آلودگی و تلفات انرژی فلر بر اساس خروجی گاز

بهادر ابول پور[1*]، حانیه عباسلو[2]، یاشار رهنما[3]

*۱-نویسنده مسئول: دانشیار دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی سیرجان،bahadorabolpor1364@sirjantech.ac.ir

۲-دانشیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی سیرجان،abbaslou@sirjantech.ac.ir

۳-دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی سیرجان، yasharrahnama8731@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۵

چکیده

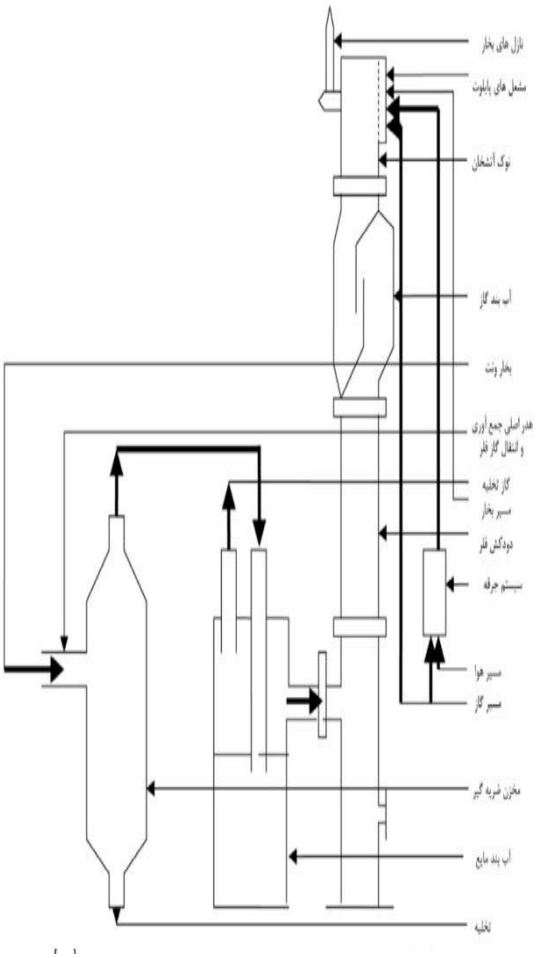
لغت فلر برای توصیف یک شعله بی حفاظ (باز) که گازهای مازاد را می سوزاند به‌کار برده می شود. این پدیده معمولاً در تاسیسات نفتی نظیر تاسیسات بالادستی نفت، پالایشگاه ها و صنایع پتروشیمیایی و همچنین در واحدهای شیمیایی به منظور حفظ ایمنی کارکنان و تجهیزات موجود در محل اتفاق می‌افتد. در یک صد سال گذشته، افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی در صنایع مختلف اعم از پالایشگاهی، پتروشیمی، مجتمع‌های صنعتی و غیره برای دست‌یابی به تولید بیش‌تر، ازدیاد آلاینده‌های مختلف در جهان را موجب گردیده است و نگرانی‌های محیط زیستی، هزینه‌های مختلف اقتصادی و هزینه سلامت به بشر تحمیل کرده است. یکی از مهم‌ترین منابع آلودگی محیط زیست، گازهای فلر صنایع می‌باشد. مطابق آمار جهانی ایران به‌عنوان سومین کشور سوزاننده این گازها شناخته می‌شود. کاهش انتشار این گازها از اهداف بزرگ جامعه جهانی می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از داده های خروجی از گاز فلر یک پالایشگاه نمونه و با استفاده از نرم افزار HSC Chemistry، آلودگی، تلفات و همچنین میزان هدر رفت انرژی محاسبه شده است که این ارقام نشان دهنده ضرورت ارائه روشی مناسب برای بازیابی این انرژی می‌باشد. بررسی این مورد نشان می دهد یکی از راهکارهای مناسب استفاده از گاز فلر به عنوان منبع سوخت گازی می‌باشد.

کلمات کلیدی: فلر،آلودگی، تلفات انرژی، ترکیبات گازی

۱-مقدمه

بهینه سازی مصرف انرژی و کاهش آلاینده های زیست محیطی یکی از دغدغه های اساسی صنایع، خصوصا صنایع نفت، گاز و پالایشگاه است و تاکنون روش های گوناگونی چه در مرحله طراحی اولیه و چه در مرحله اصلاح واحدهای موجود، بررسی و مورد استفاده قرار گرفته اند. یکی از مهمترین مسائل مربوط به محیط زیست در این صنایع، دفع مناسب گازهای هیدروکربنی زائد موجود در واحدها و مجتمع های صنعتی است. متداولترین روش های موجود، رهاسازی و سوزاندن این گازهاست. روش ها و تجهیزات متفاوتی جهت انجام این کار موجود می باشد، که بنا به ماهیت های متفاوت این مواد می توان از آنها استفاده نمود. متداول ترین نوع این تجهیزات، فلرها هستند. فلرها تجهیزات مناسبی برای دفع ایمن گازهای زائد توسط احتراق و رهاسازی آنها در محیط می باشند. اما سوزاندن این گاز معمولی در فلر نشان دهنده فرصت از دست رفته برای تأمین منابع انرژی مفید برای صدها میلیون نفر و همچنین هدر رفت انرژی می باشد [۱]. فلرینگ، فرآیندی است که از طریق آن، گاز طبیعی را به صورت کنترل شده‌ای به هنگام استخراج نفت می‌سوزانند. در غیر اینصورت، این گاز به شکل خطرناک و کنترل نشده‌ای آتش می‌گیرد و خواهد سوخت. به طور معمول، سعی بر این است که گاز طبیعی را جمع‌آوری و ذخیره کنند اما زمانی که این امکان وجود نداشته باشد، آن را می‌سوزانند. فلرینگ، خطرات ناشی از آتش‌سوزی تجهیزات را کاهش می‌دهد و از تولید محصولات ناخواسته جلوگیری می‌کند. به هنگام تشکیل نفت در زیر زمین، مقادیری از گاز طبیعی نیز تولید می‌شود که این دو در داخل مخازن نفت و گاز به دام می‌افتند. به دلیل چگالی کمتر گاز، این ماده در بالای نفت به صورت یک توده جمع می‌شود. به هنگام حفاری مخازن نفتی، این گاز طبیعی، فضایی برای خروج به سمت بالا پیدا می‌کند. در برخی مخازن، مقدار گاز قابل توجهی وجود دارد که استخراج آن به همراه نفت، توجیه اقتصادی دارد. در مواردی نیز، این گاز را در فرآیند فلرینگ، می‌سوزانند. علاوه بر این، در موقعیت‌هایی که نیاز به عملیات «تعمیر و نگهداری» وجود دارد، برای حفظ ایمنی کارکنان از فلرینگ استفاده می‌شود. فلرینگ گاز طبیعی نیز مانند فرایند احتراق، به تولید گاز کربن دی‌اکسید و آزاد شدن آن در اتمسفر می‌انجامد. با وجود اینکه از فلرینگ و سیستم فلر به طور گسترده استفاده می‌شود اما این کار، درصد کمی از انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان را تشکیل می‌دهد. به جز در برخی کشورها همچون آفریقا، فلرینگ در کل، زیر ۱ درصد دی‌اکسید کربن آزاد شده در دنیا را شامل می‌شود. گازهای آزاد شده در اثر فلرینگ، در نهایت به تولید کار منجر نمی‌شوند. در عین حال، سوزاندن این گازها اثرات کمتری را به همراه دارد تا اینکه آن‌ها را بدون فلرینگ در اتمسفر رها کنیم. دلیل این امر را باید در میزان متان موجود در این گاز همراه جستجو کرد چراکه اثرات مخرب آن برای محیط زیست به‌مراتب بیشتر از گاز دی‌اکسید کربن است. البته نمی‌توان اظهار کرد که فلرینگ برای محیط زیست سودمند خواهد بود همزمان با بروز پدیده گرمایش جهانی، شرکت‌های نفتی نیز روش‌های مختلفی را برای کاهش استفاده از سیستم فلر و فلرینگ توسعه داده‌اند. به طور مثال، گاز طبیعی را مجددا می‌توان برای تزریق به مخزن و تثبیت فشار آن استفاده کرد. علاوه بر این، از آن‌جایی که گاز طبیعی به عنوان یک فرآورده، قابلیت فروش دارد، شرکت‌های نفتی نیز تمایل دارند تا این گاز را به جای سوزاندن، جمع‌آوری کنند و به فروش برسانند[۲]. این گاز می تواند جایگزین سوخت های آلاینده تری مانند زغال سنگ و گازوئیل شود که در هر واحد انرژی، آلایندگی بیشتری نسب به گاز تولید می کنند[۳]. علاوه بر این، به دلیل انتشار کمتر گاز های گل خانه ای نسبت به زغال سنگ و گازوییل ممکن است یک انتخاب مناسب به عنوان یک سوخت تجدید پذیر و پاک باشد[۴]. تبدیل گاز به مایع یکی از مسیرهای ایجاد ارزش افزوده و هم چنین بازیابی گازهای فلر است که در طی دو دهه گذشته کشورهای زیادی در مسیر ایجاد تکنولوژی و راه اندازی این سیستم ها تلاش کرده اند. گازهای ارسالی به فلرها به علل مختلف از جمله احتراق ناقص آلودگی زیادی ایجاد می کنند، اما این گازها دارای ارزش سوختی بالایی نیز هستند. سه مورد زیر اهمیت پژوهش درباره این موضوع را نشان می دهد. سالانه بالغ بر ۱۵۰ میلیارد متر مکعب گاز در جهان تحت عنوان فلرینگ (یا سوزاندن گازها توسط مشعل) به مواد آلاینده تبدیل می‌شود که نشان دهنده ۱۵ تا ۲۰ میلیارد دلار اتلاف منابع، که طبق آمارهای بانک جهانی این رقم چیزی معادل یک سوم مصرف گاز کل اروپا است و یا مصرف مسکونی گاز آمریکا می باشد [۵]. حدود دوسوم از فلرینگ حوزه خلیج فارس مربوط به ایران است در حالی که در یکی، دو دهه گذشته متفاوت بود بلکه عربستان سعودی به عنوان بزرگ ترین عامل فلرینگ منطقه شناخته می شد. که برای جلوگیری از هرز رفت آن با راهاندازی شبکه خط لوله گاز در بازار داخلی مورد استفاده قرارداده است [۶]. در ادامه به بررسی مقدار انرژی حاصل از فلرینگ که با سوزاندن تولید و حدر می رود می پردازیم و سپس راه کار های مناسب جهت استفاده بهینه از گاز هایی که در فلر سوزانده می شود را ارایه خواهیم داد.

فلر–فلر دودکش یا لوله عمود امتداد یافته ای است که به عنوان یکی از قسمت های ضروری در چاه های نفت، پالایشگاه ها، پتروشیمی ها، کارخانه های مواد شیمیایی، زباله سوز ها، گوارنده های بی هوازی و سایر واحدهای فرآیندی جهت سوزاندن گازها و مایعات زائد، قابل اشتعال و سمی تخلیه شده، بکار می رود و می تواند از بروز خطرات آتش سوزی ها، انفجار و صدمه دیدن کارکنان جلوگیری نماید. در واقع فلر مواد قابل اشتعال، سمی و بخارات خورنده را به ترکیبات کم ضررتر تبدیل می نماید و از عمده ترین روش های ایمن سازی دستگاه های صنعتی در مقابل ازدیاد فشار می باشد.فلر دهی فرآیند سوختن و احتراقی است که در آن مواد آلی و گازهای اضافی سوختنی قبل از آنکه مشکلی برای تاسیسات بوجود آورند از کلیه قسمت های واحد توسط شبکه ای از خطوط لوله به منطقه ای با فاصله مناسب از واحدهای عملیاتی ارسال شده و بصورت کنترل شده ای سوزانده می شوند. فلرها همواره حین فعالیت گرما و صدا تولید می کنند. میزان و نوع گازهای انتشار یافته از فلر به محیط زیست تابع راندمان احتراق و نوع گازهای ارسالی به فلر می باشد[۷].برج های فلر (Flare) در صنایع نفتی به عنوان سیستم رهاساز گازهای اضافی مورد استفاده قرار میگیرند که از لحاظ ایمنی و کنترل فشار بسیار با اهمیت اند. پرداختن به موضوع فلرها از دو جهت دارای اهمیت میباشد، اولی از لحاظ زیست محیطی و دومی از لحاظ اقتصادی.حجم زیادی از گازهای ارسالی به فلرها از ارزش سوختی بالایی برخوردارند و از لحاظ اقتصادی بسیار با ارزش اند و می توان از آن به عنوان خوراک برای واحدهای دیگر و یا از سیستم بازیابی گازهای ارسالی به فلر استفاده نمود، زیرا سوزاندن گازها در فلر باعث افزایش تلفات و کاهش راندمان سیستم نفتی می گردد[۸].در یک مطالعه موردی می توان با بازیافت گاز فلر، چیزی در حدود ٪۵۰ از آن را دوباره مصرف نمود و چیزی در حدود ٪۵۹ تا ۵۳آن را گاز سوختی تشکیل میدهد[۹]. **اجزای فلر**–در این قسمت، با توجه به فراوانی فلرهای مرتفع با عامل اختلاط کننده بخار در صنایع پالایشگاهی اجزای تشکیل دهنده این نوع فلر تشریح می شوند. این اجزا معمولاً شامل سیستم جمع آوری و انتقال گازهای آزاد شده، سیستم های سوخت کمکی، بخار و هوا، ظروف آبگیر آب بند مایع، دودکش، آب بندگازی، نوک آتشخان، جتهای بخار، سیستم ایجاد جرقه و سیستم کنترل شعله می‌باشند (شکل ۱) [۱۰].



شکل ۱- اجزاء تشکیل دهنده یک فلر مرتفع با عامل اختلاط کننده بخار [۱۷]

بازیافت گازهای فلر–با توجه به تجدید ناپذیری انرژی‌های فسیلی و اهمیت ارزش آنها، همچنین میزان افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای و دی‌اکسید کربن (در حدود بیش از ۲۵۰ نوع ماده سمی از این طریق در اتمسفر رها می‌شود) لازم است که در مورد مبحث صرفه جویی، جلوگیری از هرزرفت و مصرف بهینه انرژی دقت نظر بیشتری اعمال شود. اصلی ترین راه اتلاف انرژی در پالایشگاه ها و چاه‌های نفت وگاز، سیستم فلرینگ است که عمدتا بیشترین میزان آلاینده‌های زیست محیطی نیز از همین سیستم متصاعد می‌شود. طبق بررسی‌های انجام شده، سالانه بیش از ۱۰۰ بیلیون مترمکعب گاز درجهان ازطریق سیستم فلر وارد اتمسفر می‌شود که حدود ۵ درصد ذخیره گاز جهانی است. به ازای هر بیلیون متر مکعب گاز، سرمایه‌ای معادل ۱۱۰ میلیون دلار از بین می‌رود که میزان قابل توجهی است. حتی در پیشرفته ترین کشورهای دنیا بیش از یک دهه از عمر فناوری نوین بازیافت گازهای فلر نمی گذرد ، لذا این روش یکی از روشهای جدید برای استفاده از ضایعات پالایشگاهها می باشد. از جمله کشورهایی که

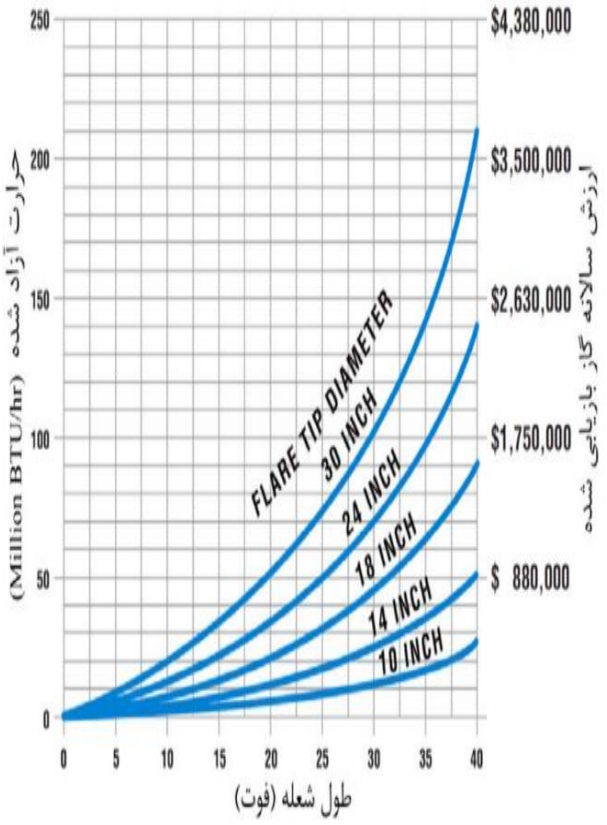
در زمینه بازیافت گازهای فلر فعالیت دارند می توان از ایالات متحده آمریکا ، ایتالیا ، هلند و سوییس نام برد . در کشورهای آسیایی و خصوصا کشورهای واقع در منطقه خاورمیانه (بعلت نفت خیز بودن این مناطق) فناوریهای بازیافت مواد زاید پالایشگاهی مثل گازهای فلر از اهمیت زیادی برخوردار می باشد . ایران بعد از کشور روسیه و نیجریه، با رقمی معادل ۱۲ میلیون متر مکعب در سال، سومین تولیدکننده بزرگ گازهای فلر در جهان به شمار می‌رود. بانک جهانی تا سال ۲۰۳۰ کشورها را ملزم کرده است تا برای به صفر رساندن گازهای ناشی از فعالیت‌های صنعتی و آن بخش از گازهایی که از طریق سیستم فلرینگ در جو زمین منتشر می‌شود، راهکارهایی بیندیشند [۱۰]. به همین دلیل در بسیاری از کشورها قانون منع فلرینگ، مگر در شرایط خاص، اعمال می‌شود که عمده دلیل آن در ابتدا آلودگی شدید محیط زیست و در نگاهی دیگر، از بین رفتن سرمایه‌های هنگفت است. در این مقاله سعی شده تا روش‌های مناسب با توجه به شرایط و امکانات واحدهای فرایندی کشور و نیز توجیه اقتصادی آنها، مورد بررسی و معرفی قرار گیرد تا راهی باشد در مسیر کاهش آثار زیانبار زیست محیطی و نیز سرمایه‌های غیر قابل بازگشت ملی [۱۰]. **گاز فلر**-گاز فلر، شامل ترکیبات بسیار زیادی است که بخش عمده آن متان و اتان است. فلرینگ گاز، دلایل متعددی دارد:

۱-گاز فرایندی سوخته نشده
۲- گاز اضافی که امکان فراورش آن فراهم نیست
۳- بخارها و گازهای بالای مخازن
۴- گازهای خروجی از واحدها در زمان‌های Shutdown یا کاهش فشار
۵- گازهای خروجی در زمان‌های تعمیرات و نگهداری
۶- گازهای خروجی هنگام start up واحدهای فرایندی
۷- سوختن چاه‌های نفتی و گازی برای تمیز شدن چاه‌ها
۸- سوخت گازها در واحدهای بهره برداری. در مناطق نفت‌خیز جنوب و نفت مرکزی بیشترین میزان آلودگی زیست محیطی ایجاد می‌شود [۱۰].

روش‌های مختلف بازیابی گاز فلر- خلاصه ای از عناوین به شرح ذیل آمده است.

-تزریق به چاه
- استفاده مجدد به عنوان خوراک یا سوخت
- استفاده از گاز فلر به عنوان سوخت کوره‌های آجرپزی، سفال سازی و کارخانه‌های سیمان
- سیستم تزریق گاز به داخل زمین برای مدفون سازی آن

تولید همزمان برق و گرما از طریق گازهای ارسالی به فلر-تولید همزمان برق و گرما از طریق گازهای ارسالی به فلر، بیشترین اثر را در صرفه¬جویی در مصرف گاز، سازگاری با محیط زیست و کاهش تلفات انرژی دارد. چنانچه درخواستی برای برق تولیدی وجود نداشته باشد، با بازگرداندن این گازها به پروسه و تولید بخار به وسیله گازهای خروجی از توربین‌های گازی، می‌توان از هرز رفت گاز جلوگیری کرد. این نیروگاه‌ها از ترکیب توربین‌های بخار و گاز ساخته می‌شوند و بسته به نوع توربین‌ها، دیگ‌های بازیافت گرما و دستگاه‌های بازیابی، انواع متعددی دارند. استفاده از میکروتوربین‌ها باعث افزایش میزان بهره‌وری و کاهش آلودگی شده و از آنجا که دارای وزن کم و قابل حمل هستند، برای استفاده در مناطق حفاری و سکوها بسیار مناسبند. میکروتوربین‌ها توانایی کارکرد با سوخت‌های مختلف، از جمله گاز ترش را دارند [۱۰].



شکل ۲- نمودار تحلیل ارزش اقتصادی بازیافت گاز فلر[۱۷]

ارزش اقتصادی گازهای فلر- چارت شکل ۲ میزان حرارت آزاد شده از فلرهای بلند، که بر مبنای ارتفاع شعله تخمین زده شده است را نشان می دهد. می توان حرارت آزاد شده را با استفاده از محور سمت راستی، به یک پتانسیل صرفه جویی سالانه که از بازیابی گاز فلر نتیجه می شود نسبت داد. به عنوان نمونه برای یک

مشعل با قطر دهانه ۳۰ اینچ، اگر ارتفاع شعله ۳۰ فوت باشد ارزش حرارتی و دلاری گازهای ارسالی به فلر به ترتیب ۱۰۰ میلیون بی تی یو در ساعت و ۱۷۵۲۰۰۰ دلار در سال خواهد بود [۱۱].

اثرات زیان آور گازهای فلر-اگرچه اثرات زیان آور گازهای انتشار یافته از فلرها بر انسان، گیاه و حیوان هنوز به صورت کمی ارائه نشده است اما مطالعات و فعالیت های انجام گرفته تا بحال این اثرات زیانبار را به صورت کیفی مشخص کرده اند[12]:

- فلرهای فعال در میادین نفت و گاز و یا موجود در عملیات پالایش به طور مستقیم ایجاد گازهای گلخانه ای کرده که گرم شدن کره زمین نتیجه آن می باشد.
- گازهای ارسالی به فلر در شرایط مختلف عملکرد آن، باعث نشر گازهای متفاوتی نظیر دوده، ترکیبات آلی فرار نسوخته، منواکسید کربن، اکسیدهای گازی نیتروژن، دی اکسید گوگرد و مرکاپتان ها می شوند. نشر گازهای مذکور سلامت انسان هایی که در محیط اطراف مشغول به کار و زندگی هستند را به مخاطره می اندازد. نویز (آلودگی صوتی)، گرما، نور و ارتعاش از دیگر اثرات ناخوشایند عملیات فلر می باشند.
- تلفات منابع انرژی در فلر شامل خود گازهای ارسالی به فلر، بخار و سوخت گازی از لحاظ اقتصادی بسیار حائز اهمیت است. کنترل و کاستن این تلفات می تواند منجر به کاهش نشر گازهای گلخانه ای و گرمایش زمین نیز گردد.
- گازهای انتشار یافته از فلرها نظیر اکسیدهای گوگرد و ازت در مجاورت آب موجود در اتمسفر می‌توانند حجم قابل توجهی اسید تولید نمایند.اسید مذکور قادر خواهند بود در محدوده وسیعی از محیط اطراف فلر تا هزاران کیلومتر دورتر پراکنده شوند.

کاهش و بازیابی گاز فلر منافع بسیار دیگری نیز در بر دارند که عبارتند از :

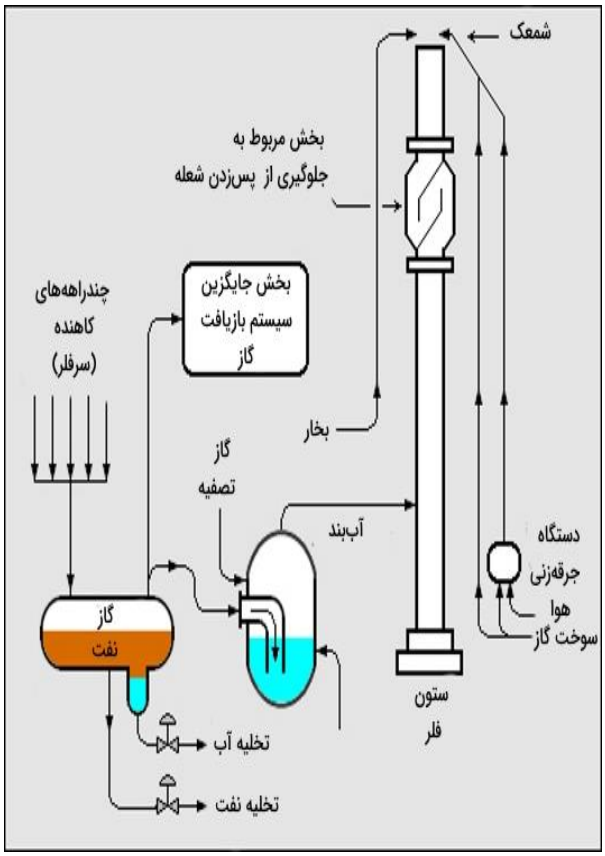
- کاهش مصرف سوخت واحد
- کاهش مصرف بخار سیستم
- افزایش عمر نوک فلر
- بازگشت سریع سرمایه گذاری
- کاهش انتشار آلاینده های واحد

فرآیند فلرینگ از دید اقتصادی-با توجه به حجم سوزاندن ۴۰ میلیون مترمکعب گازهای فلر در صنایع نفت و گاز، این انتشار علاوه بر هدررفت منبع عظیم انرژی که میتوانست به‌عنوان سوخت، بازیافت و مورد استفاده قرار گیرد، اما با توجه به آلایندگی بالایی که در محیطزیست منتشر می‌شود موجب امراض بیشماری در مردم و جانداران می‌شود. ارزش اقتصادی ۴۰ میلیون مترمکعب گاز (با توجه به نرخ سال۲۰۱۶ میالدی که ارزش هر مترمکعب گاز ۳۰سنت برآورد میشود) برابر ۴۰×۱۰^{۶}×۰/۳ (معادل ۱۲ میلیون دلار). به‌عبارت دیگر با در نظر گرفتن نرخ برابری هر دلار معادل ۱۰۰هزار ریال، روزانه بیش از ۱۲۰ میلیارد تومان با سوزاندن گازهای فلر و به‌همراه آن امراض و صدمات جانی و به تبع آن هزینه‌های درمان و مرگ و میرهای ناشی از آن، خسارت، وارد اقتصاد کشور می‌شود [13].

۲-روش انجام تحقیق

۲-۱- معرفی اجزاء اصلی فلر مورد مطالعه

جداکننده بخار- مایع «Liquid knock out drum»: جهت حذف هرنوع نفت یا آب از گاز آزاد شده سیستم آب‌بند« Seal Drum»: برای جلوگیری از برگشت شعله از بخش بالایی سیستم فلر سیستم بازیافت گاز جایگزین: جهت استفاده به هنگام شروع به کار یا اتمام کار سیستم فلر و همچنین استفاده در موارد مورد نیاز



شکل ۳- نمایی کلی از سیستم فلر [۱۴]

سیستم تزریق بخار: برای فراهم کردن نیروی تکانه بمنظور اختلاط مناسب هوا و گاز آزاد شده و کاهش دودهای حاصل از سوختن ناقص شمعک«Pilot Flame» به همراه سیستم جرقه‌زن: که همواره سیستم را برای سوزاندن شعله، آماده‌به‌کار نگه می‌دارد. بخش فوقانی سیستم فلر: که شامل ادواتی برای جلوگیری از جریان‌های برگشتی در بالای ستون آن است.

۲-۲- داده های مورد مطالعه

آنالیز گاز ورودی به فلر در جدول ۱ آورده شده است. داده های جدول حاصل از انجام انالیز ۱۲ نمونه گاز ورودی به فلز می باشد که میانگین انها آورده شده است. که مقدار گاز ارسالی به فلر ۴۵۶۶/۲ متر مکعب در هر یک ساعت می باشد.

جدول ۱ :مشخصات ترکیب گازی ورودی به فلر میدان یادآوران

نام ترکیب	میانگین
Methan	20.5
Isobutene(2-Methylpropene)	11.4
1,3-Butadiene	10.3
Ethylen	32.9
Propylene	24.9

۲-۳- محاسبات آلودگی و انرژی

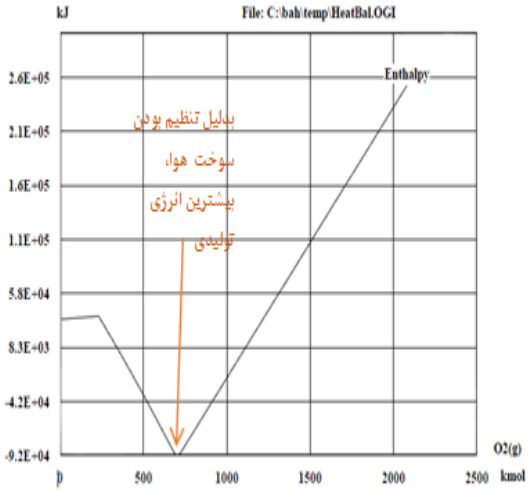
جمع بندی نتایج محاسبات درمورد کلیه فلرهای ایران، نشان می دهد سالانه حدود ۴۷میلیون تن کربن دی اکسید و ۲۱۱ هزار تن متان در کشور از طریق فلر منتشر می شود. از لحاظ قابلیت گرمایش زمین معادل حدود ۵۳ میلیون تن کربن دی اکسید است .که مجموعا با در نظر داشتن کل میزان انتشار گازهای گلخانه ای کشور که حدود ۷۰۰ میلیون تن در سال برآورد می شود،۲۲ انتشار آلاینده های ناشی از فلر بالغ بر حدود ۶/۷ درصد از کل میزان انتشار گازهای گلخانه ای کشور خواهد بود [۱۵]. سوزاندن بیش از ۱۵۰ میلیارد متر مکعب گاز طبیعی تصفیه نشده در صنایع نفت، باعث ورود ابعاد حجم عظیمی از آلاینده های مضر به جو زمین می شود. این موضوع زیست بوم مختلفی تحت تأثیر قرار می دهد با فرض احتراق کامل، محصولات حاصل از سوزاندن گاز مشعل CO_2, NO_X, SO_X خواهد بود. اما احتراق این گازها هیچ گاه به طور ایدال اتفاق نمی افتد، هرچند که راندمان احتراق مشعل های گازی معمولا بالای ۹۰ درصد است. علاوه بر انتشار گازهای گلخانه ای، آثار مختلفی بر محیط پیرامون خود دارد [۱۶]. با استفاده از نرم افزار HSC Chemistry میزان انرژی تولیدی حاصل از احتراق گاز های فلر بر اساس ترکیب درصد گازی وردی به فلر محاسبه شده است. نرم افزار HSC Chemistry که از نرم افزارهای تخصصی و مهم مهندسی مواد، شیمی، شیمی کاربردی و محض و حتی مهندسی معدن به شمار می رود برای انواع مختلف واکنشهای شیمیایی و محاسبات تعادلی طراحی شده است. این نرم افزار جهت شبیه سازی ترمودینامیک واکنش های مختلف، سینتیک واکنش های گوناگون، پیش بینی واکنش های شیمیایی و الکتروشیمیایی، دیاگرام های فازی، آلیاژسازی، تبدیل واحدها، تحلیل معادلات ترمودینامیکی برای پیش بینی انجام واکنش ها مورد استفاده قرار می گیرد این نرم افزار چهارده امکان محاسباتی برای عملیات واحد فرآیندها دارد:

- معادلات واکنش
- موازنه انرژی و مواد
- محاسبات افت حرارت
- ترکیب شیمیایی در حالت تعادل
- تعادل پیل الکتروشیمیایی
- فرمول وزن ها
- دیاگرام پایداری فازها
- دیاگرام تغییرات $Eh - pH$ با دما و غلظت
- دیاگرام های ترمودینامیکی، الینگهام ریچاردسون، انرژی آزاد گیبس، ظرفیت گرمایی، انتروپی، انتالپی
- عملیات کانه آرایی
- تبدیلات فازی و ترکیب شیمیایی
- دیاگرام مولیر و جداول بخار آب
- تبدیل واحدهای مهندسی
- خواص عناصر بصورت گراف و جدول

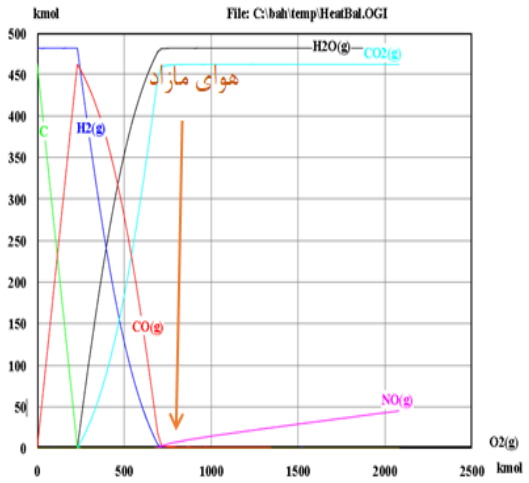
۳- نتایج و بحث

در نمودار شکل ۲ مقدار گازهای خروجی فلر با تغییر هوا آورده شده است که با توجه به این نمودار نتیجه می شود که با تنظیم سوخت و هوا می توان بیشترین انرژی را تولید کرد. با کاهش هوا بیشتر به سمت تجزیه می رویم که نشان دهنده کاهش احتراق و در نتیجه کاهش انرژی تولیدی می شود و همچنین با افزایش میزان هوا مشخصص گریده است که واکنش به سمت تولید NO که یک واکنش گرما گیر است می رود و این خود باعث کاهش میزان حرارت تولید می شود. هدف از تنظیم سوخت و هوا بررسی ماکزیمم حرارت تولیدی می باشد.

شکل ۴- نمودار مقدار گاز خروجی از فلر با تغییر هوا[۱۰]



شکل ۵- نمودار آنتالپی با تغییر هوا[۱۰]



نمودار آنتالپی بر اساس میزان هوا را با توجه به واکنش های صورت گرفته و داده های نرم افزار در شکل ۴ رسم شده است که نشان دهنده بیشترین حرارت تولید در میزان بهینه سوخت می باشد. با در نظر گرفتن میزان سوخت بهینه و داده های موجود از آنالیز گاز ورودی به فلر توسط نرم افزار، انرژی حاصل از احتراق در فلر محاسبه شده است که این انرژی بیش از ۷۸۸/۴ گیگا ژول بر متر مکعب می باشد. در یک تحقیق مشابه که انجام گردیده است انرژی تولیدی از فلر های پالایشگاه تبریز، پالایشگاه نفت شیراز و پالایشگاه گازی پارس جنوبی در جدول ۲ آورده شده است که به دلیل تفاوت در حجم و ترکیب درصد گاز انرژِی تولیدی متفاوت م یباشد. اما میزارن انرژی تولیدی هر فلر حاکی از هدر رفت بالای انرژی توسط فلر های گازی می باشد.

جدول ۲- میزان تولید انرژی حرارتی[۱۷]

تاسیسات نفتی	مقدار انرژی حرارتی تولیدی در سال (GJ)	تخمین میزان گاز خروجی از فلر (kg/hr)
پالایشگاه تبریز	۷۵/۳	۸۵۰
پالایشگاه نفت شیراز	۷۵۹	۲۷۵
پالایشگاه گازی پارس جنوبی	۱۱۳۱۵	۱۲۰۰

با در نظر گرفتن استاندارد ۱۰ مترمکعب مصرف روزانه گاز برای هر خانوار ایرانی ۳۶۵۰ مترمکعب در سال مصرف گاز هر خانواده ایرانی می باشد. که انژی تولیدی از این گاز حدود ۱۴۱ گیگاژول می باشد. به ازای هر ۱ سال فعالیت فلر میدان یادآوران ۵/۵ برابر مصرف انرژی یک خانواده در ایران انرژی هدر میرود.

۴-نتیجه گیری کلی

با توجه به تجدید ناپذیری انرژی‌های فسیلی و اهمیت ارزش آنها، همچنین میزان افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای و دی‌اکسید کربن (در حدود بیش از ۲۵۰ نوع ماده سمی از این طریق در اتمسفر رها می‌شود) لازم است که در مورد مبحث صرفه جویی، جلوگیری از هرزرفت و مصرف بهینه انرژی دقت نظر بیشتری اعمال شود. اصلی ترین راه اتلاف انرژی در پالایشگاه ها و چاه‌های نفت وگاز، سیستم فلرینگ است که عمدتا بیشترین میزان آلاینده‌های زیست محیطی نیز از همین سیستم متصاعد می‌شود. طبق بررسی‌های انجام شده، سالانه بیش از ۱۰۰ بیلیون مترمکعب گاز درجهان ازطریق سیستم فلر وارد اتمسفر می‌شود که حدود ۵ درصد ذخیره گاز جهانی است. به ازای هر بیلیون متر مکعب گاز، سرمایه‌ای معادل ۱۱۰ میلیون دلار از بین می‌رود که میزان قابل توجهی است. با توجه به آلودگی های زیست محیطی ایجاد شده ناشی از گازهای فلرینگ تاسیسات نفتی، استفاده از سیستم فلرینگ باعث افزایش گاز های آلاینده می گردد. براساس مطالعات انجام شده در یک پالایشگاه نمونه در کشور، مشخص شد که استفاده از گازهای فلر به عنوان منبع سوخت گازی، گاز فلر را به میزان ۲۱۰۰۰ مترمکعب در ساعت کاهش داده و توانایی جایگزینی سوخت گاز معادل ۴۸۱۰ مترمکعب در ساعت را دارد. معمولاً هنگامی‌که اجرای راهکارهای کاهش گازهای ارسالی به فلر در فرایندها با مشکلاتی نظیر عدم داشتن توجیه اقتصادی یا بالابردن مخاطرات سیستم مواجه می‌شود، از سیستم‌های بازیابی گازهای ارسالی به فلر استفاده می‌گردد. استفاده از این سیستم‌ها فواید زیادی مانند کاهش قابل‌توجه آلودگی‌های زیست‌محیطی، استفاده از گاز با ارزشی که قبلاً سوزانده می‌شد و افزایش طول عمر نوک فلرها دارد. در طراحی سیستم بازیابی گازهای ارسالی به فلر باید به این نکته توجه خاص داشت که معمولاً بهترین و اقتصادی‌ترین کاربرد گازهای فلر بازیافت شده در هر پالایشگاهی، بکار گیری آنها در همان پالایشگاه می‌باشد. در پایان خاطرنشان می‌شود که باتوجه‌به میزان قابل‌توجه سوزاندن گازهای فلر در پالایشگاه‌های کشورمان، استفاده از سیستم‌های بازیافت گازهای ارسالی به فلر، از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی از اهمیت خاصی برخوردار است.همچنین استفاده از گاز های فلر مورد مطالعه به عنوان منبع سوخت گازی موجب جلوگیری از هدر رفت ۷۸۸/۴ گیگا ژول انرژی در سال می گردد.

منابع

1. Abu, R. Patchigolla, K. Simms, N. 2023. A Review on Qualitative Assessment of Natural Gas Utilisation Options for Eliminating Routine Nigerian Gas Flaring. Gases, *3*(1), 1-24.
2. Nezhadfard, M. Khalili-Garakani, A. 2020. Power generation as a useful option for flare gas recovery: Enviro-economic evaluation of different scenarios. Energy, 204(1), 117940.
3. Adewale Alola, A. Taiwo Onifade, S. Magazzino, C. Onyeje Obekpa, H. 2023. The effects of gas flaring as moderated by government quality in leading natural gas flaring economies. Scientific Reports, 13, 14394.
4. Worldbank.org "Global Gas Flaring Reduction Partnership", presented in workshop on Natural Gas as Climate Change Solution, Washington, 2006. D.C.
5. Taghi Abadi, M. Irani, M. Tavassoli, A. 2021. Managing flare gases in the oil and gas industries, Scientific/training journal of oil and gas exploration and production.Journal of Environmental and Science Technology, 97 (6): 61-72.
6. the German،Federal Government. 2000. Germany's National Climat Protection Programme. Report by the "CO_2 Reduction" International working group.
7. WEBER group. 2012. Flare gas recovery system, WEBER Engineering.
8. Garakani, Kh. Mona Iravaninia, A. Nezhadfard, M. 2021. A review on the potentials of flare gas recovery applications in Iran. Journal of Cleaner Production, 279, 123345.
9. World Bank Group. 2003. Kyoto Mechanisms for Flaring Reductions, Report Number 2, Global Gas Flaring Reduction Public-Private Partnership (GGFR), www.worldbank.org.
10. Chellino, M. Recycle method to reduce ethylene plant start-up flaring. AIChE Spring National Meeting, Houston, TX, Apr 22, 2001.
11. Lester, B. 2012. World on the edge: how to prevent environmental and economic collapse.Routledge.1st edition. Taylor and Francis Group. 144p.
12. Akeredolu, A. Sonibare, J.A. 2004. A review of the usefulness of gas flares in air pollution control," Management of Environmental Quality: An International Journal, 15(6): 574 - 583.
13. Saheed Ismail, O. Umukoro, E. 2012. Global impact of gas flaring. Energy and Power Engineering, 4: 290-302.

۱۴- وهاب پور، ا. شجاعی، س.م. طهمابس زاده، م. رسولی، ف. ۱۳۹۷. بررسی آثار محیط زیستی گاز مشعل در ایران و اهمیت آن در راستای تعهدات کشور در توافق پاریس. فصلنامه مطالعات راهبردی سیاست گذاری عمومی. ۸(۲۷)" ۱۵۴-۱۳۳.

۱۵- شاهینی، م. ۱۳۸۶. مدیریت گازهای فلر. نشر اتحاد. ۱۹۲ صفحه.

۱۶- لعل بهرامپور، ی. ۱۳۹۱. تحلیل سیستم های بازیافت گازهای ارسالی به فلر و تولید قدرت(برق)از گازهای فلر. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک. دانشگاه صنعتی شاهرود.

۱۷-امیر فرخی، س.ج. ۱۳۸۹. ضرورت کاهش انتشار متان به عنوان یکی از عمده ترین گاز های گل خانه ایف HSEQ. شرکت مهندسی و توسعه گاز ایران. ۱-۶-

Pollution and energy losses of flares based on gas output

Bahador Abolpour[1]. Hanie Abbaslou[2]. Yashar Rahnama[3]

1- Corresponding author's : Associate Professor, School of Chemical Engineering, Sirjan University of Technology, bahadorabolpor1364@sirjantech.ac.ir
2- Associate Professor, School of Civil Engineering, Sirjan University of Technology, abbaslou@sirjantech.ac.ir
3- Bachelor's Degree Student in Chemical Engineering, Sirjan University of Technology, yasharrahnama8731@gmail.com."

Abstract

The word flare is used to describe an unprotected (open) flame that burns excess gases. This phenomenon usually happens in oil facilities such as upstream oil facilities, refineries and petrochemical industries, as well as in chemical units in order to maintain the safety of the employees and equipment on site. In the past one hundred years, the increase in the use of fossil fuels in various industries, including refineries, petrochemicals, industrial complexes, etc., to achieve higher production, has caused an increase in various pollutants in the world. And environmental concerns have imposed various economic costs and health costs on mankind. One of the most important sources of environmental pollution is industrial flare gases. According to world statistics, Iran is known as the third country that burns these gases. Reducing the emission of these gases is one of the major goals of the international community. In this research, using the output data from flare gas of a sample refinery and using HSC Chemistry software, pollution, losses and also the amount of energy wastage have been calculated, and these figures show the necessity of providing a suitable method to recover this energy. The investigation of this case shows that one of the appropriate solutions is to use flare gas as a gas fuel source.

Keywords: "flare", "pollution", "energy losses", "gaseous compounds"

Introduction

Optimizing energy consumption and reducing environmental pollutants is one of the main concerns of industries, especially oil, gas and refinery industries, and so far various methods have been investigated and used both in the initial design phase and in the modification phase of existing units. . One of the most important issues related to the environment in these industries is the proper disposal of waste hydrocarbon gases in industrial units and complexes. The most common available methods are releasing and burning these gases. Different methods and equipments are available to do this work, which can be used according to the different nature of these materials. The most common type of these equipments are flares. Flares are suitable equipment for the safe disposal of waste gases by combustion and releasing them into the environment. But burning this

common gas in a flare represents a lost opportunity to provide useful energy sources for hundreds of millions of people, as well as a waste of energy.

Methods and materials

The data in the table is the result of the analysis of 12 gas samples entering the metal, and their averages are given. The amount of gas sent to the flare is 2.4566 cubic meters per hour. Using HSC Chemistry software, the amount of energy produced from the combustion of flare gases has been calculated based on the composition of the percentage of gas sent to the flare. HSC Chemistry software, which is one of the specialized and important software for materials engineering, chemistry, applied and pure chemistry, and even mining engineering, is designed for various types of chemical reactions and equilibrium calculations. This software is used to simulate thermodynamics of various reactions, kinetics of various reactions, predict chemical and electrochemical reactions, phase diagrams, alloying, unit conversion, analysis of thermodynamic equations to predict reactions.

Conclusion

Considering the non-renewability of fossil energies and the importance of their value, as well as the increase in the level of greenhouse gases and carbon dioxide (more than 250 types of toxic substances are released into the atmosphere in this way), it is necessary to avoid waste in the matter of saving. and the optimal consumption of energy should be applied more carefully. The main way of wasting energy in refineries and oil and gas wells is the flaring system, which is where most of the environmental pollutants are released from this system. According to the studies, more than 100 billion cubic meters of gas enters the atmosphere through the flare system every year, which is about 5% of the global gas reserves. For every billion cubic meters of gas, capital equivalent to 110 million dollars is lost, which is a significant amount. Considering the environmental pollution caused by the flaring gases of oil facilities, the use of flaring system increases polluting gases. Based on the studies conducted in a sample refinery in the country, it was found that the use of flare gases as a source of gaseous fuel has reduced flare gas by 21,000 cubic meters per hour and has the ability to replace gas fuel equivalent to 4810 cubic meters per hour. Also, the use of studied flare gases as a gas fuel source prevents the wastage of 788.4 gigajoules of energy per year.