاز و یا بویلرها نگهداری شوند .

3 - 15 - اتاق نگهداری سیلندرهای کلر و واحد کلر زنی باید دارای دیوارهای بدون درز و شکاف باشد تا امکان نشت احتمالی گاز به اتاقهای دیگر وجود نداشته باشد .

3 - 16 - اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف و انبار باید مجهز به جرثقیل سقفی از نوع هیدرولیکی و الکتریکی چهار حالته باشد و تیری که جرثقیل بر روی آن نصب می‌گردد به

گونه‌ای باشد که سیلندرهای اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف و انبار را پوشش دهد .  
ضمناً اتصال بازوهای جرثقیل به کمر بند سیلندرها باید به طور خودکار طراحی شود .

3 - 17 - دسته کنترل جرثقیل در خارج از اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف و انبار و در کنار حوضچه آب آهک و درون محفظه مناسب قرار گیرد ( طول کابل دسته کنترل به گونه‌ای انتخاب شود که اپراتور قادر به کار کردن با آن از فاصله دور باشد )

3 - 18 - حوضچه خنثی سازی ترجیحاً در مقابل اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف و در مجاورت انبار سیلندرها یا بین اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف و انبار سیلندرها طراحی و ساخته شود .

3 - 19 - کانالهای تخلیه هوا مجهز به فن مکنده در ارتفاع بیست سانتیمتری از کف اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف و اتاق کلر زنی تعبیه شود و هوای خروجی می‌بایست به حوضچه خنثی سازی هدایت و بعد از آن به هوای آزاد تخلیه گردد .

3 - 20 - فن دمنده , هوای آزاد باید نزدیک به سقف اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف و اتاق کلر زنی نصب گردد .

3 - 21 - سیستم لوله کشی , ساده و دارای حداقل اتصالات و عایق در مقابل حرارت زیاد باشد و هرگز از لوله کشی طویل استفاده نشود .

3 - 22 - تابلوی برق و کلید قطع و وصل ( تهویه و روشنایی ) اتاق استقرار سیلندرهای آماده مصرف در خارج از آن نصب گردد . همچنین تجهیزات ایمنی مناسب برای تابلوهای برق شامل سیم ارت , کف پوش عایق , فیوز , کنتور فاز و .. منظور گردد .

3 - 23 - نقشه استقرار واحد کلر زنی سیلندرهای یک تنی در دو تیپ A و B ذیلا آمده شده است .

4 - نکات ایمنی سیلندرهای گاز کلر

4 - 1 - مخازن , سیلندرها و دیگر ظروف گاز کلر بایستی بر اساس مشخصات فنی استانداردهای بین المللی مانند ASME, DOT یا API طراحی و ساخته شوند .

4 - 2 - سیلندرهای کلر بایستی مجزا از مواد شیمیایی یا ترکیباتی مانند آمونیاک ، اکسیژن ، روغن و مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی و هیدروکربنهای گازی و مایع نگهداری شوند .

4 - 3 - شیر سیلندرها ، مخازن ، ظروف گاز کلر در انبار بایستی دارای کلاهک ایمنی مخصوص باشد و فقط هنگام استفاده می‌بایست کلاهک باز شود .

4 - 4 - سیلندرها و دیگر مخازن گاز کلر بایستی از لحاظ خوردگی و نشت مورد بازدیدهای منظم و مستمر قرار گیرند .

4 - 5 - در زمان اتصال یا باز کردن سیلندرها یا مخازن نبایستی کارکنان به تنهایی اقدام نمایند .

4 - 6 - سیلندرها و دیگر ظروف گاز کلر نبایستی به حالتی قرار گیرند که خطر سقوط داشته باشند و یا خطر سقوط جسمی بر روی آنها وجود داشته باشد .

4 - 7 - تجهیزات سیستم کلر زنی در تمام اوقات بایستی از رطوبت عاری باشند .

4 - 8 - استفاده از گریسهای معمولی برای روغن کاری قطعات کلر زنی مجاز نمی‌باشد و بایستی از گریسهای مقاوم در برابر کلر که بنیان فلوئر یا کلوروفلوئر مناسب داشته باشد ، استفاده گردد .

4 - 9 - آموزش افرادی که در ارتباط با دریافت ، انبار کردن یا استفاده از کلر و نگهداری آن می‌باشند در زمینه مسایل بهداشت و ایمنی کار با کلر و نحوه نصب ، چگونگی کشف ، ردیابی نشت گاز ، تعمیر و نگهداری و چگونگی استفاده از وسایل ایمنی و رعایت نکات بهداشتی ضروری است .

4 - 10 - اطمینان از قرارگیری کارکنان در مورد مطالب آموزش داده شده حاصل شود .

5 - ضوابط نگهداری و انبار سیلندرهای گاز کلر

- 5 - 1 - مخازن بزرگ باید روی پایه‌های محکم فولادی یا بتنی قرار داده شود و مخازن با حجم معمولی روی سطح محکم و پایدار قرار داده شود .
- 5 - 2 - از فضای زیرزمین یا زیر همکف نبایستی برای انبار گاز کلر استفاده کرد .
- 5 - 3 - سیلندرها و دیگر ظروف گاز نبایستی در نزدیکی آسانسورها یا سیستم‌های تهویه و دیگر بازشوها قرار گیرد تا از خطر نشست و پخش گاز به سایر قسمت‌های ساختمان جلوگیری شود .
- 5 - 4 - سیلندرها یا مخازنی که در محوطه باز انبار می‌شوند بایستی بر روی کف بتونی یا مقاوم رد برابر حریق قرار گیرند .
- 5 - 5 - چنانچه از سیلندرهای گاز کلر در محل‌های دور بست و سرپوشیده نگهداری می‌شود می‌بایست حتماً به سیستم آگروز فن مثبت مجهز باشند . فاصله بین دو سیلندر در محل انبار محل 1 متر و حداقل 30 سانتیمتر باشد .
- 5 - 6 - مخازن یک تنی گاز کلر بایستی مطابق دستور العمل سازنده انبار شوند .
- 5 - 7 - سیلندرهای گاز کلر ترجیحاً به صورت عمومی انبار شوند .
- 5 - 8 - سیلندرها کمی بالاتر از سطح زمین قرار گیرند و برای جلوگیری از غلتیدن باید آنها را مهار کرد .
- 5 - 9 - سیلندرهای پر و خالی باید جدا از هم نگهداری شوند و با برچسب پر و خالی مشخص گردند .
- 5 - 10 - سیلندرها و دیگر ظروف قابل حمل بایستی به نحوی انبار شوند که به راحتی قابل دسترسی باشند .
- 5 - 11 - برای دسترسی آسان به سیلندرها باید یک راه باز و بدون مانع با عرض حداقل یک متر برای دسترسی و بازرسی به هر نقطه از مخازن در انبار وجود داشته باشند .
- 5 - 12 - یک مسیر با عرض حداقل یک متر از در ورودی تا محل استقرار سیلندرها وجود داشته باشد .

- 5 - 13 - برای هر سیلندر گاز ، شناسنامه‌ای حاوی اطلاعات زیر تهیه گردد :
- شماره سریال ، نام ایستگاه ، تاریخ رسوب زدایی ، تاریخ تست فشار ، تاریخ پر کردن سیلندر .
- 5 - 14 - در انبار سیلندر گاز ، وسایل ایمنی مناسب از قبیل کپسول آتش نشانی ، ماسک ، کپسول اکسیژن ، زنگ خطر ، دماسنج و تلفن در محل مناسب و در دسترس فوری قرار داده شود .
- 5 - 15 - مکان تخلیه و بارگیری باید مجهز به وسایل و تجهیزات ایمنی باشد .
- 5 - 16 - نصب تجهیزات الکتریکی از قبیل وسایل اندازه‌گیری برقی ، جعبه فیوز ، کلیدهای برق و امثالهم در انبار و محل نگهداری سیلندرها ی گاز کلر ممنوع است .
- 5 - 17 - داخل انبار باید همواره تمیز ، خنک و عاری از بخارات خورنده بوده و از تهویه مناسب برخوردار باشد .
- 5 - 18 - کنترل روزانه تجهیزات ایمنی واحد کلر زنی و انبار از قبیل ماسک ، سیستم تهویه ، زنگ خطر ، دوش آب ، چشم شوی ، کپسول آتش نشانی و کپسول اکسیژن و اطمینان از صحت و کارایی آنها انجام گیرد .
- 5 - 19 - کنترل و اندازه‌گیری روزانه دمای انبار و واحد کلر زنی ضروری است .
- 5 - 20 - ورود افراد متفرقه به انبار اکیدا ممنوع است .
- 5 - 21 - پوشش درهای انبار باید از جنس مقاوم در برابر آتش باشد .
- 5 - 22 - محوطه خارجی اطراف انبار بایستی عاری از گیاه و علف‌های هرز خشک و یا ضایعات قابل اشتعال باشد .

## 6 - ضوابط حمل و نقل سیلندرها ی گاز کلر

- 6 - 1 - برای حرکت دادن سیلندرها و دیگر مخازن گاز کلر بایستی تجهیزات مناسب وجود داشته باشد .

- 6 - 2 - سیلندرهای گاز کلر هنگام حمل بایستی به صورت عمودی بارگیری شوند و کاملاً مهار شوند .
- 6 - 3 - برای بارگیری سیلندرهای گاز کلر باید از جرثقیل یا بالابرهای مغناطیسی استفاده شود .
- 6 - 4 - در هنگام حمل و نقل باید کلاهک محافظه شیر تخلیه بر روی آن قرار داده شود .
- 6 - 5 - برای بلند کردن سیلندر هرگز از کلاهک محافظ روی شیر کپسول استفاده نگردد .
- 6 - 6 - ارابه دستی حمل سیلندرهای کوچک بایستی مجهز به بست یا زنجیر جهت مهار کردن سیلندر در جای خود باشد و یا طراحی آن به گونه‌ای صورت پذیرد که حمل این مخازن و سیلندرها با ایمن انجام گیرد .
- 6 - 7 - از انداختن سیلندر از ارتفاع بر روی زمین و یا غلطاندن آن بر سطح زمین و ضربه زدن به آن جدا خودداری شود .
- 6 - 8 - از قرار دادن سیلندرهای گاز کلر پر در معرض تابش مستقیم آفتاب اکیدا خودداری شود .
- 6 - 9 - در محل بارگیری و تخلیه سیلندرهای گاز ، پیش بینی حوضچه خنثی سازی ( حوضچه آب آهک ) پیش بینی گردد .
- 6 - 10 - ترجیحاً بارگیری و حمل و نقل سیلندرهای گاز در ساعاتی از شبانه روز انجام گیرد که رفت و آمد کمتر است .
- 6 - 11 - در مبداء و قبل از حمل سیلندرهای گاز پر ، از شیرهای سیلندر بازدید کامل بعمل آید .
- 6 - 12 - افرادی که با حمل و نقل سیلندرهای گاز سروکار دارند باید آموزشهای لازم در زمینه پیشگیری و مقابله با خطرات احتمالی را فرا گیرند .
- 6 - 13 - وسیله نقلیه حمل کننده سیلندر باید به وسایل هشدار دهنده مجهز بوده و دارای فلاشر و علامت حمل گاز خطرناک باشد .



6 - 14 - راننده وسیله نقلیه و افراد همراه می‌بایست ماسک ضد گاز کلر برای مواقع اضطراری در اختیار داشته باشند .

7 - روشهای تشخیص نشت گاز و مقابله با آن

7 - 1 - تشخیص گاز کلر در هوا از طریق حس بویایی

7 - 2 - تشخیص بوسیله معرفهای شیمیایی ، عملی‌ترین روش استفاده از یک پارچه آغشته به آمونیاک و قرار دادن آن سر یک چوب که با آن محل نشت گاز کلر را در مسیر اولیه و اتصالات می‌توان پیدا کرد ( آمونیاک در مقابل گاز کلر تولید دود سفید رنگ می‌کند )

7 - 3 - استفاده از کاغذ آغشته به یدور پتاسیم و نشاسته . ( در صورت وجود کلر رنگ کاغذ آبی می‌شود )

7 - 4 - در صورت گاز کلر ، اپراتور مجاز خواهد بود که دوش آب را بر روی سیلندر باز نماید ، بدلیل کاهش حرارت بدنه سیلندر گاز کمتری از آن خارج شود .

7 - 5 - ایجاد سیستم خودکار نشت یاب در واحد کلر زنی و انبار و کنترل مداوم آن توسط اپراتور و انبار دار .

7 - 6 - در موقع بروز خطر نشت گاز ، ضمن رعایت اصول موارد ایمنی اولیه باید به سازمان آتش نشانی اطلاع داده شود .

7 - 7 - در صورت نشت گاز کلر استفاده از حوضچه‌ها آب آهک برای خنثی سازی گاز کلر مناسب‌ترین اقدام است .

7 - 8 - در صورت نشت گاز باید برای دور کردن افراد از محل خطر با به صدا درآوردن زنگ خطر اقدام گردد .

7 - 9 - در صورت نشت مایع کلر ، کپسول را به نحوی قرار دهید که کلر به صورت گاز کلر خارج شود در هر صورت هنگام خروج گاز مایع ، از پاشیدن آب بر روی سیلندر جدا خودداری گردد .

7 - 10 - در زمان انجام تعمیرات ، سیستم کلر زنی تماماً از مدار خارج شود ، سپس اقدام به تعمیر گردد .

8 - اقدامات بهداشتی و امداد در هنگام بروز خطر نشت گاز

8 - 1 - بدون استفاده از ماسک مخصوص گاز کلر از ناحیه‌ای که آلودگی گاز وجود دارد عبور ننمائید .

8 - 2 - برای دور شدن از محیط آلوده به گاز مبادرت به دویدن نکنید ، بلکه آهسته قدم بردارید در صورت نداشتن ماسک ، دهان و بینی خود را با یک دستمال یا پارچه مرطوب بپوشانید .

8 - 3 - در محیط آلوده به گاز خطرناک در جای پست و گود قرار نگیرید .

8 - 4 - برای دور شدن از محیط آلوده به گاز خلاف مسیر جریان باد حرکت کنید ( به عنوان مثال چنانچه باد از غرب به شرق می‌باشد به طرف شمال یا جنوب حرکت کنید )

8 - 5 - از محل آلوده به گاز دور شوید و قبل از اینکه راه طولانی طی کنید در یک محل برای مدت کوتاهی استراحت کنید .

8 - 6 - افراد مسموم شده از گاز را فوراً از محل آلوده خارج کنید .

8 - 7 - افراد مسموم شده از گاز را به اولین مرکز پزشکی برسانید .

8 - 8 - از تکان دادن فرد مسموم خودداری شود و سعی شود برای انتقال مسموم از برانکارد یا وسیله مشابه استفاده شود .

8 - 9 - برای خارج نمودن شخص آسیب دیده از محل آلوده بایستی از ماسک مخصوص گاز کلر استفاده شود .

8 - 10 - در صورت نبودن ماسک مخصوص ، گذاشتن دستمال یا پارچه مرطوب روی دهان و بینی فرد آسیب دیده و امدادگر توصیه می‌شود .

8 - 11 - فقط در موردی که تنفس فرد مسموم قطع شده باشد ، تنفس مصنوعی بدهید .

8 - 12 - مسموم را طوری بخوابانید که قسمت فوقانی بدن ( سر و گردن ) به طرف بالا قرار گیرد .

8 - 13 - تا رسیدن پزشک مسموم را به حالت استراحت نگهدارید و از صحبت کردن با او خودداری گردد .

8 - 14 - روی بدن مسموم را بپوشانید ، زیرا خنک کردن بدن مسموم ممکن است باعث شدت مسمومیت او شود .

8 - 15 - در صورتی که فرد مسموم برای تنفس کردن مشکل دارد می توان از کپسول اکسیژن با مصرف پزشکی استفاده کرد ، در غیر این صورت از این کار باید جدا خودداری شود .

8 - 16 - در صورت پاشیده شدن کلر مایع به سطح بدن ، شستشوی محل آلوده شده با آب فراوان بسیار مفید خواهد بود .

9 - تجهیزات و وسایل حفاظت فردی

9 - 1 - بارانی یا روپوش مخصوص گاز

9 - 2 - دستکش از جنس مقاوم در برابر اسید و آتش

9 - 3 - کلاه ایمنی از جنس مقاوم در برابر اسید و آتش

9 - 4 - ماسک تنفسی ( ماسک حذف کننده گازهای خطرناک )

9 - 5 - وسایل حفاظت فردی بایستی در یک ویترین مخصوص و در دسترس فوری قرار داده شود .

9 - 6 - برای نزدیک شدن به سیلندر گاز دارای نشتی و یا محل آلوده به گاز کلر ، افراد بایستی از دستگاه های تنفسی فشار مثبت استفاده نمایند .

10 - تجهیزات و اتصالات کلر زندهای گازی

10 - 1 - حتی الامکان لوله کشی کوتاه و دارای حداقل اتصالات باشد .

10 - 2 - لوله کشی از سیلندرها بطرف کلریناتور با شیب ملایمی ( جهت شیب بطرف سیلندر ) در نظر گرفته شود تا در صورت فرار کلر نوزاد مجدداً به سیلندر بازگشت داده شود تا اختلالی در کلریناتور ایجاد ننماید (Head Line)

10 - 3 - برای آب بندی اتصالات از بکار بردن واشرهای لاستیکی پرهیز شود بهتر است از فیبرهای فشرده آزرست برای این منظور استفاده گردد .

10 - 4 - جنس لوله کشی از سیلندر تا محل ورود آب باید از لوله فشار قوی یا آلیاژ مس ( یا استیل و یا نقره ) بوده بنحوی که قابل انعطاف باشد .

10 - 5 - سیلندره‌های تک شیر ( فاز گاز ) بایستی به صورت عمودی مورد استفاده قرار گیرند اما سیلندره‌های دارای دو شیر در هر دو حالت می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد با توجه به جهت فلش یا علامت ▲ , گاز کلر یا کلر مایع مورد استفاده قرار گیرد.

10 - 6 - رد زمان تعویض سیلندر و قبل از برقراری جریان گاز کلر بهتر است لوله کشی و اتصالات با عبور دادن گاز نیتروژن از سیستم و کنترل نشت توسط کف صابون, از عدم وجود نشت اطمینان حاصل شود و پس از تخلیه نیتروژن در آب , جریان گاز کلر برقرار گردد .

10 - 7 - قدرت بوستر پمپ انتخابی برای پمپ آب باید  $2/5$  برابر فشار گاز کلر در نظر گرفته شود .

10 - 8 - نصب دو فیلتر یکی قبل از کلریناتور ( مانع ورود ناخالصی گاز کلر ) و یکی قبل از بوستر پمپ ( مانع ورود شن و ماسه و مواد معلق آب بدون دیفیوزر ) مناسب خواهد بود .

10 - 9 - دیفیوزر ( پخش‌شان ) باید به نحوی در لوله آب یا کانال آب تعبیه گردد که کاملاً در آب غوطه ور باشد و امکان خروج راحت گاز کلر وجود داشته باشد .

10 - 10 - در زمان نصب انژکتور در مسیر ورودی آب باید اطمینان حاصل شود که لوله کاملاً در جای خود قرار گرفته و امکان مکش هوا وجود ندارد .

10 - 11 - در صورت عدم وجود دبی سنج , آنالایزر و کلر باقی مانده در سیستم بهتر است سیلندرها بر روی باسکول قرار داده شوند تا اپراتور با محاسبه کاهش وزن سیلندر میزان کلر تزریقی در آب را دقیقاً محاسبه نماید .

## مخاطرات موجود در بهره‌برداری از گاز یا مایع کلر:

### آسیب‌های بدنی

اولین و اصلی‌ترین آسیب گاز کلر در سیستم تنفسی ایجاد می‌شود. این گاز در غلظت‌های کم باعث تحریک غشای بینی، مخاط تنفسی و چشم می‌گردد. با افزایش غلظت، تنفس تا حدی دشوار می‌شود که نارسایی دائمی سیستم تنفسی یا حتی مرگ در اثر قطع تنفس رخ می‌دهد. بوی نافذ و خاص کلر می‌تواند به عنوان هشدار وجود کلر در هوا باشد. این بو در غلظت‌های کم شبیه به بوی مواد سفیدکننده‌ی خانگی یا آب ژاول است. همچنین گاز کلر در غلظت‌های بالا به شکل گازی به رنگ زرد مایل به سبز قابل رؤیت است. کلر مایع با توجه به فعالیت شیمیایی و گرمای نهان تبخیر بالا در تماس با پوست و چشم قادر به ایجاد سوختگی شیمیایی و سرمازدگی است.

برای افراد عادی و دارای هوشیاری کامل وجود گاز کلر به غلظت ۵ ppm بسیار محرک و غیر قابل تحمل می‌باشد و آثار تنفس آن می‌تواند تا ۳۶ ساعت بعد از حادثه نیز شدیداً مشکل‌آفرین باشد.

در گزارش دسامبر ۱۹۹۳ موسسه‌ی سم‌شناسی صنایع شیمیایی آمریکا به مطالعه‌ای اشاره شده است که در آن موش‌های صحرایی و خانگی در معرض تنفس کلر به غلظت‌های ppm ۰/۴، ۱/۰ یا ۲/۵ تا شش ساعت در روز و سه تا پنج روز در هفته تا دو سال قرار داده شده‌اند. در این مورد ابتلا به سرطان در موش‌ها مشاهده نشده است اما وجود گاز کلر در همه‌ی موارد موجب ایجاد جراحت در بینی گشته است. چون جانور جونده بر خلاف انسان مجبور به تنفس از بینی می‌باشد، تأثیر شرایط مشابه بر بینی انسان نامشخص است.

### آتش‌زا بودن کلر

هرچند عنصر کلر خود قابل انفجار نبوده و نمی‌سوزد اما مانند اکسیژن قادر به سوزاندن بسیاری از مواد آلی می‌باشد که البته شدت واکنش سوختن با آن بیش از اکسیژن است. از این رو نگهداری هر نوع ماده‌ی آلی در ایستگاه‌های کلرزنی مخاطره‌آمیز خواهد بود.

## واکنش شیمیایی

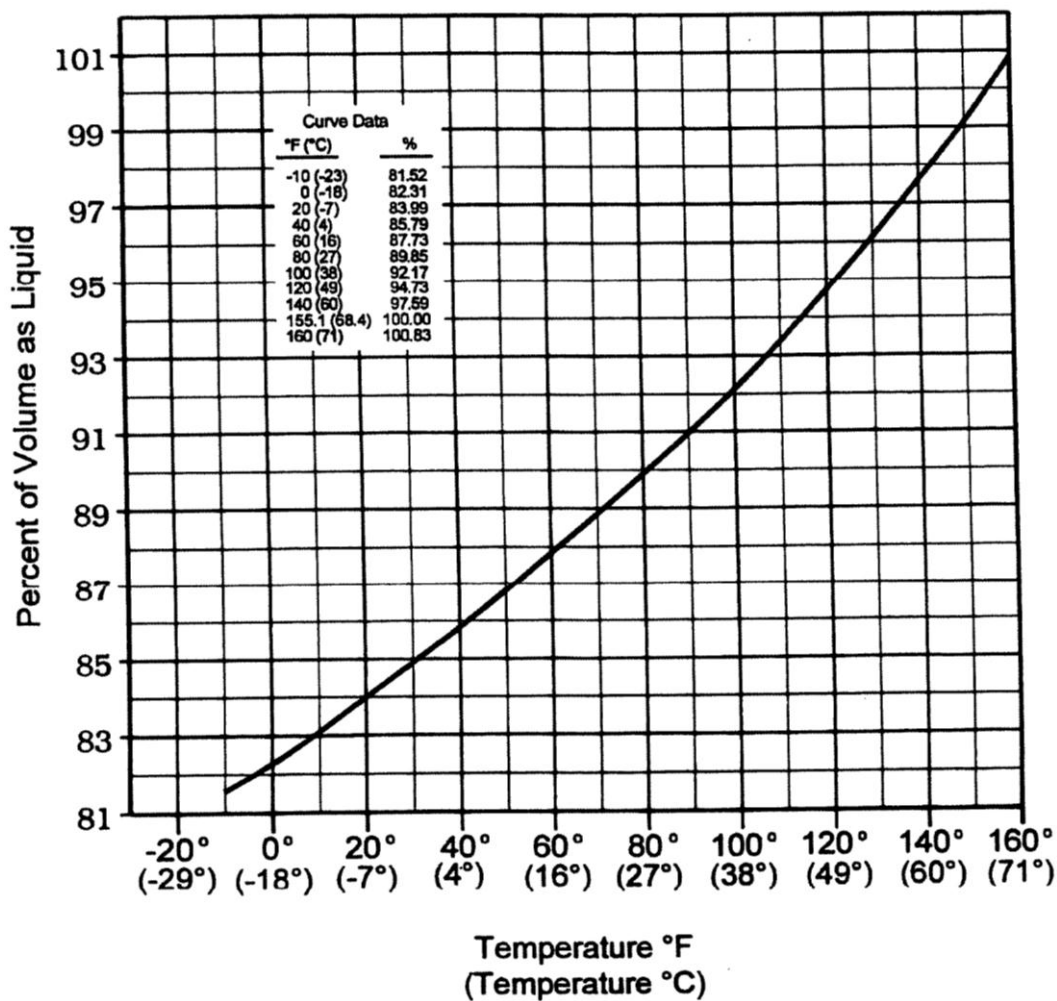
عنصر کلر واکنش‌دهی بسیار قوی‌ای داشته و با بسیاری از مواد آلی و معدنی واکنش می‌دهد که معمولاً همراه با آزادسازی گرما نیز هست. کلر همچنین قادر است بسته به دمای محیط با فلزات مختلف نیز واکنش دهد به طوری که کلر خشک در دمای معمولی واکنش شدیداً گرم‌زایی با فلز تیتانیوم دارد و کربن استیل نیز در دمای  $251^{\circ}\text{C}$  در جو کلر مشتعل می‌گردد.

## واکنش خوردگی استیل

در دمای معمولی کلر خشک به شکل مایع یا گاز روی فولاد ایجاد خوردگی نمی‌نماید. اما کلر مرطوب به دلیل ایجاد هیدروکلریک اسید و هیپوکلریک اسید بسیار خورنده است از این‌رو جلوگیری از ورود رطوبت و آب به خط لوله و مخزن کلر، حتی در حد رطوبت، هوا الزامی است.

## انبساط حجمی

چنان‌که در شکل زیر قابل مشاهده است حجم کلر مایع با افزایش دما با شیب زیادی افزوده می‌شود که این باعث افزایش شدید فشار وارد بر تجهیزات می‌گردد که محتوی کلر مایع هستند. از این رو به منظور جلوگیری از شکستن لوله‌ها در اثر افزایش فشار یا آسیب دیدن مخازن یا شیرها و نشت کلر ناشی از آن، حفظ دما در محدوده‌ی مناسب الزامی است.



نمودار تغییر حجم کلر مایع با تغییر دما

### واکنش با روغن‌ها و گریس‌ها

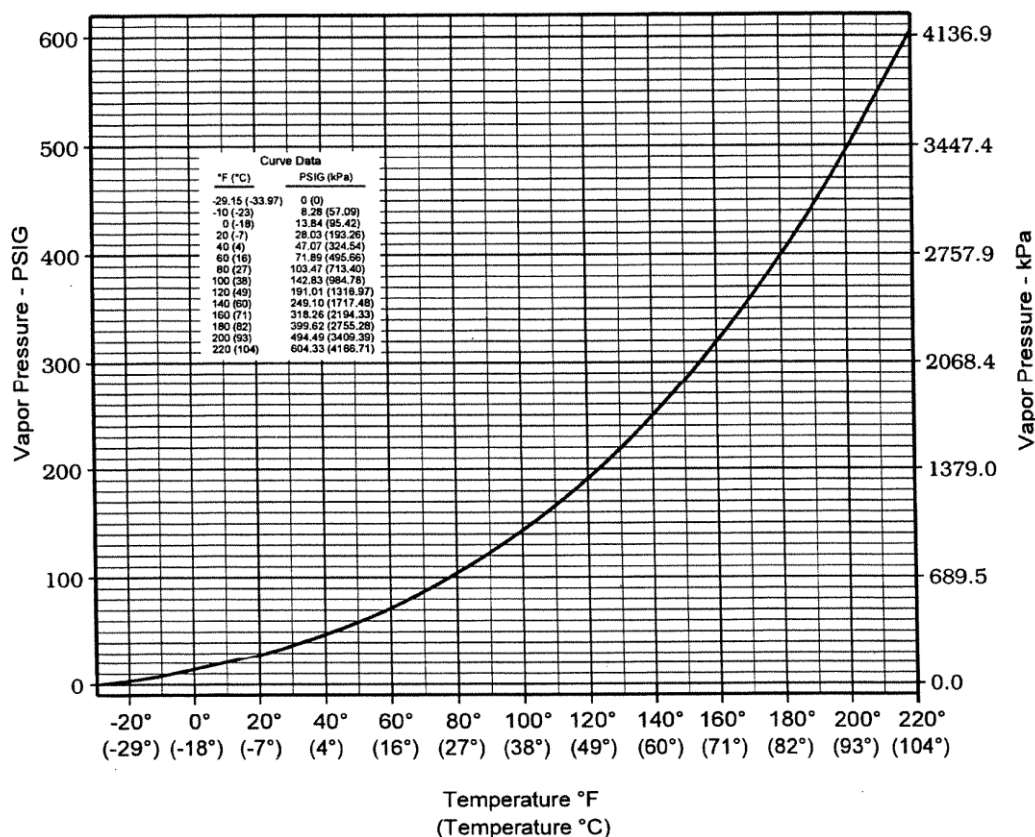
عنصر کلر و دیگر گندزدهای گروه کلر نظیر پودر  $Ca(OCl)_2$  و محلول  $NaOCl$  قادر به انجام واکنش آنی و انفجاری با تعدادی از مواد آلی از قبیل روغن‌ها و گریس‌ها، که می‌توانند از تجهیزاتی نظیر کمپرسورهای هوا، انواع پمپ‌ها یا دستمال‌های آلوده به روغن باقی‌مانده از تعمیرات نیز ناشی شوند، می‌باشند.

### نسبت بالای حجم گاز نسبت به حالت مایع

هر سانتی‌متر مکعب کلر مایع در اثر تبخیر به ۴۶۰ سانتی‌متر مکعب گاز کلر تبدیل می‌شود که می‌تواند سالنی ۱۱۵ متر مربعی با ارتفاع ۴ متر را به اندازه ۱ ppm بیالاید. به این ترتیب نشت از فاز مایع بسیار خطرناک‌تر از نشت از فاز گاز می‌باشد چرا که مایع خارج شده قادر به آلودن فضایی ۴۶۰ برابری نسبت به نشت گاز با حجم برابر است.

## فشار بخار

فشار بخار کلر مایع با افزایش دما افزوده می‌شود که این نیز نشان‌گر حساسیت کنترل دمای محیط به منظور جلوگیری از نشت می‌باشد. شکل نمودار افزایش فشار بخار با افزایش دما را نشان می‌دهد.



نمودار تغییر فشار بخار کلر مایع با تغییر دما

## اندازه‌گیری و شناسایی کلر:

تعریف غلظت برای کلر

غلظت گاز کلر موجود در هوا

غلظت گاز کلر موجود در هوا با واحد ppm حجمی بیان می‌شود. منظور از ppm حجمی تعداد واحدهای حجم گاز کلر در یک میلیون واحد حجمی هوا می‌باشد. به این ترتیب اگر حجم گاز کلر آزاد شده یا  $\text{Cl}_2$  (g) را با سانتی‌متر مکعب ( $\text{cm}^3$ ) بیان کنیم خواهیم داشت:

$$/ 1 \text{ m}^3 (1000000 \text{ cm}^3) \text{ Air } 1 \text{ ppm } \text{Cl}_2 \text{ (g)} = 1 \text{ cm}^3 \text{Cl}_2 \text{ (g)}$$



## غلظت کلر حل شده در آب

غلظت کلر حل شده در آب با واحد ppm جرمی بیان می‌شود. منظور از ppm جرمی تعداد واحدهای جرم کلر محلول در یک میلیون واحد جرم آب می‌باشد. به این ترتیب اگر جرم کلر آزاد محلول  $\text{Cl}_2$  (aq) را با میلی‌گرم (mg) بیان کنیم خواهیم داشت:

$$1 \text{ ppm Cl}_2 \text{ (aq)} = 1 \text{ mg Cl}_2 / 1 \text{ kg (1000000 mg) Water}$$

که با توجه به ۱ بودن چگالی آب، این همان ۱ mg/l است که با  $1 \text{ g/m}^3$  نیز برابر است.

با توجه به دو مورد فوق، از این پس فقط به ذکر ppm بسنده کرده و جرمی یا حجمی بودن آن با توجه به محیط حضور کلر انتخاب شده و مستقیماً بیان نخواهد شد.

## سنجش گاز کلر در هوا

### ویژگی‌های لازم برای انتخاب نشان‌گر گاز کلر

صنعت کلر نیازمند شناساگری با نیاز کم به تعمیر و نگهداری دارد که در ضمن اندازه‌گیری‌های تکرارپذیر و قابل اطمینانی از میزان کلر موجود در هوای محیط را به دست دهد. شناساگر ایده‌آل کلر دارای مشخصات زیر است:

انتخاب‌گری بالا نسبت به کلر

سنجش مقدار مضر کلر با گستره‌ی بالای مقدار اندازه‌گیری

زمان پاسخ و بازگشت سریع

قرائت دقیق و پایدار

کار در شرایط محیطی متفاوت

خودتست با حداقل نیاز به تعمیر و نگهداری

کالیبراسیون آسان

قیمت مناسب

## انواع شناساگرهای کلر

### شناساگر شخصی

برای استفاده‌ی کاربری که در طول روز ممکن است در معرض کلر قرار گیرد طراحی شده است که قابل حمل توسط کاربر بوده و می‌توان آن را از طریق بند یا ... به لباس متصل کرد.

### شناساگر بررسی محیط

همان‌طور که از کاربرد آن استنباط می‌شود، قابل حمل بوده و به منظور ارزیابی گاز نشت کرده در مکان‌های مشکوک به وجود کلر و اماکن حساس جمعیتی - سیاسی هنگام بازرسی یا حادثه طراحی شده است. البته می‌توان از آن به عنوان یک شناساگر ثابت برای نقطه‌ای خاص نیز استفاده نمود که البته توصیه نمی‌شود.

### شناساگر ثابت برای نقطه‌ای خاص

این نوع شناساگر برای محیطی که سنجش و هشدار نشت کلر لازم است طراحی شده است و در انواع تک نقطه‌ای (یک سنسور) یا چند نقطه‌ای و همین‌طور نشان‌گر غلظت تنها یا توأم با هشدار ساخته شده است.

### شناساگر توده‌ی گاز

دارای کارایی خاص بوده و برای اندازه‌گیری مقادیر زیاد گاز ساخته شده است که باید به صورت ویژه برای شرایط محیطی طراحی شود.

### انواع سنسور گاز کلر

#### سنسورهای حالت جامد

در این سنسورها قطعه‌ای نیمه رسانا از جنس اکسید فلزی وجود دارد. نفوذ گاز کلر از محیط به داخل سنسور و جذب روی اکسید فلزی نیمه رسانا، تغییر مقاومت الکتریکی آن را موجب می‌شود که مقدار آن متناسب با غلظت کلر موجود در محیط است. پس از حذف کلر از هوا، مقاومت الکتریکی سنسور به حالت اولیه باز می‌گردد.

اشکال این سنسورها، بازگشت آهسته‌ی آن‌ها به حالت اولیه و نیاز به کالیبراسیون مجدد آن‌ها پس از قرارگیری در معرض غلظت‌های بالای کلر می‌باشد که ناشی از خوردگی احتمالی اکسید

فلزی در برابر مقادیر بالای کلر است. طول عمر بالا و نیاز کم به تعمیر از مزایای این سنسورها است.

### **سنسورهای رنگ سنجی**

بر اساس تغییر رنگ یک معرف، که در حضور کلر اتفاق می‌افتد، عمل می‌نماید. این تغییر رنگ به روش چشمی، طیف سنجی یا ابزار فوتوالکتریکی قابل اندازه‌گیری است و با غلظت گاز رابطه دارد. این سنسور به دلیل محدودیت‌های سخت‌افزاری و نیاز به نمونه‌برداری از محیط نمی‌تواند برای پایش مداوم و سنجش وجود گاز بلافاصله پس از نشت به کار برده شود.

### **سنسور الکتروشیمیایی**

پایش الکتروشیمیایی کلر به عنوان یک تکنولوژی در دسترس به منظور سنجش گاز کلر، بیش از دیگر تکنیک‌ها به کار برده شده است. این تکنولوژی با استفاده از اشکال مختلف مایعات یا ژل‌های پر شده در سنسور و بر اساس تغییر پارامترهای مؤثر در قانون اهم عمل می‌کند از این‌رو سنسورهای الکتروشیمیایی می‌توانند به صورت آمپرومتری یا پتانسیومتری طراحی شوند.

### **شناسایی نشت‌های کوچک**

یک بطری پلاستیکی قابل فشردن حاوی محلول آمونیاک ۲۶° می‌تواند جهت آشکارسازی مقدار جزئی کلر آزاد شده مورد استفاده قرار گیرد. اگر بخار آمونیاک [به محل] نشت هدایت شود، ابری سفید تشکیل خواهد شد که نشان‌دهنده‌ی منبع نشت است. اگر از بطری آب فشان استفاده گردد، لوله‌ی داخل بطری باید طوری بریده شود که با فشردن بطری بخار آمونیاک، و نه مایع، از سر نازل خارج گردد. به منظور جلوگیری از خوردگی باید از تماس محلول آمونیاک با برنج و مس جلوگیری گردد. نشان‌گرهای الکترونیکی قابل حمل کلر نیز برای شناسایی نشت قابل استفاده هستند.

### **سنجش غلظت کلر در آب**

#### **تعریف غلظت با توجه به پارامتر مورد نیاز**

برای بیان مقدار کلر موجود در آب اصطلاحات متفاوتی به کار برده می‌شوند که عبارتند از:

## کلر مورد نیاز

حداقل مقدار کلر لازم برای فراهم کردن غلظت مورد نیاز برای رسیدن به اثر مورد نظر (مثلاً گندزدایی) را تعریف می‌کند. معمولاً کلر مورد نیاز مجموع کلر مصرف شده و کلر مازاد مورد نیاز می‌باشد.

## کلر ترکیب شده

کلری است که، مثلاً، با ترکیبات نیتروژن واکنش داده و دیگر برای گندزدایی در دسترس نیست.

## کلر کل

مجموع همه‌ی ترکیبات کلر است که خاصیت اکسید کنندگی دارند که شامل کلرآمین‌های احتمالی موجود نیز می‌شود. در صورت حضور کلراین دی‌اکسید، مقدار آن نیز به نتایج اضافه می‌شود.

## کلر مصرف شده

اختلاف بین مقدار کلر افزوده شده و غلظت کلر قابل اندازه‌گیری با روش‌های تجزیه‌ای کمی است. باید توجه داشت که فاصله‌ی زمانی بین افزودن کلر به آب و نمونه‌برداری تأثیر قابل توجهی بر میزان کلر مصرف شده دارد.

## کلر مازاد

مقدار کلر در دسترس (کلر آزاد) پس از ایجاد تعادل بین کلر واکنش داده (کلر ترکیب شده) و کلر آزاد است. مقدار کلر مازاد به کیفیت آب دما و مدت زما‌ی که آب داخل لوله‌های شبکه‌ی توزیع قبل از محل مصرف حرکت کرده بستگی دارد.

## کلر آزاد

برابر با کل غلظت‌های کلر عنصری ( $Cl_2$ )، هیپوکلرو اسید ( $HOCl$ ) و آنیون هیپوکلریت ( $OCl^-$ ).

مقدار کلر آزاد با واحد  $mg/l$ ،  $g/m^3$  یا  $ppm$  جرمی بیان می‌شود.

کلر عنصری تنها در محیط اسیدی و  $pH < 3$  پایدار است. در  $pH$  معمولی بین  $6/5$  و  $8/5$ ، گونه‌ی ضد عفونی کننده‌ی غالب اسید هیپوکلرو با فرمول  $HOCl$  است.

وقتی گاز کلر به آب تزریق شود واکنش زیر صورت می‌گیرد.



اسید هیپوکلرئید تولید شده معمولاً از طریق واکنش با گونه‌هایی نظیر کربنات‌ها و هیدروژن کربنات‌ها که به صورت طبیعی در آب وجود دارند (قلیائیت طبیعی)، خنثی می‌شود.

در بررسی‌های کمی کلر آب، عموماً کلر آزاد مورد توجه است. در حضور مقدار قابل توجه کلر آمین‌ها، کلر کل نیز اندازه‌گیری می‌شود و کلر ترکیب شده با توجه به اختلاف این دو مقدار معین می‌شود.

به عنوان یک اصل کلی هر چه میزان آمونیاک، آمین‌ها و هیدروکربن‌ها در آب کم‌تر باشد مقدار کلر آمین‌های تولید شده، که بو و مزه‌ی نامطلوبی دارند، و دیگر محصولات جانبی، که ممکن است سمی باشند، کم‌تر خواهد بود.

## روش‌های سنجش کلر در آب

### روش‌های نورسنجی

در این روش با استفاده از معرف‌های شیمیایی نظیر محلول OTO (orthotolidine) و قرص یا پودر (بسته به نظر سازنده‌ی کیت) DPD (N,N Diethyl-p-Dhenylene Diamine) که پس از ترکیب با کلر محلول در آب تغییر رنگ متناسب با غلظت کلر می‌دهند، غلظت کلر آزاد یا کل، با توجه به نوع کیت و معرف، تعیین می‌گردد.

برای سنجش‌های موردی از کیت‌های قابل حمل شامل کیت‌های چشمی استخری، برای مواردی که دقت بالا مورد نیاز نیست، و دیسک رنگی یا کیت‌های دیجیتالی، برای سنجش کلر با دقت بالا مناسب، استفاده می‌شود. در سنجش‌های مداوم از دستگاه‌های آنالایزر ثابت که بر اساس رنگ‌سنجی عمل می‌کنند نیز استفاده می‌شود.

اساس روش رنگ‌سنجی قانون بیر - لامبرت است که میزان جذب طیف خاصی از نور را به غلظت ماده و تعداد لایه‌هایی از ماده که نور از آن‌ها عبور می‌کند وابسته می‌داند. منظور از تعداد لایه‌ها، طول مسیر است که نور در محلول می‌پیماید.

## روش های الکتروشیمیایی

برای اندازه گیری مداوم غلظت ماده ی گندزدا در آب، با دستگاهی نصب شده در محلی ثابت، از روش های الکتروشیمیایی استفاده می شود که بر پایه ی تغییرات در پارامترهای الکتریکی عمل کرده و به دو نوع آمپرومتری و پتانسیومتری تقسیم می شوند.

### روش آمپرومتری

در روش آمپرومتری که بر اساس پیل های گالوانیک عمل می کند دو الکتروود فلزی با جنس متفاوت درون محیط الکتروشیمیایی وارد می شوند. جنس متفاوت الکتروودها تمایل متفاوت آن ها را در رد و بدل کردن الکترون با محیط به دنبال دارد که موجب ایجاد جریانی در حد نانوآمپر/میکروآمپر می شود که بعداً به منظور استفاده در اهداف مورد نظر تقویت می شود.

در دستگاه های پیشرفته تر آمپرومتری یک دیافراگم حساس به یون قرار گرفته است. در مورد موضوع بحث ما، دیافراگم با قابلیت عبوردهی کلر استفاده می شود که در آن سوی دیافراگم محلول نمک و دو الکتروود مطابق موارد فوق الذکر قرار دارند. ایراد استفاده از این دیافراگم ها نیاز آن ها به تعویض در فواصل کوتاه مدت (شش ماه تا ۲ سال) می باشد.

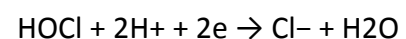
### روش پتانسیومتری

روش بسیار بهتر و مطمئن تر، سنجش پتانسیومتری است.

در این روش از الکتروودهای دوگانه یا سه گانه استفاده می شود. در الکتروودهای سه گانه الکتروود شناساگر از طریق محلول نمونه با الکتروود مخالف در تماس بوده و الکتروود مرجع به کمک دستگاه پتانسیل ایستا، پتانسیل ثابتی را اعمال می نماید. این روش پتانسیل پایدارتری هنگام سنجش به دست می دهد.

با توجه به پتانسیل اکسایش - کاهش متفاوت گونه های شیمیایی که علاوه بر نوع آن ها به غلظت اجزای سازنده نیز بستگی دارد، پتانسیل اندازه گیری شده با غلظت گونه ها مرتبط می شود.

واکنش کاهش اسید هیپوکلرو در پایین آمده است و با توجه به حضور گونه ی  $H^+$  در سمت چپ این واکنش، پتانسیل اکسایش - کاهش آن به pH محیط نیز بستگی دارد و باید تصحیحات لازم در نظر گرفته شود.



## ایمنی، بهداشت و محیط زیست در ذخیره‌سازی و حمل و نقل کلر:

کلر معمولاً به صورت گاز فشرده‌ی مایع‌شده حمل می‌شود. حمل و نقل کلر در تمام روش‌های حمل و نقل با توجه به آیین نامه و مقررات مربوطه کنترل می‌شود. دانستن تمامی قوانین و مقررات مربوطه و عمل به آن وظیفه‌ی هر شخصی است که کلر را حمل می‌کند. چند نمونه از الزامات در زیر آورده شده‌اند؛

خودروی حامل مخازن کلر باید با علامت‌های نشان دهنده‌ی مواد خطرناک مشخص شده باشد. خودروی حامل مخازن کلر باید به تجهیزات هشداردهنده نظیر آژیر و چراغ گردان مجهز باشد. مسیر و زمان حمل باید به اطلاع مقامات انتظامی شهر رسانده شود.

شماره تلفن‌های تماس با مراکز امداد باید در محلی مناسب روی خودرو نصب شده باشد تا در موارد اضطراری افراد عادی نیز بتوانند با مراکز امداد تماس گیرند.

مسئولین حمل و نقل باید به کلیه‌ی تجهیزات ایمنی فردی مجهز بوده و آموزش دیده باشند. مسئولین حمل و نقل باید به کلیه‌ی تجهیزات اطفاء مجهز باشند تا در صورت لزوم نسبت به رفع نشت اقدام نمایند.

### انبارش مخازن

مخازن ممکن است زیر سقف و یا در محوطه‌ی باز انبار شوند. اگر در جای مسقف انبار شوند، ساختمان انبار باید مطابق با قوانین ذکر شده در بخش ساختمان‌های کلرزی باشد. اگر در در محوطه‌ی باز انبار شوند، محوطه انبار باید تمیز باشد تا مخاطره‌ی آتش‌سوزی زباله‌های انباشته شده یا دیگر مواد قابل اشتعال بروز نکند.

مخازن نباید نزدیک به آسان‌سورها و یا سامانه‌های تهویه انبار شوند، زیرا اگر نشتی رخ دهد، غلظت‌های خطرناکی از گاز به سرعت [به داخل ساختمان] انتشار می‌یابند. تمامی مخازن باید [به شکلی مناسب] انبار شوند تا خوردگی [سطح] خارجی آن‌ها به حداقل رسانده شود. اگر آب راکد بتواند اطراف مخازن جمع شود، باید سکو و یا پایه‌های مناسبی تعبیه شوند. مقرراتی برای انجام بازرسی منظم همه‌ی مخازن باید تدوین گردند. مخازن نباید در جایی که امکان افتادن اشیاء سنگین بر روی آن‌ها وجود دارد و یا جایی که وسایل نقلیه بتوانند با آن‌ها برخورد کنند

انبار شوند. از آنجا که کلر از هوا سنگین تر است، باید از انبارهای زیر سطحی اجتناب شود. دسترسی افراد غیر مجاز به انبار باید کنترل گردد.

از قرار گرفتن مخازن در معرض شعله، تابش شدید گرمایی و یا خطوط بخار، باید جلوگیری شود. اگر فلز داخل سوراخ فیوز به دمای تقریبی  $158^{\circ}\text{F}$  ( $70^{\circ}\text{C}$ ) برسد، [چون] فلز داخل سوراخ فیوز برای ذوب شدن طراحی شده است، کلر آزاد خواهد شد.

مخازن پر و خالی باید به صورت مجزا نگهداری شوند. حتی اگر مخزن خالی باشد، درپوش(های) شیر خروجی [در مخازن تنی] و کلاهک محافظ شیر [در سیلندرها] باید در جای خود قرار گرفته باشد. سیلندرها باید در وضعیت قائم انبار گردند. مقررات OSHA محکم شدن مناسب سیلندرها برای جلوگیری از افتادن آنها را الزامی می دانند. مخازن تنی باید به پهلو بر روی زمین یا کف و بر روی یک نگهدارنده ی استیل یا بتنی انبار شوند. در مناطق زلزله خیز، فرآیند انبارش مخصوصی باید در نظر گرفته شود.

مخازن کلر باید از مواد قابل اشتعال و اکسید کننده و از موادی نظیر آمونیاک، هیدروکربنها و دیگر موادی که با کلر واکنش می دهند، جدا گردند. دسترسی آسان به مخازن در مواقع نشت، مهم است.

## **مشخصات ساختمان کلرزی و HSE در تأسیسات کلرزی:**

### **ساختمانها**

ساختمان و تشکیلاتی که تجهیزات کلر و یا مخازن را در خود جا داده اند باید با نظامنامه های ساختمانی و آتش نشانی محلی منطبق باشد. برخی از الزامات این ساختمانها به شرح زیرند؛

هر ساختمانی که جهت جا دادن تجهیزات کلر و مخازن کلر استفاده می شود، باید طوری طراحی و ساخته شود که کلیه ی قسمت های سامانه ی کلر مستقر در آن، در مقابل آتش محافظت گردند.

هیچ گونه مواد شیمیایی نباید در هیچ یک از ساختمان های انبار یا بهره برداری نگهداری شود. اگر مواد قابل اشتعال اجباراً در همان ساختمان نگهداری و یا استفاده شوند، باید با برپایی یک دیوار ضد آتش دو ناحیه را از یکدیگر مجزا ساخت. ساختمان اشتعال ناپذیر توصیه شده است.



تجهیزات پایش کلر که به طور پیوسته از هوا نمونه‌گیری می‌نمایند و وجود کلر را آشکار می‌سازند باید در تمامی اماکن نگهداری و استفاده از کلر که می‌تواند کلر در آن‌ها انتشار یابد، استفاده کردند.

حداقل دو خروجی باید در هر اتاق یا ساختمان جداشده از دیگر قسمت‌ها که برای نگهداری، استفاده یا جا به جا به جایی کلر است، در نظر گرفته شود.

درهای خروجی نباید قفل بوده و باید درها از داخل بدون نیاز به کلید باز گردند و باید به سمت بیرون باز شوند.

درها باید خروجی مستقیم به فضای آزاد داشته باشد.

مکان‌های کلرزنی باید طوری طراحی گردند که خروج از آنها راحت باشد و دو یا تعداد بیشتری پلکان یا نردبان اضافی جهت خروج باید در نظر گرفته شود.

ساختارهای استیل باید به منظور جلوگیری از خوردگی محافظت شوند.

داخل ساختمان و در همه‌ی اتاق‌ها یا راهروها باید تابلو هشدار نصب شود.

در ورودی ساختمان یا هر اتاق باید تابلویی با اطلاعات بیشتر خاص آن اتاق مانند "واحد کلرزنی، ورود افراد متفرقه ممنوع" نصب شود.

تابلوی استفاده‌ی اجباری از تجهیزات ایمنی باید در همه‌ی اتاق‌ها نصب شود.

برگه‌ی راهنمای آموزشی کمک‌های اولیه به افرادی که تحت تأثیر کلر قرار گرفته‌اند باید در همه‌ی اتاق‌ها نصب شود.

دمای توصیه شده:  $20^{\circ}\text{C} - 18$

حداقل دمای توصیه شده:  $15^{\circ}\text{C}$

لوله‌ی خروجی گاز در زمان افزایش فشار (ونت فشارشکن یا کلریناتور و وکیوم رگولاتور) نباید به فضای آزاد باز شود بلکه باید وارد سیستم جاذب شود.

اتاق‌های کلرزنی نباید به عنوان اتاق کار، استراحت یا ... استفاده شود.

فقط تجهیزات کلرزنی و مخازن کلر باید در اتاق‌ها وجود داشته باشند.

اتاق‌ها نباید با دیگر اتاق‌ها مرتبط باشد.

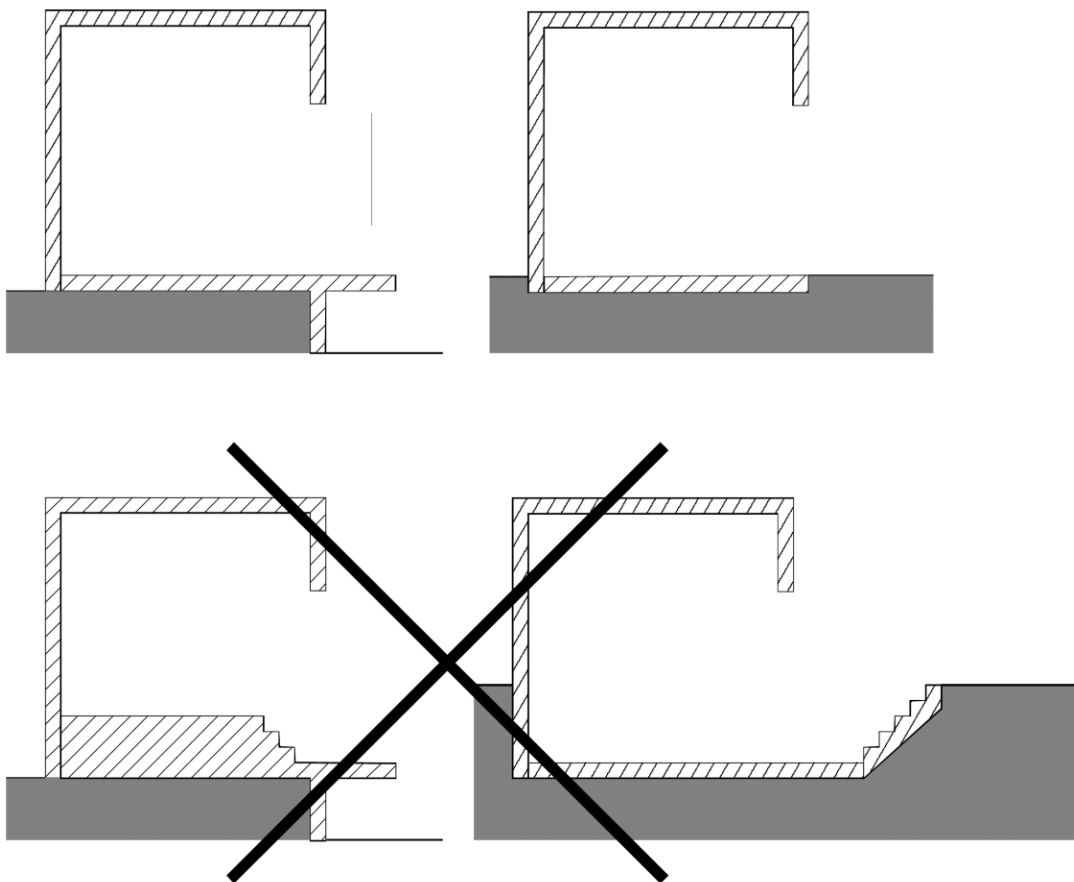
اتاق‌ها باید به صورت ضد حریق و کاملاً گاز بند از دیگر اتاق‌ها تفکیک شوند.

باید مجهز به سیستم پایش نشت کلر و هشدار صوتی و نوری (مثلاً آژیر و چراغ گردان) باشد. که قادر به فرمان دادن به دیگر سامانه‌های ایمنی نظیر خنثی‌ساز یا تهویه بوده و در صورت خاموش کردن دستی بتواند مجدداً و به صورت اتوماتیک روشن شود.

گاز کلر نباید قادر به ورود به اتاق‌های دیگر، زیرزمین، کانال‌ها و مجاری سیستم تهویه و ... باشد. ارتفاع سقف اتاق باید به گونه‌ای باشد که در صورت استفاده از مخازن تنی بتوان به راحتی جرثقیل سقفی برقی نصب نمود.

بهتر است تجهیزات خط پرفشار و خلأ در اتاق‌های مجاور جدا از هم نصب شوند.

اتاق محل نگهداری مخازن باید کف هموار و هم‌سطح داشته باشد. نباید پایین‌تر از سطح زمین یا بالاتر از محل تخلیه و بارگیری مخازن باشد.



تابلو برق، قسمت الکترونیکی تجهیزات کنترلی، پمپ‌ها و تجهیزات برقی باید در اتاقی جدا از دو اتاق پرفشار و خلأ نصب شوند.

با توجه به مقاومت یا عدم مقاومت دستگاه خنثی‌ساز در برابر عوامل محیطی، ممکن است تعبیه‌ی اتاق اسکرابر الزامی باشد. در هر حال حتی در صورتی که دستگاه مذکور مقاومت لازم در برابر عوامل محیطی را نیز دارا باشد، باید فضای مناسب و کافی برای نصب دستگاه در فضای آزاد مجاور ساختمان کلرزنی در نظر گرفته شود.

مصالح ساختمانی باید طوری انتخاب شوند که گاز در هنگام نشت نتواند از آن‌ها عبور کند. کف باید با حداقل شیب ساخته شود.

برای به حداقل رساندن حضور بهره‌بردار در اتاق مخازن یا کلریناتورها، بهتر است بین این دو اتاق و اتاق تجهیزات مکانیکی - برقی، پنجره‌هایی تعبیه شوند که امکان بازدید دستگاه‌ها و خواندن مواردی نظیر میزان تزریق کلریناتور یا فشار خط از روی روتامتر دستگاه یا فشارسنج فراهم شود.

همه‌ی قطعات الکترونیکی و برقی داخل اتاق‌های مخازن یا کلریناتورها باید در برابر خوردگی ناشی از نشت گاز کلر مقاوم باشند.

سامانه‌ی روشنایی و تهویه‌ی اتاق‌ها باید دارای قابلیت روشن یا خاموش شدن از طریق کلید تعبیه شده در بیرون از در ورودی (خارج از اتاق) باشند.

در صورت بروز نشت، پس از تعمیر محل نشت توسط افراد کارآموده و مجهز به تجهیزات ایمنی و فنی لازم، باید غلظت گاز به کم‌تر از ۱ ppm (از طریق خنثی‌ساز یا تهویه) برسد تا بتوان وارد اتاق شد.

سیستم کف‌شور اتاق‌ها باید جدا از هم ساخته شود تا گاز نشت کرده در یک اتاق از طریق لوله‌های کف‌شور به اتاق دیگر وارد نشود.

ورودی کف‌شور باید طوری تعبیه شود که تنها در مقابل سنگینی مقدار معینی آب باز شود تا گاز نشت کرده نتواند به لوله‌ها وارد شود.

سیستم برق اضطراری با قدرت کافی برای به کار انداختن سامانه‌های تهویه، آتش‌نشانی و خنثی‌ساز کلر باید تعبیه شود.

در هیچ‌یک از اتاق‌های ساختمان‌های مصرف یا انبارش مخازن کلر، پودر کلسیم هیپوکلرو یا محلول سدیم هیپوکلرو، نباید هیچ نوع ماده‌ی شیمیایی نظیر سوخت‌ها، گریس‌ها، روغن‌ها، حلال‌های صنعتی، آمونیاک، خرده‌ها یا تراشه‌های چوب یا فلز، کاغذ و ... انبار شود. تماس کلر، پودر کلسیم هیپوکلرو یا محلول سدیم هیپوکلرو با برخی از مواد شیمیایی آتش‌زا یا انفجارآمیز است.

خارج از اتاق‌های مخازن و کلریناتورها و در محلی امن باید دوش و چشم‌شور اضطراری نصب شود.

اندازه‌ی اتاق و تعداد و نوع مخازن باید متناسب با مصرف طراحی شود. تعداد زیاد مخازن با مصرف کم موجب نگهداری مخازن پر در نوبت مصرف برای مدت زمان طولانی می‌شود که مخاطره‌آمیز است.



## تهویه

### عمومی

همه‌ی سامانه‌های تهویه‌ای برای ساختمان‌هایی که تجهیزات و یا مخازن را در خود جا داده‌اند باید با مجموعه‌ی نظام‌نامه‌های الزامی ساختمانی، توصیه‌های کنفرانس آمریکایی متخصصین بهداشت صنعتی دولتی (ACGIH) و این دستورالعمل، مطابقت داشته باشند. سامانه‌ی تهویه ساختمان باید هوای تازه را برای یک فعالیت نرمال فراهم نموده و احتمال وجود نشت، در آن در

نظر گرفته شود. در بعضی موارد تهویه طبیعی ممکن است کافی باشد، در غیر این صورت سامانه‌های تهویه مکانیکی باید تأمین گردند.

سابقاً، مؤسسه [ای کلر] توصیه نموده است که تهویه ساختمان طوری باشد که در کم‌تر از ۴ دقیقه هوای اتاق با هوای تازه تعویض گردد. اما اکنون معتقد است که چنین توصیه‌ای با فلسفه‌های طراحی زیر سازگار نمی‌باشد.

بخش ۸۰۰۳، ۱، ۸، ۲ از نظام‌نامه‌ی یک‌پارچه‌ی حریق ۱۹۹۴ تهویه مکانیکی را به اندازه‌ای لازم می‌داند که کم‌تر از  $1 \text{ ft}^3/\text{min}$  در هر فوت مربع برای مساحت کف ساختمان انبارش نباشد.

[دستورالعمل] تهویه صنعتی (۲-۱۰۰۴) در بخش ۷-۷ هشدار می‌دهد که "[تعداد] تعویض-های هوا در ساعت، مبنای ضعیفی برای ضوابط تهویه‌ای در جایی است که کنترل محیط از نظر خطرات، گرما و یا بوها و ... لازم می‌باشد [و] ارتباط کمی بین [تعداد] تعویض‌های هوا و کنترل آلودگی وجود دارد."

مؤسسه اکنون توصیه می‌کند که تهویه بر اساس ویژگی‌های محل تعیین گردد. برای اطمینان از این که هیچ‌کس بدون تجهیزات حفاظت فردی مناسب در ساختمان‌هایی که کلر به واسطه‌ی نشت یا خرابی تجهیزات وجود دارد، باقی نماند یا وارد نشود، مأموران حفاظتی باید در محل حضور داشته باشند.

### دریچه‌های هوا

گاز کلر از هوا سنگین‌تر است و گرایش به تجمع در کف [ساختمان] دارد. بنابراین دریچه‌های خروجی هوا باید در کف و یا نزدیک به کف قرار گیرند. وجود یک ورودی جهت هوای تازه در مکانی با ارتفاع بالا جهت تهویه سرتاسری کافی [ساختمان] ضروری است. ممکن است [استفاده از] ورودی‌های چندگانه یا فن‌های هوای تازه برای تهویه کافی الزامی باشد. اگر از فن استفاده شود، باید بتوان آن‌ها را از مکانی ایمن روشن و خاموش نمود.

به عنوان روشی جای‌گزین، ممکن است تنظیم فشار یک [سری] تأسیسات هوای تازه و خارج کردن هوای آلوده از طریق خروجی‌های کف مطلوب باشد.

باید توجه داشت که خروجی‌ها هوای آلوده به کلر را به کدام سمت هدایت می‌کنند. در مواردی نظیر استخرها یا سیستم‌های کلرزنی کوچک داخل شهرها، هوای آلوده‌ی خروجی ممکن است موجب آسیب به مردم شود.

### گرمایش

اتاق‌های محل تجهیزات تزریق کلرزنی باید در دمای داخلی نرمال حدود  $70^{\circ}\text{F}$  -  $60^{\circ}\text{C}$  - (۱۵) نگه داشته شوند تا تخلیه گاز از مخازن با سرعت‌های [مناسب] تسهیل شود.

به هیچ وجه نباید از طریق حرارت مستقیم، سیلندر، مخزن تنی یا خطوط لوله‌ی گاز یا مایع کلر را گرم کرد.

انبساط حجمی بالای کلر ممکن است موجب گسیختگی جدار مخزن شود. همچنین فولاد در دمای  $483^{\circ}\text{F}$  ( $251^{\circ}\text{C}$ ) در حضور کلر شعله‌ور می‌شود.

### نکات ایمنی لوله‌گذاری در سامانه‌های کلرزنی:

#### لوله‌گذاری، نگه‌داری و تعمیر خطوط لوله

هنگام لوله‌گذاری یا تعمیرات باید به موارد زیر توجه کرد:

از خالی بودن لوله‌ها و نبود کلر به صورت گاز یا مایع در هنگام باز کردن خط (برای جلوگیری از نشت) یا جوش کاری باید اطمینان حاصل کرد. کلر خشک می‌تواند موجب اشتعال فولاد داغ و برخی از دیگر فلزات شود.

باید از ایجاد فشار اضافی ناشی از گیر کردن کلر مایع در فضای بسته (مثلاً بین دو شیر) در خط لوله جلوگیری کرد.

باید از ورود رطوبت به داخل خط لوله جلوگیری کرد.

نباید از فلز تیتانیوم در هیچ‌یک از تجهیزات یا خطوط اولیه که با کلر خشک در تماسند، استفاده نمود.

باید از تمیز بودن خط لوله و پاک بودن آن از رطوبت، خرده فلز، روغن، چربی، گریس و ... قبل از نصب مطمئن بود.

خط لوله و تجهیزات باید در فواصل زمانی منظم بازرسی شوند تا نشت یا قسمت‌هایی که مثلاً در اثر خوردگی مستعد نشت هستند مشخص شود.

در طراحی باید خروجی مناسب برای قسمت ونت دستگاه‌ها در نظر گرفته شود.

خروجی‌های ونت باید مستقل از یک‌دیگر بوده و هیچ‌گاه نباید خروجی چند دستگاه را به یک‌دیگر وصل کرد.

از خط لوله‌ی مایع در برابر هر گونه ضربه محافظت به عمل آورید. با توجه به چگالی بالاتر کلر مایع نسبت به آب، ضربه می‌تواند ضربه‌ی قوچی شدیدی در خط مایع ایجاد کند که ممکن است به تجهیزات یا شیرها آسیب وارد نماید.

باید از تغلیظ تری‌نیتروژن کلراید تا حد خطرناک در خط لوله‌ی مایع جلوگیری کرد.

### جنس و مواد تشکیل دهنده‌ی لوله‌ها:

جنس و مواد تشکیل دهنده‌ی لوله‌ها و شیرها بر اساس شرایط عملیاتی طبقه‌بندی و انتخاب می‌شوند. جدول زیر طبقه‌بندی انجمن کلر آمریکا را نشان می‌دهد.

Service Class	Fluid State	Pressure	Temperature
Class I	Gas Only	Vacuum to 150 PSIG (1034 kPa)	-20°F to 300°F (-29°C to 149°C)
Class II	Gas Only	Vacuum to 150 PSIG (1034 kPa)	-50°F to 300°F (-46°C to 149°C)
Class III	Gas Only	Vacuum to 150 PSIG (1034 kPa)	-150°F to 300°F (-101°C to 149°C)
Class IV <sup>1</sup>	Gas or Liquid	Vacuum to 300 PSIG (2068 kPa)	-20°F to 300°F (-29°C to 149°C)
Class V <sup>1</sup>	Gas or Liquid	Vacuum to 300 PSIG (2068 kPa)	-50°F to 300°F (-46°C to 149°C)
Class VI <sup>1</sup>	Gas or Liquid	Vacuum to 300 PSIG (2068 kPa)	-150°F to 300°F (-101°C to 149°C)

<sup>1</sup> Piping classes corresponding to the fluid state "gas or liquid" are to be used for all liquid-only lines and gas lines where the possibility of liquid entry exists or where there is the possibility that gas in a line may liquefy.

به این ترتیب با مراجعه به جزوه‌ی ۰۰۶ مؤسسه‌ی کلر آمریکا (یا دیگر مراجع معتبر) می‌توان با توجه به شرایط عملیاتی نوع و خصوصیات مواد لوله‌ها را تعیین کرد.

برای خط خلأ - بسته به طراحی سازنده - می توان از لوله های سخت یا انعطاف پذیر پلیمری نظیر PVC (Polyvinyl chloride ASTM D1784)، CPVC (Chlorinated Polyvinyl chloride ASTM D1784) و ... استفاده نمود که با توجه به شرایط از طریق مراجع معتبر قابل انتخاب هستند.

## **تجهیزات کلرزی:**

### **شیرها**

#### **شیر سیلندری**

سیلندرهایی ایستاده دارای یک شیر هستند که مطابق استانداردهای کشور آمریکا دارای یک فیوز حرارتی است.

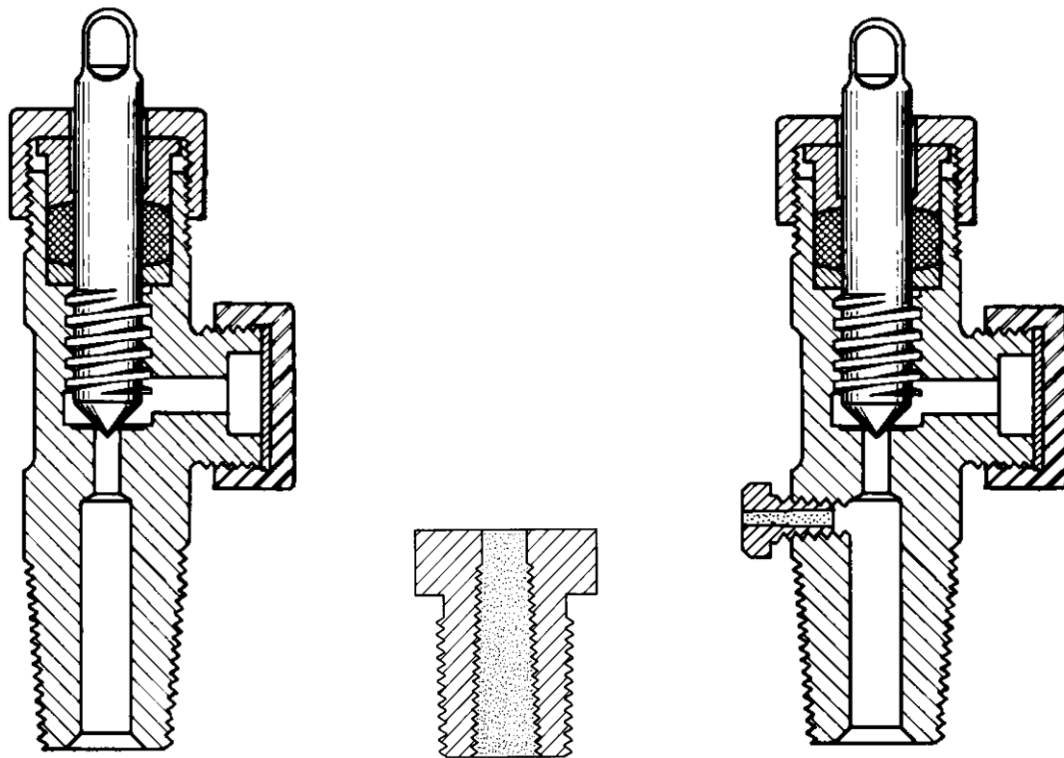
#### **شیر مخازن تنی**

از آن جاکه مطابق استاندارد آمریکا مخازن تنی در بدنه ی خود دارای این فیوز هستند این شیرها فیوز حرارتی ندارند.

#### **۹-۱-۳- فیوز حرارتی**

فیوز حرارتی در واقع قطعه ای قابل تعویض است که در مرکز خود حفره ای سراسری پر شده از فلزی قابل ذوب دارد. این فلز طوری طراحی شده است که در دمای  $165^{\circ}\text{F}$  -  $158^{\circ}\text{C}$  ( $74^{\circ}\text{C}$  -  $70^{\circ}\text{C}$ ) ذوب می شود تا هنگام افزایش دمای محیط در اثر آتش سوزی یا دیگر دلایل، با خروج گاز از مخزن تنی یا سیلندر و تقلیل فشار داخل آن، از شکافت بدنه و آزاد شدن همهی کلر داخل آن جلوگیری شود. این فیوزها فقط هنگام افزایش دما عمل می نمایند.





### شیر قطع سریع

این نوع شیرها در حالت استاندارد در واقع عمل‌گرهای برقی متصل به شفت شیر اصلی مخزن تنی یا سیلندر هستند که در هنگام نشت گاز، با دریافت فرمان از دتکتور گاز کلر، با چرخاندن شفت شیر، آن را می‌بندند. در این شیرها لوله‌ی انعطاف‌پذیر مستقیماً به شیر مخزن کلر وصل می‌شود.

در بعضی انواع پیشرفته‌ی این شیرها، سنسور روی خود عمل‌گر نصب است و نیاز به کنترل پنل خارجی وجود ندارد.

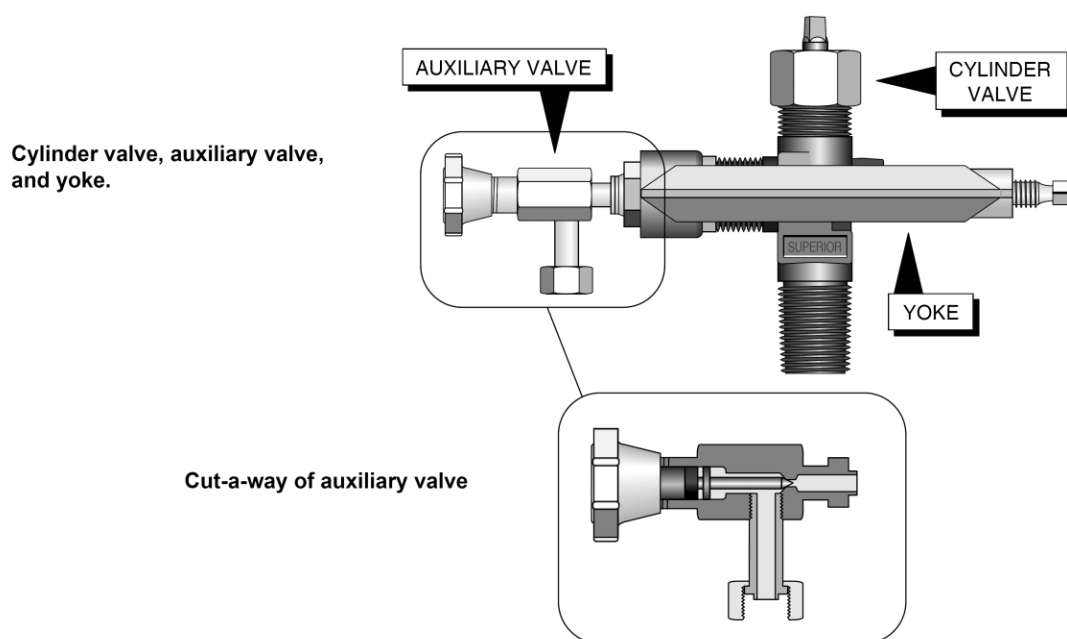
کلیه‌ی اجزای مکانیکی و الکترونیکی این عمل‌گرها باید در مقابل خوردگی ناشی از کلر مقاوم باشند. همچنین با توجه به نیروی زیاد لازم برای چرخاندن شفت شیرها، قسمت مکانیکی باید مقاوم‌تری بالا در برابر سایش داشته باشد.



یک نمونه از شیرهای قطع سریع غیر استاندارد

### شیر کمکی (Auxiliary Valve)

اولین و اصلی‌ترین شیر ایمنی در سیستم کلرزنی، شیر مخزن (تنی یا سیلندر) کلر است. شیر کمکی یک شیر سوزنی است که به جز در سیستم کلرزنی تمام خلاً - اتصال مستقیم و کیوم رگولاتور به شیر مخزن - در دیگر سیستم‌های کلرزنی برای محافظت از خط لوله روی شیر مخزن نصب می‌شود و لوله‌ی انعطاف‌پذیر به آن متصل می‌شود. به این ترتیب با بسته بودن شیر کمکی به عنوان دومین تجهیز قطع جریان گاز یا مایع کلر هنگام تعویض مخازن پر و خالی، از ورود رطوبت هوا به داخل خط لوله و خوردگی ناشی از آن جلوگیری می‌شود.



## هدر ولو

در سیستم‌هایی که دارای خط مانیفولد یا Header Line برای استفاده‌ی هم‌زمان از چند مخزن کلر هستند، لوله‌ی انعطاف‌پذیر از طریق شیری موسوم به Header Valve به خط مانیفولد متصل است. این شیر عموماً از نوع شیرهای سیلندری بوده و نیازی به استفاده از فیوز حرارتی در آن نیست. استفاده از این شیر امکان تعویض لوله‌ی انعطاف‌پذیر یک مخزن خاص یا تعویض مخزن خالی - در مواردی که از شیر کمکی استفاده نشده باشد - را بدون خروج کلر از لوله‌ها فراهم می‌سازد.

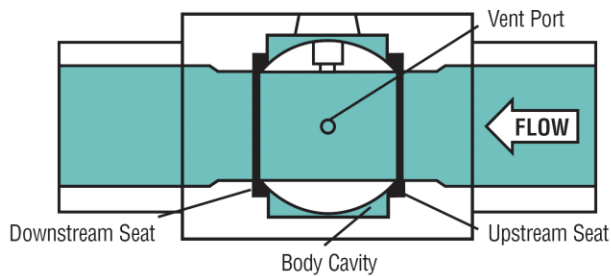
### Ball Valve

شیرهای توپی با وجود مسدود نمودن کامل مسیر عبور گاز هنگام بسته بودن، به هنگام باز بودن کامل کم‌ترین مقاومت در برابر عبور جریان گاز را ایجاد می‌نمایند. این شیرها باید به گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند فشار اضافی ناشی از انبساط کلر مایع، گیر افتاده داخل حفره‌ی توپی، هنگام بسته بودن شیر را در جهت فشار بیشتر تقلیل دهند. این کار به دو روش امکان‌پذیر است؛ نخست تعبیه‌ی سوراخ ریزی روی توپی شیر در جهت فشار بیشتر خط که امکان عبور کلر از داخل توپی به بیرون را فراهم می‌کند. به این ترتیب ضمن بستن جریان کلر به سمت خط کم فشار، کلر مایع داخل توپی گیر نخواهد کرد. روش دوم استفاده از Seatهای انعطاف‌پذیر یا قابل حرکت برای تقلیل فشار حفره‌ی شیر است.

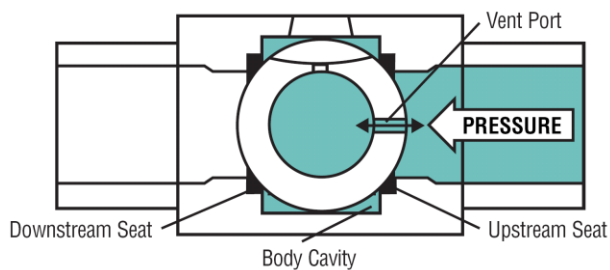
در صورت استفاده از سیت‌های فشار شکن دو مشکل ممکن است ایجاد شود. مشکل نخست عمل کرد ناقص آن‌ها به دلیل وجود ذرات ناخالصی موجود در کلر و گیر کردن آن‌ها در سیت‌ها است که حرکت یا انعطاف آن‌ها را مختل می‌نماید. مشکل دوم این است که عمل کرد تقلیل فشار سیت‌ها به فشار دو طرف بستگی داشته و فشار همیشه به سمت خط پر فشار تقلیل می‌یابد. حال اگر به هر دلیل فشار دو طرف برابر شود، عمل تقلیل فشار در هر دو سمت صورت خواهد پذیرفت. حال با توجه به این که نوع بهره‌برداری سبب شده سیت‌های یک سمت ضعیف‌تر شده باشد در صورت گیر کردن مایع کلر در حفره‌ی شیر امکان نشت از سیت ضعیف‌تر وجود خواهد داشت.

در حالتی که سوراخ به سمت خط پر فشار است، مقاومت در برابر عبور جریان هنگام بسته بودن شیر از طرف سیل‌های هر دو طرف اعمال می‌شود در حالی که اگر سوراخ به سمت بیرون باشد،

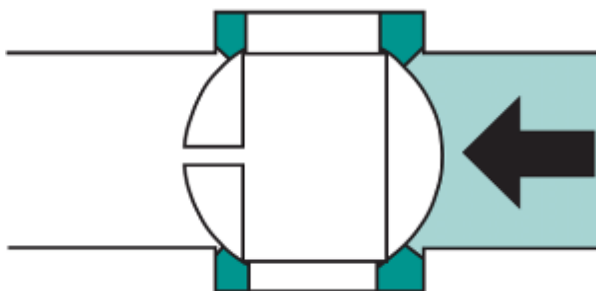
فشار خط فقط به روی سیل‌های داخلی بوده و آن قسمت سریع‌تر مستهلک می‌شود. در مجموع تعبیه‌ی این سوراخ، اصولاً گیر افتادن مایع کلر و فشار اضافی ناشی از انبساط آن را غیر ممکن می‌نماید.



VALVE OPEN



VALVE CLOSED



## انتخاب شیر

برای انتخاب همه‌ی انواع شیر باید موارد زیر در نظر گرفته شوند:

کلیه‌ی اجزای شیر باید در برابر خوردگی ناشی از کلر مایع یا گاز مقاوم باشند.

کلیه‌ی اجزای شیر باید در برابر خوردگی ناشی از کلر خشک مقاوم باشند.

اگر کلر مرطوب باشد یا احتمال ورود رطوبت هوا وجود داشته باشد، کلیه‌ی اجزای شیر باید در برابر خوردگی ناشی از کلر مرطوب مقاوم باشند.

کلیه‌ی اجزای شیر باید در برابر فشار ناشی از انبساط گرمایی کلر مایع یا گاز مقاوم باشند.

وجود احتمالی ذرات جامد یا دیگر انواع ناخالصی در کلر مایع یا گاز باید در طراحی شیرها لحاظ شده و امکان تمیز کردن شیر در زمان لازم وجود داشته باشد.

## فیلتر یا فیلتر ترپ

فیلتر در خط گاز بعد از Ball Valve و قبل از شیر فشارشکن نصب می‌شود. در صورت برداشت از فاز مایع، محل فیلتر بعد از تبخیر کننده و قبل از شیر فشارشکن خواهد بود. وظیفه‌ی فیلتر حذف ذرات جامد ناخالصی کلر یا ایجاد شده در اثر خوردگی تجهیزات قبل از فیلتر است تا از آسیب احتمالی به کلریناتور جلوگیری شود.

در برداشت از فاز گاز، ممکن است قطرات ریز کلر همراه با گاز خارج شوند یا این قطرات در اثر انبساط ناگهانی گاز در بعضی قسمت‌های مسیر ایجاد شوند. برای حذف این قطرات از سیستم‌های مختلفی نظیر فیلتر ترپ یا هیتر ترپ استفاده می‌شود. در فیلتر ترپ، که مجهز به هیتر نیز هست، با افزایش حجم مسیر جریان انبساطی ناگهانی عمده‌ی، بیش از همه‌ی انبساط‌های دیگر در خط گاز، ایجاد می‌شود تا انبساط در دیگر قسمت‌ها بی‌اثر شود. قطرات ریز مایع کلر نیز با توجه به وجود هیتر و گرم شدن گاز در محیط تبخیر خواهند شد. در طراحی برخی شرکت‌ها به ویژه در کلریناتورهایی که مستقیماً به شیر مخزن وصل می‌شوند، کلریناتور دارای یک هیتر در مسیر گاز است.

## ستون جذب

ستون جذب گاز کلر، مخزنی است حاوی مواد گرانولی جاذب کلر مانند کربن فعال یا محلول خنثی‌ساز کلر مانند سدیم تیوسولفات ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) که مسئول جذب یا خنثی‌سازی گازی است که در صورت بروز مشکل در کلریناتور از قسمت ونت آن خارج می‌شود. به این ترتیب این تجهیز یک تجهیز ایمنی است که هر چند جزو Header Line نیست اما در کنار آن نصب می‌شود. ظرفیت خنثی‌سازی و محل نصب ستون جذب بر اساس میزان مصرف و توصیه‌های شرکت سازنده تعیین می‌شوند.

## فشارسنج

این تجهیز قبل و بعد از فشارشکن برای خط پرفشار یا قبل و بعد از Differential Pressure Regulator برای خط خلأ و به منظور پایش فشار خط گاز نصب می‌شود که البته طراحی فشارسنج خلأ متفاوت است. با توجه به طراحی سیستم این فشارسنج می‌تواند عقربه‌ای ساده یا مجهز به خروجی  $4 - 20 \text{ mA}$  یا دیجیتال با خروجی  $4 - 20 \text{ mA}$  (Pressure Switch) باشد. به این ترتیب فشارسنج‌ها را می‌توان به دستگاه هشداردهنده‌ی فشار غیر عادی پایین یا بالای خط یا سیستم تعویض خط پر و خالی متصل نمود.

قسمت‌های داخلی فشارسنج باید با استفاده از دیافراگم مقاوم در برابر کلر از خط گاز جدا شوند تا با آن تماس نداشته باشند. یکی از انواع مقاوم دیافراگم‌ها، دیافراگم‌هایی هستند که از فلز تانتالیوم (Tantalum) با علامت اختصاری Ta، ساخته شده باشند.

در بعضی کلریناتورها فشارسنج عقربه‌ای روی بخشی از دستگاه نصب است.

## شیر فشار شکن

شیر فشار شکن یا Pressure Reducing Valve در حالت ابتدایی برای جلوگیری از وارد آمدن فشار اضافی به کلریناتور به کار می‌رود اما شیرهای فشارشکن پیش‌رفته با توجه به نوع طراحی و نیاز می‌توانند علاوه بر کاهش فشار، وظایف زیر را نیز انجام دهند:

ثابت نگه داشتن فشار وارد بر وکیوم رگولاتور و جلوگیری از میعان مجدد گاز از جمله عمل-کردهای شیرهای فشارشکن است. همچنین با تنظیم پیچ فشارشکن‌ها می‌توان مقدار فشار

خروجی را نیز در میزان دلخواه تنظیم کرد. در بعضی طراحی‌ها، اگر فشار بهره‌برداری از میزان تنظیمی بیشتر شود، جریان گاز قطع می‌شود.

در مواردی که برداشت از فاز مایع صورت می‌گیرد و کلر پس از تبخیر در تبخیر کننده به فشار شکن می‌رسد، می‌توان از شیر فشار شکن مجهز به عمل‌گر برقی، برای جلوگیری از ورود کلر مایع به سیستم تزریق گاز، در زمان بروز اشکال در تبخیر کننده استفاده کرد. در این صورت فرمان قطع گاز از کنترل پنل تبخیر کننده گرفته می‌شود. این نوع شیر فشار شکن با قطع برق - که خاموشی تبخیر کننده را نیز به دنبال دارد - بلافاصله مسیر عبور گاز را می‌بندد.

شیر فشار شکن با اتصال به عمل‌گر برقی‌ای که از دتکتور فرمان می‌گیرد، در هنگام نشت جریان گاز را قطع می‌کند.

### **کلریناتور**

به سری تجهیزات سیستم تزریق در خط خلأ (به جز لوله‌ها) شامل وکیوم رگولاتور، روتامتر و شیر کنترل اتوماتیک کلریناتور گفته می‌شود. بسته به نوع طراحی سیستم ممکن است این قطعات کاملاً جدا از هم و با فاصله نصب شوند، به صورت یک پک کامل در دستگاهی کامل ارائه شوند یا حتی همراه با Differential Vacuum Regulator و انژکتور به صورت کابینتی ساخته شوند. در این متن در صورت نیاز نام هر جزء از کلریناتور ذکر خواهد شد و اگر از "کلریناتور" استفاده شود، منظور همه‌ی اجزای آن خواهد بود.

### **وکیوم رگولاتور**

وکیوم رگولاتور تجهیزاتی است که خط پرفشار و خلأ را از یک‌دیگر جدا می‌سازد و به عبارتی فشار زیاد خط قبل از خود را به فشار منفی ناشی از انژکتور تبدیل می‌نماید. اگر به هر دلیل مکش گاز قطع شود، وکیوم رگولاتور مسیر جریان را مسدود می‌نماید.

اجزای سازنده‌ی وکیوم رگولاتور عبارتند از:

شیر ورودی فلزی از آلیاژهای ویژه‌ی مقاوم در برابر کلر ساخته می‌شود.

فیلتر گاز

شیر ایمنی خروج که در فشار اضافی باز می‌شود

## تنظیم کننده‌ی دیافراگمی

در برخی وکیوم رگولاتورها، شیر ورودی گاز با طراحی مناسب، دارای "residual pressure safety device" است که از تخلیه‌ی کامل سیلندر یا مخزن تنی در زمانی که انژکتور همچنان کار کرده و ایجاد خلأ می‌نماید، جلوگیری می‌کند تا در هنگام کار نکردن وکیوم رگولاتور، رطوبت هوا وارد مخزن تنی نشود. به عبارت دیگر احتمال ایجاد خلأ داخل مخازن و مکش هوای مرطوب، یا حتی آب از طریق انژکتور، به داخل مخازن از بین می‌رود. ورود رطوبت به داخل مخازن خوردگی سطح داخلی آن‌ها را در پی خواهد داشت.

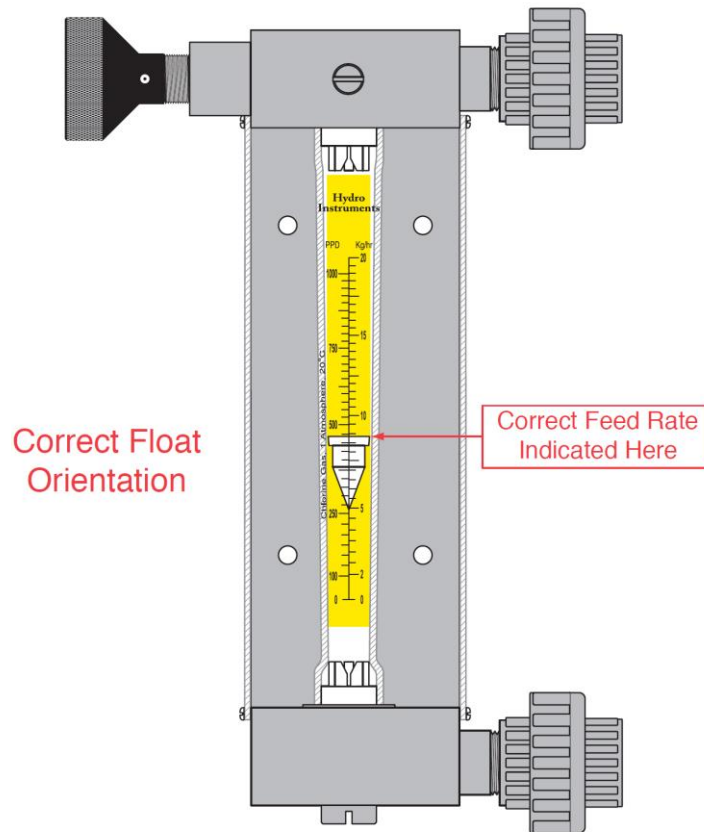
اگر سیلندر یا مخزن در اثر خلأ به طور کامل خالی شود، آشغال‌ها و ذرات جامد داخل مخزن ممکن است از طریق خط لوله وارد وکیوم رگولاتور شده و به آن آسیب وارد کنند. مقدار کلر باقی‌مانده داخل مخزن در صورت عمل کرد مطلوب و وکیوم رگولاتور قابل ملاحظه نبوده و کم‌تر از ۱٪ کل ظرفیت مخزن خواهد بود. لازم به ذکر است عمل کرد فوق‌الذکر به دلیل وجود فنری است که در فشار کم‌تر از ۲BAR شیر ورودی را می‌بندد.

## روتامتر

استوانه‌ای است مدرج و شفاف با یک گوی کروی یا نشان‌گر مخروطی که با توجه به سرعت عبور جریان گاز بالا و پایین رفته و مقدار گاز عبوری را نشان می‌دهد. با استفاده از سیر متصل به این روتامتر می‌توان میزان تزریق را به صورت دستی کنترل کرد.

در هنگام انتخاب دستگاه، علاوه بر مشخصات عمومی نظیر ظرفیت تزریق و مقاومت خوردگی و ... باید درجه‌بندی (دقت) و حداکثر خطای اندازه‌گیری نیز در نظر گرفته شود. درجه بندی معمولاً در محدوده‌ی ۵٪ ظرفیت کل و حداکثر خطا  $\pm 4\%$  در نظر گرفته می‌شود.





### وکیوم رگولاتور دیفرانسیلی

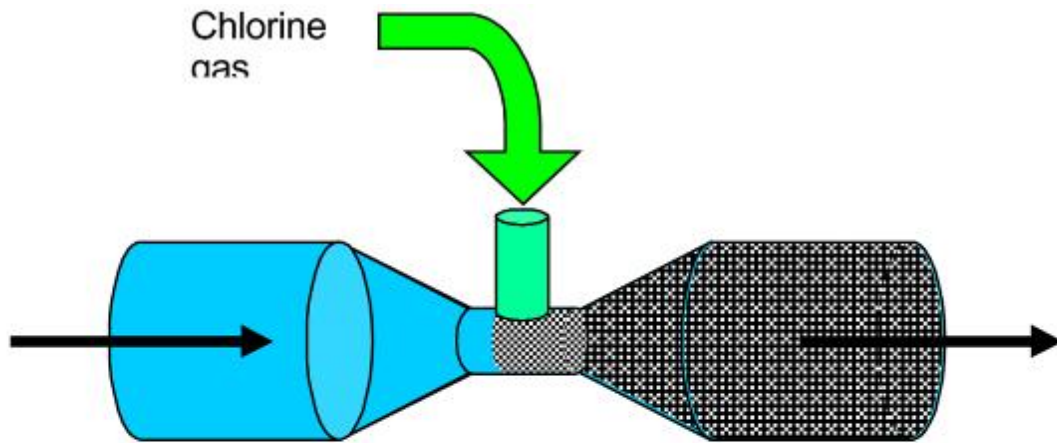
با استفاده از این تجهیز اولاً گاز با سرعتی ثابت، حتی در صورت تغییر میزان مکش انژکتور، از روتامتر عبور می‌نماید که خود به خود تنظیم دقیق‌تر جریان را به دنبال دارد. ثانیاً امکان انتخاب انژکتوری اقتصادی‌تر فراهم می‌شود و بهره‌برداری با خلأ کم‌تر صورت می‌گیرد.

### انژکتور یا اجکتور

تجهیزی است که خلأ لازم برای بهره‌برداری از سیستم کلرزی را فراهم کرده و کلر را با آب مخلوط می‌کند. این تجهیز بر اساس قانون برنولی عمل می‌کند. مطابق این قانون اگر سرعت جریان سیال در مسیر عبور به دلیل کاهش در مساحت سطح مقطع عبور زیاد شود، فشار آن در آن نقطه کم خواهد شد.

معادله‌ی برنولی

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$



Water inlet	Injector	Chlorine solution outlet
Pressure $p_1$ Cross-sectional area $A_1$	Pressure $p_2$ Cross-sectional area $A_2$	Pressure $p_1$ Cross-sectional area $A_1$

انتخاب انژکتور بر اساس میزان تزریق کلر انتخاب می‌شود. دبی آب ورودی با توجه به نمودارهای خاص هر انژکتور که توسط شرکت سازنده‌ی آن‌ها ارائه می‌شود انتخاب می‌شود. این نمودارها با توجه به نوع انژکتور، مقدار تزریق کلر و فشار برگشتی رسم می‌شوند.

فشار برگشتی فشاری است که آب باید بر آن غلبه کند تا بتواند علاوه بر عبور با سرعت مناسب از انژکتور و ایجاد مکش کافی، آب کلر دار را نیز به محل تزریق منتقل نماید. فشار برگشتی به عواملی نظیر ارتفاع مخزن یا محل تزریق، فشار خطی که کلر باید به آن تزریق شود و همچنین اصطکاک بین جریان آب و لوله‌های انتقال (افت فشار در خط) بستگی دارد.

در هنگام نصب باید توجه داشت که وجود فشار برگشتی و به عبارتی مانع برای ایجاد مکش الزامی است از این رو حتی در مواردی که تزریق مستقیماً به مخزن یا کانال روباز صورت می‌گیرد، باید با ایجاد یک تا پس از انژکتور، مانع پیش‌گفته را ایجاد کرد.

برای فشار برگشتی بالا باید انژکتور مقاوم (پرفشار) استفاده نمود.

### بوستر پمپ

اگر فشار آب ورودی به انژکتور برای ایجاد مکش کافی نباشد یا منبع آب ورودی از همان خطی باشد که تزریق باید به آن صورت گیرد، باید با استفاده از پمپ فشار را تقویت کرد. انتخاب پمپ

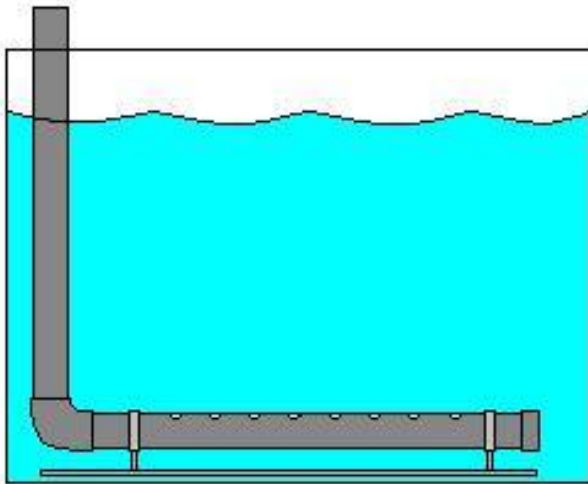
باید بر اساس دبی و فشار مورد نیاز انجام شود. در هنگام انتخاب پمپ باید مقاومت مکانیکی خود پمپ و اجزای آن در برابر فشار ورودی نیز در نظر گرفته شود و در صورت نیاز از پمپ پرفشار استفاده نمود.

محل آب‌گیری برای پمپ باید از کناره‌ی خط لوله‌ی اصلی و به شورت افقی باشد تا هوا (از بالا) یا رسوب (از کف لوله) وارد نشود.

### **دیفیوزر به مخزن یا خط لوله**

به منظور اختلاط کامل محلول غلیظ کلر با آب از تجهیزاتی به نام دیفیوزر استفاده می‌شود. این تجهیز این امکان را فراهم می‌کند که محلول غلیظ به جای تزریق در یک نقطه، داخل خط لوله‌ی اصلی یا کانال یا مخزن روباز منتشر شود. از آن‌جا که اختلاط کلر با آب در انژکتور اختلاطی اجباری در اثر مکش انژکتور بوده است و کلر در آب حل نشده است، در هنگام تزریق ناگهانی به خط اصلی یا کانال، بدون استفاده از دیفیوزر، قبل از انحلال در توده‌ی آب مقداری از آن به صورت حباب خارج خواهد شد.

استفاده از دیفیوزر در تزریق به خط لوله، علاوه بر مورد فوق، فرآیند تزریق و غلبه بر فشار خط را نیز تسهیل می‌نماید. این دیفیوزر باید از کنار وارد خط لوله شود. همچنین دیفیوزرهای تزریق به خط باید علاوه بر نازل که به اندازه‌ی ۳۰٪ قطر لوله‌ی اصلی وارد آن شوند، باید مجهز به شیر یک طرفه و بندی برای مهار لوله‌ی ورودی در زمان شکست احتمالی باشند که کلاً Corporation Stop نامیده می‌شود و وجود آن برای خارج کردن دیفیوزر هنگام تعمیر بدون نیاز به قطع آب خط لوله الزامی است.





## آنالایزر

تجهیزی است برای سنجش میزان کلر باقی مانده که قابلیت انتقال داده‌ها جهت کنترل اتوماتیک میزان تزریق یا دیگر موارد کنترلی را داراست. توضیحات بیشتر در بخش روش‌های اندازه‌گیری ارائه شده‌اند.

## مخزن انبساط

بسته به نوع طراحی، باید یک یا چند مخزن انبساط در خط مایع کلر قرار گرفته باشند تا در زمان لازم از افزایش بیش از حد فشار خط ممانعت به عمل آورند. حجم این مخازن باید به اندازه‌ای باشد که بتواند کل گاز تولیدی در اثر تبخیر کلر مایع گیر افتاده در خط مانیفولد، مثلاً در زمان بسته شدن همه‌ی شیرها، را در خود جا دهد. دهانه‌ی این مخازن با صفحه‌ای به نام Rapture Disk پوشانده شده است و اگر فشار خط از حد تعیین شده، معمولاً ۴۰۰ psi، بالاتر رود این صفحه پاره شده و با ورود گاز یا مایع کلر به مخزن انبساط، از فشار خط کاسته می‌شود.

## دستگاه تبخیر کننده

تبخیر کننده تجهیزاتی است که در مقدار بالای مصرف یعنی زمانی که مجبور به برداشت از فاز مایع کلر هستیم کاربرد دارد و وظیفه‌ی تبخیر مایع کلر را بر عهده دارد. محل نصب تبخیر کننده پس از مخزن انبساط و قبل از فیلتر است.

نحوه‌ی عمل کرد تبخیر کننده بر اساس عبور جریان مایع از محیط گرم (مبدل حرارتی) است که با انتقال کنترل شده‌ی گرما موجب جوشیدن کلر مایع می‌شود. منبع گرما ممکن است بخار یا آب داغ، روغن داغ یا هیترهای الکتریکی باشد که هر کدام سیستم‌های کنترل فرآیندی و کنترل خوردگی خاص خود را دارا است.

میزان عبور و تبخیر کلر مایع بستگی به میزان مصرف دارد. با افزایش میزان مصرف، مایع بیشتری وارد ظرف تبخیر شده و ارتفاع مایع در آن بالاتر می‌رود. این افزایش ارتفاع خودبه‌خود افزایش سطح تماس با حداره‌ی ظرف را بالا برده و گرمای مبادله شده یا همان میزان تبخیر نیز افزایش می‌یابد. افزایش میزان مصرف به مقداری بالاتر از ظرفیت تبخیر کننده می‌تواند موجب عبور قطرات مایع همراه با گاز خروجی شده و به تجهیزات تزریق آسیب وارد نماید.

وقتی میزان مصرف کاهش می‌یابد، فشار در خط گاز بالا می‌رود. به این ترتیب زمانی که فشار به بیش از فشار داخل مخازن برسد مایع داخل تبخیر کننده را به سمت مخزن برمی‌گرداند که موجب کاهش ارتفاع مایع در ظرف تبخیر و در نتیجه سطح مبادله‌ی حرارتی می‌شود.

با توجه به میزان مصرف کلر، منبع کلر (مثلاً انتقال کلر مایع از مخزنی ۳۰ تنی و از طریق پمپ) و دیگر شرایط عملیاتی باید عمل کرده‌ای کنترلی خاص آن شرایط اعمال شود.

محل نصب تبخیر کننده باید به گونه‌ای باشد که اولاً از عوامل خوردنده‌ی خارجی مانند گازها یا محلولهای اسیدی و دیگر عوامل آسیب‌زننده نظیر برخورد خودروی حمل مخزن کلر و ... محافظت شده باشد و ثانیاً در شرایط اضطراری یا به منظور تعمیر در دسترس باشد. در هر حال بهتر است به منظور به حداقل رساندن طول خط کلر مایع، تبخیر کننده تا حد ممکن نزدیک به مخازن نصب شود.

تبخیر کننده‌ها از نظر نوع تبادل حرارت به چهار دسته تقسیم می‌شوند. (برای توضیح بیشتر مراجعه کنید به جزوه‌ی شماره‌ی ۹ انجمن کلر آمریکا تحت عنوان CHLORINE VAPORIZING SYSTEMS)

## باسکول

در بعضی از سیستم‌های طراحی برای پایش مقدار کلر موجود در مخازن از باسکول استفاده می‌نمایند. همچنین برخی از سیستم‌های تعویض خط نیز بر اساس جرم کلر باقی‌مانده در مخازن

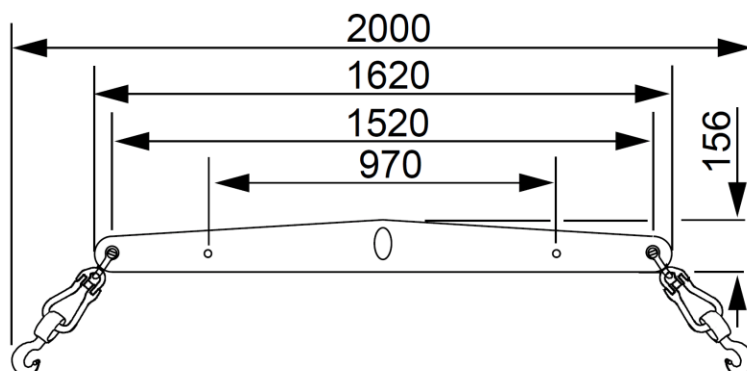
و با فرمان‌گیری از باسکول عمل می‌نمایند. باسکول نیز مانند دیگر تجهیزات کلرزنی باید در برابر خوردگی ناشی از نشت احتمالی کلر مقاوم باشد.

### پایه

برای جلوگیری از حرکت‌های ناخواسته‌ی مخازن تنی باید آن‌ها را روی پایه‌هایی استاندارد قرار داد. این پایه‌ها علاوه بر نگه‌داشت مخزن تنی در ارتفاع معینی از سطح زمین برای جلوگیری از تماس با کف و همچنین ایجاد فضای مناسب برای تبادل گرما در زیر مخزن، باید دارای چرخ‌های باشند تا بتوان در صورت لزوم (از جمله تنظیم امتداد مناسب شیرها یا ایجاد سوراخ در قسمت پایینی مخزن)، مخزن را چرخاند.

### جرثقیل

به جز لیفتراک، برای حمل مخازن تنی کلر می‌توان از جرثقیل‌های سقفی (ترجیحاً) برقی با ظرفیت ۳ تن مجهز به بیم استاندارد استفاده نمود. استفاده از زنجیر دارای قلاب توصیه نمی‌شود.



### هیپوکلریناتورها

هیپوکلریت‌ها نمک‌های اسید هیپوکلرو هستند که به دو نوع خشک و مایع در دسترس هستند. هیپوکلریت‌ها در آب تعادل شیمیایی‌ای همانند گاز کلر ایجاد می‌نمایند که البته به دلیل قلیایی بودن محلول هیپوکلریت و وابستگی مقدار HOCl و ClO<sup>-</sup> به pH آب، نسبت این دو گونه در تعادل هیپوکلریتی متفاوت از تعادل گاز کلر در آب خواهد بود.

کلسیم هیپوکلریت بیشتر به صورت پودر، گرانول یا قرص‌های جامد تولید می‌شود اما سدیم هیپوکلریت به صورت محلول در آب و با درصد خلوص‌های متفاوت به فروش می‌رسد.

درصد کلر در دسترس که برای ترکیبات هیپوکلریتی تعریف می‌شود برابر با درصدی از ترکیب است که قدرت اکسید کنندگی معادل با همان مقدار کلر گازی شکل دارد. به عنوان مثال کارایی یک کیلوگرم کلسیم هیپوکلریت با درصد کلر در دسترس ۶۵ به عنوان عامل گندزدا در آب، معادل با کارایی ۶۵۰ گرم گاز کلر می‌باشد. انتخاب نوع ماده به عوامل مختلفی نظیر مقدار مصرف، هزینه، ایمنی، تجهیزات در دسترس و ... بستگی دارد. ترکیبات هیپوکلریتی بیشتر در شبکه‌های محلی و کوچک یا مواقع اضطراری به کار برده می‌شوند. در هر حال گاز کلر ارزان‌ترین و گسترده‌ترین گندزدای پایه‌ی کلر مصرفی است. به جز مواردی که ترتیبات ایمنی ایجاب نماید، هیپوکلریت‌ها برای گندزدایی شبکه‌ی توزیع آب با بیش از ۵۰۰۰ مصرف‌کننده استفاده نمی‌شوند.

### سیستم‌های کنترل تزریق میزان کلر

کلیدهای سیستم‌های کنترلی علاوه بر خطوط ارسال داده دارای سه بخش اساسی دستگاه سنجش، پردازنده و عمل‌گر می‌باشند.

در سامانه‌های کلرزی آف‌آ، دو متغیر اصلی مؤثر بر میزان کلر باقی‌مانده، دبی آب و کیفیت آن می‌باشد به این ترتیب پایش اتوماتیک سیستم کلرزی از طریق اندازه‌گیری‌گیری این دو متغیر، ارسال داده‌ها به پردازنده و در نهایت تنظیم میزان تزریق از طریق شیر اتوماتیک می‌باشد. متغیر دیگری که در میزان کلر باقی‌مانده مؤثر است، محل تزریق می‌باشد به عبارت دیگر فرآیند تزریق به خط لوله و کنترل آن با تزریق به مخزن آبی که به عنوان یک Contact Tank عمل می‌کند متفاوت است. به این ترتیب با توجه به شرایط مختلف، شش حالت کنترلی زیر قابل طراحی است:

### کنترل دستی

به صورت دستی و پس از اطلاع از میزان کلر باقی‌مانده، توسط بهره‌بردار صورت می‌گیرد. کاربرد این روش زمانی است که تغییرات دبی یا کیفیت آب به ندرت رخ دهند.

### کیفیت آب ثابت و دبی متغیر

در این حالت تنها از یک دبی‌سنج برای سنجش دبی استفاده نموده و لوپ کنترلی فقط به تغییرات دبی حساس است. تغییر دبی قبل از قسمت تزریق سنجیده شده و به پردازش‌گر می‌رسد

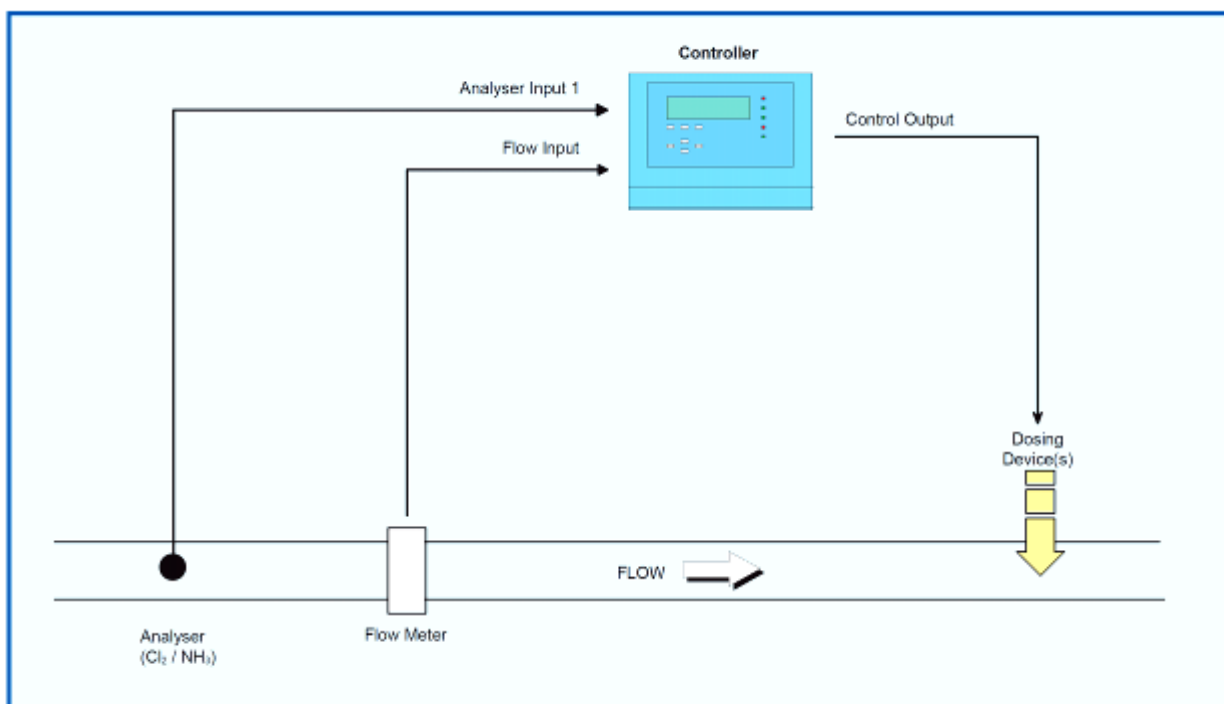


سپس فرمان لازم توسط پردازش‌گر با توجه به Setpoint تنظیم شده از قبل، به قسمت تزریق ارسال می‌شود.

ممکن است ورودی از دو خط لوله‌ی مختلف وارد شود که قبل از محل تزریق با هم مخلوط شده باشند. در این حالت ممکن است از دو دبی‌سنج و پردازش‌گر با قابلیت جمع کردن این دو استفاده کرد.

### دبی و کیفیت آب متغیر با سنجش قبل از محل تزریق

در برخی موارد مانند انتقال آب از فواصل زیاد از طریق خط لوله همراه با کلرزنی اولیه می‌توان علاوه بر دبی، کلر باقی‌مانده‌ی ورودی را نیز قبل از محل تزریق اندازه‌گیری کرد و از داده‌های حاصل برای کنترل میزان تزریق استفاده نمود. دیگر کاربرد این روش آنالیز آمونیاک موجود در آب ورودی و تنظیم کلر تزریقی بر اساس آن است.



3. Dual feed forward control (Ratio Control)

### دبی آب ثابت و کیفیت آن متغیر

در این حالت کنترل بازخوردی تک‌سنجشی خواهیم داشت، به این معنی که با نمونه‌گیری از محلی مناسب که اختلاط کلر با آب در آن کامل شده باشد و سنجش میزان کلر باقی‌مانده، اطلاعات به پردازش‌گر می‌رسد سپس فرمان لازم توسط پردازش‌گر با توجه به Setpoint تنظیم

شده از قبل، به قسمت تزریق ارسال می‌شود. محل نمونه‌گیری باید کم‌ترین فاصله‌ی ممکن، به شرط اختلاط کامل، را با محل تزریق داشته باشد تا زمان پاسخ به تغییرات نیز به حداقل برسد.

### **دبی و کیفیت آب متغیر با سنجش کلر باقی‌مانده بعد از محل تزریق**

در این حالت دبی‌سنج قبل از محل تزریق و نمونه‌گیر برای آنالایزر کلر باقی‌مانده در فاصله‌ی مناسب بعد از محل تزریق نصب می‌شوند. با ارسال داده‌های این دو ابزار سنجش و پردازش آن‌ها به روش "fuzzy logic control"، میزان کلر تزریقی تنظیم شده و اثر تغییر دبی و کیفیت آب به سرعت کنترل و از نوسان میزان کلر باقی‌مانده جلوگیری می‌شود.

### **دبی و کیفیت متغیر و کلر زنی به Contact Tank**

در این حالت از سه ابزار سنجش استفاده می‌شود که عبارتند از دبی‌سنج آب ورودی، آنالایزر کلر باقی‌مانده‌ی اولیه با نمونه‌گیر در کوتاه‌ترین فاصله از محل تزریق پس از اختلاط کامل و آنالایزر کلر باقی‌مانده‌ی ثانویه با نمونه‌گیر در انتها یا خروجی Contact Tank یا محلی که زمان ماند مناسب جهت تأثیر کامل کلر بر آلاینده‌ها را تأمین کرده باشد.

## **بهره‌برداری از تجهیزات کلر زنی:**

### **تعیین مقدار تزریق**

مقدار تزریق کلر طی دو مرحله تنظیم می‌شود. در مرحله‌ی اول با صرفه‌نظر از وجود آلودگی‌های احتمالی و خالص در نظر گرفتن آب، از طریق فرمول زیر مقدار تزریق محاسبه می‌شود؛

$$Q \text{ (M}^3\text{/h)} \times C \text{ (ppm)} = m \text{ (g/h)}$$

Q دبی آب ورودی، C کلر باقی‌مانده‌ی مورد نظر و m مقدار تزریق می‌باشد.

استاندارد کلر باقی‌مانده بر حسب محل مصرف (آب آشامیدنی، استخر، ضد جلبک و ...) متفاوت است. استاندارد ملی ایران برای کلر آزاد ppm ۰/۸ - ۰/۲ است. این مقدار همان Setpoint لازم برای پردازش‌گر سیستم کنترلی است.

در مرحله‌ی بعد با اعمال روش‌های کنترلی پیش‌گفته که با توجه به شرایط انتخاب شده تصحیح لازم اعمال می‌شود.

## تعویض مخازن

اساسی ترین و اولین اقدام در بهره‌برداری صحیح از سیستم‌های کلرزی، حفظ ایمنی و سلامتی است.

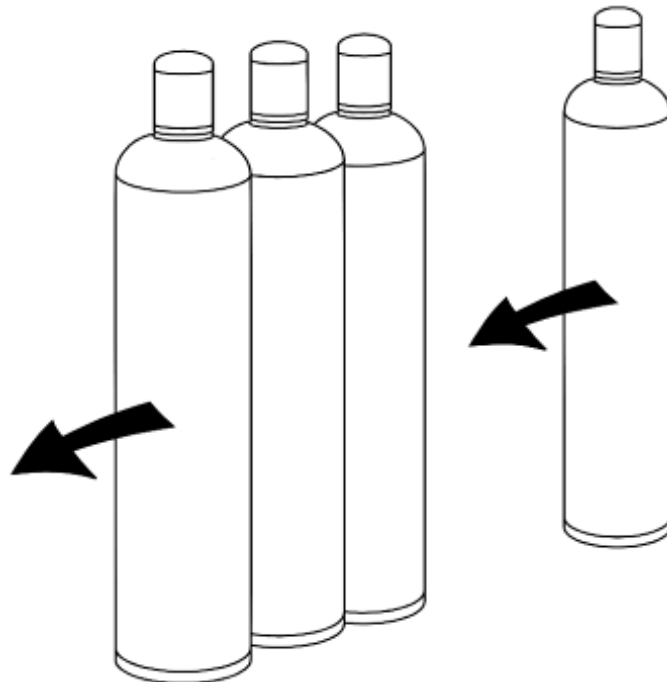
هنگام حضور در اتاق کلرزی برای تعویض کپسول‌ها باید از لوازم حفاظت فردی استفاده نموده و سیستم‌های تنفسی باید در دسترس باشند. به علاوه باید آچار مخصوص شیرهای مخازن و بطری آمونیاک برای تست نشت همراه بهره‌بردار باشند.

انبارش سیلندرها و ترتیب استفاده از آن‌ها باید به گونه‌ای باشد که به ترتیب ورود و قبل از رسیدن تاریخ الزامی تست جدید مصرف شوند.

شیر مخزن تنی یا سیلندر را در جهت عقربه‌های ساعت بسته و از بسته شدن آن‌ها اطمینان حاصل نمایید.

شیر روتامتر را باز کنید تا گاز بتواند عبور کند.

با ادامه یافتن کار انژکتور و با خلأ ناشی از آن گاز داخل خط لوله تخلیه خواهد شد. پایین افتادن گوی یا استوانه‌ی داخل روتامتر و علامت قطع گاز روی و کیوم رگولاتور به علاوه‌ی رسیدن فشار خط به  $0 \text{ psig}$  نشان‌دهنده‌ی تخلیه‌ی خط از گاز یا قطرات مایع است.



شیر روتامتر را ببندید و حدود ۵ دقیقه صبر کنید تا از باقی ماندن علامت و کیوم رگولاتور در حالت خالی اطمینان حاصل نمایید. اگر این علامت به حالت پر برگردد نشان دهنده‌ی بسته نبودن شیر مخزن یا وجود نشت در خط خلأ است.

پس از اطمینان از خالی شدن خط، و کیوم رگولاتور (در سیستم تمام خلأ) یا شیر کمکی (در سیستم پرفشار) را به دقت از شیر مخزن جدا کنید. درپوش خروجی شیر و درپوش محافظ شیر (در سیلندر) یا شیرها (در مخزن تنی) را در جای خود ببندید و محکم کنید.

مخزن قبلی را از خط خارج کرده، با مخزن جدید جای‌گزین کنید و آن را به محل مناسب انبار کنید.

سیلندر جدید باید به نحوی در محل خود قرار گیرد که خروجی شیر سیلندر به طرف و کیوم رگولاتور یا شیر کمکی باشد.

با چرخاندن مخزن روی چرخ‌های پایه، امتداد شیرهای مخازن تنی نیز باید به صورت عمود بر زمین تنظیم شود. شیر بالایی مخصوص برداشت از فاز گاز و شیر پایینی برای برداشت از فاز مایع است.

با استفاده از زنجیر یا بند، سیلندر را به دیوار محکم کنید.

پس از تست عدم وجود نشت، درپوش محافظ روی شیرها را بردارید.

پس از اطمینان از بسته بودن شیر و اطمینان از عدم وجود نشت، درپوش خروجی شیر را به آرامی باز کنید. اگر با وجود بسته بودن شیر، نشت از هر قسمت از شیر وجود داشت درپوش را دوباره روی آن ببندید، آن را از مدار خارج کنید و ضمن علامت‌گذاری (شیر خراب است) و یادداشت مشخصات آن، آن را به کارخانه‌ی پرکننده برگردانید.



از تمیز بودن سطح خارجی شیر و نبودن چرک روی آن و همچنین گرفته نبودن سوراخ خروجی شیر اطمینان حاصل کنید. در صورت لزوم با رعایت مسائل ایمنی و ضمن استفاده از لوازم حفاظت فردی، به آرامی شیر و اطراف آن را با فرچه‌ی سیمی تمیز کنید و با بازدید چشمی از عدم وجود ترک یا سوراخ ریز روی آن مطمئن شوید.

از سالم بودن رزوه‌های پیچ شیر و همچنین دهانه‌ی خروجی آن و نبود آثار ضربه و فرورفتگی به نحوی که گازبند کردن آن‌ها را هنگام بستن مهره یا یوک با اخلاص مواجه می‌کند، اطمینان حاصل کنید.

واشر قبلی را دور انداخته و واشر جدید و سالم را در جای خود قرار دهید. استفاده‌ی مجدد از واشر کهنه موجب بروز نشت خواهد شد.

با استفاده از واشر نو، وکیوم رگولاتور یا شیر کمکی را در جای خود بسته و محکم کنید.

در صورت نیاز و به منظور جلوگیری از چرخیدن خود شیر، از دو آچار استفاده نمایید.

نباید با فشار بیش از اندازه اتصالات را گازبند کرد چرا که ممکن است موجب وارد شدن آسیب به بدنه‌ی شیر گردد. اگر با پیچاندن معمولی یوک یا مهره، اتصال گازبند نشد ممکن است رزوه یا دهانه‌ی شیر، مهره یا یوک مشکل داشته باشند.

پس از اطمینان از بسته بودن شیر کمکی، شیر مخزن را به اندازه‌ی  $\frac{1}{4}$  دور باز کرده و بلافاصله ببندید و با استفاده از بخار آمونیاک از عدم وجود نشت در اتصالات مطمئن شوید. در صورت وجود نشت با باز کردن شیر روتامتر و وارد مدار کردن انژکتور، خط را تخلیه کنید.

در صورت استفاده از چند مخزن و خط مانیفولد، رویه‌ی فوق را برای هر مخزن تکرار نمایید.  
**محل هر نوع نشت احتمالی مشاهده شده را قبل از آغاز بهره‌برداری محکم و یا در صورت لزوم تعمیر کنید.**

اگر نشتی مشاهده نشد شیر مخزن را به اندازه‌ی  $\frac{1}{4}$  دور باز کرده و در حالی که آچار هنوز روی آن است دوباره تست نشت را برای کل مسیر خط پرفشار از شیر مخزن تا وکیوم رگولاتور انجام دهید.

قبل از شروع به کار از آموختن کامل مراحل اطمینان حاصل کنید.

**در هنگام شروع به کار سیستم باید ابتدا انژکتور شروع به کار نماید و شیرها از آخر به اول باز شود یعنی شیر مخزن آخرین شیر باشد.**

**برای قطع گاز باید ابتدا شیر مخزن را بسته و پس از اطمینان از تخلیه‌ی خط، انژکتور از مدار خارج شود.**

در صورت مجهز بودن وکیوم رگولاتور یا فیلتر به هیتز، آن را ۱۵ دقیقه قبل از باز کردن شیر روشن کنید.

در صورت وجود سیستم تعویض خط در مسیر، پس از انجام تست برای کلیه‌ی اجزای آن، فشار خط را با بستن شیر قبل از آن به صفر رسانده و عمل کرد صحیح آن را بیازمایید. در صورت درست کار کردن سیستم تعویض خط، شیر را باز کنید.

در صورت اطمینان از عمل کرد صحیح کلیه‌ی تجهیزات و عدم وجود نشت در آن‌ها و کافی بودن فشار خط و عمل کرد صحیح انژکتور می‌توان مقدار تزریق را تنظیم و بهره‌برداری را آغاز کرد.

در هنگام تعویض مخازن باید از ورود رطوبت هوا به خط لوله ممانعت به عمل آورد.

## گیر کردن شیر

در صورت مواجه شدن با شیری که گیر کرده و یا به سختی بسته می‌شود موارد زیر را انجام دهید:

- مراتب را به مقام مسئول و کارخانه‌ی پرکننده‌ی مخزن اطلاع دهید.
- با تست آمونیاک از عدم نشت در شیر و اتصالات آن مطمئن شوید.
- با تکه پارچه‌ای مناسب اطراف و روی شیر را بپوشانید و یک کتری آب گرم را طی یک تا دو دقیقه روی آن خالی کنید.

پارچه را برداشته و با ملایمت شیر را ببندید.

دو مورد فوق را تا بسته شدن کامل شیر ادامه دهید.

آنرا از مدار خارج کنید و ضمن علامت‌گذاری (شیر خراب است) و یادداشت مشخصات آن، آنرا به کارخانه‌ی پرکننده برگردانید.

برای باز کردن شیر، آچار را در محل قرار دهید و آنرا در جهت خلاف عقربه‌های ساعت باز کنید. در صورت نیاز به فشار اضافی و سفت بودن شیر به ترتیب زیر عمل کنید:

آچار را در جای خود قرار دهید.

با قرار دادن دست چپ روی آچار و شیر، آنرا نگه دارید.

با دست راست ضربه‌ای به آن وارد کنید تا شیر باز شود.

از فشار اضافی بپرهیزید چرا که ممکن است موجب شکستن قسمتی از شیر یا باز شدن محل اتصال آن به مخزن شود.

به منظور انجام هر نوع رفع نشت یا تعمیر محل نشت باید از افراد ماهر و مجهز به سیستم

تنفسی و لباس ضد کلر کمک گرفت.

## سرویس و نگهداری تجهیزات کلرزی

تجهیزات کلرزی، به مانند هر تجهیز صنعتی دیگر، نیازمند انجام به موقع عملیات نگهداری و تعمیرات (نت) می‌باشند.

عملیات نگه‌داری پیش‌گیرانه به صورت مدون و برنامه‌ریزی شده برای جلوگیری از مختل شدن سیستم به دلیل از کار افتادن یک تجهیز انجام می‌شود. برنامه‌ی نت ارائه شده از سوی سازنده‌ی دستگاه به عنوان اولین برنامه‌ی عملیاتی هر دستگاه تلقی می‌شود. البته این برنامه با توجه به شرایط عملیاتی نظیر خلوص آب و کلر که به ترتیب بر عملکرد انژکتور و تجهیزات خط گاز تأثیر دارند و تجربیات مدون و مستند شده توسط کاربران مجرب هر دستگاه قابل اصلاح می‌باشند.

### **تمیز کردن**

ساده‌ترین و شاید اصلی‌ترین عملیات نگهداری تجهیزات کلرزی، تمیز کردن به موقع تجهیزات است چرا که وجود ذرات ناخالصی یا ذرات جامد ناشی از خوردگی لوله‌ها اصلی‌ترین عامل آسیب یا گرفتگی تجهیزات می‌باشند.

### **جلوگیری از ورود عوامل مخرب**

عوامل دیگری که به شدت به تجهیزات کلرزی آسیب وارد می‌کنند، قطرات مایع کلر و رطوبت هستند. از این رو بهره‌برداری در شرایط استاندارد برای جلوگیری از ورود این دو مورد به خط لوله الزامی است.

### **اجرای به موقع برنامه‌ی PM**

مورد سوم که باید ضمن عملیات نت رعایت شود، تعویض به موقع قطعات تعویضی، قبل از از کار افتادن کامل، است. یکی از اصلی‌ترین عوامل مختل‌کننده‌ی این مرحله، تأمین نشدن به موقع قطعات یدکی یا ابزار خاص تعمیراتی است. از این رو پیشنهاد می‌شود در مرحله‌ی خرید هر یک از تجهیزات، کیت تعمیراتی آن تجهیز شامل قطعات تعویض‌پذیر مطابق برنامه‌ی نت ارائه شده از سوی سازنده، برای مصرف یک سال، به همراه ابزارهای خاص تعمیراتی نظیر آچارهای خاص، نیز خریداری شود. از نظر هزینه نیز خرید این کیت‌ها به همراه دستگاه مقرون به صرفه‌تر از خرید آن‌ها به صورت تفکیک شده است.

### **انتخاب درست تجهیزات**

ضمناً هنگام خرید دستگاه نیز باید به مواردی نظیر انتخاب درست تجهیز با توجه به شرایط عملیاتی، خرید از شرکت معتبر و مسئولیت‌پذیر، لحاظ شدن دوره‌ی ضمانت و خدمات پس از



فروش با مدت کافی در قرارداد، لحاظ شدن دوره‌ی آموزشی کافی در قرارداد و تعریف کامل اصطلاحاتی نظیر نصب و راه‌اندازی و ... توجه داشت.

## تشریح حوادث احتمالی و مقابله با آن‌ها:

### مخاطرات موجود

#### حملات تروریستی

حملات ۱۱ سپتامبر نشان دادند که تروریست‌ها قادرند از هر راهی به مردم و زیرساخت‌های اساسی یک کشور آسیب جدی وارد نمایند. این حملات شیوه‌های غیر قابل تصور و غیر قابل باوری را دربر می‌گیرند که ممکن است آسیب‌های انسانی، اجتماعی و سیاسی جبران‌ناپذیری را بدنبال داشته باشند. یکی از انواع این حملات می‌تواند حملات شیمیایی یا میکروبی و همچنین حمله به مراکز تولیدکننده یا مصرف‌کننده‌ی مواد شیمیایی باشد. حال اگر این مراکز در اماکن پرجمعیت داخل شهرها یا نزدیک به مراکز حساس جمعیتی و سیاسی مانند فرودگاه‌ها، ایستگاه‌های مترو یا وزارت‌خانه‌ها باشند، حملات تروریستی منجر به نشت مواد شیمیایی سمی از نظر خسارات وارده می‌توانند گشتار جمعی و پیامدهای سیاسی فوق‌العاده سنگینی را به بار آورند. گاز کلر از جمله مواد بسیار سمی است که در حال حاضر در سراسر جهان به عنوان مهم‌ترین ماده‌ی گندزای آب آشامیدنی و استخرهای شنا به کار برده می‌شود. سمیت فوق‌العاده بالا به علاوه‌ی قدرت نشر فراوان، می‌توانند عواملی باشند برای تبدیل ایستگاه‌های کلرزی به اهداف تروریستی. به این ترتیب یکی از مهم‌ترین مراحل در بهره‌برداری ایمن از سامانه‌های کلرزی، تدوین و اجرای برنامه‌های حفاظت پیرامونی است. مرحله‌ی بعدی تدوین برنامه‌ی واکنش سریع برای مواقع اضطراری است.

الزامات حفاظت پیرامونی از سامانه‌های کلرزی:

وجود برنامه‌ی تدوین شده برای حفاظت پیرامونی

اجرای کامل و دقیق برنامه‌ی حفاظت پیرامونی و استفاده از تجهیزات لازم

آموزش و تمرین برنامه‌ی حفاظت پیرامونی بین کارکنان برای آگاه بودن آن‌ها از برنامه و اصلاح آن بر اساس تجربیات جمعی

بازرسی تجهیزات و زیر نظر داشتن برنامه توسط مشاوران متخصص یا ارگان‌های نظارتی قانونی

کنترل دسترسی به تجهیزات کلرزی؛ برنامه‌ی حفاظت پیرامونی باید شامل محدودیت برای دسترسی افراد به ساختمان و تجهیزات کلرزی باشد و تنها افراد مجاز قادر به ورود به این محل‌ها باشند. همچنین باید رفت و آمد خودروها کاملاً کنترل شده باشد تا از برخورد آن‌ها با مخازن، خط لوله یا دیگر تجهیزات کلرزی جلوگیری شود.

### **پراکندگی ایستگاه‌های کلرزی آب در سطح شهر**

تعداد بسیار زیاد از مراکز کلرزی شامل تصفیه‌خانه‌های آب و مخازن آب متعلق به شرکت‌های آب و فاضلاب، آبرسانی‌های خصوصی و استخرهای شنا که در سطح شهر پراکنده‌اند به همراه مشخص نبودن محل بسیاری از آن‌ها (به جز اماکن متعلق به آبفا) باعث شده که به ویژه در مورد اماکن خصوصی یا شخصی نظارتی بر استاندارد بودن ایستگاه‌های کلرزی وجود نداشته باشد. از طرف دیگر با توجه به بافت جمعیتی متراکم بعضی شهرها نظیر تهران، این منابع بسیار نزدیک به اماکن مسکونی بوده و نشت‌های کوچک کلر نیز می‌توانند منجر به تلفات بالا گردند.

### **نزدیکی برخی از ایستگاه‌ها به اماکن حساس**

در برخی موارد اماکن حساس جمعیتی نظیر مترو و یا سیاسی نظیر برخی وزارت‌خانه‌ها و ادارات دولتی به ایستگاه‌های کلرزی بسیار نزدیک می‌باشند. با توجه به خواص فیزیکی گاز کلر که قبلاً ذکر شد در صورت بروز نشت ناشی از حملات تروریستی در ایستگاه‌های کلرزی نزدیک به مترو، گاز می‌تواند به عمق زمین نفوذ نماید که این مورد به همراه عدم دسترسی نیروهای امداد رسان به خطوط زیرزمینی مترو فاجعه‌بار خواهد بود.

در این مورد برخی مدارس و اماکن آموزشی، بیمارستان‌ها و ورزشگاه‌ها نیز می‌توانند مورد هدف حملات شیمیایی به شکلی که موضوع این نوشته است قرار گیرند.

### **استفاده از تجهیزات ایمنی غیر استاندارد**

از آن‌جا که استفاده از تجهیزات ایمنی و لوازم و دستگاه‌های کلرزی می‌تواند کمک مؤثری به جلوگیری از بروز نشت باشد برخی شرکت‌های تولیدکننده اقدام به ساخت این لوازم نموده‌اند که البته نداشتن دانش کافی و مقدم بودن هزینه‌ی کم‌تر بر کیفیت بالاتر منجر به ساخت تجهیزاتی غیر استاندارد نظیر کلریناتورهای گازی، سیستم‌های خنثی‌کننده گاز کلر، شیر قطع سریع و ... شده است که خود در برخی موارد عامل ایجاد خطر بوده‌اند.

## حمل و نقل خطرناک مخازن کلر

استفاده از خودروهای مستهلک، عدم نصب علائم هشدار دهنده، نداشتن اسکورت از سوی عواملی نظیر پلیس، تجهیز نبودن خودروی حمل به لوازم ایمنی فردی یا تجهیزات مقابله با نشت و در نهایت عدم استفاده از پرسنل آموزش دیده‌ی مناسب برخی از مشکلاتی است که خودروی حمل مخازن کلر را به یک بمب شیمیایی سیار تبدیل می‌نماید.

## عدم وجود گروه واکنش سریع آماده

با وجود لزوم تربیت نیروهای تخصصی در سازمان‌های مرتبط با حوادث منجر به نشت گاز کلر ناشی از عملیات تروریستی یا غیر عمد، مانند نیروهای ویژه‌ی پلیس یا آتش‌نشانی در حال حاضر در بسیاری از شهرها نیروی امدادی ویژه برای اطفاء کلر وجود ندارد.

## مخازن مستهلک خالی نشده

وجود تعداد بسیار زیاد استخرهای شنا، همچنین نا آگاهی و بی‌مسئولیتی برخی افراد باعث شده که در برخی موارد مخازن کلر قبل از اطمینان از تخلیه‌ی کامل به عنوان آهن قراضه به فروش روند یا در اماکن خلوت رها شوند. این دو مورد به همراه انبارش نامناسب مخازن و نگهداری طولانی مدت آن‌ها باعث بروز نشت‌هایی حتی در اماکن نزدیک به محل سکونت شهروندان گشته است.





نگهداری غیر استاندارد سیلندره‌های ایستاده‌ی کلر در انبار

## آلودگی آب

حتی اگر حمله‌ی تروریستی یا حوادث غیر عمدی منجر به نشت شدید گاز کلر نگردد و یا در مراحل اولیه کنترل شود، قطع تزریق گاز به مخازن آب شرب یا تصفیه‌خانه‌ها می‌تواند باعث آلودگی آب و در نتیجه بیماری بسیاری از شهروندان گردد. این مورد می‌تواند وجه پنهان اما خطرناک دیگری از حملات تروریستی به ایستگاه‌های کلرزنی باشد.

## تدوین نشدن برنامه‌ی کامل مقابله با نشت شدید کلر

با توجه به عواقب بسیار خطرناک بروز نشت شدید احتمالی و تخصصی بودن نوع برخورد با این‌گونه حوادث وجود دستورالعمل یا برنامه‌ی واکنش سریع در برابر نشت الزامی است. این در حالی است که هیچ‌یک از سازمان‌های مسئول از جمله سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی، دارای برنامه‌ای جامع و کارآمد شامل برنامه‌ی تدوین شده، تمرین شده و دارای ملزومات کافی برای اجرا نیستند.

## تفکیک نشدن تخصص‌های مرتبط

در حالی که در یک واحد کلرزنی افراد باید دارای وظایف تفکیک شده و مشخص باشند در برخی موارد مشاهده می‌شود تنها یک نفر موظف به انجام همه‌ی موارد مربوط به کلرزنی می‌باشد. به عنوان مثال فقط در موارد نشت مسئول ارزیابی اولیه و آگاه کردن افراد مسئول، تکنسین مسئول قطع نشت، تکنسین مسئول استفاده از ابزار خاص، مسئول تدارکات و نگهداری و تأمین تجهیزات، فرمانده عملیات و کارشناس ارزیابی علل بروز حادثه باید جداگانه حضور داشته و از قبل برای هر وظیفه آموزش خاص دیده باشند. این در حالی است که در بسیاری از ایستگاه‌های کلرزنی نه تنها وظایف خاص افراد مشخص نیست بلکه مواردی نظیر تعمیر دستگاه‌های کلرزنی، تعمیر خطوط آب و گاز، نصب و راه‌اندازی دستگاه‌های جدید، انجام کارهای اداری مانند پی‌گیری درخواست‌های لوازم و ... توسط همین افراد صورت پذیرفته و به این ترتیب به جای پرسنل ماهر و تخصصی، پرسنلی دارای چند تخصص اما کم تخصص انجام وظیفه می‌نمایند.

## لوازم حفاظت فردی نامناسب

تجهیز افراد به لوازم حفاظتی نظیر لباس ضد گاز کلر و سیستم‌های تنفسی هوای فشرده از بدیهی‌ترین الزامات انجام عملیات در شرایط نشت گاز کلر است. وجود این تجهیزات برای افراد اپراتور نیز الزامی است تا در لحظات ابتدایی نشت بتوانند تا حدی از گسترش آن جلوگیری کرده یا در موارد ساده‌ای که تنها بستن یک شیر می‌تواند از بروز حادثه جلوگیری نماید این مهم انجام گردد. در این مورد نیز در اکثر موارد بازدید شده توسط نگارنده، مشکلاتی نظیر استاندارد نبودن خود تجهیزات حفاظتی، در دسترس نبودن آن‌ها، انجام نشدن برنامه‌ی نگهداری و تعمیر آن‌ها و در نتیجه غیر قابل اطمینان بودن تجهیز، خرید ارزان‌ترین تجهیز که حتی ممکن است استاندارد بوده ولی ظرفیت کافی را نداشته باشد و استفاده‌ی ناصحیح از لوازم موجود مشاهده شده است.

## تولید ناخواسته‌ی گاز کلر در منازل

در برخی موارد به دلیل محلول‌سازی نامناسب یا اختلاط پاک‌کننده‌های خانگی گاز کلر در فضای بسته تولید می‌شود. از این رو باید موارد زیر را رعایت شوند؛ در صورت استفاده از ماده‌ی جامد و خشک گندزدا با پایه کلر باید برای محلول‌سازی آن را داخل آب ریخت. هیچگاه نباید به منظور تولید محلول، آب را داخل ماده ریخت.

- هیچ گاه مواد مختلف که برای تصفیه آب استخر بکار برده می شوند را نباید با هم مخلوط نمود بلکه باید از هر یک جداگانه استفاده نمود.
- هیچ گاه نباید مواد سفید کننده و پاک کننده خانگی مانند آب ژاول یا وایتکس را با اسیدها، آمونیاک و پاک کننده های خانگی با پایه اسید مانند جوهر نمک مخلوط کرد.

### **نحوه ی مقابله با حوادث گاز کلر:**

در تمام موارد حوادث مربوط به گاز کلر، اعم از نشت یا حریق، کمترین افراد ممکن با حداقل دو نفر باید در عملیات شرکت نموده و گروه پشتیبان جهت کمک رسانی یا جایگزینی باید در نزدیکترین نقطه ایمن، با تجهیزات کامل آماده باشد.

علاوه بر دو گروه عملیاتی و پشتیبان، باید گروه فرماندهی در نقطه سومی دور از خطر اما مشرف به حادثه مستقر باشد.

اطلاعاتی نظیر جهت وزش باد، توپوگرافی منطقه، میزان کلر نشت کرده، محل های حساس جمعیتی، نظامی و اداری در معرض خطر و ... باید در کمترین زمان توسط گروه فرماندهی جمع آوری شوند.

در تمام موارد حوادث مربوط به گاز کلر، اعم از نشت یا حریق، فرد اطفاء کننده باید مجهز به تجهیزات ایمنی فردی کامل شامل موارد زیر باشد؛

- سیستم تنفسی هوای فشرده
- ماسک مناسب برای پوشاندن کامل چشم و صورت
- دستکش مقاوم در برابر کلر
- لباس یک سره ی ضد گاز همراه با کلاه (در صورت حریق، لباس ضد حریق برای آتش نشانان)
- جوراب و چکمه ی ضد گاز کلر
- کلاه ایمنی
- لباس مناسب برای هوای سرد

## مقابله با حادثه

بلافاصله بعد از نشت کلر باید اطفاء آن آغاز شود چرا که نشت کلر می تواند در مدت زمان بسیار کوتاهی به یک حادثه حاد با اثراتی وخیم تبدیل شود. مراحل زیر باید برای اطفاء نشت انجام شوند.

- در حوادث باید افراد مسئول آموزش دیده مجهز به تجهیزات ایمنی فردی (PPE) کامل و لوازم مورد نیاز برای اطفاء، حادثه را ارزیابی نموده و اقدامات اولیه را آغاز نمایند.
- هیچ فردی نباید بدون تجهیزات PPE وارد محل نشت با غلظت بالاتر از IDLH گردد.
- استفاده از آب و ریختن مستقیم آن روی محل نشت نباید صورت گیرد چرا که در واکنش با کلر اسید تولید کرده و با ایجاد خوردگی آسیب بیشتری به مخزن کلر وارد می نماید که این به معنی بدتر شدن نشت است.
- استفاده از آب فقط برای خنک کردن مخازن کلر در معرض آتش یا گرمای بیش از حد و برای جلوگیری از افزایش فشار داخل مخزن منجر به نشت مجاز است.
- افراد غیر مسئول باید از محل دور شوند.
- محل نشت در صورت امکان باید ایزوله گردد تا سرعت انتشار گاز کم شود.
- مردم باید از محل تخلیه شوند و در صورت عدم امکان تخلیه در محیطی محبوس محافظت گردند.
- دستگاه هایی نظیر بادنما و دتکتور گاز کلر کمک می کنند تا مردم به سمت مکان های ایمن تخلیه شوند. افراد باید در خلاف جهت باد از محل خطر دور شوند.
- با توجه به سنگین تر بودن گاز کلر نسبت به هوا، نقاط مرتفع امن تر هستند.
- در زمانی که فرد داخل ساختمان گیر افتاده باید تمام منافذ ورودی هوا از درها، پنجره ها، کانال کولر و ... بسته شده و کولر یا هر سیستم تهویه دیگر خاموش شود.
- مردم باید در سمتی از ساختمان که دورتر از محل نشت است مستقر شوند.

## فراز

- به جز امداد رسانی و افراد مسئول، بقیه افراد باید تخلیه شوند.
- فرد گیر افتاده در محل نشت با غلظت بالای کلر، هوشیاری خود را از دست داده و در صورت تأخیر در امداد رسانی می میرد.

- افراد باید در جهت خلاف جهت وزش باد از محل دور شوند.
- اگر فرار و تخلیه امکان پذیر نباشد، بستن همه درها و پنجره ها و محبوس شدن در محل بسته می تواند تا حدودی از ورود کلر جلوگیری کند.
- آسیب های وارده قابل بازگشتند به شرطی که اگر مصدوم به سرعت تحت درمان قرار گیرد.
- محل امنی که مردم در آن پناه گرفته اند باید از نظر ورود گاز کنترل شود چرا که ممکن است با تغییر جهت وزش باد یا افزایش مقدار نشت گاز، حضور در این مکان نیز خطرناک گردد.

### وظایف رهبر تیم امداد

بلافاصله بعد از حوادث کلر رهبر تیم باید افراد عملیاتی را مطلع نموده و با بررسی شرایط، ارزیابی اولیه خود شامل وضعیت جوی، نوع خطر شامل بالقوه بودن نشت (مثلاً تصادف یا آتش سوزی) یا وقوع نشت، سرعت نشت، مقدار نشت و موقعیت مکانی و عوارض موجود را به اطلاع افراد عملیاتی برساند. از دیگر وظایف رهبر تیم می توان به موارد زیر اشاره کرد؛

- تماس با دیگر سازمان های ذی ربط مانند اورژانس، نیروی انتظامی و ستاد بحران.
- باید محل مناسب برای انتقال مخازن آسیب دیده یا در معرض آسیب مشخص گردد.
- ارزیابی بهترین راه انتقال مخزن یا سیلندر آسیب دیده به مکان بی خطر از نظر کم ترین آسیب به مردم و جلوگیری از آسیب بیشتر به مخزن.
- ممکن است در مواردی نظیر آتش سوزی مجبور به انتقال مخازن سالم باشیم که باز باید موارد فوق در رابطه با مسیر انتقال در نظر گرفته شود.
- رهبر تیم با ارزیابی شرایط می تواند دستور تخلیه مردم تا شعاع یک کیلومتری را صادر نماید. شعاع یک کیلومتری با توجه به وضعیت آب و هوا و سرعت و مقدار نشت ممکن است بیشتر یا کم تر شود و یا با توجه به جهت باد در یک سمت خاص اجرا گردد.

### اقدامات لازم هنگام نشت کلر

۱. اگر نشت مایع داشته باشیم باید با چرخاندن یا تغییر حالت مخزن کاری کنیم که محل نشت بالاتر از دیگر قسمت های مخزن قرار گیرد. به این ترتیب با تبدیل کلر مایع به گاز کلر مقدار کلر خروجی بسیار کم تر می شود.



۲. از کیت های مناسب برای جلوگیری از نشت استفاده شود. تذکر: در صورت آتش سوزی نباید از نشت جلوگیری کرد مگر اینکه با استفاده از رابط مناسب و فشارسنج بتوان فشار داخل مخزن را مشخص نمود در غیر اینصورت افزایش فشار ممکن است به پارگی جدار مخزن و حادثه ای خطرناک تر تبدیل شود.
۳. در صورت امکان باید فشار داخل مخزن آسیب دیده را اندازه گیری و با روش های زیر آن را کاهش داد.
۴. فشار داخل مخزن باید از طرق زیر کاسته شود: انتقال گاز به سیلندر یا مخزن خالی، محل مصرف، محل خنثی سازی شامل مخزن دارای محلول سود یا پودر  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  یا دیگر مواد قلیایی خنثی کننده کلر.
۵. اگر حادثه در محل مصرف کلر صورت پذیرد در صورت امکان کل کلر مخزن را باید به فرآیند مصرف هدایت کرد. حتی انتقال بخشی از گاز کلر به فرآیند مصرف نیز با کاهش فشار متمر ثمر خواهد بود.
۶. در مواردی که انتقال مخزن دارای نشت به محل ایمن و دور از مراکز جمعیتی زمانی کمتر از اطفاء آن صرف نماید، می توان این کار را انجام داده و در محل ایمن نشت را کنترل کرد. البته خطرات انتقال باید در نظر گرفته شود.
۷. اگر توده کلر مایع در اثر حادثه در مخزن یا چاله ای روباز تجمع یابد، سرعت تبخیر با وزش باد و گرمای نور خورشید افزایش خواهد یافت. در این حالت استفاده از کف های آبی توصیه می شود. دو نوع فوم 3M VAPORSHIELD-AC و CHUBB NATIONAL FOAM برای AFFF/ATC برای آب پوشی سطح کلر مایع بکار رفته اند. برای جلوگیری از ورود آب اضافی به توده کلر مایع نسبت انبساط باید ۱:۵۰ در نظر گرفته شود. کف نباید به صورت مستقیم روی سطح مایع اسپری شود بلکه باید اجازه داد به صورت غیر مستقیم روی سطح مایع جریان یابد. استفاده مجدد از کف اضافی در صورت تفکیک کف قبلی در اثر باد لازم خواهد بود.
۸. استفاده از آب و سود سوز آور سرعت تبخیر کلر مایع را به طور قابل ملاحظه ای می افزایش دهد. سود خشک می تواند کلر را خنثی کند با این حال استفاده از مقدار کمی آب برای شروع واکنش لازم است. با این همه سرعت تغییر شکل کلر مایع در زمان خنثی سازی افزایش می یابد.

۹. استفاده از اسپری آب مانند آب خروجی از نازل نوع water-wall برای کاستن از غلظت کلر در ابر کلر متمر ثمر می باشد. اسپری آب غلظت هوای دارای کلر در ابر کلر را با ایجاد حالتی دود مانند می کاهد. هیچ گاه آب را به شکل مستقیم روی نقطه نشت یا توده کلر مایع نباید ریخت چراکه باعث افزایش نشت و سرعت تبخیر خواهد شد.

### اقدامات لازم پس از کنترل نشت کلر

پس از کنترل نشت باید کلر باقی مانده در مخزن به نحوی از حالت مخاطره آمیز خارج شود. در این زمان با توجه به محدودیت های تکنیکی باید ایمن ترین راه از بین موارد زیر انتخاب شود.

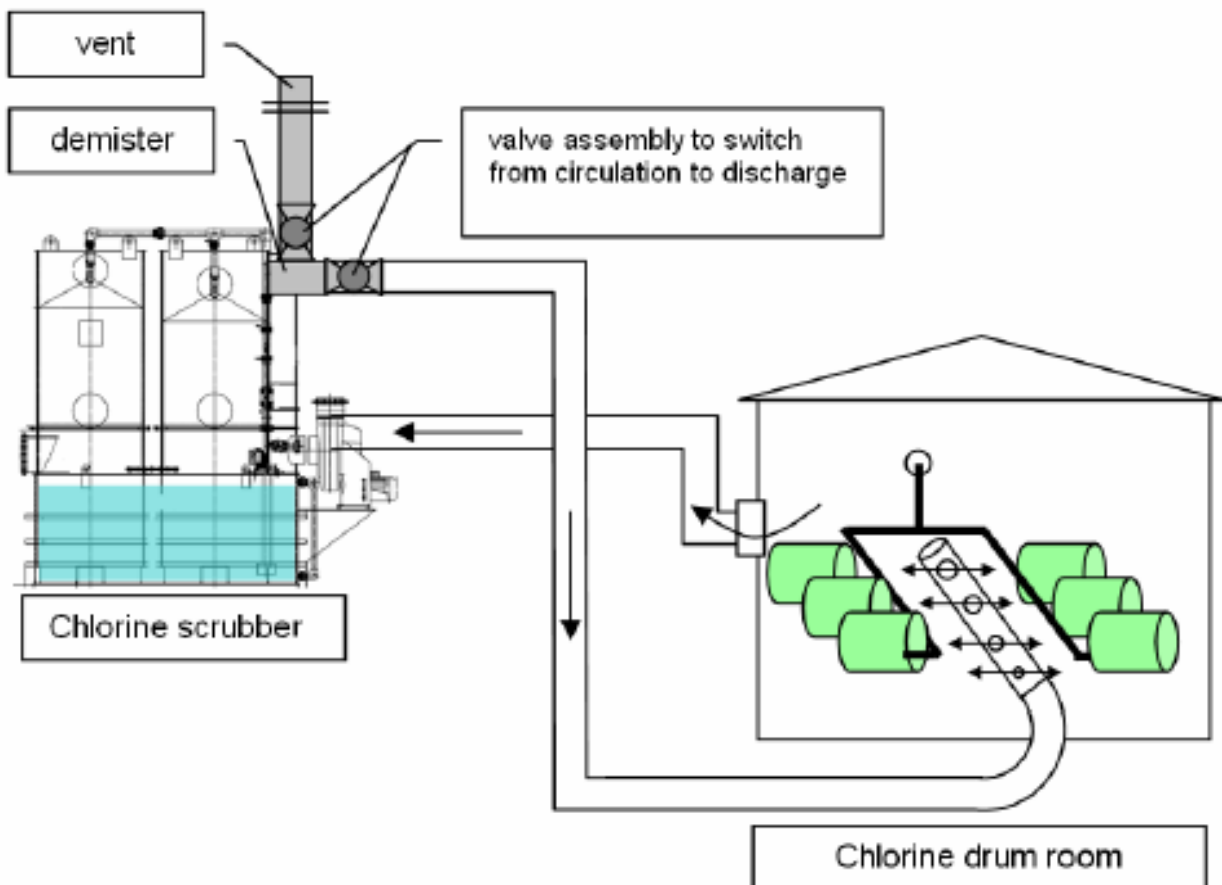
۱. مصرف کلر موجود در مخزن آسیب دیده.
۲. انتقال کلر از مخزن آسیب دیده به مخزن سالم.
۳. خنثی سازی کلر. در این مورد کلر موجود در مخزن با استفاده از مواد قلیایی خنثی می شود. از آن جا که خنثی سازی کلر واکنشی گرمازا است باید افزایش دما و کنترل آن در نظر گرفته شود. برای خنثی سازی باید کلر با استفاده از لوله ای مناسب وارد محلول خنثی ساز شود. مقدار محلول و عمق ظرف خنثی سازی به مقدار کلر موجود، سرعت خروج و تعداد و بزرگی حباب های گاز کلر بستگی دارد. در این روش امکان ایجاد خلأ داخل مخزن وجود دارد که موجب برگشت محلول خنثی ساز به داخل مخزن می گردد. برای جلوگیری از این حالت باید جریان هوا وارد مخزن شود تا خلأ حذف گردد. هیچ گاه نباید مخزن کلر آسیب دیده را داخل محلول خنثی ساز غوطه ور نمود. مقدار مواد خنثی ساز در جدول آمده است.

## Recommended Alkaline Solutions for Absorbing Chlorine

CHLORINE CONTAINER CAPACITY  lb (net)	20 WEIGHT % CAUSTIC SODA SOLUTION		10 WEIGHT % SODA ASH SOLUTION	
	100% NaOH lb	Water gal	100% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> lb	Water gal
100	135	65	359	390
150	203	98	538	585
2000	2708	1300	7176	7800

1 Gallon = 3.785 Litre & 1 Pound = 0.454 Kilogram

تجهیز مورد نیاز برای اطفاء نشت زیاد سیستم خنثی ساز کلر می باشد.



## نحوه برخورد با رسانه ها

هرچند در بسیاری موارد پنهان نگهداشتن مشکلات و حوادث داخل یک شرکت یا کارخانه امری درست و پذیرفته شده است اما در مورد نشت کلر با توجه به احتمال گسترش آن در محیط اطراف، باید اطلاع رسانی به موقع انجام پذیرد.

اعضای تیم اطفاء باید توانایی تعامل و همکاری کامل با رسانه ها و به ویژه خبرنگاران محلی را داشته باشند تا در موقع لزوم اطلاع رسانی به مردم اطراف محل نشت صورت پذیرد. اطلاع رسانی به موقع یعنی اطلاع رسانی در زمانی که احتمال تخلیه همگانی قوت گرفته باشد.

### نشت زیاد

نشستی است که میزان کلر آزاد شده طی آن به قدری زیاد باشد یا با توجه به محل حادثه به قدری نزدیک به نقاط حساس باشد که با استفاده از هواکش نتوان گاز را اطفاء نمود. در این موارد موارد زیر را باید در نظر گرفت؛

- نباید از هواکش استفاده گردد و بهتر است گاز داخل اتاق حبس شود.
- تا زمان کنترل نشت باید شیرهای اصلی مخازن گاز (کیپسول ها) بسته شوند.
- تا زمان کنترل نشت ناشی از آسیب به خط لوله، باید سیستم تزریق گاز باز بماند تا گاز داخل لوله ها تخلیه گردد.

استفاده از تجهیزات ایمنی فردی در هر نوع نشت الزامی است.

## آتش سوزی:

### خواص آتش گیری کلر

- کلر آتش گیر نیست.
- دمای اشتعال ندارد.
- قابل انفجار نیست.
- در هوا قابل اشتعال نیست.
- بسیاری از فلزات در حضور کلر شعله ور می شوند مانند فولاد که در دمای  $251^{\circ}\text{C}$  در جو کلر شعله ور می گردد یا تیتانیوم که در دمای عادی در جو کلر می سوزد.

- با بسیاری از مواد واکنش داده، ایجاد حریق یا انفجار می نماید. از جمله با موادی که قبلاً ذکر شده اند.

### اطفاء حریق

- در صورت عدم وجود نشت گاز کلر هر نوع عملیات اطفاء حریق آزاد است.
- در صورت عدم وجود نشت گاز کلر باید به هر طریق ممکن مخازن کلر خنک نگه داشته شوند.
- با توجه به ماده در حالت سوختن موجود در محیط ماده خاموش کننده انتخاب می گردد.
- در صورت وجود نشت نباید آب به محل نشت پاشیده شود.
- در صورت نشت مایع کلر به هیچ وجه نباید از آب استفاده گردد

## کمک‌های اولیه در مورد مصدومین احتمالی در حوادث نشت گاز کلر:

### مخاطرات مربوط به سلامتی

#### مخاطرات کلی

گاز کلر اساساً یک محرک دستگاه تنفسی است. این گاز در غلظت‌های پایین دارای بویی شبیه به سفیدکننده‌ی خانگی است. با افزایش غلظت این ماده به بیش از حد تشخیص بویایی، نشانه‌های بیماری نیز در افرادی که در معرض آن قرار می‌گیرند، ظاهر می‌شوند. در غلظت‌های بالای ۵ ppm، گاز کلر بسیار تحریک کننده است و بعید است که کسی بتواند در چنین غلظتی در معرض آن دوام بیاورد، مگر اینکه شخص در جایی گیر کرده باشد یا به حالت بیهوش در مقابل آن باشد. اگر علائم بیماری بیش از چند ساعت باقی بمانند، تأثیرات قرار گیری در معرض کلر، ممکن است تا چند روز پس از این تماس، شدیدتر و بیشتر شوند. در چنین مواردی، معاینه‌ی شخص قرار گرفته در معرض کلر، باید بخشی از برنامه پاسخ و واکنش پزشکی باشد.

فهرست زیر گردآوری آستانه‌های قرار گرفتن در معرض کلر و واکنش‌های گزارش شده در انسان‌ها می‌باشد (به همراه تنوع قابل توجهی بین موقعیت‌های مختلف):

۰/۴ - ۰/۲ ppm، آستانه تشخیص بو (کاهش در ادراک بو، در طی زمان، رخ می‌دهد)

۱ - ۳ ppm، تحریک غشایی و پوستی ملایم در مخاط، تا ۱ ساعت قابل تحمل است

۱۵-۵ ppm، تحریک متوسط در دستگاه تنفسی

۳۰ ppm، درد سریع در قفسه سینه، استفراغ، تنگی نفس، سرفه

۴۰-۶۰ ppm، احتقان و تورم شدید و سمی ریوی و ادم ریه‌ها

۴۳۰ ppm، کشنده پس از ۳۰ دقیقه

۱۰۰۰ ppm، کشنده در عرض چند دقیقه

## سمیت حاد

### تنفسی/قلبی - ریوی

اثرات سمی کلر مربوط به خواص خوردگی آن است. کلر یک ماده قابل حل در آب است که اصولاً [فرار بوده] و از طریق تماس [محلول] با هوا برطرف می‌شود. همانطور که در بالا بیان شد، قرار گرفتن در معرض غلظت‌های کم گاز کلر، در تحریک بینی و همچنین تحریک غشاهای مخاطی دستگاه تنفسی را بدنبال دارد. با افزایش غلظت کلر، تأثیرات تحریک‌آمیز آن در قسمت‌های ابتدایی و همچنین عمیق دستگاه تنفسی افزایش می‌یابد که با سرفه و سختی احتمالی در تنفس آشکار می‌شوند. استنشاق گاز کلر (تا بیشتر از ۱۵ ppm) ممکن است منجر به تنگی نفس ناشی از انقباض و تنگی مجرای هوا و جمع شدن مایع در ریه‌ها گردد (ادم ریوی). با افزایش طول مدت تماس و یا افزایش غلظت کلر، فرد تحت تأثیر کلر، ممکن است به سرعت شروع به تنفس سریع، خس خس کردن نفس، تنفس غیر عادی یا [دفع] خلط خونین نماید. در موارد شدید، مشکل تنفسی می‌تواند از طریق از کار انداختن سیستم قلبی - ریوی ناشی از نارسایی تنفسی موجب مرگ گردد. شخص قرار گرفته در معرض کلر با سابقه‌ی نارسایی تنفسی، ممکن است دارای واکنشی بیش از حد [خطرناک] باشد. مواردی از سندرم زجر تنفسی (RADS)، یک نوع آسم شیمیایی تحریک پذیر، گزارش شده‌اند.

### پوستی

کلر مایع در تماس با پوست، موجب سوختگی‌های گرمایی یا شیمیایی موضعی (سرمازدگی شیمیایی) خواهد شد. کلر گازی شکل در تماس با پوست می‌تواند در رطوبت بدن (عرق) حل شده و تشکیل هیپوکلرو اسید و هیدروکلریک اسید دهد. در غلظت ۳۵۰۰ ppm از کلر در هوا، pH رطوبت روی پوست تقریباً ۴ خواهد شد. pH ۴، قابل مقایسه با آب دارای کربنیک اسید است.

هرچند احساس سوختگی و تحریک پوست در اثر قرار گرفتن در معرض کلر ایجاد می‌شوند، بررسی و مرور مطالب نوشته شده در این مورد هیچ‌گونه اطلاعات خاصی در مورد انسان و در رابطه با تعیین غلظت کلر مورد نیاز برای تولید چنین تأثیراتی، ارائه نداده‌اند.

### چشم‌ها

غلظت‌های پایین کلر در هوا می‌توانند موجب تحریک چشمی به همراه ناراحتی‌های سوزش، پلک زدن اسپاسمی، قرمزی، آماس ملتحمه و اشک ریزش چشم گردد. تماس با غلظت‌های بالاتر کلر به آسیب‌های شدیدتر منجر می‌شود. کلر مایع در تماس با چشم‌ها موجب سوختگی‌های گرمایی و یا شیمیایی جدی خواهد شد.

### سمیت مزمن

بیشتر مطالعات ارتباط خاصی بین تأثیرات نامطلوب بر سلامتی و قرارگیری طولانی‌مدت در معرض غلظت‌های پایین کلر نشان نداده‌اند. با این حال مطالعه‌ای به زبان فنلاندی در سال ۱۹۸۳، افزایش در سرفه‌های مزمن و تمایل به ترشحات زیاد مخاطی در میان کارگران را نشان داد. این کارگران در تست‌ها یا عکسبرداری‌های اشعه‌ی X از قفسه‌ی سینه، هیچ عمل‌کرد غیرعادی ریوی نشان ندادند. در مطالعات و نوشته‌ها (مثلاً در برخی MSDSها)، اشاره‌های غیر مستقیمی وجود داشته است که نشان می‌دهد تماس و قرارگیری مزمن در معرض کلر ممکن است موجب پوسیدگی دندان‌ها گردد. با این حال این مؤسسه قادر نبوده است که دقت و صحت چنین اظهارات و بیاناتی را از طریق بررسی‌ها و مطالعات خود، تأیید کند.

در ماه دسامبر ۱۹۹۳، مؤسسه‌ی سم‌شناسی صنایع شیمیایی، گزارش خود در مورد مطالعه‌ای بر روی استنشاق طولانی‌مدت گاز کلر در موش‌های صحرائی و موش‌های خانگی را منتشر کرد. موش‌های صحرائی و خانگی به مدت ۶ ساعت در روز و ۳ تا ۵ روز در هفته برای مدت ۲ سال در معرض غلظت‌های ۰/۴ ppm، ۰/۱ ppm یا ۲/۵ ppm از گاز کلر قرار گرفتند اما هیچ نشانه‌ای از سرطان در آن‌ها دیده نشد. قرار گرفتن در معرض کلر در تمام سطوح، فقط زخم‌هایی را در بینی ایجاد کرد. از آن‌جا که جوندگان، از جمله تنفس‌کنندگان اجباری از مسیر بینی هستند، نحوه‌ی تعمیم این نتایج برای انسان‌ها واضح نیست.

## کمک‌های اولیه

کمک‌های اولیه، معالجات موقتی فوری هستند که در مورد افراد قرار گرفته در معرض یک ماده [ی خطرناک] انجام می‌شوند. در انجام آن‌ها، عملکرد فوری و سریع، ضروری است و ایجاد آرامش در افراد در این مواقع به کم کردن نگرانی آن‌ها کمک خواهد کرد. به هنگام لزوم، کمک‌های پزشکی باید هرچه زودتر کسب شوند. در این زمان هرگز نباید به شخص غیر هوشیار و بیهوش یا دچار تشنج، ماده‌ای خوراند. اگر کلر، لباس‌ها و یا پوست شخص در معرض قرار گرفته را آغشته و اشباع کرده باشد، [آلاینده] باید با در آوردن و جدا کردن لباس‌های آغشته و زیر دوش قرار گرفتن مناسب و صحیح فرد، از فرد جدا شود.

افراد کمک کننده باید احتیاطات لازم جهت حفاظت خود از هر گونه تماس با کلر، در حین اجرای کمک‌های اولیه، را بکار برند و هرچه سریع‌تر، فرد قربانی را از تمام نواحی آلوده دور کنند.

### استنشاق

فرد قرار گرفته در معرض کلر باید از لحاظ سالم بودن مسیرهای جریان هوا، تنفس و مسیر گردش پس از استنشاق، بررسی و معاینه شود. اگر نفس کشیدن آشکارا مسدود شود، فرد قربانی باید به سرعت مورد احیای قلبی - ریوی (CPR) قرار گیرد. اگر تنفس قطع نشده باشد، فرد قرار گرفته در معرض [کلر] باید در یک موقعیت راحت و آسوده قرار داده شود. این شخص باید در حالت نشسته‌ی قائم [با پاهای دراز شده روی زمین] و با زاویه ۴۵ تا ۶۰ درجه در سر و بالا تنه [نسبت به خط عمود بر زمین] قرار داده شود (مگر این‌که مشکلی پزشکی وجود داشته باشد). به او باید تنفسی آرام و عمیق توصیه شود. تست‌های علائم حیاتی (میزان تنفس، ضربان قلب و فشار خون) و اشباعیت اکسیژن در صورتی در دسترس بودن پرسنل آموزش دیده و تجهیزات مناسب باید صورت پذیرند.

تجهیزات مناسب مربوط به اکسیژن، باید در محل یا ساختمانی نزدیک موجود باشند. چنین تجهیزاتی باید به صورت دوره‌ای تست و بررسی شوند.

از لحاظ تاریخی، اکسیژن درمانی، به ویژه اکسیژن مرطوب، به عنوان درمان اولیه در زمان استنشاق کلر در نظر گرفته شده است. چون رطوبت، تحریک‌های ناشی از کلر در غشاهای مخاطی را تسکین می‌دهد، اکسیژن مرطوب ترجیح داده می‌شود. اکسیژن بدون رطوبت، می‌تواند



دارای تأثیر خشک‌کننده باشد، بنابراین به شکل بالقوه، علائم تحریک و سوزش را شدیدتر می‌کند. با این حال اگر اکسیژن مرطوب در دسترس نباشد، نباید از اکسیژن بدون رطوبت در صورتی که اکسیژن درمانی لازم شناخته شود، پرهیز نمود. با پیشرفت در تکنولوژی، هم‌اکنون تجهیزاتی در دسترس قرار گرفته‌اند، که می‌توانند به سرعت اشباعیت اکسیژن در یک فرد را ارزیابی و تعیین کنند (پالس اکسی‌متری). این ارزیابی و سنجش ممکن است در تعیین این‌که آیا اکسیژن تکمیلی پس از تنفس و استنشاق کلر مورد نیاز هست یا خیر، کمک‌کننده باشد.

ممکن است در تمامی موارد استنشاق کلر، اکسیژن درمانی لازم نباشد. با این حال در مواردی که در آن‌ها فردی کلر استنشاق کرده است [و حتی] پس از ترک محل آلوده به کلر، باز هم علائم بیماری را نشان می‌دهد، اکسیژن درمانی توصیه می‌شود، مگر این‌که بتوان تشخیص داد به این درمان نیازی نیست. شرایطی که در آن‌ها نیازی به اکسیژن درمانی وجود ندارد، باید به طور کامل توسط یک پزشک، بر اساس یافته‌های پزشکی و بررسی مورد به مورد توسط ارائه‌کننده‌ی کمک‌های اولیه که به طور ویژه در این حوزه آموزش دیده، معین شوند.

### **استفاده از اکسیژن**

استفاده از اکسیژن باید توسط ارائه‌کننده‌ی کمک‌های اولیه، که در زمینه‌ی استفاده از تجهیزات ویژه‌ی اکسیژن‌رسانی، تحت راهنمایی یک فرد متخصص و دارای مجوز در حوزه‌ی مراقبت بهداشتی، آموزش دیده باشد، انجام شود.

**اگر پالس اکسی‌متر در دسترس نباشد، اکسیژن - درمانی، برای تمام افرادی که کلر را استنشاق کرده و پس از ترک محل تماس، باز هم علائم بیماری را نشان می‌دهند، توصیه می‌شود.**

**اگر پالس اکسی‌متر در دسترس باشد، یافته‌های زیر، فهرستی پایه از شرایطی که عموماً در آن‌ها اکسیژن درمانی پس از استنشاق کلر توسط ارائه‌کننده‌ی کمک‌های اولیه، توصیه می‌شود، نشان می‌دهند. در صورت توصیه‌ی خاص توسط یک پزشک، ضوابط دیگری نیز ممکن است به این لیست اضافه گردند:**

- i. اعداد زیر ۹۲ در صد خوانده شده و ثبت شده از پالس اکسی متر؛ یا
- ii. فرد به طور آشکارا دچار تنگی نفس باشد (شامل و نه محدود به تنفس های سریع، نفس کشیدن سخت، استفاده از ماهیچه های جانبی برای نفس کشیدن، سرفه کردن مداوم و غیر قابل کنترل، خس خس کردن)؛ یا
- iii. فرد قرار گرفته در معرض کلر دارای نشانه های قابل توجهی از بیماری، نظیر درد یا انقباض شدید قفسه ی سینه، ضعف شدید، وضعیت ذهنی دگرگون یا کاهش یافته، می باشد و یا اینکه فرد دچار تعرق زیاد می شود (عرق سرد، رنگ پریدگی یا تعریق زیاد پوست که مربوط به شرایط محیطی نباشند) و غیره، مخصوصاً اگر این ها یا سایر علائم مهم بیماری در فردی رخ دهند که در سابقه قلبی وی مشکلات قلبی یا آسم وجود داشته باشند؛ (توجه کنید؛ علائم بیماری قابل توجه، معمولاً شامل علائم بیماری تحریک دستگاه تنفسی عمده ی فوقانی که با استنشاق های کم گاز کلر رخ می دهند نظیر سرفه ی ملایم/متوسط، مشکلات ابتدایی در "گرفتگی نفس"، کوتاه شدن مختصر و ملایم نفس، گلو گرفتگی تحریک شده، آبریزش بینی، گرفتگی بینی، سر درد و یا حالت تهوع مختصر، نمی باشند).

**توجه: توصیه می شود افرادی که با یک یا چند مورد از شرایط بالا مواجه شد جهت یقین از این که آیا معاینه و یا درمان بیشتر برای او لازم است یا خیر، با پزشک مشورت کند.**

اگر اکسیژن درمانی لازم شناخته شود، تنها باید تا زمانی ادامه یابد که علائم بیماری برطرف شوند. زمانی که اکسیژن رسانی پس از رفع علائم بیماری قطع شد، فرد باید ضمن تنفس هوای معمولی در اتاق، به مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه تحت مراقبت باشد. اگر علائم مهم بیماری با وجود ۶۰ دقیقه اکسیژن درمانی برطرف نشدند، یا این علائم بازگشته یا بدتر شوند و یا اشیاعیت اکسیژن (در صورتیکه اکسی متر موجود باشد) تا زیر ۹۲ درصد افت کند، توصیه می شود که اکسیژن درمانی دوباره شروع شود (البته اگر قطع شده باشد) و سپس توسط یک پزشک معاینات بیشتر انجام شوند.

## به کار بردن هوای تنفسی مرطوب

همه‌ی افراد استنشاق‌کننده‌ی کلر نیاز به اکسیژن درمانی ندارند. توصیه شده است که شرایطی که در آن‌ها اکسیژن درمانی نیاز نیست باید به شکلی کامل توسط یک پزشک تعریف شود و توسط ارائه‌دهنده‌های کمک‌های اولیه که به شکل ویژه در این حوزه آموزش دیده‌اند، مورد به مورد تشریح و مشخص شوند.

در موقعیت‌هایی که در آن‌ها تصمیم گرفته می‌شود که نیازی به اکسیژن درمانی نمی‌باشد ولی فرد مورد تماس تنفسی و استنشاقی دارای علائم تحریکی است، ممکن است جهت درمان علائم بیماری، هوای مرطوب برای فرد فراهم گردد. در حین تنفس هوای مرطوب شده، شخص باید به مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه به دقت تحت نظارت و کنترل قرار بگیرد. اگر شخص، دیگر نشانه‌های بیماری را که به خاطر آن اکسیژن رسانی تجویز شده، از خود نشان نداد، می‌توان رساندن هوای مرطوب را متوقف کرد. البته باید به مدت ۳۰ دقیقه‌ی دیگر، در حین تنفس فرد از هوای معمولی اتاق، وی مرتباً مورد مراقبت قرار بگیرد تا اطمینان حاصل شود شرایط وی بدتر نمی‌شود. اکسیژن درمانی باید در هر زمان از مراحل بالا که علائم بیماری از آن شرایطی که اکسیژن برای آن تجویز شده است، بدتر شود، مجدداً شروع شود (به بخش ۱-۱-۳ مراجعه شود). در هر موردی که در آن اکسیژن درمانی تجویز و تشخیص داده شود، باید معاینات و بررسی‌های بیشتر توسط یک پزشک ارائه و انجام شود.

## مراقبت و درمان علائم بیماری

سایر اقدامات مراقبت و درمان علائم بیماری، نظیر کمپرس سرد بر روی صورت و تجویزهای دارویی بدون نیاز به نسخه، ممکن است در به حداقل رساندن علائم بیماری کمک کنند. درمان‌ها و تجویزهای بدون نیاز به نسخه که ممکن است مفید واقع شوند عبارتند از:

در گلودرد یا تحریک گلو: قرص‌های throat lozenges

در سرفه‌های خشک: dextromethorphan و guaifenesin

در سردردها: استامینوفن، آسپرین، ایبو پروفن

ناراحتی معده: ضد اسیدهای معده

## تماس با پوست

اگر کلر مایع پوست یا لباس را آلوده کند، باید دوش اضطراری استفاده شده و لباس آلوده شده در زیر دوش آب از بدن خارج شود. پوست ملتهب آلوده شده باید با مقادیر فراوانی از آب ولرم به مدت ۱۵ دقیقه یا بیشتر شسته شود. سوختگی‌های گرمایی ناشی از دمای سرد کلر مایع، ممکن است از هر نوع واکنش شیمیایی دیگر، بین کلر و پوست، آسیب رسان‌تر باشند. قرارگیری در معرض گاز کلر می‌تواند پوست را تحریک کند. برای پوست آسیب دیده، هیچ خنثی‌ساز شیمیایی یا هیچ‌گونه مرهم یا پمادی را استعمال نکنید. در صورتی که تحریکات پوستی پس از شستشو با آب ادامه یافتند یا اگر پوست پاره شده یا تاول زد، به یک ارائه‌دهنده‌ی مجرب کمک‌ها و مراقبت‌های بهداشتی مراجعه کنید.

## تماس با چشم‌ها

اگر چشم‌ها در اثر تماس با کلر تحریک شدند باید به سرعت با مقادیر فراوانی از آب ولرم و به مدت حداقل ۱۵ دقیقه شسته شوند.

♦ هرگز سعی نکنید از خنثی‌سازهای شیمیایی استفاده کنید.

باید در حین انجام این شستشو پلک‌ها باز نگه داشته شوند تا اطمینان حاصل شود که تماس با آب در تمام بافت‌های قابل دسترسی چشم‌ها و پلک‌ها انجام گرفته است. کمک‌های پزشکی باید هرچه سریع‌تر کسب شوند. اگر چنین کمک‌هایی به سرعت در دسترس نبودند، شستشوی چشم‌ها باید به مدت ۱۵ دقیقه‌ی دیگر ادامه یابد و هیچ چیز به جز آب نباید در شستشو بکار گرفته شود مگر اینکه توسط یک ارائه‌دهنده‌ی مجرب مراقبت‌های بهداشتی تجویز شود.

## تهیه کننده: امید رازقی

با تشکر از آقای سید علیرضا ابراهیم زاده زنوزیان

## فهرست مراجع:

۱- آب و فاضلاب شهر تهران، تصفیه‌ی آب آشامیدنی: شوک کلر، -University of Nebraska

Lincoln, NebGuide، ابراهیم زاده زنونزیان، سید علیرضا. ترجمه، ۱۳۸۸.

۲- آب و فاضلاب شهر تهران، کمک‌های اولیه، مدیریت/مراقبت پزشکی و روش‌های نظارت بر بهداشت

شغلی برای کلر، جزوه‌ی ۶۳ مؤسسه‌ی کلر، ویرایش ۷، ۲۰۰۳، ابراهیم زاده زنونزیان، سید علیرضا. ترجمه،

۱۳۸۸.

۳- آب و فاضلاب شهر تهران، مخاطرات موجود در سامانه‌های کلرزنی آب تهران و مقایسه‌ی وضعیت

موجود با شرایط استاندارد، ابراهیم زاده زنونزیان، سید علیرضا. گزارش اداری، ۱۳۸۸.

- 4- ACR Publications, Gas Chlorine Stations, a lesson.
- 5- American Water Works Association, Water Chlorination Principles and Practices, AWWA MANUAL M20, 1973.
- 6- CDC SWS Project, Chlorine Residual Testing, Fact Sheet.
- 7- Chlorine Chemistry Council & Canadian Chlorine Coordinating Committee, Drinking Water Chlorination, A Review of Disinfection Practices and Issues, 2003.
- 8- EURO CHLOR, Chlorine Industry Review 2007-2008.
- 9- EURO CHLOR, Chlorine Industry Review 2008-2009.
- 10- EURO CHLOR, PHYSICAL, THERMODYNAMIC AND SELECTED CHEMICAL PROPERTIES OF CHLORINE, GEST 91/168, Introduction, 1st Edition, 2002
- 11- EURO CHLOR, PROTECTING PUBLIC HEALTH, The facts about water disinfection.

- 12- EURO CHLOR, THE CHLORINE REFERENCE MANUAL, GEST 06/317, 1st Edition, 2008.
- 13- Grundfos ALLDOS, Dipl. Ing. Sven Müller, Brochure on Chlorine Disinfection, Principles and System Description.
- 14- Grundfos ALLDOS, Function and Safety of Chlorination Plants, Information Paper, Version 1.0, 2004.
- 15- Grundfos ALLDOS, Technical Description for Chlorine Gas Scrubbing Systems, Vers. 2.0, 2007.
- 16- hydroinstruments, Basic Chemistry of Chlorination ,
- 17- hydroinstruments, CHANGING TON CYLINDERS SAFELY.
- 18- hydroinstruments, Gas Chlorination Systems Series 3000 High Capacity and Floor Cabinets, Instruction Manual, 2009.
- 19- Siemens Wallace & Tiernan, MFC - Analyzer / Controller with Depolox® 5 and VariaSens™ Flow Cell Technology, 2006.
- 20- The Chlorine Institute, Inc, CHLOREP HANDBOOK, Edition 4; The Chlorine Institute, Inc; Arlington, VA 22209, USA, 2008.
- 21- The Chlorine Institute, Inc, Chlorine Manual, Pamphlet 1, Edition 6, 1997.
- 22- The Chlorine Institute, Inc, CHLORINE VAPORIZING SYSTEMS, Pamphlet 9, Edition 6, 2002.
- 23- The Chlorine Institute, Inc, PIPING SYSTEMS FOR DRY CHLORINE, Pamphlet 6, Edition 15, 2005.
- 24- The Chlorine Institute, Inc, RECOMMENDATIONS FOR EMERGENCY CLOSURE DEVICES FOR CONTAINER VALVES.

- 25- The Chlorine Institute, Inc, Site Security Guidance for Chlorine Facilities, Guidance Document, 2002.
- 26- The Chlorine Institute, Inc, TRAINING GUIDE FOR DISTRIBUTORS AND END-USERS OF PACKAGED CHLORINE, Pamphlet 151, Edition 2, 2000.
- 27- U.S.FILTER Wallace & Tiernan Products, CHLORINE HANDLING MANUAL, IM 25.000AA UA ISSUE B.
- 28- U.S.FILTER Wallace & Tiernan, GENERAL ARRANGEMENTS FOR GAS CHLORINATORS, LOW CAPACITY UP TO 500 PPD, 1997.
- 29- World Chlorine Council, Drinking Water Chlorination, Council position paper, 2008.

۳۰- سامانه‌های کلرزنی و حوادث مربوطه، سید علیرضا ابراهیم زاده زنوزیان ، کارشناس مسئول بهره‌برداری از تأسیسات کلرزنی آبفا