

طراحی سیستم کلرزی مایع در شهر مجن با حداقل هزینه و حداکثر بازدهی

زهرا رعیتی^{۱*}، قربان کاظمی^۲

۱- کارشناس کنترل کیفیت، شرکت آب و فاضلاب شهری، سمنان، chen.raeyati@gmail.com

۲- رئیس اداره بهره‌برداری شهر مجن، kazemi.ghorban97@gmail.com

چکیده

ارتقای بهداشت محیط جامعه ارتباط مستقیم با کمیت و کیفیت آب مصرفی آن جامعه دارد. تمرکز شهرها و صنایع در اطراف منابع آب و افزایش روزافزون جمعیت شهری و روستایی سبب افزایش مصرف آب شده است. در نتیجه، کنترل و توجه بیشتر به آن از اولویتهای مهم هر جامعه‌ای محسوب می‌شود. تا به حال مواد و روش‌های زیادی برای گندزدایی آب استفاده شده که یکی از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین آن‌ها، مشتقات کلر است که به صورت محلول کلر قابل تزریق به آب هستند. مشکلات موجود در مراکز و اماکن مختلف در خصوص گندزدایی آب شرب، مشکلات موجود در مسیر بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری از انواع دستگاه‌های کلرزن موجود در سطح کشور، خطرات کار با مشتقات کلر و معرفی نحوه صحیح برآورد کلر مورد نیاز از جمله مواردی هستند که در این مقاله سعی شده با توجه به تجارب کاری در زمینه بهره‌برداری از تجهیزات کلرزی، کاملاً کاربردی و ساده بیان شود.

واژه‌های کلیدی: کلرزی آب، گندزدایی آب، هیپوکلریناتور، منابع آب

۱- مقدمه

کنترل آب با توجه به معیارها و استانداردهای موجود در هر کشوری انجام می‌شود. معیار الگوی اعلام شده از طرف خبرگان و متخصصان، جهانی و بیان‌کننده سلامت است بدون اینکه مسائل خاصی در آن دخالت کند ولی همین معیار وقتی در کشورها مطرح می‌شود، مسائل مختلف فنی، اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، فرهنگی و جغرافیایی در آن داخل می‌شود؛ به همین علت شاهد وجود اختلاف بین استانداردهای کیفیت آب کشورهای مختلف هستیم. در این خصوص نکته قابل توجه حرکت تمام کشورها در جهت پیشرفت و رسیدن به معیارها و حتی فراتر از آنهاست و در کشورهای زیادی استاندارد آنها از معیارهای اعلام شده نیز فراتر رفته و کیفیتی بهتر از معیار را اریه می‌دهند، در حالی که استاندارد تعداد زیادی از کشورهای جهان سوم هنوز اختلاف زیادی با معیارهای اعلام شده داشته و در سطحی پایین تر است. تمامی آبهایی که مورد استفاده شرب قرار می‌گیرند باید گندزدایی شوند، گندزدایی موجب غیر فعال شدن باکتریها درمبدا می‌گردد و چنان چه این باکتری‌ها در حین توزیع و یا در مخازن ذخیره وجود داشته باشند باقیمانده گندزدا موجب نابودی آن می‌گردد. در حال حاضر بیشترین گندزدایی که در سراسر جهان استفاده می‌شود کلر است هرچند استفاده از روشهای گندزدایی دیگر نظیر ازناسیون رو به افزایش است.

در روشهای گندزدایی ریسک ایمنی و سلامتی برای اپراتور و همچنین فرآورده‌های جانبی که از گندزدایی بوجود می‌آیند مبنایست در نظر گرفته شود، کلرو و ترکیبات آن (گاز کلر، پرکلرین، آب ژاول) بعلاوه قابل دسترس بودن، ارزان بودن، تجهیزات ساده، اپراتوری آسان و باقیمانده در آب. بعنوان اولین و موثرترین گندزدا در دنیا استفاده زیادی دارد. در اولویت بندی انتخاب منابع آب جهت شرب، اولین انتخاب، به خصوص در مناطق کوچک، منابع آب زیرزمینی هستند که غالباً با انجام یک فرآیند گندزدایی و کلرزی ساده دارای کیفیت مطلوبی جهت شرب می‌شوند

کلرزی آب قبل از مصرف، فرآیند لازم الاجرای تصفیه آب و آخرین اقدام جهت نابودی کامل عوامل بیماری زا است تا بدینوسیله از شیوع بیماریهای قابل انتقال از طریق آب جلوگیری و یا حتی الامکان به حداقل رسانده و به میزان ۴۰-۱۰۰ درصد از ابتلای افراد به این قبیل بیماریها کاسته شود. البته مصرف کنترل شده کلر و مشتقات آن جهت گندزدایی آب، در کنترل طعم و بوی آب نیز موثر است. گندزدهای متداول آب عبارتند از: کلر و مشتقات آن مثل کلرآمین، دی اکسید کلر، محلول هیپوکلراید، قرصهای کلر و ازن، اشعه ماورای بنفش و ترکیبات ید. در بین روشهای مختلفی که تاکنون جهت گندزدایی آب شرب توسعه پیدا کرده، هنوز کلرزی بیشترین کاربرد را دارد. چون حمل و نقل آن آسان و باقی مانده قابل اندازه گیری در آب دارد و مصرف آن اقتصادی است و میکروبهای مختلف را از بین می برد.

۲- انواع دستگاههای کلرزی آب شرب

تجهیزات و دستگاههای کلرزی برحسب نحوه استفاده از کلر به دو نوع کلی تقسیم می شود:
الف: تزریق کننده های گازی

ب: تزریق کننده های مایع (هیپوکلریت کلسیم با آب مخلوط شده و محلول حاصل به آب تزریق می شود)
به نوع اول دستگاه کلرزی آب، اصطلاحاً کلریناتور و به نوع دوم هیپوکلریناتور می گویند. برای کلرزی آب شهری بهتر است از نوع اول و برای گندزدایی آب اجتماعات کوچک و برای اردوگاهها، پادگانها و کارخانه ها از نوع دوم استفاده شود و در غالب مناطق کوچک و شهرستانها نیز با توجه به امکانات و شرایط موجود بهتر است، هیپوکلریناتورها مورد استفاده قرار گیرند(۱). نحوه تزریق کلر بستگی به امکانات موجود و نوع کاربرد کلر دارد. از دستگاههای کلرزی جهت گندزدایی آب شرب اجتماعات و صنایع، پساب تصفیه خانه فاضلاب شهرها و صنایع، استخرها و ... استفاده می شود.

۳- مقایسه و ارزیابی روشهای مختلف گندزدایی آب از نظر بهره برداری، تعمیر نگهداری و ...

۳-۱- دسترسی زیاد و استفاده آسان

بررسی بعمل آمده از ایستگاههای کلرزی دال بر این موضوع است که استفاده گاز کلر در تاسیسات کلرزی آسان تر و نظارت آن راحت تر است همچنین این موضوع درخصوص آب ژاول بعلت مایع بودن و انحلال پذیری بهتر نسبت به پرکلرین صادق می باشد. هیپوکلریت کلسیم بعلت جامد بودن و نیاز به زمان ماند جهت آزاد شدن کلر فعال آن علاوه بر آلودگی محیط، خوردگی تاسیسات را موجب می گردد، و از طرفی نیاز به یک نیروی اپراتور ثابت جهت نظارت بر کارکرد دستگاه، حل نمودن پر کلرین و ... دارد. دسترسی به ماده ضد عفونی کننده کاملاً منطقه ای بوده و به موقعیت شهر و دوری و نزدیکی آن به کارخانه تولیدی وابسته است ظرفیت تولید پرکلرین کشور ۷۰۰۰ تن و گاز کلر ۱۶۰۰۰ تن می باشد که در ۳ کارخانه نیرو کلر اصفهان، کلر پارس تبریز و پتروشیمی شیراز تولید می گردد.

۳-۲- مقرون به صرفه و ارزان

جهت رسیدن به حد مطلوب کلر باقیمانده ($0.5 - 0.8 \text{ mg/l}$) در شبکه توزیع نیاز به مصرف ۱ گرم گاز کلر، ۲ گرم پر

کلرین و ۸ CC آب ژاول به ازاء هر متر مکعب آب می باشد.

۳-۳- شرایط نگهداری و حمل و نقل آسان

گاز کلر در سیلندره‌های ۶۵ کیلویی و ۱ تنی ذخیره می گردد، سمی بودن گاز و امکان نشت آن موجب گردیده که شرایط نگهداری و حمل و نقل سیلندره‌های تابع شرایطی نظیر دما، رطوبت و عوامل فیزیکی دیگر باشد آب ژاول نیز بعلت مایع بودن و ناپایداری محلول، حمل و نقل آن مشکل می باشد از طرفی بعلت پایین بودن درصد خلوص آب ژاول، نیاز به حجم زیادی از آن برای ضد عفونی کردن آب آشامیدنی است بطوری که برای جایگزین نمودن ۱ تن گاز کلر نیاز به ۸ تن آب ژاول می باشد. نگهداری و حمل و نقل هیپوکلریت کلسیم بعلت جامد بودن و شرایط بسته بندی راحت تر می باشد.

۳-۴- عدم محدودیت در فصول مختلف سال

در مناطق سردسیر محول آب ژاول و پر کلرین یخ می زند و برای استفاده از آن باید از وسایل گرمایشی استفاده کرد که مستلزم هزینه گزاف می باشد. در صورتی که این مورد برای سیستم های کلرزی گازی وجود ندارد و یا می توان با نصب هیتر در مسیر گاز کلر و گرم نمودن سیلندر این نقص را بر طرف نمود. (خاطر نشان میدارد که برداشت کمتر از ۱٪ حجم سیلندر در مدت ۱ ساعت مانع از تشکیل کلر مایع سیستم های کلرزی گازی می گردد). خلاصه ای از مقایسه کلرزی های موجود در کشور در جداول ذیل ارائه شده است.

جدول ۱: برآورد هزینه های اجرایی تاسیسات کلرزی

هزینه (هزار ریال) کلرزنهای مایعی		هزینه (هزار ریال) کلرزن گازی	پارامتر
هیپوکلریت سدیم	هیپوکلریت کلسیم		
۴۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	ابنیه و تاسیسات
۷۵۰۰	۷۵۰۰	۵۳۰۰۰	تجهیزات کلرزن
۷۵۰۰	۷۵۰۰	۵۳۰۰۰	تجهیزات ایمنی
۶۲۵۰۰	۶۲۵۰۰	۲۰۶۰۰۰	جمع

* قیمت مواد مصرفی به همراه هزینه حمل و نقل و انبار داری برآورد گردیده است.

پرکلرین هر کیلوگرم ۳۵۰۰ ریال

گاز کلر هر کیلوگرم ۳۷۵۰ ریال

آب ژاول هر کیلوگرم ۶۰۰۰ ریال

جدول ۲: برآورد هزینه های بهره برداری تاسیسات کلرزنی

کلرزن مایعی	کلرزن گازی	پارامتر		
			هیپوکلریت سدیم	هیپوکلریت کلسیم
راحت	راحت	نحوه عملیات یا اپراتوری	مشکل	مشکل
راحت	مشکل	نگهداری	مشکل	مشکل
بالا	پایین	ایمنی	متوسط	متوسط
متوسط	بالا	دقت تجهیزات و لوازم تنظیم کننده در سیستم	متوسط	متوسط
نیاز دارد	نیاز دارد	آموزش لازم در هنگام کار با سیستم	نیاز دارد	نیاز دارد
بالا	بالا	کارایی	متوسط	متوسط
زیاد	متوسط	مقبولیت و پذیرش عمومی	پایین	پایین

جدول ۳: برآورد هزینه های بهره برداری تاسیسات کلرزنی

هزینه (هزار ریال) کلرزنهای مایعی	هزینه (هزار ریال) کلرزن گازی	پارامتر		
			هیپوکلریت سدیم	هیپوکلریت کلسیم
۳۵۰۰۰۰	۳۱۰۰۰۰۰	مصرف انرژی	۴۵۰۰۰	۳۱۰۰۰۰۰
۱۱۲۵۰۰۰۰	۱۱۲۵۰۰۰۰	نیروی انسانی	۲۲۵۰۰۰۰	۱۱۲۵۰۰۰۰
۴۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰	تعمیر و نگهداری	۷۵۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰
۱۲۰۰۰۰۰	۶۲۰۰۰۰۰	استهلاک	۱۲۰۰۰۰۰	۶۲۰۰۰۰۰
۱۳۲۰۰۰۰	۱۶۱۵۰۰۰۰	جمع کل	۲۴۹۰۰۰۰۰	۱۶۱۵۰۰۰۰
۹۴	۴۵	هزینه کلرینه نمودن ۱ متر مکعب آب آشامیدنی برای تولید ۱۰ لیتر بر ثانیه	۱۹	۴۵
۱/۸۲	۳/۹۲	هزینه کلرزنی ۱ متر مکعب آب آشامیدنی برای تولید ۲۰ لیتر بر ثانیه	۵/۱۵	۳/۹۲
۶/۵۱	۴۱	هزینه کلرزنی ۱ متر مکعب آب آشامیدنی برای تولید ۵۰ لیتر بر ثانیه	۷/۷۲	۴۱
۶/۷	۸/۸	هزینه کلرزنی ۱ متر مکعب آب آشامیدنی برای تولید ۱۰۰ لیتر بر ثانیه	۹/۹۱	۸/۸
۴/۷	۳/۶	هزینه کلرزنی ۱ متر مکعب آب آشامیدنی برای تولید ۲۰۰ لیتر بر ثانیه	۶۱	۳/۶

با مقایسه جداول بالا می توان به این نتیجه رسید که:

۱. کلرینه نمودن آب تولیدی در حجم های کمتر از ۵۰ لیتر در ثانیه به روش آب ژاول ، بعلت ضریب ایمنی بالا، ارزان بودن، اپراتوری ساده بهترین گزینه برای کلر زنی آب آشامیدنی
۲. محدودیت های کلرزنی با آب ژاول حمل و نقل ، نگهداری ، مدت زمان پایداری (در حجم های بالا) می باشد .
۳. دقت تجهیزات کلرزنی گازی، عدم دخالت اپراتور در تعیین میزان تزریق و درصد خلوص بالای گاز کلر موجب کارایی بالای این سیستم گردیده است بطوری که می توان غلظت کلر باقیمانده در شبکه توزیع را در فصول مختلف کم یا زیاد نمود .
۴. خطرات ناشی از نشت گاز کلر از محدودیت های نصب این سیستم در مناطق آب نزدیک مناطق مسکونی می باشد و بهترین شرایط جهت نصب خارج از مناطق مسکونی بالا بردن ضریب ایمنی ، و مجاور مخازن ذخیره آب آشامیدنی است

۵. تزریق گاز کلر بدون سیستم های تزریق میسر نمی باشد در صورتی که تزریق ترکیبات کلر خصوصاً آب ژاول بر روی منابع و مخازن (با محاسبه غلظت) بدون سیستم های تزریق و به روش دستی امکان پذیر است .
۶. آموزش نیروهای بهره بردار در تاسیسات کلرزنی موجب کارایی بالا و پویایی سیستم و کاهش خطرات احتمال می گردد، و به هیچ عنوان نباید بدنبال حذف آن به جهت کاهش هزینه ها باشیم.
در نتیجه طراحی سیستم مطابق با شرایط منطقه، رعایت اصول ایمنی و بهره برداری بهینه از پارامترهای مهم برای کارایی بیشتر سیستم های کلرزنی می باشد.

۴- مطالعه جهت انتخاب سیستم کلرزنی در شهر مجن

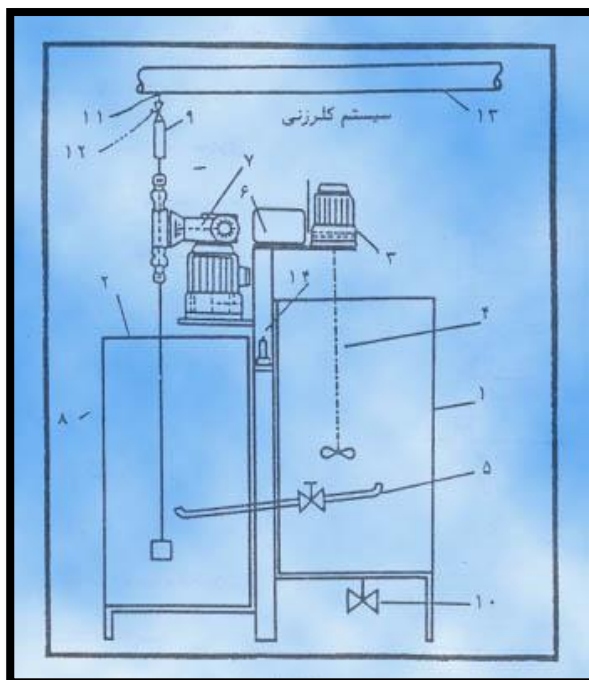
مجن از شهرهای استان سمنان است. این شهر در ۳۵ کیلومتری شمال غربی شاهرود، در بخش مرکزی، در شهرستان شاهرود قرار گرفته است. جمعیت این شهر بر طبق سرشماری سال ۱۳۹۵، برابر با ۵,۹۳۲ نفر بوده است. این شهر به دلیل قرار گرفتن در منطقه کوهستانی، شهری بن بست است و تنها راه ارتباطی آن جاده ای آسفالت است که مجن را به شاهرود و گرگان ارتباط می دهد. مجن در میان دره نسبتاً پهناور و میان دو رودخانه پی حصار و پیش ده بنا شده است. ماسوله کویر: مجن بناهایی پلکانی و معماری ویژه (شبیبه به شهر ماسوله) دارد. در بافت قدیمی شهر دیوارها و سقف اتاقها با خاک قرمز و زرد تزئین شده است. با توجه به شرایط اقلیمی منطقه و در نظر گرفتن هزینه های بهره برداری و نگهداری، سیستم کلرزنی مایع مورد تایید قرار گرفت. در طی دوره یازده ساله با کمترین هزینه و بالاترین راندمان کاری مشغول به تزریق بوده و طی این دوره هیچگونه اختلالی در تزریق کلر صورت نگرفته است. به دلیل نوع آب و هوای منطقه و با بررسی های انجام گرفته میزان پودر کلر مورد نیاز برای رسیدن به کلر مطلوب در شبکه توزیع آب (۰/۸ - ۰/۵) روزانه ۷۵۰۰ گرم پودر کلر مورد نیاز می باشد.

قسمتهای مختلف یک دستگاه هیپوکلریناتور که در شکل (www.fara-ab.com) نشان داده شده است عبارتند

از:

۱. مخزن اختلاط
۲. مخزن ذخیره محلول کار آماده تزریق
۳. میکسر: که باعث یکنواختی و حل شدن کلر در آب میشود.
۴. شفت و پروانه از جنس زنگ نزن و مقاوم به کلر
۵. شیلنگها و شیر ارتباط دو مخزن
۶. تابلوی برق
۷. پمپ تزریق کلر
۸. لوله مکش
۹. شیر و اتصالات مسیر رانش و تزریق
۱۰. شیر تخلیه لجنها
۱۱. قسمت تزریق به لوله آبرسان
۱۲. شیر یکطرفه
۱۳. لوله مصرف آب

هیپوکلریناتورها بر اساس روش کارشناسان به چند نوع تقسیم میشوند که ساده ترین آنها روش بشکه ای یا دستی برای منابع آبی که تحت فشار نیستند.



شکل ۱: قسمت‌های مختلف یک دستگاه هیپوکلریناتور

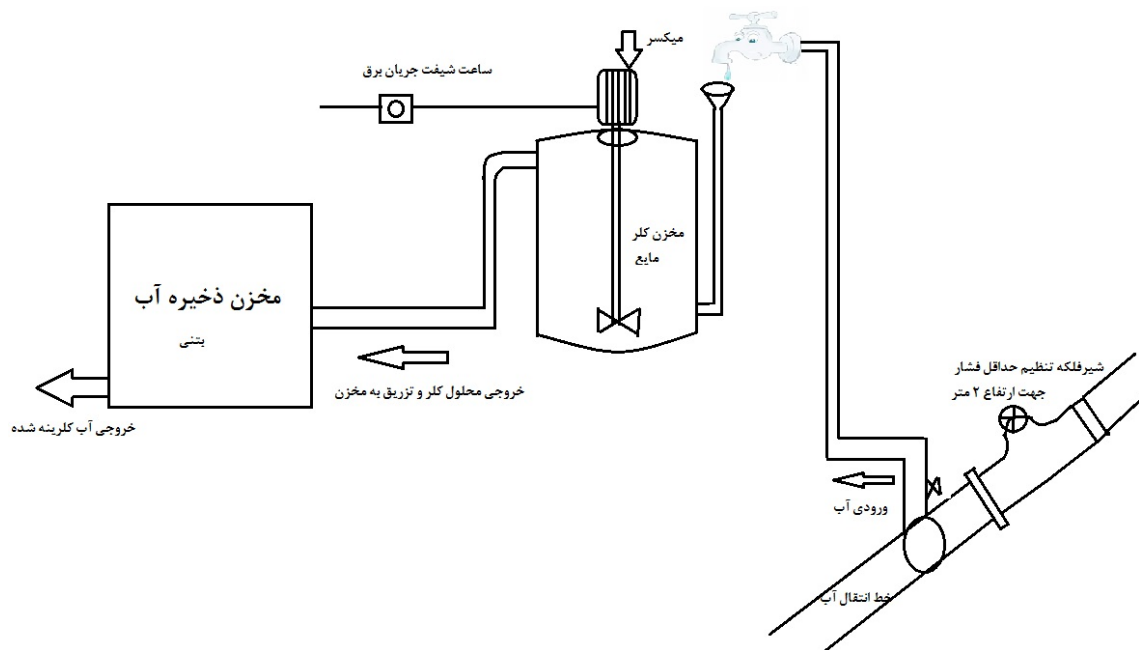
۵- طراحی سیستم کلرزنی مایع در شهر مجن

با توجه به مشکلات موجود در کلرزنیهای مایع از جمله رسوب در محل تزریق، که باعث پاره شده دیافراگم و ضعیف شده پمپ و موتور خواهد شد و این امر ماهانه تکرار شده و هزینه سرویس و تعمیر کلریناتور ها ماهانه مبلغی بالای ۳۰۰۰۰۰۰ ریال خواهد بود. با توجه به وجود چنین مشکلی، سیستم تزریق بصورت ذیل طراحی گردید (شکل ۲ و ۳ اجزای تشکیل دهنده):

۱. دستگاه کلریناتور مایع جهت تامین فشار مکنده و فرستنده کلر حذف گردید.
۲. مخزن مایع ۲۰۰ لیتری با تغییرات جزئی در ورودی آب به مخزن در قسمت تحتانی با آب تحت فشار از خط انتقال مجاور گرفته شده است.
۳. خروجی مایع کلر در قسمت فوقانی مخزن کلر تعبیه گردیده که به داخل مخزن ذخیره آب شرب شهر می ریزد و در هیچ زمان کلر در مجاری خروجی مخزن رسوب نمی کند.
۴. مخلوط پودر کلر با آب در مخزن مایع با میکسر برقی انجام می پذیرد.
۵. زمان راکد بودن آب مخزن، پودر کلر در کف مخزن ته نشین می شود، این مشکل سیستم با نصب تنظیم کننده خودکار (ساعت جهت فرمان به میکسر) بر روی میکسر برقی، هم زدن محلول بصورت خودکار انجام می پذیرد.
۶. سیستم به گونه ای طراحی شده که با ورودی آب مخزن، وصل و با قطع جریان آب، قطع می گردد.
۷. در این سیستم سعی شده با فضای محدود و پوشش مناسب جهت جلوگیری از یخ زدگی در منطقه سردسیر مجن، بدون هیچ مشکلی به کار خود ادامه دهد.



شکل ۲- سیستم طراحی شده کلرزی



شکل ۳- اجزای تشکیل دهنده سیستم طراحی شده کلرزی

۶- نتیجه گیری

استفاده از کلر ارزانتترین روش گندزدایی آب و فاضلاب است. کلر برای از بین بردن باکتری ها و سایر میکروبهای موجود در ذخائر آب آشامیدنی بکار می رود. امروزه حتی به ذخائر کوچک آب همواره کلر افزوده می گردد. اولین کاربرد کلر در تصفیه آب آشامیدنی، کنترل طعم و بو بوده است. سایر کاربردهای کلر شامل کنترل جلبک ها، حذف آهن و منگنز، حذف سولفید هیدروژن و حذف رنگ می باشد. کلر به اشکال مختلف ترکیبات جامد هیپوکلریت سدیم و پتاسیم و دی اکسید کلر گازی در صنعت آب موجود است. کلر زن مایع جهت گندزدایی آب متشکل از یک عدد تانک پلی اتیلن بوده که عملیات اختلاط با استفاده از شفت و پروانه استنلس استیل و الکتروموتور تعبیه شده در قسمت فوقانی تأمین می گردد که محلول هیپوکلریت کلسیم تشکیل شده با استفاده از یک عدد پمپ تزریق با ظرفیت مناسب طرح به درون حوضچه تماس کلر تزریق می گردد. بیشترین نارضایتی سیستم های کلرزنی مایع رسوب در محل تزریق بوده که باعث پاره شدن دیافراگم و ضعیف شدن پمپ و موتور می گردد. که ماهانه هزینه ای بالغ بر سه میلیون ریال به شرکت های آب و فاضلاب متحمل میشود. با طراحی ذکر شده بیشترین بازدهی و کمترین هزینه را خواهیم داشت.

۷- مراجع

<http://www.fara-ab.com/fa/Products/Item/Liquid-chlorination-Gas-chlorination-Dosing-Pump-chlorination>

Liquid chlorination system design with minimal cost and maximum efficiency in Mojen

Raeyati Zahra^{1*}, Kazemi Ghorban²

**1- Quality Control Expert, Urban Water and Wastewater Company, Semnan,
chen.raeyati@gmail.com**

2- Head of operation of Mojen, kazemi.ghorban97@gmail.com

Abstract

Improving the environmental health of a community is directly related to the quantity and quality of drinking water for the community and focus on cities and industries around water resources and increasing rural and urban population increased water consumption, thereby controlling and pay more attention to it than priorities of each A community. So far, many materials and methods have been used to disinfect water, one of the most important and most widely used are chlorine derivatives that can be injected into water as a chlorine solution. Problems in centers and various locations in the disinfection of drinking water as well as problems in the course of the operation and maintenance of all kinds-chlorinators in the country and risks with derivatives, chlorine and also how to properly estimate the chlorine requirements, including those In this paper, the paper tries to be fully functional and simple in light of the experience with the operation of chlorination equipment.

Key word: Water chlorination, Water disinfection, Hypochlorinate, Water resources.