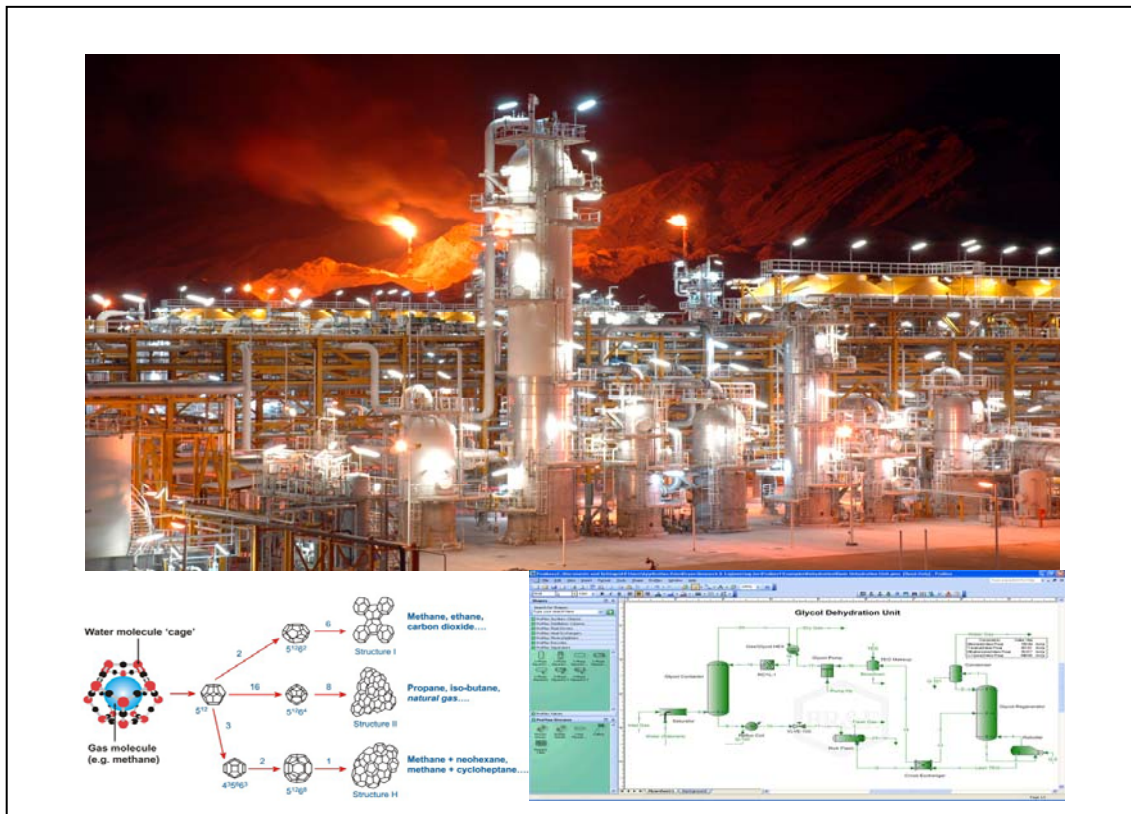




شرکت ملی گاز ایران - آموزش و تجهیز نیروی انسانی - آموزش فنی و تخصصی



اصول نم زدایی در صنایع نفت و گاز
آموزش فنی و تخصصی شرکت ملی گاز ایران
بهمن ماه ۱۳۸۹

نام کتاب: اصول نم زدایی از نفت و گاز طبیعی

مؤلف: رضا مسگریان

تایپ و صفحه آرایی: سرکار خانم شهره قنواتی

نوبت چاپ: اول

تیراژ: ۱۵۰ نسخه

ویرایش: آقایان جواد دانشیار - محمد عرق بیدی کاشانی - محمد فرزانه مقدم

ناشر: انتشارات داخلی شرکت ملی گاز ایران

سال نشر: بهمن ماه یک هزار و سیصد و هشتاد و نه

آدرس: تهران - میدان هفت تیر - خیابان مفتح جنوبی - خیابان شیروودی - پلاک

هشت - ساختمان آموزش - شرکت ملی گاز ایران - طبقه دوم - آموزش فنی

و تخصصی

تلفن ۲۴-۸۱۳۱۵۷۲۰-۰۲۱-۸۱۳۱۵۷۴۴-۰۲۱-۸۱۳۱۵۷۴۴-۰۲۱-۸۱۳۱۵۷۴۴

مقدمه آموزش فنی و تخصصی:

اهداف اصلی هر سازمان را می توان در دو عنوان بیان کرد؛ جلب رضایت ارباب رجوع یا به عبارت دیگر مشتری مداری و سود آوری سازمان. سازمان ها برای رسیدن به اهداف خود اقدام به وضع قوانین و قراردادهای خاصی جهت طی این فرآیند می نمایند. قراردادهای وضع شده تحت استانداردهای مشخص از منابع هر سازمان که شامل منابع انسانی و منابع اطلاعاتی و منابع مادی می باشند استفاده کرده تا به اهداف تعیین شده دست یابند. جدای از سه محور اصلی یعنی منابع ، فرآیند و اهداف سازمان ، آنچه این چرخه را از لحاظ درستی عملکرد تضمین می نماید بازبینی و نظارت مستمر مؤثر واحدهای سنجش عملکرد سازمان با قراردادهای وضع شده می باشد هرگونه عدم تطابق عملکرد یک یا چندین واحد مختلف از سازمان با استانداردهای تعیین شده برای آن سازمان یک مساله و مشکل به حساب می آید که در چرخه ذکر شده اثر نامطلوبی خواهد داشت . منابع هر سازمان اساس فعالیت و راهکارها محسوب می شود. داده ها و اطلاعات هر سازمان نسبت به دو منبع دیگر (منابع انسانی و منابع مالی) از جایگاه ویژه ای برخوردار است.

از آنجا که موفقیت کارکنان ریشه در اطلاعات و آگاهی افراد سازمان از قوانین و استانداردهای وضع شده و داده ای مختلف مرتبط با نوع فعالیت آنها داشته و نقش جهت دهی به کارکنان را بر عهده دارد. منابع انسانی با آموزشهایی که راستای ارتقای سطح دانش فردی و گروهی می بینند به نوعی فرآیند رسیدن به اهداف مورد نظر از طریق راهکار سازمان را تعیین می کنند. آموزشهای هدفمند خود نیز بر اساس منابع اطلاعاتی استوارند که در اثر تجربیات گذشته و مراحل آزموده شده قبلی بدست آمده اند. مبنی بر این دیدگاه میزان اثر بخشی فعالیت های سازمان در جهت رسیدن به اهداف والای خود رابطه مستقیم با منابع سازمان داشته و پرورش کارکنان و آگاهی بخشی به آنها نیز با میزان سودمند بودن منابع اطلاعاتی رابطه مستقیم دارد. منابع اطلاعاتی سازمانها را مستنداتی چون کتب و جزوات آموزشی تایید شده توسط واحدهای مرتبط با سطح سنجی منابع آموزشی تشکیل می دهد. از این رو آموزش و تجهیز نیروی انسانی شرکت ملی گاز ایران در راستای اهداف خود و استانداردار نمودن دوره های آموزشی و یکسان نمودن منابع تدریس اقدام به تهیه کتاب های آموزشی مرتبط با هر دوره آموزشی نموده است که منطبق با سرفصل آن دوره می باشد. کتابی که در پیش رو دارید توسط مهندس رضا مسگریان تهیه شده و منبع اصلی تدریس "دوره آموزشی اصول نم زدایی در صنایع نفت و گاز با کد آموزشی ۱۸۱۰۳" می باشد که ضمن تشکر از ایشان لازم است کلیه ادارات آموزش شرکت های تابعه جهت تدریس آن دوره از این منبع استفاده نمایند امید است همکاران با ارائه نظرات و پیشنهادات از طریق آدرس الکترونیکی Info@training.nigc.ir ما را در این امر مهم همچون گذشته یاری نمایند.

آموزش فنی و تخصصی شرکت ملی گاز ایران

بهمن ماه یک هزار و سیصد و هشتاد و نه



پیش گفتار:

گاز طبیعی تولید شده از منابع مستقل گازی و یا از چاههای نفتی (گازهای همراه نفت) در حقیقت گازهای طبیعی اشباع شده از آب و هیدروکربورهای سنگین می باشند.

هر چه دمای گاز استحصالی از چاه بیشتر باشد به همان نسبت، مقدار بخار آب موجود در گاز بیشتر است. انتقال گازهای مرطوب به علت اشباع بودن آن با بخار آب در سیستم های فرآورشی، در مسیر شیرهای کنترل در ایستگاههای تقلیل فشار گاز و در شبکه های توزیع گاز بویژه در فصل سرما با خطر بروز تشکیل یخ (هیدرات) همراه است، علاوه بر این، تقطیر آب در طول خطوط لوله انتقال گاز علاوه بر ایجاد افت فشار زیاد باعث بروز ساییدگی مکانیکی و همچنین خوردگی شیمیایی داخلی در آنها می گردد.

موضوع تدوین کتاب اصول نم زدایی در صنایع نفت و گاز جهت کارآموزان و کارکنان شرکت ملی گاز ایران از آنرو اهمیت پیدا می نماید که تمامی گازهای استحصالی از میداین مختلف کشور، جهت استفاده بایستی وارد پروسه نم زدایی شوند ، تا کنون کتابهای مختلفی در این خصوص برشته تحریر درآمده اما بطور جدا و مستقل به نم زدایی با مواد مایع و یا مواد جامد جاذب الرطوبه پرداخته شده و کتابی که بصورت عملیاتی، جامع و منطبق بر روشهای جدید مورد استفاده در پالایشگاههای گاز ، تاکنون به امر نم زدایی بصورت تخصصی نپرداخته و تدوین و تالیف نشده است.

با استعانت از خداوند متعال و با توجه به مطالب مذکور ، کتاب اصول نم زدایی در صنایع نفت و گاز که مشتمل بر شش فصل بشرح زیر می باشد ، برشته تحریر در آمد:

فصل اول : لزوم جداسازی آب از نفت و گاز طبیعی

فصل دوم : انواع روش های نم زدایی از گاز طبیعی

فصل سوم : اصول نم زدایی از گاز طبیعی با مایعات جاذب الرطوبه

فصل چهارم : مشکلات عملیاتی و روشهای غلبه بر آنها در واحدهای نم زدایی با گلایکول

فصل پنجم : نم زدایی از گاز طبیعی با مواد جامد جاذب الرطوبه

فصل ششم : اصطلاحات رایج در نم زدایی

بدون تردید این کتاب دارای نواقص و کاستیهای فراوانی است که از تمامی همکاران محترم و متخصص و سایر دوستان علاقمند به موضوع ، استدعا دارم نظرات اصلاحی خود را به آدرس الکترونیکی mesgarian@nigc.ir ارسال نمایند. برخورد لازم می دانم از زحمات همکاران فرهیخته در آموزش فنی و تخصصی شرکت ملی گاز ایران بویژه آقایان مهندس خلیل قنادی ، مهندس فرید بن سعید و بویژه مهندس جواد دانشیار و همکاران محترم پالایش ، خصوصاً جناب آقایان مهندس محمد عرق بیدی کاشانی و محمد فرزانه مقدم که نظرات ارزنده ای ابراز نمودند، تشکر و قدردانی نمایم.

رضا مسگریان

کارشناس ارشد مهندسی شیمی ۱۳۸۹/۱۱/۰۸

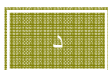


عنوان دوره: اصول نم زدایی در صنایع نفت و گاز		کد دوره: ۱۸۱۰۳	مدت: ۲۴ ساعت
شرایط شرکت کنندگان: کارآموزان بدو استخدام و یا در حال اشتغال در واحدهای مرتبط			
نوع پودمان: پالایش		سطح: کلیه مقاطع تحصیلی	پیش نیاز: ندارد
امکانات اجرایی: پاور پوینت <input checked="" type="checkbox"/> کلاس <input checked="" type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> فیلم/CD <input checked="" type="checkbox"/> جزوه <input checked="" type="checkbox"/> غیره <input type="checkbox"/>			
اهداف آموزشی: آشنایی با اصول، فرآیندها، عملیات، عیب یابی و راهکارهای بهبود عملکرد واحدهای نم زدایی			
زمان	محتوا	کد	جزء پودمان
۳ ساعت	مقدمه/لزوم جداسازی آب از نفت و گاز طبیعی /انواع هیدرات و شرایط تشکیل آن /نقطه شبنم آب در گاز طبیعی /نقطه شبنم هیدروکربوری / محاسبه و تعیین نقطه تشکیل هیدرات		لزوم جداسازی آب از نفت و گاز طبیعی
۵ ساعت	فرآیندهای مختلف نم زدایی از گاز طبیعی / جذب آب توسط مایعات جاذب /خواص گلیکول ها / جذب آب توسط مواد جاذب الرطوبه /انواع و خواص جاذب الرطوبه ها / سیلیکاژل / آلومینای فعال /غربال مولکولی / پارامترهای موثر در انتخاب مواد جاذب الرطوبه		روش های مختلف نم زدایی از گاز طبیعی
۴ ساعت	مقدمه / واحد گلیکول فاز ۲ و ۳ مجتمع پارس جنوبی / سیستم های تزریق گلیکول /عملیات آگیری در کارخانه های گاز مایع /انتخاب نوع ماده ضد یخ / خواص فیزیکی گلیکول ها/نقش گلیکول در تنظیم نقطه شبنم/تجهیزات نم زدایی با گلیکول /برج جذب ،سیستم احیاء /ایجاد کف/کاربرد گلیکول در خطوط انتقال/مقایسه سیستم بهره برداری MEG و DEG		اصول نم زدایی با مایعات جاذب الرطوبه
۴ ساعت	خوردگی در واحدهای گلیکول /فسادگلیکول /حلالیت جریان گازی /معادله همراشمیت /دلایل هرزرفت گلیکول / بررسی مشکلات عملیاتی و عیب یابی واحدهای گلیکول و روشهای غلبه بر آنها/شرح واحدهای نم زدایی پالایشگاههای گاز		مشکلات عملیاتی و روشهای غلبه بر آنها در نم زدایی با گلیکول
۶ ساعت	مقایسه نم زدایی با مواد جامد و مایع /عملکرد سیستم های نم زدایی با مواد جامد /سیکل جذب و احیاء /طبیعت جذب آب وهیدروکربورها توسط مواد جامد/عوامل موثر در فرآیند نم زدایی با جامدات / عوامل موثر بر کاهش ظرفیت / محاسبه پارامترهای طراحی (برج و سیستم احیاء)/ آشنایی وعیب یابی		اصول نم زدایی با مواد جامد جاذب الرطوبه
۱ ساعت			اصطلاحات

فهرست مطالب	
صفحه	موضوع
۱	فصل یک - لزوم جداسازی آب از نفت و گاز طبیعی
۲	مقدمه
۲	لزوم جداسازی آب از نفت و گاز طبیعی
۲	انواع هیدرات و شرایط تشکیل آن
۶	تعریف و محاسبه نقطه شبنم آب در گاز طبیعی
۱۰	محاسبه نقطه شبنم هیدروکربونی در گاز طبیعی
۱۲	محاسبه و تعیین نقطه تشکیل هیدرات
۱۵	فصل دوم - انواع روش های نم زدایی از گاز طبیعی
۱۶	مقدمه
۱۶	فرآیندهای مختلف نم زدایی از گاز طبیعی
۱۷	جذب آب توسط مایعات جاذب الرطوبه
۱۷	انواع مختلف گلايکول ها
۱۹	جذب آب توسط مواد جامد جاذب الرطوبه
۲۰	انواع مواد جامد جاذب الرطوبه
۲۱	سیلیکاژل
۲۱	موبیل سوربید
۲۲	آلومینای فعال
۲۲	بوکسیت فعال
۲۲	غربال مولکولی
۲۵	پارامترهای موثر در انتخاب یک ماده جامد خشک کننده
۲۷	فصل سوم - اصول نم زدایی با مایعات جاذب الرطوبه
۲۸	مقدمه
۲۸	واحد گلايکول فاز ۳و۲ مجتمع پارس جنوبی
۲۹	واحد آب گیری از گاز (واحد ۱۰۴)
۳۲	سیستم های تزریق گلايکول
۳۸	عملیات آب گیری از گلايکول در کارخانه های گاز مایع
۴۰	انتخاب ماده مایع جاذب الرطوبه

۴۱	نکاتی در خصوص خواص فیزیکی گلایکول ها
۴۴	گلایکول و نقش آن در تنظیم نقطه شبنم گاز
۴۵	معرفی واحدها و تجهیزات نم زدایی با گلایکول
۴۵	اصول طراحی و بهره برداری برج جذب با گلایکول
۵۳	عملکرد مخزن انبساط
۵۳	اصول طراحی و بهره برداری سیستم احیاء گلایکول
۶۱	کنترل سیستم های گلایکول
۶۳	کاربرد معادله همراشمیت
۶۷	نگهداری سیستم گلایکول
۶۷	کاربرد گلایکول در سیستم انتقال گاز
۶۹	استفاده از گلایکول در سیستم های تبرید برای تثبیت نقطه شبنم
۷۲	استفاده از گلایکول در سیستم های تبرید برای جلوگیری از تشکیل هیدرات
۷۸	مقایسه سیستم بهره برداری MEG و DEG
۸۲	واحد نم زدایی شرکت پالایش گاز سرخون
۸۹	واحد احیاء گلایکول و تزریق مجدد MEG در پارس جنوبی (واحد ۱۰۲)
۹۷	واحد نم زدایی شرکت پالایش گاز فجر جم
۹۸	فصل چهارم - مشکلات عملیاتی و روشهای غلبه بر آنها در واحدهای نم زدایی با گلایکول
۹۹	خوردگی در واحدهای گلایکول
۱۰۰	فساد گلایکول و لزوم طراحی سیستم فیلتراسیون
۱۰۴	حلالیت جریان گازی در محلول گلایکول
۱۰۶	دلایل هرزرفت گلایکول و روش کنترل آن
۱۰۷	دلایل ایجاد کف در سیستم گلایکول
۱۰۸	محاسبه میزان هرزرفت گلایکول
۱۱۱	مشکلات عملیاتی و روشهای کنترل آن
۱۱۱	آلوده شدن محلول گلایکول
۱۱۲	تشکیل امولسیون گلایکول و میعانات گازی
۱۱۲	pH پایین در دی اتیلن گلایکول
۱۱۲	ایجاد امولسیون در رابطه با نمکی شدن گلایکول واحد
۱۱۳	آلودگی به نمک، هرزرفت گلایکول و انجماد مواد پارافینی
۱۱۴	آلوده شدن گلایکول با هیدروکربونهای سنگین

۱۱۵	هرز رفت بیش از حد گلايکول
۱۱۶	سایر تجربیات عملیاتی در واحدهای نم زدایی با گلايکول
۱۱۶	طراحی و نصب واحدهای گلايکول
۱۱۶	اشکالات راه اندازی و از سرویس خارج نمودن واحدهای گلايکول
۱۱۷	چگونگی از سرویس خارج نمودن واحد گلايکول
۱۱۷	تجربیات عملیاتی سایر شرکت ها
۱۱۸	تمیز کاری و شستشوی سیستم گلايکول
۱۲۰	فصل پنجم – اصول نم زدایی از گاز با مواد جامد جاذب الرطوبه
۱۲۱	مقایسه سیستم های نم زدایی بوسیله مایعات و جامدات جاذب الرطوبه
۱۲۲	عملکرد سیستم های نم زدایی با مواد جامد
۱۲۶	سیستم های نم زدایی با دو بستر خشک کننده
۱۲۶	سیستم های نم زدایی با سه بستر خشک کننده
۱۲۷	سیستم های نم زدایی با چهار بستر خشک کننده
۱۲۸	سیکل احیاء سیستم نم زدایی با مواد جامد
۱۲۹	طبیعت جذب آب و هیدروکربون ها توسط مواد جامد جاذب الرطوبه
۱۳۲	عوامل موثر در فرآیند نم زدایی با بستر جامد
۱۳۲	ظرفیت ماده جامد خشک کننده
۱۳۳	ظرفیت تعادلی یا استاتیکی
۱۳۳	ظرفیت دینامیکی
۱۳۳	ظرفیت مفید
۱۳۳	عوامل موثر بر کاهش ظرفیت ماده خشک کننده
۱۳۵	انتخاب یک ماده خشک کننده
۱۳۶	افت فشار بستر خشک کننده
۱۳۸	محاسبه افت فشار
۱۳۹	انبساط بستر
۱۴۰	نگهدارنده بستر
۱۴۱	معادلات طراحی برج های خشک کننده
۱۴۲	ظرفیت ماده خشک کننده
۱۴۳	طول ناحیه جذب
۱۴۴	رطوبت جذب شده در هر سیکل
۱۴۴	مدت زمان نم زدایی (زمان رسیدن به نقطه شکست)



۱۴۵	دبی مجاز گاز (قطر بستر)
۱۴۶	محاسبات برج های نم زدایی
۱۴۸	محاسبات سیکل احیاء
۱۴۹	بدنه فولادی برج خشک کننده
۱۴۹	عوامل حرارت
۱۵۱	بار حرارتی کوره گاز احیاء
۱۵۱	بار حرارتی کندانسور گاز احیاء
۱۵۲	تنظیم نقطه شبنم آبی با استفاده از مولکولارسیو در پارس جنوبی
۱۵۶	دستورالعمل ها و بررسی های شروع به کار
۱۵۶	ورود جریان به واحد ۱۰۴
۱۵۷	توصیه های مهم
۱۶۰	فصل ششم - اصطلاحات رایج نم زدایی
۱۶۱	اصطلاحات رایج در نم زدایی از نفت و گاز طبیعی
۱۶۴	منابع
۱۶۵	پیوست ها

فصل اول

لزوم جداسازی آب از نفت و گاز طبیعی



مقدمه:

با افزایش میزان تولید، انتقال، توزیع و مصرف گاز طبیعی، اهمیت تولید گازی عاری از انواع ناخالصیها افزایش می یابد. گاز طبیعی تولید شده از منابع مستقل گازی و یا از چاههای نفتی (گازهای همراه نفت) در حقیقت گاز طبیعی اشباع شده از آب و هیدروکربورهای سنگین می باشد. هر چه دمای گاز استحصال از چاه بیشتر باشد به همان نسبت مقدار بخار آب موجود در گازها بیشتر است. انتقال گازهای غنی، به علت اشباع بودن آن با بخار آب در سیستم های فرآورش، در مسیر شیرهای کنترل در ایستگاههای تقلیل فشار گاز و در شبکه های توزیع گاز و در فصل سرما با خطر بروز مشکلات زیادی همراه است، علاوه بر این، تقطیر آب در طول خطوط انتقال گاز، علاوه بر ایجاد افت فشار زیاد، باعث بروز ساییدگی مکانیکی و همچنین خوردگی شیمیایی داخلی در آنها می شود.

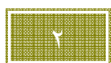
لزوم جداسازی آب از نفت و گاز طبیعی

آب و هیدروکربونهای مایع از ناخالصیهای ناخواسته و مشترک در انواع گازهای طبیعی (ترش و شیرین) می باشند. معمولاً بخار آب به تنهایی مشکلات چندانی را ایجاد نمی نماید، بلکه این ماده بصورت مایع و یا جامد در حالت تراکم و یا خنک شدن گاز، از آن جدا شده و ایجاد مشکل می نماید. آب بصورت مایع معمولاً خوردگی را در محیط شدت می بخشد و آب بصورت هیدرات^۱ باعث گرفتگی شیرها، اتصالات و حتی لوله های گاز می شود. برای جلوگیری از چنین مشکلاتی، تمامی گاز مصرفی که از طریق خطوط لوله به محل های مصرف منتقل می شود، بایستی نم زدائی شود.

انواع مختلف هیدرات و شرایط تشکیل آن

گاز طبیعی و نفت خام بطور طبیعی در مخازن زیرزمینی با آب در تماس می باشند. مولکولهای آب بخاطر داشتن پیوندهای هیدروژنی قوی، با وجود آوردن حفرههایی تشکیل یک ساختمان شبه شبکه ای را می دهد. این ساختمان شبه شبکه ای که بعنوان شبکه هیدرات خالی شناخته می شود، ناپایدار بوده، ولی در حضور اجزاء گاز طبیعی با قطره های مولکولی کوچکتر از قطر حفره ها می تواند به یک ساختمان پایدار تبدیل شود، این ماده کریستالی شبه یخ بعنوان هیدرات گاز طبیعی شناخته می شود، فرمول عمومی هیدرات ها بصورت $M_n H_2O$ می باشد که M شامل مولکول تشکیل دهنده هیدرات می باشد. بعنوان مثال در حالتی از هیدرات متان، ۸ مولکول متان توسط ۴۶ مولکول آب احاطه می شود. در مجموعه ای از فرآیندهای موجود در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی پدیده تشکیل هیدرات های هیدروکربن ممکن است بوجود آید که می تواند باعث گرفتگی خطوط لوله و دستگاه ها شده و سبب عوارضی چون انفجار در پشت شیرهای کنترل گردد. وجود بخار آب در گاز طبیعی همواره منبع مزاحمت در صنعت گاز طبیعی در اندازه گیری و انتقال گاز بوده است و یکی از مشکلات عمده، قطع

1. Hydrate



سرویس بخاطر مایع شدن و سرانجام انجماد آب در سیستم می‌باشد. ماده جامدی که در خط لوله جمع گشته و در ظاهر شبیه برفک می‌باشد، در اثر حرکت گاز در خط لوله، در نقاط پست و کوتاه جمع و فشرده شده و نهایتاً تمام خط لوله را مسدود می‌کند.

این انجماد معمولاً در دماهای زیر صفر یا ترکیبی از دماهای بالاتر از صفر، همراه با نوسانات فشار، رخ می‌دهد که فشار باعث میعان و تبخیر متناوب هیدروکربن‌های فرارتر مثل پروپان و بوتان می‌شود، ابتدا چنین تصور می‌شد که یخ زدن لوله های گاز در اثر یخ زدن آب موجود در آنها است ولی بعدها مشخص گردید که هیدرات معمولاً در درجه حرارت بالاتر از صفر درجه سانتیگراد، تشکیل می‌گردد. معمولاً در هیدرات، هیدروکربورهای سنگین تر از نرمال بوتان وجود ندارد.

هیدروکربورهای پارافینی نظیر متان، اتان، پروپان و ایزوبوتان ایجاد هیدرات می نمایند. اما از هیدروکربورهای ذکر شده، آنهایی که وزن مولکولی بیشتری دارند، هیدرات پایدارتری تشکیل می دهند، بدین صورت که هیدرات ایجاد شده توسط ایزوبوتان از هیدرات تولید شده توسط پروپان و هیدرات ایجاد شده توسط اتان از هیدرات ایجاد شده توسط متان پایدارتر است. یخ زدگی در سیستم های گاز طبیعی در اثر فشار بالای گاز، وجود بخار آب و درجه حرارت پائین گاز ایجاد می شود.

هیدرات که در لوله های انتقال گاز طبیعی ایجاد می شود شبیه به برف فشرده، خیلی سبک و متخلخل می باشد. هنگامی که هیدرات در هوای آزاد قرارگیرد حجم زیادی گاز طبیعی از آن متصاعد می شود. اگر هیدرات را آتش بزنند خیلی سریع مشتعل می شود.

پدیده تشکیل هیدرات همیشه نامطلوب نبوده بلکه بعنوان یک روش جهت نمک زدایی و شیرین کردن آب می توان از آن استفاده نمود. استفاده صنعتی از هیدراتهای گازی شامل موارد زیر می‌باشد:

✚ شیرین نمودن آب دریا

✚ جدا کردن گاز دو جزئی یا چند جزئی و مخلوطهای مایع

✚ ذخیره سازی گازها


اصولاً دماهای پائین و فشارهای نسبتاً بالا برای تشکیل هیدراتها مناسب می باشند. تشکیل هیدرات‌گازی در خطوط لوله گاز طبیعی بستگی به فشار، دما و ترکیب مخلوط بخار آب-گاز دارد و بعد از اینکه این شرایط کامل شد، تشکیل هیدراتها توسط سرعتهای بالای جریان گاز، نوسانات فشار یا تلقیح یک کریستال کوچک هیدرات، سریعتر می‌شود. در شرایط تعادلی هیدراتها، بخاطر پائین بودن فشارشان، آب بیشتری از فاز بخار خارج می‌شود، نقطه ذوب هیدراتهای ترکیب شده در مخلوط گاز طبیعی بستگی به فشار دارد و در فشار ۱۱۰ پوند بر اینچ مربع از حدود ۳۴ درجه فارنهایت تا حدود ۶۰ درجه فارنهایت در فشار ۸۰۰ پوند بر اینچ مربع تغییر می‌کند. همچنین هیدراتهای دیگری که تحت عنوان هیدراتهای دوگانه نامیده می شوند، مورد بررسی و شناسایی قرار گرفته‌اند، این هیدراتها در واقع حالت خاصی از هیدراتهای ترکیبی هستند. هنگامیکه یک ماده تشکیل‌دهنده هیدرات بصورت


یک گاز منفرد نباشد، بلکه بصورت مخلوطی از گازها یا مایعات آلی فرار باشد، هیدراتی که تشکیل می‌گردد بصورت یک محلول بوده که ترکیب آن در طی ذوب تغییر می‌نماید.


هیدرات‌های گازی در جائیکه ترکیبات گازی ذکر شده، در دماهای کمتر از ۳۵ درجه سانتیگراد در تماس با آب قرار گیرند، ممکن است تشکیل شوند. بنابراین ضروری بنظر می‌رسد که شرایط تشکیل هیدرات هنگام طراحی واحدهای جداسازی و خطوط لوله برای استفاده در صنعت نفت و گاز مورد ملاحظه و مطالعه قرار گیرند، هیدرات‌های اعماق زمین به عنوان منابع انرژی آینده مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، به علت دما و فشار لایه‌های زیر زمینی در اعماق زمین، منابع هیدروکربوری فراوانی به صورت هیدرات موجود است، این حجم زیاد ذخیره شده به این دلیل است که یک حجم واحد از هیدرات متان ۱۶۴ مرتبه بیشتر از همان حجم گاز، متان دارد.

در درون هیدرات‌های گازی، مولکول‌های گاز توسط نیروهای وندروالس در محیط شبکه کریستالی مولکول‌های آب نگهداری می‌شوند.


مطالعات انجام گرفته به کمک اشعه X نشان داده است که ساختار کریستالی هیدرات از مشتقات ماده دودکا هیدروپنتاگونال^۱ (ساختاری با دوازده وجه که هر وجه آن از یک پنج ضلعی تشکیل شده است) می‌باشد، عمدتاً سه ساختار برای هیدرات‌ها مشخص شده است:

ساختار نوع I 


ساختار نوع II 

ساختار نوع H 

هر ساختار شامل تعدادی حفره‌های بزرگ و کوچک می‌باشد. در یک هیدرات پایدار، تعدادی از حفره‌ها توسط ترکیبات گازی که مولکول‌های مهمان نامیده می‌شوند، اشغال می‌گردند. تنها گازهایی که شکل هندسی مناسبی داشته و دارای قطر مولکولی کوچکتر از قطر حفره‌ها باشند، می‌توانند وارد حفره‌ها شوند. پس، اندازه مولکولی عامل مهم در تشکیل هیدرات است. عامل مهم دیگر حلالیت گاز است، هرچه قدر حلالیت یک جزء گازی بیشتر باشد، هیدرات سریعتر تشکیل می‌شود. برای هر واحد شبکه ساختارهای هیدرات چند نوع قفس وجود دارد.

قفس نوع S 

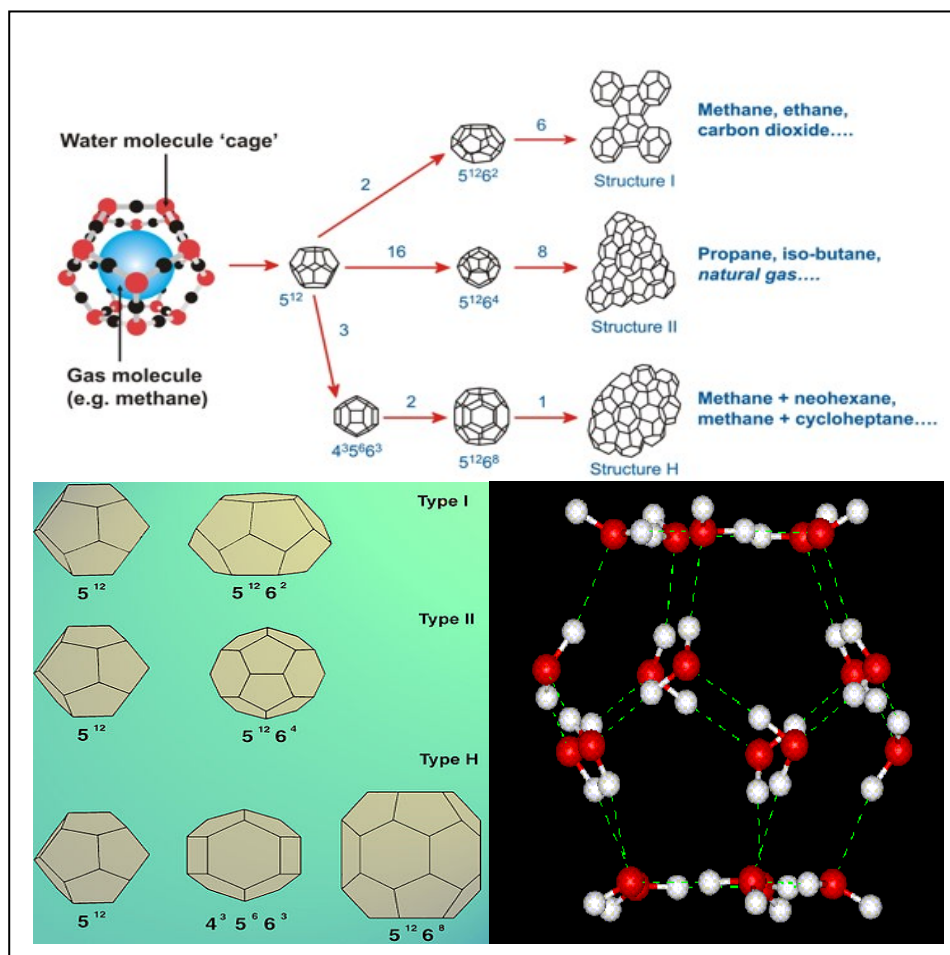
قفس نوع M 

قفس نوع L 

1. Dodecahedronpentagonal



در ساختار I هر واحد شبکه ۲ قفس کوچک نوع S یعنی ساختار مولکولها با ۱۲ وجه پنج ضلعی) و ۶ قفس بزرگ نوع L یعنی ساختار مولکولی با ۱۲ وجه پنج ضلعی و ۲ وجه شش ضلعی دارد، ساختار I از ۴۶ مولکول آب و ساختار II از ۱۳۶ مولکول آب تشکیل شده است ساختار H شامل ۲ قفس نوع S و ۳ نوع قفس نوع M و یک نوع قفس نوع L است. شکل (۱-۱) انواع مختلف هیدرات را نشان می دهد.



شکل ۱-۱ انواع هیدرات های تشکیل شده در فرآیندهای مختلف گاز طبیعی

تعریف و محاسبه نقطه شبنم^۱ آب در گاز طبیعی

نقطه شبنم آب در گازها، درجه حرارتی است که در آن اولین ذره آب تشکیل می شود. اگر درجه حرارت نقطه تقطیر هیدروکربورهای سنگین در گازها، از نقطه شبنم آب بالاتر باشد، ابتدا نقطه شبنم هیدروکربوری در گازها نمایان می شود، باید توجه داشت که اندازه گیری نقطه شبنم آب در این حالت با مشکلاتی همراه خواهد بود.

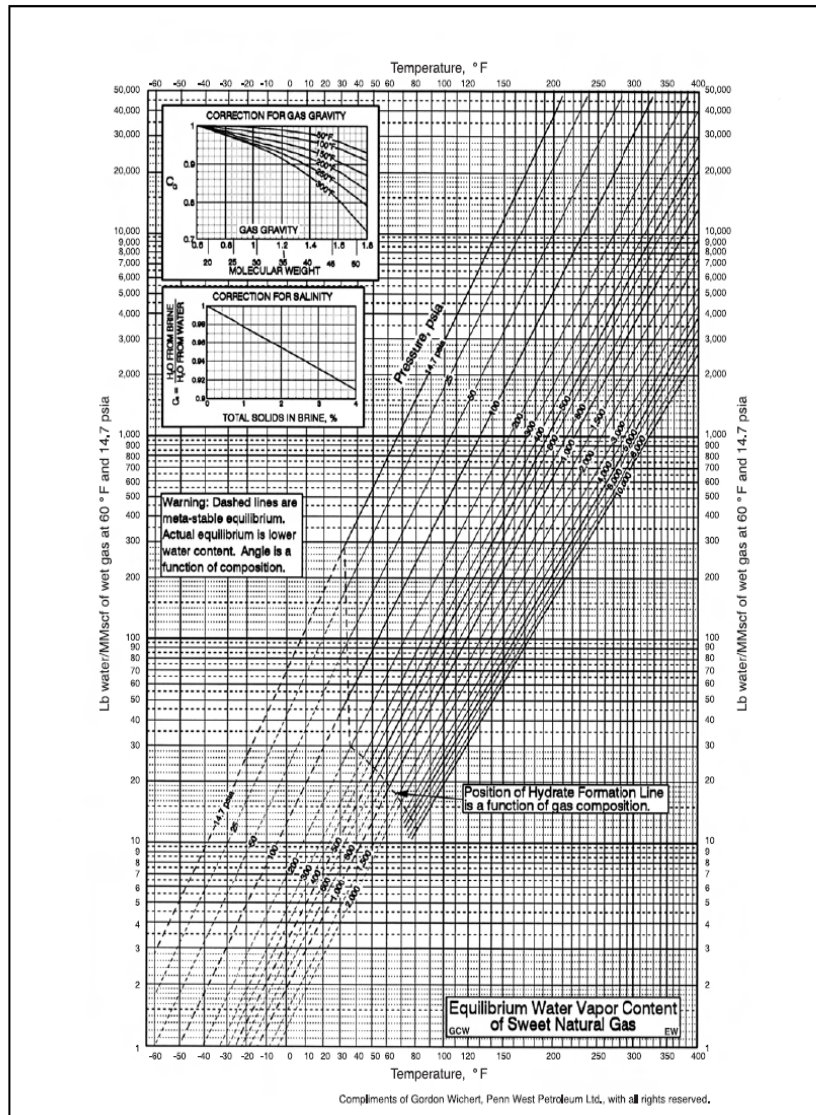
در مخلوط هیدروکربورهای گازی با بخار آب، هر یک از اجزاء متناسب با درصد حجمی (درصد مولی) فشار جزئی لازم را دارا می باشند. فشار کلی مخلوط برابر با مجموع فشارهای جزئی هر یک از اجزاء گاز می باشد. ذرات آب علیرغم وجود و یا عدم وجود هریک از اجزاء هیدروکربوری خاص، در فضای بین آنها تبخیر می شود تا اینکه فشار جزئی آن در حجم مورد نظر معادل فشار بخار آب در حالت اشباع باشد. یعنی در یک گاز اشباع با آب، فشار جزئی آب برابر با فشار بخار آب در درجه حرارت مخلوط گازها می باشد. با کاهش درجه حرارت و یا با افزایش فشار در گاز اشباع، قطرات آب تقطیر خواهند شد. وقتی گازی را خنک کنیم درجه حرارتی را که در آن درجه حرارت اولین ذره آب تقطیر می شود، "نقطه شبنم" آب می نامیم. یعنی در گازی که کاملاً اشباع و یا کاملاً خشک نباشد مقدار فشار جزئی بخار آب مقدار مشخصی در آن است و اگر مخلوط گاز تا درجه حرارتی خنک شود که در آن فشار بخار آب به تنهایی برابر با فشار بخار آب در مخلوط گازها باشد، قطرات آب شروع به تقطیر نموده و نقطه شبنم آب فرا می رسد.

دستگاههای اندازه گیری نقطه شبنم آب، معمولاً دارای امکاناتی برای خنک کردن گاز (یخ خشک و یا پروپان) در فشار آزمایش مورد نظر، برای ایجاد اولین ذره (لک) آب بر روی آینه مینا بوده و دما سنج در محدوده اندازه گیری دما از حدود $+50$ تا -100 درجه سانتیگراد، قابل استفاده می باشد. در دستگاههای اندازه گیری، نقطه شبنم آب در فشار مشخصی اندازه گیری می شود، بنابراین در اعلام نقطه شبنم آب هر گازی، باید مشخص شود که نقطه شبنم در چه فشاری مد نظر است. در نمودار (۱-۱) نقطه شبنم آب در گازهای طبیعی شیرین در فشارهای مختلف عملیاتی نشان داده شده است.

با در دست داشتن نقطه شبنم و فشار عملیاتی مربوطه می توان مقدار آب موجود در هر حجم استاندارد گاز را تعیین نمود. همانطوریکه گفته شد با خنک کردن گازهاییکه کاملاً خنک نمی باشند و یا با افزایش فشار گاز مذکور، در حقیقت شرایط عملیاتی گاز را به شرایط نقطه شبنم آبی آن نزدیک تر می نماییم.

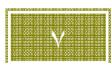
1. Dew point





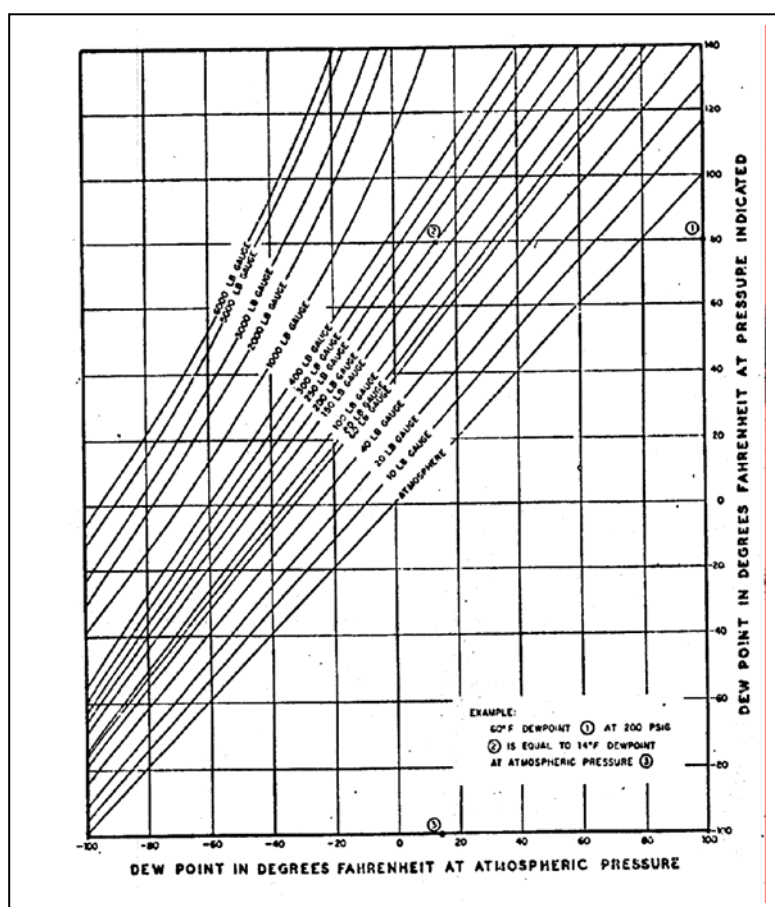
نمودار ۱-۱ نقطه شبنم گاز طبیعی در فشارهای مختلف عملیاتی

نمودار (۱-۲)، چگونگی تبدیل نقطه شبنم گازهای طبیعی را در فشار و دماهای مختلف نسبت به یکدیگر نشان داده است. در این نمودار مشخص شده است که گازهای طبیعی را (که کاملاً خشک و یا کاملاً اشباع نباشند) هر چه متراکم تر نمائیم (مثلاً در کمپرسور خانه ها)، نقطه شبنم آن پائین می آید. هرچه فشار گازهای طبیعی با مقدار بخار آب مشخص را پائین تر بیاوریم (مثلاً در ایستگاههای تقلیل فشار گاز)، نقطه شبنم آب آن بالاتر می رود. با مراجعه به نمودار (۱-۱) به عنوان مثال معلوم می شود که گاز طبیعی شیرین در نقطه شبنم ۴۰ درجه فارنهایت و فشار ۱۰۰ پوند بر اینچ مربع دارای ۶۲ پوند



آب در هر میلیون فوت مکعب استاندارد گاز و در نقطه شبنم مشابه ۴۰ درجه فارنهایت و فشار ۱۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع، حدود ۹ پوند آب در هر میلیون فوت مکعب استاندارد آن وجود دارد. به عنوان مثال، گاز با نقطه شبنم ۴۰ درجه فارنهایت و فشار ۱۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع توسط ایستگاه تقلیل فشار گاز تا فشار ثانویه ۲۵۰ پوند بر اینچ مربع، انبساط پیدا می کند، برای محاسبه نقطه شبنم گاز شیرین ۲۵۰ پوند بر اینچ مربع، چون مقدار آب موجود در گاز تغییر نمی کند بنابراین، مقدار آب موجود در گاز ۲۵۰ بر اینچ مربع، درحد ۹ پوند آب در هر میلیون مکعب استاندارد گاز ثابت باقی می ماند. با مراجعه به نمودار (۱-۱) نقطه شبنم معادل ۱۰ درجه فارنهایت، برای گاز با فشار ۲۵۰ پوند بر اینچ مربع بدست می آید که حاکی از افت نقطه شبنم می باشد.

برآورد نقطه شبنم در گازهای ترش به مراتب از گازهای شیرین پیچیده تر می باشد. چون گازهای H_2S و CO_2 به مقدار زیادی تمایل حلالیت در آب را دارا می باشند.



نمودار ۱-۲ تبدیل نقطه شبنم گازی با توجه به شرایط مختلف

از فرمول زیر می توان برای محاسبه مقدار آب موجود در گازهای ترش استفاده نمود:

$$W = YW_{hc} + Y_1W_1 + Y_2W_2$$

که در آن :

W_{hc} = مقدار آب موجود در گاز بر حسب پوند در میلیون استاندارد فوت مکعب در شرایط

اتمسفریک می باشد.

W_1 = مقدار مؤثر آب موجود در گاز H_2S از نمودار (۱-۳)

W_2 = مقدار مؤثر آب موجود در گاز CO_2 از نمودار (۱-۳)

Y = درصد حجمی (مولی) تمام اجزاء گاز منهای H_2S و CO_2

Y_1 = درصد حجمی (مولی) گاز H_2S در گاز.

Y_2 = درصد حجمی (مولی) گاز CO_2 در گاز.

چنانچه گاز ترش در فشار ۱۰۰۰ پوند بر اینچ مربع و درجه حرارت ۱۰۰ درجه فارنهایت، دارای ۹/۵٪ حجمی گاز H_2S و ۲/۱٪ حجم CO_2 باشد، مقدار آب موجود در آن بصورت زیر محاسبه می شود.

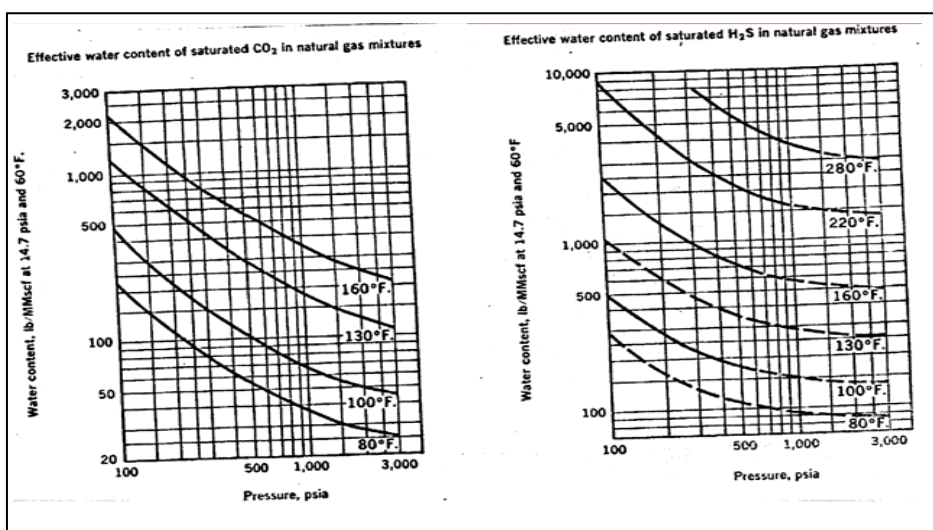
$$W_{hc} = 61$$

$$W_1 = 150$$

$$W_2 = 68$$

پوند در هر میلیون فوت مکعب استاندارد گاز

$$W = 0.884(61) + (0.095)(150) + (0.021)(68) = 69.6$$



نمودار ۱-۳ میزان آب مؤثر در H_2S (راست) و CO_2 (چپ)، اشباع در مخلوط گاز طبیعی

لازم به توضیح است که هر دو شکل نمودار (۱-۳) برای گازهای ترش تا میزان ۳۰٪ از H_2S و CO_2 می باشند. و مقدار آب نشان داده شده در تمام گراف ها و فرمولها برای گاز اشباع در نقطه شبنم خود می باشند. در فشار پائین تر از ۳۰۰ پوند بر اینچ مربع، مقدار آب موجود در گازهای H_2S و CO_2

تقریباً برابر با مقدار بخار آب در گازهای طبیعی می باشد. هر چه فشار گازهای ترش افزایش یابد مقدار آب موجود در گازهای ترش بیشتر می شود.

در لوله های اصلی انتقال گاز که ممکن است از مناطق کوهستانی و صحراهای سردسیر عبور نمایند باید نقطه شبنم گازهای انتقالی حدود ۱۰ درجه فارنهایت از حداقل درجه حرارت خط لوله در طول مسیر پائین تر باشد تا با تقطیر آب در داخل خط لوله و در کنار گازهای CO₂، از خوردگی داخلی در خط لوله جلوگیری به عمل آید. در استانداردهای طراحی و انتخاب جنس خطوط لوله مانند NACE توصیه شده است که مقدار آب در خطوط لوله انتقال، از مقدار هفت پوند در هر میلیون پای مکعب استاندارد و فشار جزئی گاز H₂S حدود ۰/۵ پوند بر اینچ مربع در فشار مبنای ۳۶۰۰ پوند بر اینچ مربع پائین تر نگهداری شوند تا مسئله حاد خوردگی سولفید^۱ (S.C.C) در تأسیسات و در طول مسیر خطوط لوله مشکلاتی بوجود نیارد. آب بصورت هیدرات نیز باعث گرفتگی شیرها، اتصالات و حتی لوله های گاز می شود.

هر چه مقدار آب موجود در گاز بیشتر باشد مشکل ایجاد هیدرات در سیستم بیشتر خواهد بود. در نمودار (۱-۱) همچنین خط ایجاد هیدرات در گازهای طبیعی با چگالی ۰/۶ را نشان داده شده است. در سمت چپ خط یاد شده وقتیکه گاز اشباع خنک می شود هیدرات ایجاد خواهد شد. به عنوان مثال اگر گاز طبیعی یا چگالی ۰/۶ از فشار ۲۰۰۰ پوند بر اینچ مربع تا زیر نقطه ۶۹ درجه فارنهایت خنک شود و در صورتیکه گاز بیش از ۱۵ پوند در هر میلیون فوت مکعب استاندارد گاز، آب داشته باشد، یخ خواهد زد. همچنین در فشارهای پائین ۱۵۰ پوند بر اینچ مربع خنک کردن گاز تا زیر ۳۲ درجه فارنهایت باعث ایجاد هیدرات و جدا شدن فاز جامد می شود.

محاسبه نقطه شبنم هیدروکربوری در گازهای طبیعی

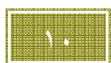
برای محاسبه این نقطه، از محاسباتی موسوم به محاسبات فلاش استفاده می شود، امروزه محاسبات مذکور براحتی با در دست داشتن نرم افزارهای با قابلیت بالا، قابل محاسبه است، وقتی که تمام حجم گازها به جز یک ذره کوچک میعانات هیدروکربوری در حالت بخار وجود داشته باشند، در این وضعیت گاز در نقطه شبنم هیدروکربوری خود قرار دارد. به عبارت دیگر اگر گاز طبیعی را آنقدر خنک کنیم که اولین ذره مایع هیدروکربوری از آن تشکیل شود به "نقطه شبنم هیدروکربوری گاز" می رسیم. در حالت یاد شده مجموعه اجزاء تشکیل دهنده سیستم برابر با مجموعه کلی اجزاء بصورت بخار می باشند (در سیستم فاز مایع وجود ندارد) :

$$\sum (Y_i / K_i) = \sum (Z_i / K_i) = 1.0$$

که در آن :

Z_i = در صد مولی هر جزء از کل حجم گاز

1. Sulfide Corrosion Cracking



$Y_i =$ درصد مولی هر جزء بصورت بخار

$K_i =$ ثابت تعادل $K = Y_i/X_i$

$X_i =$ درصد مولی هر جزء در حالت مایع، می باشند.

بطور تئوری گازهای خروجی از واحدهای تفکیک گر سرچاهی، در نقطه شبنم هیدروکربوری خود قراردارند. در عمل واحدهای تفکیک گر مذکور، طوری طراحی می شود که حدود ۱۰ درجه سانتیگراد کمتر از نقطه شبنم خود کار کنند. همچنین مایعاتی که از واحدهای تفکیک گر سرچاهی خارج می شوند در نقطه جوش خود قرار دارند.

فرض کنیم گازهایی با درصد حجمی (مولی) زیر در فشار ۷۰ بار وجود دارند. نقطه شبنم هیدروکربوری آن را حساب کنید. (فرض کنید اجزاء C_7^+ دارای خواص C_8 می باشند).

ابتدا فرض می شود، دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد نقطه شبنم هیدروکربوری مخلوط باشد با این فرض ثابت تعادل اجزاء را از منحنی های مربوطه (نشان داده نشده است، اما در منابع وجود دارد) بدست آورده و در جدول زیر وارد می کنیم همانگونه که ملاحظه می شود مجموعه $\sum Z_i/K_i$ محاسبه شده با عدد یک، اختلاف زیادی پیدا می کند.

جدول ۱-۱ ثابت تعادل اجزای گاز طبیعی برای انجام محاسبات نقطه شبنم هیدروکربوری

Composition	Z_i	K_i	Z_i/K_i
CO_2	1.25	4.83	0.26
H_2S	0.5	2.38	0.21
C_1	21.3	6.36	3.36
C_2	6	2.84	12.95
C_3	36.7	1.57	6.50
C_4	8	1.02	6.25
iC_4	10.2	0.86	11.44
nC_4	1	0.55	4.78
iC_5	6.38	0.49	8.18
nC_5	9.84	0.28	13.93
C_6	2.63		32.37
C_7^+	4.01	0.097	
	3.90		100.23
	3.14		

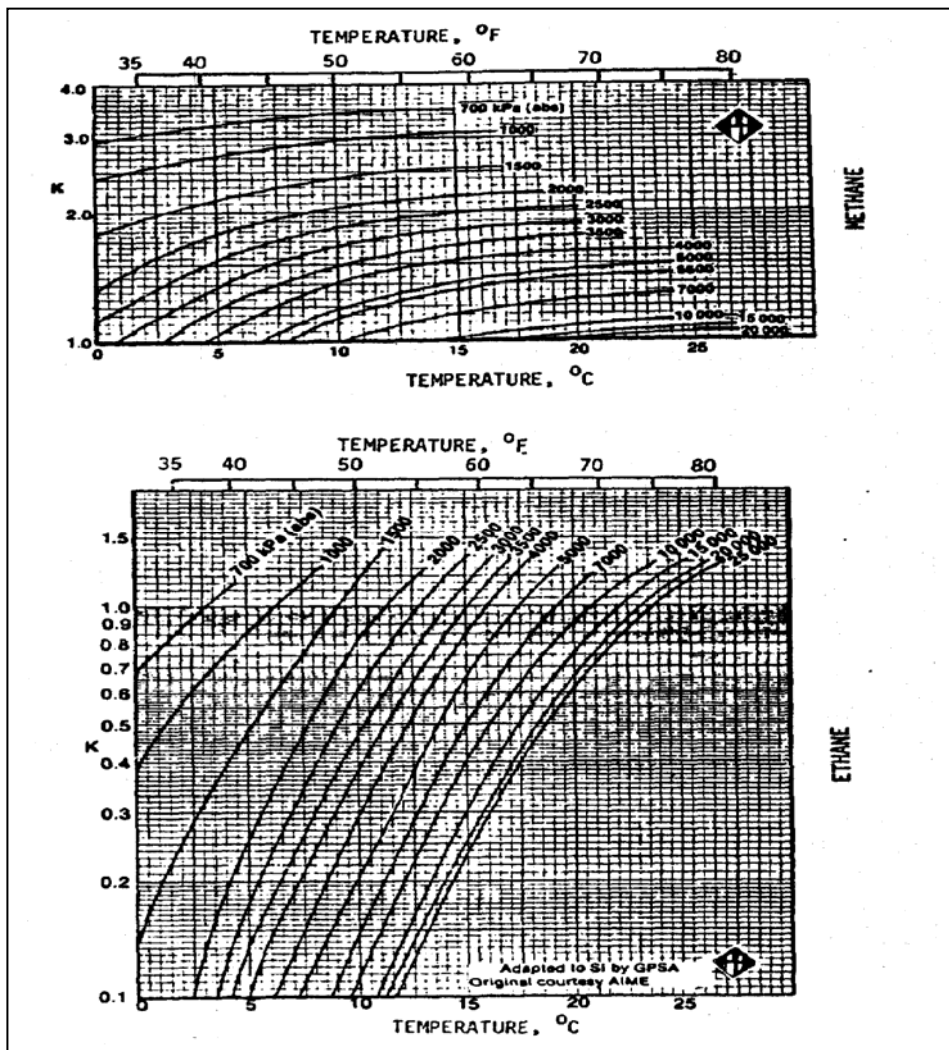
در مرحله دوم درجه حرارت ۱۹۳ درجه سانتیگراد را به عنوان نقطه شبنم فرض نموده و ضمن استخراج اعداد K برای اجزاء تشکیل دهنده گاز از جداول مربوطه، مجموعه $\sum Z_i/K_i$ به عدد یک نزدیکتر می شود. بعد از تکرار محاسبات برای درجه حرارت ۱۵۰ درجه سانتیگراد به روش سعی و خطا بالاخره

در درجه حرارت ۱۵۳ درجه سانتیگراد، مطابق جدول قبل مجموعه $\sum Z_i/K_i$ برابر با ۱/۰۰۲۳ محاسبه می شود، که نشاندهنده این است که نقطه شبنم هیدروکربوری گازهای یادشده ۱۵۳ درجه سانتیگراد می باشد. باید توجه داشت که سیستم گاز یادشده از جمله گازهای غنی^۱ به حساب می آید چون مقدار درصد متان خیلی پائین و درصد سایر هیدروکربورها در آن خیلی بالا است، در هر صورت در محاسبات مربوط به نقطه شبنم هیدروکربوری، درصد هیدروکربورهای سنگین تر از هپتان بیشترین تأثیر را در محاسبات دارا خواهند بود. لهذا محاسبات نقطه شبنم هیدروکربوری دارای دقت کمتری نسبت به محاسبات نقطه جوش هیدروکربورها می باشد. این موضوع علی الخصوص در مورد هیدروکربورهائیکه دارای مقدار خیلی کمی از هیدروکربورهای سنگین می باشند بیشتر صادق است. در حوزه های تولید گاز، معمولاً محاسبه و ترسیم دیاگرامهای فازي توسط مؤسسات پژوهشی و آزمایشگاهی، کمک بزرگی به شناسائی دقیق خواص فیزیکی گازهای تولیدی می نماید.

محاسبه و تعیین نقطه ایجاد هیدرات

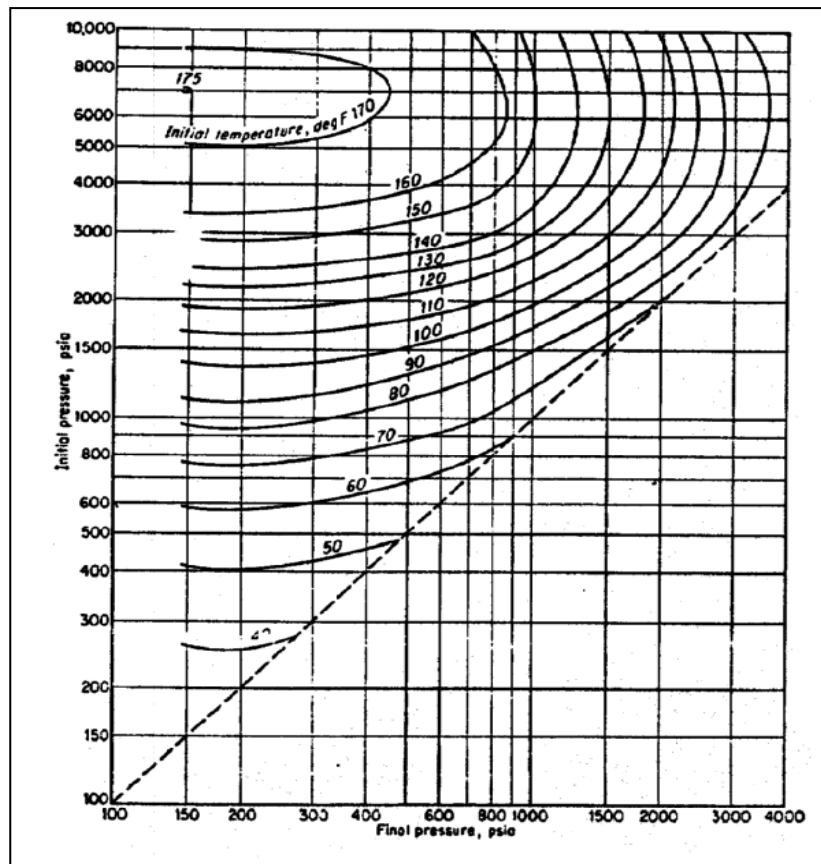
همانطور که پیشتر گفته شد هیدرات در واقع مخلوطی از هیدروکربورهای محلول در کریستالهای منجمد شده است. چگالی گازهای متصاعد شده از هیدرات در حین آب شدن آن مرتباً افزایش می یابد ، لذا هیدرات مشابهت زیادی به محلول جامد می تواند داشته باشد. مشابه با حالات تعادل مایع و بخار، WILCOX و KATZ نتیجه گرفتند که شرایط ایجاد هیدرات با استفاده ثابت تعادل بین بخار جامد قابل محاسبه می باشد. ثابت تعادل بخار جامد طبق فرمول $K_{v-s} = Y/X_s$ تعریف می شود. در این فرمول Y درصد مولی هیدروکربور موجود در گاز بدون در نظر گرفتن آب X_s درصد مولی هیدروکربور موجود در جامد بدون در نظر گرفتن آب می باشد. دو دانشمند بنام های CARSON و KATZ مقادیر ثابت تعادل بین بخار و جامد را برای متان اتان، پروپان و ایزوبوتان بدست آوردند. در تحقیقات بعدی ثابت تعادل بین جامد و گاز برای مخلوطی از گازهای متان و دی اکسید کربن، آب و متان ، هیدروژن سولفور و آب محاسبه گردید. این ثابت های تعادل در نمودار (۴-۱) برای متان نمایش داده شده است، مشابه این نمودارها برای گازهای سولفید هیدروژن، دی اکسید کربن، آب و پروپان و بوتان وجود دارد. در مخلوط هیدروکربورهای سبک و برای نرمال بوتان با درصد حجمی پائین، می توان ثابت تعادل را برابر با ثابت تعادل اتان گرفت. برای نیتروژن و هیدروکربورهای سنگین تر از بوتان ثابت تعادل برابر با بینهایت گرفته می شود، چون آنها به سختی با هیدرات مخلوط می شوند . فرض می شود که ثابت تعادل تابعی از درجه حرارت و فشار می باشد ولی در عمل ، ترکیب هیدروکربور نیز در مقدار آن تاثیرگذار می باشد. شرایط اولیه ایجاد هیدرات از رابطه زیر بدست می آید.

$$\sum \frac{Y}{K_{v-s}} = 1.0$$



نمودار ۱-۴ ثابتهای تعادل مولکولهای متان و اتان در شرایط دمایی مختلف

این روش مشابه روش محاسبه نقطه شبنم هیدروکربوری مخلوط گازها می باشد که در بخش قبلی بیان شد. از طریق نمودارهای (۱-۵) می توان نقطه ایجاد هیدرات در گازهای طبیعی با چگالی مختلف را از فشار مشخص بالا به فشار معلوم پایین در ایستگاههای تقلیل فشار گاز و سیستم های کنترل فشار و در دستگاههای رگولاتور و در مواردی که آب بصورت مایع در گازهای طبیعی وجود داشته باشد پیش بینی نمود. با استفاده از این نمودارها همچنین می توان افت درجه حرارت ناشی از انبساط را نیز پیش بینی نمود.



نمودار ۱-۵ حد مجاز انبساط در گازهای طبیعی با چگالی ۰/۶ که هیدرات تشکیل نشود

لازم به ذکر است که با توجه به وجود و توسعه نرم افزارهای تخصصی و متنوع، براحتی می توان منحنی تشکیل هیدرات و نقاط شبنم هیدروکربونی و آبی را برای مواد مختلف هیدروکربونی و نیز مخلوط های مختلف گازی و در دماها و فشارهای مختلف بدست آورد، یکی از این نرم افزارها HYSYS می باشد که براحتی اطلاعات را در اختیار کاربران قرار می دهد، دیگر نرم افزارهای تخصصی نیز این قابلیت را دارند.

فصل دوم

انواع روش های

نم زدایی از گاز طبیعی

گازهای طبیعی با توجه به نوع ذخائری که از آن استخراج می شوند، ممکن است ترکیبات ناخواسته ای را به همراه داشته باشند. ترکیبات گوگردی خصوصاً H_2S و CO_2 ، بخار آب و هیدروکربورهای سنگین در مخازن مستقل گاز طبیعی وجود دارند و هرکدام بایستی به نحوی از گاز طبیعی جدا شوند، گازهای اسیدی طی عملیات تصفیه (شیرین سازی) از گاز جدا می گردد و گاز ترش به اصطلاح شیرین می شود. بخار آب و هیدروکربورهای سنگین نیز طی عملیات نم زدائی و کنترل نقطه شبنم از گاز جدا می شوند. عملیات نم زدائی به سه روش اساسی انجام می شود که به اختصار توضیح داده می شود.

فرآیندهای مختلف نم زدایی از گاز طبیعی

انتخاب روش نم زدایی بستگی به شرایط گاز (اجزاء تشکیل دهنده و فشار و دما و دبی) و میزان نیاز به نم زدایی دارد. مقدار آب موجود در گاز را می توان با نقطه شبنم گاز در فشار و دمای مورد نظر مشخص کرد (در فصل قبل به این موضوع اشاره شد). کاهش نقطه شبنم، نشانگر مقدار آبی است که در فرآیند نم زدایی از گاز جدا می شود. روش های مختلف نم زدایی، عبارتند از :

روش جذب در مایع بوسیله مایعات جاذب الرطوبه^۱

در این روش رطوبت گاز توسط یک مایع حلال از گاز جدا می شود. انواع مختلف گلايکول از مهمترین موادی است که در این روش مورد استفاده قرار می گیرد.

روش جذب جامد به وسیله جامدات جاذب الرطوبه^۲

در این روش رطوبت گاز توسط یک جامد فعال از گاز جدا می شود، سیلیکاژل ، موبیل سوربید، اکسید آلومینیم و غربال مولکولی از مهمترین جامداتی هستند که در این روش بکار می روند.

روش میعان نمودن آب، بوسیله فشردن و یا سرد کردن گاز^۳

در این روش گاز، توسط کمپرسور فشرده شده و با توجه به اینکه دمای آن زیاد می شود، توسط یک سیستم خنک کننده سرد شده و بخارات آب که مایع شده از گاز جدا می شود. در این روش، گاز مرطوب در اثر تبادل حرارت با یک ماده مبرد^۴ سرد می شود، در این عمل بخارات آب و هیدروکربونهای سنگین آن کندانس شده و به صورت مایع از گاز جدا می شود این عمل ممکن است در چند مرحله انجام شود.

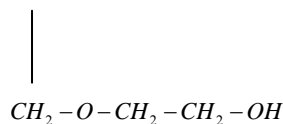
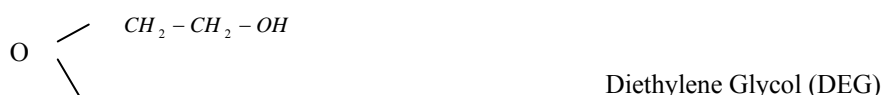
1. Absorption
2. Adsorption
3. Refrigeration
4. Refrigerant

جذب آب توسط مایعات جاذب الرطوبه

مایعاتی که برای جذب آب گاز طبیعی، به کار برده می شوند، باید خواص مطلوبی داشته و نیازهای متعدد عملیاتی را برآورده نمایند که مهمترین آنها عبارتند از:

- ۱- خاصیت جذب آب زیاد
- ۲- قیمت پائین
- ۳- خاصیت غیر خوردندگی
- ۴- پایداری در برابر اجزای گاز
- ۵- پایداری در مدت زمان احیاء
- ۶- سادگی در احیاء
- ۷- چسبندگی (ویسکوزیته) پائین و مناسب
- ۸- فشار بخار پائین در درجه حرارت تماس با گاز
- ۹- خاصیت حلالیت کم در گاز طبیعی و هیدروکربورهای مایع
- ۱۰- خاصیت ایجاد کف پائین و میل کم به امولسیون شدن

دو ماده آلی که تمام خواص فوق الذکر را در سطح رضایت بخشی برآورد می نمایند عبارتند از:



انواع مختلف گلیکول ها

گلیکول ها، بویژه دی اتیلن گلیکول (DEG) و تری اتیلن گلیکول (TEG) در سیستم های نم زدائی از گاز اهمیت ویژه ای دارند. در جدول (۱-۲) مشخصات فیزیکی گلیکول ها قابل مشاهده می باشد. با توجه به خواص گلیکول ها که ذکر شد، مهمترین عواملی که موجب استفاده گسترده از گلیکول ها در نم زدائی گازها می شود عبارتند از خاصیت جذب آب، پایداری عالی در برابر حرارت و در برابر تجزیه شیمیایی، فشار بخار پائین و قیمت مناسب.

جدول ۱-۲ مشخصات انواع گلیکول ها

	Ethylene Glycol	Diethylene Glycol	Triethylene Glycol	Tetraethylene Glycol	Methanol
Formula	C ₂ H ₆ O ₂	C ₄ H ₁₀ O ₃	C ₆ H ₁₄ O ₄	C ₈ H ₁₈ O ₅	CH ₃ OH
Molecular Weight	62.1	106.1	150.2	194.2	32.04
Boiling Point* at 760 mm Hg, °F	387.1	472.6	545.9	597.2	148.1
Boiling Point* at 760 mm Hg, °C	197.3	244.8	285.5	314	64.5
Vapor Pressure at 77°F (25°C) mm Hg	0.12	<0.01	<0.01	<0.01	120
Density (g/cc) at 77°F (25°C)	1.110	1.113	1.119	1.120	0.790
(g/cc) at 140°F (60°C)	1.085	1.088	1.092	1.092	
Pounds Per Gallon at 77°F (25°C)	9.26	9.29	9.34	9.34	6.59
Freezing Point, °F	8	17	19	22	-144.0
Pour Point, °F	—	-65	-73	-42	
Viscosity in centipoise at 77°F (25°C)	16.5	28.2	37.3	44.6	0.52
at 140°F (60°C)	4.68	6.99	8.77	10.2	
Surface Tension at 77°F (25°C), dynes/cm	47	44	45	45	22.5
Refractive Index at 77°F (25°C)	1.430	1.446	1.454	1.457	0.328
Specific Heat at 77 °F (25°C) Btu/(lb•F)	0.58	0.55	0.53	0.52	0.60
Flash Point, °F (PMCC)	240	255	350	400	53.6
Fire Point, °F (C.O.C.)	245	290	330	375	

* Glycols decompose at temperatures below their atmospheric boiling point. Approximate decomposition temperatures are:

Ethylene Glycol	329°F	Triethylene Glycol	404°F
-----------------	-------	--------------------	-------

هر چه وزن مولکولی گلیکولها افزایش یابد، خاصیت جذب آب در آنها نیز بالا می رود. چهار نوع عمده و تجاری گلیکول ها عبارتند از: مونواتیلن گلیکول (MEG)، دی اتیلن گلیکول (DEG)، تری اتیلن گلیکول (TEG) و تترا اتیلن گلیکول (TREG). نقطه جوش مونواتیلن گلیکول و دی اتیلن گلیکول پایین می باشد، لذا این مواد از میزان هرزرفت بالایی برخوردار هستند، از طرفی تترا اتیلن گلیکول بسیار ویسکوز و گران می باشد. لذا بهترین حلال، تری اتیلن گلیکول (TEG) است که در بین انواع گلیکول ها به دلیل داشتن نقطه جوش و دمای تبخیر بالا، قابلیت بازیافت تا غلظت ۹۹-۹۸ درصد در یک برج احیاء که با فشار اتمسفریک کار می کند، منحصر بفرد بشمار می رود. این مسئله اجازه می دهد که بتوان دمای نقطه شبنم را در محدوده ۸۰-۱۵۰ درجه فارنهایت تنظیم نماییم. همچنین دمای نقطه تخریب تری اتیلن گلیکول حدود ۲۰۶ درجه سانتیگراد است، در صورتیکه برای دی اتیلن گلیکول این نقطه حدود ۱۶۴ درجه سانتیگراد است و نیز در دمای بیشتر از ۲۱ درجه سانتیگراد به اندازه تترا اتیلن گلیکول ویسکوز نمی باشد.

به منظور کاهش مقدار آب موجود در گازها توسط گلايکول ها عمدتاً از سه روش مرسوم به شرح زیر استفاده می گردد.

سیستم نم زدائی با گلايکول که در این سیستم ها، عمدتاً از برج تماس تری اتیلن گلايکول با خلوص بیش از ۹۹٪ استفاده می شود و دمای بهره برداری گاز به طور متوسط در حد ۲۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد قرار دارد.

سیستم های تبرید با تزریق مونو اتیلن گلايکول (در بعضی موارد دی اتیلن گلايکول) که در چیلرها، گاز سرد شده (تا حدود ۲۰- تا ۴۰- درجه سانتیگراد) و آب و هیدروکربورها از آن جدا می شود، در این سیستم ها با ویژگیهای عملیاتی خاص خود گلايکول به عنوان ضدیخ عمل نموده و از بروز هیدرات در چیلرها و سایر تأسیسات تبرید شده ممانعت به عمل می آورد. بدیهی است که با سرد شدن گازهای غنی طبیعی، میعانات گازی و بخار آب موجود در گاز، آب آن توسط گلايکول جذب و از سیستم خارج می شود. گلايکول های مورد استفاده در این سیستم ها در جهت ممانعت از کریستالیزه شدن آنها معمولاً در محدوده غلظتی بین ۶۰٪ تا ۸۵٪ مورد استفاده قرار می گیرند.

در مواردی خاص که احتمال بروز هیدرات در شیرهای کنترل، تأسیسات تقلیل فشار گاز و سایر نقاط مشخص از سیستم های عملیاتی وجود دارد می توان با تزریق مقادیر حساب شده از انواع گلايکول ها، ترجیحاً مونو اتیلن گلايکول و دی اتیلن گلايکول و یا متانول با غلظت های ورودی معینی از خطر تشکیل هیدرات در تأسیسات مورد نظر جلوگیری به عمل آورد.

جذب آب توسط مواد جامد جاذب الرطوبه

جذب مولکولی آب و هیدروکربور به دو طریق ممکن است انجام شود. یکی جذب بوسیله واکنشهای شیمیایی بین ماده جذب شدنی و ماده جاذب الرطوبه و دیگری جذب در اثر خاصیت میعان مویینگی، به گونه ای که مولکولهای آب و هیدروکربورهای سنگین در حفره های دانه ای جاذب الرطوبه به دام افتاده و مایع شوند و در دمای بالا مجدداً به صورت بخار از درون حفره ها خارج شده و بستر احیاء شود. موادی که بدین طریق عمل جذب و دفع را انجام می دهند کاربرد گسترده ای در صنعت دارند. خواص مشترک مورد نیاز این جامدات جاذب الرطوبه به قرار زیر است:

سطح فعال این مواد در فرآیند جذب زیاد باشد.

شرایط احیاء آن در حد قابل قبولی باشد.

سرعت جذب رطوبت گاز زیاد باشد.

احیاء آن آسان و اقتصادی باشد.

در برابر جریان گاز، مقاومت کمی داشته باشد یعنی افت فشار کمی در گاز ایجاد کند.

از قدرت مکانیکی بالائی برخوردار باشد تا دانه های آن شکسته و یا ساییده نشود.

جنس آن خورنده و سمی نباشد، ارزان و از نظر شیمیایی خنثی باشد، دانسیته آن زیاد باشد. در زمان احیاء و سرویس تغییرات حجمی آن ناچیز باشد.

مواد جاذب الرطوبه به دلیل فضای متخلخل زیادی که دارند (هر گرم از آن حدود ۵۰۰ تا ۸۰۰ متر مربع مساحت دارد) بهترین انتخاب در این خصوص می باشند.

انواع مواد جامد جاذب الرطوبه

مواد جامد جاذبه الرطوبه از نظر تجاری به گروههای زیر تقسیم بندی می شوند:

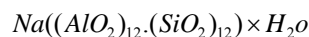
بوکسیت^۱ : در طبیعت به صورت سنگ معدن وجود دارد که بیشترین حجم آن را اکسید آلومینیم Al_2O_3 تشکیل می دهد.

آلومینا^۲ : یک محصول خالصتر می باشد و از بوکسیت ساخته می شود.

ژل ها^۳ : توسط واکنشهای شیمیایی ساخته می شوند و بخش عمده آن را اکسید سیلیس (SiO_2) تشکیل می دهد.

زغال فعال^۴ : یک محصول بدست آمده از زغال است که برای جذب مواد فعال شده است.

غربال مولکولی^۵ : یک اسفنج از ترکیبات کلسیم، سدیم و آلومینیم سیلیکات است و فرمول کلی آن به قرار زیر است :



تمام مواد فوق به استثنای کربن فعال، برای نم زدائی مورد استفاده قرار می گیرد. ظرفیت جذب کربن فعال بسیار کم بوده و برای بازیافت هیدروکربن ها و جذب ناخالصیهای مشخصی که خواص معینی دارند، بکار برده می شود.

بطور معمول لوازم و تجهیزات مورد استفاده برای مواد مختلف، اساساً مشابه بوده و در بسیاری از حالات قابلیت تعویض با یکدیگر را دارند و واحدهای طراحی شده برای عملیات یکی از آنها برای نوع دیگر مناسب است.

1. Bauxite
2. Alumina
3. Gels
4. Activated Carbon
5. Molecular Sieves

کاربردهای اساسی جامدات جاذب الرطوبه شامل موارد زیر است:

- ✚ چنانچه گاز کاملاً خشک مورد نیاز باشد، از این فرآیند استفاده می شود.
- ✚ در مواردیکه از لحاظ موقعیت مکانی، محدودیت وجود دارد.
- ✚ در نم زدائی از گاز طبیعی با فشار بالا و حجم زیاد، چنانچه نقطه شبنم پائین مد نظر باشد استفاده از این سیستم نسبت به سیستم نم زدائی به وسیله گلاپکول مناسب تر است .

سیلیکاژل

سیلیکاژل ها به صورت پودر یا دانه های سخت با ظاهری شیشه ای شبیه به کوارتز وجود دارند. این مواد را اغلب با فرمول $SiO_2 + nH_2O$ نشان می دهند در موقع ساخت ابتدا سیلیکات سدیم را با اسید سولفوریک واکنش می دهند، مخلوط حاصل را درون یک هیدروسل قرار داده و پس از شستن و بیرون ریختن سولفات سدیم، هیدروژل را خشک می نمایند. محصول به دست آمده تخلخل بالایی دارد به گونه ای که قطر متوسط منافذ آن ۴۰ آنگستریم است. جدول (۲-۲) آنالیز شیمیایی یک نوع سیلیکاژل تجاری را نشان می دهد.

موبیل سوربید

موبیل سوربید یک نوع سیلیکاژل اصلاح شده است که تکنیک های پیشرفته تری در ساخت آن به کار رفته و به شکل دانه های سخت کروی و نیمه شفاف دیده می شود که در آن تعداد حفره های بسیار زیادی وجود دارند که دیده نمی شوند. بخار در این حفره ها به دام می افتد و مایع می شود، حفره ها در موبیل سوربید آنقدر زیاد است که هر ۵۰۰ گرم آن ۳۰ هکتار مساحت دارد. سوربیدها خورنده نیستند و در شرایط ایستائی حدود ۴۰٪ وزن خود آب جذب می کنند. چون فعالیت موبیل سوربیدهای نوع H و نوع R بسیار زیاد است، آب می تواند سبب شکستن دانه ها شود، جهت حفاظت از بستر سوربیدهای H و R در برابر آب، از سوربید نوع W و Ws استفاده می شود، نوع W و Ws در برابر آب مقاوم است، پیش از این محصول موبیل سوربید تحت نام KC-TROCKENPERELEN عرضه می شد که محصول شرکت Engelhard آلمان بود (بعدها شرکت BASF این شرکت را خریداری نمود)، در حال حاضر شرکت های متعددی این محصولات را با نام های تجاری مختلف به بازار عرضه می نمایند، سیلیکاژل نوع H برای جداسازی هیدروکربونهای سنگین تر از پنتان و نوع Ws برای جداسازی آب از جریان گازی مورد استفاده قرار می گیرد. در حال حاضر شرکت های Union Carbide ، BASF ، Slicarbon و بسیاری دیگر (شرکت های روسی و چینی) از عمده ترین تولید کنندگان این مواد در خارج کشور بوده و در داخل کشور نیز تلاشهای بسیار خوبی برای تولید این مواد انجام شده است و دانش فنی تولید آن بدست آمده است، اطمینان داریم بزودی محصولات تولید داخل کشور بعنوان رقیب محصولات خارجی در پالایشگاههای گاز کشور استفاده خواهند شد.

آلومینای فعال

آلومینای فعال، شکلی از اکسید آلومینیم است که مقادیر جزئی هیدراتها و ذرات متخلخل و مقادیر بسیار کمی از عناصر دیگر در آن به کاررفته است. ۵۱٪ از حجم ذرات آن را حفره ها تشکیل می دهند. آنالیز نمونه ای از آن در جدول (۲-۲) نشان داده شده است.

بوکسیت فعال

بوکسیت فعال ذراتی با رنگ قرمز متمایل به قهوه ای می باشند که از سختی بالایی برخوردارند این ماده به طور طبیعی از گرم کردن بوکسیت تحت شرایط خاصی که آب از آلومینای آن خارج می شود به دست می آید که پس از فعال نمودن آن، دارای ترکیب درصد هایی همانند جدول (۲-۲) می باشد. از ویژگیهای برجسته بوکسیت فعال، پائین بودن هزینه های عملیاتی در مقایسه با دیگر جاذبه ها است. ویژگی دیگر آن مقاوم بودن در برابر آب مایع است و از معایب عمده آن پائین بودن ظرفیت جذب آن می باشد.

جدول ۲-۲ مقایسه ظرفیت جذب انواع مواد خشک کننده در برابر هوای مرطوب

مقدار سایش در برابر گاز (WT%)	ظرفیت طراحی برای جذب رطوبت هوای فشرده	ظرفیت جذب رطوبت هوا RH 80%, 24°C	مواد خشک کننده
۰.۰۷	۲۱	۳۸	Sorbead H
۰.۱۴	۱۵	۳۵	Sorbead WS
۰.۳	۱۳	۳۳	آلومینای فعال
۰.۶	۱۴.۷	۳۷	سیلیکاژل
۰.۰۷	۱۰	۲۰	غربال مولکولی

غربال مولکولی

گرچه تهیه غربال های مولکولی به طور طبیعی از مدت ها قبل شناخته شده بود ولی تا سال ۱۹۵۴ که شرکت Union Carbide موفق به ساخت آن از طریق واکنش های شیمیایی شد، غربال های مولکولی جزء مواد تجاری به حساب نمی آمدند. غربال مولکولی برخلاف خشک کننده های متداول (سیلیکاژل، موبیل سوربید، اکسید آلومینیم، و ...) دارای ساختمان کریستالی میکروسکوپی ثابت با مشخصات مخصوص به خود می باشد، که با استفاده از یک ماده ثانوی می توان ساختمان ظاهری آن را به اشکال مختلف مورد استفاده در صنعت درآورد. از نظر شیمیایی مجموعه ای از ترکیبات کلسیم، سدیم ،

آلومینیم سیلیکات ماده اصلی تشکیل دهنده آن است. پس از انجام عملیات تکلیس^۱ در مجاورت حرارت ۴۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد، آبهای کریستالی در ساختمان آن خارج می شود و منافذ بسیار ریزی در حد آنگستریم به وجود می آید و کار جذب رطوبت را انجام می دهد. در حالت های خاص می توان اندازه منافذ ایجاد شده را با تغییرات جزئی در مبادله یونی بین سدیم، پتاسیم و کلسیم به طور دلخواه تغییر داد و منافذی با قطر ۳ تا ۵ آنگستریم ایجاد نمود تا جذب مولکولهای کوچک در آن صورت گیرد.

اگر تغییرات خاصی بر روی آلومینیم سیلیکات صورت گیرد منافذی با قطرهای ۸ تا ۱۰ آنگستریم ایجاد خواهد شد که برای جذب مولکولهای بزرگتر، مورد استفاده قرار می گیرد، به گونه ای که از علامت اختصاری آن به اندازه منافذ و کاربرد آن می توان پی برد. بعنوان مثال نوع 4A قادر است فقط آن دسته از مولکولهایی را جذب کند که قطر آن ۴ آنگستریم بیشتر نباشد، در ساختمان این ماده پتاسیم جایگزین سدیم شده (4A) در نوع (5A) کلسیم جایگزین سدیم شده است. اندازه مولکولهایی را که قادرند به داخل ساختمان کریستالی غربال مولکولی نفوذ کرده و در آن جذب شوند به همراه دیگر ویژگیهای مهم آن در جدول (۲-۳) آمده است. علاوه بر غربال مولکولی که در جدول (۲-۳) آمده اند دو نوع غربال مولکولی دیگر نوع AW500, AW 300 برای نم زدائی از گاز های ترش بکار می روند. غربال های مولکولی در نم زدائی از گازهایی بکار می روند که باید کاملاً خشک شوند و نقاط شبنم بسیار پائینی را در اختیار قرار می دهند (حدود ۱۰۰- درجه سانتیگراد). اگرچه غربال های مولکولی نسبت به دیگر مواد خشک کننده گران هستند ولی دارای مزایای زیر هستند:

- ✚ برای نم زدائی از گازهایی که رطوبت نسبی آن پائین است، ظرفیت جذب بالایی دارند.
- ✚ در دمای بالاتر از ۵۰ درجه سانتیگراد نیز، قادر به نم زدائی هستند.
- ✚ به طور انتخابی آب و هیدروکربور را جذب می کنند.
- ✚ هر ناخالصی همراه گاز را جذب می کنند.
- ✚ گاز را کاملاً خشک نموده و نقطه شبنم پائین ایجاد می نمایند.
- ✚ در برخورد با آب شکسته و یا ساییده نمی شوند و به یک لایه محافظ نیازی ندارند.
- ✚ ظرفیت جذب آب بصورت پوند آب جذب شده توسط ۱۰۰ پوند غربال مولکولی در فشار ۱۷/۵ میلیمتر جیوه و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به شکل کروی تعریف می شود.

1. Calcination

جدول ۲-۳ خواص انواع غربال های مولکولی

نوع	قطر اسمی °A	دانسیته دانه lb/ft ³	ظرفیت جذب آب (%Wt)	ملکولهای جذب شدنی	مولکولهایی که جذب نمی شوند	موارد کاربرد
3A	3	47	20	H ₂ O, NH ₃	اتان و بزرگتر از آن	نمزدایی از هیدروکربنهای غیر اشباع
4A	4	45	22	H ₂ S, CO ₂ , SO ₂ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₆ , C ₃ H ₆	پروپان و بزرگتر از آن	در سیستم های تبرید، خشک کردن هیدروکربونهای اشباع
5A	5	43	21.5	nC ₄ H ₉ OH	ترکیبات شاخه دار، حلقه های ۴ کربنی و بزرگتر	جداسازی پارافین های اشباع از غیر اشباع
10A	8	36	28	ایزوپارافین و اولفین ها	بوتیل آمین نرمال دوتایی و بزرگتر	جداسازی هیدروکربونها آروماتیک
13A	10	38	28.5	پروپیل آمین نرمال دوتایی	(C ₄ H ₉) ₃ N و بزرگتر	جذب توام H ₂ S, H ₂ O, CO ₂
AW 300	4	55			مولکولهای قطبی	جداسازی هیدروکربونها اشباع از غیر اشباع
AW 500	4	45				

یکی از مهمترین خواص غربال مولکولی داشتن حالت انتخاب و جذب ذرات مولکولی است به طوریکه می توان به راحتی ایزمرهای یک هیدروکربور را از مشتقات اصلی آن به روش کاملاً اقتصادی جدا نمود. به دلیل خاصیت فوق العاده شدید در جذب مولکول های قطبی H₂O, CO₂, H₂S می توان به تفکیک هیدروکربورهای غیر اشباع از هیدروکربورهای اشباع پرداخت. خواص فیزیکی انواع مواد جاذب الرطوبه در جدول (۲-۴) داده شده است. در ادامه خواص مهم هر یک از جاذب های تجاری شرح داده می شود.

جدول ۲-۴ خواص فیزیکی انواع مواد خشک کننده تجاری

ماده خواص	سیلیکازل	موبیل سوربید	آلومینای فعال نوع R	آلومینای فعال نوع H	بوکسیت فعال	غربال مولکولی 5A,4A
وزن مخصوص واقعی	۲.۱-۲.۲	-	۲.۳	۳.۱-۳.۳	۳.۴	-
دانسیته دانه	۲۸-۴۵	۴۹	۵۲-۵۵	۵۱-۵۳	۵۰-۵۲	۴۰-۴۵
وزن مخصوص ظاهری	۱.۲	-	۱.۶	-	۱.۶-۲.۰	۱.۱
حجم منافذ	۵۰-۶۵	-	۵۱	۶۵	۳۵	-
گرمای ویژه	۰.۲۲	۰.۲۵	۰.۲۴	-	۰.۲۴	۰.۲
درصد آب باقیمانده پس از احیاء	۴.۵-۷	-	۶.۵	۶	۶ تا ۴	متغیر
دمای مورد نیاز احیاء °F	۲۵۰-۵۴۰	۳۰۰-۴۵۰	۳۵۰-۶۰۰	۵۰۰	۳۵۰	۳۰۰-۶۰۰
شکل ذرات	دانه ای	کروی	دانه ای	کروی	دانه ای	قرص استوانه
سطح فعال (gr/m ²)	-	۶۵۰	۲۱۰	۳۹۰	-	-
ظرفیت جذب هوای ۶۰٪ مرطوب	۲۵	۳۳.۳	۱۴-۱۶	۲۲-۲۵	۱۰	۲۲

پارامترهای مؤثر در انتخاب یک ماده جامد خشک کننده

انتخاب یک ماده جاذب الرطوبه با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی صورت می گیرد در این قسمت به بعضی از پارامترهایی که در انتخاب این مواد مؤثر است اشاره می شود.

➡ آلومینا نسبتاً ارزانتر از بقیه است چون ظرفیت جذب آن پائین است، بنابراین برای رسیدن به نقطه شبنم مطلوب، نیاز به طراحی برج بزرگتری می باشد. بنابراین دستگاهها و لوازم احیاء نیز به همان نسبت افزایش می یابد.

➡ غربال مولکولی از بقیه جاذب ها گرانتر است ولی برخلاف همه آنها قادر است گاز با دمای بالاتر از ۵۰ درجه سانتیگراد را نیز خشک نماید، در مقابل گاز ترش نیز قادر به جذب آب می باشد و نقطه شبنم پائین تر از دیگر خشک کننده ها ایجاد می کند. برای گازهای ترش که

ترکیبات گوگردی کمی دارند سیلیکاژل مناسب است. خشک کننده هایی نظیر آلومینای فعال که در ترکیب آنها، آهن به کار رفته است، برای نم زدائی از گازهای ترش مناسب نیستند چون اکسید آهن به کار رفته در آن با H_2S واکنش می دهد و سولفور آهن به وجود می آورد و این واکنش به طور کلی خصوصیات ماده جاذب الرطوبه را عوض می کند.

در حالتی که pH آب تشکیل شده درون منافذ از ۵ کمتر شود باید از غربال مولکولی نوع AW استفاده شود.

فصل سوم

اصول نم زدایی با

مایعات جاذب الرطوبه

مقدمه:

پیشتر گفتیم در بین روشهای مختلف نم زدایی، نم زدایی توسط جذب با مایع، بخاطر بازدهی بالا، پیوسته بودن آن و هزینه های ساخت و نگهداری پایین، از کاربرد بیشتری در صنعت نفت و گاز برخوردار است. حلال ها، عموماً گلیکول ها می باشند، چون خاصیت جذب آب در آن ها بالا بوده و تمام خواص حلال مناسب را دارا می باشند.

شکل (۱-۳) نمونه سیستم فرآورشی قابل بهره برداری با گلیکول را به منظور نم زدائی گاز طبیعی در فاز ۳ و ۲ پارس جنوبی، نشان می دهد. به طوری که ملاحظه می شود سیستم فرآورشی کاملاً ساده می باشد. جریان گلیکول که کمتر از نیم درصد آب با خود همراه دارد در برج جذب و در مسیر عبور متقابل با گاز در تماس قرار می گیرد. آبی که توسط گلیکول جذب شده است باعث رقیق شدن آن می شود، بنابراین برای استفاده مجدد از گلیکول رقیق شده در برج جذب، باید مجدداً آن را تغلیظ نمود. تغلیظ نمودن گلیکول با عمل تقطیر^۱، توسط ریبویلر امکان پذیر می باشد.

به علت اختلاف درجه حرارت زیاد نقاط جوش گلیکول و آب، جدا سازی آنها توسط برج با ارتفاع نسبتاً کوتاه انجام پذیر می باشد. سیستم برگشت مجدد آب^۲ در قسمت بالای برج باید تعبیه و مورد استفاده قرار گیرد تا بدین وسیله با تقطیر و برگشت گلیکول از به هدر رفتن آن جلوگیری به عمل آید. در این فصل ابتدا توضیح بسیار کلی از فرآیند جذب آب توسط گلیکول در فاز ۳ و ۲ پارس جنوبی ارائه خواهد شد و سپس به تفصیل موارد مربوط به گلیکول ها، طراحی واحدهای گلیکول و.. مورد بحث و بررسی قرار می گیرد، با داشتن دید کلی در خصوص شماتیک. نحوه کارکرد واحد نم زدایی با گلیکول، درک توضیحات بیشتر، راحت تر بنظر می رسد، لازم بذکر است در فازهای جدید مجتمع پارس جنوبی (پالایشگاه سوم به بعد)، از این سیستم استفاده نمی شود چون نیاز به خشک کردن گاز تا دماهای خیلی پایین (کمتر از ۸۰- درجه سانتیگراد) با این سیستم امکان پذیر نیست.

واحد گلیکول شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی، فاز ۳ و ۲

پارس جنوبی یکی از پالایشگاههای مدرن و پیشرفته واقع در جنوب ایران در منطقه عسلویه، و در نزدیکی، روستای نخل تقی واقع در ۲۷۰ کیلومتری جنوب شرقی بوشهر در نزدیک ساحل شمال شرقی خلیج فارس می باشد.

این پالایشگاه تقریباً در فاصله ۱۰۵ کیلومتری از مخزن هیدروکربونی پارس جنوبی قرار دارد، منابع هیدروکربوری مورد استفاده که به عنوان خوراک استفاده می گردند در حدود ۱۰۰ کیلومتری در عمق دریا قرار دارند که گاز توسط دو لوله ۳۲ اینچی به خشکی و به پالایشگاه فازهای ۳ و ۲ پارس جنوبی فرستاده شده و عملیات تصفیه در این پالایشگاه بر روی آنها صورت می گیرد.

1. Distillation
2. Reflux

توسط دو خط چهار اینچ، مونو اتیلن گلیکول (MEG) برای جلوگیری از انجام خوردگی در جداره داخلی خطوط لوله دریایی، از پالایشگاه و توسط پمپ های رفت و برگشتی به سکوها فرستاده می شوند، علاوه بر این، به جریان گاز در مراحل مختلف مواد بازدارنده خوردگی افزوده می شود.

واحد آبگیری از گاز^۱ (واحد ۱۰۴)

هدف از این واحد، حذف آب از گاز شیرینی است که قرار است خوراک واحد ۱۰۵ یعنی واحد تنظیم نقطه شبنم و حذف مرکاپتان از گاز باشد.

واحد نم زدایی از گاز، شامل چهار بخش کاملاً مشابه و قرینه می باشد که این چهار واحد به صورت موازی کار می کنند. هر یک از این واحدها شامل سه قسمت اصلی می باشد:

✚ بخش جذب که در آن آب از فاز گاز و از گاز مرطوب توسط تری اتیلن گلیکول حذف شده و به فاز مایع یعنی محلول تری اتیلن گلیکول می پیوندد. حداکثر غلظت آب در گاز خشک خروجی از واحد باید کمتر از 4ppm باشد.

✚ بخش راکتور حذف جیوه که در آن جیوه موجود در گاز حذف شده و میزان آن در گاز خشک کمتر از ۱۰ نانوگرم در هر نرمال متر مکعب خواهد رسید.

✚ بخش احیاء گلیکول که در آن آب جذب شده توسط گلیکول برای جداسازی آب از تری اتیلن گلیکول جداساده و گلیکول مذکور برای جذب مجدد آب از گاز، به برج جذب پمپ می شود.

گاز شیرین و خشک سپس به واحد ۱۰۵ یعنی واحد تنظیم نقطه شبنم و حذف مرکاپتان تحویل می شود.

ظرفیت هر چهار واحد ۱۰۴، در کل ۲۰۰۰ میلیون استاندارد فوت مکعب در روز می باشد. میزان آب در گاز خروجی از واحد با توجه به دو پدیده در نظر گرفته شده است:

✚ نقطه شبنم آب مربوط به گاز خروجی^۲

✚ دمای تشکیل هیدرات در واحدهای پایین دستی

هیدراتها در واحدهای پایین دستی جایی که دما پایین تر از ۳۰- درجه سانتیگراد می شود، تشکیل می شوند. بنابراین وجود 4ppm مولی آب در گاز، حاشیه دمایی حداقل حدود ۴ تا ۵ درجه سانتیگراد برای تشکیل هیدرات در اختیار می گذارد.

فرآیند آزدایی از گاز با تری اتیلن گلیکول با غلظت حداقل ۹۹/۹٪ وزنی قابل انجام است، گاز شیرین و مرطوب دریافتی از واحد ۱۰۱، در اولین مرحله و قبل از ورود به واحد ۱۰۴، در مبدل حرارتی گاز-

1. Gas dehydration unit

2. Export Gas

گاز (در مقابل گاز خروجی از واحد خنک شده) و در مرحله بعدی در مقابل پروپان باز هم خنک می شود. به این ترتیب قبل از ورود گاز مرطوب قبل از واحد نمزدایی مقداری از آب گاز با خنک سازی در دو مرحله مایع شده و در یک درام جداسازی سه فازی به همراه مقداری از هیدروکربنهای سنگین از گاز جدا می شود، سپس گاز برای خشک شدن وارد واحد نم زدایی با استفاده از تری اتیلن گلیکول می شود.

در اولین مرحله از واحد ۱۰۴، گاز از فیلتر F-101 عبور می کند که این تجهیز برای جلوگیری از وقوع فوم در برج جذب توسط قطرات هیدروکربن همراه با گاز، هیدروکربن و مواد جامد دیگر را از جریان گازی جدا می نماید.

پس از آن گاز مرطوب وارد C-101 (برج جذب) شده و خط لوله بین C-101 و F-101 تا حد امکان کوتاه در نظر گرفته شده است تا از پدیده چگالش هیدروکربورها جلوگیری شود.

در برج جذب، گاز مرطوب در جهت بالا و در جهت عکس گلیکول عاری از آب^۱ جریان پیدا می نماید. این گاز از بالای برج، آن را ترک نموده و وارد فیلتر F-102 می شود تا اگر قطراتی از گلیکول همراه گاز باقی مانده از آن جدا شود. این قطرات می توانند باعث گرفتگی کانالهای واحدهای پایین دستی شوند. گاز خشک خروجی از فیلتر، در جهت خنک کردن گلیکول عاری از آب (ورودی به برج جذب)، استفاده می شود. افزایش دمای گاز در طول این واحد نباید بیشتر از دو درجه سانتیگراد باشد.

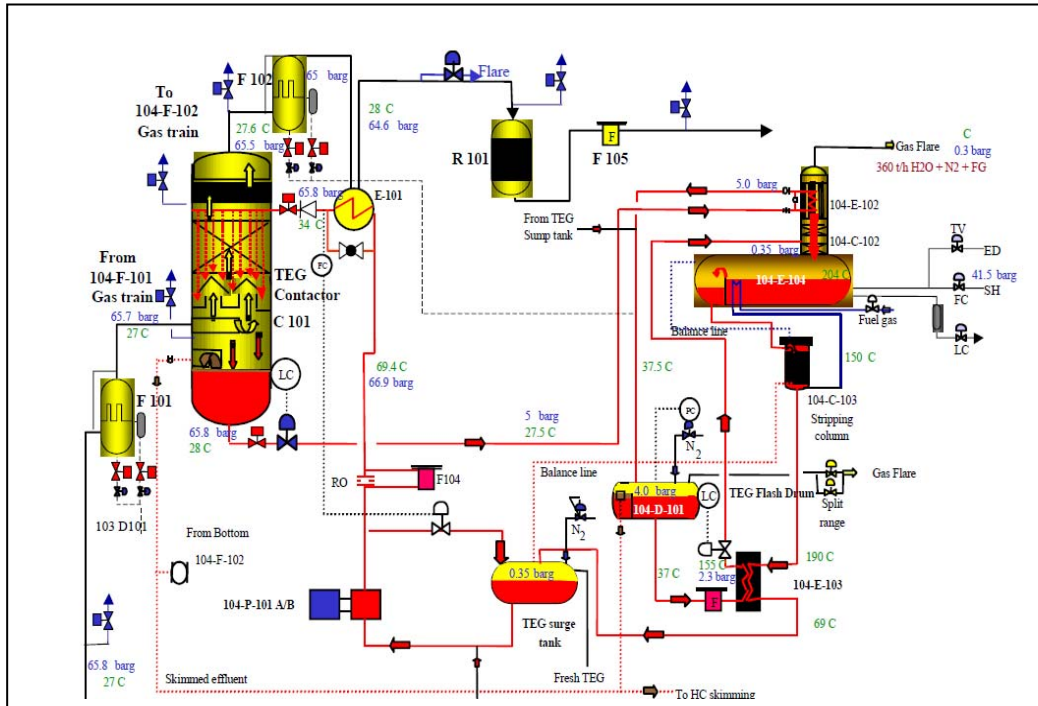
تری اتیلن گلیکول موجود در پایین برج جذب حاوی مقادیر آب و هیدروکربنهای حل شده مانند آروماتیک ها می باشد که این عوامل در بخش احیای تری اتیلن گلیکول از آن بایستی جدا شود.

تری اتیلن گلیکول پس از گرم شدن اولیه در بالای ستون تقطیر ریویلر، ابتدا در درام انبساط در یک فشار میانی و تحت کنترل سطح، فلش شده و سپس در طول قسمت پوسته برج تقطیر گلیکول پیش گرم می شود در مرحله بعد، گلیکول وارد درام انبساط دیگر، جایی که هیدروکربنهای فلش شده به فلر فشار پایین هدایت می یابند، می شود. درام اولیه مجهز به تجهیزات و ابزاری است که اجازه می دهد تا هیدروکربونهای جدا شده از سطح^۲ به طور دستی به سمت ظرف مخصوص جداسازی هیدروکربنها^۳ هدایت شود.

گلیکول عبور داده شده از فلش درام سپس وارد یک فیلتر کارتریجی می شود تا ذرات جامد آن جدا شود. در خروجی از این فیلتر، گلیکول تحت کنترل سطح و از طریق مبدل حرارتی گلیکول/گلیکول به برج تقطیر کوچکی فرستاده می شود. برج تقطیر در بالای ریویلر قرار گرفته است، جایی که گلیکول در ریویلر تا دمای ۲۰۴ درجه سانتیگراد با بخار فشار بالا^۴ گرما داده می شود. گلیکول

1. Lean Glycol
2. Skim
3. Skim Pot
4. High pressure steam

خروجی از ریبولر حدود ۹۹/۵ درصد وزنی می باشد که برای رسیدن به خلوص ۹۹/۸ درصد وزنی، گلیکول توسط گاز سوخت فشار بالا^۱ و در برج دفع، مورد عمل دفع^۲ قرار می گیرد. گلیکول احیاء شده، پس از خنک شدن در مقابل گلیکول غنی از آب به سمت درام ذخیره فرستاده می شود که در آن تحت حفاظت با گاز نیتروژن^۳ در جهت حداقل کردن تجزیه آن توسط اکسیژن، قرار می گیرد. از این درام، گلیکول به توسط پمپهای رفت و برگشتی به بالای برج جذب و از طریق کولر گلیکول سوق داده می شود. در بخش خروجی از پمپ در حدود ۲۰ درصد از جریان گلیکول گردشی از یک فیلتر زغالی عبور داده می شود.



شکل ۳-۱ نمای از واحد نم زدایی با گلیکول (فاز ۳ و ۲ پارس جنوبی)

دو نوع ماده شیمیایی به ورودی پمپ تزریق می شود:

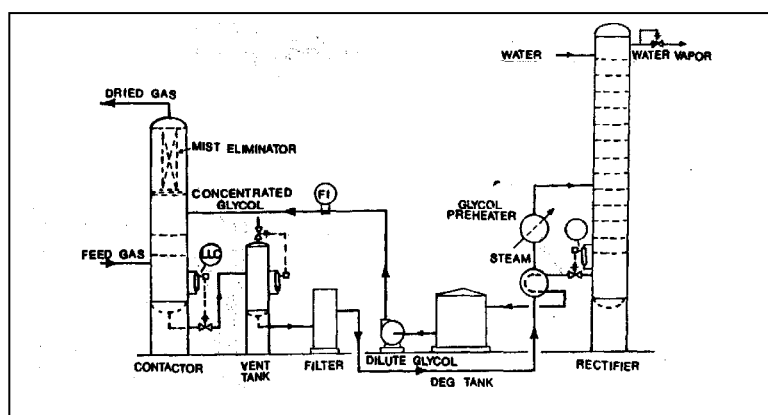
- ✚ آنتی فوم به جهت به حداقل رساندن هرزرفت گلیکول در صورت وقوع فوم در برج جذب.
- ✚ کنترل pH در جهت کنترل تجزیه تری اتیلن گلیکول که در محیط اسیدی ممکن است اتفاق بیفتد. شماتیک این واحد در شکل (۳-۱) ارائه شده است.

1. High pressure Fuel
2. Stripping column
3. Nitrogen Blanketing

سیستم های تزریق گلیکول

با توجه به روش استفاده از گلیکول که در سیستم های جمع آوری گاز بیشتر متداول است، در مسیر تأسیسات سرچاهها گلیکول و در مسیر عبور گازها، گلیکول تزریق می شود تا شبکه جمع آوری گاز را از مشکل ایجاد یخ زدگی به دور نگه دارد. گلیکول به همراه گاز جریان پیدا کرده و در وضعیت عملیاتی افت درجه حرارت به علت انبساط گازها و یا تبادل حرارتی به طور مداوم آب موجود در گازها را جذب نموده و از بروز شرایطی که تحت آن شرایط در مسیر گازها یخ جامد می تواند به وجود آید، جلوگیری به عمل می آورد. علی الخصوص خنک شدن جریان گاز باعث جدا شدن هیدروکربن های مایع شده و در نتیجه جدا سازی گلیکول و هیدروکربن های مایع مطرح می گردد. ممکن است برای انجام مؤثر کار جداسازی استفاده از کوره حرارتی لازم باشد، علت این است که در درجه حرارت پائین مخلوط مایعات ایجاد امولسیون پایدار نموده ولی این مخلوط با افزایش درجه حرارت به طور سریعتری قابل جداسازی می باشند. منو اتیلن گلیکول در این سیستم های عملیاتی نسبت به دی اتیلن گلیکول و تری اتیلن گلیکول دارای مزیتی نسبی است به آن دلیل که منو اتیلن گلیکول دارای درجه حلالیت کمتری در هیدروکربن های مایع می باشد. همچنین منو اتیلن گلیکول به علت داشتن ویسکوزیته کم و بر مبنای وزنی مشخص دارای خاصیت ضد یخ زدگی بهتری می باشد. البته دو نوع گلیکول دیگر، دارای فشار بخار پائین تری هستند. گلیکول کار نم زدائی را تا مقداری، انجام می دهد ولی وظیفه اصلی گلیکول در این نوع سیستم های فرآورش اثر گذاری آن به عنوان یک ماده " ضد یخ " می باشد تا از ایجاد هیدرات جامد جلوگیری به عمل آورد. شاید به اجرا آمدن عمل نم زدائی با کیفیت خوب در سیستم فرآورش ذکر شده، مرهون کار خنک کنندگی انجام گرفته باشد، تا اثر محلول گلیکول در سیستم های مشابه.

شکل (۲-۳) یک سیستم تزریق و بازیافت گلیکول را نشان می دهد.



شکل ۲-۳ نمایی از سیستم تزریق و بازیافت گلیکول

در مجتمع گاز پارس جنوبی تقریباً در تمامی فازها (بجز فاز اول) از مونو اتیلن گلایکول برای جلوگیری از تشکیل پدیده هیدرات در خطوط دریایی، در سکوها دریایی استفاده می شود که این ماده در تاسیسات واقع در خشکی (پالایشگاه) جدا شده و پس از احیا برای استفاده مجدد توسط خطوط دریایی به سکوها ارسال می شود.

روش استفاده از گلایکول به عنوان ضد یخ در شکل (۲-۳) نشان داده شده است، در این شکل بطور ساده یک واحد گاز مایع را که در آن از تزریق گلایکول جهت جلوگیری از یخ زدگی استفاده می شود، نشان داده شده است. طرز کار این واحد بدین ترتیب است که گازی که از چاه بیرون می آید ابتدا وارد یک مخزن یا ظرفی می شود که آبهای اضافی همراه گاز از گاز جدا می شوند، بعد از این مخزن، گلایکول به گاز تزریق می شود. روشهای مختلفی جهت تزریق گلایکول مورد استفاده قرار می گیرد، اما در اغلب موارد یک لوله با قطر کم گلایکول را در داخل لوله حامل گاز تزریق می کند. اگر تزریق بهتر و موثرتری بخواهیم از نازل های مخصوص استفاده می شود که گلایکول را به صورت ذرات بسیار ریزی به داخل گاز تزریق می کنند، در نتیجه اختلاط گاز و گلایکول بهتر و بالطبع مؤثرتر خواهد بود. بعد از تزریق گلایکول مخلوط گلایکول و گاز وارد مبدل حرارتی شده و خنک می شود و در این جا است که دمای گاز از نقطه یخ زدگی پائین تر می رود (مسلماً وجود گلایکول در سیستم مانع یخ زدگی می شود).

بعد از این مرحله گاز وارد یک شیر فشار شکن^۱ شده و در نتیجه انبساط بیشتر، سرد شده و آنگاه وارد تفکیک گرا می شود. مایعات موجود در این دستگاه شامل آب گلایکول و هیدروکربن است. آب و گلایکول که در حقیقت گلایکول رقیق شده است، از سیستم گرفته شده و به واحد بازیابی یا تقطیر مجدد گلایکول فرستاده می شود. گلایکول بعد از تقطیر و در نتیجه تغلیظ، مجدداً برای تزریق بر می گردد و بدین ترتیب سیکل گردش گلایکول تکمیل می گردد. در این مرحله، گاز خروجی از تفکیک گر دارای نقطه شبنمی است که این نقطه به درجه حرارت تفکیک گر و به غلظت گلایکول تزریق شده بستگی دارد. البته این گلایکول باید قبل از آن که گاز سرد شود به آن تزریق شده باشد و همچنین با گاز بخوبی مخلوط شده باشد و سیستم در تفکیک گرا، در حال تعادل باشد. به این ترتیب با داشتن غلظت گلایکول و دمای تفکیک گرا، می توان نقطه شبنم گاز خروجی را تخمین زد.

به عنوان مثال گازی که از تفکیک گر با دمای -40 درجه فارنهایت و در حال تعادل با گلایکول (اتیلن گلایکول) 85% خارج می شود دارای نقطه شبنمی معادل $48/5$ - درجه فارنهایت است (در اینجا منظور از نقطه شبنم درجه حرارتی است که آب موجود در گاز به صورت مایع در می آید و منظور درجه ای نیست که هیدروکربن سنگین موجود در گاز مایع می شود. البته وقتی که آب مایع می شود گلایکول همراه آن نیز به تناسب فشار بخار مایع می شود).

نکته مهم و قابل توجه این است که آیا گلایکول بلافاصله بعد از تزریق با گاز به خوبی مخلوط می شود یا نه. اگر فرض کنیم که تماس گلایکول با گاز کافی است در این صورت مقدار عملی تزریق گلایکول با

1.Expansion valve

مقدار لازم تئوری آن کاملاً نزدیک است اما در عمل برای این مقدار گلایکول تزریقی حداقل دو عامل زیر را در نظر می گیرند:

- ✚ طراحی مناسب پمپ با ظرفیت کمی بیشتر از ظرفیت مورد نیاز تزریق گلایکول
- ✚ طراحی خاص افشاننده.

طراحی افشاننده، می تواند در مقدار گلایکول تزریقی نقش اساسی را بازی کند و البته بستگی به گران روی و وزن مخصوص گلایکول تزریقی و همچنین فشار سیستم دارد، تجربه نشان داده که در بهترین شرایط، گلایکول تزریق شده به صورت ذرات ریز و یا مه در می آیند. درحالی که اگر شرایط تزریق مناسب نباشند گلایکول تزریق شده به صورت قطرات درآمده که در این حال مسلماً بهره وری سیستم پایین خواهد بود.

از بحث در مورد عوامل فوق معلوم می شود که باید ظرفیت پمپ و طرح افشاننده حتی الامکان با هم جور و در جهت مقدار حساب شده گلایکول تزریقی باشد در این صورت است که گلایکول به صورت ذرات ریزی در داخل گاز وارد و با آن به خوبی مخلوط می شود.

برای آنکه عملیات خالی از اشکال باشد باید از تزریق گلایکول بیش از حد لازم اجراز کرد. در صورتیکه گلایکول با غلظت بیشتری تزریق شود و مقدار تزریق زیاد باشد نقطه شبنم طبعاً پایین تر خواهد آمد منتهی وضع فوق وقتی عملی است که حالت تعادل برقرار بوده و نحوه تزریق به صورتی باشد که در عوامل دو گانه فوق که شرح آن گذشت، یعنی ذرات گلایکول به صورت پودر یا مه در آمده و با گاز به خوبی مخلوط شود.

البته در عمل گاهی مقادیر زیادی از محلول گلایکول همراه جریان گازی خارج می شود، این عمل ممکن است، در اثر سرعت زیاد گاز و سایر نارسائی ها باشد که باید رفع شود. مقدار گلایکول خروجی همراه گاز، تابعی از فشار بخار آن و همچنین جزء مولی آن در محلول گلایکول است. می توان با توجه به مطالب بالا گفت که با تزریق گلایکول ضمن جلوگیری از یخ زدگی مقادیر متنابهی از آب گاز نیز گرفته می شود.

در اغلب موارد و به خصوص وقتی که گلایکول با غلظت زیاد به کار می رود نقطه شبنم گاز آنقدر پائین می آید که آبیگری مجدد برای گاز در مراحل بعدی لزومی ندارد. گاهی اوقات تزریق توسط یک قطعه لوله مستقیم انجام می گردد و گاهی هم افشانک خاصی مورد استفاده قرار می گیرد، گاهی اوقات به علت شرایط نامناسب، تزریق نتیجه مناسبی حاصل نمی گردد، گلایکول تزریق شده به صورت قطرات نسبتاً درشت در می آید و به علت وزن چنین قطراتی، در محل تزریق، به سمت پائین می افتد و گازی که در قسمت بالای لوله به طرف دستگاه مبدل حرارت در حرکت است بدون تماس با گلایکول به داخل مبدل حرارتی رفته و در نتیجه در لوله های قسمت بالایی دستگاه مبدل، یخ زدگی حاصل می شود و

1. Entrainment

جلوی جریان گاز را گرفته تا اینکه تقریباً به طور کامل این لوله ها گرفته می شود. در نتیجه گرفتن لوله های قسمت بالای دستگاه مبدل حرارت، سرعت گاز در لوله های باقیمانده بالا می رود، از طرفی به علت آنکه همه گلايکول تزریقی وارد لوله های سمت پائین رفته، سرعت زیاد گاز در این لوله ها گلايکول را شسته و با خود به صورت کف می برد.

نتایج مشابهی نیز گزارش شده که در آن در اثر غلظت بیش از حد گلايکول تزریقی، مقدار کافی آب گاز جذب نشده است، برای کاهش چنین مسائلی لازم است که گلايکول در فاصله نسبتاً دورتری از دستگاه مبدل حرارتی تزریق شود (تا به اندازه کافی زمان و فاصله برای تماس با گاز داشته باشد) و هم اینکه شرایط تزریق (برای اتمایزه شدن گلايکول مناسب) باشد و نهایتاً اینکه گلايکول تزریقی حتی الامکان رقیق باشد. در برخی موارد دیده شده که مقدار گاز موجود در گلايکول در فشار بالا باعث کاهش وزن مخصوص محلول گلايکول- آب شده و در نتیجه باعث تغییر فاز^۱ گردیده در این حالات یک قشر سبک گلايکول همراه گاز خارج می شود. گرم کردن و ازدیاد زمان اقامت، این مشکل را کاهش می دهد. جداسازی گلايکول از هیدروکربن ها نیز تابع زمان جداسدن و همین طور عامل فوق است، مخلوط سرد گلايکول- هیدروکربن اگر با حرارت ۶۰ تا ۷۰ درجه فارنهایت گرم شود خیلی آسان از هم جدا می شود، زمان ته نشینی^۲ نیز باید به اندازه کافی باشد تا جدا شدن به طور کامل انجام گیرد، در شرایط ایده آل این مدت باید بین ۷ تا ۱۴ دقیقه باشد اگر این زمان خیلی کوتاه باشد مقداری از گلايکول همراه هیدروکربن مایع بیرون می رود. در موقعی که عمل جدا شدن گلايکول از هیدروکربن مایع به علت عدم تکافوی ظرفیت باشد، همراه هیدروکربن مایع، مقدار زیادی گلايکول خارج می شود که این گلايکول را می توان از ته مخزن محصول هیدروکربن بازیابی نمود. یکی از مشکلات عمومی در تفکیک با دمای پایین، تشکیل امولسیون در موقع جداسازی گلايکول از هیدروکربن مایع است. گاهی این امولسیون بعلت وجود مواد خارجی است که همراه گاز وارد واحد آب گیری می شود، این مواد ممکن است از ترکیباتی که به چاه زده می شود (بعمل مختلف برای جلوگیری از خوردگی و غیره) همراه گاز خارج شده و در این حالت، استفاده از مخزن جدا سازی، به جداسازی آن کمک می کند .

از آنجائیکه وجود آب، تشکیل امولسیون را تسهیل می کند، گرم کردن امولسیون نیز در شکستن آن مؤثر است. جدول زیر اثر درجه حرارت را در شکستن امولسیون نشان می دهد.

1. Phase inversion
2. Settling time

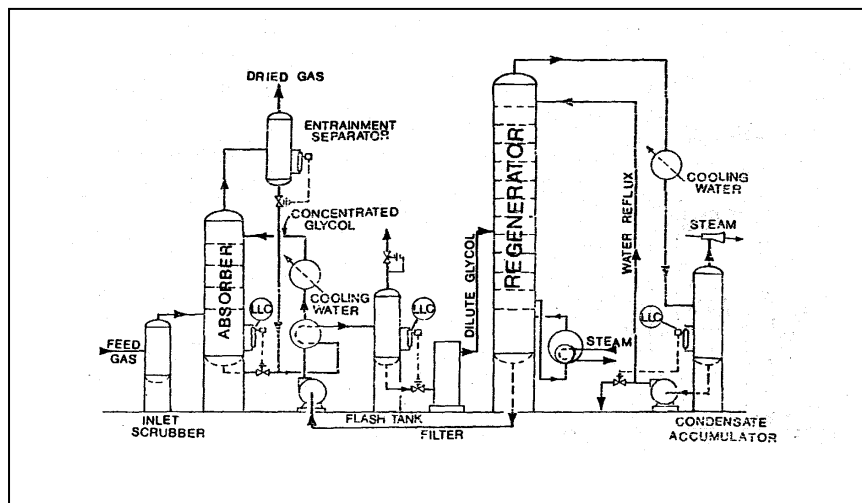
جدول ۱-۳ اثر درجه حرارت بر شکستن امولسیون

درجه حرارت	نسبت حجمی هیدروکربن به گلایکول	زمان لازم برای شکستن امولسیون (دقیقه)
۳۲	۰/۵	۴/۰
۴۰	۰/۵	۴/۳
۵۵	۰/۵	۳/۴
۷۰	۰/۵	۲/۶
۸۰	۰/۵	۱/۲
۷۷	۰/۵	۲/۳
۷۷	۲/۰	۲/۷
۷۷	۱۴/۰	۱/۴

با روشهای بالا اگر شکستن امولسیون امکان پذیر نبود بایستی از مواد ضد امولسیون استفاده کرد. انواع مختلف ضد امولسیون های تجاری برای این کار وجود دارد، سیلیکون یکی از این مواد است که مصرف زیادی دارد. به هر حال بسته به نوع امولسیون، ترکیبات مختلفی از ضد امولسیون ها می توان به کار برد. امولسیون ها مقدار زیادی با یکدیگر اختلاف دارند و اغلب لازم است قبل از انتخاب یک ترکیب مناسب، مواد مختلفی را بررسی و از بین آنها انتخاب کرد.

نمکی شدن گلایکول نیز یکی از مسائلی است که اغلب در تفکیک با دمای سرد با آن مواجه می شویم، این نمک در لوله های جوشاننده به جا می ماند چون مقدار حلالیت آن در گلایکول در دمای بالا، کم می شود. این نشست نمک در روی لوله ها باعث کم شدن ضریب انتقال حرارت و به خصوص موقعی که جوشاننده از نوع حرارت مستقیم باشد باعث ترکیدن لوله می شود. اگر از ورود نمک به سیستم نتوان به طور کامل جلوگیری کرد، در این صورت عمل خالص سازی گلایکول باید اجرا شود این را می توان از تقطیر، تعویض یون، و یا استخراج یون از گلایکول عملی ساخت. از دیگر مشکلات ته نشینی گلایکول، وجود مواد پارافینی در گاز است مخلوطی از کربن دای سولفاید^۱ و کلروپروپین^۲ به نسبت ۱ به ۴ حلال مؤثری در از بین بردن مواد پارافینی می باشد. کربن تراکلراید را نیز می توان برای این منظور به کار برد، اما استفاده از این ماده احتیاج به احتیاط و مراقبت زیاد دارد و این به علت اثرات جانبی این ماده است. فیلترهای مخصوص برای جداسازی نمک هیدروکربن های با وزن مولکولی سنگین وجود دارد.

1. Carbon Di Sulfide (CS₂)
2. Chloropropene



شکل ۳-۳ نمونه سیستم فرآوری قابل بهره برداری با هر دو نوع گلیکول بمنظور نم زدائی

شکل (۳-۳) نمونه سیستم فرآوری قابل بهره برداری با هر دو نوع گلیکول را به منظور نم زدائی گاز طبیعی نشان می دهد. استفاده از سیستم احیاء در خلاء و برای نم زدائی حداکثر از گاز در تاسیسات بزرگ مورد استفاده قرار می گیرد. بطوری که ملاحظه می شود سیستم فرآوری یک فرآیند ساده می باشد. جریان گلیکول که حدود ۵ تا ۱۰ درصد آب با خود به همراه دارد در برج کوتاه و در مسیر عبور متقابل با گاز در تماس قرار می گیرد. آبی که توسط گلیکول جذب شده است باعث رقیق شدن آن می گردد بنابراین برای استفاده مجدد از گلیکول رقیق شده لازم است که در یک برج دفع مجدداً تغلیظ شود. سیستم برگشت مجدد آب در قسمت بالای برج باید تعبیه و مورد استفاده قرار گیرد تا بدینوسیله با تقطیر و برگشت گلیکول از هدر روی آن جلوگیری شود.

سیستم فرآوری ممکن است بگونه ای مورد تغییر و استفاده قرار گیرد که مقدار خوردگی به حداقل مقدار خود کاهش داده شود. در نمونه ای از سیستم فرآوری جذب آب با گلیکول، گلیکول خارج شده سرد در برج جذب ابتدا توسط گلیکول احیاء شده گرم در یک مبدل حرارتی گرم شده و سپس در یک دستگاه پیش گرمکن بخار به گلیکول و قبل از وارد شدن به برج احیاء عبور داده می شود. علت استفاده از پیش گرمکن بخار به گلیکول پائین آوردن زمان ایستائی احیاء در درجه حرارت بالا نسبت به سیستم احیاء با استفاده از ریویلر می باشد تا بدینوسیله با کاهش دادن زمان ایستائی احیاء به مدت زمان خیلی کوتاه، از تجزیه گلیکول و در نتیجه از اثرات بعدی خوردگی آن جلوگیری به عمل آید.

سیستم و عملیات آبیگری گلایکول در کارخانه های گاز مایع

آبیگری از گاز غنی^۱ به دلیل جلوگیری از تشکیل یخ زدگی انجام می گیرد ، که اصطلاحاً به این کار خنک کردن گاز نیز گفته می شود. سیستم آبیگری در کارخانه های گاز و گاز مایع یکی از مهمترین سیستمها بوده و مراقبت صحیح از آن جهت بازدهی خوب ، اهمیت دارد. چون عدم توجه به آن سبب مشکلات و چه بسا با از کارافتادن واحد خواهد شد. برای آبیگری از گاز ، روشهای مختلفی استفاده می شود، البته تمام روشهای آبیگری بر مبنای کنترل مقدار آب موجود درگاز از راه تزریق بعضی کنترل کننده ها یا مواد شیمیایی برای پائین آوردن نقطه انجماد آن است، از جمله این مواد شیمیایی متانول را می توان نام برد ، که بیشتر برای رفع یخ زدگی استفاده می شود. از دیگر مواد شیمیایی ضد یخ می توان از محلولهای گلایکول که دارای خواص عالی آبیگری نیز می باشند، نام برد. تمام مواد ذکر شده بالا، با آب موجود در گاز وارد یک واکنش شیمیایی دو طرفه می شوند که باعث پائین آوردن نقطه شبنم گاز می شوند. قسمتهای مختلف یک سیستم آبیگری گلایکول عبارتند از:

مخزن گلایکول^۲ ، پمپ های تزریق گلایکول ، صافیها ، افشانکهای تزریق گلایکول ، جداکننده گلایکول ، مبدلهای حرارتی ، ظرف افت فشار، جوشاننده گلایکول^۳ ، مخزن موجگیر^۴ مخزن گلایکول، جهت ذخیره گلایکول در پالایشگاه است که کمبود یا هدر رفتن گلایکول در سیستم را از آن جبران می کنند. برای جلوگیری از تماس اکسیژن هوا با آن و اکسیده شدن گلایکول که خاصیت گلایکول را از بین برده و باعث اشکالات دیگری در سیستم گاز خواهد شد، بالای آن را با یک گاز می پوشانند که اصطلاحاً به آن گاز پتویی گفته می شود.

پمپ های تزریق گلایکول، گلایکول را از مخزن مکیده ، پس از عبور از فیلترها، از طریق افشانکها وارد گاز می کنند.

برای تزریق گلایکول به گاز به این خاطر از افشانکها استفاده می شود که بتوان گلایکول را بخوبی با گاز در تماس قرار داد، تا بخارات آب آنرا جذب کند ، در غیر این صورت گلایکول تنها با مقدار کمی از گاز تماس پیدا خواهد کرد.

علاوه بر تزریق گلایکول در ابتدای مبدل حرارتی ، در ابتدای چیلر، هم از طریق افشانکها، گلایکول تزریق می گردد تا اطمینان حاصل شود که بخار آب همراه گاز نباشد و در قسمت سرد کننده ایجاد یخ زدگی نکند.

گلایکول تزریق شده به گاز در جدا کننده گلایکول از گاز مایع جدا شده و به سیستم احیاء گلایکول فرستاده می شود، تا دوباره مورد استفاده قرار گیرد. در ظرف تفکیک کننده گلایکول ، حالت کف کنندگی گلایکول را می توان تشخیص داده که برای رفع آن از ماده ضد کف استفاده می شود در ضمن برای از بین بردن علت اصلی ایجاد کف باید به عوامل دیگری مانند وجود املاح ، زنگ ، ورود نفت

1. Rich gas
2. Storage tank
3. Reboiler
4. Surge tank

به سیستم با اندازه گیری pH گلايکول توجه کرد. اگر عمل جداسازی گلايکول برگشتی از هیدروکربورهای مایع، در جدا کننده گلايکول به خوبی انجام نگیرد، منجر به هدر رفتن بیشتر گلايکول و ایجاد آلودگی در آن می شود. وجود هیدروکربونهای مایع در گلايکول، یکی دیگر از عوامل ایجاد کف کنندگی می باشد.

برای گرفتن آب اضافی از گلايکول برگشتی، باید آن را تا نقطه جوش آب محلول در گلايکول گرم کرد تا آب جذب شده از آن جدا گردد. بدین منظور از همان ابتدا یعنی قبل از فرستادن گلايکول برگشتی به جوشاننده از امکانات موجود (گلايکول تزریقی) برای گرم کردن آن استفاده می شود، پس ابتدا آن را از کویل بالای برج جوشاننده عبور می دهیم تا هم گلايکول برگشتی گرم شود و هم با تنظیم مقدار گلايکول، درجه حرارت بالای برج را کنترل کرده که تنها بخارات آب ترش از بالای برج خارج گردد.

گلايکول برگشتی پس از خروج از کویل در مبدل حرارتی با گلايکول تزریقی به گاز، تبادل حرارت کرده و بعد از آن وارد ظرف افت فشار می شود. در این قسمت هیدروکربورهای جذب شده توسط گلايکول از آن جدا شده، که هیدروکربورهای سبک به صورت گاز، فشار ظرف را تأمین کرده و مازاد آن از بالای ظرف مشعل و هیدروکربورهای سنگین به صورت گاز مایع توسط جداکننده، جدا شده به حوضچه سوزان فرستاده می شوند.

بعد از ظرف افت فشار، گلايکول پس از عبور از صافی، جهت گرفتن ذرات جامد آن از بالای برج جوشاننده بر روی پکینگ رینگها که انواع مختلفی داشته و درون برج قرار گرفته اند، جهت تماس بیشتر با بخارات آب متصاعد شده از جوشاننده ریخته شده و وارد جوشاننده می گردد که با توجه به درجه حرارت جوشاننده (حدود ۲۵۰-۲۴۰ درجه فارنهایت) آب جذب شده توسط گلايکول از گاز غنی جدا خواهد شد.

فشار جوشاننده باید در حدود اتمسفر باشد تا از بالا بردن درجه حرارت به وسیله اضافه کردن گاز سوخت و در نتیجه، به هدر رفتن گلايکول، جلوگیری شود.

به طور کلی می توان گفت کار جوشاننده گلايکول تبخیر آب اضافی و تنظیم مقدار آب گلايکول تزریقی به گاز است.

گلايکول احیاء شده پس از خروج از جوشاننده برای تبادل حرارت با گلايکول برگشتی، به مبدل حرارتی رفته (در قسمت پوسته) و از آنجا به مخزن نوسان گیر وارد می گردد و سپس توسط پمپ بعد از عبور از یک فیلتر ذغالی به مخزن گلايکول می ریزد، جریان گلايکول از جوشاننده به مخزن نوسان گیر طبق قانون ظروف مرتبطه و اختلاف سطح بین آن دو انجام می گیرد.

انتخاب ماده مایع جاذب الرطوبه

اینکه چه نوع گلايکولی انتخاب کنیم، بستگی زیادی به ترکیب گاز دارد، اگر قرار است که به لوله حامل گاز طبیعی گلايکول تزریق شود، منطقی است که در این صورت اتیلن گلايکول مورد استفاده قرار گیرد. براساس پوند گلايکول تزریقی به پوند آب موجود در گاز، این نوع گلايکول، دمای یخ زدگی را نسبت به سایر انواع گلايکول ها بیشتر کاهش می دهد.

اگر قرار است که گلايکول به گاز قبل از تفکیک کننده با دمای پائین تزریق شود و کاملاً این گلايکول با هیدروکربن مایع در تماس قرار بگیرد، اینجا نیز با جداسازی آب از گاز با اتیلن گلايکول بهترین انتخاب است زیرا مقدار حلالیت در هیدروکربن مایع (با وزن مولکولی زیاد) نسبت به سایر انواع گلايکول ها حداقل است.

اما از طرف دیگر مقدار هدر رفتن گلايکول همراه گاز در مورد دی اتیلن و تری اتیلن گلايکول، در مقایسه با اتیلن گلايکول کمتر است، زیرا دارای فشار بخار کمتر و در نتیجه مقدار تبخیر کمتری دارا می باشد. تری اتیلن گلايکول، کمترین هدررفت را همراه گاز دارد چرا که فشار بخار آن از مونو و دی اتیلن گلايکول خیلی کمتر است. اما از طرفی به علت بالا بودن وزن مولکولی، تأثیر آن در جلوگیری از یخ زدگی مسلماً به خوبی مونو و دی اتیلن گلايکول، نیست. گر چه مونو اتیلن گلايکول معمولاً بهترین ضدیخ است اما معمولاً در آب گیری از آن استفاده نمی شود و این به علت همان بالا بودن فشار بخار و هدر رفتن زیاد آن به صورت تبخیر است، بنابراین برای آب گیری دی اتیلن و تری اتیلن گلايکول، مناسب تر می باشند. در نتیجه در مواردی که جهت آب گیری گاز، تزریق گلايکول در مراحل بعدی عملیات مورد نیاز است، بهتر است فقط یک نوع گلايکول آن هم نوعی که سنگین تر است، مورد استفاده قرار گیرد. به این ترتیب فقط یک دستگاه تغلیظ مجدد^۱ گلايکول مورد نیاز بوده و فقط یک نوع گلايکول را باید انبار کرد. مضافاً اگر گلايکول تزریقی اتفاقاً همراه گاز از ظرف تفکیک بیرون رود^۲ باعث ایجاد اشکال در عملیات آبیگری بعدی نخواهد شد (زیرا از همان نوع گلايکول است). در این موارد غالباً دی اتیلن گلايکول برای هر دو منظور به کار می رود.

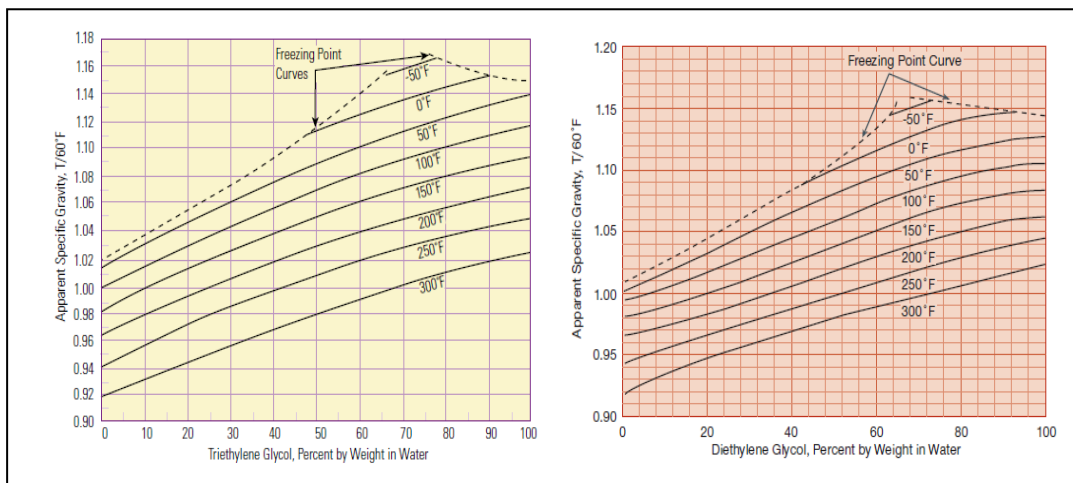
1. Regeneration

2. Carry over



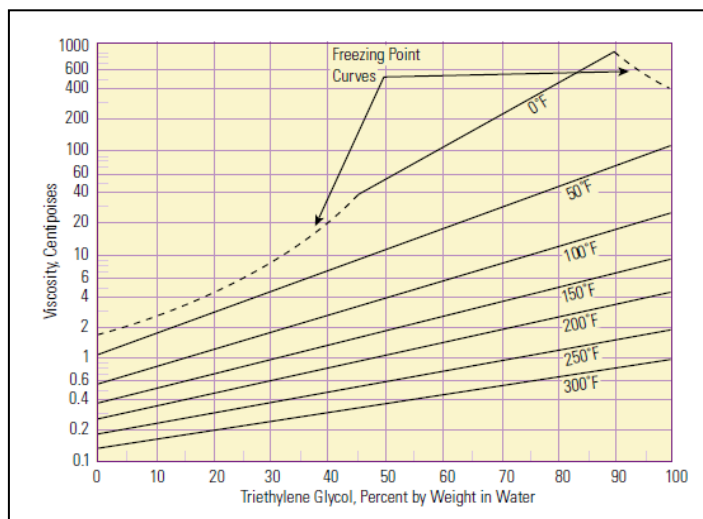
نکاتی در خصوص خواص فیزیکی گلیکول ها

در نمودار شماره (۳-۱) اثر دما و غلظت محلول گلیکول بر مقدار وزن مخصوص محلولهای دی اتیلن گلیکول و تری اتیلن گلیکول قابل مشاهده می باشد، همانگونه که مشخص است؛ با افزایش غلظت گلیکول میزان وزن مخصوص محلول افزایش پیدا می نماید.



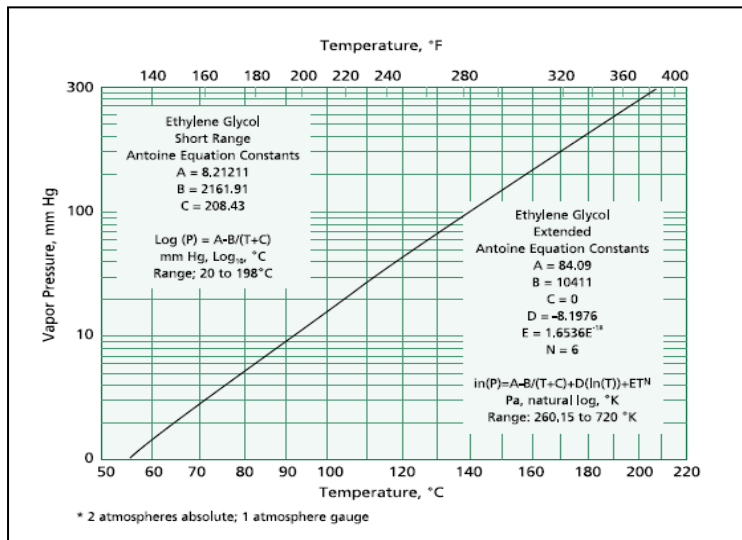
نمودار ۳-۱ اثر غلظت محلول بر تغییرات وزن مخصوص محلول گلیکول

در نمودار شماره (۳-۲) اثر دما در مقدار ویسکوزیته محلول TEG مشخص شده است.

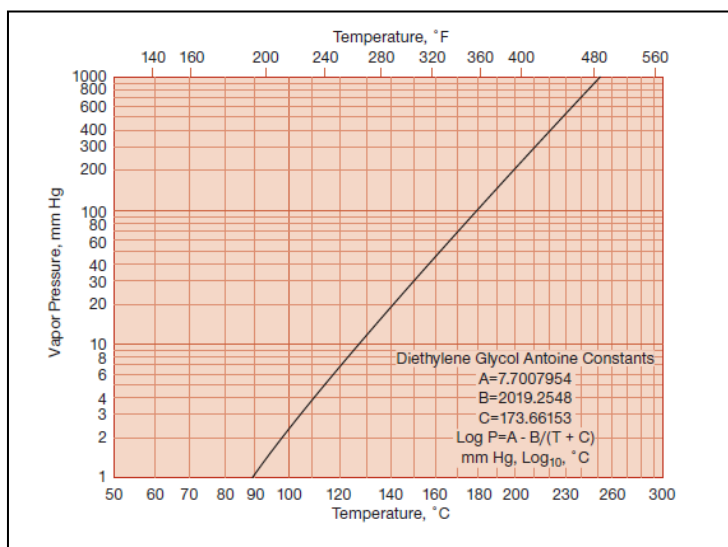


نمودار ۳-۲ اثر غلظت و دما بر روی ویسکوزیته محلول تری اتیلن گلیکول

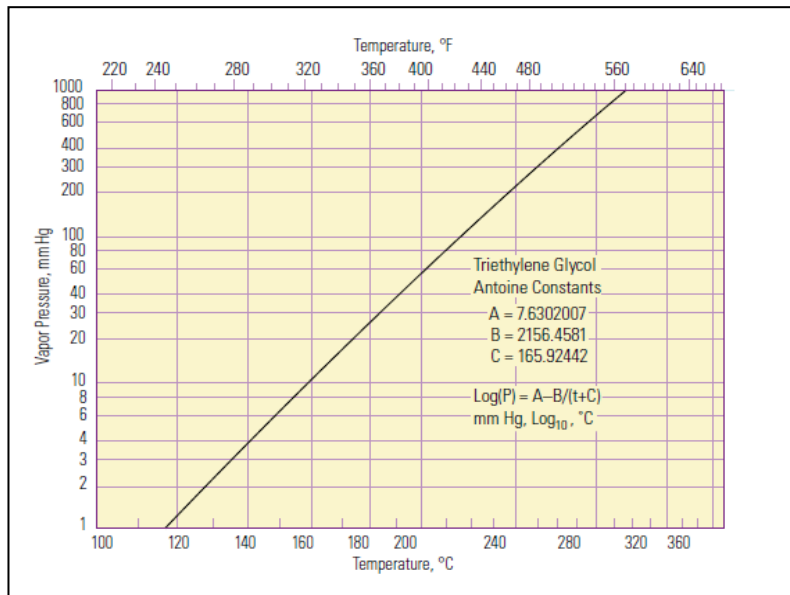
نمودارهای شماره (۳-۳)، (۳-۴) و (۳-۵) جهت بررسی و برآورد هرزرفت بخار محلول های MEG، DEG و TEG در غلظت های مختلف قابل استفاده می باشد، در این نمودارها محلول اونتکتیک گلایکول MEG با غلظت ۶۰ تا ۸۰ درصد مشخص می گردد.



نمودار ۳-۳ حداکثر درجه حرارت مجاز احیاء برای محلول مونو اتیلن گلایکول



نمودار ۳-۴ حداکثر درجه حرارت مجاز احیاء برای محلول دی اتیلن گلایکول



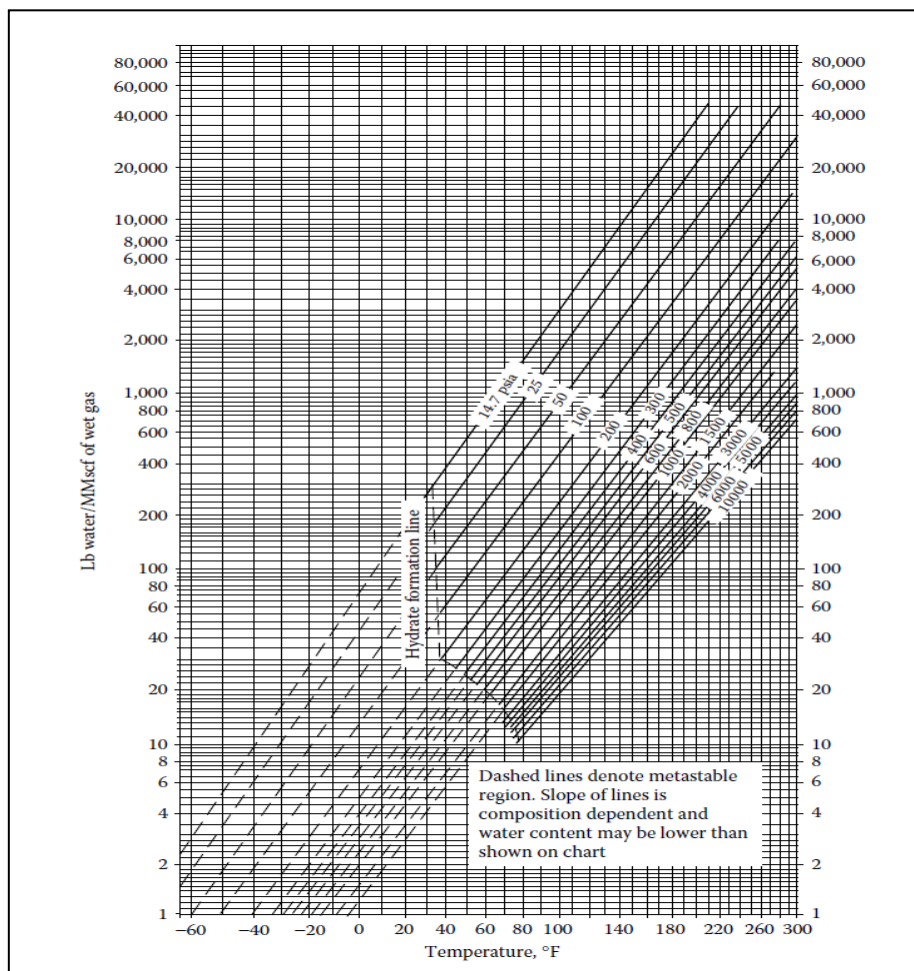
نمودار ۳-۵ حداکثر درجه حرارت مجاز احیاء برای محلول تری اتیلن گلیکول

عموماً نمودارهای شماره (۳-۴) و (۳-۵) برای طراحی برجهای احیاء در خلاء مورد استفاده قرار می گیرند.

گلیکول و نقش آن در تنظیم نقطه شبنم گاز

برای محاسبه مقدار آب موجود در گاز طبیعی اشباع و با فشار و درجه حرارت مشخص از نمودار شماره (۳-۶) استفاده می شود، این نمودار شبیه نمودار (۱-۱) می باشد که قبلاً در خصوص آن مطالبی بیان شد. این نمودار همچنین خط ایجاد یخ زدگی در گازهای طبیعی با چگالی ۰/۶ را نشان می دهد. در قسمت چپ خط یاد شده زمانیکه گاز اشباع خنک می شود ایجاد هیدرات می کند. در صورتیکه گاز بیش از ۱۵ پوند آب در هر میلیون استاندارد فوت مکعب داشته باشد با چگالی ۰/۶ از فشار ۲۰۰۰ پوند بر اینچ مربع تا زیر نقطه ۶۲ درجه فارنهایت خنک شود، یخ خواهد زد از طرف دیگر در فشارهای پائین ۱۵۰ پوند بر اینچ مربع، خنک کردن گاز تا زیر دمای ۳۲ درجه فارنهایت، باعث جدا شدن فاز جامد شده و در این حالت یخ ایجاد خواهد شد. هرچه چگالی گاز بیشتر باشد یخ زدگی در درجه حرارت بالاتر و فشار کمتر پیش آمده و متقابلاً در چگالی کمتر، هیدرات نیز در درجه حرارت کمتری ایجاد خواهد شد. بعنوان مثال در گاز با فشار ۱۰۰۰ پوند بر اینچ مربع و در چگالی ۰/۶ ایجاد یخ گاز در ۶۲ درجه فارنهایت و در گاز با چگالی ۰/۷۵ در دمای ۶۷ درجه فارنهایت، و در گاز با چگالی ۱/۰ در دمای ۷۱ درجه فارنهایت، یخ زدگی ایجاد می شود. یکی از روش های مفید اندازه گیری مقدار آب موجود در گاز طبیعی استفاده از نقطه شبنم آن می باشد. همانگونه که قبلاً توضیح داده شد، نقطه شبنم نقطه ای

است که با خنک کردن گاز اولین ذره شبنم (بصورت آب) در آن ظاهر می شود در این حالت بخار آب اشباع با آب تقطیر شده در حالت تعادل قرار می گیرند .



نمودار ۳-۶ میزان آب موجود در گاز طبیعی

چنانچه گاز طبیعی مثلاً در نقطه شبنم حداکثر ۴۰ درجه فارنهایت مورد نیاز باشد به یک سیستم نم زدائی برای جذب ۶۲ پوند آب در هر میلیون استاندارد فوت مکعب در فشار ۱۰۰ پوند بر اینچ مربع و یا به سیستمی برای جذب ۹ پوند آب در هر میلیون استاندارد فوت مکعب در فشار ۱۰۰۰ پوند بر اینچ مربع، نیاز خواهد بود . با توجه به اینکه فشار بخار آب بر مایع جذب کننده رطوبت معمولاً با درجه حرارت تغییر کرده و این تغییر تقریباً مشابه اثر بخار آب خالص می باشد ، درجه اثر گذاری مایع جاذب

الرطوبه می تواند بوسیله اندازه گیری اختلاف نقطه شبنم گاز خشک شونده در درجه حرارت تماس ارزیابی شود ، این اختلاف که بنام افت نقطه شبنم خوانده می شود در هر سیستم نم زدائی معین درفاصله محدوده فشار و درجه حرارت متغیر عملیاتی تقریباً ثابت می ماند.

معرفی واحدها و تجهیزات نم زدایی با گلایکول

اصول طراحی و بهره برداری برج جذب با گلایکول

بستگی به خصوصیات و نیازهای عملیاتی واحد نم زدائی با DEG ، برجهای جذب معمولاً بین چهار تا ده سینی دارند. درجه حرارت گلایکول احیاء شده باید حدود ۱۰ درجه فارنهایت بیشتر از درجه حرارت گاز ورودی به برج جذب باشد. باید مطمئن بود که تجمع کننده گلایکول عایق کاری شده نباشد، این موضوع کمک خواهد کرد تا گلایکول احیاء شده سریع تر خنک شود. مبدل های حرارتی گلایکول به گلایکول و یا مبدل حرارتی گاز به گلایکول، همیشه باید تمیز نگهداری شوند تا حداکثر تبادل حرارتی انجام پذیرد. درجه حرارت ریبولر با توجه به نوع گلایکول در مقدار بهینه خود نگهداری می شود. در صورت نیاز ، لوله برگشت گلایکول احیاء شده عایق کاری می شود. سرعت پمپ گلایکول در مقدار بهینه خود بررسی و تنظیم می شود. در صورت نیاز مبدل حرارتی اضافی در سیستم نصب می گردد.

تماس گاز با گلایکول در سینی های از نوع فنجانکی^۱ یا شیری^۲ و یا با پرکردن برج توسط پکینگ انجام می پذیرد. گلایکول و گاز درخلاف جهت هم در برج جریان پیدا می کنند . گاز به طرف بالا و گلایکول به طرف پائین در امتداد برج حرکت می نمایند. چنانچه در برج جذب از آکنه استفاده شود بایستی برای انجام تماس بهتر باید دبی مناسب گاز و جریان مناسب گلایکول برقرار شود. ورود گلایکول به برج باید از طریق دستگاه پخش کننده^۳ موثر انجام پذیرد تا از کاناله شدن گلایکول در مسیر انحرافی در برج جلوگیری شود، نصب تکه لوله سوراخ سوراخ که در امتداد قطر برج قرار می گیرد، معمولاً برای توزیع گلایکول وسیله مناسبی نمی تواند باشد. در بعضی موارد نصب دستگاه نازل اسپری کننده برای پخش گلایکول در تمامی سطح آکنه مفید می تواند باشد. تنش سطحی جنس مصالح آکنه باید طوری باشد که تمام سطوح آکنه از گلایکول مرطوب شده و با آن پوشیده شده باشد. انتخاب صحیح آکنه از نظر اندازه، نوع و ترکیب آن نیز از عوامل مهم عملیاتی می باشند.

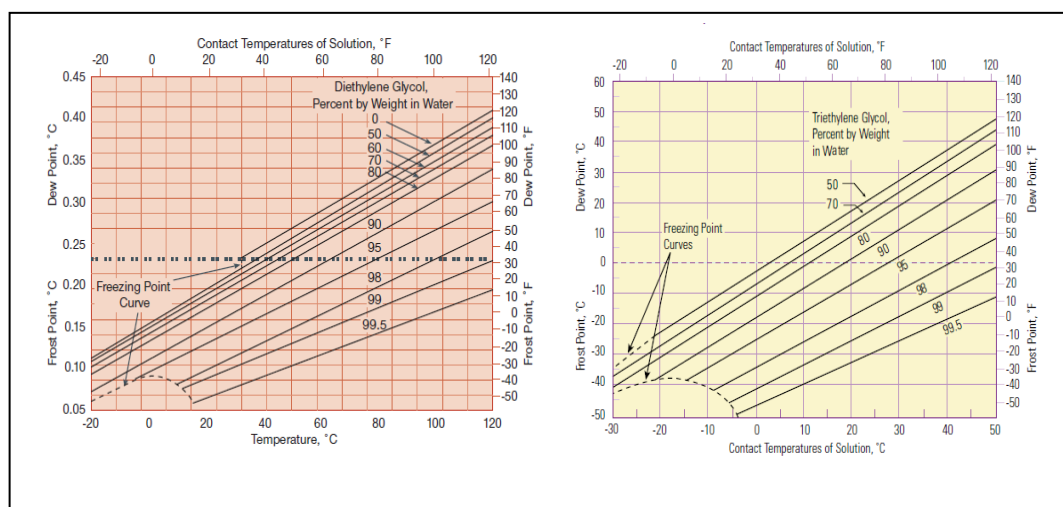
عایق کاری برج جذب موقعی می تواند مفید باشد که حجم زیاد از هیدروکربورهای سبک تقطیر شده در سطح داخلی برج بوجود آیند. این وضعیت در مواردی پیش می آید که گاز غنی و گرم در محیط سرد مورد نم زدائی قرار گیرد. تقطیر هیدروکربورهای سبک باعث ایجاد کف و سرریز شدن سینی ها در برج جذب شده و نهایتاً موجب هرزرفت گلایکول از برج جذب یا از ریبولر می گردد. برای به حداقل رساندن مقدار هرزرفت گلایکول باید ضخامت و نوع توری جذب به دقت مورد بررسی قرار گیرد. توری

1. Bubble cap tray
2. Valve tray
3. Distributer

جذب باید در فاصله مناسبی از بالاترین سینی نصب شود تا از آغشته شدن به جریان گلیکول و از هرزرفت گلیکول ممانعت بعمل آید. برای جلوگیری از گرفتگی توری با ترکیب پارافینی و سایر صدمات ، باید توری مذکور همواره تمیز نگهداری شود. نمودار شماره (۳-۷) نقاط شبنم گازها را در درجه حرارت های مختلف و در وضعیت تعادل با محلول دی اتیلن گلیکول (چپ) و تری اتیلن گلیکول (راست) نشان می دهد. استفاده از نمودارهای نقطه شبنم گاز، بجای مفروضات تعادلی برای طراحی برجهای نم زدائی مناسبتر است، از این نمودارها مستقیماً می توان برای برآورد ترکیب محلول و درجه حرارتی که در آن نم زدائی از گاز صورت می پذیرد، استفاده نمود. بررسی ها نشان می دهد افت نقطه شبنم گاز در سیستم های نم زدائی با گلیکول در محدوده فشارهای عملیاتی ۵۰۰ پوند بر اینچ مربع (۳۴/۵ بار) تا ۲۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (۱۳۸ بار) از تغییرات فشار مستقل بوده و ثابت می باشد. با توجه به منابع، درجه حرارت ۱۷۱ درجه سانتیگراد برای محلول دی اتیلن گلیکول و ۱۹۰ درجه سانتیگراد برای محلول تری اتیلن گلیکول حداکثر درجه حرارت مجاز احیاء برای دو ماده مذکور، محسوب می شود.

عمل به علت اینکه گلیکول در مسیر عبور از سینی های برج رقیق تر می شود و نیز به سبب اینکه گازها نمی توانند در تعداد سینی های کافی با محلول گلیکول تغلیظ شده به وضعیت تعادل برسند، قابل دستیابی نمی باشد .

در طراحی برجهای جذب با گلیکول از نمودارهای (۳-۷) برای تخمین مینیمم غلظت گلیکول مورد نیاز برای سیستم نم زدائی استفاده می شود . این نمودارها برای وضعیت تعادل سیستم تهیه شده اند.

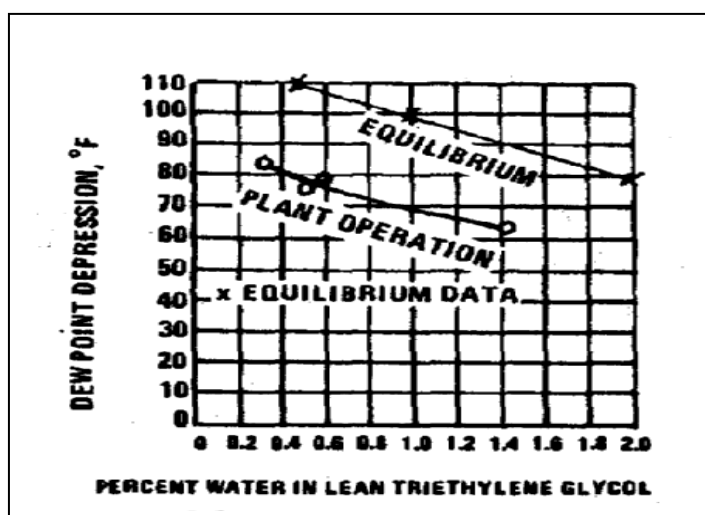


نمودار ۳-۷ حداقل غلظت مورد نیاز برای DEG (چپ) و TEG (راست) در سیستم نم زدایی

خوشبختانه با توجه به اینکه اطلاعات تجربی- عملیاتی کافی از سیستم های نم زدائی از نوع گلايکول در دسترس می باشد تا می توان سیستم های جدید نم زدائی با گلايکول را با استفاده از روش های محاسباتی ساده و بر مبنای فاکتورهای تجربی- عملیاتی طراحی نمود. دو نمونه از اطلاعات تجربی عملیاتی که در طراحی تأسیسات نم زدائی با گلايکول در سیستم های عملیاتی فشار بالا بکار گرفته می شوند عبارتند از :

- ✚ برای جذب هر پوند آب حداقل ۳ گالن گلايکول در چرخش مورد نیاز است.
- ✚ برج جذب بایستی حداقل معادل ظرفیت ۴ سینی عملی، توان عملیاتی داشته باشد.

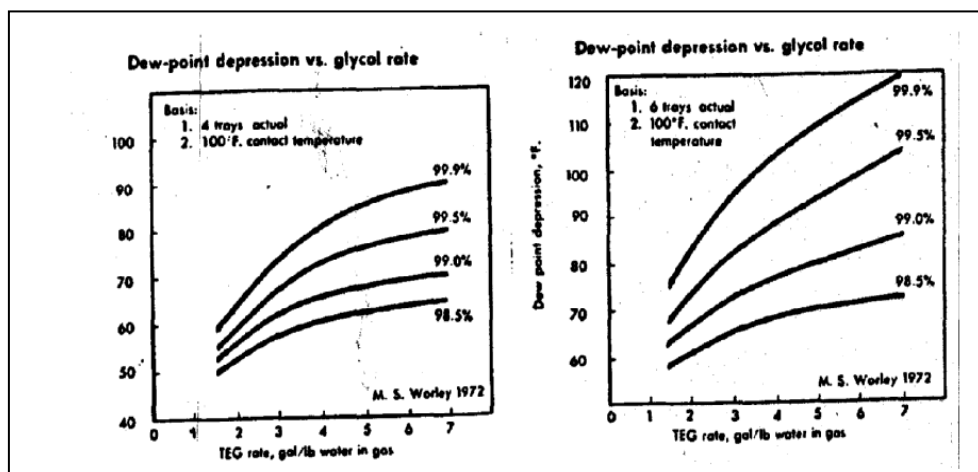
برای مقایسه ، افت نقطه شبنم بین یک واحد نم زدائی تجاری با حداقل نیازهای عملیاتی تامین شده به شرح فوق با افت نقطه شبنم و با محاسبات تئوری که در وضعیت تعادل کامل با گلايکول احیاء شده، در نمودار (۳-۸) نشان داده شده است. مقدار افت نقطه شبنم در تمام وضعیت های عملیاتی حدود ۳۷ درجه سانتیگراد، می باشد. این میزان افت نقطه شبنم برای اغلب خطوط انتقال گاز مناسب است، نمودار مذکور، برای برج با چهار سینی از نوع Bubble Cap و میزان گلايکول در گردش، ۳ گالن بر دقیقه در نظر گرفته شده است.



نمودار ۳-۸ اثر غلظت گلايکول بر روی میزان کاهش نقطه شبنم

با توجه به داده های عملیاتی، اثرات فرآیندی دبی تری اتیلن گلايکول در گردش و با فرض یک سینی تعادل یا حدود ۴ سینی در حالت بهره برداری در برجهای جذب آب مورد محاسبه قرار گرفته و نتایج بدست آمده از این محاسبات در نمودارهای (۳-۹) نشان داده شده است. نکته عملیاتی مهمی که از

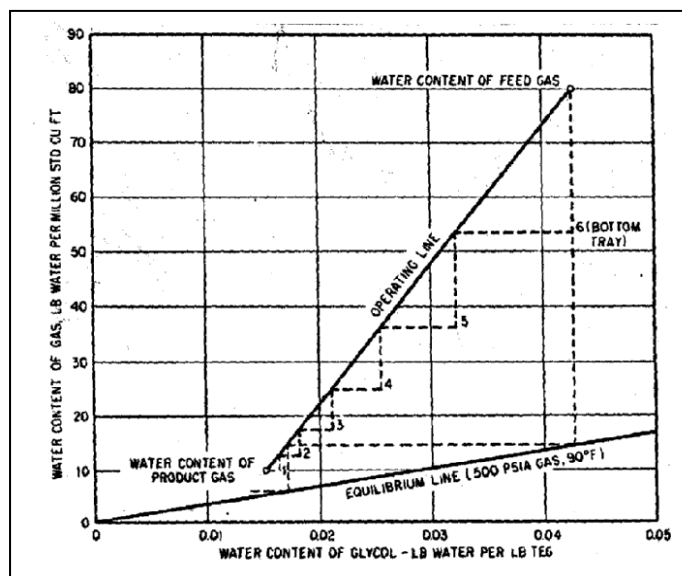
نمودار یاد شده، استنتاج می شود این است که برای بدست آوردن حداکثر افت در مقدار نقطه شبنم، افزایش گلیکول در گردش با گلیکول غلیظ، بمراتب موثرتر از چرخش گلیکول رقیق با دبی زیادتر در سیستم جذب آب می باشد. بسیاری از برجهای جذب در واحدهای نم زدائی با چهار عدد سینی تماس ساخته شده اند. راندمان این سینی ها حدود ۲۵ تا ۴۰ درصد بوده ، لذا برج جذب ، معادل یک سینی تماس در حال تعادل می باشد. افزایش تعداد سینی ها همان اثر افزایش دبی گلیکول در گردش را خواهد داشت ، زیرا این افزایش دبی جریان ، برج را بحالت تعادل با محلول ورودی نزدیکتر می نماید. به همین علت در بعضی شرایط عملیاتی که حداکثر مقدار نقطه شبنم مورد نظر باشد، بیش از چهار سینی و حتی ۱۰ سینی در برجهای جذب در نظر گرفته می شود. در نمودار (۳-۹) تصویر روشنی از تغییر ترکیبات گاز و محلول گلیکول که در سینی برج جذب می تواند بوجود آید، نشان داده شده است . این نمودار شامل دیاگرام سینی برای طراحی هر واحد نم زدائی گاز طبیعی نیز می باشد. برای هر واحد نم زدائی، دیاگرام یاد شده می تواند برای برآورد تعداد سینی ها ، دبی گلیکول محلول و یا غلظت محلول گلیکول مورد استفاده قرار گیرد و در نهایت چند نمونه از متغیرهای عملیاتی که ممکن است مورد دلخواه باشند بررسی شده و اقتصادی ترین آنها انتخاب شود.



نمودار ۳-۹ کاهش نقطه شبنم بر حسب میزان گلیکول در گردش

در نمودار (۳-۹) همچنین فرض شده است که گاز طبیعی ورودی به سیستم در فشار ۵۰۰ پوند بر اینچ مربع (۳۴/۵ بار) و درجه حرارت ۳۲ درجه سانتیگراد و اشباع از آب بوده، بنا براین نقطه شبنم گاز طبیعی خشک شده تا ۲/۲- درجه سانتیگراد که نهایتاً حاوی ۱۰ پوند آب در یک میلیون استاندارد فوت مکعب گاز در روز خواهد بود، کاهش می یابد. حداکثر غلظت بدست آمده از سیستم های احیاء گلیکول معمولی و بدون استفاده از سیستم احیاء در خلاء و برج دفع ، برای گلیکول ۹۹/۵ درصد (تری اتیلن گلیکول)، می باشد. نمودار شماره (۳-۱) نشان می دهد از نظر تئوری در درجه حرارت ۳۲ درجه

سانتیگراد (۹۰ درجه فارنهایت) و با محلول گلیکول ۹۸/۵ درصد، می توان کار عملیاتی نم زدائی را بنحو مناسب انجام داد. اگر مقدار آب جذب شده در هر گالن گلیکول در حال گردش برابر یک پوند در نظر گرفته شود، محلول گلیکول از غلظت ۹۸/۵ درصد به ۹۵/۵ درصد کاهش پیدا خواهد کرد. این دو ترکیب محلول گلیکول با ادغام با ترکیب گازهای ورودی و خروجی برای بنا نهادن خط عملیاتی در نمودار (۳-۱۰) بکارگرفته می شود. خط تعادل با تبدیل مفروضات نقاط شبنم بدست آمده از نمودار (۳-۶) به مقدار آب موجودی در گاز در فشار و درجه حرارت مورد نظر بدست می آید، جهت سرعت در بررسی عملیاتی، فرض شده که درجه حرارت در طول برج جذب ثابت می ماند.

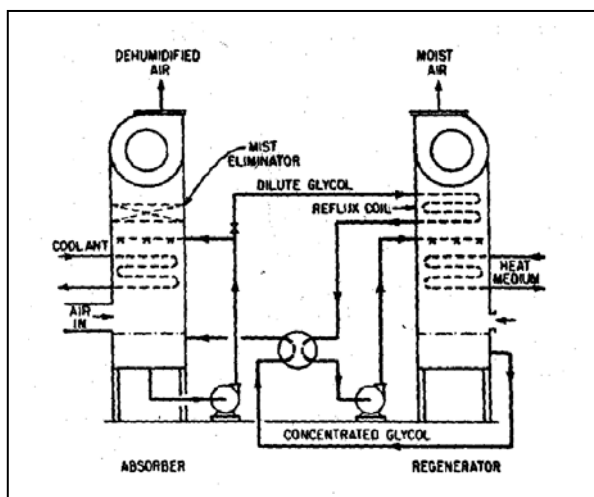


نمودار ۳-۱۰ کاهش میزان آب در طول برج جذب با گلیکول

در این نمودار فرض شده است که راندمان سینی های واقعی حدود ۴۰٪ می باشد، لذا تعداد سینی های واقعی با بکاربردن پله های قائم در دیاگرام سینی ها و با ملحوظ داشتن ۴۰٪ فاصله از خط عملیاتی به خط تعادل در هر نقطه مشخص سینی، تخمین زده می شود. با بکاربردن این روش معلوم می شود که حداقل ۶ سینی واقعی در واحد مورد نظر بکارگرفته می شود. بررسی بیشتر این نمودار نشان می دهد که محلول گلیکول می تواند در طول مسیر عبور از برج و بدون رسیدن بحالت تعادل با گاز به حالت رقیق تری در آید. اگر بهره وری از این مزایای عملیاتی مدنظر باشد، سینی های بیشتری مورد نیاز خواهد بود. طراحی بهینه با در نظر گرفتن هزینه های نصب سینی های بیشتر، افزایش ارتفاع برج در مقابل هزینه های پمپاژ محلول گلیکول می تواند مورد بررسی و عمل قرار گیرد. با بدست آمدن خط تعادل و خط عملیاتی در نمودار (۳-۱۰) می توان مشاهده نمود که حدود ۱/۵ سینی تئوری مورد نیاز خواهد. در شرایط عملیاتی قبلی فرض گردیده که درجه حرارت در طول برج

تماس بدون تغییر باقی می ماند. جهت بررسی عملیاتی دقیق تر، اثر گرمای جذب آب باید مورد توجه قرار گیرد. مقدار گرمای آزاد شده در حقیقت معادل با مقدار گرمای نهان تبخیر بعلاوه گرمای حلالیت آب در گلیکول می باشد، در هر صورت چون جریان گاز با مقایسه با جریان گلیکول دارای ظرفیت حرارتی بیشتری می باشد، محلول گلیکول خروجی از پائین برج تقریباً همان درجه حرارت گاز ورودی به برج را خواهد داشت، درجه حرارت گاز خروجی از برج جذب، می تواند با انجام محاسبات تعادل گرمایی^۱ در محدوده برج و با مدنظر قرار دادن درجه حرارت محلول گلیکول ورودی و گرمای آزاد شده توسط واکنش جذب آب، بدست آید. در واحدهای نم زدائی گازهای فشار بالا، مقدار افزایش درجه حرارت گاز خیلی جزئی و در حدود یک تا دو درجه فارنهایت، در طول برج جذب می باشد که این مقدار افزایش از اهمیت ناچیزی برخوردار می باشد.

در سیستم های نم زدائی فشار پائین و در واحدهای خشک کن هوا، گرمای جذب از اهمیت زیادی برخوردار بوده و درچنین مواردی روش عملی نصب کویل های خنک کن در محدوده جذب آب برای خارج نمودن گرمای آزاد شده بکار گرفته می شود. در واحدهای تهویه مطبوع که از گلیکول برای پائین آوردن شرجی هوا و کم کردن رطوبت آن استفاده می شود، کویل خنک کن همانند شکل (۳-۴) حتی بعنوان سطح تماس بین هوا و محلول گلیکول در منطقه جذب مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل ۳-۴ شمایی از یک واحد جذب آب با گلیکول

قطر برج های جذب با گلیکول می تواند توسط روشهای محاسباتی مرسوم در برجهای تعیین شود. در هر صورت بعلت میل زیاد محلول گلیکول به ایجادکف در شرایط خاص، باید سرعت گاز در محاسبات مدنظر قرار گیرد. در شرایط خاص با در نظر گرفتن ۲۴ اینچ فاصله بین سینی ها و مقدار هدررفتگی

1. Heat Balance

حدود یک پوند گلایکول در یک میلیون استاندارد فوت مکعب گاز در روز، با استفاده از معادله زیر و با لحاظ ضریب ثابت معادله (C) برابر ۵۰۰ می توان حداکثر سرعت جرمی مجاز گاز را محاسبه نمود:

$$W = C [\rho_g (\rho_1 - \rho_g)]^{1/2}$$

در این فرمول، W میزان حداکثر سرعت جرمی مجاز بخار برحسب پوند بر ساعت برفوت مربع می باشد.

ρ_1 : وزن مخصوص محلول برحسب پوند بر فوت مکعب

ρ_g : وزن مخصوص گاز برحسب پوند بر فوت مکعب

C ضریب ثابت معادله محاسباتی برجها که از جدول شماره (۲-۳) زیر بدست می آید.

جدول (۲-۳) ثابت معادله محاسباتی قطر برج

سرویس عملیاتی برج	فاصله بین سینی ها در برج جذب		
	۱۸ اینچ	۲۴ اینچ	۳۰ اینچ
برج جذب با روغنها	۷۰۰	۸۰۰	۱۵۰
برج جذب با گلایکول	مجاز نمی باشد	۵۰۰	۵۵۰
برج جذب با آمین	مجاز نمی باشد	۳۵۰	۳۹۵
برجهای عریان ساز و برجهای تقطیر	۴۴۰	۵۴۰	۶۰۰

شایان ذکر است، مقدار C برای جدا کننده های قائم با طول حداقل ۸ فوت برابر با ۶۰۰ و مقدار C برای جداکننده های افقی از فرمول $C = 1440 (L/20)^{0.56}$ محاسبه می شود که در آن L (برحسب فوت) فاصله بین نازل های ورودی و خروجی به جداکننده می باشد.

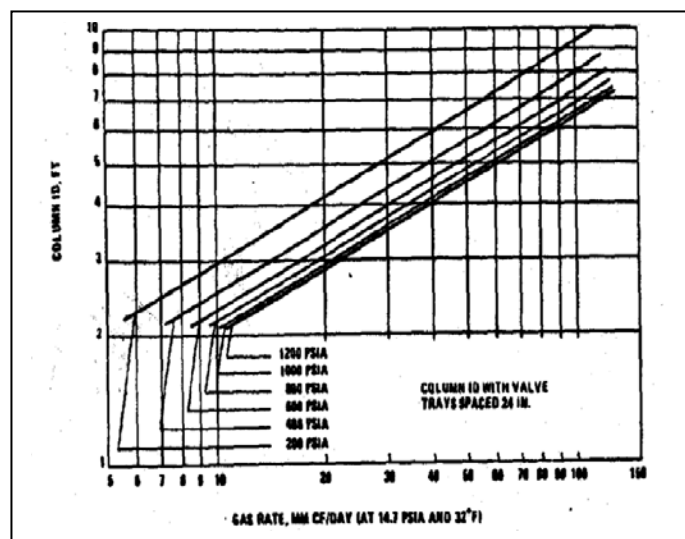
برای جداکننده های افقی با طول بیشتر از ۲۰ فوت و نسبت L/D برابر و یا کمتر از ۱/۵ مقدار C/L برابر با ۱۴۴۰ در نظر گرفته می شود. با استفاده از فرمول فوق تنها می توان مساحت مورد نیاز برای عبور گاز در برج را بدست آورد. مساحتی از برج که برای عبور جریان مایع در نظر گرفته می شود متناسب با زمان اقامت^۱ در ناودانی^۲ خواهد بود.

زمان اقامت در برجها معمولاً از مقدار ۳۰ ثانیه در هیدروکربنهای مایع سبک با خاصیت کف کنندگی پائین تا حداکثر ۱۰ تا ۱۱ ثانیه برای مایعات کف کننده زیاد نظیر آمین و یا گلایکول در نظر گرفته می شود. تصمیم نهائی در انتخاب مقدار زمان اقامت برای مایعات مختلف در برجها در کار طراحی، می تواند بعهد مهندس طراح برج که آن هم متأثر از نتیجه تجربیات عملیاتی خود خواهد بود، گرفته شود.

1. Residence time

2. Down comers

در عمل مقدار خروجی (محلول) همراه جریان گاز^۱ با نصب توری های جذب مایع^۲ مناسب در قسمت فوقانی برج بمقدار قابل توجهی کاهش می یابد. نمودارهایی برای تخمین قطر داخلی برجهای جذب در واحدهای نم زدائی گاز طبیعی با تری اتیلن گلایکول و با سینی های از نوع ولو (شیری) در دست می باشند. در نمودار (۳-۱۱) یک نمونه از این نمودارها برای برجهای با فاصله سینی های ۲۴ اینچ نشان داده شده است. این نمودار بر مبنای درجه حرارت ثابت ورودی گاز معادل با ۴۹ درجه سانتیگراد (۱۲۰ درجه فارنهایت) ترسیم گردیده است، در هر حال در فشارهای تا حداکثر ۱۲۰۰ پوند بر اینچ مربع (۸۲/۸ بار) مشاهده شده است که تغییر درجه حرارت گاز، اثر جزئی در ابعاد برج دارد. ابعاد برج محاسبه شده از طریق این نمودار بر اساس دبی گاز معادل (۰.۷۰٪) هفتاد درصد دبی گازی که ایجاد پدیده طغیان^۳ در برج می نماید، بدست می آید.



نمودار ۳-۱۱ تغییرات میزان گاز بر حسب قطر برج جذب

1. Carry Over
2. Mist eliminator
3. Flooding

عملکرد مخزن انبساط^۱

نصب مخزن انبساط در مسیر گلايکول آلوده می تواند هیدروکربنهای گازی را قبل از اینکه وارد برج احیاء شوند، جدا نماید. هیدروکربنهای گازی می توانند باعث شکستن پکینگ های سرامیکی و هرزرفت گلايکول در برج احیاء شوند از این هیدروکربنهای گازی می توان بعنوان سوخت ریویلر و یا گاز عریان ساز در ریویلر استفاده کرد. اما طبق طراحی، اندازه مخزن مذکور، بر اساس میزان زمان ایستایی طراحی می شود، معمولاً جدا کننده دو فازی با زمان ایستایی حدود بیست دقیقه برای این کار مناسب می باشد. در واقع این مخزن یک سپراتور سه فازی است که می تواند هیدروکربن، مخلوط آب و گلايکول و گاز را به نحو مناسبی از یکدیگر جدا نماید، باید توجه داشت که دمای ورودی به این مخزن نقش تعیین کننده در مدت زمان لازم برای جداسازی هیدروکربن های محلول در فاز آبی دارد، دمای بیشتر بطور معمول به جداسازی آسان تر هیدروکربونها کمک می کند و امولسیون بوجود آمده را در جهت کاهش پایداری سوق می دهد.

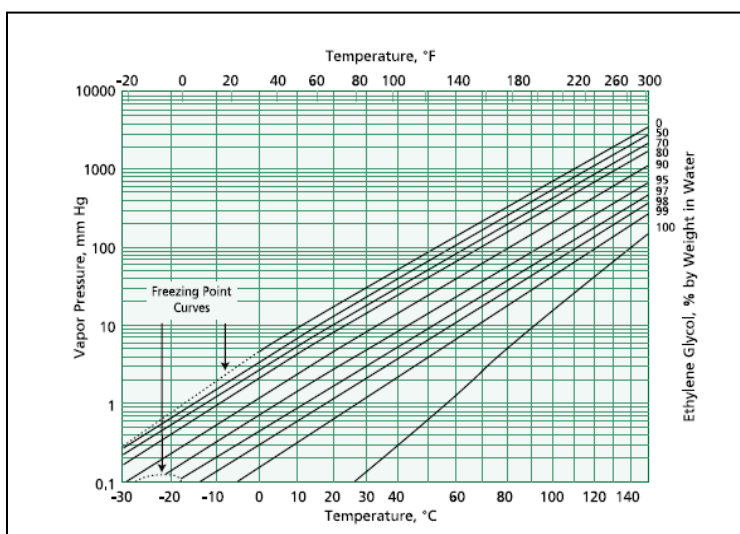
اصول طراحی و بهره برداری سیستم احیاء گلايکول

احیاء دی اتیلن گلايکول و یا تری اتیلن گلايکول، عموماً نیاز به واحد تقطیر ساده ای از مخلوط آب و گلايکول دارد، چون این دو جزء (آب و گلايکول) دارای نقطه جوش متفاوت و فاصله درجه حرارت های زیاد از هم بوده و تولید ایزوتروپ نمی نمایند. تنها مشکل عملیاتی در این مورد ، امکان تجزیه گلايکول در سیستم های احیاء با درجه حرارت خیلی بالا می باشد.

درجه حرارت احیاء توصیه شده برای دی اتیلن گلايکول (DEG) حدود ۳۴۰ درجه فارنهایت (۱۷۱ درجه سانتیگراد) و برای تری اتیلن گلايکول (TEG) حدود ۳۷۵ درجه فارنهایت (۱۹۰ درجه سانتیگراد) می باشد. هر چند در برخی تاسیسات عملیاتی درجه حرارتهای احیاء بالاتری در سیستم احیاء تجربه گردیده و گزارش شده اند . بعنوان مثال ریویلرها در سیستم های احیاء تری اتیلن گلايکول (TEG) با موفقیت تا ۴۰۰ درجه فارنهایت (۲۰۴ درجه سانتیگراد) مورد بهره برداری قرار گرفته اند (هم اینک در مجتمع پارس جنوبی از این دما برای احیاء TEG استفاده می شود). برای فائق آمدن بر مشکل محدودیت درجه حرارت و در مواقعی که گلايکول خیلی غلیظ مورد نیاز عملیات باشد، دستگاه فرآورشی تقطیر ممکن است با بکارگرفتن سیستم خلاء و یا با استفاده از گاز عریان ساز خنثی^۲ تحت تغییر قرار گیرد. همانگونه که ذکر شد، بعلاوه اختلاف زیاد دما بین نقطه جوش آب با نقطه جوش دی اتیلن گلايکول و تری اتیلن گلايکول، جدا کردن آب از گلايکول خیلی ساده بوده و تنها نیاز به برج احیاء با ارتفاع کم دارد . تعداد سینی های تئوری مورد نیاز برای جدا سازی آب از گلايکول با استفاده از روش های محاسباتی معتبر حدود ۲ یا ۳ سینی برآورد می شود که یکی از آنها در همان دستگاه

1. Flash drum
2. Inert stripping gas

ریبویلر می تواند باشد. ارتفاع برج احیاء معمولاً بر پایه تجربه انتخاب می شود ، چون مقدار بخار و فاز مایع خیلی کم بوده و انتخاب اندازه برج براحتی صورت می گیرد. در سیستم های احیاء گلیکول که از ریبویلرهایی با نوع کتری^۱ استفاده می شود در محاسبات فرض می گردد که حالت تعادل در داخل ریبویلر برقرار می شود، رابطه بین فشار و درجه حرارت تعادل از نمودارهای شماره (۱۲-۳) و یا (۱۳-۳) قابل برآورد می باشد. مقدار فشار بخار اعلام شده در این نمودارها معادل فشار بخار کلی آب و گلیکول می باشد که چنانکه گاز عریان ساز مورد استفاده قرار نگرفته باشد، معادل فشار کل ریبویلر خواهد بود.

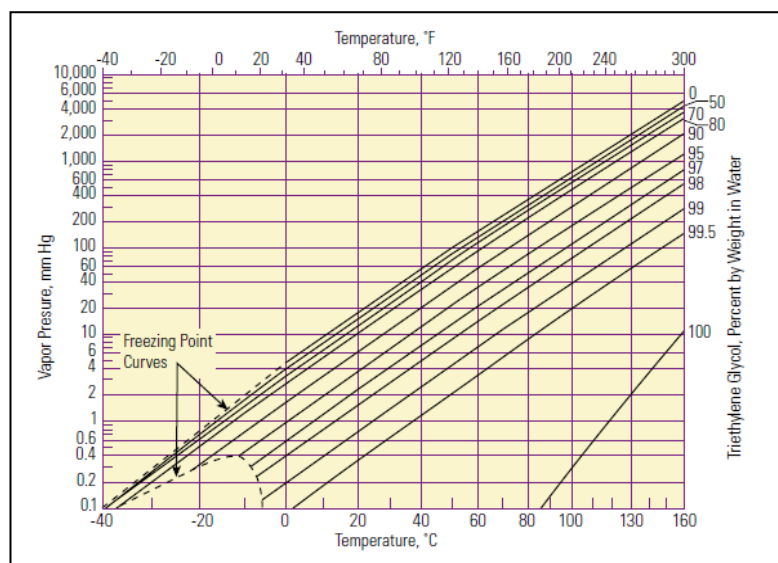


نمودار ۱۲-۳ رابطه بین دما و فشار بخار در درصد های مختلف گلیکول

در مواردیکه گاز عریان ساز در سرویس قرار گیرد. باید فشار جزئی گاز خنثی بکار گرفته شده از فشار کل ریبویلر کم شود، تا فشار بخار محلول گلیکول برای به کار بردن در نمودارهای یاد شده بدست آید. در واحدهای کوچک، گلیکول برج احیاء معمولاً بطور قائم بر بالای ریبویلر نصب شده و داخل برج با پرکننده هایی مانند راشینگ رینگ^۲ بصورت نامنظم انباشته می شود. انباشته نمودن برج در ارتفاع ۶ تا ۱۵ فوت و با رینگ های تماس یک اینچ، کار متداولی است. در واحدهای بزرگ گلیکول که در آنها برج های احیاء با قطر ۲۴ اینچ و بیشتر مورد نیاز می باشند، برج هایی با سینی های فنجانکی^۳ مورد استفاده قرار می گیرند. تعداد سینی های واقعی بکار گرفته شده در واحدهای تجارتي و با لوله ورودی

1. Kettle type
2. Rashing ring
3. Bubble cap

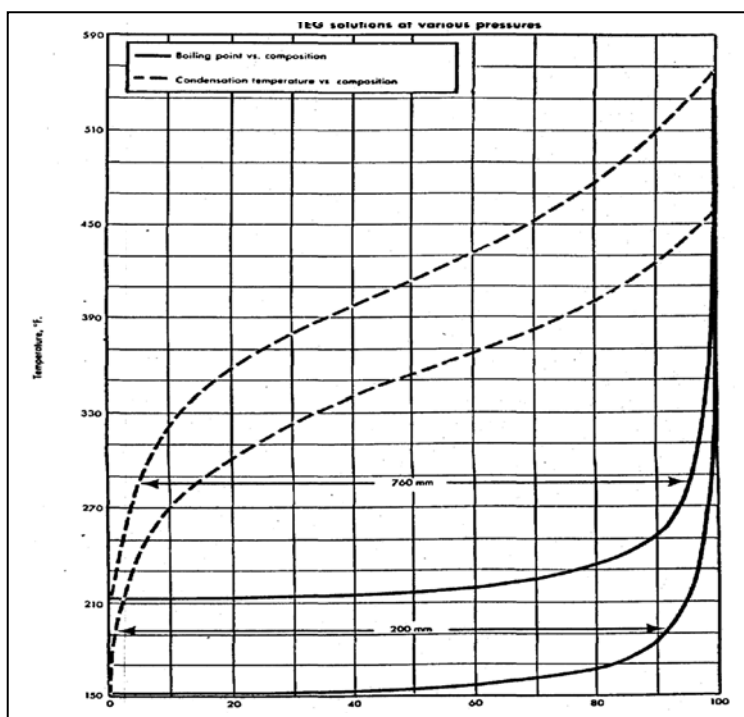
گلایکول کمی پائین تر از وسط برج معمولاً ما بین سینی ۱۰ تا ۲۰ می باشند. تعداد سینی های مازاد و چشمگیر اشاره شده برای جلوگیری از هدر رفتن گلایکول با بخار آب می باشد.



نمودار ۱۳-۳ رابطه بین دما و فشار بخار در درصد های مختلف تری اتیلن گلایکول

بعلت اینکه سینی های نیمه بالای برج احیاء با مقدار مایع خیلی کم سروکار دارند باید نهایت دقت بعمل آید تا سینی های بطور کامل آب بندی شده و سوراخهای افشان آنها بطور کافی ریز باشند، تا از تخلیه مایع از آنها در حین عملیات جلوگیری بعمل آید. جریان رفلاکس به قسمت بالای برج احیاء به چند صورت ممکن است تعبیه گردد. راحت ترین روش، شاید این باشد که کویل خنک کننده فین دار در قسمت بالای برج نصب گردد تا بخارات تقطیر شده بصورت رفلاکس به داخل برج بازگردند. سیستم یاد شده در واحدهای احیاء کوچک متعددی مورد استفاده قرار گرفته اما کنترل آن در شرایط آب و هوای متغیر مشکل می باشد. می توان از کندانسور با تیوب باندل که با استفاده از آب خنک می شود در قسمت بالای برج و با بازگشت مایع تقطیر شده با استفاده از نیروی ثقل استفاده نموده و یا اینکه با جا سازی و نصب مبدل آبی یاد شده در بیرون از برج از پمپ رفلاکس برای برقراری جریان رفلاکس استفاده نمود. این سیستم برای واحدهای بزرگ کنترل عملیاتی دقیقی را به ارمغان می آورد ولیکن برای پاره ای از تأسیسات بطور غیر ضروری پر هزینه می باشد.

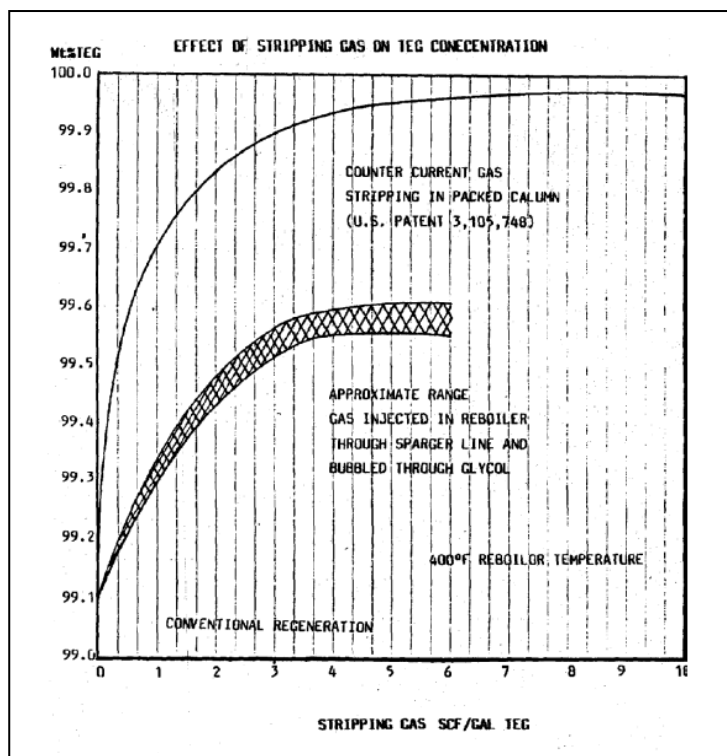
برای صرفه جوئی می توان با تصفیه آب مقطر و یا آب تصفیه شده به سینی فوقانی برج امکانات رفلاکس را برقرار نمود. مشکل اصلی این روش امکان وارد شدن نمک ها توسط آب تصفیه شده به سیستم می باشد و بعلت نیاز به مقدار جریان برگشتی خیلی کم به کنترل دقیق نیاز خواهد داشت.



نمودار ۳-۱۴ وابستگی غلظت گلیکول احیاء شده به دمای احیاء در ریپویلرها

دیگرام ترکیب بخار به مایع برای آب و گلیکول در فشارهای کل ۲۰۰ و ۷۶۰ و ۱۵۲۰ میلیمتر جیوه که ممکن است برای طراحی سیستم های احیاء در خلاء مورد استفاده قرار گیرند در نمودار (۳-۱۴) آورده شده اند. تری اتیلن گلیکول بعنوان مایع جاذب الرطوبه در مواردی که مقدار بیشتری از افت نقطه شبنم مورد نظر باشد بر سایر گلیکول ها ترجیح داده می شود. دلیل اصلی برای این انتخاب پایداری زیاد آن در مقابل درجه حرارتهای بالاتر سیستم احیاء می باشد. همچنین تری اتیلن گلیکول (TEG) در غلظت وزنی برابر با دی اتیلن گلیکول (DEG) افت نقطه شبنم بیشتری ایجاد می نماید. امتیاز عمده دی اتیلن گلیکول تنها در قیمت پائین آن می باشد.

اثر گاز عریان ساز در کاهش مقدار آب تری اتیلن گلیکول در نمودار شماره (۳-۱۵) آمده است، نتیجه نشان می دهد که گلیکول احیاء شده با غلظت ۹/۹۹ درصد (وزنی) از تری اتیلن گلیکول می تواند با بکاربردن درجه حرارت احیاء ۴۰۰ درجه فارنهایت (۲۰۴ درجه سانتیگراد) در ریپویلر و با استفاده از گاز عریان ساز با دبی چهار فوت مکعب برای هر گالن گلیکول در یک برج تماس جریان معکوس مستقل، بدست آید.



نمودار ۳-۱۵ اثر گاز عربان ساز بر روی احیای تری اتیلن گلیکول

نقطه شبنم گاز در حال تعادل با چنین گلیکول (۹۹/۹٪ تری اتیلن گلیکول) در درجه حرارت تماس ۱۰۰ درجه فارنهایت (۳۷/۸ درجه سانتیگراد) برابر با ۴۴ درجه فارنهایت (۶/۷ درجه سانتیگراد) می باشد. در هر صورت چنین افت نقطه شبنمی در واحدهای تجارتي قابل دسترسی نمی باشد. گرمای مورد نیاز ریبویلرها معمولاً با سوزاندن مستقیم گاز طبیعی در داخل تیوبهای ریبویلر و یا با عبور بخار از آنها تامین می شود. جریان روغن و گرمای بازیافتی از سایر منابع حرارتي نیز ممکن است مورد استفاده قرار گیرند. مشخصات و اطلاعات عملیاتی شش واحد مختلف نم زدائی با گلیکول در جدول (۳-۳) در زیر آورده شده است. در ادامه خواهیم دید که واحدها دارای محدوده های عملیاتی گسترده ای می باشند و افت نقاط شبنم از دمای ۴۰ درجه فارنهایت (۲۲/۲ درجه سانتیگراد) تا ۷۷ درجه فارنهایت (۴۳ درجه سانتیگراد) را شامل می شود. این ارقام بیانگر افت نقاط شبنم بعنوان نمونه عملیاتی بوده ولی نشان دهنده حداکثر مقداری که ممکن است برای افت نقطه شبنم پیش بیاید، نیستند.

جدول ۳-۳ مشخصات و اطلاعات عملیاتی واحدهای مختلف نم زدایی با گلیکول

Glycol Dehydration Plant Operating						
Plant						Plant variable
F(7)	E(7)	D(7)	C(28)	B(27)	A(25,26)	
130	73.5	70	10.8	60	*50	Gas rate MMSCF/DAY
450	720	375	385	750	1000	Absorber pressure ,psig
H ₂	Nat	Nat	Nat	Nat	Nat	Type of gas
11.7	15.6	11.2	2.27	6	16-May	Solution rate ,gpm
DEG	DEG	DEG	TEG	DEG	DEG	Glycol used
97.8	97.6	97.6	98.25	96	95	Lean sol Cone %glycol
-	96.5	95.6	96.05	90	90	Rich sol Cone %glycol
-	-	-	36	36	50	Diameter , in
-	-	-	12 ft 6 in	28ft	33ft7in	Height
5	7	6	4	4	4	No of trays
-	-	-	12%	18	26	Diameter , in
-	-	-	6 ft 6 in	35ft	29ft10in	Height
-	-	-	Rings	15	20	No of trays
-	-	-	Rings	-	15	Feed tray
310	290	273	352	310	-	Temp °F
7.7	7.4	4.9	Atm	20	Atm	Pressure Pisa
B ₂	B ₄	64	55	50-68	78	Temp of feed gas °F
B ₂	88	70	-	-	-	Temp of product gas °F
-	9	2	-4	+10,+15	38	Dew point of product gas °F
-	77	68	59	50.53	40	Dew point of depression °F
0.48	0.28	0.21	-	-	-	Glycol loss lb/MMSCF
*Rate to each of three absorbers Depression based on feed gas temperature if product –gas not given						

علاوه بر نمونه های مندرج در جدول (۳-۳) نمونه واحدهایی ثبت شده اند که دارای افت نقطه شبنم ۸۵ درجه فارنهایت (۴۷ درجه سانتیگراد) تا ۱۰۰ درجه فارنهایت (۵۶ درجه سانتیگراد) را بوده اند. بعنوان مثال در یک واحد نمونه که با دی اتیلن گلیکول کار می کند، واحد احیاء در شرایط خلاء ۱۷۵ میلیمتر جیوه کار کرده و دارای برج جذب با ۸ سری سینی بوده و دبی گلیکول در گردش معادل ۵ گالن گلیکول برای جذب یک پوند آب می باشد.

درجه حرارت ریویولرهای واحدهای مشخص شده در جدول (۳-۳) کمتر از مقدار حداکثر مجاز می باشند ، ولی درجه حرارت های بالاتر از این برای ریویولرها چندان غیر معمول نمی باشد. در کتابچه های عملیاتی ، مشخصات شش واحد نم زدائی که با تری اتیلن گلیکول کار می کنند آورده شده اند. ریویولر چهار واحد در درجه حرارت ۳۵۰ درجه فارنهایت (۱۷۲ درجه سانتیگراد) و یا بالاتر و ریویولر یک واحد از آنها در درجه حرارت ۳۸۷ درجه فارنهایت (۱۹۶ درجه سانتیگراد) مورد بهره برداری قرار گرفته است . این واحد افت نقطه شبنم از ۵۷ درجه فارنهایت (۳۲ درجه سانتیگراد) تا ۷۳ درجه فارنهایت (۴۱ درجه سانتیگراد) را بدون نیاز به سیستم احیاء در خلاء بدست آمده است . تجربه نشان داده است که با واحد های نم زدائی با تری اتیلن گلیکول که با درجه حرارت ریویولر ۴۰۰ درجه فارنهایت (۲۰۴ درجه سانتیگراد) کار می کنند ، هیچگونه علائم قابل اندازه گیری ناشی از تجزیه و خرابی تری اتیلن گلیکول در آنها مشاهده نشده است . کاهش نقطه شبنم بیش از ۱۰۰ درجه فارنهایت (۵۶ درجه سانتیگراد) برای این واحدها تجربه و اعلام شده است .

موضوع هرزروی گلیکول^۱ یکی از مهمترین مشکلات بهره برداری از واحدهای نم زدائی با گلیکول می باشد . مقدار زیادی از این هرز رفت در اثر همراهی ذرات گلیکول با جریان گاز خروجی و یا عبور محلول گلیکول با گاز محصول می باشد، مقدار جزئی از گلیکول نیز در مسیر گاز تبخیر شده و مقدار کمی از آن همراه بخارات از سیستم احیاء به هدر رفته و برخی نشستی ها در سیستمهای دیگر نیز از عوامل هرزرفت گلیکول می توانند باشند. با بهره برداری مناسب از واحد گلیکول می توان مقدار کل هرزرفت گلیکول را به زیر مقدار نیم پوند برای هر میلیون فوت مکعب استاندارد گاز تثبیت کرد ، در هر صورت هرزرفت بمقدار یک پوند بر میلیون استاندارد فوت مکعب در بعضی موارد عملیاتی قابل قبول و مناسب خواهد بود.

چون هرزرفت عمده گلیکول از طریق همراهی گلیکول با گازهای خروجی می باشد ، لذا هر نوع تدابیر عملیاتی که این نوع هرزرفت را کاهش دهد، هزینه های عملیاتی واحد گلیکول را بمقدار قابل توجهی تقلیل خواهد داد. مقدار زیاد از هرزرفت گلیکول بعلت ایجاد کف در برج جذب و هرزروی آن با گازهای محصول خروجی از برج می باشد. ایجاد کف در برج جذب ممکن است در اثر آلودگی گلیکول با هیدروکربنها ، ذرات ریز و یا آب نمک همراه گاز ورودی ایجاد شود. لذا از نقطه نظر طراحی و عملیاتی لازم است که گازها قبل از ورود به برج جذب از جداکننده های مناسب عبور داده شوند. به جهت

1. Glycol loss

جلوگیری از ایجاد کف، مواد ضدکف به سیستم تزریق می شود که مصرف ماده تری اوکتیل فسفات^۱ یک نمونه از این مواد می باشد. در یک نمونه واحد گلايکول با مصرف ماده ضدکف در مقدار ۵۰۰ ppm مقدار هرزرفت گلايکول از ۱۵ پوند بر میلیون استاندارد مکعب به کمتر از ۰/۵ پوند بر میلیون استاندارد مکعب کاهش داده شده است. با بکاربردن توری های فلزی مناسب بعد از برج جذب می توان مقدار زیادی از گلايکول همراه گاز را بازیافت نمود. توری های فلز در این خصوص، سرویس دهی مناسبی داشته اند. شرایط خاص عملیاتی در تاسیسات سرچاهی هرزروی گلايکول در مواردی افزایش یافته است که چاههای خارج از سرویس در مدار قرار گرفته و یا سیستم کنترل ته رفت مایعات در جدا کننده ها از سرویس خارج گردیده اند.

با انجام تغییراتی در جدا کننده های ورودی از طریق ایجاد کویل گلايکول داغ در داخل جدا کننده ها بمنظور جلوگیری از یخ زدگی در آنها ، مشکلات عملیاتی در آنها را بمقدار زیادی کاهش دهند . این عمل از یخ زدن آب آزاد در جداکننده ها در فصل سرما جلوگیری بعمل آورده در شکستن امولسیون سنگین چسبیده روغنی که از برخی چاهها تولید می شود موثر، باشد.

در بخش های قبلی توضیحات عملیاتی کافی در مورد سیستم های احیاء گلايکول در فشار اتمسفریک، در خلاء و با استفاده از گازهای عریان ساز و نحوه عملکرد برج احیاء و درجه حرارت ریویولر داده شد. درجه حرارت کندانسور در بالای برج احیاء بستگی به مقدار مایع برگشتی (رفلاکس) دارد و درجه حرارت کندانسور معمولاً در محدوده ۱۲۰ درجه سانتیگراد نگهداری می شود. اهمیت درجه حرارت کندانسور در بالای برج احیاء از آن جهت می باشد که اگر درجه حرارت کندانسور در بالای برج احیاء از حد نرمال کمتر و یا بیشتر باشد مقدار هرزرفت گلايکول توسط بخار آب می تواند به میزان زیادی افزایش یابد. اگر درجه حرارت کندانسور خیلی پائین باشد، بخار آب تقطیر شده و به طرف برج احیاء سرازیر شده و باعث طغیان در آکنه های آب شده و ضمن لبریز شدن دریویولر باعث ازدیاد فشار آن گشته و نهایتاً آب و گلايکول را از بالای برج احیاء به محیط می فرستد. اگر درجه حرارت کندانسور خیلی بالا باشد هرزرفت گلايکول با بخار آب افزایش خواهد یافت.

بعنوان مثال چگونه ممکن است گلايکول احیاء شده ای دارای ۸٪ تا ۹٪ آب باشد در صورتیکه درجه حرارت ریویولر در سیستم ۱۹۹ درجه سانتیگراد نگهداری شود، در این صورت بایستی دماسنج ریویولر باید با استفاده از ترمومتر دقیق بازرسی و چک شود. در خیلی موارد دماسنج نامناسب نصب شده در ریویولر ارقام اشتباه را نشان می دهند که لازم است بررسی شوند. اگر درجه حرارت ۱۹۹ درجه سانتیگراد صحیح بود، باید سراغ سایر منابع ورود آب به گلايکول تصفیه شده رفت. برای مثال اگر مبدل حرارتی گلايکول به گلايکول در آکمیولاتور^۲ قرار داشته باشد ، برای نشستی ناشی از خوردگی باید مورد بازرسی قرار گیرد.

1. Tri octyl phosphate
2. Accumulator

بهر حال ممکن است بدلائل متعددی گلايکول در ريبويلر جمع شده و از جريان يافتن آن به آکومولاتور جلوگیری نماید، این موضوع ممکن است چند علت داشته باشد:

- ✚ پدیده کف در ريبويلر وجود داشته باشد.
- ✚ لوله ارتباطی پائین رونده از ريبويلر به آکومولاتور گرفته باشد. این موضوع مخصوصاً در مواردی می تواند صحیح باشد که لوله ارتباطی با آکنه انباشته شده و گاز عریان ساز نیز در آن جريان باشد. پکینک انباشته شده عاملی برای گرفتگی می شود.
- ✚ گاز عریان ساز بیش از اندازه باعث ایجاد تلاطم و طغیان در ريبويلر گردد.
- ✚ اگر از گاز شیرین برای جلوگیری از اکسیداسیون گلايکول در آکومولاتور استفاده می شود، لوله خروجی گاز ممکن است بطور نامناسبی نصب شده باشد.
- ✚ در بیشتر مواقع آکومولاتور به هوا تخلیه می شود، مخصوصاً در مواردیکه گاز شیرین برای جلوگیری از اکسیداسیون مورد مصرف قرار بگیرد، ممکن است لوله تخلیه به هوا گرفته باشد.
- ✚ ممکن است بعلت از کار افتادن و یا خرابی پمپ، گلابکول از گردش باز ایستاده باشد.

محدوده های داغ شده^۱ در ريبويلر را می توان شناسایی با خاموش کردن مشعل ريبويلر در شب و یا نگاه کردن به داخل تیوبها از طرف جعبه آتش و بارزسی آنها می توان محدوده های داغ شده را شناسایی کرد . نور درخشان قرمز رنگ نشانگر محدوده های داغ شده می باشند که آلودگی ها و مواد زائد در آنها جمع شده اند. باید توجه داشت که محدوده های داغ ایجاد شده علاوه بر تجزیه گلايکول مشکلات عملیاتی دیگری نیز ایجاد خواهند کرد که گاهی اوقات، انتقال حرارت کم شده و احتمال سوختن و پاره شدن تیوب بوجود می آید. مواد زائد و کثیفی ها گاهی اوقات لایه ای به ضخامت تا ۳۰ سانتی متر نیز بوجود می آورند . موقع نصب ريبويلر باید دقت کافی به عمل آید تا مطمئن بوده که کار نصب به صورت دقیق در سطح افقی انجام گیرد. نصب ريبويلر به صورت غیر افقی و مایل باعث سوختن و پاره شدن تیوبهای ريبويلر می شود .

کنترل سیستم های گلايکول

در درجه حرارت ثابت، مقدار آب موجود در گلابکول با کاهش مقدار فشار افزایش می یابد. در جريان حجمی ثابت، استاندارد سرعت گاز در برج جذب با کاهش فشار افزایش می یابد. سرعت خیلی زیاد گاز، باعث هرزرفت گلايکول و بروز مشکلات عملیاتی در سیستم نم زدائی می شود. کیفیت نم زدائی در درجه اول بستگی به مقدار آبی دارد که در واحد ريبويلر از گلابکول گرفته می شود. هرچه گلابکول احیاء شده و ارسالی به برج جذب تمیزتر باشد، برج جذب به همان اندازه موثرتر عمل خواهد کرد. بعنوان مثال در درجه حرارت برج جذب معادل با ۳۵ درجه سانتیگراد گلابکول با درجه خلوص ۹۹ درصد ، گاز

1. Hot spots

با نقطه شبنم برابر با ۱۸ - درجه سانتیگراد تولید می کند در صورتیکه با درجه خلوص ۹۵ درصد، گاز تولیدی دارای نقطه شبنم برابر با ۶ درجه سانتیگراد (در صورت ایجاد تعادل عملیاتی) خواهد بود. نم زدائی با کیفیت خیلی خوب، بستگی به تعداد سینی های موجود در برج جذب و میزان گلایکول در گردش، دارد. برای برج های جذب با ۴ عدد سینی حدود ۳ گالن گلایکول برای هر پوند آبی که باید جذب شود مورد نیاز می باشد. خیلی از واحدها سیستم اندازه گیری دبی گلایکول ندارند. در پمپهای رفت و برگشتی با شمارش تعداد هنگامه پمپ (تعداد ضربه در دقیقه) و با استفاده از چارت پمپ می توان دبی گلایکول را محاسبه نمود. در پمپ های دورانی برای اندازه گیری دبی می توان شیر گلایکول خروجی از برج جذب را بسته نگهداشته و ارتفاع بالا آمده از برج را توسط گلایکول، در مدت زمان مشخص اندازه گیری نمود. با ضرب نمودن ارتفاع اندازه گیری شده در قطر داخلی برج، حجم گلایکول در گردش در مدت زمان مشخص بدست خواهد آمد. چنانچه گلایکول در گردش زیاد شود، با اضافه شدن بار ریویلر، از احیاء کامل گلایکول جلوگیری بعمل می آید. همچنین از تماس کافی گلایکول و گاز جلوگیری بعمل آمده و مشکلات تعمیراتی پمپ گلایکول افزایش می یابد. نتیجه نهائی ممکن است کار نم زدائی با کیفیت پائین و هرزرفت زیاد گلایکول باشد. فشار ریویلر توسط سیستم ابزار دقیق تحت نظارت و کنترل قرار می گیرد، این کار از جنبه ایمنی کار اهمیت داشته و باعث صرفه جویی در مصرف گلایکول می شود. معمولاً ریویلر در فشار اتمسفریک کار می کند. اگر فشار ریویلر در هر حال افزایش باشد هرزرفت گلایکول زیاد خواهد شد. برای جلوگیری از تجزیه گلایکول (TEG) حداکثر درجه حرارت ریویلر باید برابر با ۲۰۴ درجه سانتیگراد باشد. هر چند ممکن است ریویلر خوب طراحی شده و به درستی مورد بهره برداری قرار گیرد، اما باز هم امکان تجزیه گلایکول وجود دارد چون محدوده های خیلی داغ که توسط آلودگی در سطح تیوبهای ریویلرهای آتش سوز بوجود می آیند، باعث تجزیه گلایکول می گردند.

مقدار pH مناسب برابر با ۷/۳ و حداکثر مقدار pH برابر با ۸/۵ می تواند باشد. گلایکول با pH بیشتر، هیدروکربونهای موجود را صابونی نموده و باعث ایجاد کف در سیستم می شود. در برخی موارد برای پائین آوردن pH، اسید استیک و یا سرکه به گلایکول اضافه می کنند. این روش بعلت اینکه ممکن است باعث واکنش های جانبی شود، توصیه نمی شود.

برای بالا بردن pH گلایکول می توان از موادی نظیر تری اتانول آمین، براکس یا NACAP که معمولاً سه ماده شناخته شده خنثی کننده می باشند، استفاده نمود. باید توجه داشت که برای افزایش مقدار pH مقدار مشخصی از مواد خنثی کننده می توان به آن اضافه کرد برای این کار، با استفاده از روش شیمیایی، تیتراسیون انجام داده، و می توان مقدار دقیق ماده خنثی کننده مورد نیاز را مشخص نمود. در مواردیکه امکان تیتراسیون وجود نداشته باشد، مقدار یک چهارم پوند از تری اتانول آمین در هر یکصد گالن می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

گاهی اوقات ممکن است المنت های فیلتر گلایکول نیاز به تعویض مکرر داشته باشد، در این صورت آنالیز کردن گلایکول کمک زیادی به عملیات خواهد کرد، آنالیز نمودن کامل گلایکول در حل مسائل هرزرفت زیاد گلایکول، ایجاد کف، خوردگی و می تواند کمک موثری بنماید. نتیجه آنالیز می تواند

اپراتور واحد را قادر سازد تا کارایی سیستم را ارزیابی نموده و با تغییرات در پارامترهایی ، بهره دهی سیستم نم زدائی را به حداکثر مقدار خود برساند.

پیشتر گفتیم مقدار گلیکول در گردش را می توان اینگونه محاسبه نمود، در سیستم با برج جذب دارای ۴ عدد سینی گردش حدود سه پوند گلیکول برای جذب هر پوند آب، کیفیت نم زدائی مناسبی را ارائه می دهد. بعنوان نمونه گاز اشباع از آب در فشار ۶۹ بار و درجه حرارت ۲۷ درجه سانتیگراد وارد سیستم نم زدائی می شود. مطابق نمودار های موجود، مقدار آب موجود در هر یک میلیون استاندارد فوت مکعب گاز برابر با ۳۴ پوند می باشد. اگر مقدار آب گاز خروجی چهار پوند در هر میلیون استاندارد فوت مکعب گاز باشد، مقدار آب جذب شده توسط گلیکول $34 - 4 = 30$ پوند در هر میلیون استاندارد فوت مکعب گاز خواهد بود. اگر ظرفیت واحد ۳۰ میلیون استاندارد فوت مکعب در روز باشد مقدار آب جذب شده در ۲۴ ساعت برابر با $30 \times 30 = 900$ پوند می باشد، لذا مقدار گلیکول در گردش در سیستم یاد شده برابر است با :

$$900 \text{ lb Water} \times 3 \text{ Gallons of Glycol/lb Of Water} = 2700 \text{ Gal/Day} = 112.5 \text{ Gal/hr}$$

کاربرد معادله همراشمیت^۱

صرف نظر از آنکه چه نوع گلیکولی به عنوان ضدیخ مورد استفاده قرار گیرد، غلظت آن را توسط معادله همراشمیت می توان تعیین کرد.

$$D = \frac{2335W}{100M - W} \quad \text{طبق این معادله:}$$

که در آن :

$D =$ تقلیل درجه حرارت یخ زدگی به فارنهایت

$M =$ وزن مولکولی گلیکول

$W =$ درصد وزنی گلیکول در محلول نهائی گلیکول (بعد از جذب آب)

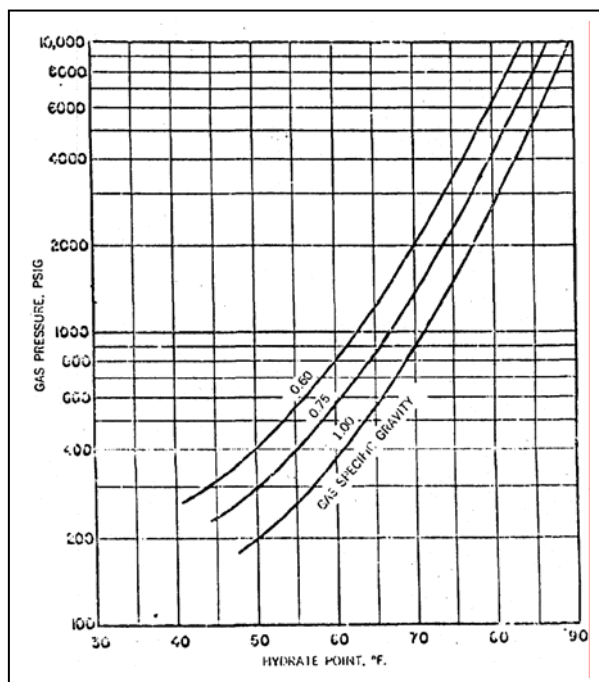
برای نشان دادن طرز استفاده از معادله همراشمیت، فرض کنیم قرار است، مقدار ۸ میلیون استاندارد فوت مکعب گاز در روز در فشار ۱۰۰۰ پوند بر اینچ مربع، (۶۹ بار) و درجه ۸۶ درجه فارنهایت (۳۰ درجه سانتیگراد) و با چگالی ۰/۷۵ ، وارد خط لوله زیرزمینی با درجه حرارت زمین حدود ۴۰ درجه فارنهایت (۴ درجه سانتیگراد) بشود مقدار گلیکول تزریقی به این گاز جهت جلوگیری از ایجاد هیدرات، اینگونه محاسبه خواهد شد:

با استفاده از نمودار شماره (۱۶-۳) نقطه یخ زدگی در گاز با چگالی ۰/۷۵ در فشار ۱۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (۶۹ بار) برابر با ۶۷ درجه فارنهایت (۱۹/۴ درجه سانتیگراد) بدست می آید. بنابراین درجه حرارت گاز در لوله زیرزمینی به مقدار ۲۷ درجه فارنهایت ($D = 67 - 40 = 27$) از نقطه یخ زدگی

1. Hammerschmidt equation

پایین تر خواهد رفت . با فرض استفاده از مونو اتیلن گلیکول با وزن ملکولی ۶۲/۱ ، می توان با استفاده از فرمول همراشمیت چنین نوشت .

$$D = \frac{2335M}{100M - MW} \quad 27F = \frac{2335M}{6210 - 62.1M}$$



نمودار ۱۶-۳ نقطه یخ زدگی گاز ها در فشارهای مختلف

در نتیجه، غلظت نهایی مونو اتیلن گلیکول، بعد از جذب آب برابر با ۴۱/۸٪ خواهد بود . با استفاده از نمودار (۳-۶) ملاحظه می شود که گاز طبیعی اشباع در درجه حرارت ۸۵ درجه فارنهایت (۳۰ درجه سانتیگراد) و ۱۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (۶۹ بار) حدود ۳۹/۱ پوند آب در هر میلیون استاندارد فوت مکعب گاز دارد . لذا مقدار آب جذب شده توسط گلیکول در هر ساعت ، پوند ۱۳ خواهد بود . فرض می شود که غلظت اولیه گلیکول ۶۷٪ وزنی باشد لذا مقدار گلیکول با غلظت تزریق ۶۷٪ به منظور جذب تمام آنها که نهایتاً تا غلظت ۴۱/۸٪ رقیق می شود ، اینگونه محاسبه می گردد:

$$X = ۶۷\% \text{ مقدار پوند گلیکول تزریقی با غلظت}$$

$$Y = ۴۱/۸\% \text{ مقدار کل گلیکول باز یافت شده با غلظت}$$

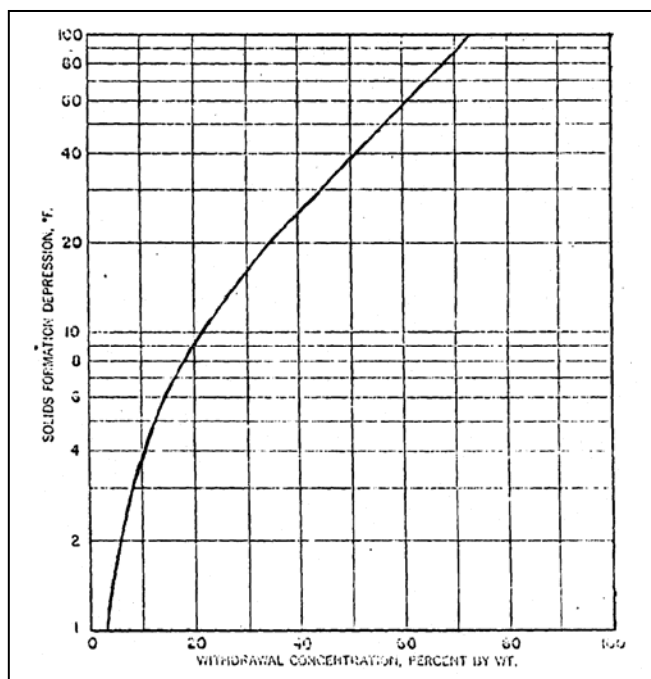
مقدار آبی که بر حسب پوند جذب می شود ۱۳ پوند بر ساعت

مقدار گلايکول مورد نیاز برای جذب هر پوند چنین بر آورد می شود :

$$1 + 0.33 X = 0.582 Y \quad \text{موازنه وزنی آب}$$

$$0.67 X = 0.418 Y \quad \text{موازنه وزنی گلايکول}$$

با حل معادله میزان گلايکول بازیافتی با غلظت ۴۱/۸٪ به میزان ۲/۶۶، برابر مقدار متوسط پوند گلايکول با غلظت ۶۷٪ تزریقی به میزان ۱/۶۶، یعنی برای جذب هر پوند آب موجود در گاز مقدار ۱/۶۶ پوند گلايکول ۶۷٪ باید تزریق شود. چون مقدار آب موجود در جریان گاز برابر ۱۳ پوند در ساعت است، لذا در هر ساعت $21/6 = 1/66 \times 13$ پوند گلايکول با غلظت ۶۷٪ باید به جریان گاز تزریق شود، تا گاز مورد نظر در درجه حرارت ۴۰ درجه فارنهایت (۴ درجه سانتیگراد) در لوله زیرزمینی یخ نزند با استفاده از معادله همراشمیت نمودار شماره (۱۷-۳) بنا گردیده که برای حل مسائل فرآورشی تزریق مونو اتیلن گلايکول در گاز مورد استفاده و استناد قرار می گیرد. به عنوان مثال اگر بخواهیم نقطه یخ زدگی را ۲۷ درجه فارنهایت (۱۵ درجه سانتیگراد) پایین بیاوریم از روی منحنی یاد شده غلظت گلايکول خروجی حدود ۴۲٪ وزنی بدست می آید، که با نتیجه محاسبات فوق مطابقت دارد.

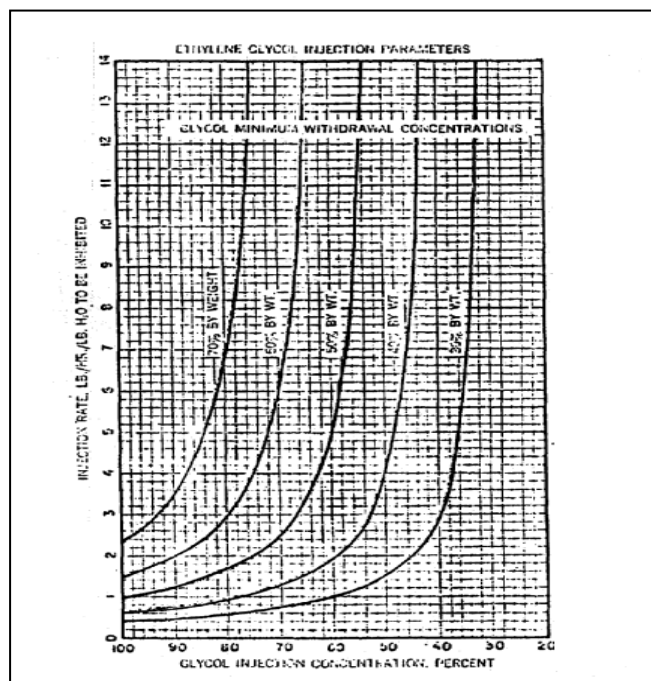


نمودار ۱۷-۳ کاهش نقطه تشکیل هیدرات با تزریق غلظت های مختلف MEG

با داشتن اطلاعات فوق الذکر و مقدار غلظت گلايکول تزریقی می توان دبی گلايکول تزریقی را از نمودار شماره (۱۸-۳) مشخص نمود. بعنوان مثال اگر غلظت گلايکول تزریقی ۶۰٪ باشد به طور قائم به طرف

بالا حرکت کرده تا منحنی ۴۲٪ قطع شود سپس از نقطه تقاطع خطی به طور افقی کشیده می شود تا محور قائم مشخصات را در نقطه ۲/۲۵ که نشان دهنده تزریق ۲/۲۵ پوند گلیکول با غلظت ۶۰٪ برای جذب هر پوند آب موجود در گاز می باشد، قطع نماید.

نکته مهم این است که دمای کریستالیزه شدن گلیکول تزریقی باید به اندازه کافی از نقطه ایجاد هیدرات پائین تر باشد. معمولاً ترجیح داده می شود که گلیکول با غلظت بین ۶۰ تا ۸۰٪ استفاده شود زیرا که در این محدوده غلظت، محلول گلیکول حتی در درجه حرارت‌های خیلی پائین کریستاله نمی شود. با توجه به میزان گلیکول تزریقی به سیستم و غلظت گلیکول خروجی از سیستم، مقدار دبی تغییر می یابد.



نمودار ۱۸-۳ وابستگی غلظت و دبی گلیکول تزریقی

نگهداری سیستم گلايکول

مطالعات آزمایشگاهی لزوم کنترل pH گلايکول را معلوم می سازد. pH گلايکول را باید تا حدودی در محدودهٔ قليائی یعنی بین ۷ تا ۸/۵ نگهداشت. در pH های پائین تر از ۵/۵ اتواکسیداسیون^۱ گلايکول صورت می گیرد که باعث تشکیل پراکسید، آلدئید و اسیدهای عالی نظیر اسید فرمیک و اسید استیک می گردد. این اسیدها همراه گازهای اسیدی که با گاز ورودی به سیستم وارد می شده و (H₂S, CO₂) باعث خوردگی شدید دستگاهها می شوند. برای جلوگیری از این پدیده بایستی به اندازه کافی موادی که باعث بالا رفتن pH تا حدود ۷ تا ۸/۵ می شوند به گلايکول اضافه کرد. اضافه نمودن آلکانول آمین ها بنا به دلایل زیر، بسیار مناسب می باشند:

✚ حلالیت آمین در گلايکول بستگی به مقدار آب موجود در گلايکول ندارد (مستقل از غلظت گلايکول است)

✚ فعل و انفعال بین گازهای اسیدی و آمین برگشت پذیر است و در نتیجه آمین در موقع تغلیظ گلايکول با از دست دادن اسیدهای ترکیب شده با خود، دوباره به سیستم بر می گردد.

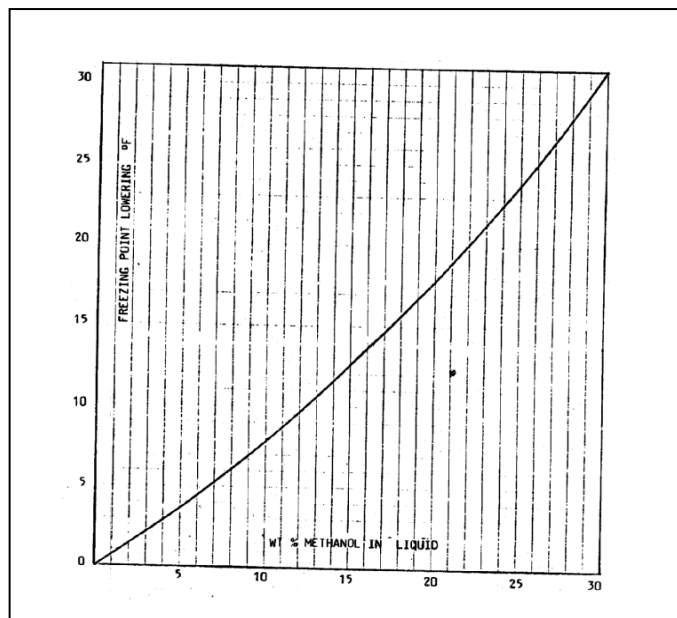
✚ آمین را برای قليائی بودن محیط می توان براحتی مورد آزمایش (تیتراسیون) قرار داد.

ناخالصی ها در گلايکول ممکن است تدریجاً افزایش یافته و باعث کاهش بهره دهی گلايکول گردد. این ناخالصی ها می توانند محصولات حاصل از اکسید شدن گلايکول هیدروکربن های سنگین و محصولات حاصل از خوردگی باشند. این ناخالصی ها را با عبور از ذغال فعال شده باید گرفت و گاهی حتی تقطیر در خلاء برای جداسازی کامل آلودگیها، لازم می شود. در مواردی که ناخالصی ها، هیدروکربن های با وزن مولکولی سنگین هستند و بخار آب برای خروج این هیدروکربن ها از گلايکول موجود نیست، می توان از فیلترهای مخصوص استفاده نمود. فیلترهایی که ذراتی تا ۲۵۰ میکرون را می گیرند. فیلترهایی که قادر به جدا کردن ذرات به کوچکی یک میکرون هستند معمولاً سر راه گلايکول تغلیظ شده قرار می گیرند تا به علت بالا بودن این درجه حرارت و در نتیجه کم بودن گران روی گلايکول، افت فشار برای فیلتر زیاد نباشد.

کاربرد گلايکول در سیستم انتقال گاز

گلايکول و متانول بعنوان ضد یخ در سیستم های عملیاتی و بخصوص در خطوط لوله گاز در جهت جلوگیری از ایجاد هیدرات در آنها هنگامی بکار گرفته می شود که نم زدائی در سیستم میسر نباشد. اضافه نمودن گلايکول و متانول نقطه انجماد آب را پائین می آورد که در نتیجه کاهش مشابهی در درجه حرارت تشکیل هیدرات در فشار مورد نظر پدید می آید. در خطوط انتقال گاز، سیستم های توزیع

گاز کوچک، و سیستم هایی که امکان ایجاد هیدرات گاز به ندرت و یا در زمانهای کوتاهی ممکن است وجود داشته باشد، از سیستم های تزریق متانول و یا گلیکول استفاده می شود. در نمودار (۳-۱۹) افت درجه حرارت یخ زدگی توسط محلول متانول در غلظت های مختلف نشان می دهد.



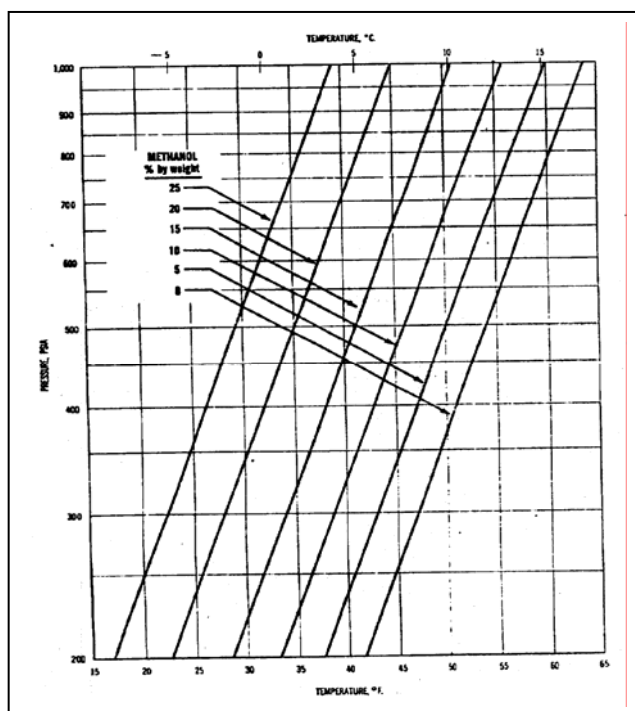
نمودار ۳-۱۹ میزان کاهش نقطه تشکیل هیدرات با تزریق متانول

به عنوان مثال چنانچه گاز طبیعی با فشار ۴۰۰ پوند بر اینچ مربع و درجه حرارت ۴۰ درجه فارنهایت (۴/۴ درجه سانتیگراد) و چگالی ۰/۶ در خطوط لوله ای در جریان باشد، مقدار متانولی که برای جلوگیری از ایجاد یخ به گاز یاد شده باید تزریق شود به طریق زیر محاسبه می شود:

از نمودار شماره (۳-۱۶) در فشار ۴۰۰ پوند بر اینچ مربع و چگالی ۰/۶۰ درجه حرارت یخ زدگی برابر با ۵۰ درجه فارنهایت (۱۰ درجه سانتیگراد) بدست می آید. یعنی کاهش نقطه انجماد در گاز مورد نظر $10 = 50 - 40$ درجه فارنهایت خواهد بود. با مراجعه به نمودار شکل (۳-۲۰) در افت درجه حرارت ۱۰ درجه فارنهایت (۵/۶ درجه سانتیگراد) غلظت وزنی متانول برابر با $12/2$ درصد بدست می آید. با استفاده از نمودار شکل (۳-۲۱) در فشار ۴۰۰ پوند بر اینچ مربع و درجه حرارت ۴۰ درجه فارنهایت (۴/۴ درجه سانتیگراد) مقدار $C = 1/7$ بدست می آید.

بنابراین اگر مقدار متانول تزریقی در گاز به مقدار $12/2 \times 1/7 = 20/7$ پوند متانول در هر میلیون استاندارد فوت مکعب گاز افزایش باید، یخ گاز و بخارات آب آنقدر به جذب بخار متانول ادامه خواهند

داد تا غلظت متانول در مایعات به ۱۲/۲ درصد کاهش یابد و این غلظت متانول نقطه تشکیل یخ گاز را ۱۰ درجه فارنهایت کاهش خواهد داد.



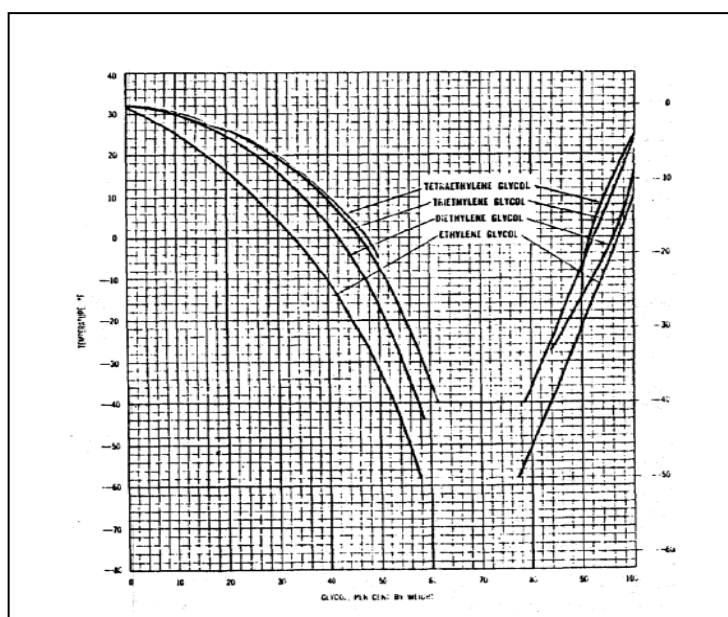
نمودار ۲۰-۳ دما و فشار غلظت های مختلف متانول

همانطوری که گفته شد در نمودار شماره (۲۰-۳) نسبت بخار متانول به ترکیبات مایع در فشارها و درجه حرارت های گوناگون نشان داده شده است. در جهت استفاده سریع از معادله همراشمیت در محاسبات عملیاتی معمولاً از نمودارهایی که به همین منظور تهیه شده اند استفاده می شود.

استفاده از گلایکول در سیستم های تبرید برای تثبیت نقطه شبنم گاز طبیعی

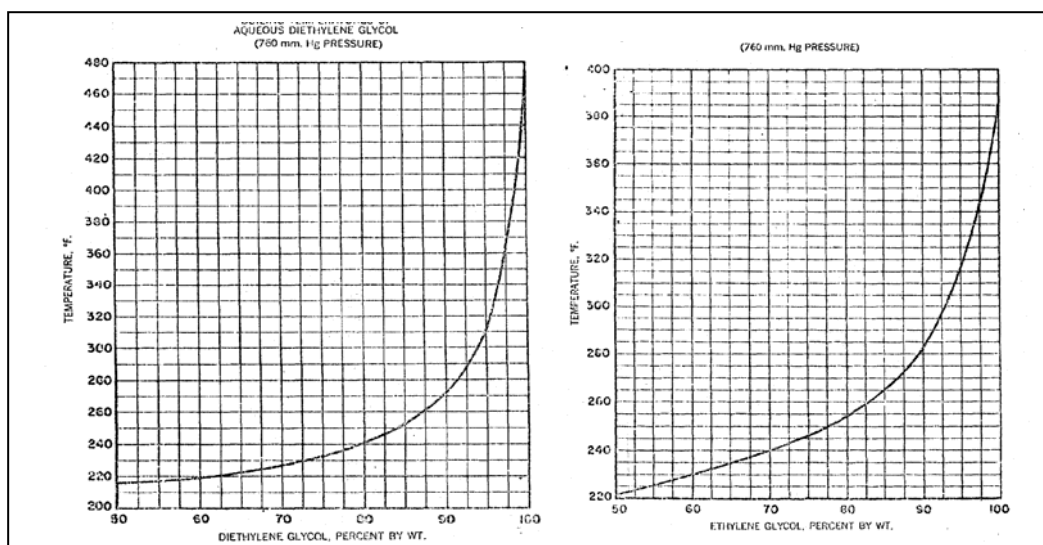
در کارخانجات گاز و گازمایع (NGL, LPG) به منظور جدا کردن آب و هیدروکربورهای سنگین از گاز غنی، آن را در سیستم تبرید تا درجه حرارت های مورد نظر و پایین تر از صفر خنک می کنند. در اثر این عمل سرمایش، آب و هیدروکربورهای سنگین به صورت فاز مایع تقطیر شده و از گازهای طبیعی غنی جدا می شوند. در کارخانه های گاز مایع، از گلایکول به عنوان ضد یخ استفاده می شود، بدین ترتیب که بعد از عبور گازها از جداکننده ها و مبدل های حرارتی و قبل از ورود گاز به چیلر، گلایکول در دبی مشخص و توسط نازل های مخصوص در مسیر عبور گاز به صورت مه پاشیده می شود. با پاشش گلایکول در مسیر گازها از یخ زدن آن در دستگاه چیلر که درجه حرارت آن ممکن است تا ۲۲-

درجهٔ فارنهایت (۳۰- درجهٔ سانتیگراد) پایین رود، ممانعت به عمل می آید. گازهای سبک خروجی از چیلر دارای نقطهٔ شبنمی است که نه تنها به درجهٔ حرارت چیلر وابسته است بلکه به غلظت و مقدار گلیکول تزریقی نیز بستگی دارد. گازهای طبیعی خشک خروجی از چیلر به همراه مایعات گازی تقطیر شده و گلیکول، ممکن است در یک جداکننده سه فاز و یا در دو جداکننده پشت سرهم، هر دو فاز از هم تفکیک شوند. گازهای طبیعی خشک از قسمت فوقانی جداکننده، گلیکول در قسمت پایین جداکننده و مایعات گازی تقطیر شده از قسمت میانی جداکننده خارج می شوند. یکی از مشکلات عملیاتی که ممکن است در چیلرهای کارخانجات گاز و گازمایع پیش آید، ایجاد کریستال محلول گلیکول در تیوبهای چیلر و در مسیر گازهای غنی عبوری است. درجهٔ حرارت ایجاد کریستال محلول گلیکول بستگی به مقدار غلظت گلیکول تزریقی که حتماً قبل از چیلر و با نازل‌های مخصوص و به صورت پودر در مسیر گاز طبیعی تزریق می شود، خواهد داشت. در نمودار شماره (۲۱-۳) محدوده اوتکتیک و یا محدوده غلظت‌های انواع گلیکول‌ها که در آن محدوده غلظت‌های محلول گلیکول کریستالیزه نمی شود، نشان داده شده است. مونو اتیلن گلیکول در محدوده غلظت‌های بین ۶۶٪ تا ۸۰٪ حتی در درجهٔ حرارت‌های پایین‌تر از ۸- درجهٔ فارنهایت (۶۲- درجهٔ سانتیگراد) کریستاله نمی شود. بعلاوه حلالیت کم این نوع گلیکول در مایعات گازی و پایین بودن وزن ملکولی آن (پایین بودن مقدار گلیکول تزریقی به واحد وزن آب موجود در گاز) و به سبب اینکه فشار بخار بالای مونو اتیلن گلیکول، در درجهٔ حرارت‌های پایین در واحد‌های گاز مایع، مشکل هرزرفت گلیکول را به طور جدی مطرح نمی سازد، استفاده از مونو اتیلن گلیکول در کارخانجات گاز و گازمایع بیشتر متداول است.



نمودار ۲۱-۳ محدودهٔ غلظتی گلیکول‌ها

دی اتیلن گلیکول در محدوده غلظت های بین ۶۰٪ تا ۹۰٪ در درجه حرارت های پایین ۶۰- درجه فارنهایت (۵۱- درجه سانتیگراد) ایجاد کریستال نمی نماید. لذا در کارخانجات گاز و گاز مایع غلظت های گلیکول مصرفی در محدوده های فوق الذکر مورد استفاده قرار می گیرد. برای احیاء کردن و تهیه گلیکولهای با غلظت یاد شده ریویلر برجهای احیاء گلیکول در درجه حرارت های پایین تری نسبت به واحدهای نم زدائی مورد بهره برداری قرار می گیرند. غلظت گلیکول تزریقی باید طوری انتخاب شود که همواره حدود ۱۰ درجه فارنهایت (۵/۵ درجه سانتیگراد) بالاتر از نقطه ایجاد هیدرات و نقطه تولید کریستال گلیکول مایع قرار داشته باشد. در گلیکول با غلظت ۹۰٪ که معمولاً در واحدهای گاز مایع بکار گرفته می شود با مراجعه به شکل نمودار شماره (۲۲-۳) درجه حرارت ریویلر برای مونو اتیلن گلیکول برابر با ۲۸۳ درجه فارنهایت (۱۴۰ درجه سانتیگراد) و درجه حرارت احیاء برای دی اتیلن گلیکول برابر با ۲۷۲ درجه فارنهایت (۱۳۴ درجه سانتیگراد) انتخاب و مورد بهره برداری قرار می گیرد. از مشکلات عملیاتی دیگر ایجاد امولسیون مایعات گازی و محلول گلیکول در درجه حرارتهای پایین در واحدهای جداکننده می باشد. تزریق مواد ضد خوردنده و ناخالصیهای موجود در گاز به تولید امولسیون کمک می نمایند. کم کردن مقدار غلظت گلیکول مصرفی، گرم کردن امولسیون، افزایش حجم دستگاههای جداکننده، مایعات گازی و گلیکول و استفاده از مواد شکننده امولسیون که در انواع مختلف تجارتي موجود می باشند در از بین بردن امولسیون موثر می باشند.



نمودار ۲۲-۳ درجه حرارت ریویلر در غلظت های مختلف DEG و MEG

استفاده از گلايكول در سيستم های برودتی به منظور جلوگیری از ایجاد هیدرات

بوجود آمدن هیدرات و یخ زدگی یکی از متداولترین مشکلات در خطوط لوله و شبکه انتقال گاز می باشد. همانطوریکه گفته شد هیدرات ساختمان کریستالی مشابه با کریستال یخ آب داشته ولی ایجاد هیدرات در درجه حرارت های به مراتب بالاتری پیش می آید. هیدرات در اصل از آب و هیدروکربن ها تشکیل یافته است و همچنین گازهایی نظیر هیدروژن سولفور، آمونیاک، دی اکسید کربن نیز می توانند ایجاد هیدرات نمایند.

بررسی های به عمل آمده نشان می دهد که هیدروکربورهای بزرگتر از بوتان ایجاد هیدرات ننموده و سلول های هیدرات می تواند حتی با ۱۳۶ مولکول آب با ملکول متان تشکیل گردد. تشکیل هیدرات و یخ زدگی در تاسیسات فرآورشی باعث کاهش ظرفیت، بسته شدن اریفیس ها، انجماد شیرهای کنترل و سایر مشکلات عملیاتی دیگر می شود. شرایطی که باعث ایجاد هیدرات در تاسیسات گاز طبیعی می شود شامل موارد زیر می باشد:

فشار بالا در سیستم فرآورشی و خطوط لوله

وجود آب آزاد در سیستم

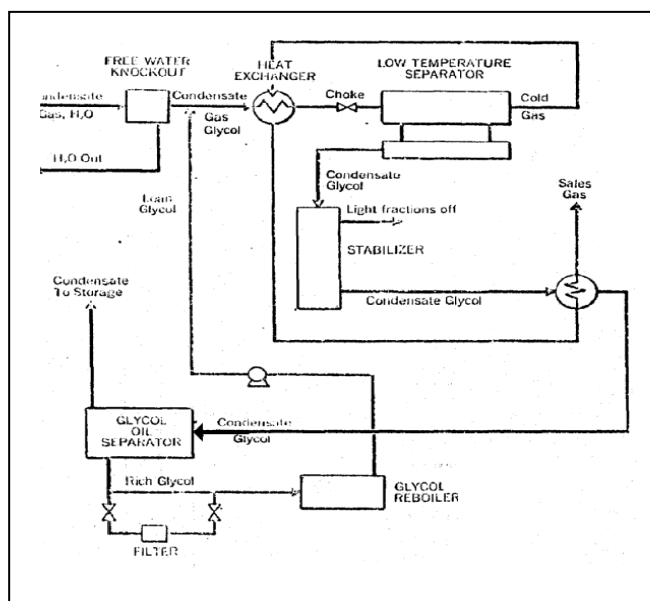
درجه حرارت پایین عملیاتی در حالیکه جلوگیری از ایجاد یخ گاز با گرم کردن گاز طبیعی امکان پذیر است، ولی استفاده از این روش به علت اینکه دبی گاز طبیعی در اکثر تاسیسات و خطوط لوله درمقدار بالایی قرار دارد غیر عملی و غیر اقتصادی می باشد. روش ساده برای جلوگیری از ایجاد هیدرات ایجاد سیستم های استاتیکی برای جذب آب آزاد و یا استفاده از مواد جلوگیری کننده^۱ می باشد که بطور مشخص در فاز آب حل شده و خاصیت آب را در رشد کریستال جامد تغییر دهد. جلوگیری از ایجاد یخ گاز کار جدیدی نمی باشد. در سال ۱۹۳۴ آقای همراشمیت اثر الکل ها و آمونیاک را در کاهش نقطه یخ زدگی گاز طبیعی گزارش نموده است. همچنین الکل ها و آمونیاک برای جلوگیری از بروز مشکلات یخ زدگی در تاسیسات فرآورشی در حجم زیاد مورد مصرف واقع شده اند. الکل هایی نظیر متانول خیلی گران بوده و قابل بازیابی نمی باشند.

آمونیاک با گاز کربنیک موجود در گاز ترکیب شده و ماده جامد کربنات آمونیوم را تولید می نماید. درمقابل گلايكول ها، که مواد ضد یخ موثری هستند، هیچ کدام از نقاط ضعف یاد شده را نداشته لذا مصرف آنها بطور بی سابقه ای افزایش یافته است.

1. Inhibitor

نمونه ای از سیستم فرآوری با گلیکول در حرارت پایین

نمونه ای از سیستم فرآوری جداسازی در درجه حرارت پایین با استفاده از امکانات گلیکول در شکل (۳-۵) نشان داده شده است. گازهای ارسالی از سر چاه عموماً وارد مخزن جداکننده ورودی می شود تا آب آزاد آن جدا شود. در خروجی از جداکننده، گلیکول به جریان گاز تزریق می شود. ممکن است از دستگاههای مختلفی برای تزریق گلیکول استفاده شود. در مواردی که بازدهی مناسب مدنظر باشد از نازل های مخصوص که گلیکول را به صورت مه در مسیر گاز تزریق می نماید باید استفاده نمود. نازل های مخصوص، گلیکول را به صورت مه اتمایزه نموده و بازدهی را به مقدار قابل ملاحظه ای افزایش می دهد.



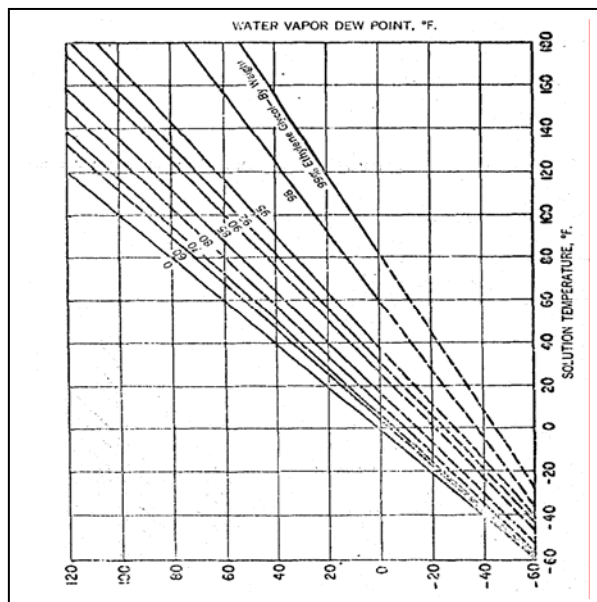
شکل ۳-۵ استفاده از گلیکول در سیستم های با درجه حرارت پایین

بعد از تزریق گلیکول، مخلوط گاز و گلیکول از مبدل حرارتی (گاز سرد) که درجه حرارت در آن از نقطه ایجاد هیدرات پایین تر است عبور نموده و سرد می شود. (ایجاد هیدرات به علت وجود مخلوط گلیکول غیر محتمل می باشد). جریان گاز سپس از یک شیر انبساط عبور نموده و در اثر انبساط سردتر می شود. گازهای سرد شده برای جداسازی میعانات وارد دستگاه جداکننده با درجه حرارت پایین می گردد.

میعانات بدست آمده در حقیقت مخلوطی از هیدروکربورهای مایع، گلیکول و آب می باشند. گلیکول محلول در آب از هیدروکربورهای مایع در واحد تثبیت کننده جدا شده و برای احیاء و جداسازی آب به

ریبویلر های واحد احیاء گلایکول هدایت می شود . بعد از تغلیظ ، گلایکول مجدداً به سیستم اصلی تزریق گلایکول برگشته و مورد استفاده قرار می گیرد.

نقطه شبنم گاز خروجی نه تنها به درجه حرارت دستگاه جداکننده با درجه حرارت پایین بستگی دارد ، بلکه به مقدار و غلظت گلایکول تزریق شده نیز وابسته است . به فرض اینکه تماس کافی بین گاز و گلایکول قبل از ورود گاز به مبدل حرارت (گاز سرد) انجام گرفته است می توان فرض نمود که حالت تعادل در جداکننده با درجه حرارت پایین بوجود آمده ، لذا می توان نقطه شبنم گاز را تخمین زد . به عنوان مثال نقطه شبنم گاز خروجی از جداکننده با درجه حرارت پایین که دردمای ۴۰- درجه فارنهایت (۴۰- درجه سانتیگراد) در حال سرویس بوده و با محلول گلایکول با غلظت ۸۵٪ بحالت تعادل رسیده باشد (مطابق نمودار(۲۳-۳)) برابر با ۴۸- درجه فارنهایت (۴۵- درجه سانتیگراد) می باشد . مهمترین عامل عملیاتی قابل توجه این است که آیا بلافاصله بعد از تزریق گلایکول به سیستم تماس کافی بین گلایکول و گاز برای رسیدن بحالت تعادل برقرار شده است و یا نه ؟



نمودار ۲۳-۳ کاهش نقطه شبنم در مخلوط های مختلف گلایکول

با فرض برقراری تماس کافی مقدار گلایکول تزریقی به سیستم بر مبنای محاسبات تئوری کافی می باشد . در هر صورت دو فاکتور ممکن است در انتخاب نهایی مقدار مناسب و عملی دبی گلایکول تزریقی اثر بگذارد . فاکتور اول در دسترس بودن پمپ تزریقی است که ظرفیت آن به اندازه کافی در محدوده دبی محاسبه شده باشد . محدودیت در مقدار تنظیم پمپ ممکن است ما را مجبور به تزریق گلایکول بیش از اندازه نماید . در مواردیکه امکان دستیابی به پمپ با ظرفیت مکتوب وجود نداشته باشد

باید حتی الامکان پمپ با نزدیک ترین مقدار ظرفیت را به ظرفیت محاسبه شده انتخاب و در سرویس قرار داد. درموردی که پمپ با ظرفیت بالاتری در دسترس بوده و نیازهای عملیاتی استفاده از آن را ایجاب می نماید، می توان با انتخاب و نصب گرداننده با سرعت متغیر از دستگاه موجود در محدوده ظرفیت مناسب استفاده نمود.

مشخصات طراحی نازل موجود نیز ممکن است با در نظر گرفتن دانسیته، ویسکوزیته گلایکول تزریقی و فشار گاز در سیستم، دبی تزریق معینی را ایجاب نماید. بسیاری از سازندگان نازل ها شرایط بهینه ای را که نازل در آن شرایط قادر به کاردهی مناسب می باشد را به همراه نازل ارسال می نمایند. تجربه نشان داده است که اگر نازل در شرایط بهینه اعلام شده نصب و در سرویس قرار گیرد، خواهد توانست مایع گلایکول را اتمیزه نموده و به صورت مه به جریان گاز تزریق نماید و گرنه در سایر شرایط تنها قطرات غیر موثر از گلایکول را به سیستم جریان گاز وارد می کند. از مطالب گفته شده مشخص می شود که ظرفیت پمپ تزریق گلایکول و نازل انتخاب شده در حدود محاسبات دبی محاسبه شده بگونه ای باید با هم مطابقت داشته باشند تا مطمئن بود که گلایکول تزریق شده به صورت مه وارد سیستم گاز طبیعی می شود. به منظور دستیابی به روش بهره برداری مناسب و بی دردسر باید از تزریق گلایکول اضافی به جریان گاز جلوگیری نموده و سعی نمود که حالت تعادل در سیستم ایجاد شود مقدار آب موجود در گاز ورودی به سیستم را قبل از تماس با گلایکول و با در دست داشتن درجه حرارت گاز می توان از نمودار شکل (۶-۳) مقدار آبی که بعد از تماس با گلایکول و در حالت تعادل با آن به همراه گازهای خروجی خارج می شود و استخراج نقطه شبنم گاز خروجی از نمودار شکل (۲۳-۳) بدست می آید. برای مثال فرض کنیم که گاز خروجی از جداکننده با درجه حرارت پایین ۰ درجه فارنهایت (۱۷/۸- درجه سانتیگراد) دارای فشار برابر با ۷۰۰ پوند بر اینچ مربع (۴۸ بار) می باشد. درجه حرارت جداکننده سرد نیز ۰ درجه فارنهایت (۱۷/۸- درجه سانتیگراد) فرض می شود. غلظت گلایکول خروجی ۷۰٪ وزنی می باشد. مقدار آب موجود در گاز قبل از برقراری تماس با گلایکول برابر ۲/۵ پوند در هر میلیون استاندارد فوت مکعب گاز می باشد. از نمودار شماره (۲۳-۳) معلوم می شود که نقطه شبنم گازهای خروجی از جداکننده سرد بعد از تماس با گلایکول و رسیدن به حالت تعادل با آن از مقدار صفر درجه فارنهایت (۱۷/۸- درجه سانتیگراد) به مقدار ۶- درجه فارنهایت (۲۱- درجه سانتیگراد) پایین می رود در این حالت مقدار آب موجود در این گاز برابر با ۱۰۹ پوند آب در هر میلیون استاندارد فوت مکعب گاز می باشد. یعنی با تزریق گلایکول در درجه حرارت ثابت جداکننده، مقدار آب موجود در گلایکول کاهش یافته است.

با استفاده از روش های محاسبات ریاضی نیز می توان اطلاعات فوق را بدست آورد. برای ۱۰۰ گرم محلول گلایکول دارای ۷۰ گرم گلایکول خالص و ۳۰ گرم آب درصد مولی به شرح زیر حساب می شود

:

(وزن ملکولی آب ۱۸ و وزن ملکولی گلایکول ۶۲/۱)

درصد مولی گلایکول: $1/127 = 62/1 \div 70$

درصد مولی آب: $1/666 = 18 \div 30$

درصد مولی کل محلول : $2/793 = 1/666 + 1/127$

درصد مولی آب : $0/597 = 2/793 \div 1/666$

فشار جزئی بخار آب در درجه حرارت ۰ درجه فارنهایت ($17/8 -$ درجه سانتیگراد) برابر $0/966$ میلیمتر جیوه است .

بنابراین فشار جزئی بخار آب در محلول گلیکول یاد شده $0/597 \times 0/966 = 0/597$ خواهد بود . مطابق جداول فشار بخار آب ، در درجه حرارت $9/5 -$ درجه فارنهایت دارای فشار $0/576$ میلیمتر جیوه می باشد .

یعنی از نقطه نظر تئوری محلول گلیکول نقطه شبنم آب را در شرایط یاد شده از ۰ درجه فارنهایت ($17/8 -$ درجه سانتیگراد) مقدار $9/5 -$ درجه فارنهایت ($23 -$ درجه سانتیگراد) کاهش می دهد . مقدار آب موجود در گاز در درجه حرارت یاد شده برابر با $1/65$ پوند در هر میلیون استاندارد فوت مکعب گاز می باشد . این مقدار محاسبه شده از روش تئوری ، خیلی نزدیک به مقدار بدست آمده از نمودار شماره ($24 - 3$) تجربی می باشد . در گلیکول های با غلظت بالاتر مقدار این اختلاف محاسبه شده به مراتب کمتر بوده و با استفاده از هر دو روش ، نتیجه یکسانی بدست خواهد آمد .

برای اثبات اینکه آب موجود در گاز ، آب گلیکول دار با نسبت 30% و 70% نمی باشند ، امکان محاسبه مقدار گلیکول موجود در آب طبق قانون راولت وجود دارد . مقدار گلیکول همراه گازهای خروجی به مقدار $0/049$ پوند در هر میلیون فوت استاندارد مکعب گاز محاسبه می شود . مقدار درصد گلیکول همراه گاز خروجی به صورت زیر بدست می آید :

$$\frac{LB / MMSCF \dots GLYCOL}{LB / MMSCF \dots WATER + LB / MMSCF \dots GLYCOL} \times 100 = \frac{0.0049}{1.65 + 0.0049} \times 100 = 0.28\%$$

در صد محلول گلیکول همراه گاز خروجی با استفاده از گلیکول 70% در سیستم $0/28\%$ می باشد . همانگونه که ملاحظه می شود مقدار گلیکول همراه گاز در شرایط ایده آل عملیاتی خیلی ناچیز بوده و در حقیقت مقدار گلیکول موجود در گازهای خروجی بستگی به فشار بخار گلیکول مصرف شده دارد . این مباحث مشخص نمود که در روش جلوگیری از ایجاد یخ در سیستم های برودتی با درجه حرارت پایین مقدار آب موجود در گاز نیز به مقدار قابل توجه جذب و از سیستم خارج می شود . در بسیاری موارد و بخصوص در تاسیساتی که از محلول گلیکول غلیظ استفاده می شود ، نقطه شبنم گاز آنقدر پایین می آید که به ندرت مجدداً گاز در تاسیسات مجزا نیازی نخواهد بود .

بجاست که در اینجا مروری بر مشکلاتی که در اثر پودر نشدن کامل گلیکول که در تاسیسات عملیاتی گلیکول پیش می آید اشاره شود . بعنوان مثال در یک مبدل حرارتی ، گلیکول ممکن است در فاصله کوتاهی از تیوب ، هدر تیوب باندل به آن تزریق شود . در بعضی مواقع از یک تکه لوله مستقیم برای تزریق استفاده شده و در موارد دیگر از نازل ایجاد کننده مه استفاده می شود . در هر صورت در شرایط نامناسب تزریق نتیجه مثبتی بدست نمی آید . در این موارد گلیکول تزریق شده به سیستم به صورت قطرات درشت در آمده و در اثر نیروی ثقل در همان محل تزریق به قسمت پایین هدر تیوب باندل جریان پیدا

کرده و در آنجا جمع می شود. ضمن عبور گاز از تیوب های قسمت بالای مبدل حرارتی تماس ناقص با گلایکول انجام می شود. یخ گاز در تیوبهای قسمت فوقانی مبدل حرارتی تشکیل یافته و ضمن محدود نمودن جریان گاز، در نهایت باعث گرفتگی کلی مسیر گاز در تیوبهای فوقانی می گردد. در نتیجه گلایکول با سرعت زیاد از تیوبهای قسمت پایین مبدل حرارتی که از قبل در گلایکول غوطه ور می باشند، عبور نموده و گلایکول را به صورت کف با خود به همراه می برند. این نوع کف کنندگی در حقیقت از نوع مکانیکی بوده و با روش های موجود آزمایشگاهی نمی توان نمونه گلایکول مورد نظر را به صورت کف در آورد.

نمونه مشابه مشکل کف کنندگی در مواقعی که گلایکول با غلظت زیاد تزریق شده و قادر به رقیق شدن (به علت عدم امکان جذب آب کافی) نبوده است، گزارش شده است. برای تعدیل چنین مشکلاتی لازم است که گلایکول با شرایط عملیاتی مناسب و از فاصله نسبتاً دوری از مبدل حرارتی در مسیر گاز تزریق شده و ضمن مطمئن بودن از اتمیزه شدن کامل، حتی الامکان از گلایکول رقیق تر استفاده نمود. شرایط بهینه تزریق گلایکول به صورت زیر خلاصه می شوند:

✚ تزریق در فاصله نسبتاً دور از مبدل حرارتی انجام شود.

✚ شرایط تزریق از لحاظ مقدار دبی و نوع نازل برای اتمیزه نمودن مناسب باشد.

✚ حتی الامکان از رقیق ترین نمونه گلایکول به سیستم تزریق شود.

موارد معدودی مشکل عملیاتی با گلایکول گزارش شده اند به عنوان مثال، در گلایکول محتوی گاز در فشار بالا، وزن مخصوص فاز گلایکول - آب را کاهش داده و در نتیجه باعث تغییر فاز گردیده که در این وضعیت یک لایه سبک از گلایکول به طور شناور روی سطح هیدروکربورهای مایع قرار گرفته و باعث هرزرفت زیاد گلایکول به همراه گاز می شود. گرم کردن و افزایش زمان ایستایی این مشکل را کاهش می دهند.

جداسازی گلایکول از هیدروکربورهای مایع نیز تابعی از زمان تفکیک و همچنین سایر عوامل اشاره شده در بالا می باشد. مخلوط سرد گلایکول با هیدروکربورها اگر تا ۷۰ - ۶۰ درجه فارنهایت (۲۱ - ۱۵ درجه سانتیگراد) گرم شود. خیلی آسان از هم جدا می شوند. زمان ایستایی نیز باید به اندازه کافی طولانی باشد تا کار جدا شدن به طور کامل انجام پذیرد. در شرایط ایده آل زمان ته نشینی بین ۷ تا ۱۴ دقیقه می باشد. اگر زمان ایستایی از این مدت کوتاهتر باشد مقداری گلایکول به همراه گاز هدر خواهد رفت. در مواردی که عدم تفکیک پذیری گلایکول از هیدروکربورهای مایع به علت پایین بودن ظرفیت جداکننده ها باشد می توان با تخلیه قسمت پایین مخزن در فاصله زمانهای مناسب، گلایکول به همراه رفته با هیدروکربورهای مایع را باز یافت نمود.

مقایسه سیستم بهره برداری MEG و DEG در دستگاههای جداکننده با دمای پائین
مقایسه این دو روش را با ذکر مثالی مرور می کنیم، یک واحد فرآورش با گلیکول با دستگاههای
جداکننده با دمای پائین می تواند دارای مشخصات عملیاتی بشرح زیر باشد:

جریان گاز اشباع با آب : 8 MMSCFD (0.23 MMSCMD)

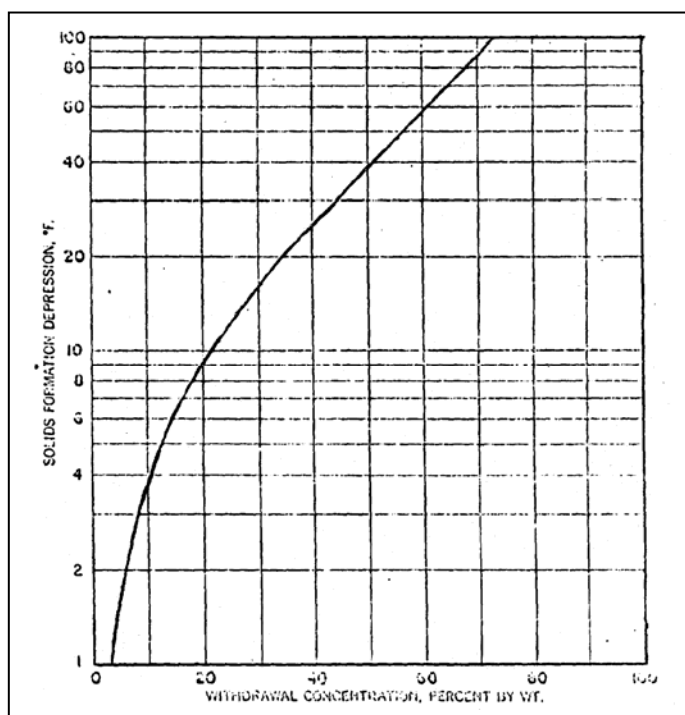
فشار گاز : 800 PSIG (55 BAR)

درجه حرارت گاز : 85 °F (30 °C)

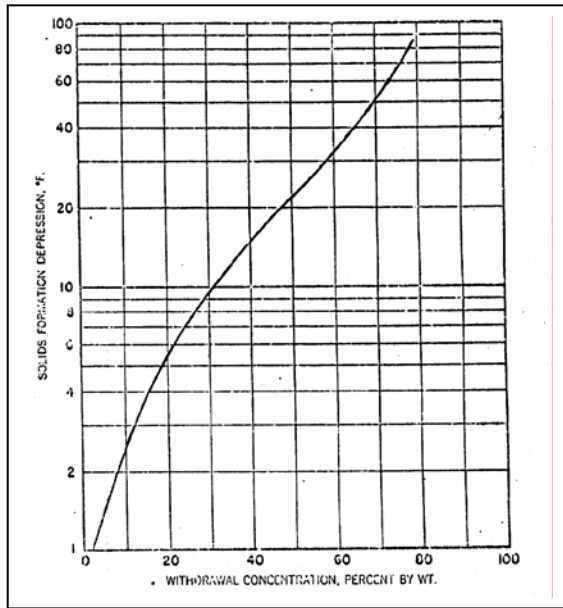
چگالی گاز: 0.75

دمای چیلر : 5 °F (-15 C)

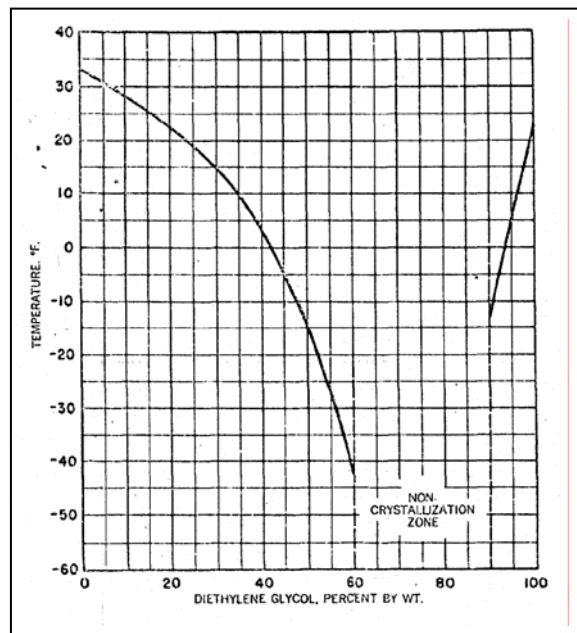
برای جلوگیری از ایجاد یخ گاز ضمن تعیین نقطه یخ زدگی باید مشخص کرد که چقدر نقطه یخ زدگی
را پائین بیاوریم . ضمن مراجعه به نمودار (۱۶-۳) ملاحظه می شود که برای گاز با فشار ۸۰۰ پوند بر
اینچ مربع و چگالی ۰/۷۵ نقطه تشکیل هیدرات ۶۴ درجه فارنهایت (۱۸ درجه سانتیگراد) می باشد.
میزان کاهش نقطه یخ زدگی در این سیستم ۵۹ = ۶۴-۵ درجه فارنهایت می باشد .



نمودار ۲۴-۳ کاهش نقطه یخ زدگی در غلظت های مختلف گلیکول
با استفاده از نمودار شماره (۲۴-۳) و برای کاهش ۳۳ درجه سانتیگراد (۵۹ درجه فارنهایت) نقطه یخ
زدگی ، غلظت MEG خروجی برابر با ۶۱٪ و از نمودار شماره (۲۶-۳)، درصد غلظت DEG خروجی برابر
با ۷۵٪ برداشت می شود.



نمودار ۳-۲۵ کاهش نقطه تشکیل هیدرات برای DEG

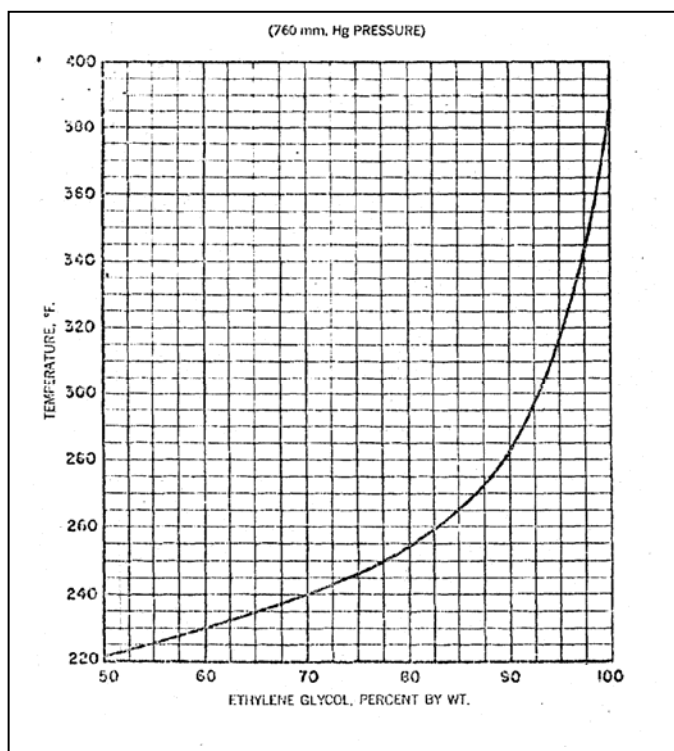


نمودار ۳-۲۶ محدوده کریستالیزاسیون DEG

همانطوریکه قبلاً توضیح داده شده این غلظت ها را از معادله همراشمیت نیز می توان محاسبه نمود. فرض می کنیم که غلظت تزریق هر دو نوع گلیکول ۹۰٪ باشد و این مقدار با مراجعه به نمودار های (۳-۲۱) و (۳-۲۶) به علت اینکه این غلظت خارج از محدوده کریستاله شدن بوده و در محدوده درجه حرارت های پایین خود محلول گلیکول یخ نمی زند ، انتخاب می شود . غلظت گلیکول تزریقی باید طوری انتخاب شود که حدود ۵-۱۵ درجه فارنهایت (۳-۸ درجه سانتیگراد) فاصله بین نقطه یخ زدگی و درجه حرارت کریستاله شدن خود محلول گلیکول تزریقی وجود داشته باشد.

از طریق نمودارهای (۳-۲۷) و (۳-۲۸)، برای احیاء گلیکول تا غلظت ۹۰٪ ، درجه حرارت ریویلر برای MEG برابر با ۲۸۳ درجه فارنهایت (۱۳۸ درجه سانتیگراد) و برای DEG برابر با ۲۷۲ درجه فارنهایت (۱۳۳ درجه سانتیگراد) بدست می آیند . از نمودار شکل (۳-۶) مقدار آب موجود در هر میلیون استاندارد فوت مکعب گاز در درجه حرارت ۸۵ درجه فارنهایت (۳۰ درجه سانتیگراد) برابر ۴۶/۲ پوند می باشد .

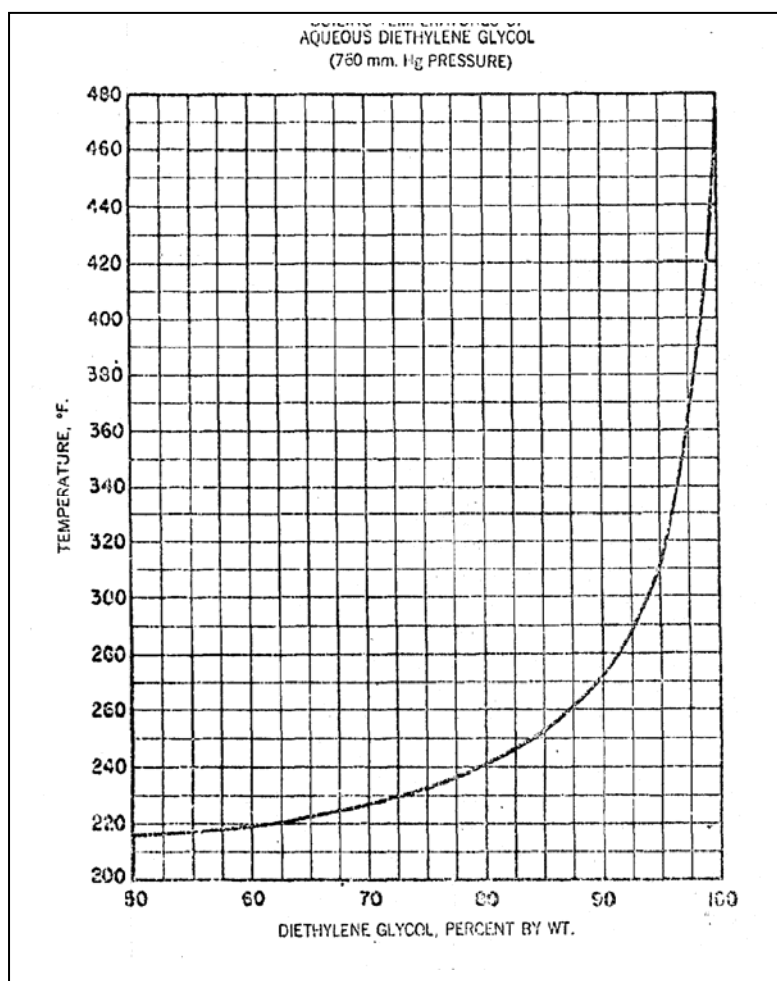
طبق همان نمودار در دمای ۵ درجه فارنهایت (۱۵- درجه سانتیگراد) چیلر تنها ۲/۸ پوند آب به همراه گاز بیرون رفته و در نتیجه $43.4 - 2/8 = 46/2$ پوند آب در هر میلیون استاندارد فوت مکعب گاز توسط گلیکول از سیستم خارج می شود. لذا در دبی ۸ MMSCFD مقدار آب جذب شده توسط گلیکول در هر ساعت برابر با $14.5 = \frac{8 \times 43.4}{24}$ پوند خواهد بود.



نمودار ۳-۲۷ درجه حرارت مورد نیاز برای احیاء MEG در غلظت های مختلف

حال مقایسه ای بین دو مقدار گلیکول های MEG و DEG که در هر ساعت باید به سیستم تزریق شوند بعمل می آوریم. برای MEG از نمودار (۳-۱۸) استفاده کرده و مقدار ۲/۱ پوند MEG برای جذب هر پوند آب بدست می آید. که بعد از ضرب کردن با ۱۴/۵ مقدار ۳۰/۴۵ پوند گلیکول MEG در ساعت برای تزریق بدست می آید. و به طریق مشابه مقدار DEG تزریقی برابر با ۷۲/۵ پوند محاسبه می گردد .

همانطور که ملاحظه می شود جهت کاهش یکسان در نقطه ایجاد هیدرات ، MEG به میزان کمتری نسبت به DEG باید تزریق شود. و با استفاده از MEG مقدار گلیکول در گردش کمتری مورد استفاده قرار می گیرد. بعلاوه MEG دارای مشخصه ویسکوزیته بهتری بوده و ضمن دارا بودن خاصیت حلالیت کمتر در هیدروکربورهای مایع (با وزن ملکولی) هرزفت کمتری در سیستم بدست خواهد داد.



نمودار ۳-۲۸ درجه حرارت مورد نیاز برای احیای DEG در غلظت های مختلف

واحد نم زدایی شرکت پالایش گاز سرخون و قشم

طرح سرخون به منظور بهره برداری از مخزن گاز شیرین سرخون در ۲۵ کیلومتری شمال شرقی شهرستان بندر عباس جهت تامین جهت سوخت مورد نیاز نیروگاه بندر عباس ، مجتمع مس سرچشمه کرمان و سایر بخشهای صنعتی ، تجارتي و خانگی استانهای هرمزگان و کرمان برنامه ریزی شد. بهره برداری از مخزن گاز سرخون روزانه تا ۱۴/۴۰ میلیون ترمال متر مکعب در دو مرحله و با انجام پروژه های سرخون (۱) و (۲) برنامه ریزی گردیده است .

پروژه سرخون (۱) شامل تاسیسات سرچاهها ، خطوط لوله جمع آوری دو فاز گاز ، واحد تفکیک کننده های مرکزی ، واحد موقت تثبیت مایعات گازی و خط لوله انتقال گاز به نیروگاه بندر عباس است . ظرفیت کل این واحد ۶/۷۰ میلیون نرمال متر مکعب در روز بوده و گاز مورد نیاز واحد از ۵ حلقه چاه (چاههای شماره ۱ تا ۴ و ۹) که بر روی مخزن گاز طبیعی سرخون و در لایه های کوری و جهرم تشکیل شده است تامین می گردد . ظرفیت بهره برداری از هر چاه در شرایط عادی عملیاتی ، باستثنای چاههای شماره ۳ و ۱/۳۳ و چاههای شماره ۱ و ۳ بترتیب معادل ۰/۶۷ و ۲ میلیون نرمال مترمکعب در روز می باشد. گازها پس از جمع آوری وارد به ردیف تفکیک کننده دو فازه با فشار عملیاتی ۵۹/۶۲ بار مطلق می شوند ، گازهای تفکیک شده بدون انجام فرآورش دیگری جهت تنظیم نقطه شبنم ، از طریق یک خط لوله ۲۲ اینچ بطول تقریبی ۵۰ کیلومتر به نیروگاه بندر عباس منتقل می گردد. مایعات تفکیک شده که مقدار آن حدود ۱۱۱۲ استاندارد متر مکعب در روز (۶۹۹۴ بشکه در روز) است وارد واحد موقت تثبیت مایعات گازی می گردد تا از تثبیت با روش تبخیر آبی متوالی در مخازن ذخیره سازی گردد. با بهره برداری از پروژه سرخون (۲) کلیه گازهای تفکیک شده جهت تنظیم نقطه شبنم از طریق یک خط لوله ۱۶ اینچ بطول حدود ۵۰۰ متر به پالایشگاه گاز سرخون (۲) منتقل می شود . مایعات تفکیک شده نیز برای تفکیک آب و تثبیت توسط یک خط لوله ۶ اینچی بطول حدود ۵۰۰ متر به پالایشگاه ارسال می گردد.

پروژه سرخون (۲) طرح توسعه پروژه سرخون (۱) بوده و بمنظور افزایش بهره برداری از مخزن گاز طبیعی سرخون تا میزان ۱۴/۴۰ میلیون نرمال متر مکعب در روز و تامین گاز (با نقطه شبنم تنظیم شده) مورد نیاز مجتمع مس سرچشمه کرمان ، نیروگاه بندر عباس و سایر بخشهای صنعتی ، تجارتي و خانگی استانهای هرمزگان و کرمان می باشد . این پروژه شامل تاسیسات سرچاهی ، خطوط لوله جمع آوری دو فازه و پالایشگاه گازی می باشد . پالایشگاه گاز شامل واحد تفکیک کننده ها ورودی ، چهار ردیف واحد تنظیم نقطه شبنم گاز ، واحد تبرید ، واحد بازیابی گلیکول و سایر واحدهای جنبی است . پالایشگاه گاز سرخون (۲) جهت فرآورش مجموعاً ۱۴/۴۰ میلیون نرمال متر مکعب در روز گاز طراحی گردیده است . ظرفیت اولیه پالایشگاه با نصب ۳ ردیف واحد تنظیم نقطه شبنم معادل ۱۰/۸۰ میلیون نرمال متر مکعب در روز خواهد بود ، که در آینده با نصب یک ردیف واحد تنظیم شبنم دیگر به ظرفیت نهایی خواهد رسید. لازم به ذکر است که بعضی از واحدهای جنبی به دلیل فنی و اقتصادی برای ظرفیت نهایی طراحی و نصب شده است.

بخشی از گاز مورد نیاز در پروژه سرخون (۲) از پروژه سرخون (۱) تامین می شود کلیه گازهای تفکیک شده در تفکیک کننده های مرکزی و سرخون (۱) با فشار عملیاتی ۷۳/۴ بار مطلق جهت تنظیم نقطه شبنم و استحصال مایعات گازی به پالایشگاه گاز سرخون (۲) منتقل می گردد . میزان گاز دریافتی از پروژه سرخون (۱) بر اساس ظرفیت اولیه پالایشگاه معادل ۳/۳۵ و در ظرفیت نهایی معادل ۶/۷۰ میلیون نرمال متر مکعب در روز خواهد بود . باقیمانده گاز مورد نیاز از ۸ حلقه چاه (چاههای شماره ۵ تا ۸ و ۱۰ تا ۱۳) که در لایه کوری و یا جهرم مخزن گاز سرخون حفر شده اند تامین می شود . ظرفیت بهر برداری از چاهها معادل ۱/۳۴ میلیون مترمکعب در روز خواهد بود . گاز تولید شده از هر چاه پس از کاهش فشار آن به حدود ۱۰۰ بار مطلق توسط یک خط لوله جمع آوری منتقل به پالایشگاه گاز ارسال می گردد . اندازه خط لوله دو فازه جمع آوری چاهها ۸ اینچ و طول آنها بین ۱/۶ تا ده کیلومتر است . گازهای جمع آوری شده از هر چاه وارد تفکیک کننده دو فاز مربوطه در پالایشگاه گاز سرخون (۲) می شود ، فشار عملیاتی تفکیک کننده ها ۷۲ بار مطلق است . لازم بذکر است در سالهای اخیر برخی چاههای جدید به این مجموعه اضافه شده و در برخی اوقات از چاههای قدیمی بعلت مشکلات عملیاتی بهره برداری نمی شود.

کلیه گازهای تفکیک شده همراه با گاز دریافتی از سرخون (۱) وارد ردیفهای تنظیم نقطه شبنم می شوند . نقطه شبنم با استفاده از روش کاهش درجه حرارت گاز تنظیم می گردد . هریک از ردیفهای فوق شامل مبدلهای حرارتی ، چلیپر پروپان ، تفکیک کننده و فیلتر گاز است ، بروودت لازم در چیلرهای پروپان توسط سیکل بسته تبرید با پروپان تامین می گردد . آب موجود در گاز نیز جهت جلوگیری از تشکیل هیدرات توسط دی یا منو اتیلن گلیکول جذب و سپس در واحد بازیابی گلیکول دفع می گردد. فشار گاز خروجی از پالایشگاه ۶۶/۵ بار مطلق و حداکثر دمای آن ۴۰ درجه سانتیگراد خواهد بود . نقطه شبنم هیدروکربن گاز در تابستان و زمستان بترتیب ۱۰- و ۱۵/۲- درجه سانتیگراد و در فشار ۶۳/۸ بار مطلق می باشد . ارزش حرارتی گاز نیز بین ۹۱۵۰- ۸۶۵۰ کیلو کالری بر استاندارد متر مکعب خواهد بود.

مایعات خروجی از تفکیک کننده ها همراه با مایعات دریافتی از سرخون پس از یک مرحله تبخیر آبی و تفکیک آب در فشار ۳۸ بار مطلق همراه با مایعات گازی بدست آمده از ردیفهای تنظیم نقطه شبنم ، بطور موقت توسط یک خط لوله ۶ اینچ بطول حدود ۵۰۰ متر ، جهت تثبیت به واحد تثبیت موجود پروژه سرخون منتقل می گردد. میزان این مایعات حدود ۱۱/۳۷ بشکه استاندارد در روز می باشد . در آینده پس از نصب واحد تثبیت مایعات گازی در پالایشگاه گاز سرخون (۲) ، کلیه مایعات گازی به این واحد منتقل خواهد شد.

شرح کلی واحد آزدایی و تنظیم نقطه شبنم (واحد ۴۰۰)

واحد آزدایی و تنظیم نقطه شبنم به منظور گرفتن بخار آب گاز خروجی از واحد جداسازی ورودی (واحد ۲۰۰) توسط محلول دی اتیلن گلیکول و تنظیم نقطه شبنم هیدرو کربنی گاز بوسیله جداسازی مایعات گازی و آب همراه و کاهش نقطه شبنم گاز می باشد. میعانات گازی در طول شبکه انتقال و توزیع سبب بروز مشکلات بهره برداری از قبیل کاهش ظرفیت خطوط لوله، گرفتگی آنها و در پاره ای از موارد ازدیاد آهنگ زنگ زدگی در مسیر لوله و تجهیزات آن می شوند. میعانات گازی که با بخار آب همراه با گاز شروع به مایع شدن می نماید.

مایع شدن گاز طبیعی بستگی به سه عامل زیر دارد:

درجه حرارت

فشار

نوع و مقدار هیدروکربنهای سنگین موجود در مخلوط گاز

نظر به اینکه کنترل عواملی از قبیل فشار و درجه حرارت گاز در طول سیستم انتقال مشکل و یا غیر عملی می باشد، برای جلوگیری از میعان شدن ترکیبات هیدروکربونی در شبکه انتقال و توزیع معمولاً، از روش سوم یعنی کاهش مقدار مایعات گازی (اجزاء هیدروکربنهای سنگین) موجود در گاز از طریق سرد کردن آن قبل از ورود به شبکه انتقال استفاده می شود. برودت لازم برای سرد کردن گاز توسط واحد تبرید (واحد ۵۰۰) که در آن از پروپان استفاده می شود، تامین می گردد. مایع شدن بخار آب موجود در گاز در طول لوله های انتقال و توزیع گاز باعث تشکیل هیدرات می گردد.

برای جلوگیری از تشکیل هیدرات در صنعت گاز با استفاده از جاذب الرطوبه دی اتیلن گلیکول بخار آب موجود در گاز جدا شده و کاهش می یابد. در واحد آزدایی و تنظیم نقطه شبنم این ماده قبل از افت درجه حرارت گاز در چیلر پروپان در دو مرحله تزریق می شود. گازهای جدا شده در واحد جداسازی ورودی (واحد ۲۰۰) پس از تبادل حرارت در میدل گاز / گاز با خشک با دمای پایین و کاهش دما وارد اولین مرحله جداسازی می گردد که در آنجا مایعات گازی مایع شده، جدا می شوند و به واحد ۲۰۰ ارسال می گردند تا در آنجا همراه با مایعات سرخون (۱) پس از تقلیل فشار وارد تفکیک کننده سه فاز آب و مایعات گازی و گاز شوند. سپس دمای گاز حامل در دو مرحله توسط گاز خشک و پروپان سرد، کاهش داده می شوند. قبل از هر کدام از این دو مرحله برای جلوگیری از تشکیل هیدرات به جریان گاز دی اتیلن گلیکول تزریق می شود. آب حل شده در گلیکول و مایعات گازی بوجود آمده در مراحل جداسازی بعدی جدا می شود. گاز خشک حامل پس از عبور از مبدل های گاز / گاز به خط انتقال فرستاده می شود و مایعات گازی جدا شده نیز به واحد تثبیت مایعات گازی در سرخون (۱) فرستاده می شود. گلیکول و آب نیز به واحد بازیابی گلیکول (واحد ۶۰۰) فرستاده می شوند.

مشخصات کلی واحد

کلیات : واحد آزدایی و تنظیم نقطه شبنم به جهت جداسازی بخار آب و تنظیم نقطه شبنم هیدروکربنی گاز تفکیک شده در واحد ۲۰۰ می باشد. گاز تفکیک شده در واحد ۲۰۰ پس از کاهش دما در مبدل گاز/ گاز E-401 وارد تفکیک کننده S-401 می شود ، فشار عملیاتی تفکیک کننده S-401 برابر ۷۰/۱ بار مطلق می باشد . مایعات گازی جدا شده همراه با مایعات گازی حاصل از سرخون (۱) و مایعات گازی حاصل از مراحل تفکیک واحد ۲۰۰ به تفکیک کننده آب و مایعات گازی S-205 هدایت می شود. گاز تفکیک شده در S-401 پس از تزریق دی اتیلن گلایکول وارد مبدل حرارتی گاز / گاز E-402 می گردد . پس از خروج مجدد دی اتیلن گلایکول به آن تزریق می شود و سپس وارد چیلر E-403 می گردد. سیال خروجی از چیلر E-403 شامل گاز ، مایعات گازی و گلایکول همراه با آب میباشد . در تفکیک کننده سرد S-402 با فشار عملیاتی ۶۸/۷ بار مطلق مایعات گازی و گلایکول همراه با آب از گاز تفکیک می شوند و گاز حامل وارد فیلتر گاز S-403 می شود . در فیلتر گاز خروجی S-403 با فشار عملیاتی ۶۸/۲ بار مطلق آخرین قطرات مایع همراه گاز تفکیک می شوند ، گاز خشک خروجی از فیلتر گاز S-403 پس از عبور از مبدل های گاز/ گاز E-402 و E-401 به سیستم انتقال و توزیع هدایت می شود . مایعات و گلایکول همراه آب تفکیک شده در S-402 همراه با مایعات بدست آمده در فیلتر گاز S-403 پس از افزایش دما در مبدل حرارتی E-502 و تبادل حرارت با بخار اشباع پروپان به تفکیک کننده مایعات گازی و گلایکول همراه با آب نیز بطور جداگانه در تفکیک کننده S-404 از سیال ورودی تفکیک می شوند . فشار عملیاتی S-404 برابر ۲۵ بار مطلق می باشد ، مایعات گازی و گلایکول همراه با آب نیز بطور جداگانه در تفکیک کننده S-404 از سیال ورودی تفکیک می شوند . مایعات گازی همراه مایعات گازی واحد ۲۰۰ و سرخون (۱) به واحد تثبیت موقت مایعات گازی واقع در سرخون (۱) هدایت می شوند . گلیکول تفکیک شده در S-404 که حاوی آب جدا شده و هیدروکربنهای حل شده در آن می باشد . به واحد بازیابی گلیکول (واحد ۶۰۰) هدایت می شود.

مشخصات سیال ، گاز و مایعات دریافتی

مشخصات گاز دریافتی از واحد ۲۰۰ :

مقدار فشار و دمای گاز دریافتی از واحد جداسازی ورودی (واحد ۲۰۰) در جدول زیر آورده شده است . اطلاعات داده شده بر اساس برآورد سال اول بهره برداری از پروژه سرخون (۲) بوده و در شرایط تابستان و زمستان داده شده است .

جدول ۳-۴ مشخصات خوراک واحدهای پروژه سرخون (۲)

تابستان				زمستان				از	به	فاز سیال
دما	فشار	مقدار		دما	فشار	مقدار				
°C	Bara	M ³ /hr	Kg/hr	°C	Bara	M ³ /hr	Kg/hr			
۴۲	۷۱	۱۵۰۲۹۲	۱۲۳۴۵۵	۴۰	۷۱	۱۵۰۲۰۸	۱۲۳۳۵۵	گاز	۴۰۰	۲۰۰

*در مورد گاز نرمال (متر مکعب در ساعت)

جدول ۳-۵ ادامه مشخصات خوراک واحدهای پروژه سرخون (۲)

تابستان				زمستان				از	به	فاز سیال
دما	فشار	مقدار		دما	فشار	مقدار				
°C	Bara	M ³ /hr	Kg/hr	°C	Bara	M ³ /hr	Kg/hr			
-۲۷/۶	۱/۸۳	۱۴/۴۶	۷۲۳۲	-۲۷/۶	۱/۸۳	۱۴/۴۶	۷۲۳۲	مایع اشباع پروپان	۴۰۰	۵۰۰

مشخصات دریافتی از سایر واحدها

تنها سیال دریافتی از سایر واحدها پروپان سرد می باشد که برای استفاده در چیلر E-403 از واحد تبرید (واحد ۵۰۰) دریافت می شود. مقدار، فشار و دمای آن در جدول زیر آورده شده است. اطلاعات داده شده بر اساس برآورد سال اول بهره برداری از پروژه سرخون (۲) و در شرایط تابستان و زمستان داده شده است.

شرح فرآیند و تجهیزات

تاسیسات نصب شده در واحد آبدایی و تنظیم نقطه شبنم (واحد ۴۰۰) به منظور جداسازی بخار آب از گاز تفکیک شده در واحد ۳۰۰ و تنظیم نقطه شبنم هیدروکربنی گاز می باشد. گاز خشک حامل که نقطه شبنم آن تنظیم شده است به سیستم انتقال گاز هدایت می شود و مایعات گازی بدست آمده نیز به واحد تثبیت مایعات گازی ارسال می شود. گلیکول همراه با آب به واحد ۶۰۰ برای بازیابی هدایت می شود. گاز جدا شده در واحد ۲۰۰ پس از عبور از شیر از کاراندازی اضطراری ESDV-101A که هم از سیستم از کار اندازی اضطراری (ESDS) و هم از سیستم کلی از کاراندازی (TSDS) فرمان می گیرد به شیر کنترل جریان FCV-101A هدایت می شود. مقدار جریان ورودی توسط FE-101A اندازه گیری و توسط FT-101A به کنتر لر FIC-101A انتقال پیدا می کند. این کنتر لر بصورت آبخاری با کنتر لر

PIC-133 عمل می کند. کنترلر PIC-133 برای کنترل فشار گاز خروجی از واحد ۴۰۰ و ارسالی به سیستم انتقال می باشد .

برای اولین سال بهره برداری میزان جریان ورودی باید بر روی ۲۱۶۵ متر مکعب گاز در ساعت و ۰/۰۳ متر مکعب مایع در ساعت در تابستان و ۲۱۸۵ متر مکعب گاز در ساعت و ۰/۰۳ متر مکعب مایع در ساعت در زمستان کنترل گردد. فشار گاز خروجی از واحد ۴۰۰ توسط PIC-133 روی ۶۷ بار مطلق کنترل می گردد.

در صورتیکه مقدار گاز ورودی به میزان قابل توجهی کاهش یابد این مطلب توسط سوئیچ جریان FSL-101A به سیستم آژیر FAL-101A انتقال پیدا کرده و آژیر بعداً در خواهد آمد . جهت نشان دادن فشار و دمای گاز خروجی از FCV-101A و ورودی به مبدل حرارتی گاز گرم / گاز E-401A نشان دهنده های دما و فشار TI-103A و PI-102A تعبیه شده است.

دمای گاز ورودی به مبدل E-401A توسط المان اندازه گیری دما TE-104A اندازه گیری شده و توسط انتقال دهنده دمای TT-104A ثبت کننده دما TR-115A جهت ثبت و به اتاق کنترل انتقال می یابد . گاز تر ورودی به مبدل E-401A با گاز خشک خروجی از E-402A تبادل حرارت کرده و دمای آن به ۲۲ درجه سانتیگراد کاهش می یابد . دمای گاز خروجی از E-401A توسط TIC-106 روی ۲۲ درجه سانتیگراد کنترل می شود دمای گاز خروجی از E-401A توسط المان اندازه گیری دما TE-106A اندازه گیری شده و توسط انتقال دهنده TT-106A به کنترلر TIC-106A انتقال می یابد . فرمان کنترل به شیر کنترل دما TCV-106A که روی جریان کنارگذر گاز سرد ورودی به مبدل قرار گرفته ارسال می شود.

دما و فشار گاز خروجی از مبدل E-401A اندازه گیری می شود و توسط انتقال دهنده اختلاف فشار PDT-104A به نشان دهنده اختلاف فشار PDI-104A منتقل می گردد . در صورتیکه اختلاف فشار از حد معینی افزایش یابد ، سوئیچ اختلاف فشار بالا PDSH-104A آژیر PDAH-104A را بعداً در خواهد آورد. دمای ورودی و خروجی گاز خشک و سرد ورودی به مبدل E-116A در اتاق کنترل به ترتیب توسط TE-124A و TE-116A اندازه گیری شده و توسط TT-124A و TT-116A به اتاق کنترل ارسال می شود. بر روی جریان گاز خشک خروجی از مبدل E-401A یک سیستم تخلیه فشار برای مواقع اضطراری یا از کاراندازی تعبیه شده است . این سیستم تخلیه فشار از یک شیر XVC-102A تشکیل شده که می تواند هم از سیستم کلی از کار اندازی (TSDS) و هم از دکمه فشاری PB-102A فرمان بگیرد. گاز تخلیه شده توسط XCV-102A به سیستم برج سوزان فشار بالا (H.P.FLARE) هدایت می شود. برای شیر کنترل XCV-102A یک جریان کنارگذر با شیر کنترل دستی HCV-103A تعبیه شده است.

یک سیستم تزریق گلیکول به جریان گاز تر در درون لوله مبدل E-401A نیز موجود می باشد که هم اکنون در سرویس نمی باشد. گاز تر خروجی از مبدل E-401A در دمای ۲۲ درجه سانتیگراد وارد تفکیک کننده میانی S-401A میگردد. تفکیک کننده میانی S-401A دارای فشار عملیاتی ۶۹/۱ بار نسبی می باشد . در تفکیک کننده میانی S-401A قسمتی از مایعات گازی و آب همراه گاز تفکیک

شده و پس از عبور از شیر کنترل سطح LCV-104A به تفکیک کننده های مایعات گازی و آب S-205/S-206 در واحد ۲۰۰ هدایت می شود. در محل خروج مایعات گازی و آب از S-401A ، برای جلوگیری از بوجود آمدن جریانهای گردابی از یک Vortex Breaker استفاده می شود . سیستم های ابزار دقیق و کنترل نصب شده بر روی تفکیک کننده S-401A عبارتند از:

✚ کنترل کننده سطح LIC-104A میزان سطح مایع در S-401A توسط LT-104A به کنترلر LIC-104A منتقل می شود . فرمان کنترل لازم به شیر کنترل سطح LCV-104A ارسال می گردد.

✚ در صورتیکه سطح مایع به سطح بالایی مایع (۵۲۵ میلی متر) برسد توسط LSH-103A آژیر LAH-103A بصدا در خواهد آمد.

✚ در صورتیکه سطح مایع به اندازه چشمگیری افزایش یابد توسط LSHH-103A آژیر LAHH-124A بصدا در می آید و فرمانی جهت باز شدن شیر تخلیه XCV-108A ارسال می گردد و در این حالت شیر کنترل تخلیه مایعات اضافی را به سیستم تخلیه تر هدایت می نماید.

✚ با کاهش سطح مایع به سطح پایینی مایع (۱۵۰ میلیمتر) توسط LSL-101A آژیر LAL-101A بصدا در می آید و فرمانی برای بسته شدن LCV-104A ارسال می گردد، توسط سیستم ESDES و TSDS نیز شیر کنترل LCV-104A می تواند بسته شود.

✚ در صورتیکه سطح مایع به اندازه چشمگیری کاهش یابد توسط LSSL-102A آژیر LALL-102A بصدا در می آید و فرمانی برای بسته شدن کامل شیر تخلیه XCV-108A ارسال می گردد.

✚ دو شیر اطمینان فشار PSV-101A/102A برای تخلیه فشار گاز در تفکیک کننده S-401A برای مواقعی که فشار مخزن به فشار طراحی (۸۴ بار مطلق) می رسد ، تعبیه شده است. گاز تخلیه شده به برج گاز سوزان فشار بالا هدایت میشود.

✚ هنگامیکه فشار مخزن افزایش یافته و به فشار طراحی مخزن می رسد توسط PSHH-107A آژیر PAHH-107A بصدا در خواهد آمد و فرمانی برای باز شدن کنترل XCV-106A و تزریق گلایکول به جریان گاز ورودی به دو شیر اطمینان فشار ارسال می گردد. تزریق گلایکول به

جریان گاز تخلیه شده جهت جلوگیری از تشکیل هیدرات در مسیر هدایت گاز به برج گاز سوزان می باشد .

دما و فشار گاز خروجی از تفکیک کننده S-401A به ترتیب توسط نشان دهنده های PI-108A و TI-107A مشخص می شود.

واحد احیای گلیکول و تزریق مجدد در مجتمع پارس جنوبی (واحد ۱۰۲)

چهار واحد احیای گلیکول برای مجموع هر دو فاز وجود دارد. همانگونه که اشاره گردید محلول گلیکول (منو اتیلن گلیکول) در سکوهاى استخراج گاز به خطوط دریایی انتقال گاز تزریق می شود تا بدینوسیله از تشکیل هیدرات در طول خط جلوگیری به عمل آید و از طرفی MEG به عنوان عامل تنظیم pH با بعضی افزودنیهای شیمیایی مانند آمین به جهت کنترل و نیز ممانعت کننده خوردگی استفاده می گردد.

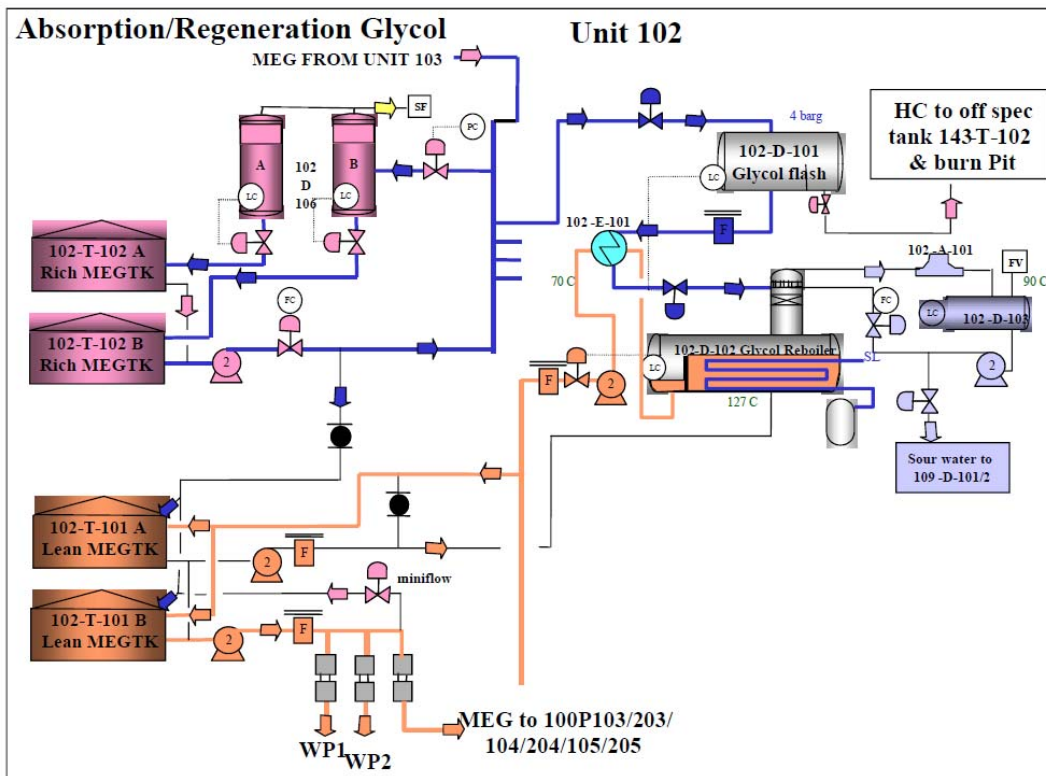
با توجه به وجود آب در گاز استخراجی از چاه، در ضمن این انتقال، محلول گلیکول رقیق خواهد شد، بنابراین محلول مذکور تزریقی به تأسیسات ساحلی به همراه مایعات هیدروکربنی برای جداسازی و بازیافت به واحد ۱۰۳ ارسال و سپس به واحد ۱۰۲ انتقال می یابد. غلظت مونو اتیلن گلیکول تزریقی به خطوط لوله دریایی حدود ۷۰ درصد است که پس از تزریق به خطوط و حل شدن آب تولیدی از چاهها با آن، غلظت آن به ۴۰ درصد می رسد.

واحد ۱۰۲ جهت احیای مجدد و بازیافت گلیکول از محلول آبی آن برگشتی از واحد ۱۰۳ به ۷۰ درصد وزنی و همچنین بالا بردن فشار آن آنچنان که قابلیت انتقال و تزریق مجدد به خطوط ۳۲ اینچ دریایی را داشته باشد، طراحی گردیده است.

در این واحد با تبخیر آب اضافی محلول گلیکول، در ریویولر برج احیاء، گلیکول غلیظ^۱ و آب ترش^۲ بدست خواهد آمد که آب ترش، جهت تصفیه به واحد ۱۰۹ فرستاده می شود.

شکل شماره (۳-۶) شماتیک واحد ۱۰۲ (احیاء منو اتیلن گلیکول) و نیز ذخیره و تزریق آن به خطوط لوله دریایی را نشان می دهد.

1. Lean glycol
2. Sour water



شکل ۳-۶ شماتیک واحد ۱۰۲ مجتمع پارس جنوبی

پیشتر توضیح دادیم که این واحد، محلول آبی مونواتیلن گلیکول (MEG) به دست آمده از واحدهای ۱۰۳ و ۱۱۰ را باز یافت می‌کند و فشار آن را جهت انتقال و تزریق دوباره به خطوط ۳۲ اینچ دریایی و تأسیسات دریایی^۱ تأمین می‌کند. به علاوه این واحد دارای مخازنی برای ذخیره گلیکول غلیظ و گلیکول رقیق^۲ می‌باشد.

در طول انتقال محلول سه فازی بین تأسیسات دریایی و تأسیسات ساحلی^۳ بوسیله خطوط ۳۲ اینچ دریایی، خطر تشکیل هیدرات با توجه به وجود آب آزاد در محلول وجود دارد. یک محلول آبی ۷۰٪ مونواتیلن گلیکول و ۳۰٪ آب به نام lean MEG برای جلوگیری از تشکیل هیدرات در حین انتقال گاز به تأسیسات ساحلی به خطوط دریایی ۳۲ اینچ تزریق می‌شود. علاوه بر آن، محلول MEG مورد استفاده به همراه آمین (که جهت کنترل pH به کار می‌رود)، کار جلوگیری از خوردگی را انجام می‌دهد. در طول این انتقال محلول MEG رقیق شده که Rich MEG نامیده می‌شود، این محلول که آب را

1. Off- shore
2. Rich glycol
3. On - shore

جذب نموده به همراه میعانات گازی به واحدهای ۱۰۳ و ۱۰۱ فرستاده می شود که در این واحد تقریباً محلول MEG به طور کامل جدا می شود. این MEG جدا شده به عنوان خوراک واحد ۱۰۲ معمولاً مستقیماً به واحدهای بازیافت فرستاده می شود ولی در صورتی که مقدار ورودی زیاد باشد، این مقدار را نمی توان مستقیماً بازیافت کرد، بنابراین مقدار اضافی تحت کنترل فشار پس از عبور از دو ظرف تبخیر کننده ناگهانی^۱ به تانکهای Rich MEG فرستاده می شود و پس از اینکه مقدار ورودی به حد نرمال رسید این تانکها دوباره به درون هدر اصلی پمپ می شود.

واحدهای بازیافت MEG شامل ۶ واحد جداگانه می شوند که در فاز ۳ و ۲ تحت لیسانس و توسط شرکت FRAMS ساخته شده است. در حالت نرمال ۴ واحد در سرویس بوده و ۲ واحد به صورت آماده بکار^۲ عمل می کنند اما هر ۶ واحد نیز می توانند همزمان به کار گرفته شوند. وظیفه اصلی واحد، کاهش مقدار آب درون Rich MEG می باشد تا آن را برای تزریق دوباره آماده کنند. برای این کار از تبخیر ساده آب محلول در یک ریویولر گلایکول، استفاده می شود.

قسمت Lean MEG یک سیستم برای ذخیره MEG است تا از وجود یک مقدار ثابت MEG جهت تزریق مطمئن باشیم. Lean MEG به وسیله دو خط ۴ اینچ به نام خطوط Piggy-back مجدداً جهت تزریق به خطوط دریایی به تاسیسات دریایی، منتقل می شود. هر خط دارای یک پمپ جداگانه می باشد و یک پمپ آماده بکار نیز وجود دارد که می تواند به جای هر کدام از این پمپها در سرویس قرار گیرد.

شرح کلی واحدها

جدول زیر مقادیر MEG و آب موجود در خوراک ورودی واحد ۱۰۲ را نشان می دهد:

جدول ۳-۶ مشخصات ترکیب و مقدار خوراک واحد ۱۰۲

Flow rate (kg/hr)	حالت Normal	حالت Depacking
MEG	۲۷۶۷۸	۳۴۱۸۶
H ₂ O	۴۵۳۳۶	۵۱۴۲۶
Total	۷۳۰۱۴	۸۵۶۱۲

به علاوه خوراک این واحد ممکن است شامل موارد زیر نیز باشد، متانول، محصولات خوردگی، ذرات جامد فلزی^۳، ضد کف^۴، گل حفاری، آب دریا، اسید، مواد حاصل از تمیز کردن چاه، نمک همراه گاز (در آینده).

1. Flash drum
2. Stand- by
3. Scales
4. Anti foam

در طول انتقال محلول سه فازی بین تجهیزات ساحلی و فراساحلی از طریق خط لوله ۳۲ اینچ با وجود آب، خطر تشکیل هیدرات وجود دارد. شرایط عملیاتی گاز ورودی از سکو به خط دریایی، به صورت، فشار 119 barg تا 74 barg و دمای ۶۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد می باشد.

در این واحدها تقریباً تمام گلیکول رقیق شده در جدا کننده سه فازی به نام پیش تبخیر کننده ناگهانی^۱ جدا می شوند که معمولاً در ۵۰ درجه سانتیگراد و 27 barg کار می کنند. پس از آن، مایعات درون پیش تبخیر کننده ناگهانی به یک نمک زدای الکتریکی^۲ فرستاده می شود و قبل از ورود به آن، آب رقیق کننده به آن اضافه می شود.

در هر واحد تثبیت، آب و گلیکول به همراه آب رقیق کننده که در نمک زدا، جدا شده است، خوراک واحد ۱۰۲ را تشکیل داده و به این واحد فرستاده می شوند.

تجهیزات گلیکول رقیق

گلیکول رقیق شده با آب (Rich MEG) که از واحد ۱۱۰ و ۱۰۳ به ۱۰۲ فرستاده شده است از طریق یک هدر تحت فشار به تبخیر کننده ناگهانی هر کدام از واحدهای بازیافت در حال کار، فرستاده می شود. جریان ورودی به طور مساوی بین واحدها تقسیم می شود.

غلظت Rich MEG در حدود ۳۸٪ می باشد ولی در صورتی که هیچ آبی قبل از نمک زدای الکتریکی، تزریق نشده باشد، این مقدار می تواند به حداکثر ۵۵٪ برسد. در حالت های غیرعادی که فشار هدر ورودی به واحد ۱۰۲ بالا باشد، یک شیر کنترل فشار، مقدار اضافی MEG را به flash drum های Rich MEG می فرستد. گلیکول رقیق از این مخازن به تانکهای ذخیره Rich MEG (102-T-102 A/B) می رود. هر تانک دارای ظرفیت در حدود 900 m³ می باشد. زمانی که ورودی واحد نرمال باشد Rich MEG به وسیله پمپ های Rich MEG یعنی (102-P-105 A/B) به هدر Rich MEG برگردانده می شود.

واحدهای بازیافت مونو اتیلن گلیکول

توضیحات زیر مربوط به یکی از واحدهای بازیافت مونو اتیلن گلیکول، می باشد که تمام تجهیزات نام برده به طور جداگانه در هر کدام از ۶ واحد بازیافت، وجود دارد. هر واحد بازیافت شامل تجهیزات زیر (جدول (۷-۳)) است:

1. Preflash drum
2. Desalter

جدول ۷-۳ لیست تجهیزات مورد استفاده در واحد ۱۰۲

Tag number	Equipments
102 D-101	One Glycol flash drum
102- F-101	Tow Rich Glycole filter
102-E-101	One Rich/ lean Glycol exchanger
102-D-102	One Glycol Reboiler (working by LP steam)
102-C-101	One still column
102-A-102	One external Reflux condenser (Air cooler)
102-D-103	One Reflux drum
102- P-101	One Reflux pump
102-P-107	One Glycol export pump
102-F-102	One char coal filter

MEG flash drum (102-D-101) در فشار حدود 4 barg عمل می‌کند. هدف این مخزن جداسازی هیدروکربن موجود در محلول گلیکول می‌باشد. هیدروکربن‌های پس از جداسازی، جمع آوری شده و به تانک ضایعات^۱ یا حوضچه سوزان^۲ فرستاده می‌شود. فشار مخزن به وسیله فرستادن گاز بالای مایعات به MP flare کنترل می‌شود که با نیتروژن به صورت Split Range بوده و در مواقع افت فشار می‌تواند فشار را کنترل کند.

پس از این مرحله محلول گلیکول رقیق، به فیلترهای کارتریجی^۳ (102-F-101 A/B) فرستاده می‌شود تا ذرات جامد آن جدا شود. گلیکول پس از عبور از فیلترهای کارتریجی به فیلتری از نوع زغالی^۴ فرستاده می‌شود تا هیدروکربن‌های سنگین که تا کنون جدا نشده‌اند از آن جدا شوند. اما وجود ترکیبات آروماتیک می‌تواند موجب اشباع کردن کربن فعال موجود در این فیلتر شود. بنابراین نیاز به این فیلتر و تشخیص محل آن، بسته به نظر سازنده و صاحب لیسانس مجموعه، می‌باشد. پس از آن گلیکول در مبدل حرارتی Rich/Lean Glycol (102-E-101) گرم شده به Still Column جایی که غلظت آن به ۷۰٪ می‌رسد فرستاد شود. Still Column (102-C-101) یک برج آکنده می‌باشد. بخار خروجی بالای برج به خنک کننده External Reflux فرستاده شده (102-A-101) و در آنجا تبدیل به مایع می‌شود، تا از هدر رفتن MEG جلوگیری شود. دمای این مایع به وسیله جریان کنارگذر یا تنظیم سرعت کولر یا تنظیم زاویه پره‌ها در حدود ۹۰ درجه سانتیگراد، کنترل می‌شود. بخارات غیرقابل میعان توسط یک سیستم Split range با نیتروژن به مشعل^۵ فرستاده می‌شود. نیتروژن برای جلوگیری از ایجاد خلأ می‌باشد. یک جریان آب به عنوان رفلکس به Still column فرستاده می‌شود و همزمان مقدار اضافی آن که شامل حداکثر 150ppm از MEG است به واحد احیای آب ترش^۶ فرستاده می‌شود. این اعمال به

1. Off spec - tank
2. Burn pit
3. Cartridge filter
4. Charcol filter
5. Flare
6. Sour water stripper

وسیله پمپ رفلکس (102-P-101) انجام می‌شود. ریبویلر (102-D-102) در دمای حدود ۱۳۵ درجه سانتیگراد کار می‌کند. گرمای ریبویلر به وسیله بخار کم فشار تأمین می‌شود. دمای این ریبویلر به وسیله کنترل مقدار جریان بخار کنترل می‌شود.

مونو اتیلن گلیکول، غلیظ شده (محلول ۷۰٪ وزنی MEG) که از ریبویلر بدست می‌آید در مبدل Rich/ lean MEG (102-E-101) سرد شده و به دمای ۷۰ درجه سانتیگراد، می‌رسد. این محلول پس از آن به وسیله پمپ (102-P-107) به هدر Lean MEG فرستاده می‌شود که به سمت به تانکهای (102-T-101 A/B) می‌رود.

تجهیزات مونو اتیلن گلیکول تغلیظ شده

گلیکول تغلیظ شده، از تمام واحدهای بازیافت در تانکهای ذخیره Lean (102-T-101 A/B) جمع می‌شود. ظرفیت هر تانک 1000 m^3 است یعنی ۲۴ ساعت در حداکثر جریان گلیکول غلیظ) مقدار جبران کننده MEG از واحدهای خارج از پالایشگاه^۱ می‌تواند به این تانک فرستاده شود. این تانکها به وسیله نیتروژن پوشش شده‌اند تا از پلیمر شدن مونواتیلن گلیکول در مواجهه با اکسیژن جلوگیری شود. جهت شروع به کار اولیه واحدها مقداری گلیکول غلیظ (قبل از گرفتن آب) به وسیله پمپ 102-P-110 پس از عبور از فیلتر 102-F-104 به درون ریبویلر واحدها وارد می‌شود.

جهت جلوگیری از هرگونه اشکال ناشی از کمبود مکش اولیه لازم^۲ مربوط به پمپهای تزریق کننده (102-P-102 A/B/C)، بوستر پمپهای گلیکول تغلیظ شده (102-P-103 A/B)، فشار مثبت را در خط ورودی این پمپها تأمین می‌کنند. گلیکول تغلیظ شده، قبل از ورود به این پمپها و پس از بوستر پمپها از فیلترهای 102-F-103 A/B عبور می‌کند.

سه پمپ تزریق کننده رفت و برگشتی (102-P-102 A/B/C) (دو تا در حین کار و یکی به صورت آماده بکار) مونو اتیلن گلیکول تغلیظ شده را به تاسیسات دریایی تزریق می‌کنند. بطور معمول 102-P-102 A/B به طور جداگانه به دو خط لوله دریایی تزریق نموده و 102-P-102C به عنوان یدک بوده در صورت افت فشار در هر خط لوله به طور اتوماتیک شروع به کار می‌کند و جریان به طور اتوماتیک به خط لوله فشار کمتر هدایت می‌شود. مقدار جریان این پمپها در حال نرمال $18.8 \text{ m}^3/\text{hr}$ است که می‌تواند تا 5.7 m^3/hr کاهش می‌یابد.

1. Off site
2. Sump drum

مخزن گلايکول (102-D-105)

خروجی های غیر نرمال گلايکول از هر واحد باز یافت به طور جداگانه توسط خطوط مخصوصی، جمع آوری شده به یک مخزن زیر زمینی گلايکول^۱ فرستاده می شود. این گلايکول می تواند به وسیله پمپ 102-P-104 دوباره به واحدها برگردانده شود. ضمناً این مخزن مجهز به گرم کن بخاری و پوشش نیتروژن می باشد.

واحد تنظیم pH و ممانعت از خوردگی (102-U-102 و 102-U-103)

محلول متیل دی اتانول آمین (MDEA) که عموماً به عنوان کنترل کننده pH مورد استفاده قرار می گیرد در ورودی بوستر پمپها تزریق می شود. این تزریق به وسیله واحد 102-U-102 انجام می شود که به عنوان واحد جلوگیری کننده از خوردگی در خط لوله دریایی بین تاسیسات ساحلی و فراساحلی نیز اطلاق می شود. ممانعت کننده از خوردگی به آبی که به واحد ۱۰۹ فرستاده می شود، تزریق می گردد. ضد کف نیز به وسیله واحد 102-U-104 می تواند به واحدهای باز یافت تزریق شود.

راه اندازی اولیه^۲ (بعد از تعمیرات)

پیش از استارت اولیه واحد، باید از موارد زیر اطمینان حاصل نمود:

- تمام مسیرهای ابزار دقیق در سرویس قرار گرفته اند.
- نیروی الکتریکی در دسترس است.
- سیستمهای کنترلی اعم از سیستمهای DCS^۳ و ESD^۴ در سرویس می باشند.
- نیتروژن، بخار کم فشار، کندانس سرد و هوای ابزار دقیق موجود می باشند.
- مسیرهایی که باید Blind و یا Deblind شده باشند بر طبق P&ID در حالت درست قرار دارند.
- تانک گلايکول خالص در واحد ۱۴۶ دارای مقدار کافی گلايکول بوده و آماده سرویس دهی می باشد.
- تمام شیرهای Drain و Vent و شیرهای ایزوله کننده^۵ تمام دستگاهها باید چک شوند که در وضعیت درست قرار دارند.
- مسیر بخار و میعانات خروجی چک شوند که باز باشند.
- تمام شیرها از لحاظ CSC و CSO چک شوند.
- مسیر ورودی و خروجی گلايکول چک شوند که باز باشند.

1. Start up
2. Distributed Control System
3. Emergency shut down
4. Isolating valve

✚ مسیره‌های فلز چک شوند که در سرویس باشند.
 ✚ فیلترها چک شوند که Cartridge درون آنها قرار گرفته است.
 ✚ مخازن حاوی pH. Control و Anti corrosion و Anti foam را پر می‌کنیم.
 ✚ برای اطمینان از آسیب ندیدن قطعات استارت واحد باید به آرامی و طبق برنامه انجام شود.
 ✚ در ابتدای استارت واحد و افزایش سطح مایعات در واحد باید اطمینان حاصل کنیم که در مرحله بعد تانک گلایکول تصفیه شده را بوسیله خط گلایکول که از واحد ۱۴۶ می‌آید تا ۸۰٪ پر می‌کنیم. در این دستور العمل استارت فرض می‌شود که خط لوله دریایی انتقال گلایکول جهت ارسال گلایکول به سرچاهها (Piggy back line) از قبل از گلایکول پر شده است.
 ✚ در مرحله بعد، بوسیله گلایکول که از واحد ۱۰۳ فرستاده می‌شود به ترتیب درامهای واحد ۱۰۲ را پر می‌کنیم برای این کار ابتدا بوسیله شیر کنار گذر (bypass of PV0136) درامهای ورودی (102-D-106 A/B) را تا ۵۰٪ افزایش سطح می‌دهیم و مطمئن می‌شویم که مقدار مایع در این درامها به حدکافی رسیده است، زیرا در غیراینصورت باعث نفوذ گاز به واحد شده و مشکل ساز می‌شود.
 سپس با برقرار کردن جریان از این درامها به سمت تانکهای گلایکول رقیق مقداری مایع در این تانکها جمع آوری کرده و بوسیله پمپهای خوراک شروع به افزایش سطح در درامهای ورودی پکیج ها می‌کنیم. پس از جداسازی هیدروکربن و عبور از فیلترها شروع به افزایش سطح مایع در ریویولر می‌کنیم. قسمت مربوط به گلایکول غلیظ (Lean side) این درام را نیز بوسیله استارت پمپ ۱۱۰ پر می‌کنیم و زمانی که مقدار مایع در این درام برج پس از عبور از خنک کننده‌ها به رفلاکس درام رفته و باعث افزایش سطح این درام می‌شود. در اینجا می‌توان سیکل رفلاکس را در سرویس قرار داد. پس از اینکه دمای ریویولر به حدود مقدار قابل قبول رسید می‌توان با استارت کردن پمپ انتقال، گلایکول تصفیه شده را به تانک فرستاد. به همین روش می‌توان هر تعداد پکیج مورد نیاز را در سرویس قرار داد.
 در این قسمت، نوبت به استارت پمپهای تزریق گلایکول می‌رسد که بعد از استارت بوستر پمپ ها، می‌توان این پمپها را استارت کرد. مقدار جریان پمپهای تزریق نیز از داخل اتاق کنترل بوسیله تغییر استروک پمپ روی مقدار مورد نظر تنظیم می‌شود. گاهی اوقات در ابتدای استارت پمپ، فشار خروجی آن پایین است که این مورد با گذشت زمان و با فشارگیری خط لوله دریایی تزریق گلایکول رفع می‌شود.

1. Stroke

کنترل نقطه شبنم آبی در پالایشگاه فجر جم

ماده شیمیایی که در این پالایشگاه برای جذب آب و جلوگیری از تشکیل هیدرات استفاده می شود، دی اتیلن گلیکول است، تشکیل هیدرات باعث انسداد مسیر هیدرو کربنها و اختلال در عملیات می شود. مصرف عمده و دائمی گلیکول در واحد های تنظیم نقطه شبنم است که روزانه حدود ۲۸۰۰ متر مکعب به مبدلهای حرارتی این واحد ها تزریق می شود. مصرف کننده دیگر گلیکول مراکز تفکیک است که در صورت نیاز روزانه تا حداکثر ۱۱۰۰ متر مکعب به خطوط گاز و مایعات گازی تزریق می شود. مایعات جمع اوری شده به همراه گلیکول وارد گرم کننده ای می شوند که با بخار آب تا دمای حدود ۳۰ درجه سانتیگراد گرم شده و سپس وارد دو مخزن جدا کننده می شود در آنجا گلیکول و مواد نفتی دو فاز تشکیل می دهند، گلیکول که سنگین تر است از پایین مخزن و مایعات نفتی از بالای مخزن جدا می گردند فشار این مخزن حدود ۲۲ بار است که مایعات نفتی توسط خطوط ۱۰ اینچ بطرف واحد تثبیت کننده فرستاده می شود و گلیکول آن پس از خروج از این مخزن وارد فلاش درام (مخزن انبساط)، می شود. بخارات گاز همراه با گلیکول، در این مخزن جدا شده و در نهایت گلیکول وارد مخزن گلیکول پرآب شده و ذخیره می گردد. گلیکول پر آب از توسط پمپ به واحد احیا گلیکول پمپ می شود.

واحد احیا گلیکول

گلیکول از مخزن گلیکول پر آب با فشار ۶ بار و دمای ۳۰ درجه سانتی گراد و توسط خط لوله ۸ اینچ منتقل می شود که پس از انتقال به واحد گلیکول ابتدا از واحد های فیلترالمنتی گذشته و ذرات ریز و معلق آن که ممکن است باعث ایجاد کف در جوشاننده ها شود، گرفته می شود و سپس وارد یک مبدل حرارتی شده و تا حدودی گرم می شود و توسط لوله های ۴ اینچ تقسیم شده و وارد آن می شوند که در آنجا تا دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد با بخار آب گرم شده و آب اضافی گلیکول بصورت بخار از آن خارج می گردد. برای اینکه گلیکول همراه با بخار آب خارج نگردد روی جوشاننده برجکی نصب شده که دارای ۸ سینی است، جریان سینی های بالای برج با آب سرد خنک و کنترل می شود و مایعات سرد شده روی سینی ها ریخته و عمل رفلکس را انجام می دهد.

گلیکول غلیظ شده از پایین جوشاننده پس از تبادل حرارت با گلیکول پر آب و سرد شدن تا دمای ۴۰ درجه سانتی گراد از یک سری فیلتر برای جدا نمودن ذرات جامد معلق آن گذشته و توسط خط لوله وارد مخزن گلیکول کم آب می شود (برای جلوگیری از ایجاد کف در جوشاننده ها ماده ضد کف به واحد باز یافت تزریق می شود.

فصل چهارم
مشکلات عملیاتی و
روش غلبه بر آنها در
واحدهای نم زدایی با
گلایکول

خوردگی در واحدهای گلايکول

از جمله مسائل مهم در عملیات با گلايکول، مسئله خوردگی در تاسیسات گلايکول می باشد. با توجه به اینکه گلايکول خالص در مقابل فولاد خورنده نمی باشد، خاصیت خوردگی گلايکول در نتیجه ورود مواد حاصل از اکسیداسیون یا تجزیه حرارتی گلايکول و نیز برخی مواد موجود در گاز می باشد. مقدار خوردگی گلايکول بستگی به درجه حرارت آن، سرعت مایع و سایر پارامترهای دیگر دارد. عموماً جهت جلوگیری از ایجاد پدیده خوردگی اقدامات زیر در واحدهای عملیاتی انجام می شود:

- ✚ استفاده آلیاژهای ضد خوردگی در ساخت تجهیزات
- ✚ استفاده از مواد ضد خوردگی در مرحله فرآیند
- ✚ جلوگیری از آلوده شدن محلول گلايکول
- ✚ ایجاد شرایط عملیاتی ویژه، جهت کاهش درجه حرارت و سرعت محلول گلايکول

تجربیات عملیاتی نشان داده است که عامل اصلی در ایجاد خاصیت خوردگی در محلول گلايکول، اکسیداسیون آن و در نتیجه ایجاد اسیدهای آبی می باشد که باعث جذب CO_2 و H_2S از گازهای طبیعی می گردد. روند اکسیداسیون دی اتیلن گلايکول در آزمایشگاهها مورد بررسی قرار گرفته است که نتیجه بررسی ها نشان می دهد که این روند با افزایش فشار جزئی اکسیژن و با بالا رفتن درجه حرارت در محیط اسیدی شدت می یابد .
مواردی که در خوردگی گلايکول تاثیر گذار هستند بشرح زیر می باشند:

- ✚ محلول های گلايکولی که خواه از طریق اکسیداسیون و یا با اضافه نمودن اسیداستیک (جوهر سرکه) اسیدی شده اند از محلول طبیعی بیشتر خورنده می باشند.
- ✚ نمک های خنثی در غلظت خیلی پائین در میزان خوردگی اثر نمی گذارند.
- ✚ محلول های گلايکول در محیط بازی دارای خواص خوردگی خیلی کم می باشند.

نتیجه دیگری که از تحقیق فوق حاصل شده این است که مقدار خوردگی از سیستم آزمایشی در اثر وجود اسید با فراریت زیاد پیش آمد که در اثر تبخیر و متعاقب آن بعد از تقطیر در سطح کوبن های آهن نرم ، موجب افزایش خوردگی در آنها گردید. در این راستا پوشش های بازی نظیر فسفات پتاسیم با اسید های آزاد آبی ترکیب شده، می تواند فشار بخار را تا مقدار ناچیزی کاهش دهد.
بازهای آلی نظیر مونواتانول آمین می تواند همزمان با اسیدهای آلی بخار شده و آنها را در حین تقطیر خنثی نماید. پیشنهاد عملیاتی چنین می باشد که مقدار pH گلايکول در فواصل معینی آزمایش شده و با افزودن برآکس ، اتانول آمین و یا سایر مواد بازی؛ مقدار pH گلايکول در محدوده $7/3$ تا $8/5$ تنظیم گردد. pH زیاد برای محلول گلايکول توصیه نمی شود، چون خاصیت کف کنندگی و تولید امولسیون با هیدروکربورها را افزایش می دهد.

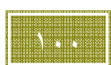
برخی مواد ضد خوردگی در سیستم های گلايکول به نحوی مورد استفاده قرار گرفته اند که از بین آنها می توان به مونواتانول آمین و سدیم مرکاپتوبنزیوتیازول اشاره نمود. در یک واحد نم زدائی گلايکول که بعد از ۲ سال بهره برداری سینی های برج جذب دچار خوردگی شدیدی شده بودند و بعد از ۳ سال بهره برداری لوله گاز خشک خروجی از برج دچار ترکیدگی شد. پس از اینکه خوردگی مشاهده گردید ، ابتدا pH محلول گلايکول اندازه گیری شد که میزان pH بین ۴/۱ تا ۵/۰ گزارش شد. جهت بهبود شرایط تصمیم گرفته شد که داخل برجهای جذب با پوشش فولاد ضد زنگ پوشانیده شده و سینی ها از جنس فولاد ضد زنگ انتخاب شوند. همچنین مقرر گردید که ماده ضد خوردگی سدیم مرکاپتوبنزیوتیازول به محلول گلايکول اضافه شده و گازهای ورودی به برج جذب ۱۰۰ درجه فارنهایت (۳۶ درجه سانتیگراد) تا ۸۰ درجه فارنهایت (۲۷ درجه سانتیگراد) خنک شده و سیستمی در نظر گرفته شود تا ورود اکسیژن به برج جذب را از طریق گازهای ورودی کاهش دهد. نتیجه این اقدامات چنین بود که از مقدار خوردگی هر نوع آلیاژ آهن که در تماس با گلايکول بوده به مقدار زیاد کاسته شد. این موضوع بوسیله بقیه کوپنهای خوردگی در محل مورد نظر بررسی می شد. ماده ضد خوردگی از محلول ۴۵ درصد سدیم مرکاپتوبنزیوتیازول در آب بود که مستقیماً به بشکه های در حال مصرف گلايکول اضافه می گردید. غلظت نهائی این ماده در محلول گلايکول به حدود یک درصد می رسید. به منظور حداقل رسانیدن مقدار خوردگی در سیستم دو اقدام عملیاتی دیگر نیز به مرحله اجراء درآمد. در این سیستم ابتدا یک دستگاه اسکرابر در مسیر گازهای خروجی از برج جذب گلايکول نصب گردید تا مقدار هرزرفت گلايکول در مسیر جریان گاز خروجی را کاهش دهد دوم اینکه ماده ضد خوردگی دیگری در مسیر گازهای خروجی تزریق گردید. این محلول ضد خوردگی محلول ۷۰ درصد پلی اتانول روزین آمین درالکل ایزوپروپیل بود که محلول روزین آمین شامل مخلوط ۹۰ درصد روزین آمین اتوکسیله^۱ شده و ۱۰ درصد روزین آمین می باشد.

میزان مصرف ماده ضد خوردگی یاد شده ، به مقدار ۰/۱ گالن در روز برای حجم گازی معادل ۶۰ میلیون استاندارد فوت مکعب گاز در روز تزریق گردید. در نتیجه اقدامات عملیاتی انجام شده مقدار خوردگی در کوپن هائی که در مسیر جریان گاز خشک نصب شده بودند از مقدار ۳۰ ام پی وای^۲ در سال به ۰/۲ ام پی وای در سال (درمحدوده چهارسال آزمایش) کاهش یافت.

فساد گلايکول و لزوم ایجاد سیستم فیلتراسیون

کثیف شدن گلايکول علاوه بر بالابردن مقدار خوردگی با کثیف نمودن رویه مبدلهای حرارتی؛ باعث افت راندمان بهره وری از سیستم می شود. محلول گلايکول ممکن است با محصولات اکسیداسیون گلايکول و یا محصولات خوردگی (نظیر اکسیداسیون آهن و یا سولفور آهن) و یا با مواد ریز معلق جامد یا مایع حمل شده توسط جریان گاز آلوده شود. آلودگیهایی که بصورت ذرات جامد می باشند در تانکها، سینی

1. Ethoxyl
2. Milles per year (M.P.Y.)

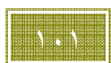


های تماس برج جذب ، برج احیاء مبدلهای حرارتی و سایر مخازن ته نشین شده . مشکلات زیادی را بوجود می آورند . این مواد پارامتری موثر در افزایش خوردندگی و یا افزایش سائیدگی مکانیکی^۱ می باشند. لذا پیش بینی و ایجاد تمهیدات مناسب برای جدا کردن ذرات جامد معلق در عملیات با گلايکول ضروری است . فیلتر های از نوع مناسب که معمولاً در مسیر لوله گاز گلايکول خروجی از برج جذب نصب می شود، دارای کارایی عملیاتی خوبی بوده اند.

فیلتراسیون در سیستم گلايکول

معمولاً المنت هائیکه از بافتنی ها و پارچه ساخته می شوند برای سیستم فیلتراسیون گلايکول، مناسب می باشند. المنت های کاغذی و فایبرگلاس کارایی خوبی ندارند. ذرات موجود در گلايکول باید تا حد ۱۰۰ PPM پائین آورده شوند. اگر کار فیلتراسیون بطور موثر در سیستم انجام نپذیرد ممکن است با جمع شدن ذرات جامد معلق در سیستم ، خوردگی افزایش یافته و در سینی های برج جذب ممکن است گرفتگی بوجود آید ، آکنه های برج (پر کننده ها) مسدود می شوند، و در سطح تیوبهای ریویولر جمع شده و آنها را آلوده کند. فیلتراسیون باید در مسیر اصلی عبور گلايکول باشد اینککه چه درصدی از جریان فیلتر شود به بستگی به مسائل اقتصادی قضیه دارد. هر دو مورد فیلتر نمودن تمامی جریان گلايکول و یا جریان کوچک کنارگذر در صورتیکه خوب طراحی و بهره برداری شوند ، بازدهی قابل قبولی دارند. زمان تعویض المنت های فیلتر، بستگی به درجه آلودگی گلايکول در گردش دارد. اگر گازهای ورودی سیستم گلايکول در گردش تمیز نگهداری شوند، المنت های فیلتر مدت زیادی کار خواهند داد. بطور معمول با اندازه گیری افت فشار مابین اتصالات ورودی و خروجی فیلتر توسط دستگاه اندازه گیری اختلاف فشار، در مواردیکه افت فشار به حدود ۲۵ پوند بر اینچ مربع برسد، المنت های فیلتر نیاز به تعویض و یا تمیزکاری دارند. چنانچه اختلاف فشار در فیلترها پس از مدت معمول بوجود نیاید، ممکن است المنت های فیلتر نصب نشده باشند و یا اینککه دستگاه اندازه گیری اختلاف فشار بطور معکوس در سیستم نصب گردیده باشد و یا فیلترها پاره شده باشند که بایستی موضوع با اولویت مورد بررسی قرار گیرد. برای اطمینان از بهره برداری مناسب بایستی المنت آلوده شده فیلتر را در امتداد شعاع و تا مرکز المنت را برش دهیم. اگر المنت در طول تمامی شعاع آلوده شده باشد مطمئناً از آن به طور اصولی بهره برداری شده است. اگر قسمت های داخلی فیلتر هنوز تمیز می باشد، المنت از نوع غیر صحیح و یا از نوع میکروبی انتخاب گردیده است. بعضی از ناخالصیها نظیر پارافین در محلول گلايکولها، المنت فیلتر را از قبل پوشانده و آلوده می سازند و بدینوسیله فیلتر قادر به جداسازی ذرات معلق جامد نخواهند بود.

1. Erosion



فاسد شدن و آلوده شدن گلايکول

هیدروکربورهای مایع از راههای مختلفی به سیستم های گلايکول راه پیدا می کنند، اگر جدا کننده های ورودی گاز کوچک بوده و یا صدمه دیده باشند، هیدروکربورهای مایع می توانند از طریق گازهای ورودی وارد سیستم گلايکول شوند. همچنین اگر گلايکول ورودی به برج سردتر از گازهای تغذیه شده به برج باشند؛ باعث راه پیدا کردن مایعات گازی به سیستم گلايکول می شود، اگر گلايکول سردتر از گاز ورودی به برج باشد باعث تقطیر هیدروکربورهای سنگین موجود در گاز شده و این مایعات گازی وارد محلول گلايکول می گردد.

محصولات حاصل از خوردگی از فولاد و آهن توسط آنالیز شیمیایی قابل تشخیص می باشند، در خیلی مواقع ذرات ریز سیاه رنگ در داخل محلول گلايکول دلالت بر وجود ذرات آهن دارد. ذرات آهن موجود در گلايکول را می توان با فیلتر شنی که به خوبی طراحی شده و از لایه های شنی مناسب پر شده باشد از سیستم بیرون آورد.

چون پارافین ها معمولاً توسط جریان گاز و در فاز بخار منتقل می شوند و معمولاً بدون هیچگونه مانعی از جداکننده ورودی عبور می نمایند. گاهی، توریهای جذب ذرات بخار پارافین بین دستگاه جداکننده ورودی و برج جذب با گلايکول به منظور جدا سازی ذرات بخار پارافین و جلوگیری از ورود آنها به سیستم گلايکول و قبل از آلوده نمودن محلول گلايکول طراحی و نصب می شود. اگر هیدروکربورهای پارافینی وارد سیستم گلايکول شوند می توان با نصب یک دستگاه جداکننده سه فازی در مسیر عبور گلايکول کثیف و قبل از ورود آن به ریویلر از ورود مواد پارافینی جلوگیری نمود. این جدا کننده باید به طور مناسب طراحی شده و دارای شکل داخلی مناسبی به منظور جدا سازی سریع مواد پارافینی باشد. معمولاً مواد پارافینی در درجه حرارت های حدود ۶۶ درجه سانتیگراد تبدیل به جامد می شوند. لذا قبل از دستگاه جداکننده سه فازی باید فیلتر مناسب در مسیر عبور جریان آن نصب شود. مواد پارافینی ممکن است المنت های فیلتر را سریعاً پوشانده و آنها را مسدود نمایند.

دستگاه تفکیک گر معمولاً بعد از مبدل حرارتی گلايکول نصب می شود تا محلول گلايکول را در بالاتر از درجه حرارت انجماد مواد پارافینی نگه دارد، مواد پارافینی جامد حتی دستگاه جداکننده را نیز بلوکه می کنند، نمکی شدن گلايکول یکی از مشکلات عملیاتی سیستم های گلايکول می باشد. در ریویلرهائیکه با آتش مستقیم کار می کنند نمک در رویه تیوبها ته نشین شده و ضمن کاهش انتقال حرارت و ایجاد خوردندگی، نمکی شدن باعث ترکیدن تیوبهای ریویلرها نیز می گردد.

اما باید توجه داشت که می توان نمک را از محلول گلايکول جدا نمود، با استفاده از دستگاه ریکلایمر و یا با کمک گرفتن از رزین تبادل یونی می توان نمک را از سیستم گلايکول جدا نمود. هر دو سیستم یاد شده ممکن است قابل حمل و جابجایی^۱ باشند.

اگر سیستم های جدا کننده نمک در دسترس نباشند و غلظت نمک در محلول گلايکول به یک درصد وزنی برسد، باید تمامی گلايکول را از سیستم خارج نموده و برای جدا سازی نمک آن توسط ریکلایمر^۱ و یا رزین تبادل یونی نگهداری نمود .

در ریبویلر هایی که با آتش کار می کنند ترکیدن تیوب ها درحالتی که گلايکول نمکی شده باشد، زیاد اتفاق می افتد .

با توجه به مشکلاتی که ورود اکسیژن به سیستم بوجود می آورد، بایستی از نفوذ اکسیژن به آکومولاتور جلوگیری به عمل آورد برای این عمل، مقدار کمی گاز شیرین از آکومولاتور عبور داده می شود تا اکسیژن را از گلايکول بدور نگهدارد . مقدار خیلی جزئی از گاز شیرین برای انجام این کار کفایت می کند . گاز حائل از نفوذ اکسیژن به آکومولاتور جلوگیری نموده و همچنین از آلوده نمودن محلول گلايکول احیاء شده توسط بخار آب تولید شده در ریبویلر ممانعت به عمل آورد . باید توجه نمود که کار اصولی استفاده از نیتروژن برای جلوگیری از ورود اکسیژن می باشد اما در سیستم های قدیمی گاهی از گاز شیرین برای این منظور استفاده می شود.

تصفیه گلايکول

بطور معمول از سیستم ذغال فعال بمنظور جداکردن ناخالصیهای گلايکول استفاده می نمایند. یک سیستم تصفیه، شامل مخزنی است که با ذغال فعال پر می شود. نوع دیگر ذغال فعال را در ظرف های مخصوص بعنوان فیلتر ذغالی پیش ساخته عرضه می نمایند.

ذغال های با پایه ذغال سنگی سخت و سنگین هستند که از آنها زیاد استفاده می شود، ذغالهای چوبی نرم و سبک می باشند که مشکل پودر شدن و ایجاد گرد ذغال را بدنبال دارند.

اینکه فیلتر ذغالی در مسیر جریان اصلی گلايکول قرار می گیرد و یا نصب در جریانهای جنبی و کنارگذر بستگی به مقدار بودجه مالی دارد. هر دو نوع سیستم فیلتراسیون بازدهی دارند.

فیلتر ذغالی که خوب طراحی شده باشد می تواند مشکلات زیادی را از سر راه بردارد. ولی واحد تصفیه ذغالی که بد طراحی شده باشد می تواند معضلات زیادی بهمراه داشته باشد. مخزن پر شده از ذغال فعال باید امکانات مناسبی برای پخش گلايکول بر سطح ذغال فعال داشته باشد تا از کانالیزه شدن گلايکول در مسیرهای انحرافی جلوگیری بعمل آید. همچنین باید امکانات شستشوی معکوس با آب وجود داشته باشد تا ذرات معلق شستشو داده شوند. نصب نگهدارنده توری با اندازه مناسب در پائین مخزن ذغال فعال بمنظور جلوگیری از گرفتگی و یا هدر رفتن ذغال لازم می باشد. اگر ذغال بنحوی از مخزن بیرون آمده و وارد سیستم گلايکول در گردش شود می تواند از عوامل ایجاد کف در سیستم باشد. برای تماس بهینه بین ذغال فعال و جریان گلايکول باید مقدار جریان گلايکول در حد بهینه خود نگهداری شود.

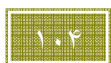
مدت زمان کارکرد ذغال فعال بستگی به میزان تمیزی گلايکول دارد، ذغال فعال تازه در واحد تصفيه نصب شده (در دستگاه نم زدائی جديد) می تواند تا دو سال کار کند به شرطی که گازهای ورودی به سیستم تمیز باشند. ذغال فعال موقعی نیاز به تعویض دارد که رنگ گلايکول شروع به تار شدن نموده و یا افت فشار در دستگاه فیلتر ذغالی به حدود ۱۰ تا ۲۰ پوند بر اینچ مربع برسد. اینکه ابعاد مخزن ذغال فعال چه اندازه باشد بستگی به طراحی مخزن ذغال فعال دارد. ابعاد معمول مورد مصرف در سیستم تصفيه ذغال اندازه های مش ۸*۳۰ و مش ۴*۱۰ می باشند. اگر امکانات شستشوی معکوس با آب برای جداسازی ذرات معلق و چسبیده به ذغال فعال در مخزن پیش بینی نشده باشد، می توان بخار اشباع را در بستر ذغال فعال تزریق نموده و ذرات معلق و چسبیده به ذغال فعال را جدا نمود، بعد از اینکه ذغال فعال حجم زیادی از هیدروکربورها را در خود جذب کرده باشد، استفاده از بخار آب، در حالتیکه هنوز ذغال فعال در داخل مخزن تصفيه می باشد، در بعضی موارد استفاده از بخار به احیاء ذغال کمک می کند، در بعضی مواقع دیگر از بخار آب کمکی ساخته نیست. در هر صورت استفاده از بخار در تاسیساتی که در دسترس می باشند، توصیه می شود. باید توجه داشت که ذغال فعال موجود در فیلتر کربن، ذرات جامد را نیز جدا خواهد نمود، اما کارائی فیلترهای ویژه جذب ذرات جامد را نخواهد داشت. معمولاً فیلتر کربن در پائین دست فیلترهای ویژه جذب جامد، نصب می گردد. فیلتر کربن می تواند در مسیر جریان گلايکول داغ مثلاً بین مبدل حرارتی گلايکول به گلايکول و برج احیاء در مسیر گلايکول غنی نصب شود.

اگر از برج پر از کربن فعال استفاده شود، برج یاد شده باید دارای نسبت طول به قطر (L/D) برابر یا بیشتر پنج به یک (۱:۵) باشد. در برج های با قطر کم نسبت (L/D) برابر با ۱ تا ۱۰:۱ توصیه می شود. در این صورت تماس بین گلايکول و کربن فعال حداکثر مقدار ممکن خواهد رسید.

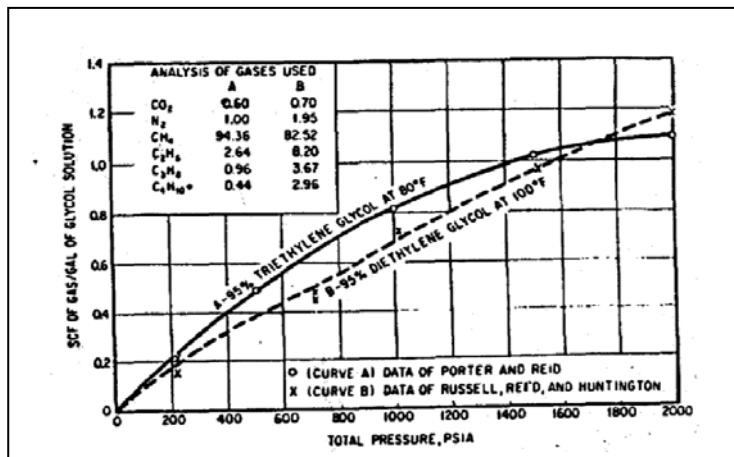
حلالیت جریان گازی در محلول گلايکول

در مسیرهای عملیاتی با گاز طبیعی در فشار بالا، معمولاً مقادیر قابل ملاحظه ای از هیدروکربنهای موجود در گاز طبیعی در گلايکول در گردش حل می گردند. مقدار حلالیت یک نمونه از جریان گاز طبیعی در محلول گلايکول در نمودار (۱-۴) نشان داده شده است. گازهای محلول در گلايکول هرچند طبیعتاً خورنده نمی باشند ولی در مواقعی که فشار محلول گلايکول در سیستم احیاء کاهش می یابد در اثر انبساط و خارج شدن گازها و ایجاد جریان مغشوش و نا آرام و مخلوط دو فازی در سرعت زیاد، به مقدار خوردگی شتاب می دهند. برای کاهش دادن این اثرات و برای جدا کردن حداکثر مقدار گازهای اسیدی که ممکن است در محلول گلايکول وجود داشته و عامل اصلی خوردگی هم می باشند، روش تجربی و عمومی این است که مخزن تبخیر کننده آنی^۱ مناسب در مسیر محلول گلايکول غلیظ و قبل از سیستم احیاء نصب شود. از نقطه نظر کنترل خوردگی مخزن هواگیر مناسب که قبل از مبدل حرارتی نصب شود عمل موثرتری می تواند انجام دهد. همچنین

1. Flash drum



اگر این مخزن هواگیر بعد از مبدل حرارتی نصب شود حجم بیشتری از گازها را به هوا خواهد فرستاد. گاهی، علاوه بر نصب فیلتر و مخزن هواگیر، جهت کاهش مقدار خوردگی بجای نصب ریویولر از یک دستگاه پیش گرمکن و از برج احیاء با فلز از جنس فولاد ضد زنگ استفاده می شود .



نمودار ۱-۴ حلالت گاز طبیعی در گلایکول

از جمله تدابیری که در جهت کاهش ورود اکسیژن به سیستم اتخاذ می شود ایجاد سیستم محافظ گازی در بالای تانک ذخیره گلایکول می باشد، بطور معمول از یک گاز خنثی نظیر نیتروژن بعنوان گاز محافظ برای جلوگیری از اکسیداسیون گلایکول ها استفاده می شود، بدلیل اینکه برخی حوزه های گازی دارای اکسیژن آزاد هستند، نصب سیستم محافظ گازی در بالای تانک ذخیره گلایکول همیشه از اکسیده شدن گلایکول جلوگیری نمی نماید.

1. Gas Blanketing

دلایل هرزرفت گلايکول و روشهای کنترل آن

بدلایل متعددی گلايکول موجود در سیستم هدر می رود که می توان آنها را به شرح ذیل خلاصه نمود:

- ✚ وجود نشت در سیستم، وجود نشت در آب بند پمپها ، لوله ها و اتصالات یکی از عوامل مهم هدر رفتن گلايکول در سیستم می باشند.
- ✚ کف کردن گلايکول، یکی از مشکلاتی است که با بروز آن در سیستم، گلايکول همراه گاز از سیستم خارج می گردد.
- ✚ بالا بودن درجه حرارت برج جوشاننده، در این حالت مقداری گلايکول از سیستم به صورت بخار خارج شده و در نتیجه گلايکول در سیستم کاهش می یابد.

هرزرفت گلايکول در واحدهای نم زدائی با گلايکول بطور نرمال حدود یک پوند و با یک دهم گالن در هر میلیون استاندارد فوت مکعب گاز می باشد. مقدار هرزرفت گلايکول در برخی واحدها به مراتب بیشتر بوده و حتی به مقدار صد گالن در هر میلیون استاندارد فوت مکعب گاز می رسد. برای هرزرفت گلايکول، توری های آسیب دیده در قسمت فوقانی برج جذب و سرعت زیاد گاز، می تواند مقدار هرزرفت گلايکول را سریعاً افزایش دهد. بر اساس مبانی طراحی معمولاً توری های جذب مایع برای افت فشار بین ۱۵ تا ۳۵ پوند بر اینچ مربع طراحی می شوند، افت فشار بیشتر باعث پاره شدن توری های جذب مایع شده و موجب هرزرفت بیشتر گلايکول با گازهای خروجی از برج می گردد. مواردی بشرح زیر باعث ازدیاد افت خواهند شد :

- ✚ تغذیه بیش از حد گاز به سیستم، باعث ازدیاد سرعت و در نتیجه باعث افزایش افت فشار خواهد گردید. مثلاً در یک واحد با ظرفیت ۶۰ میلیون استاندارد فوت مکعب ، مقدار ۱۲۰ میلیون استاندارد فوت مکعب گاز از سیستم گلايکول عبور دهند.
- ✚ در دبی برابر گازهای تغذیه شده به برج جذب ، چنانکه فشار گاز از حد طراحی پائین تر باشد بعلاوه ازدیاد حجم، سرعت آن زیاد می شود. افزایش سرعت، باعث افت فشار و هرزرفت بیشتر گلايکول خواهد شد .
- ✚ بعد از مدت زمانی که سینی های برج جذب با آلودگیهای چسبنده پوشیده شده و برخی از فنجانک ها و یا شیرهای سیمی گرفته می شوند، هرچند دبی گاز تغذیه شده به برج جذب ثابت باقی بماند، این گرفتگی ها سرعت گاز را افزایش می دهد. این افزایش سرعت باعث ازدیاد افت فشار و نهایتاً موجب هرزرفت گلايکول خواهد شد.
- ✚ توری های جذب مایع که با مواد پارافینی و روغن های سنگین آلوده شده و گرفتگی در آنها، باعث افزایش هرزرفت گلايکول می شود.
- ✚ توری جذب مایع با ضخامت نامناسب با آرایش و موقعیت نصب غیر اصولی باعث افزایش هرزرفت گلايکول می شود. مواردیکه یک شرکت بعد از سالهای متمادی عملیات با هرزرفت

زیاد گلایکول مجبور به طراحی مجدد و تغییر محل نصب توری های جذب مایع شده و هرزرفت گلایکول را تا مقدار معقول پائین می آورد.

در برخی موارد نصب جداکننده های گلایکول در مسیر گازهای خروجی از برج جذب با بهره دهی مناسب مورد استفاده قرار گرفته است. یک شرکت با خرید و نصب جداکننده های پکو از نوع سیکلوتیوب ، هزینه خرید را از طریق صرفه جوی در مصرف گلایکول در مدت ۴۵ روز جبران نمود.

ایجاد کف در برج ، هرزرفت گلایکول را افزایش خواهد داد.

درجه حرارت گلایکول ورودی به برج باید در حدود ۱۰ درجه فارنهایت بیشتر از درجه حرارت گاز ورودی به برج باشد. اگر گلایکول در درجه حرارت بالاتری وارد برج جذب شود، بخارات گلایکول همراه با گاز خروجی به هدر رفته و باعث افزایش سریع هرزرفت گلایکول می شود. مقدار گلایکول در گردش باید در وضعیت بهینه نگهداشته شود تا هرزرفت گلایکول توسط گازهای خروجی از واحد به مقدار مینیمم برسد. برای برج جذب دارای چهار عدد سینی حدود سه گالن گلایکول برای جذب هر پوند آب موجود در گاز در سیستم چرخانده می شود، گردش بیش از حد گلایکول در سیستم ، هرزرفت آن را افزایش می دهد.

دلایل ایجاد کف در سیستم گلایکول

عواملی را که منجر به کف کردن گلایکول در سیستم می گردد را می توان به شرح ذیل خلاصه نمود.

وجود هیدروکربن های سنگین در گلایکول

وجود گل همراه گاز

بالا بودن pH گلایکول

گرم بودن بیش از حد گلایکول تزریقی

وجود زنگ آهن در گلایکول

نوسانات ناگهانی فشار در سیستم

وجود املاح و وجود مواد بازدارنده از خوردگی در گاز

برای تنظیم pH گلایکول وقتی pH پائین می آید به آن آمین اضافه کرده و در مواقعی که pH

بالا می کشد به آن اسید استیک اضافه می کنند و در مواقعی که گلایکول کف می کند به آن

مواد ضد کف تزریق می نمایند.

انواع مختلف کف در سیستم گلایکول

دو نوع کف در سیستم گلایکول ممکن است بوجود آید:

✚ کف مکانیکی

✚ کف شیمیایی

کف مکانیکی در اثر جریانات ناآرام نظیر سرعت زیاد گاز در برج جذب ایجاد می شود. کف شیمیایی در اثر ناخالصیهایی نظیر هیدروکربورها، مواد ضد خوردگی، نمک و ذرات جامد معلق در گلایکول تشکیل می شود. یکی از راههای پی بردن به ایجاد کف اندازه گیری اختلاف فشار در طول برج جذب می باشد. اگر افت فشار سریعاً از مقدار ۲ تا حدود ۲۵ پوند بر اینچ مربع، افزایش یابد، ممکن است کف زدگی از عوامل ایجاد مسئله باشد.

تشخیص اینکه کف از نوع مکانیکی است یا شیمیایی، بدین صورت است که اگر افت فشار در برج جذب به طور ناگهانی تا ۲۰ پوند بر اینچ مربع افزایش یافته و نمونه گلایکول برداشت شده از برج، ایجاد کف نکند معمولاً کف کف زدگی از نوع مکانیکی می باشد. کف کف زدگی به طریق شیمیایی از طریق ایجاد کف با محلول گلایکول در یک بطری ساده قابل تشخیص می باشد.

کف نمودن در سیستم نتایج نامناسبی در پی خواهد داشت، چون نم زدائی نامطلوب خواهد بود و هرزرفت گلایکول زیاد می شود. برای از بین بردن کف قبل از استفاده از مواد ضد کف باید هر گونه کوششی بعمل آید تا منبع ایجاد کف مشخص و برطرف شود. مواد ضد کف بطور موقت می تواند مورد استفاده واقع شود تا منبع تولید کف پیدا و علل تولید کف از بین برود برخی از مواد ضد کف برای محلول گلایکول زیان آور بوده و نباید مورد استفاده قرار گیرد. بطور متداول از ماده ضد کف سیلیکونی در صنایع نفت و گاز استفاده می شود که این مواد خیلی گران قیمت بوده و ملکولهای آنان در درجه حرارت ریویلر می شکنند که در نهایت خود از عوامل ایجاد کف خواهند بود.

محاسبه میزان هرزرفت گلایکول

باید بخاطر داشت که بازیافت کامل گلایکول در سیستم های فرآورش می مختلف امکان پذیر نمی باشد. در هر روز، مقداری گلایکول بعلت تبخیر شدن و حل شدن در فاز هیدروکربورهای مایع از دست خواهد رفت. می توان با انتخاب گلایکول مناسب، تعیین غلظت مورد نظر (با انتخاب درجه حرارت ریویلر مناسب و با نگهداشت شرایط بهره برداری بهینه)، مقدار هدر رفت گلایکول در سیستم را به مقدار حداقل کاهش داد. در برخی شرایط عملیاتی که در اثر وجود هیدروکربورهای سنگین، امکان تشکیل امولسیون در سیستم وجود دارد، بهتر است با تعبیه خنک کننده ها و جداکننده اولیه این نوع مواد قبل از رسیدن به جداکننده دمای سرد از جریان اصلی گاز جدا شوند. این هیدروکربورهای سنگین جدا شده در صورت نیاز، می تواند بعداً به همراه هیدروکربورهای جدا شده از جداکننده با دمای سرد مورد استفاده قرار گیرد.

اگر حل شدن گلایکول در هیدروکربورهای سنگین مشکل سیستم گلایکول باشد بعلت پائین بودن خاصیت حلالیت مونواتیلن گلایکول در مایعات گازی بهتر است از این نوع گلایکول استفاده شود. بعلاوه

از آنجائیکه هر چه آب گلایکول بیشتر شود (رقیق تر باشد) مقدار حلالیت آن در هیدروکربورهای مایع کمتر می شود بنابراین گلایکول تزریقی تا حد امکان باید رقیق باشد. در مواردیکه هرزرفت گلایکول در اثر تبخیر، مشکل عملیاتی ما باشد؛ تعویض گلایکول با گلایکول با وزن ملکولی بالاتر پیشنهاد می شود. چون TEG از دو نمونه گلایکول های دیگر دارای فشار بخار کمتری است، بنابراین برای استفاده در چنین شرایط عملیاتی توصیه می شود. بطور ساده می توان هرزرفت گلایکول در اثر حل شدن در هیدروکربورهای مایع را طبق روش زیر برآورد کرد:

مثال: در یک واحد تصفیه گاز، سیستم گلایکول دارای مشخصات عملیاتی زیر می باشد:

جریان گاز در روز: ۸ میلیون استاندارد فوت مکعب (0.23 MMSCFD)

مقدار هیدروکربورهای مایع در هر میلیون استاندارد فوت مکعب گاز: ۵۰ بشکه

وزن مخصوص گلایکول: ۴/۵ پوند در هر گالن

غلظت گلایکول تزریق: ۷۰-۸۵ درصد

مقدار گلایکول حل شده در هیدروکربورهای مایع طبق روش زیر انجام می شود:

تولید هیدروکربورهای مایع:

$$50\text{BBL} - \text{HC}/\text{MMSCF} \times 8\text{MMSCF}/\text{Day} = 400\text{BBL} - \text{HC}/\text{Day}$$

$$400\text{BBL}/\text{Day} \times 2 \text{ Gal}/\text{BBL} = 16,800 \text{ Gal}/\text{Day}$$

$$16800\text{Gal}/\text{Day} \times 4.5 \text{ LB}/\text{Gal} = 75,600 \text{ LB}/\text{Day}$$

مقدار هرزرفت گلایکول در روز بصورت محلول با هیدروکربورهای مایع:

$$75,600 \times 0.0001 = 7.56 \text{ LB}$$

باید بخاطر سپرد که فرضیات و محاسبات انجام شده در فوق برای مخلوط هیدروکربورهای فوق الذکر معتبر بوده و برای انجام محاسبات مشابه در سایر ترکیبات هیدروکربوری باید بررسی های دیگری نیز بعمل آید. بعلاوه در عمل مقدار گلایکول هرزرفته، بعلت اینکه کار جداسازی گلایکول و هیدروکربن در دستگاه تفکیک گرای با درجه حرارت پائین ۱۰۰٪ کامل نمی باشد، از مقدار حساب شده بصورت تئوری بیشتر می باشد.

مقدار گلایکول هرزرفته بهمراه گاز و بصورت بخار را می توان با استفاده از قانون راولت و طبق فرمول زیر بدست آورد:

$$\frac{VP}{760} \times \frac{MW}{359} \times \frac{492}{460 + 1} \times \frac{14.7}{P} \times 10^6 = A$$

که در آن:

A مقدار هرزرفت گلایکول بهمراه گاز و بصورت بخار بر حسب LB/MMSCF

MW وزن ملکولی گلایکول

T درجه حرارت جداکننده بر حسب درجه فارنهایت

VP فشار بخار گلایکول در دمای جداکننده بر حسب mmHg

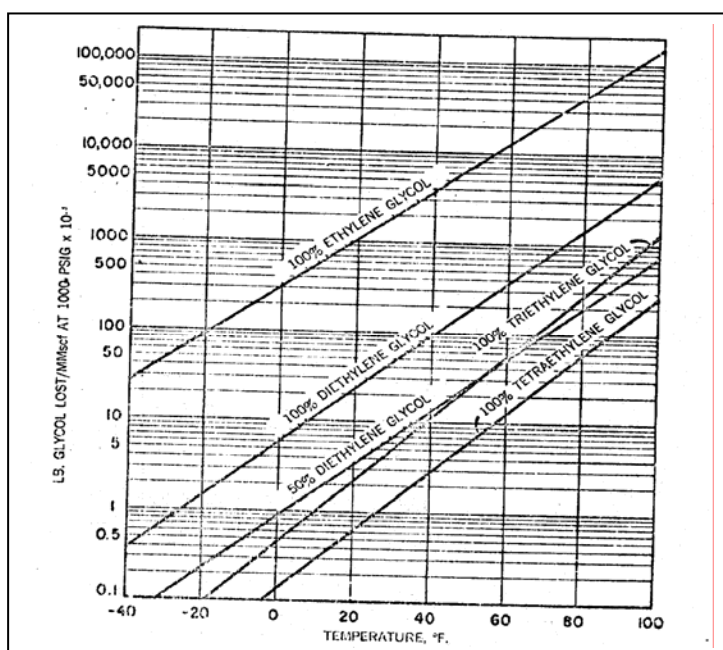
P فشار جداکننده بر حسب پوند بر اینچ مربع
 برای محاسبه مقدار هرزرفت گلیکول MEG از جداکننده با درجه حرارت ۵ درجه فارنهایت و فشار گاز
 ۸۰۰ پوند بر اینچ مربع که بصورت بخار به همراه گاز هدر می رود، با مراجعه به نمودار (۳-۱۲) فشار بخار
 گلیکول به مقدار ۰/۰۰۱۳ mm Hg بدست می آید.

$$A = \frac{0.0013}{760} \times \frac{62.1}{359} \times \frac{492}{465} \times \frac{14.7}{814.7} \times 10^6 = 0.0056 \text{ LBMEG / MMSCF}$$

مقدار هرزرفت آن در ۲۴ ساعت:

$$0.0056 \times 8 = 0.045 \text{ LBMEG / DAY}$$

میزان هرزرفت در درجه حرارت های مختلف و در فشار کاری ۱۰۰۰ پوند بر اینچ مربع در نمودار (۴-۲)
 نشان داده شده است.



نمودار ۴-۲ مقدار هرزرفت گلیکول بر حسب دما

از نمودار (۴-۲) می توان برای تخمین مقدار هرزرفت گلیکول در سایر فشارهای عملیاتی نیز استفاده
 نمود. هرزرفت گلیکول ممکن است در اثر بروز مشکلات عملیاتی در برج تماس و یا برج تقطیر در
 سیستم احیاء بوجود آید. این نوع هرزرفت در حقیقت ارتباطی با هرزرفت از طریق تبخیر نداشته ولی در
 هر صورت جزو مقدار کلی هرزرفت گلیکول به حساب می آید.

عواملی نظیر ایجاد کف ، تغذیه بیش از حد گاز به سیستم ، گرفتگی محدود سوراخ سینی های برج
 جذب می تواند باعث هرزرفت گلیکول به همراه گازهای فرآورش شده از برج جذب بشود. توری های

جذب در قسمت فوقانی برج جذب می تواند مقدار زیادی از ذرات گلايکول خروجی به همراه گاز را جمع نموده و به سیستم بازگرداند و این در صورتی امکان پذیر است که مقادیر گلايکول همراه گازهای خروجی از برج، از ظرفیت توری های جذب بیشتر نباشد.

اگر دستگاه ریبویلر بخوبی طراحی شده باشد هرزرفت گلايکول از برج تقطیر آن قابل ملاحظه نخواهد بود. در هر صورت در صورتیکه مقادیر زیادی هیدروکربور به همراه گلايکول وارد سیستم احیاء در ریبویلر شوند در اثر واکنش پذیر بودن آنها در درجه حرارت ریبویلر ممکن است مقادیر زیادی گلايکول، حتی از سیستم احیایی که به نحوی طراحی شده باشد، هرزرفت وجود داشته باشد.

بررسی مشکلات عملیاتی و روش های کنترل آنها در واحدهای نم زدایی باگلايکول

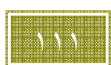
آلوده شدن محلول گلايکول

یک شرکت فرآوری گاز مقدار 50 MMSCFD (1.41 MMSCMD) گاز تصفیه و خشک نموده و همچنین ۱۳۰۰ بشکه در روز مایعات گازی تولید می نماید. دو نوع مشکل عملیاتی در حقیقت در سیستم فرآوری مربوطه وجود داشته است، یکی تمرکز بیش از حد نمک در سیستم DEG در دستگاه جدا کننده با دمای پائین و دیگری هرزرفت زیاد گلايکول.

مشکل اول به دلیل اینکه نمک ها در تیوبهای ریبویلرها ته نشین شده و باعث پاره شدن آنها می گردید از حساسیت بیشتری برخوردار بود. مشکل هرزرفت گلايکول تنها در مواقعی قابل ملاحظه بود که درجه حرارت ریبویلر تا ۲۴۰ درجه فارنهایت (۱۲۷ درجه سانتیگراد) بالا برده می شد. در حالیکه در دمای ریبویلر در مقدار ۲۴۰ درجه فارنهایت (۱۱۵ درجه سانتیگراد)، هرزرفت متوسط ۱/۵ گالن گلايکول به ازاء بازیافت هر ۱۰۰ بشکه مایعات گازی، توسط مسئولین بهره برداری با رضایت مورد قبول واقع می شد.

اقدامات عملیاتی لازم

بررسی های گسترده مشخص نمود که می توان با نصب مخزن ناک آوت بزرگتر، حجم بیشتری از نمک های متمرکز شده را از سیستم گلايکول جدا ساخت. تصمیم گرفته شد که هیچ گونه اقدام دیگر برای کاهش هرزرفت گلايکول انجام نپذیرد مگر تا زمانیکه ریبویلر برای بازدهی بیشتر جهت انجام عمل تقطیر در درجه حرارت بالاتر مجدداً مورد طراحی قرارگیرد. از آنجائیکه انجام این تغییرات نیاز به استفاده از آب خنک کننده را ایجاب می نمود لذا از انجام آن صرفه نظر شده و مقرر شد ریبویلر همچنان در درجه حرارت ۲۴۰ درجه فارنهایت (۱۱۵ درجه سانتیگراد) مورد بهره برداری قرار گیرد.



تشکیل امولسیون گلیکول با مایعات گازی

در یک واحد عملیاتی گاز مورد فرآورش آغشته به مواد ضد خوردنده تزریق شده در تأسیسات سرچاهی می باشد. مشکل ایجاد کف و خوردگی مشکلی جدی در سیستم عملیاتی نبوده ولی تولید امولسیون آب و هیدروکربو مایع، باعث طولانی شدن زمان تفکیک و نهایتاً موجب کاهش ظرفیت واحد فرآورشی می گردد.

اقدامات عملیاتی لازم

با بررسی وضعیت عملیاتی واحد یاد شده، چنین برداشت شد که ممکن است مواد ضد خوردگی تزریق شده در سرچاه تنها موجب تشدید در تولید امولسیون شده باشد. در هر صورت به علت اینکه دلیل قاطعی برای اثبات این برداشت وجود نداشت، با انتخاب و تزریق ماده ضد امولسیون مناسب به پایه سیلیکون از ایجاد امولسیون جلوگیری شده و با کاهش زمان تفکیک در جداکننده، واحد به ظرفیت عادی خود بازگشت.

مقدار pH پائین در DEG

تأسیسات مورد نظر شامل سیستم جداکننده با دمای پائین با استفاده از DEG و سپس واحدهای نم زدائی با استفاده از TEG می باشد. در گذشته ایجاد امولسیون مشکل حادی بوده است که با مصرف ماده ضد امولسیون مناسب آن مشکل برطرف گردیده است. مشکل فعلی pH پائین (pH = ۲/۹) محلول گلیکول می باشد مشکلی که با جذب اسیدهای آلی از جریان گاز توسط سیستم گلیکول پدید می آید.

اقدامات عملیاتی لازم

مقداری مشخص از ماده برآکس با غلظت ۲۰٪ به محلول گلیکول اضافه شده و مقدار pH گلیکول تا محدوده ۷/۰-۸/۵ که محلول دارای خاصیت غیر خوردگی نیز می باشد افزایش داده شد.

ایجاد امولسیون در رابطه با نمکی شدن گلیکول واحد

در واحد مورد نظر با تصفیه 42 MMSCFD (1.26 MMSCMD) مقدار ۱۰۰۰ بشکه در روز مایعات گازی نیز بازیافت می شود. مبدل حرارتی گاز به گاز، درجه حرارت گاز ورودی را تا ۲۲ درجه فارنهایت (۶- درجه سانتیگراد) پائین می برد.

بعد از تزریق گلیکول هنوز گاز ورودی دارای فشار ۲۸۰۰-۲۵۰۰ پوند بر اینچ مربع (۱۹۳-۱۷۲ بار) بوده و با انبساط گاز از طریق شیر انبساط (قانون ژول تامسون) فشار آن تا حد ۹۰۰-۱۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (۶۹-۶۲ بار) و درجه حرارت آن تا حد ۱۶-۱۴ درجه فارنهایت (۱۰-۸ درجه سانتیگراد) افت می کرد.

حدس زده شد که این واحد ppm 80000 یون کلراید را شامل شده و در نتیجه با ۱۰۰۰ بشکه تولید مایعات گازی در روز حدود پنج پوند کلروسدیم جذب سیستم گلایکول می گردید. این نمک ها اغلب بعلت ایجاد امولسیون هیدروکربور - گلایکول در مخزن ناک آوت که نهایتاً باعث ایجاد کف و خروج بالا سری گلایکول^۱ می گردید از زمانیکه روزانه ۳۰ بشکه گلایکول برای تصفیه مجدد از سیستم خارج می شد، مقدار افزایش نمک به مقدار ppm 330 در روز کاهش یافت. در زمان مورد بحث ما مقدار نمک موجود در سیستم ppm 12000 می باشد.

اقدامات عملیاتی لازم

ماده ضدخوردگی مورد مصرف در تأسیسات سرچاهی با نوع جدیدی از این ماده تعویض شد که تاثیر مثبتی نداشت. در مرحله بعدی از ماده مناسب ضد امولسیون برای از بین بردن امولسیون تولید شده در سیستم استفاده گردیده و تا اندازه ای مشکل ایجاد امولسیون کاهش یافت. مشکل تمرکز نمک در سیستم گلایکول با استفاده از مخزن ناک آوت با ابعاد بزرگتر برای جداسازی آب آزاد بطور نسبی حل گردید. علیرغم اقدامات یادشده تمرکز نمک هنوز هم بطور کامل حل نگردید. برنامه بعدی بررسی دقیق و استفاده از دستگاه تبدیل و خارج سازی یون کلراید به منظور تصفیه DEG می باشد.

آلودگی به نمک، هرزرفت زیاد گلایکول، انجماد مواد پارافینی

واحد موردنظر تاکنون چندین مشکل عملیاتی حساس را تجربه کرده است. در گذشته نمکی شدن بیش از حد گلایکول باعث نشست رسوبات در تبویهای ریویلر و در نتیجه موجب سوختن ریویلر گردیده است. مشکل یا نصب مخزن ناک آوت بزرگتر برای جداسازی آب آزاد کاهش یافت. بعلت طراحی نادرست ریویلر هرزرفت گلایکول نیز زیاد بوده است. ریویلر در درجه حرارت ۳۰۰ درجه فارنهایت (۱۴۹ درجه سانتیگراد) کار می کرد، درجه حرارتی که باعث تبخیر گلایکول از طریق برج کوچک احیاء شده است. آزمایش نشان داد که بخارات خروجی از برج کوچک احیاء بیش از ۴۰٪ گلایکول با خود به همراه دارد. با انجام تغییراتی در طراحی ریویلر به منظور بهره برداری در درجه حرارت پائین تر، مقدار هرزرفت گلایکول به حداقل مقدار خود رسید. این تغییرات در طراحی شامل نصب تبویهای جدید در ریویلر و افزایش سطح خنک کنندگی در برج کوچک احیاء بود. مشکل عمده ای که آزمایشگاه تأسیسات با آن مواجه بود، جدا شدن مواد پارافینی از میعانات گازی بود. جدا شدن مواد پارافینی هم در سیستم تزریق گلایکول در دمای پائین و هم در خطوط انتقال پیش آمده و در نتیجه موجب کاهش ظرفیت دستگاهها و گرفتگی اتصالات می گردید. بعلاوه در تکه های پارافین جامد شده مقادیر زیادی گلایکول محبوس شده و که بازیافت گلایکول از آن تنها با ذوب نمودن مواد پارافینی امکان پذیر بود.

اقدامات عملیاتی لازم

بررسی های انجام شده نشان داد که مصرف هر نوع مواد شیمیایی برای از بین بردن اثرات مواد پارافینی حداقل مقدار دوازده دلار برای هر ۳۰۰ بشکه میعانات خام، هزینه در برخواهد داشت. پاره ای مواد برای کاهش نقطه ریزش برای ایجاد فیلم و حتی استفاده از مواد تمیز کننده مورد استفاده قرار گرفته ولی هیچکدام از اقدامات یاد شده از جنبه های اقتصادی مقرون به صرفه نبودند. بالاخره مشخص گردید که با استفاده از گلایکول باغلظت ۷۰٪ برای کاهش حلالیت مواد پارافینی و همچنین با نگهداری سطح گلایکول در ریویولر در ارتفاع بالاتری نسبت به وضعیت عملیاتی عادی (به منظور جلوگیری از برگشت مواد واکس دار به ریویولر از طریق لوله تخلیه در زمانهایی که سطح محلول گلایکول در ریویولر پائین می رود) تشکیل مواد پارافینی به مقدار زیادی کاهش یافت. نهایتاً بهره برداری از واحد ظرفیت کامل نیز به تعدیل مشکل ایجاد مواد پارافینی کمک کرد.

آلوده شده گلایکول با هیدروکربورهای سنگین

تأسیسات دریائی موردنظر، MEG را در تأسیسات سر چاهی تزریق می نمود که نهایتاً بعد از بازیافت مجدداً احیاء شده و مورد استفاده قرار می گرفت. مشکل عمده آلوده شدن گلایکول به هیدروکربورهای سنگین بود که موجب گرفته شدن برج کوچک احیاء و خروج حجم زیادی از هیدروکربورهای سنگین به مخزن گلایکول می گشت. سایر مشکلات شامل هرزرفت گلایکول به همراه گاز و تولید مواد جامدی بود که عملکرد شیرهای کنترل را مختل می نمود. آب موجود در گلایکول آلوده تنها یک درصد بیشتر از گلایکول احیاء شده بود که این موضوع بیانگر حجم گلایکول در گردش زیاد و مقدار جذب ناکافی آب توسط گلایکول بود.

گلایکول به جای غلظت عادی ۸۰-۶۰ درصد در غلظت ۹۵/۸٪ احیاء می گردید از طرفی گلایکول MEG با غلظت ۹۵/۸٪ دارای نقطه انجماد ۵- درجه فارنهایت (۲۱- درجه سانتیگراد) می باشد. این غلظت زیاد و نقطه انجماد بالا سرمنشاء اغلب مشکلاتی بود که در بالا بدان اشاره شد. چنانچه گلایکول خروجی از برج تماس دارای غلظت ۹۶/۸۴ درصد باشد. می توان از یک سیستم احیاء TEG با درجه حرارت ریویولر ۲۰۴ درجه سانتیگراد و با دبی گاز عریان ساز ۰/۳۰ متر مکعب برای هر لیتر گلایکول استفاده نمود، اگر ریویولر در خلاء ۶۰۰ mm Hg کار کند درجه خلوص گلایکول احیاء شده ۹۹/۴۱٪ و اگر ریویولر در فشار اتمسفریک ۷۶۰ mm Hg کار کند، غلظت گلایکول احیاء شده برابر با ۹۹/۱۶٪ خواهد بود. با در دست داشتن دبی حجمی گاز عریان ساز، فشار ریویولر و درجه حرارت ریویولر می توان درجه خلوص گلایکول TEG احیاء شده را از نمودار مربوطه بدست آورد.

هرزرفت گلایکول در جداکننده های هیدروکربون های مایع

در بعضی موارد عملیاتی برای جلوگیری از ورود هیدروکربورها به ریویولر و بازیافت آنها جداکننده های هیدروکربور نصب و مورد بهره برداری قرار می گیرند. اگر این جداکننده ها کوچک باشند، تمایلی به هرزرفت گلایکول به همراه هیدروکربورها وجود دارد. باید توجه داشت که زمان ایستائی در جداکننده های

هیدروکربور بستگی به مقدار هیدروکربورها و کف کنندگی در سیستم داشته و حدود ۲۰ تا ۴۵ دقیقه زمان ایستائی مناسب می باشد.

اقدامات عملیاتی لازم

- پیشنهادات عملیاتی بشرح زیر برای حل مشکل عملیاتی مذکور؛ قابل بیان می باشند.
- ۱- برای بدست آوردن MEG با غلظت ۸۰-۷۰ درصد وزنی توصیه شد که درجه حرارت ریپولر از ۳۲۵ درجه فارنهایت (۱۶۲ درجه سانتیگراد) به دمای ۲۵۰-۲۳۰ درجه فارنهایت (۱۲۱-۱۱۰ درجه سانتیگراد) کاهش داده شود. این غلظت در خارج از محدوده بلوری شدن گلایکول مطابق نمودار شماره ۱۷ می باشد.
 - ۲- حجم گلایکول تزریقی به سیستم بر طبق روش های اعلام شده در این کتاب محاسبه و کاهش یافت .
 - ۳- هیدروکربورهای موجود در سیستم احیاء ، مخزن ذخیره گلایکول و همچنین لوله های ارتباطی تخلیه و با گلایکول تازه با غلظت ۷۰٪ پر شدند.
 - ۴- در موقع راه اندازی دستگاه جداکننده سه فاز برای جداسازی موثر هیدروکربورها بطور دقیق زیرنظر قرار گرفت.
- با اجرای توصیه های انجام شده فوق ، تمام مشکلات عملیاتی در واحد مذکور مرتفع و واحد بطور مناسب مورد بهره برداری قرار گرفت.

هرزرفت بیش از حد گلایکول

واحد مورد اشاره یک سیستم عملیاتی تزریق گلایکول MEG در درجه حرارت پائین است که به دنبال آن، واحد عملیاتی جذب با ماده شیمیائی دیگر مورد بهره برداری قرار می گرفت. هرزرفت گلایکول خیلی زیاد و در حد ۴۶ پوند در هر میلیون استاندارد فوت مکعب گاز تصفیه شده بود. گاز ورودی دارای ۶۰ بشکه مایعات گازی در هر میلیون استاندارد فوت مکعب بود که حدود ۱۰-۸ درصد آن را هیدروکربورهای آروماتیکی تشکیل می دادند.

دستگاه جداکننده گلایکول - میعانات در درجه حرارت صفر درجه فارنهایت (۱۸- درجه سانتیگراد) کار می کرد. زمان ایستائی برای کار جداسازی حدود ۲ دقیقه بود.

اقدامات عملیاتی لازم

موازنه کامل وزنی گلایکول در سیستم مورد بررسی قرار گرفت. از اطلاعات بدست آمده چنین استنباط گردید که حدود ۲۰-۱۸ درصد هیدروکربورهای مایع وارد سیستم احیاء می شود که در نتیجه تبخیر سریع هیدروکربورها به اتمسفر، مقدار زیادی گلایکول نیز به همراه خود به هدر می دهند. مشخص گردید که حدود ۸۰-۷۵ درصد هرزرفت گلایکول از این طریق بوده است.

بعنوان اقدامی موقت یک دستگاه کندانسور در قسمت فوقانی ریویولر نصب گردید. این کندانسور تمامی گلایکول و مقداری آب را تقطیر نموده و هیدروکربورها و بقیه آب را به اتمسفر می فرستاد. گلایکول بازیافت شده مجدداً به ریویولر تغذیه می گردید. با این روش هرزرفت گلایکول تا حد سه پوند به ازاء هر میلیون استاندارد فوت مکعب گاز کاهش یافت. در روزهای بعد کندانسور با دستگاه جداکننده جدید مجهز گردیده و در نتیجه هرزرفت تا حد ۳-۲/۵ پوند گلایکول در هر میلیون استاندارد فوت مکعب گاز تقلیل داده شد. استفاده از ماده ضد امولسیون مناسب نیز به کاهش مقدار هرزرفت گلایکول کمک نمود.

سایر تجربیات عملیاتی در واحدهای نم زدایی با گلایکول

طراحی و نصب واحدهای گلایکول

مهمترین موضوعاتی که در نصب واحد جدید گلایکول باید مورد توجه قرار گیرند، عبارتند از: برج جذب باید بصورت قائم نصب شود تا جریان گلایکول بصورت مناسب برقرار شود و با گاز در تماس موثر باشد. در برخی موارد سینی ها و فنجانک های مربوطه بصورت مناسب آبیندی نشده اند. بعد از نصب برج و مواردیکه هرزرفت گلایکول زیاد باشد باید بخش های مختلف داخلی برج و سینی ها بازرسی شوند.

چنانچه در گازهای ورودی به واحد گلایکول مقداری اکسیژن و H_2S وجود داشته باشد، اکسیژن باعث اکسیداسیون گلایکول شده و تولید اسیدهای خورنده خواهد نمود، همچنین H_2S مقدار pH گلایکول را پائین آورده و رنگ آن را به سیاهی خواهد کشاند. در برخی موارد فلزات داخل برج جذب بعنوان کاتالیزور عمل نموده و H_2S و اکسیژن را به گوگرد تبدیل خواهند نمود که در محیط یاد شده بسیار خورنده می باشد.

اشکالات راه اندازی و از سرویس خارج نمودن واحد گلایکول

هنگامیکه سیستم گلایکول راه اندازی می شود گلایکول به پائین برج جذب برنمی گردد، علت آن است که برای راه اندازی واحد گلایکول ابتدا باید بتدریج فشار برج جذب تا فشار کار واحد بالا برده شده و سپس عمل گردش گلایکول در برج شروع شود، تا ارتفاع لازم گلایکول در تمام سینی ها برقرار گردد. همچنین درجه حرارت ریویولر تا مقدار نرمال خود رسانده شود. دبی گاز باید بتدریج با حجم بهره برداری از واحد افزایش داده شود. اگر قبل از اینکه سینی ها با محلول گلایکول آبیندی شده باشند، گاز وارد برج شود جریان آن از مسیر ناودانی ها برقرار خواهد شد. در چنین شرایطی اگر گلایکول به داخل برج جذب پمپ شود، محلول در مسیر عبور از ناودانی ها به طرف پائین بامحدودیتهایی مواجه خواهند شد.

در این قبیل موارد، گلایکول به جای سرازیر شدن به طرف پائین برج به همراه گازهای خروجی از دست خواهد رفت.

جریان گاز در برج باید بتدریج از مقدار کم به حجم زیاد افزایش یابد، چون سرچ ناگهانی گاز در برج جذب ممکن است باعث افت فشار زیاد در سینی ها شده و ممکن است باعث شکستن آبندهای محلول گلایکول شده و یا گلایکول را از سینی ها به طرف بالا پخش نماید که نهایتاً باعث پر شدن جداکننده های گلایکول شده و هرزرفت گلایکول را زیاد نماید.

چگونگی از سرویس خارج نمودن واحد گلایکول

برای از سرویس خارج نمودن واحد گلایکول ابتدا بایستی، جریان سوخت به دستگاه ریویلر بسته شود. پمپ گلایکول همچنان در سرویس باشد تا درجه حرارت گلایکول تا ۹۳ درجه سانتیگراد کاهش پیدا کند. واحد می تواند با کم کردن تدریجی جریان گاز به منظور جلوگیری از ایجاد هر نوع شوک به برج جذب و لوله ها از سرویس خارج شود. در جهت جلوگیری از هرزرفت گلایکول بتدریج تخلیه گاز از واحد صورت می گیرد. برج جذب همیشه باید از محدوده لوله های گاز خروجی از گاز تخلیه شود. در صورتیکه گلایکول در اثر گرما تجزیه شود اسیدهای خورنده تولید می شوند. اما سووال اساسی این است که آیا در مواردی که رنگ گلایکول سیاه می شود باید آن را از سیستم تخلیه نمود؟ پاسخ این سووال منفی می باشد، در هر صورت تمیز کردن گاز، فیلتراسیون و شاید فرآورش با کربن اکتیو لازم می باشد. در مواقعی که در واحد رنگ گلایکول سیاه می شود آنرا تخلیه نموده و گلایکول تازه به سیستم تزریق می شود. بعد از حدود ۲۴ ساعت رنگ گلایکول جدید هم سیاه می شود. این امر بدان دلیل است که، ظاهراً قبل از تزریق گلایکول جدید سیستم تمیز کاری و شستشو داده نشده است. آلودگی تمام سیستم گلایکول را انباشته نموده و گلایکول جدید آلودگی موجود را سریعاً در خود جذب می نماید. اگر محصولات آهن ناشی از خوردگی در محلول گلایکول وجود داشته باشد ضمن اندازه گیری و ثبت مقدار pH سعی شود منبع ایجاد محصولات آهن مشخص شود که آیا این محصولات از خطوط لوله جمع آوری گاز وارد سیستم می شود و یا در سیستم گلایکول بوجود می آیند؟ محلول گلایکول را در وضعیت بازی نگه داشته و محصولات آهن را از سیستم خارج سازید اگر نیازی باشد مواد ضد خوردنده در چاهها و خطوط لوله بکار برید.

تجربیات عملیاتی سایر شرکت ها

تجربیات عملیاتی شرکت های مختلف گاهی موارد جالبی را نشان می دهد بعنوان مثال، یک شرکت در واحد نم زدایی حدود یکصد گالن گلایکول به ازای هر یک میلیون استاندارد فوت مکعب گاز در روز هرزرفت داشت. پکینک های سرامیکی برج احیاء حدود ۷ سال است که تعویض نشده اند. پکینک های سرامیکی در اثر شکستگی پودر شده و مثل تکه های بتون در سر فرو رفته اند. گلایکول غنی از برج احیاء مسدود شده فوق نمی تواند عبور کند مانند اینست که گلایکول به جای کند شدن به ریویلر به سیستم حوضچه های مایعات مازاد پمپ می شده است. با صرفه هزینه پائین خرید پکینک برج (حدود ۳۴ دلار هزینه) روزانه از هزاران دلار هرزرفت گلایکول جلوگیری بعمل آمد. ضروری است که در موقع

تعویض پکینک ها از نوع و ابعاد مناسب انتخاب شوند . انباشتن پکینک ها در برج احیاء باید با دقت انجام شود تا از شکستن آنها جلوگیری بعمل آید.

در تجربه دیگر، شرکت عملیاتی دیگری در مواقع بارانی حدود سیصد گالن گلایکول هرزرفت اضافی پیدا می کرد. این مشکل ادامه داشت تا اینکه اپراتور مربوطه متوجه درجه حرارت کندانسور در بالای برج احیاء شد. یک روز بارانی درجه حرارت کندانسور تا مقدار ۶۶ درجه سانتیگراد الی ۷۱ درجه سانتیگراد پائین افتاد. این موضوع باعث شد که بخارات در حال خروج از برج احیاء تقطیر شود. در نتیجه آب تقطیر شده پکینک ها را غوطه ور نموده و با جریان اضافی مایع به طرف ریویلر مقدار فشار آن بالا رفته و نهایتاً گلایکول از بالای برج به اطراف پراکنده می شد.

چون برج احیاء دارای کویل رفلکس تا شیر کنار گذر بود مقدار جریان طوری تنظیم شد تا مقدار درجه حرارت کندانسور تا حد ۱۰۲ درجه سانتیگراد بالا برود.

شرکت عملیاتی دیگری بعلت انجام عایق کاری ضخیم در بدنه برج احیاء هرزرفت گلایکول داشت این عمل باعث شده بود که درجه حرارت کندانسور تا ۱۶۳ درجه سانتیگراد بالا رفته و هرزرفت گلایکول را بر اثر تبخیر افزایش دهد.

برای رفع مشکل، تغییراتی برای کنترل درجه حرارت کندانسور بعمل آمد . شناخت هرزرفت گلایکول از بالای برج احیاء به راحتی امکان پذیر می باشد . بدینگونه که با دقت در چگونگی مسیر بخارات خروجی از بالای برج احیاء در یک روز آرام ، معمولاً بخارات آب مستقیماً به طرف آسمان صعود می کنند. در صورتیکه بخارات گلایکول سعی می کنند به طرف زمین حرکت کرده و پخش شوند. در صورتیکه بخارات دارای مقادیری هیدروکربن های سنگین باشد نیز همین اتفاق پیش می آید.

تمیزکاری و شستشوی سیستم گلایکول

برخی از شرکت ها برای تصفیه گلایکول از واحدهای ریکلایمر سیار استفاده می کنند . در صورت بهره برداری مناسب ، از ریویلر اضافی نیز می توان به همین منظور کمک گرفت .

گاهی اوقات برای شستشوی واحد گلایکول از صابون و پودر استفاده می شود باید توجه داشت که صابون و پودر آن، اثر چندانی بر نوع آلودگی ایجاد شده در سیستم گلایکول ندارند. همچنین کمترین مقدار صابون و یا پودر باقیمانده در سیستم گلایکول مشکل کف کنندگی را بیار خواهد آورد.

گاهی اوقات بعد از شستشوی برج جذب با بخار آب و بعد از در سرویس قرار دادن آن جریان گاز از برج عبور نمی کند چون در بیشتر مواقع بخار آب باعث پخته شدن آلودگی ته نشین شده بر سینی ها می گردد در نتیجه این عمل، باعث گرفتگی سینی های فنجانکی و یا سینی های شیری برج می شود، شستشوی برجهای با بخار، روش مناسب تمیز کاری نمی باشد.

گاهی اوقات با صرف هزینه های زیاد یک واحد بزرگ گلایکول شستشوی اسیدی داده شده ولی باز هم اشکالات برطرف نمی شود چون شستشو با اسید برای از بین بردن مواد زائد معدنی بسیار مفید است، در هر حال چون اغلب آلودگیهای موجود در سیستم گلایکول مواد آلی هستند شستشوی اسیدی بر این

مواد موثر نمی باشد . در خیلی موارد با ترکیب اسید با مواد آلی، محصولات سایشی، چسبنده، اسفنجی و ... در سیستم تولید می شود که نهایتاً باعث گرفتگی تمامی سیستم می گردند. باید توجه داشت که استفاده از پمپهای گلایکول برای انجام کار شستشوی شیمیایی مناسب نمی باشد چون برخی مواد شیمیایی تمیز کننده به پمپها صدمه می زنند. اغلب پمپهای گلایکول بعلت نداشتن دبی کافی نمی توانند کمک موثری به کار شستشوی شیمیایی نمایند . مقدار جریان شستشوی شیمیایی موثر در حدود ۵۰۰ تا ۶۰۰ گالن در دقیقه توصیه می گردد. برای شستشو مواد شیمیایی عمدتاً بازی قوی توصیه می شود برای اثر بخش بیشتر این مواد، گرم کردن محلول ۶۰ تا ۶۶ درجه سانتیگراد می تواند مفید باشد.

فصل پنجم

اصول نم زدایی از گاز

طبیعی با مواد جامد

مقایسه سیستم های جذب آب بوسیله مایعات و جامدات جاذب الرطوبه

در فصل قبل در خصوص کاربرد مواد مایع، بویژه گلیکول ها در نم زدایی از جریان های گازی بطور مفصل بحث شد، در این فصل، اهمیت کاربرد مواد جاذب الرطوبه مورد بحث تفصیلی قرار خواهد گرفت، سیستم نم زدائی به وسیله جامد (Adsorption) نسبت به مایع (Absorption) دارای مزایای زیر است:

امکان دسترسی به نقاط شبنم بسیار پائین وجود دارد.

نسبت به تغییرات دما، فشار، دبی گاز چندان حساس نیستند.

عملیات و طراحی واحدهای آن نسبتاً آسان است.

مسائل خوردگی و کف در آنها نسبتاً بی اهمیت است.

از طرفی سیستم نم زدائی به وسیله جامد نسبت به نم زدایی با مایع دارای معایب زیر است:

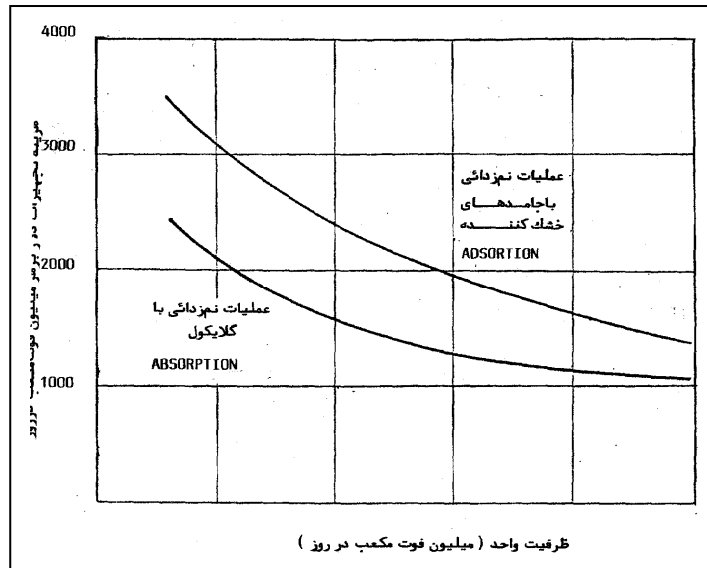
هزینه های اولیه سرمایه گذاری آنها زیاد است. (به شکل (۱-۵)) رجوع شود.

افت فشار گاز درون آنها بیشتر است.

سطح فعال آنها ممکن است ساییده و دانه ها شکسته شوند و با بعضی از ترکیبات قلیایی ترکیب شوند.

ظرفیت حرارتی سیستم احیاء آن نسبتاً بالا است.

شکل (۱-۵) قیمت اولیه دستگاهها و لوازم واحدهای نم زدائی با گلیکول و سیلیکازل از گاز طبیعی با فشار ۱۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (قیمت ها مربوط به سال ۱۹۶۱ بر حسب FOB^۱ کارخانه می باشد). را نشان می دهد، با توجه به شکل مذکور، هزینه های عملیات یک واحد نم زدائی با جامدات خشک کننده تقریباً ۲۰ تا ۳۰٪ از واحدهای نم زدائی با گلیکول بیشتر است.



شکل ۵-۱ مقایسه هزینه های نم زدایی با مواد جامد و مایع

عملکرد سیستم های نم زدائی با مواد جامد

سیستم های نم زدائی از نظر جذب رطوبت و خشک کردن گاز تقریباً یکسان عمل می کنند و تفاوت اساسی این سیستم ها، نحوه احیاء بستر اشباع می باشد. بستر مواد جاذب الرطوبه با دریافت حرارت احیاء می شود و کلیه موادی را که جذب نموده است به صورت بخار از آن خارج می شوند. احیاء بستر های کوچک مواد جاذبه الرطوبه با یک کوئل گرم کننده برقی نیز امکان پذیر است اما برای بستر های بزرگتر و آنچه که امروز معمول است، احیاء بستر به وسیله جریانی از گاز داغ صورت می گیرد.

به طور کلی احیاء بستر اشباع مواد جاذب، به چند طریق امکان پذیر است در شکلهای صفحه های بعد، سیکل های احیاء نشان داده شده است.

دو نوع جذب با جامد، جذب فیزیکی و جذب شیمیایی هستند. در جذب فیزیکی، پیوند بین مواد جذب شده و فاز جامد که نیروهای واندروالس نامیده می شود، نیروهای جاذبه و دافعه ای که مایعات و جامدات را کنار یکدیگر نگه می دارد و ساختار خودشان را حفظ می کند. در جذب شیمیایی پیوند بسار قویتری میان سطح و مولکولها برقرار می شود. در این فصل تنها جذب فیزیکی بحث می شود و منظور از عبارت جذب در همه جا جذب فیزیکی است.

جذب فیزیکی با مواد جامد یک فرایند تعادلی مانند تعادل بخار- مایع است. بنابراین برای یک غلظت (فشار جزئی) و دمای فاز بخار داده شده، یک معادله غلظت بر روی سطح جاذب وجود دارد که ماکزیمم میزان ماده جذب شده بر روی سطح جاذب را می دهد. نمودار (۵-۱) شرایط تعادلی برای آب و مولکولارسیو های تجاری را نشان می دهد. چنین نمودارهایی ایزوترم نامیده می شوند. نمودار بر اساس

مخلوط آب- هوا است اما برای سیستمهای گاز طبیعی قابل استفاده می باشد. پارامتر مهم فشار جزئی آب است؛ فشار کلی تنها تأثیر کمی بر روی معادله جذب دارد. به علت اینکه غلظتهای مواد جذب شده معمولاً کم است، در کل تنها سطح لایه های کمی از مولکولها انباشته خواهد شد. بنابراین فرایندهای جذب با جامد از مواد جاذب رطوبت با نسبتهای سطح به حجم خیلی زیاد استفاده می کنند. زئولیتهای سنتزی (مانند مولکولارسیوها) تجاری با نسبتهای سطح به حجم در محدوده ۷۵۰ متر مربع در هر گرم با بیشترین میزان سطح جذب درون جاذب، استفاده می شوند. در مورد مولکولارسیوها، جاذب حاوی ذرات بسار ریز زئولیت هستند که توسط یک محفظه در کنار یکدیگر نگه داشته می شوند. بنابراین، ذرات جذب شده از ماکرومنفذهای محفظه به میکرومنفذهای زئولیت انتقال می یابند. جاذبهایی مانند سیلیکاژل و آلومینا از ذرات بزرگتری تشکیل شده و نیازی به محفظه ندارند. میزان باز شدن منفذها در جاذبهای تجاری، اندازه مولکولی آنها نامیده می شود؛ آنها معمولاً در محدوده تقریبی ۴Å تا ۱۰۰Å هستند. مولکولارسیوها توزیع منافذ بسیار باریکی دارند، درحالی که سیلیکاژل و آلومینا توزیع گسترده ای دارند. البته یک محفظه مولکولارسیو، که معمولاً ۲۰٪ از وزن کلی جاذب است، قابلیت نفوذپذیری بسیار زیادی برای جذب ترکیبات سنگینتر دارند.

جذب ترکیبات کوچک گازی دو مرحله دارد. مرحله اول تماس ترکیب با سطح جاذب و مرحله دوم انتقال از طریق مسیره های درون جاذب است. به دلیل اینکه این فرایند دو مرحله ایست و مرحله دوم نسبتاً کند است، مواد جاذب جامد برای رسیدن به حالت تعادل با فاز گاز به مدت زمان طولانی تری نسبت به مایعات جاذب رطوبت نیاز دارند.

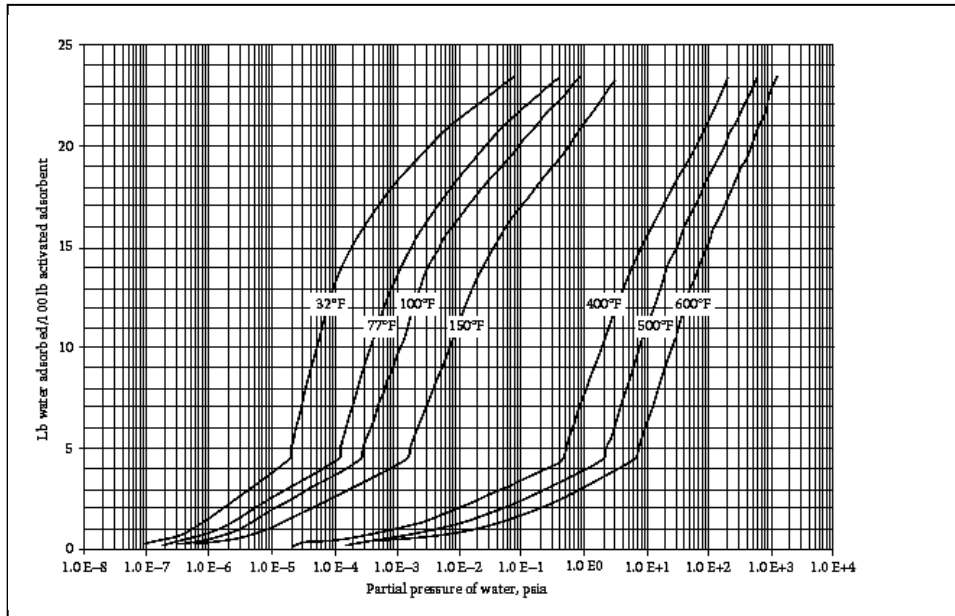
علاوه بر غلظت (فشار بخار برای گازها)، دو خاصیت مواد جاذب رطوبت، غلظت بر روی سطح جامد را مشخص می کنند: قطبیت و اندازه. اگر جاذب غیر قطبی باشد، که در مورد جاذبهایی که در پالایشگاه گازی استفاده می شوند، این طور نیست، مولکولهای قطبی، مانند آب، نسبت به مواد قطبی ضعیف یا غیر قطبی، بیشتر جذب می شوند. بنابراین، متان با گازهای اسیدی قطبی ضعیف جایگزین می شود که آنها با آب با قطبیت قوی جایگزین می شود.

اینکه اندازه چه میزان بر جذب تأثیرگذار است به اندازه منافذ جاذب بستگی دارد. یک ماده جذب شونده خیلی بزرگ که برای منافذ خیلی بزرگ باشد، تنها بر روی سطح بیرونی جاذب جذب می شود که در مقایسه با منطقه منافذ ناچیز است. اگر منافذ به اندازه کافی بزرگ باشند که مواد جذب شونده مختلفی را در خود نگه دارند، کمتر فرار هستند، که معمولاً با سایز جبران می شود. مواد جذب شونده با مواد فرارتر جایگزین می شوند. بنابراین اتان با پروپان جایگزین می شود.

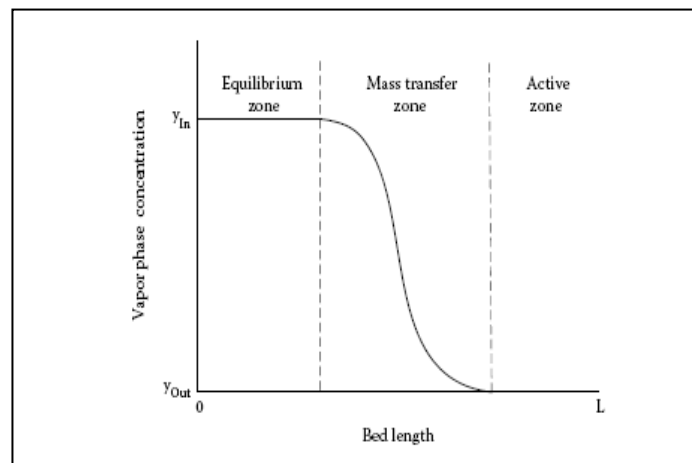
برای ذرات تجاری، جذب در یک بستر جامد عمودی ثابت با جریان گاز که در جهت پایین از بستر عبور می کند، انجام می گیرد. همانگونه که در بالا ذکر شد، فرایند جذب به صورت لحظه ای انجام نمی گیرد و منجر به تشکیل ناحیه انتقال جرم^۱ (MTZ) می شود. شکل (۲-۵) سه ناحیه را در یک بستر جذب نشان می دهد:

1. Mass transfer zone (MTZ)

- ناحیه تعادلی، که در آن ماده جذب شونده بر روی جاذب در تعادل با ماده جذب شونده در فاز گاز ورودی است و جذب دیگری صورت نمی گیرد.
- ناحیه انتقال جرم (MTZ)، حجمی که در آن انتقال جرم و خذب انجام می پذیرد.
- ناحیه فعال، که در آن هنوز جذبی صورت نگرفته است.



نمودار ۵-۱ منحنی ایزوترم جاذب مولکولارسیو 4A-DG MOLSIV



شکل ۵-۲ پروفایل غلظت فاز بخار یک ماده جذب شده در سه منطقه جذب یک بستر جذب

در ناحیه انتقال جرم (MTZ)، غلظت از میزان ورودی، Y_{in} ، به میزان خروجی، Y_{out} ، در یک نمودار ملایم S شکل کاهش می یابد. اگر میزان انتقال جرم بی نهایت باشد، ضخامت MTZ باید صفر باشد. معمولاً فرض میشود که MTZ در سطح جذب به سرعت تشکیل شده و با ضخامت ثابت بر روی بستر حرکت می کند، هرچند که اندازه ذرات و یا شکل آنها تغییر می کند. میزان Y_{in} توسط فرایندهای بالادستی تعیین می شود؛ میزان Y_{out} توسط حجم گاز احیا تعیین می شود.

طول MTZ معمولاً ۰/۵ تا ۶ft (۰/۲ تا ۱/۸ متر) است و گاز برای مدت ۰/۵ تا ۲ ثانیه در این ناحیه است. برای ماکزیمم کردن ظرفیت بستر، MTZ باید تا حد ممکن کوچک باشد زیرا این ناحیه در حالت نرمال در مقایسه با طول بستر در حالت تعادل، تنها ۵۰ درصد از ماده جذب شونده را در خود نگه می دارد. هر دو بستر باریک و بلند، که درصد بستر را در ناحیه MTZ کاهش می دهند و اندازه کوچکتر ذرات بستر را مؤثر تر می نمایند. البته اندازه کوچکتر ذرات، بسترهای عمیقتر و افزایش سرعت گاز افت فشار را افزایش می دهند.

برای یک نقطه در MTZ میزان ماده جذب شونده فاز گازی با زمان از Y_{in} به Y_{out} در یک نمودار S شکل افزایش می یابد که بازتاب نمودار در شکل ۲-۵ نشان داده شده است.

در اصل، بسترها تا زمانی که اولین علامت شکست ناحیه دیده شود، در سرویس باشد. این تجربه زمان چرخه را حدکثر می کند و باعث افزایش طول عمر بستر می شود زیرا دما دلیل اصلی تنزل کردن بستر است، و هزینه احیا را نیز حداقل نماید. البته بیشتر پالایشگاهها چرخه را با یک زمان معین در سرویس قرار می دهند تا از اینکه مطمئن شوند که ماده جذب شونده ای در ناحیه شکست قرار نمی گیرد.

زمانی که واحد نم زدایی به عنوان واحد خالص سازی مورد استفاده قرار می گیرد، دو ضعف عمده دارد:

- ✚ فرایندی با بستر ثابت است که برای عملیات پیوسته به دو یا چند بستر نیازمند است.
- ✚ ظرفیت آن محدود است و معمولاً جداسازی مقدار زیادی از ناخالصیها غیر ممکن است.

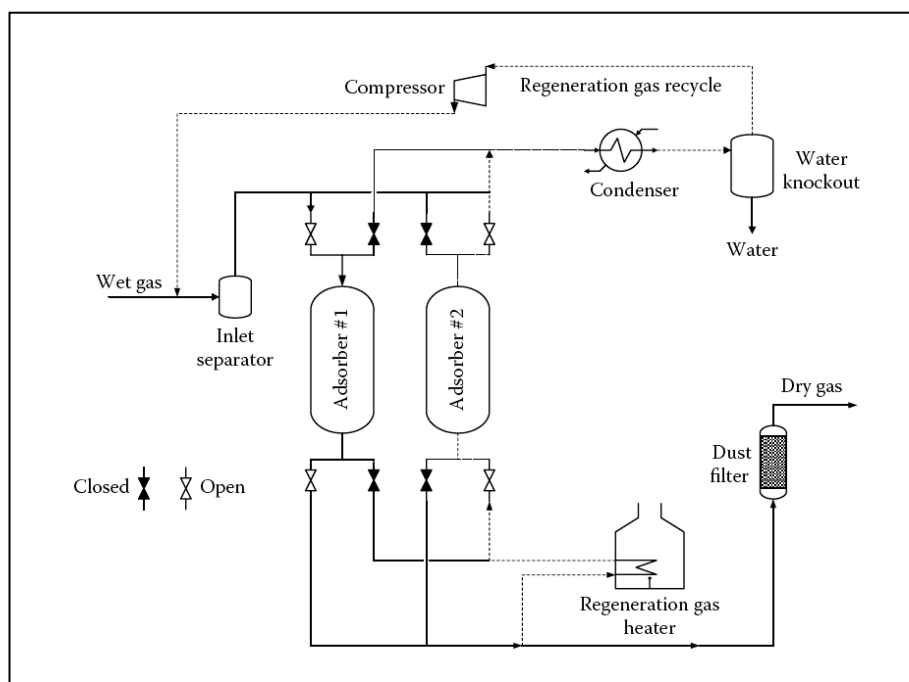
البته، جذب با جامد برای نم زدایی از گاز طبیعی بسیار مؤثر است. زیرا آب خیلی بیشتر از آلکانها، دی اکسید کربن یا سولفید هیدروژن جدا می شود. بطور کلی، نسبت به فرایندهای جذب با مایع، نم زدایی بیشتری توسط جذب با جامد امکان پذیر است.

سیستم های نم زدائی با دو بستر خشک کننده

در این نوع سیستم، یک بستر در حال سرویس و دیگری در حال احیاء می باشد که در زمان تعیین شده با یکدیگر تعویض می شوند همانگونه که مشخص است، احیاء به دو روش صورت می گیرد.

روش اول، احیاء با جریانی با گاز خشک خروجی از بستر در حال سرویس.

روش دوم، جریانی از گاز مرطوب ورودی به برج اول، برج دوم را احیاء می کند.

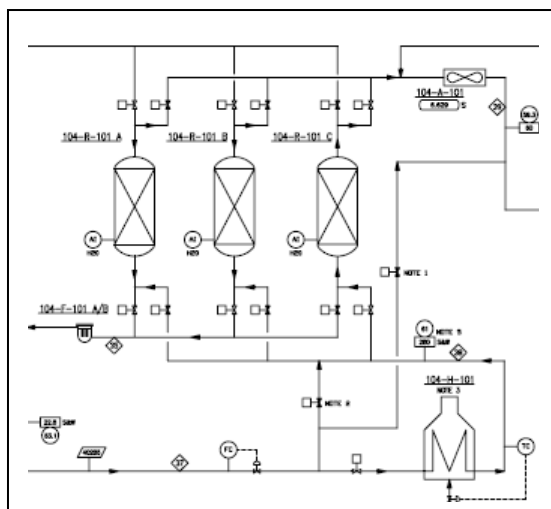


شکل ۳-۵ نم زدایی با مواد جاذب الرطوبه توسط دو بستر

سیستم های نم زدائی با سه بستر خشک کننده

در این سیستم، دو بستر در حال سرویس و بستر سوم در حال احیاء می باشد. شکل (۲-۵) نمایی از این کارکرد را نشان می دهد، در این حالت دو بستر به صورت موازی یا به طور سری می توانند در سرویس باشند و جریانی از گاز خشک خروجی از بسترهای سرویس از پائین به بالا، احیاء بستر سوم را انجام می دهد. در این سیستم ها همیشه یک بستر در حال خشک کردن گاز، دیگری در حال گرم شدن و آخری در حال سرد شدن است که پس از مدت زمان معینی با یکدیگر تعویض می شوند، یعنی

بستری که قبلاً عمل نم زدائی را انجام می داد در حالت گرم شدن قرار می گیرد و بستری که گرم شده است در حالت سرد شدن و نهایتاً بستری که سرد شده است در حال نم زدائی قرار می گیرد.



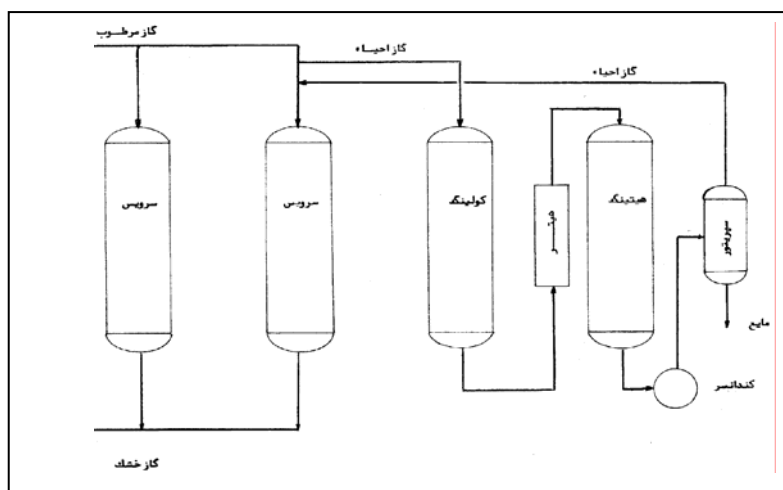
شکل ۴-۵ نم زدایی با مواد جاذب الرطوبه توسط سه بستر

از این سیستم (استفاده از سه بستر جامد برای نم زدایی) در پالایشگاه سوم و پنجم پارس جنوبی استفاده می شود، البته عملکرد این سیستم بصورتی است که دو بستر همزمان در حال جذب آب بوده و بستر سوم مراحل احیاء و سرد شدن را در طی یک سیکل انجام می دهد که در بخش های بعدی به آن خواهیم پرداخت، با توجه به عملکرد مناسب و نیازهای عملیاتی (کاهش مقدار آب موجود در گاز تا کمتر از یک دهم پی پی ام مولی) استفاده از سیستم مذکور در سایر فازهایی که در آینده توسعه خواهند یافت، امری اجتناب ناپذیر می باشد.

سیستم های نم زدائی با چهار بستر خشک کننده

در شکل (۵-۵) سیستم نم زدائی با چهار بستر نشان داده شده است در این شکل، بسترهای اول و دوم به طور موازی عمل نم زدائی گاز را انجام می دهند و بستر سوم با جریانی از گاز مرطوب در وضعیت خنک شدن قرار دارد و گاز خروجی از آن پس از گرم شدن در کوره گاز احیاء و رسیدن به دمای مورد نظر احیاء بستر چهارم را انجام می دهد. این سیکل پس از زمان معینی به اتمام می رسد و وضعیت دیگری به خود می گیرد به گونه ای که بستر سوم پس از خنک شدن در وضعیت سرویس و نم زدائی قرار می گیرد. بستر چهارم پس از گرم شدن و از دست دادن مواد جذبی در وضعیت سرد شدن قرار می گیرد بستر اول پس از دو تعویض که عمل نم زدائی را انجام داده و اشباع است در وضعیت گرم شدن

قرار می گیرد و بستر دوم برای نوبت دوم همچنان عمل نم زدائی را انجام می دهد. این سیکل به طور دائم تکرار می شود. بطور معمول، برای دبی های حدود ۵۰۰ میلیون فوت مکعب در روز از سیستم مذکور (استفاده از چهار بستر خشک کننده) استفاده می شود. سیستم استفاده از چهار بستر در بعضی پالایشگاههای گازی نظیر خانگیران و پالایشگاه گاز پارسین (۲) مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل ۵-۵ سیستم نم زدایی با چهار بستر خشک کننده

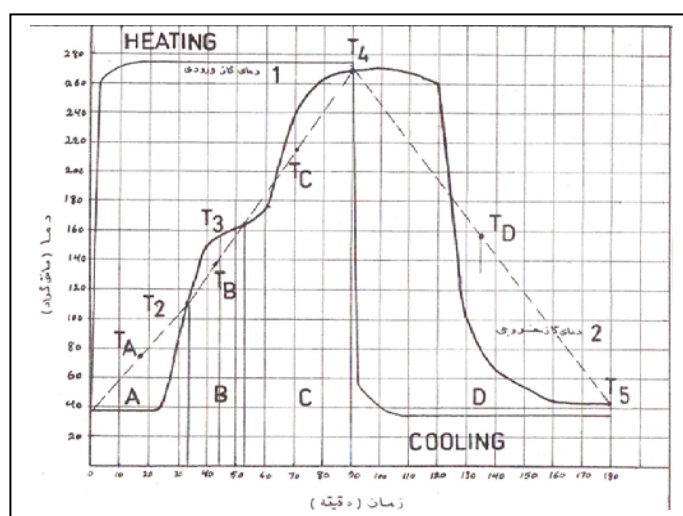
سیکل احیاء سیستم نم زدایی با مواد جامد

گاز احیاء حدود ۲۵ تا ۵۵ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای مورد نیاز احیاء بستر گرم می شود. یک سیکل نمونه احیاء در نمودار (۲-۵) نشان داده شده است. منحنی شماره ۲ این شکل، دمای خروجی از بستر در طول زمان احیاء را نشان می دهد. در دقایق اولیه مقدار زیادی از حرارت گاز داغ صرف گرم کردن برج و محتویات آن می گردد. در حدود ۱۲۰ درجه سانتیگراد، مقدار آبی که جذب شده بود، بخار می گردد و منحنی عریض تر می شود در طراحی، فرض بر این گذاشته می شود که تمام آب جذب شده در دمای ۱۲۵ درجه سانتیگراد، به بخار تبدیل شده و از بستر خارج گردد و دمای خروجی از بستر در این حالت شروع به افزایش می کند.

چنانچه بسترهای جامد، کار جداسازی هیدروکربونهای سنگین (C_4^+) را نیز بر عهده داشته باشند، که بیشتر این سیستم در سیکلهایی که از سیلیکاژل استفاده می کنند، وجود دارد. در دمای بالاتر از دمای ۱۲۵ درجه سانتیگراد، هیدروکربورهای سنگین یکی پس از دیگری به بخار تبدیل شده و از بستر خارج

می گردند، باید توجه داشت که مولکول های سبکتر که نقطه جوش پائین تری دارند زودتر از بقیه از بستر خارج می شوند.

ممکن است برخی مولکولهای سنگین هیدروکربور حرارت لازم جهت بخار شدن را بدست نیاورند در این صورت، بر روی سطح سیلیکاژل و یا هر جامد دیگر رسوب می کنند و دانه ها سیاه می شوند، این حالت کارایی بستر را کاهش می دهند. در بعضی از واحدهای نم زدائی، جریانی از گاز مرطوب عمل خنک کردن بستر را انجام می دهد این کار تا دمای ۵۰ درجه سانتیگراد، مسئله ای ایجاد نمی کند اما در دمای زیر ۵۰ درجه سانتیگراد که بستر آماده جذب می شود، عمل نم زدائی از گاز کولینگ شروع می شود و چنانچه سیکل احیاء ادامه یابد، بستر ادامه جاذب مقداری اشباع می شود و ظرفیت جذب آن کم می شود در واحدهایی که سیکل های احیاء آن طولانی است پس از خنک شدن بستر گاز کولینگ بصورت کنار گذر عبور^۱ داده می شود.



نمودار ۲-۵ منحنی احیای بستر خشک کننده (گرمایش و سرمایش سیلیکاژل)

طبیعت جذب آب و هیدروکربورها، توسط مواد جاذب الرطوبه

در سیستم های جذب هم زمان آب و هیدروکربونهای سنگین، با ورود گاز به بستر خشک کننده، تمامی اجزاء قابل جذب آن با سرعتهای متفاوتی جذب می شوند. آب در ابتدای بستر جذب می شود و گاز بدون آب از بقیه بستر عبور می کند. پس از گذشت زمان کوتاهی از فرآیند، تعدادی مناطق جذبی در بستر تشکیل می شوند. این مناطق قسمتی از بستر می باشد که یکی از برش های نفتی را جذب نموده است. در بدو ورود به این نواحی، کلیه اجزاء گاز جذب می شوند، به گونه ای که غلظت در انتهای این

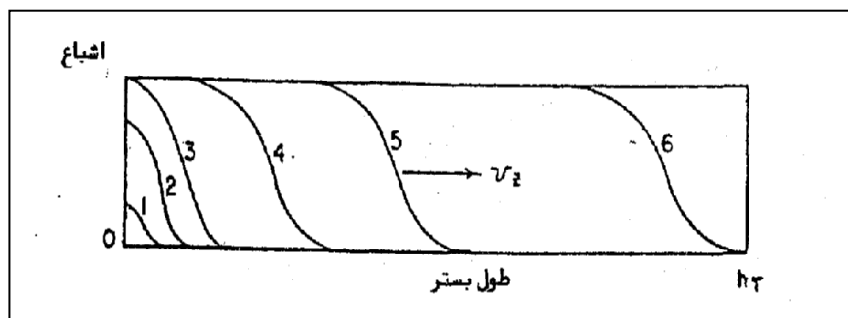
1. By pass

نواحی صفر می شود. پس از آن، این نواحی در امتداد بستر شروع به حرکت می نمایند. قبل از آنکه ناحیه جذب هیدروکربورهای سنگین و آب به انتهای بستر برسد باید جذب شوند، زمانی که ناحیه جذب هر جزء به انتهای بستر رسیده دیگر جذب آن انجام نمی گردد و بستر از آن جزء اشباع شده است. شکل (۵-۶) قسمت الف حرکت ناحیه جذب در طول بستر را نشان می دهد. زمان یک آغاز تشکیل ناحیه جذب است که در زمان ۳ ناحیه جذب تکمیل شده است. زمانهای ۴ و ۵ حرکت آن به سمت انتهای بستر است و در زمان ۶ ناحیه جذب به انتهای بستر رسیده است. حد فاصل بین زمان های ۳ و ۶ سرعت جذب تقریباً ثابت است.

شکل مذکور قسمت (ب) حرکت ناحیه و وضعیت آن را نشان می دهد. محور عمودی آن بر مبنای کسر مولی آن جزء در گاز خروجی نسبت به گاز ورودی تقسیم شده است. زمانی که این ناحیه به انتهای بستر برسد این نسبت به صفر نزدیک می شود و این نشان می دهد که دیگر جذب آن جزء انجام نمی شود و به اصطلاح می گویند که نقطه شکست^۱ آن فرا رسیده است. قسمت (ج) همان شکل رفتار و حرکت ناحیه را با استفاده از پارامترهای دیگر نشان می دهد. همان گونه که در شکل نشان داده شده ناحیه جذب بوتان C_4 به انتهای بستر رسیده است و نقطه شکست آن فرا رسیده است در حالیکه ناحیه آب به تازگی تشکیل شده است.

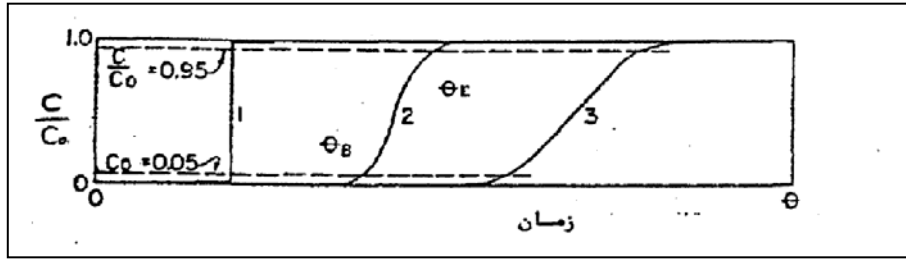
قسمت (د) همان شکل اثرات اندازه نسبی دانه های جاذب را بر طول ناحیه جذب نشان می دهد. هر چه این ناحیه پهن تر باشد جداسازی آن راحت تر است. هر چه اندازه دانه ها کوچکتر باشد پهنای ناحیه بیشتر است و عمل جذب بهتر انجام می شود. بنابراین اندازه دانه های جاذب را حداقل در نظر می گیرند تا حدی که افت فشار داخل بستر مسئله ساز نباشد.

درباره چگونگی اندازه گیری دانه ها و مقیاس اندازه گیری در ادامه توضیح داده شده است. در مورد سیلیکاژل زمان جذب و زمان رسیدن به نقطه شکست برای متان و اتان تقریباً لحظه ای است در حالیکه برای پنتان حدود ۱۲ تا ۲۰ دقیقه طول می کشد.

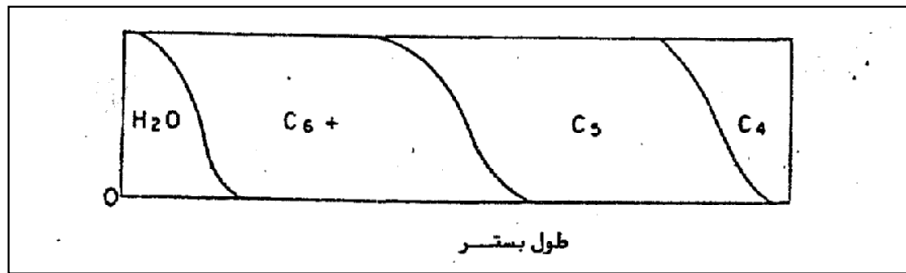


شکل ۵-۶ الف- حرکت ناحیه جذب در طول بستر

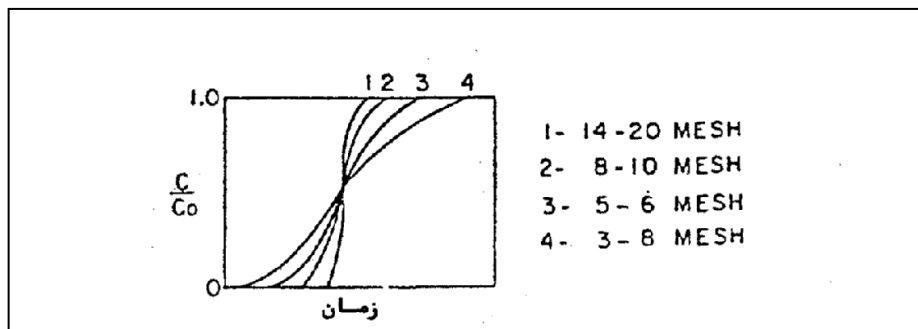
1. Fraction point



شکل ۵-۶ ب - حرکت منحنی شکست نسبت به زمان سرویس



شکل ۵-۶ ج - دید شماتیکی اشباعیت بستر



شکل ۵-۶ د - تاثیر اندازه دانه ها بر طول ناحیه جذب

عملیات نم زدائی به زمان سیکل بستگی دارد، برای سیکلهای خیلی کوتاه جذب آب و هیدروکربور تقریباً هم زمان رخ می دهد واحدهایی که دارای سیکل های کوتاه هستند به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرند و برخی از هزینه های نم زدائی و بازیافت هیدروکربور کاهش می یابد، چنین واحدهایی هم زمان برای کنترل نقطه شبنم آب و بازیافت هیدروکربور به کار می روند.

عوامل مؤثر در فرآیند نم زدائی با بستر جامد

طراحی یک واحد نم زدائی به چند بخش مجزا تقسیم بندی می شوند.

- ✚ طراحی برج های جذب و مقدار ماده جاذب الرطوبه.
- ✚ طراحی وسایل و تجهیزات سیستم احیاء نظیر کوره گاز احیاء کندانسر، صافی،
- ✚ طراحی لوله ها و اتصالات، شیرها و سیستم کنترل و تعویض بسترها.

بخش دوم به قسمت اول وابسته است در حالی که قسمت سوم با در نظر گرفتن افت فشار مجاز و فضای لازم جهت انجام کارهای تعمیراتی طراحی می شود. چنانچه در نظر باشد که احیاء بستر بر خلاف جریان از پائین به بالا انجام شود به تعدادی شیر و لوله کشی اضافی نیاز است. طراحی برجهای جذب و برآورد مقدار ماده جاذب الرطوبه و به تبع آن طراحی وسایل احیاء به پارامترهایی از قبیل:

- ✚ زمان تعویض برجها
- ✚ ظرفیت جذب ماده خشک کننده
- ✚ نقطه شبنم مطلوب گاز خروجی
- ✚ دبی گاز مرطوب
- ✚ افت فشار مجاز

بستگی دارد. در واقع یک طراحی خوب از بهینه نمودن عوامل فوق بدست می آید. در حال حاضر بحث طراحی سیستم های نم زدائی و کنترل نقطه شبنم از مراحل تحقیقاتی آن گذشته ، امروزه واحدهای نم زدائی به صورت مجموعه های آماده توسط صاحبان تکنولوژی و گاهی اوقات توسط سازندگان مواد جاذب الرطوبه، به خریداران عرضه می شود.

ظرفیت ماده خشک کننده

برای مواد جاذب الرطوبه سه نوع ظرفیت تعریف می شود، که شناخت این ظرفیت ها و نیز درک اختلاف آنها اهمیت زیادی دارد.

- ✚ ظرفیت استاتیکی یا ظرفیت تعادلی
- ✚ ظرفیت دینامیکی
- ✚ ظرفیت مفید

ظرفیت تعادلی یا استاتیکی

برای اندازه گیری این ظرفیت، گاز مرطوب در یک محفظه در معرض مواد جاذب قرار داده می شود عمل جذب رطوبت تا رسیدن به تعادل و خاتمه جذب ادامه می یابد. پس از تعادل، مقدار رطوبت جذب شده اندازه گیری می شود و ظرفیت جذب تعادلی بدست می آید.

ظرفیت دینامیکی

در این حالت برخلاف قسمت قبل، مواد جاذب الرطوبه در معرض جریان گاز مرطوب با دبی مشخص قرار می گیرد. با انجام آزمایش، رطوبت گاز خروجی اندازه گیری می شود، اختلاف موجود در رطوبت گاز ورودی و خروجی مقدار جذب شده توسط ماده جاذب را نشان می دهد. بدیهی است هر چه سرعت جریان گاز زیادت باشد ماده جاذب فرصت کمتری برای جذب و استفاده از تمام ظرفیت خود را دارد.

ظرفیت مفید

ظرفیت مواد خشک کننده طی سیکل های متوالی در اثر احیاهای مکرر به طور عادی کاهش می یابد. مثلاً موبیل سوربید در ابتدای بهره برداری قادر است تا ۲۵٪ وزن خود را رطوبت جذب کند و پس از دو سال ظرفیت آن به ۱۰٪ و بعد از سه سال بهره برداری به ۸٪ می رسد. بنابراین در طراحی اولیه ظرفیت مفید انواع خشک کننده ها به شرح زیر برآورد می شود.

✚ ظرفیت مفید بوکسیت را ۶-۴ درصد نظر گرفته می شود، یعنی هر ۱۰۰ کیلوگرم آن ۴ تا ۶ کیلوگرم رطوبت جذب می کند.

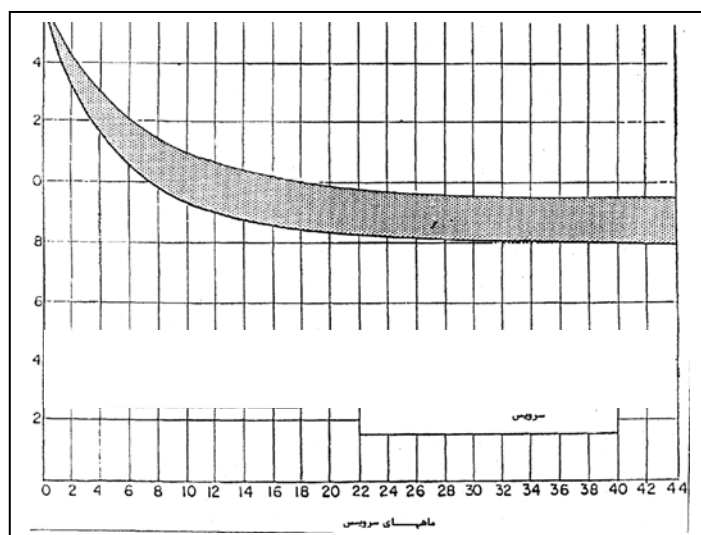
✚ ظرفیت مفید آلومینا ۷-۴ درصد در نظر گرفته می شود، هر کیلوگرم آن توانایی جذب ۴ تا ۷ کیلوگرم آب را دارا می باشد.

✚ ظرفیت مفید سیلیکاژل موبیل سوربید و انواع دیگر ژل ها ۹-۷ درصد در نظر گرفته می شود.
✚ ظرفیت مفید غربالهای مولکولی ۱۲-۹ درصد در نظر گرفته می شود.

عوامل مؤثر در کاهش ظرفیت ماده خشک کننده

کلیه جامدات جاذب الرطوبه در طول بهره برداری فاسد می شوند و ظرفیت مفید آنها کم می شود در نتیجه نقطه شبنم گاز خروجی از آن بالا می رود. نمودار (۲-۵) تغییرات ظرفیت مفید یک نوع سیلیکاژل را نشان می دهد دیگر جامدات نیز کماکان منحنی های کاهش ظرفیت مشابهی دارند هر چند ممکن است مقدار آن تفاوت داشته باشد.

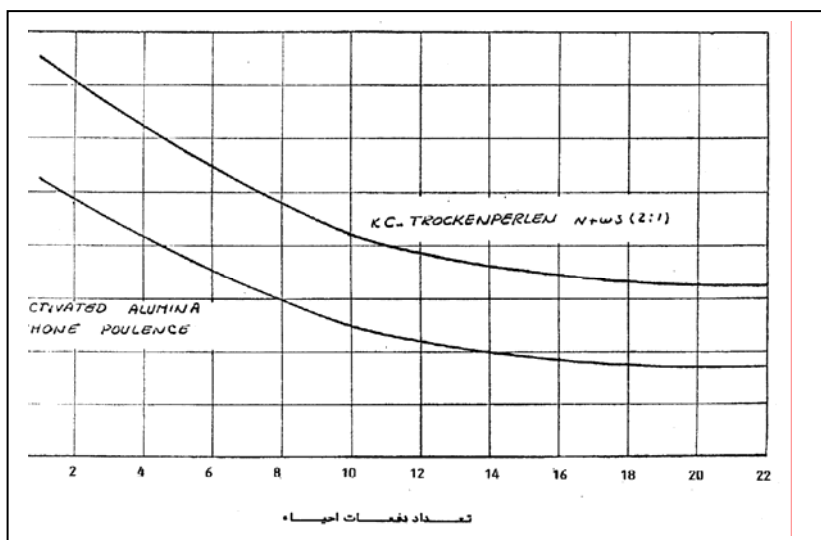
نمودار (۵-۳) چگونگی کاهش ظرفیت چند نوع ماده جاذب در سالهای بهره برداری را نشان می دهد. فاسد شدن طبیعی^۱ در اثر احیاهای مکرر سطح فعال مواد جاذب کم می شود و مولکولهای سنگین درون منافذ باقی می مانند. در سیکلهای اولیه سرویس ظرفیت ماده جاذب سریعاً کاهش می یابد به همین منظور توسط سازندگان این مواد دستورالعمل های خاصی جهت بهره برداری اولیه از آن پیشنهاد می شود.



نمودار ۵-۳ کاهش ظرفیت نسبت به زمان سرویس بودن (محور قائم ظرفیت مفید سیلیکاژل)

ظرفیت جذب مربوط به نمودار (۵-۴) در دمای ۷۷ درجه فارنهایت و فشار ۱۴/۷ پوند بر اینچ مربع و نقطه شبنم ۴۰- درجه فارنهایت اندازه گیری شده است. فاسد شدن غیر طبیعی^۲ منافذ بسیار کوچک مواد که کار جذب توسط آنها انجام می شود ممکن است در اثر ورود ناخالصیهائی مانند روغن های سنگین، روغن کمپرسور، آمین ها، گلاکول ها و مواد ضدخوردگی و اجسام مشابه گرفته شود و در اثر احیاء هم آزاد نشوند. البته باید سعی شود از ورود این مواد به داخل بستر جلوگیری شود.

1. Nomal degradation
2. Abnormal degradation



نمودار ۴-۵ کاهش ظرفیت جذب نسبت به دفعات احیای بستر

انتخاب یک ماده خشک کننده

انتخاب یک ماده جاذب الرطوبه با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی صورت می گیرد در این قسمت به بعضی از پارامترهایی که در انتخاب این مواد مؤثر است اشاره می شود.

آلومینا نسبتاً ارزانتر از بقیه است چون ظرفیت جذب آن پائین است برای رسیدن به نقطه شبنم مطلوب برج بزرگتری باید طراحی شود بنابراین دستگاهها و لوازم احیاء نیز به همان نسبت افزایش می یابد.

غربال مولکولی از بقیه جاذب ها گرانتتر است ولی برخلاف همه آنها قادر است گاز با دمای بالاتر از ۵۰ درجه سانتیگراد را نیز خشک نماید این ماده، در مقابل گاز ترش نیز قادر به جذب می باشد و نقطه شبنم پائین تر از دیگر خشک کننده ها ایجاد می کند.

برای گازهای ترش که ترکیبات گوگردی کمی دارند سیلیکاژل مناسب است، خشک کننده هایی نظیر آلومینای فعال که در ترکیب آنها آهن به کار رفته برای نم زدائی از گازهای ترش مناسب نیستند چون اکسید آهن به کار رفته در آن با H_2S واکنش می دهد و سولفور آهن به وجود می آورد و این واکنش به طور کلی خصوصیات ماده جاذب الرطوبه را عوض می کند.

در حالتی که pH آب تشکیل شده درون منافذ از ۵ کمتر شود باید از غربال مولکولی نوع AW استفاده شود.

افت فشار بستر خشک کننده

در طراحی برج های خشک کننده، تعیین دقیق افت فشار درون بستر از فاکتورهای مهم است. چون تجهیزات لازم برای مقابله بر این افت فشار، بخش عمده ای از هزینه های عملیاتی را شامل می شود. برای تعیین افت فشار درون بستر متشکل از ذرات دانه ای آقایان Brounell, Ergun, LEVA, Katzrose فرمولهایی پیشنهاد کرده اند.

یک شکل اصلاح شده از این معادلات برای کلیه جاذب ها به صورت زیر ارائه شده است.

$$\frac{\Delta P}{L} = \left(\frac{F_t C_t G^2 \times 10}{\rho D_p} \right)^{-1.0} \quad \text{معادله (۱-۵)}$$

$$\frac{\Delta P}{L} = \text{افت فشار بر واحد طول بستر بر حسب Psi/ft}$$

$$C_t = \text{ضریب افت فشار}$$

$$D_p = \text{قطر مؤثر ذره (ft)}$$

$$F_t = \text{ضریب اصطکاک}$$

$$G = \text{سرعت ظاهری جرمی (ft) / (Hr) (Ib)}$$

$$L = \text{فاصله از ابتدای بستر (ft)}$$

$$\Delta P = \text{افت فشار کل برج (Psi)}$$

$$\rho = \text{دانسیتة سیال (گاز) (ft)^3 / (Ib)}$$

مقدار D_p برای مواد جاذب استوانه ای شکل طبق فرمول زیر بدست می آید:

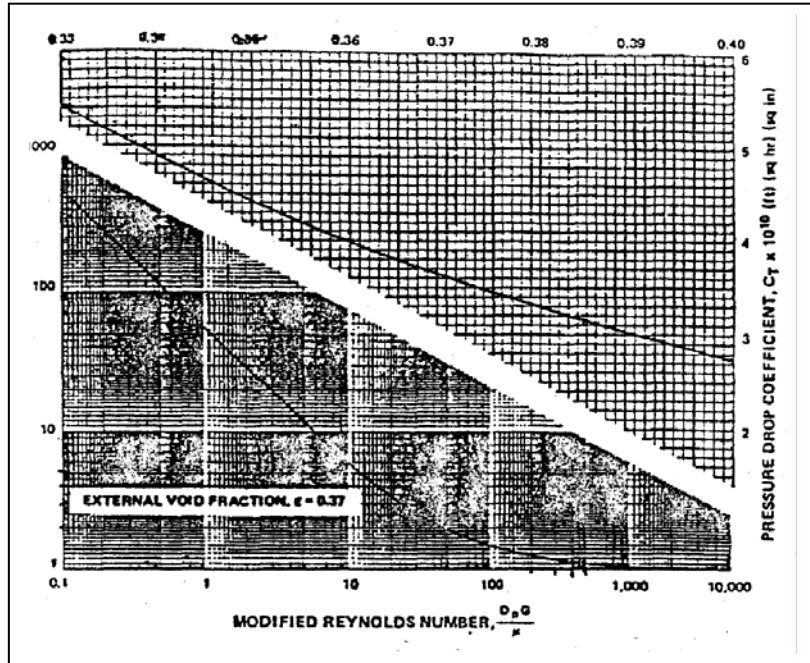
$$D_p = D_c / (2/3 + 1/3 (D_c/L_c)) \quad \text{معادله (۲-۵)}$$

که در آن :

$$D_c = \text{قطر استوانه (ذره) ft}$$

$$L_c = \text{طول استوانه (ذره) ft}$$

ضرائب اصطحکاک بر حسب ft و ضریب افت فشار C_t از نمودار (۵-۵) به دست می آید برای محاسبه افت فشار، مشخصات ماده خشک کننده در کاتولوگ کارخانه سازنده موجود است.



نمودار ۵-۵ محاسبه ضریب اصطحاک (Ft)

جدول ۵-۱ محاسبه ضرایب مورد نیاز برای محاسبه افت فشار (معادله ۵-۲)

Desiccant	Particle form	Mesh size	Bulk density lb/ft ³	Effective diameter D_p ft	External void fraction, ϵ
Silica Gel	Granules	3 x 8	45	0.0127	0.35
	"	6 x 16	45	0.0062	0.35
Alumina	Spheres	4 x 8	50	0.0130	0.36
	Granules	4 x 8	52	0.0130	0.25
	"	8 x 14	52	0.0058	0.25
	"	14 x 28	54	0.0027	0.25
	Spheres	1/4 in.	52	0.0208	0.30
Molecular sieves	"	1/4 in.	54	0.0104	0.30
	Granules	14 x 28	30	0.0027	0.25

به مرور زمان مقداری از بستر در اثر ساییده شدن و یا شکستن دانه ها نشست پیدا می کند و باعث افزایش افت فشار می شود.

یکی از مسائلی که روند افزایش افت فشار را تسریع می کند و غالباً از آن چشم پوشی می شود، نوسانات شدید فشار^۱ در بستر می باشد اگر برج نم زدا به طور ناگهانی فشارش افت نماید سرعتهای موضعی بسیار زیادی برای گاز به وجود می آید و در نتیجه سرعت زیاد گاز باعث جابجا شدن بستر^۲ و شکسته شدن دانه ها و حتی عمل خروج ذرات به بیرون از برج می شود.

محاسبه افت فشار

فرض کنیم می خواهیم افت فشار یک برج خشک کننده در حال سرویس با جریان ۱۳۰ میلیون استاندارد فوت مکعب در روز گاز طبیعی به وزن مولکولی ۱۶/۴۵ و گرانیوی ۰.۰۴۶ Cp را به دست آوریم ، بستر موبیل سوربید آن به ارتفاع ۲۰ و به قطر ۷/۵ می باشد. قطر متوسط دانه ها ۰/۰۱۲ متر است.

برای پاسخ به این سوال ابتدا، سرعت جرمی گاز را از رابطه زیر محاسبه می نمایم.

$$G = \frac{140(130MMSCFD)(16.45)}{7.5^2}$$

$$Re = \frac{DpG}{\mu} = \frac{0.012 \times 5322}{0.046}$$

بنابراین مقدار $Re = 1388$ خواهد شد، با استفاده از نمودار (۵-۵) برای $Re = 1388$ مقدار $Ft=1$ و با استفاده از جدول (۵-۱) بازا قطر ۰/۰۱۲ دانه ها، $\epsilon=0.35$ است که از شکل $Ct=4.42 \times 10^{-10}$ بدست می آید.

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{Ft \times Ct \times G^2}{\rho_g Dp} = \frac{1.0 \times 4.42 \times 10^{-10} \times 5322^2}{3.142 \times 0.012} = 0.3333 \frac{Psi}{Ft}$$

افت فشار بستر ماده خشک کننده :

$$\Delta p = 0.3333 \times 20 = 6.66 Psi$$

1. Surge pressure
2. Fluidization

انبساط بستر

در طراحی برج های خشک کننده، از بروز شرایطی که باعث جا به جا شدن بستر و انبساط آن می شود باید جلوگیری کرد. سرعت های زیاد گاز باعث شکسته شدن دانه ها و ساییده شدن آن می شود که نهایتاً افت فشار را زیاد می کند. لذا قطر برج به گونه ای انتخاب می شود که تحت شرایط طراحی سرعت ظاهری گاز از ۳۰ فوت بر دقیقه بیشتر نشود.

در برج هایی که گاز احیاء از پائین به بالا جریان دارد و یا در شرایطی که فشار برج انداخته می شود، بایستی، سرعت ظاهری گاز در حدی باشد که باعث جابه جا شدن و انبساط بستر نشود. این سرعت در فرمول زیر قابل محاسبه است. چنانچه سرعت واقعی گاز از سرعت به دست آمده از رابطه زیر بیشتر شود مسئله جابه جا شدن بستر و انبساط آن نیز شروع می شود.

$$\frac{A\rho^2}{\mu^2}V^2m + \frac{B\rho}{\mu}Vm - \frac{Cp(\rho p - p)}{\mu^2} = 0 \quad \text{معادله (۵-۳)}$$

Vm = حداکثر سرعت ظاهری گاز ft / Sec

ρ = دانسیته سیال lb / ft^3

ρp = دانسیته ذرات خشک کننده بر حسب lb / ft^3

μ = ویسکوزیته (گرانروی) سیال بر حسب Cp

A, B, C = ضرایب ثابت که به اندازه دانه ها بستگی دارد و در صفحه بعد نشان داده شده است

جدول ۵-۲ مقادیر ثابت معادله (۵-۳)

C	B	A	اندازه مش سایز دانه ها (Mesh)
1.700	66.100	54.200	$\frac{1}{2} * \frac{1}{4}$ inch
270	35.800	15.900	۳ × ۶
71.2	23.000	6.530	۵ × ۸
15.8	13.800	2.352	۷ × ۱۲

مثال : گازی با مشخصات داده شده از یک بستر موبیل سوربید از پائین به بالا جریان می یابد حداکثر سرعت مجاز گاز را به دست آورید؟

- دانسیته موبیل سوربید $45 lb / ft^3$

- دانسیته گاز $2.9 lb / ft^3$

- ویسکوزیته گاز $0.046 Cp$

- اندازه دانه ها 5×8 Mesh

$$\frac{(A\rho^2)v^2}{\mu^2} + \frac{(B\rho)V}{\mu} - \frac{C\rho(\rho p - \rho)}{\mu^2} = 0$$

$$\frac{6530 \times 2.9^2}{0.046^2} V^2 + \frac{23.000 \times 2.9}{0.046} V - \frac{71.2 \times 2.9(45 - 2.9)}{0.046^2} = 0$$

$$6.318V^2 + 0.353V - 1 = 0 = V = 0.371 \text{ ft / s}$$

$$V = 0.371 \times 60 = 22.26 \text{ ft / min}$$

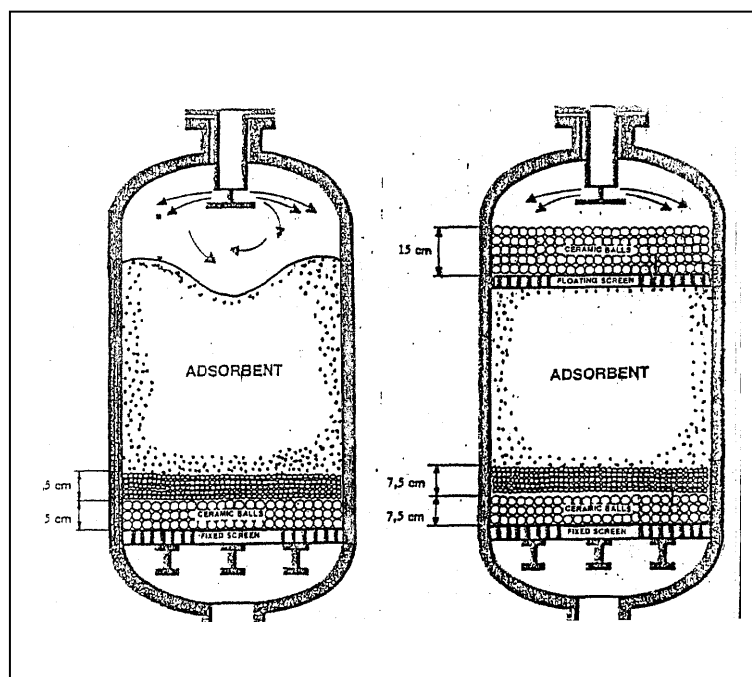
نگهدارنده بستر

نگهدارنده بستر به ظاهر بخش غیر مهمی از آن به نظر می رسد ولی در واقع نقش آن بسیار مهم است مواد خشک کننده و جداره برج ضریب انبساط حرارتی یکسانی ندارند. بنابراین در اثر گرم و سرد شدن برج تعدادی از ذرات شکسته شده و باعث مسدود شدن صافی گاز خروجی می شوند. در نتیجه در دبی گاز محدودیت به وجود آمده و باعث تشکیل جت های گازی در بستر می شود این جت های گازی به نوبه خود باعث سایش جداره برج و دانه های خشک کننده می شود.

استفاده از توپک های سرامیکی نه تنها پودر شدن دانه های جاذب را به حداقل می رساند بلکه عامل مهمی در جهت بهبود توزیع گاز می باشد. توزیع گاز با سرعت زیاد معمولاً مسئله ساز نیست. باید حداقل یک متر فضای بین تقسیم کننده گاز ورودی تا سطح بستر فاصله باشد. چنانچه فضای خالی ابتدای بستر کم باشد، جریان گرد بادی کوچک باعث تشکیل یک توده شن می شود و ممکن است یک گودی به حداقل عمق ۳۰ سانتیمتر به وجود آید. (شکل (۷-۵)) برای جلوگیری از این مسئله و در جاهایی که امکان ایجاد یک فضای خالی مناسب بین تقسیم کننده گاز ورودی و ابتدای بستر وجود نداشته باشد، استفاده از یک صفحه شناور^۱ مفید است به گونه ای که بر روی آن یک لایه به ضخامت ۱۵ سانتیمتر از سرامیک های ۰/۵ اینچی، ریخته شده باشد. این مسئله در شکل (۷-۵) نشان داده شده است.

1. Floating screen





شکل ۵-۷ نمایی از نحوه چیدمان برج های خشک کننده

معادلات طراحی برج های خشک کننده

در طراحی برج های خشک کننده عوامل زیر دخالت دارند.

- ✚ زمان سیکل
- ✚ دبی مجاز گاز سرویس
- ✚ ظرفیت مطلوب بستر مواد جاذب الرطوبه
- ✚ نقطه شبنم گاز خروجی
- ✚ مقدار کل مایع جذب شده
- ✚ کارایی دینامیکی برج های نم زدا
- ✚ مقدار جریان گاز احیاء
- ✚ محدودیت های افت فشار

ظرفیت ماده خشک کننده

در طراحی فرض بر این می شود گاز خروجی کاملاً خشک باشد ولی فی الواقع در جریان گاز خروجی مقداری آب و یا هیدروکربور سنگین وجود دارد هر چند این مقدار از حد مجاز خطوط لوله کمتر است. ظرفیت واقعی را می توان از معادله زیر که در حقیقت یک موازنه جرمی در حالت کلی می باشد به دست آورد.

$$(X)(h_T) = (X_s)(h_T) - 0.45(hz)(Xs) \quad \text{معادله (۵-۴)}$$

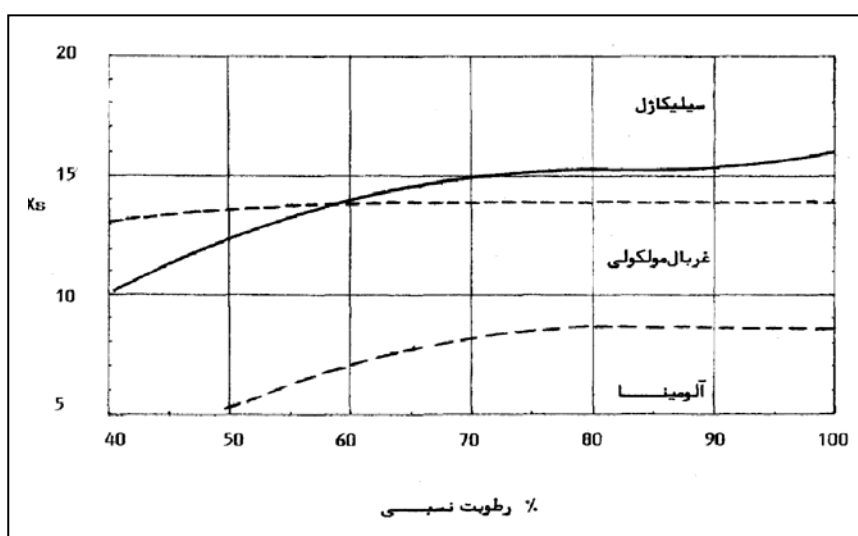
X = ظرفیت مفید

X_s = ظرفیت دینامیکی در حالت اشباع

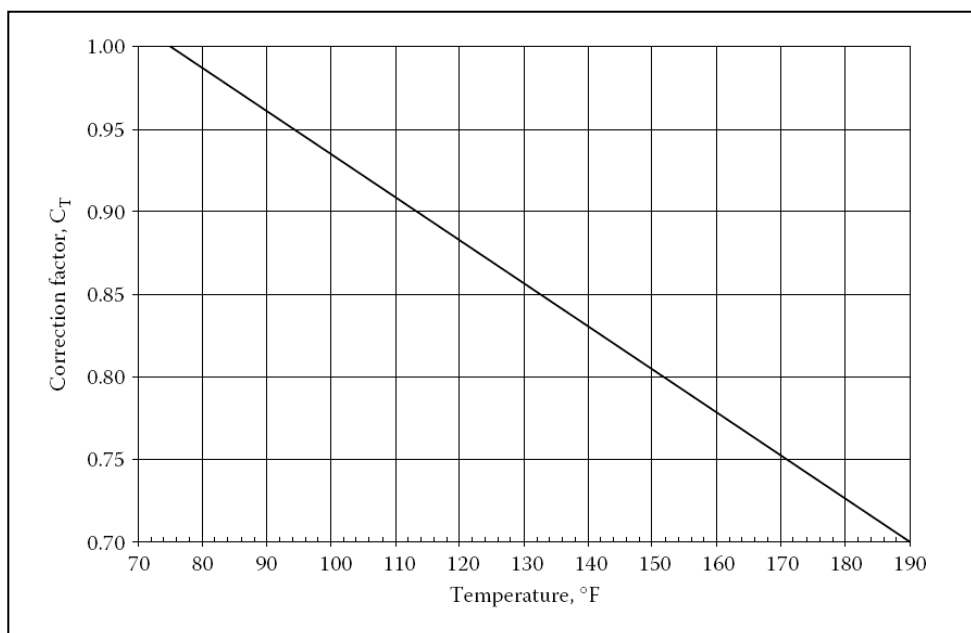
hz = طول ناحیه جذب

h_T = طول بستر

ظرفیت دینامیکی X_s شرایط ماده خشک کننده و دیگر عوامل مانند آن را بیان می کند چون ظرفیت مواد جاذب به طور طبیعی یا غیر طبیعی در زمان سرویس کم می شود X_s تغییر می کند و کم می شود. در محاسبه ظرفیت مفید X مقدار X_s را می بایست حد متوسطی در نظر بگیریم. با استفاده از نمودار (۵-۶) که در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، رسم شده است مقدار مطلوب X_s را به دست آورد. چنانچه دمای طراحی غیر از ۲۵ درجه سانتیگراد، باشد با استفاده از شکل نمودار (۵-۷) مقدار X_s در دمای مورد نظر به دست می آوریم.



نمودار ۵-۶ مقادیر پیشنهادی X_s برای استفاده از معادله (۴-۴) در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد.



نمودار ۵-۷ اثر دما بر روی ظرفیت آب ژلها و آلومینا (ضریب مذکور در Xs ضریب می شود).

طول ناحیه جذب

ضخامت لایه جذب به آنالیز گاز، رطوبت نسبی گاز و ظرفیت ماده رطوبت گیر بستگی دارد. مقدار عددی ۰/۴۵ در معادله بالا، میانگین اعدادی است که در آزمایشات مختلف به دست آمده است. این عدد به طول ناحیه یا ضخامت لایه جذب بستگی دارد و از ۰/۴ تا ۰/۵۲ تغییر می کند. برای سیلیکاژل طول ناحیه جذب از فرمول زیر به دست می آید.

$$h_z = 375(q^{0.7895}) / (Vg^{0.5506}(RS)^{0.2646}) \quad \text{معادله (۵-۵)}$$

h_z = طول ناحیه جذب برحسب اینچ

q = مقدار رطوبت گاز برحسب پوند بر ساعت - فوت مربع

Vg = سرعت ظاهری گاز بر حسب فوت بر دقیقه

RS = درصد اشباعیت گاز بدون بعد

مقدار h_z به دست آمده از معادله فوق برای فرآیند خشک کردن هوا می باشد ولی برای گاز نیز مفید است. به هنگام استفاده از معادله مذکور، برای آلومینا و غربال مولکولی می بایست ضریب ۰/۸ برای آلومینا و ۰/۶ برای غربال مولکولی را اعمال نمود. چون ظرفیت جذب هیدروکربور برای آلومینا و غربال مولکولی نوع ۳ A و ۴ A کم است.

رطوبت جذب شده در هر سیکل

مقدار رطوبت و هیدروکربوری که در هر سیکل جذب می شود، وزن نهایی ماده جاذب را معین می کند. مقدار رطوبت همراه گاز در هر سیکل از فرمول زیر، معادله (۵-۶) به دست می آید.
معادله (۵-۶)

$$q = 0.054 \left(\frac{Q(W)}{D^2} \right)$$

q = مقدار آبی که در هر سیکل جذب می شود بر حسب پوند بر ساعت - فوت مربع
Q = دبی گاز مرطوب بر حسب میلیون استاندارد فوت مکعب بر روز
D = قطر داخلی برج یا قطر بستر فوت
W = محتوای رطوبت گاز بر حسب پوند بر میلیون استاندارد فوت مکعب

مدت زمان نم زدائی (زمان رسیدن به نقطه شکست)

زمان اشباع بستر یا رسیدن رطوبت گاز به انتهای بستر از معادله زیر (۵-۷) به دست می آید.

$$\theta_B = \frac{(0.01)(x)(\rho_B)(h_T)}{q} \quad \text{معادله (۵-۷)}$$

θ_B = زمانیکه بستر اشباع می شود بر حسب ساعت

ρ_B = دانسیته ذرات خشک کننده (بستر)، بر حسب پوند بر فوت مکعب

h_T = طول بستر بر حسب فوت

q = رطوبتی که در سیکل جذب می شود، بر حسب پوند بر ساعت - فوت مربع

علاوه بر نمودارهای (۵-۶) و (۵-۷) و معادلاتی که تا کنون ذکر شد، معادلات زیر مفید هستند و در محاسبات طراحی بکار می آیند.

$$G = \frac{(162)(Vg)(\gamma g)(p)}{T} \quad \text{معادله (۵-۸)}$$

$$G = \frac{(140)(Q)(Mw)}{d^2} \quad \text{معادله (۵-۹)}$$

$$h_T = \frac{127.4(q)}{(\rho_B)(d^2)(X)} \quad \text{معادله (۵-۱۰)}$$

$$d = \left[\frac{(25)(Q)(Z)(T)}{(P)(Vg)} \right]^{0.5} \quad \text{معادله (۵-۱۱)}$$

$$Vg = \frac{(25)(Q)(Z)(T)}{(P)(d^2)} \quad \text{معادله (۵-۱۲)}$$

$$\text{معادله (۵-۱۳)}$$

$$q = \frac{0.00216(W)(P)(Vg)}{(T)(Z)}$$

G = سرعت جرمی گاز بر حسب پوند بر ساعت - فوت مربع

Vg = سرعت ظاهری گاز بر حسب فوت بر دقیقه

d = قطر بستر بر حسب فوت

P = فشار برج خشک کننده بر حسب Psia

T = دمای گاز ورودی بر حسب درجه رانکلین

W = محتوای رطوبت گاز بر حسب پوند بر میلیون استاندارد فوت مکعب در روز

q = مقدار رطوبت جذب شده در هر سیکل بر حسب پوند بر ساعت - فوت مربع

Q = جریان گاز مرطوب بر حسب میلیون فوت مکعب در روز

Z = ضریب تراکم پذیری گاز مرطوب، بدون بعد

γ_g = دانسیته نسبی گاز، بدون بعد

دبی مجاز گاز (قطر بستر)

قطر بستر به گونه ای تعیین می شود که جریان گاز عبوری از آن باعث شکستن، جا به جا نمودن و ساییده شدن دانه های جاذب نشود و یا در بسترهای با قطر مشخص، جریان گاز نباید از حد مجاز فراتر رود. با در نظر گرفتن این مطلب فرمول زیر مقادیر مجاز جریان گاز از بستر (از بالا به پائین) را به دست می دهد.

$$G = 3600[C(\rho_g)(\rho_B)(Dp)]^{0.5} \quad \text{معادله (۱۴-۵)}$$

G = سرعت جرمی گاز بر حسب پوند بر ساعت - فوت مربع

ρ_g = دانسیته گاز بر حسب پوند بر فوت مکعب

ρ_B = دانسیته دانه های جاذب رطوبت گیر بر حسب پوند بر فوت مکعب

Dp = قطر متوسط دانه ها بر حسب فوت

C = مقدار ثابت حدود ۱/۰۶ - ۰/۸۱

قطر دانه ها را می توان از اندازه (مش) آن به دست آورد. آلومینای فعال و بوکسیت جامدات حبه ای و کلیه ژل ها (سیلیکاژل، موبیل سوربید و ...) دانه های کروی هستند. اندازه آنها از آنالیز صفحه^۱ به دست می آید. در این روش ذرات از یک سری غربال استاندارد با اندازه های متفاوت عبور می دهند و درصدی از ذرات که روی هر غربال باقی می ماند اندازه گیری می نمایند و به صورت حاصل ضرب دو عدد نشان می دهند.

1. Screen analysis

مثلاً ژل ها به اندازه های 3 × 8 MESH یا 4 × 5 MESH می باشند. اولین عدد اندازه غربالی است که همه ذرات از آن می گذرند و دومین عدد، اندازه غربالی است که همه ذرات روی آن می مانند و عبور نمی کنند.

مقیاس اندازه گیری دانه ها متفاوت است اما عمومی ترین آنها مقیاس TYLER است که در جدول (۵-۳) خلاصه شده است.

جدول ۵-۳ تقسیم بندی اندازه دانه ها با استفاده از مقیاس TYLER

TYLER MESH	SCREEN OPENING	
	3	6.680 mm
4	4.699	0.185
5	3.962	0.156
6	3.327	0.131
7	2.794	0.110
8	2.362	0.093
9	1.981	0.078
10	1.651	0.065
12	1.397	0.055
14	1.168	0.046

محاسبات برج های نم زدائی

گر چه معادلات موجود در بخشهای قبل برای طراحی کافی و دقیق نیستند، ولی برای برنامه ریزی مفید هستند برای یک ماده جاذب الرطوبه مشخص و زمان سیکل داده شده و محاسبات زیر را می توان انجام داد.

✚ حدس سرعت ظاهری مجاز V_g

✚ با استفاده از مشخص بودن محتوی رطوبتی گاز، مقدار رطوبتی که در هر سیکل جذب شود را محاسبه کنید فرض کنید تمام رطوبت گاز جذب شده و گاز کاملاً خشک می شود.

✚ قطر برج را با استفاده از معادله ذکر شده در بخش اندازه گیری قطر برج (۵-۱۱)، به دست آورید. پس از آن با کم کردن دوبرابر ضخامت برج و عایق داخل آن، قطر بستر به دست می آید.

✚ از معادله ذکر شده (۵-۱۲)، سرعت حقیقی گاز را به دست آورید. سرعت به دست آمده را با سرعت های مجاز مقایسه کنید چنانچه در محدوده سرعت های مجاز واقع نشد محاسبات را تکرار کنید.

✚ از معادلات بالا و نمودارهای (۵-۶) و (۵-۷) مقدار x را به دست آورید.

✚ حداقل ارتفاع بستر از معادله زیر به دست می آید.

$$\text{معادله (۵-۱۵)} \quad \text{وزن آب جذب شده در طی سیکل} * \frac{127.4}{(\rho_B)(D^2)(X)} = h_T$$

$$\rho_B = \text{دانسیتة دانه ها بر حسب پوند بر فوت مکعب}$$

$$D = \text{قطر بستر بر حسب فوت}$$

$$X = \text{ظرفیت مفید جاذب } \text{Lb H}_2\text{O} / 100 \text{ Lb}$$

زمان سیکل θ_B را از معادله مذکور به دست آورید. چنانچه θ_B محاسبه شده با θ_B اولیه در مسئله مطابقت نداشت مراحل بالا را تکرار نمائید. از نتایج فوق در جهت محاسبات مربوط به احیاء بستر استفاده کنید.

فرض کنید، قرار است 260 MMSCFD گاز مرطوب با وزن مخصوص ۰/۶ توسط دو بستر موبیل سوربید به ارتفاع ۲۰ و به قطر ۷/۵ فوت خشک شود. گاز مربوط به حالت اشباع در فشار 1000 psi و دمای ۳۸ درجه سانتیگراد، وارد می شود. چنانچه حداکثر سرعت مجاز گاز (Vg) 30 ft/min باشد، آیا این واحد می تواند با شرایط فوق کار کند (ضریب تراکم پذیری گاز را ۰/۸۷ و دانسیته موبیل سوربید ۴۵ پوند بر فوت مکعب؛ فرض کنید)

گاز اشباع در فشار 1000 psia و دمای ۳۸ درجه سانتیگراد، مقدار $\frac{Lb}{MMSCFD} \times 60$ رطوبت به همراه دارد.

$$\text{سیکل جذب ۶ ساعته فرض می شود} = \frac{130 \times 60}{(24/6)} = 1950 \text{ Lb}$$

مقدار رطوبت جذب شده در هر سیکل

$$Vg = \frac{25(130)(0.87)(560)}{(1000)(7.5)^2} = 28.149 \text{ ft/min}$$

$$q = 0.054 \left(\frac{130 \times 60}{(7.5)^2} \right) = 7.488 \text{ Lb/(hr-ft}^2\text{)}$$

$$hz = 375 \left(\frac{(7.488)}{(28.149)^{0.5506} (100)^{0.2646}} \right) = 86.5'' = 7.21$$

$$Xs = 0.9 \times 16 = 14.4$$

$$h_T = \frac{127.4}{(\rho_B)(D^2)(X)} * \text{وزن آب جذب شده در طی سیکل}$$

$$20 = \frac{127.4 \times 1950}{(45)(7.5)^2 (X)} = X = 4.9 \text{ Lb/100Lb}$$

موبیل سوربید

$$\theta_B = \frac{(0.01)(X)(\rho_B)(h_T)}{q}$$

$$\theta_B = \frac{(0.01)(4.9)(45)(20)}{7.488} = 5.889 = 6 \text{ hr}$$

این محاسبات وضعیت زیر را در بستر موبیل سوربید نشان می دهد. ناحیه انتقال جذب به انتهای بستر رسیده است و امکان افزایش سریع نقطه شبنم وجود دارد. بعضی ها ترجیح می دهند که X را بر اساس تجربه به دست آورند و سپس با استفاده از آن ارتفاع بستر را به دست آورند. آنگاه از معادله، زمان سرویس را به گونه ای تعیین کنند که این دو عامل X و h_T با هم سازگار باشند. اگر طبق معمول ظرفیت مفید موبیل سوربید نو مقدار متوسط ۸ فرض شود آنگاه داریم:

$$h_T = \frac{127.4 \times 1950}{(45)(7.5)^2(8)} = 12.268$$

حداقل ارتفاع بستر

زمانی که موبیل سوربید نو می باشد، حدود ۸ از بستر زیر ناحیه انتقال جذب می باشد.

$$\theta_B = \frac{(0.01)(8)(45)(20)}{7.488} = 9.6hr$$

محاسبات سیکل احیاء

آب و هیدروکربور در دمای پائین حدود ۵۰ درجه سانتیگراد، توسط جامدات خشک کننده جذب شده و در دمای بالا دفع می شوند، غالباً احیاء اشباع توسط جریان گاز داغ صورت می گیرد. در هر مرحله احیاء علاوه بر بستر ماده جاذب برج و محتویات آن گرم می شود و پس از آن آب و هیدروکربور با دریافت حرارت به بخار تبدیل شده و همراه جریان گاز داغ از برج خارج می شوند.

نمودار (۲-۵) که قبلاً نمایش داده شد، یک نمونه از عملیات واحد نم زدائی است. منحنی شماره (۱) دمای گاز در ورودی بستر را نشان میدهد دمای TH دمای گاز خروجی از هیتر گاز احیاء می باشد. اختلاف دمای بین منحنی های شماره (۱) و (۲) مقدار گرمای لازم برای احیاء بستر را معین می کند. دمای TH حداکثر دمای مورد نیاز احیاء می باشد که می تواند در فواصل بین ۱۷۵ تا ۲۶۰ درجه سانتیگراد، تغییر کند. این دماها حداقل دمای ممکن است که ارائه می شود TH حداقل ۱۹ درجه سانتیگراد، از T4 باید بیشتر باشد و چنانچه به ۳۸ درجه سانتیگراد، برسد حالت مطلوبی است و در هیچ موردی نباید از ۳۱۵ درجه سانتیگراد، بیشتر باشد.

بار حرارتی برای احیاء بستر برابر است با مجموع حرارتی که برج و محتویات آن لازم دارد تا به دمای TH برسد بعلاوه گرمائی که باعث تبخیر مواد جذب شده می شود.

هر پوند آب 1400 BTU حرارت لازم دارد از سطح آلومینا و سیلیکاژل خارج شود. برای غریبال مولکولی 1800 BTU لازم است و برای هیدروکربورها 200 BTU لازم است. مقدار آب جذب شده را می توان از طراحی بستر به دست آورد. مقدار هیدروکربور به وضعیت ناحیه آب بستگی دارد. به عبارت دیگر اگر ناحیه آب به انتهای بستر رسیده باشد برج تعویض شود یعنی عملاً زمانی برای جذب هیدروکربور باقی نمانده است. اگر ناحیه آب در وضعیت ۶ شکل الف قرار بگیرد قسمت باقیمانده بستر برای جذب هیدروکربور بکار می رود. قبل از ناحیه آب غلظت هیدروکربور ۷ تا ۱۰ کیلوگرم در هر ۱۰۰ کیلوگرم بستر است در حالیکه در بعد از ناحیه آب این غلظت به ۱ تا ۲ کیلوگرم کاهش می یابد.

کل زمان احیاء که در نمودار (۲-۵) نشان داده شده است به چهار فاصله زمانی A.B.C.D تقسیم شده است . دمای TH و دبی گاز احیاء زمان هر کدام از فواصل را مشخص می کند . تقریباً تمام هیدروکربورها در قسمت A دفع می شوند و همچنین آب در قسمت A و همچنین آب در قسمت B دفع می شود . از آزمایش معلوم شده است که $T_2=110$ و $T_3=127$ و $TB=116$ درجه سانتیگراد می باشد . دمای T دمای گاز مرطوب ورودی به بستر است . حتی با عایق نمودن بدنه برج دمای دو سر برج افزایش می یابد . در اثر این اتلاف حرارتی عایق ، بار حرارتی را حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد بیشتر از بار حرارتی محاسبه شده باشد.

بدنه فولادی برج خشک کننده

حرارت مورد نیاز بدنه فولادی برج به چگونگی عایق داخل آن بستگی دارد ، همان گونه که بیان کردیم اتلاف حرارتی عایق را ۱۰ تا ۱۵ درصد، بار حرارتی محاسبه شده در نظر می گیرند . وزن برج که در محاسبه بار حرارتی لازم برای گرم شدن برج بکار می آید از معادله صفحه بعد برآورد می شود

$$m = 240(h + 5.5)dt$$

معادله (۱۶-۵)

m = وزن برج، بر حسب پوند

h = ارتفاع برج، بر حسب فوت

d = قطر داخلی برج، بر حسب فوت

t = ضخامت بدنه برج بر حسب اینچ

عوامل حرارت

مقادیر داده شده برای اجرای محاسبات احیاء، مفید می باشند .

✚ گرمای ویژه :

برای فولاد $0.50KJ/(Kg.K) = 0.12BTU/(lbm.^{\circ}f)$

برای آب(مایع) $4.16kJ/(KG.K) = 1.0BTU/(lbm.of)$

برای ماده خشک کننده از کاتالوگ مربوطه به دلیل وجود نیروهای نگهدارنده آب و هیدروکربور درون منافذ جاذب الرطوبه گرمای احیاء آن از گرمای تبخیر آب و هیدروکربور بیشتر است .

✚ گرمای احیاء

برای برداشتن آب از غربال مولکولی 4187 KJ/Kg -1800 BTU/lbm

برای برداشتن آب از آلومینا و ژل 3256 KJ/Kg -1400 BTU/lbm

برای برداشتن هیدروکربورهای جذب شده 465 KJ/Kg -200 BTU/lbm

فاصله A گرم کردن بستر از T1 تا T2 بارحرارتی کل شامل مراحل زیر است :

- (۱) وزن ماده جاذب خشک کننده X گرمای ویژه $(T_2-T_1)X$
- (۲) وزن هیدروکربور جذب شده X گرمای ویژه $(T_A-T_1)X$
- (۳) وزن بدنه فولادی برج X گرمای ویژه فولادی $(T_2-T_1)X$
- (۴) وزن توپک های سرامیکی X گرمای ویژه توپک ها $(T_2-T_1)X$
- (۵) وزن هیدروکربورهای جذب شده X (۴۶۵ بر حسب KJ) یا (۱۱۱ بر حسب BTU)
- (۶) وزن آب جذب شده X گرمای ویژه آب $(T_2 - T_1) X$
- چنانچه برج از داخل عایق شده بود ، مقدار حرارت بند (۳) در عدد 0.7 ضرب می شود . اگر m دبی گاز احیاء فرض شود حرارت لازم کلیه مراحل فوق از معادله (۱۷-۴) بدست می آید:

$$\text{معادله (۱۷-۵)} \quad (\text{گرمای ویژه گاز احیاء}) * (\Delta h)(\theta A)(m)$$

فاصله B گرم کردن بستر از T_2 تا T_3 بار حرارتی کل شامل مراحل زیر است :

- (۱) وزن ماده خشک کننده X گرمای ویژه $(T_3-T_2)X$
- (۲) وزن آب X گرمای ویژه $(T_B-T_1)X$
- (۳) وزن آب X حرارت دفع آب از روی ماده خشک کننده
- (۴) وزن توپک های سرامیکی X گرمای ویژه $(T_3-T_2)X$
- (۵) وزن بدنه فولادی برج X گرمای ویژه $(T_3-T_2)X$
- حرارت لازم کلیه مراحل فوق از معادله (۱۸-۵) بدست می آید

$$\text{معادله (۱۸-۵)} \quad (\text{گرمای ویژه گاز احیاء}) * (m)(TH - TB)(\theta B)$$

فاصله C گرم کردن بستر از T_3 تا T_4 ، در این مرحله آخرین ذرات باقی مانده روی سطح ماده خشک کننده برداشته می شود . بار حرارتی کل شامل مراحل زیر است .

- (۱) وزن ماده خشک کننده X گرمای ویژه $(T_4-T_3)X$
- (۲) وزن توپک های سرامیکی X گرمای ویژه $(T_4-T_3)X$
- (۳) وزن بدنه فولادی برج X گرمای ویژه $(T_4-T_3)X$
- حرارت لازم مراحل فوق از معادله زیر بدست می آید ،

$$(m)(\Delta h)(\theta c) \quad \text{یا} \quad (TH-TC)(\theta c) * (\text{گرمای ویژه گاز احیاء}) * (m)$$

سرد کردن بستر از T_4 به T_5 : دمای T_5 حدود 50 درجه سانتیگراد می باشد تا اطمینان حاصل نشود که ماده خشک کننده رطوبتی ندارد و کاملاً احیاء شده است . دمای گاز T_1 فرض شود .

- (۱) وزن برج و محتویات درون آن X گرمای ویژه $(T_4-T_5)X$

حرارت از دست داده شده توسط مرحله بالا از معادله زیر توسط گاز کولینگ دریافت می شود معادله آن بقرار زیر است:

$$(m)(\Delta h)(\theta D) \quad \text{یا} \quad (TD - T_1)(\theta D) \quad (\text{گرمای ویژه گاز کولینگ})$$

دبی گاز سرد کننده^۱ یا دبی گاز گرم کننده^۲ برابر فرض شده است .
 برای هر فاصله انرژی موجود برای گرم کردن و سرد کردن بستر باید بار حرارتی کل آن فاصله برابر باشد، همچنین مجموعه زمانهای هر فاصله θ از زمان سیکل بیشتر نباشد برای یک سیکل مشخص می توان m را بدست آورد . از آنجا که بیشترین مقدار احیاء در فاصله B رخ می دهد به عنوان اولین حدس می توان m را حدود ۱۰ درصد دبی گاز مرطوب اصلی در نظر گرفت، اگر چه m می تواند بین ۵ تا ۱۵ درصد دبی گاز اصلی متغییر باشد.
 در زمان دفع آب (فاصله B) دبی گاز و ظرفیت جذب رطوبت آن بگونه ای باشد که بتواند آب دفع شده را در زمان θ با خود بر دارد . اگر فرض شود آب در دمای ۱۱۶ درجه سانتیگراد، بخار می شود . گاز احیاء در همان فشار و دما کل مقادیر آب را دریافت کند .
 زمان دفع آب حدود ۱۶ تا ۱۷ درصد کل زمان سیکل است. البته این مقدار برای سیکلهای ۴ ساعته و بیشتر می باشد. این مقدار برای تخمین مقدار m از فاصله B که مهمترین فاصله در سیکل است استفاده می شود . دبی گاز احیاء از معادلات ذکر شده بدست می آید و این مقدار حداقل است .

بار حرارتی گرم کننده گاز احیاء

بار حرارتی هیتر گاز احیاء از معادله زیر بدست می آید .

$$Q = m C_p \Delta T = m \Delta H \quad \text{معادله (۱۹-۵)}$$

بار حرارتی هیتر حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد بیشتر از مقدار محاسباتی در نظر گرفته می شود .

بار حرارتی کندانسر گاز احیاء

محاسبه بار حرارتی کندانسر برای هر سه فاصله برای پیدا کردن بیشترین بار حرارتی لازم است این مقدار حداکثر بار حرارتی برای سیکلهای طولانی ، معمولاً در فاصله B اتفاق می افتد . گرمای نهان از جدول کتب مرجع بدست می آید . البته این امر با دانستن زمان انجام هر فاصله و فرض آنکه دفع مواد جذب شده بطور یکنواخت صورت می گیرد، امکان پذیر است . محدوده دمای تمایل^۳ بطور طبیعی برای آب ۱۰-۸ درجه سانتیگراد و برای هوا حدود ۲۰-۱۶ درجه سانتیگراد است .

1. Cooling
2. Heating
3. Approach

تنظیم نقطه شبنم آبی با استفاده از مولکولارسیو در پارس جنوبی (Unit#104)

هدف واحد مذکورگرفتن آب گاز شیرین شده خروجی واحد ۱۰۱ است، در این عملیات همچنین جداسازی جیوه از گاز نیز صورت می پذیرد.

در این واحد آب را تا مقدار 0.1 ppm mol از گاز می گیریم (حدود ۹۵- درجه سانتیگراد) ، این مقدار آب، نقطه شبنم آب را تا ۹۵ - درجه سانتیگراد، در فشار ۲۹ تنظیم خواهد نمود. سپس در بستر جداسازی جیوه^۱، مقدار این ماده را تا کمتر از 10 mg/ nm^3 کاهش می دهیم، زیرا وجود جیوه باعث خوردگی لوله های داخلی Cold box می شود. گاز ورودی از واحد ۱۰۱ ابتدا وارد مبدل حرارتی گاز - گاز می شود تا دمای آن بوسیله تبادل حرارتی با گاز متان خروجی از برج متان زدای واحد ۱۰۵ کاهش یابد.

سپس گاز وارد Wet gas Chiller می شود که با پروپان سرد می شود و دمای گاز تا ۲۲ درجه سانتیگراد کاهش می یابد و اگر آب همراه گاز باشد در Inlet Drier Separator از گاز جدا می شود، آبهای گرفته شده همراه آبهای تولید شده در واحد ۱۰۱ جمع و به واحد ۱۰۹ (احیای آب ترش) فرستاده می شود و در صورتی که نیاز عملیاتی باشد به واحد ۱۰۱ فرستاده می شود. همچنین مقداری از هیدروکربن همراه گاز نیز که بر اثر سرد شدن جدا شده به واحد ۱۰۳ فرستاده می شود. سپس گاز وارد خشک کننده ها می شود. زمان کار خشک کننده ها که دو بستر آن در حالت جذب و یکی در حالت احیا است به شرح زیر می باشد:

۶ ساعت در حالت جذب .

۵ ساعت و ۳۰ دقیقه در حالت احیا .

۳۰ دقیقه در حالت Stand by

که مجموعاً ۱۲ ساعت زمان یک دوره جذب برای هر خشک کننده و ۶ ساعت زمان احیا که مجموعاً ۱۸ ساعت یک دوره جذب و احیا یک خشک کننده طول می کشد. این خشک کننده ها حاوی مواد جاذب الرطوبه (Molecular Sieves) هستند که گاز از بالا وارد بسترها شده و از پایین خارج می شود و در انتها گاز وارد فیلتر می شود که از این نوع فیلترها کارتریجی^۲ بوده و برای گرفتن ذرات جامد احتمالی همراه گاز که از مولکولارسیو جدا شده اند، بکار می روند. سپس گاز وارد مبدل حرارتی که با بخار فشار پایین کار می کند، می شود. البته گاز قبل از ورود به بخش گرفتن جیوه، یک خط لوله گاز برای احیا خشک کننده ها از گاز اصلی گرفته می شود گاز خروجی از مبدل حرارتی با مقداری افزایش دما که تقریباً دمای آن به ۲۴ درجه سانتیگراد می رسد وارد بستر جذب جیوه می شود، در داخل این جاذب، اکسید ماده ای وجود دارد که جیوه را جذب می کند و پس از آن گاز فیلتر می شود تا در صورت

1. Mercury guard

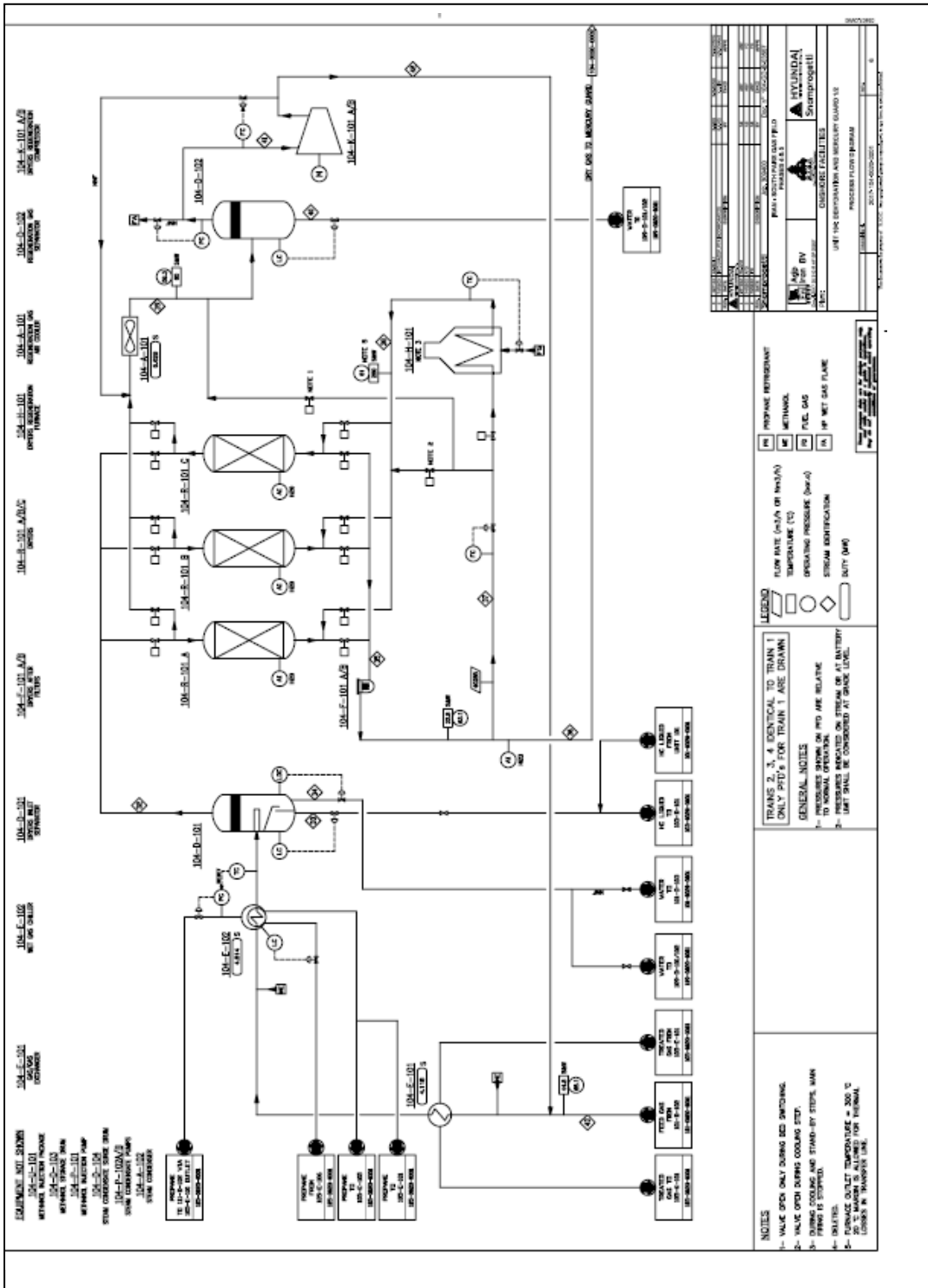
2. Filter

احتمال وجود ذرات جامد در گاز توسط این فیلتر ذرات جامد گرفته شود و سپس گاز وارد واحد ۱۰۵ می‌شود.

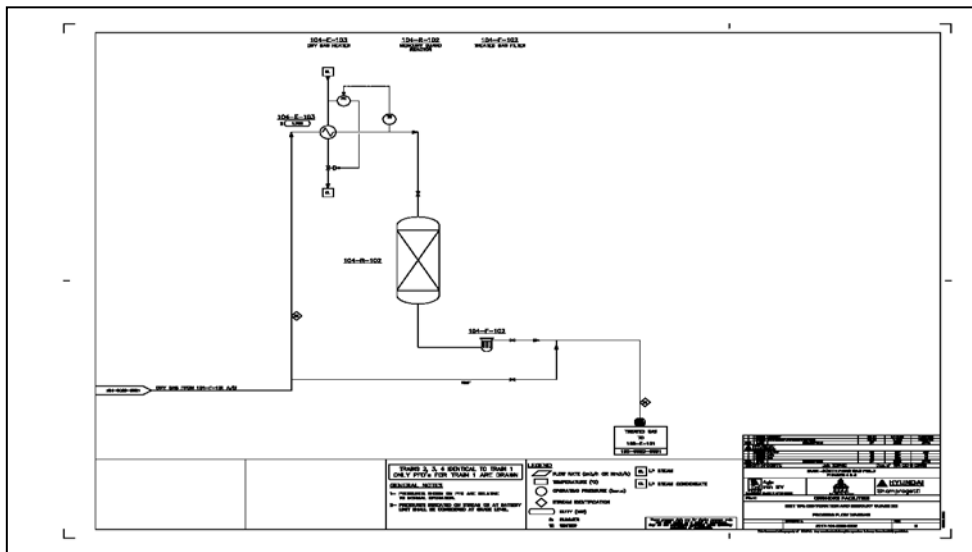
گازی که برای احیاء خشک کننده‌ها می‌رود، ابتدا وارد کوره می‌شود که دارای سه مسیر است، یک مسیر ورودی گاز به کوره، یک مسیر نیز کوره را کنارگذر^۱ می‌کند و یک مسیر نیز خشک کننده‌ها را کنارگذر می‌کند. این گاز که مقدار ۷۰٪ از گاز خشک خروجی است بعد از گرم شدن در کوره حرارتی و رساندن دما در بالاترین حد به ۲۸۰ درجه‌سانتی‌گراد از پایین خشک کننده‌ها (برعکس عمل جذب) وارد و بعد از جذب آب، وارد کولرها می‌شود و بخار آب موجود در گاز به صورت مایع درمی‌آید که در درام مکش^۲ کمپرسور این آب گرفته می‌شود و به واحد ۱۰۹ فرستاده می‌شود. گاز خروجی وارد کمپرسور سانتریفوژ شده تا پس از کمپرس کردن گاز فشار آن را به ۶۷ بار افزایش دهد که در ابتدا این گاز به ورودی واحد ۱۰۴ فرستاده می‌شد ولی به دلیل اینکه این گاز دارای H_2S است و دلیل آن وجود H_2S در ملکولارسیوها است، چون این جاذب‌ها، مقدار کم H_2S موجود در گاز را جذب می‌کنند و در زمان گرم شدن بستر، همراه گاز از این جاذب‌ها جدا می‌شوند، به همین منظور این گاز به ورودی واحد ۱۰۱ قبل از فیلتر فرستاده می‌شود زمان سیکل گرمایش ۴ ساعت است که بعد از آن به مدت ۱/۳۰ دقیقه جاذب در حالت خنک قرار می‌گیرد تا دمای آن پایین بیاید، در این مدت کوره خاموش می‌شود و گاز کوره را کنارگذر می‌کند و سپس در ۳۰ دقیقه پایانی بستر در حالت Stand By می‌ماند تا پس از آن آماده برای حالت جذب شود.

مشخصات واحد مذکور در فازهای ۴ و ۵ پارس جنوبی در قالب PFD مربوطه در شکل های شماره (۸-۵) و (۹-۵) و موازنه جرمی در جدول (۴-۵) بطور کامل نمایش داده شده است.

1. By pass
2. Suction drum



شکل ۵-۸ واحد نم زدایی با مولکولارسیو در پالایشگاه سوم پارس جنوبی



شکل ۹-۵ واحد حذف جیوه پالایشگاه سوم پارس جنوبی (بالا)

جدول ۴-۵ جدول موازنه جرم واحد نم زدایی پالایشگاه سوم پارس جنوبی (پایین)

WINTER CASE													
STREAM ID	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	51
PHASE	W/V	(1)	W	D/V	D/V	D/V	D/V	M	M	W/V	W/V	W/V	D/V
FLOWRATE	LIC. (kg/hr)	-	(1)	658	-	-	-	1444	1444	-	-	-	-
	WIP. (Nm ³ /hr)	7954.9	(1)	-	8097.04	7801.4	572.4	1338.24	734.46	-	734.46	676.85	8221.19
	TOTAL (kmole/hr)	25612.12	(1)	38.55	25806.52	23814.07	1792.457	1762.457	1879.773	80.199	1799.614	1799.614	23814.07
TEMPERATURE	(°C)	22.0	(1)	22.0	23.0	22.7	22.7	300.0	80.0	80.0	80.0	71.5	44.8
	(bar a)	84.4	(1)	84.4	83.7	83.1	83.1	81.0	58.4	58.3	58.3	88.9	82.0
VAPOR MOLE FRACTION		1.0	(1)	0	1.0	1.0	1.0	0.9574	0	1.0	1.0	1.0	1.0
MOLECULAR WEIGHT		18.756	(1)	18.015	18.757	18.757	18.757	18.722	18.015	18.015	18.754	18.754	18.757
SP. GRV 15.0°C		-	(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SUMMER CASE													
STREAM ID	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	51
PHASE	W/V	W/L	W	D/V	D/V	D/V	D/V	M	M	W/V	W/V	W/V	D/V
FLOWRATE	LIC. (kg/hr)	-	409	690	-	-	-	1444	1444	-	-	-	-
	WIP. (Nm ³ /hr)	7952.05	-	-	8095.15	7998.51	572.4	1338.06	734.46	-	735.41	676.85	8225.93
	TOTAL (kmole/hr)	25690.29	8.012	38.856	25878.65	23878.36	1797.30	1767.30	1884.61	80.14	1804.47	1804.47	23878.36
TEMPERATURE	(°C)	22.0	22.0	22.0	23.0	22.7	22.7	300.0	80.0	80.0	80.0	71.4	44.8
	(bar a)	84.4	84.4	84.4	83.7	83.1	83.1	81.0	58.4	58.3	58.3	88.9	82.0
VAPOR MOLE FRACTION		1.0	0	0	1.0	1.0	1.0	0.9575	0	1.0	1.0	1.0	1.0
MOLECULAR WEIGHT		18.897	67.951	18.015	18.898	18.898	18.898	18.857	18.015	18.014	18.894	18.930	18.898
SP. GRV 15.0°C		-	0.977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

دستور العمل ها و بررسی های شروع به کار

جهت شروع به کار اولیه (یا بعد از تعمیرات واحد) دستور العمل ها و بررسی های پیش از شروع به کار باید انجام شود، در این بررسی همه مخازن، کمپرسورها و خنک کننده ها باید بطور صحیح در سرویس باشند. باید مطمئن شویم نیتروژن، بخار فشار پایین، آب سرویس و هوای ابزار دقیق آماده باشند. مطمئن شویم منبع الکتریکی آماده است. هر جا لازم است بایستی عمل شستن و تخلیه لوله ها و تجهیزات را انجام دهیم، بررسی کنیم که همه تجهیزات تمیز هستند و آماده قرار گرفتن در عملیات می باشند. مطمئن شویم که همه وسایل ابزار دقیق بازرسی، تست و نصب شده اند. بررسی کنیم که همه وسایل ابزار دقیق در سرویس قرار دارند. مطمئن شویم، همه شیرهای ایمنی تست شده و در محل نصب شده اند.

مطمئن شوید که همه سیستمهای کنترل (DCS-ESD) آماده هستند، مشاهده شود که مسدود کننده ها به طور صحیح طبق P&ID نصب شده اند. پیشنهاد می شود تا یک لیست از مسدود کننده های مشاهده شده تنظیم شود تا در زمان فعال بودن پالایشگاه پر شود.

قبل از برداشتن هر گونه مسدود کننده نصب شده در ورودی واحد، مطمئن شویم که شیر دستی یا شیر باز- بسته مربوطه بسته شده است. مطابق با دستورالعمل تست نشستی و دستورالعمل های خنثی سازی، تست فشار نهایی با هوا یا نیتروژن انجام شود تا از محکم بسته شدن تمام تجهیزات و لوله ها و وسایل ابزار دقیق اطمینان حاصل کنیم.

برای مطمئن شدن از عمر طولانی محصولات، شروع به کار باید تا حد امکان تدریجی و با آرامش صورت پذیرد.

قبل از شروع به کار، بررسی کنیم که شیرهای واحد در موقعیت های صحیح منطبق با لیست بررسی شیرها قبل از شروع عملیات قرار گرفته باشند. بایستی دستور العمل های عمومی زیر را مطالعه کنیم، دستور العمل راه اندازی، ابزار راه اندازی و لیست تجهیزات، دستور العمل شروع به کار فاز گاز اول لیست جداسازی شروع به کار، تست نشستی عمومی و دستور العمل خنثی سازی، لیست تست عملیاتی

ورود جریان به واحد ۱۰۴

قبل از پر کردن قسمت متانول با متانول، واحد باید با نیتروژن پر شود. در زمان عملیات نرمال، فشار عملیاتی مخزن متانول ۱/۰۵ بار می باشد. بالا بردن فشار قسمت خشک کن ها را با آهسته باز کردن شیر سوزنی کنار گذر ۲ اینچی روی شیر ایزوله گاز خوراک ۲۶ اینچی (SDV-0014) آغاز کنید. بنابراین جریان از داخل 104-E-101 و 104-E-102 و جدا کننده ورودی خشک کن ها عبور می کند. شیرهای خروجی خشک کن ها KV-0034A1 و KV-0034B1 و KV-0034C1 را باز کنید. سپس به آهستگی شیر سوزنی کنار گذر ۲ اینچی و شیر ایزوله ۱۸ اینچی خشک کن ها KV-0031A1 و KV-0031B1 و KV-0031C1 را باز کنید و جریان را از درون خشک کن ها عبور دهید. به محض اینکه فشار همه خشک کن ها بالا رفت، شیرهای اطراف یکی از خشک کن ها را ببندید لذا ۲ تا از خشک کن ها در عملیات قرار می گیرند و یکی به حالت آماده باش است.

شیرخروجی فیلتر، MOV-0047A را باز کنید سپس به آهستگی شیر ۲ اینچ سوزنی کنار گذر شیر ایزوله ۲۴ اینچی فیلتر (MOV-0046A) را باز کنید و اجازه دهید جریان از داخل فیلتر عبور کند. به بالا رفتن سطح فشار دقت کنید.

شیرهای ورودی و خروجی بخش حفاظت جیوه MOV-0086 و MOV-0083 را باز کنید. سپس به آهستگی شیر گلاب ۲ اینچی کنار گذر شیر ایزوله ۲۴ اینچی (SDV-0086) را باز کنید تا جریان از این قسمت عبور کند.

وقتی که فشار افزایش پیدا کرد گاز عملیات شده را به 104-E-101 و پروپان را به 104-E-102 و بخار را به 104-E-103 باز کنید .

تزریق متانول به 104-E-101 و 104-E-102 آغاز کنید تا از تشکیل هیدرات جلوگیری شود. موقعی که بالا بردن فشار واحد نم زدایی انجام شد، بالا بردن فشار واحد ۱۰۵ می تواند شروع شود.

موقعی که مایعات به جدا کننده ورودی خشک کن ها 104-D-101 وارد شدند منتظر بمانید تا آلارم های LT-0017 و LDT-0018 آشکار شود سپس LV-0017 و LVD-0018 را باز کنید و هیدروکربن مایع را به واحد ۱۰۴ و آب را به واحد ۱۰۹ بفرستید.

موقعی که یک فلوی پایداری از برقرار شد LDIC-0018, LIC-0017 را در حالت کنترل اتومات قرار دهید.

توصیه های مهم

تغییرات دما، فشار، فلوی پمپ ها و سطح مایعات را در اولین ساعت های عملیات به طور متوالی چک کنید. در یک نظم مشخص و دقیق، اختلاف فشار دو سر فیلتر کارتریج 104-F-101A/B را با استفاده از نشان دهنده 1041-PDG-0047 چک کنید زیرا ممکن است فیلتر کثیف و مسدود شده باشد. وقتی که افت فشار در دو سر فیلتر B یا A 104-F-101 را به ۰/۵ بار رسید، فیلتر آماده بکار را وارد سرویس کرده و فیلتر کثیف را تعویض نمایید.

گاز موجود در مبدل حرارتی 104-E-103 باید به وسیله باز کردن شیرهای تخلیه گاز واقع در دو طرف مبدل، تخلیه شود. مقدار آب موجود در خروجی خشک کن ها را بوسیله AI-0032A/B/C چک کنید. موقعی که مقدار آب موجود در گاز بالا رفت، سیستم کنترل خشک کن، به ترتیب احیا را شروع خواهد کرد. موقعی که واحد کاملاً پر می شود همه ابزارهای اندازه گیری سطح را تخلیه هوا نمایید و عدد آن را چک کنید. چک کنید که همه حلقه های کنترل به طور صحیح تیون^۱ شده باشند.

از سرویس خارج شدن واحد ۱۰۴

از سرویس خارج شدن نرمال، همانند از سرویس خارج شدن برنامه ریزی شده و غیر اضطراری مانند تعمیرات سالیانه می باشد.

در طول از سرویس خارج شدن واحد بایستی، همه تجهیزات و شیرهای ایزوله اتومات باید بسته باشند تا از رها شدن هیدروکربون به فضا در نشتی های احتمالی، جلوگیری شود. دو نوع از کار افتادن نرمال (کوتاه مدت و بلند مدت) و روش تخلیه گاز وجود دارد. تفاوت اصلی بین دو نوع از کار افتادن نرمال، برای از کار افتادن طولانی مدت است. پیشنهاد میشود که همه تجهیزات باید کاملاً از گاز و مایع خالی شوند.

زمان بندی از سرویس خارج شدن ایمن سیستم / تجهیزات

اگر واحد باید برای یک مدت زمان کوتاه (کمتر از یک ساعت) از کار بیفتد، شیرهای ورودی و خروجی را مطابق دستورالعمل زیر ببندید تا افت فشار برای تجهیزات ایجاد نشود. برای از کار افتادن واحد ۱۰۴، واحد گاز مربوطه نیز باید از کار بیفتد و ایزوله شود.

مبدل گاز/گاز 104-E-101 را با بستن SDV-0012-0014 و SDV-0002-105 ایزوله کنید. پروپان خنک کننده به چیلر گاز مرطوب را با بستن SDV-0008,0009,0010,0011 ایزوله کنید. خروج آب ترش از جدا کننده گاز احیا 104-D-102 را با بستن SDV-0085 متوقف کنید.

کمپرسورهای گاز احیا 104-K-101A/B را با بستن SDV-0061A/B,0065A/B ایزوله کنید. سیستم کوره احیا خشک کن ها 101-H-101 را با بستن ESDV-0071 روی خط لوله گاز سوخت به مشعل کوره SDV-0086 روی خط لوله گاز نم زدایی شده ایزوله کنید. مجموعه تزریق متانول را با بستن ESDV-0091 و SDV-0092 ایزوله کنید.

در از کار افتادن طولانی تر، پمپها، خنک کننده های هوایی و موتورهای الکتریکی باید متوقف شوند. گردش بخار فشار پایین باید بوسیله بستن FV-0083 روی خروجی بخار میعان شده، متوقف شود و هیدروکربن ها و مواد شیمیایی باقیمانده در تجهیزات باید دفع شوند.

آماده کردن تجهیزات برای تعمیرات

فشار سیستم را بطور کامل تخلیه کنید. شیلنگ بخار را به مخازن وصل کنید و لوله ها و مخازن را از گاز تخلیه کنید. موقعی که هیدروکربن تخلیه شد، اتصال تخلیه گاز و مایع را ببندید. شیلنگ نیتروژن را به مخزن وصل کنید و بخار را با نیتروژن جانشین کنید. آب را از سیستم تخلیه کنید و به تجهیزات اجازه دهید تا یک فشار مثبت از نیتروژن داشته باشند.

جهت انجام بررسی های لازم زمانی که سیستم از کار افتاده بایستی، هوای موجود در مخازن باید کنترل شود تا مطمئن شویم همه هیدروکربن ها تخلیه شده است. در زمان بررسی ها و آماده سازی کارها توصیه های ایمنی کارخانه سازنده باید رعایت شود، مجوز کار برای هر قسمت باید صادر شود.

قبل از باز کردن تجهیزات تخلیه شده، همه شیلنگ های نیتروژن و بخار متصل شده به تجهیزات و لوله های متصل شده را جدا کنید. بعلاوه همه اتصالات با دیگر تجهیزات یا لوله ها باید مسدود شوند. فقط تجهیزاتی که لازم است بررسی شوند بایستی باز شوند.

اگر یک مخزن باید بازرسی و چک شود، جریان هوا باید در آن برقرار باشد و مقدار اکسیژن موجود در مخزن قبل از بازرسی اندازه گیری شود.

فصل ششم

اصطلاحات رایج

نم زدایی

اصطلاحات رایج نم زدایی	
Absorption	نم زدایی توسط مایعات
Accumulator	مخزن جمع آوری
Activated carbon	زغال فعال (برای تصفیه گلاپکول یا بعنوان جاذب)
Adsorption	نم زدایی توسط جامدات
Alumina	آلومینا (پایه اصلی و از مواد جاذب الرطوبه)
Angstrom	آنگستروم معادل 10^{-10} متر
Anti corrosion	مواد ضد خوردگی
Antifoam	ضد کف
Approach	فاصله تا رسیدن به حد تعریفی
Auto oxidation	اکسیداسیون خود بخودی
Bauxite	بوکسیت از مواد جاذب الرطوبه، بیشترین حجم آن را اکسید آلومینیم Al_2O_3 تشکیل می دهد.
Bubble cap tray	سینی های فنجانکی
Burn pit	حوضچه آتش
By pass	کنار گذر کردن
Calcination	کلسیناسیون، از عملیات تولید مواد جاذب الرطوبه
Carry over	خارج شدن همراه جریان
Cartridge filter	فیلترهای کارتریجی (المنتی)
Charcoal filter	فیلتر زغالی
Cooling	سیکل سرمایش در سیستم احیاء مواد جاذب الرطوبه
Desalter	نمک زدا
Distillation	تقطیر
Distributed control system(DCS)	سیستم کنترل توسعه یافته
Dodecahedronpentagonal	ساختاری با دوازده وجه که هر وجه آن از یک پنج ضلعی تشکیل شده است (در هیدرات ها)
Down comers	مسیرهای پایین رفتن (بیشتر مایع)
Emergency shut down	تجهیزات از سرویس خارج کردن اضطراری
Entrainment	بیرون رفتن قطرات مایع همراه جریان گاز
Erosion	سایش
Expansion valve	شیر انبساط

Export gas	گاز خروجی (نهایی ارسالی به خط لوله)
Flare	مشعل
Flash drum	مخزن انبساط
Flooding	طغیان
Fluidization	شناوری
Foam	کف
Gas blanketing	گاز پتویی (نیتروژن برای جلوگیری از ورود اکسیژن)
Gas dehydration units	واحدهای نم زدایی از گاز مرطوب
Gels	ژل ها (از مواد اولیه تشکیل دهنده سیلیکاژل) توسط واکنشهای شیمیایی ساخته می شوند و بخش عمده آن را اکسید سیلیس (SiO ₂) تشکیل می دهد.
Glycol loss	اتلاف گلایکول
Hammerschmidt equation	معادله همراشمیت برای محاسبه میزان گلایکول مورد نیاز برای نم زدایی
Heat balance	موازنه حرارت
Heating	سیکل گرمایش در سیستم احیاء مواد جاذب الرطوبه
High pressure fuel	سوخت فشار زیاد
Hot spots	نقاط داغ (بیشتر با تجمع مواد جامد بوجود می آیند)
Hydrate	یخ گاز (هیدرات)
Inert stripping gas	گاز خنثی دفع کننده (در سیستم احیاء گلایکول)
Isolation valve	شیر جداکننده (برای جلوگیری از عبور جریان الکتریکی)
Kettle type	مبدل نوع کتری (بیشتر در ریبویلرها)
Lean glycol	گلایکول عاری از آب
Loss	اتلاف
Mass transfer zone	ناحیه انتقال جرم (در مواد جاذب الرطوبه)
Mercury guard	تجهیزات جداسازی جیوه (معمولاً بعد از نم زدایی)
Milles per year	برابر
Mist eliminator	حذف کننده ذرات مایع همراه گاز
Molecular sieves	غربال مولکولی یک اسفنج از ترکیبات کلسیم، سدیم و آلومینیم سیلیکات است
Nace	استاندارد انجمن خوردگی آمریکا
Off site	واحدهای خارج از پالایشگاه شامل تصفیه آب، مشعل،

	دانه بندی گوگرد و...
Off spec tank	تانک جمع آوری مواد خارج از استاندارد
Offshore	تجهیزات فراساحلی (دریایی)
Onshore	تجهیزات ساحلی (خشکی)
Phase inversion	تغییر فاز
Portable	قابل حمل
Preflash drum	مخزن قبل از مخزن اصلی انبساط
Rashing ring	راشینگ رینگ (نوعی پر کننده)
Reboiler	جوشاننده
Reclaimer	ریکلایمر (تجهیزاتی برای جداسازی ناخالصیها)
Reflux	رفلاکس (جریان برگشتی تامین کننده مایع سینی های بالای برج)
Refrigerant	ماده مبرد (سرد کننده)
Refrigeration	سرمایش (از روش های نم زدایی)
Regeneration	احیاء (درنم زدایی با جامدات و مایعات وجود دارد)
Residence time	زمان اقامت
Rich gas	گاز غنی از میعانات نفتی
Rich glycol	گلیکول آب دار
Scales	ذرات جامد
Screen analysis	آنالیز صفحه ای (روشی برای دسته بندی ذرات بر مبنای قطر)
Settling time	زمان جداسازی
Skim	جداسازی لایه رویی (در اصل شیر سرشیر گرفته شده)
Skim pot	مخزن جداسازی لایه رویی
Sour water stripper	واحد احیاء آب ترش
Start up	راه اندازی اولیه
Stroke	استروک (گام بیشتر در پمپ ها)
Suction drum	مخزن مکش
Sump drum	مخزن جمع آوری (بیشتر زیر زمینی)
Surge pressure	فشار سرج
Surge tank	تانک نوسان گیر (مخزن میانی در سیکل گلیکول)
Tune	تنظیم کردن با دقت زیاد
Valve tray	سینی های شیردار

1. F.C.Riesenfeld, A.L.Kohl , "Gas Purification" , Second Edition, 1998
2. Katz, etc. , " Handbook of Natural Gas Engineering", Fifth Edition,1980 , MCGRAW - HILL Company.
3. Hydrocarbon Processing Magazine, NO. 12- 199, 1980-2008.
4. Oil and Gas Journal, NO. 12- 199 , 1980- 2009.
5. Gas Engineers Handbook, Alex Marks Industrial, Press Inc. New York.
6. J. M. Campbell," Gas Conditioning and Processing" ,Third Edition 2005
7. Solvay Catalyst KC- TROCKENPERELEN, Engelhard- BASF.
8. Engineering Data, 12th Edition, 2004.
9. Fundamentals of Natural Gas Processing ,Taylor and Francis Group, LLC,2006.

پیوست شماره (۱)

نم زدایی در پالایشگاههای گاز کشور		
پالایشگاه	فن آوری مورد استفاده	
مجتمع پارس جنوبی	تری اتیلن گلایکول	فاز ۱ (پالایشگاه اول)
	تری اتیلن گلایکول	فاز ۲ و ۳ (پالایشگاه دوم)
	مولکولارسیو	فاز ۴ و ۵ (پالایشگاه سوم)
	مولکولارسیو	فاز ۶ و ۷ و ۸ (پالایشگاه چهارم)
	مولکولارسیو	فاز ۹ و ۱۰ (پالایشگاه پنجم)
پالایشگاه گاز فجر جم	دی اتیلن گلایکول	
پالایشگاه گاز پارسیان	مولکولارسیو	پارسیان (۱)
	سیلیکاژل	پارسیان (۲)
پالایشگاه گاز خانگیران	سیلیکاژل	
پالایشگاه گاز بیدبلند	سیلیکاژل	
پالایشگاه گاز سرخون و قشم	دی اتیلن گلایکول	
پالایشگاه گاز مسجد سلیمان	دی اتیلن گلایکول	
پالایشگاه گاز ایلام	مولکولارسیو	