



ارزیابی میزان نشر آلاینده های تولید شده از گازهای ارسالی به مشعل

بهادر اکبری^۱، امیر صرافی^۲، علی دشتی^۲، علی محبی^۳

دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده فنی و مهندسی، بخش مهندسی شیمی

E-mail: [Bahador1364@gmail.com](mailto:Behador1364@gmail.com)

چکیده

بدلیل تغییر بازدهی احتراق در مشعلهای پالایشگاههای نفت و گاز، گازهای ارسالی به جو می تواند اثرات مخرب زیست محیطی و غیر ایمن داشته باشد. در اثر فرآیند احتراق ناشی از گازها در مشعل، آلاینده های مختلفی همچون دی اکسید کربن، دی اکسید گوگرد، ترکیبات آلی فرار (VOCs) و سایر مواد معلق بوجود می آیند، که منجر به آلایندگی محیط و تشعشعات مضر می گردند. در این مطالعه، هدف اصلی ارزیابی میزان نشر آلاینده ها و هیدروکربنهای حاصل از احتراق گازهای ارسالی به مشعل با استفاده از روشهای مختلف می باشد. بازیافت ارزش حرارتی قابل ملاحظه گازهای سوزانده شده، هدرروی انرژی را کاهش می دهد. بعلاوه، در موارد متعددی می تواند ارزش اقتصادی بازیافت آنها را توجیه پذیر نماید. بررسی میزان و شدت نشر این آلاینده ها با استفاده از سه روش مختلف شامل مدل فاکتور انتشار، واکنشهای استوکیومتری احتراق و روش اندازه گیری تجربی میزان غلظت آلاینده ها به کمک دستگاه نمونه برداری (گاز سنج محیطی) در روی سطح زمین، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این روشها با نتایج بدست آمده بر اساس معیارها و استانداردهای جهانی (EPA) مورد مقایسه قرار گرفته است که نشان می دهد داده های پیش بینی شده از این روشها از صحت خوبی برخوردار است. بعلاوه، نتایج ارائه شده بر اساس روش فاکتور انتشار، کاربردی بوده و در پیش بینی میزان نشر آلایندهای مختلف در مقیاس صنعتی با ارزش می باشد.

واژه‌های کلیدی: گاز ارسالی به مشعل، انتشار، محیط زیست، آلودگی، ارزیابی.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی

^۲ استادیار بخش مهندسی شیمی دانشگاه شهید باهنر کرمان

^۳ دانشیار بخش مهندسی شیمی دانشگاه شهید باهنر کرمان



۱- مقدمه

در پتروشیمی و پالایشگاههای نفت و گاز از تجهیزات جداسازی و تجهیزات تبدیل شیمیایی استفاده می شود. تمامی این تجهیزات به گونه ای طراحی شده اند که برای محدوده خاصی از شدت جریان، دما و فشار عمل می کنند. انحراف از این شرایط عملیاتی معین منجر به تولید حجم زیادی از گازهای زاید (شرایط اضطراری) علاوه بر تولید گاز در شرایط عادی می گردند. اگر مقدار زیادی گازهای تولید شده و به نحوی خارج نگردد، امکان رخ دادن انفجار در واحد وجود دارد. به جهت ایمنی در واحد باید گازهای زائد تولیدی به شکلی دفع شوند. این امر معمولاً در پتروشیمی و پالایشگاه توسط سامانه مشعل انجام می گیرد. و به همین دلیل سیستم مشعل یکی از تجهیزات ایمنی ضروری جهت کنترل شرایط ناایمن پالایشگاه در افزایش فشار ناشی از شرایط ناخواسته اضطراری که منجر به توقف عملیات فرآیندی می گردد، می باشد [۱].

باتوجه به تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، مشعل ها یکی از منابع اصلی آلودگی محیط زیست می باشند. براساس اطلاعات بانک جهانی در سال ۲۰۰۰ [۲]، ۱۰۸ میلیارد متر مکعب گاز در مشعل ها سوزانده شده، در حالیکه این مقدار گازها می توانند برای اهداف دیگری از جمله تولید انرژی مورد استفاده قرار گیرند. در سال ۲۰۰۲، ۲۶۲-۱۹۹ میلیون تن دی اکسید کربن از سوزاندن گازها در مشعل تولید شده است که عامل اصلی در گرم شدن زمین و تغییرات آب و هوایی باشد. براساس آمارهای بانک انرژی، از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۲۰، مقدار سالیانه سوزاندن گازها در مشعل در صورتیکه تمهیداتی برای کاهش آن انجام نگردد ۶۰ درصد افزایش می یابد [۳]. در نتیجه باید میزان سوزاندن گازها در مشعل را با تمهیدات و روشهای قابل قبول کاهش داد.

بنابراین برای بررسی و ارزیابی دامنه تغییرات آلاینده ها دو پارامتر شدت جریان گازارسالی به مشعل و تغییرات ترکیب مولکولی آنها، نقش تعیین کننده و کلیدی دارند که می بایست با استفاده از دستگاهها و روشهای مختلف میزان و شدت آنها را محاسبه و اندازه گیری گردد. جهت اندازه گیری شدت جریان از دبی سنج های مختلفی استفاده می گردد که گاهی مشاهده گردیده بدلیل نوسانات و تلاطم های شدید در جریان گاز، این ابزارها با مشکلات خاصی مواجه گردیده و نیاز به تعمیرات عویض دارند [۴]. جهت بررسی میزان ترکیب مولکولی متغیر گاز با شدت جریان، از دستگاه کروماتوگرافی استفاده می گردد که جهت به حداقل رساندن خطای اندازه گیری سعی گردیده از داده های متعددی در طول یک ماه استفاده گردد. با توجه به اینکه فاکتورهای انتشار جهت پراکندگی و پراکنش آلاینده ها، بطور مستقیم به شدت جریان گاز وابسته است، جهت دقت بیشتر سعی گردیده که در سه حالت طراحی، نرمال و حداقل جریان، میزان نشر بررسی گردد [۵]. در این مطالعه، جهت بررسی میزان نشر آلاینده ها، از روشهای گوناگونی با اعمال شرایط خاص استفاده گردیده است. مقایسه داده ها و روشهای اعمال شده با استانداردهای جهانی، نشان دهنده راه حلی عملی در جهت کنترل این آلاینده ها می باشد.



گازهای زائد تحت شرایط گوناگونی در یک واحد شیمیایی بوجود می‌آیند که قابل دسته بندی در سه گروه می باشند [۶]:

۱. دائمی (عادی): گازهای خروجی از برخی فرآیندها و گاز تخلیه شده از شیرهای کنترل در واحدهای گوناگون، که به شکل دائمی و یکنواخت می سوزند و بطور عمده به بخار آب، دی اکسید کربن و دی اکسید سولفور تبدیل می شوند.

۲. متغیر (آشفتگی): در هنگام راه اندازی یا توقف کامل واحدهای اصلی که منجر به ورود مقادیر زیادی گاز به مشعل می شوند. حجم گازهای ارسالی به مشعل بیش از شرایط دائمی (عادی) است.

۳. اضطراری: از کار افتادن تجهیزات یا کاهش ظرفیت منجر به تولید مقادیر زیادی گازهای زاید شده، که باید سوزانده شوند. سوزاندن گازهای زائد در مواقع اضطراری به صورت اتفاقی و نسبی رخ میدهد.

با افزایش توجه به مسائل محیط زیستی و سلامتی افراد، توجه بسیاری از محققان به آلاینده های تولیدی ناشی از سوزاندن ناقص گازها در مشعل جلب گردید که اثرات نامطلوبی بر روی محیط زیست و افراد دارند. حالت مطلوب آن است که هیچ مشعلی در پالایشگاه وجود نداشته باشد. زیرا آنها از یکسو باعث اتلاف هیدروکربنها و گازهایی می شوند که ارزش اقتصادی بالایی دارند و از سوی دیگر سبب تولید آلاینده های خاصی می گردند که تأثیرات مخرب و مضر بر روی محیط زیست و سلامتی افراد دارند.

مشعل ها حجم زیادی از گازهای حاصل از احتراق را در یک زمان کوتاهی به اتمسفر وارد می کنند و در معرض مشکلاتی از قبیل وزش باد، تغییرات دما و نبود زمان لازم برای سوختن گازها می باشند که منجر به یک فرآیند احتراق ناپاک می گردند. یکی از مشکلات اساسی مشعل معلوم نبودن بازده آن می باشد. بازده مشعل بعنوان یک شاخص عملکرد از نسبت هیدروکربنهای مصرف شده در حین عمل احتراق نسبت به کل جریان هیدروکربن ورودی به مشعل می باشد. احتراق زمانی کامل است که تمام اجزای آلی فرار تبدیل به دی اکسید کربن و بخار آب شوند. احتراق ناقص منجر به عدم تبدیل بعضی اجزای آلی فرار و یا تبدیل آنها به اجزای آلی دیگر می شود. کامل بودن احتراق در یک مشعل وابسته به دمای شعله، زمان اقامت در منطقه احتراق، شدت اختلاط اجزاء جریان گاز و میزان اکسیژن موجود در عمل احتراق است. درجه بازده احتراق در مشعل وابسته به میزان اختلاط سوخت، هوا و همچنین دمای شعله می باشد. بازده مشعلهایی که عملکرد خوبی دارند، حداقل ۹۸ درصد است به این معنی که کمتر از ۲ درصد از کل جریان ارسالی به مشعل، هیدروکربنهای نسوخته و مونواکسید کربن می باشد.

۲- اندازه گیری و محاسبات انتشار گازهای آلاینده



ترکیب گازهای زاید بوسیله دستگاه کروماتوگرافی گاز با دقت خوبی اندازه گیری می شود. در اندازه گیری دبی (شدت جریان) گازهای از دبی سنج های توربینی، حرارتی، اختلاف فشار و ماوراء صوت استفاده می گردد. از مقایسه بین ابزارهای گوناگون مشخص می شود که دبی سنج ماوراء صوت برای اندازه گیری شدت جریان گاز ورودی به مشعل ابزار مناسبی می باشد. این ابزار به دو شیوه، نصب در لوله به شکل ثابت و قابل حمل و اندازه گیری از بیرون لوله، مورد استفاده قرار می گیرد. تفاوت عمده آن با دیگر دبی سنج ها در میزان دقت و عدم حساسیت به ترکیبات اضافی در جریان و تغییرات ترکیب گاز می باشد [۷].

جهت ارائه و بررسی میزان تغییرات و اثرپذیری این آلاینده ها، از فاکتور انتشار استفاده می گردد که بصورت نسبت وزنی آلاینده قابل پراکنش به واحد وزن (جرمی - حجمی) گاز ورودی به مشعل، تعریف می گردد [۸]. در این مطالعه، از سه روش جهت بررسی و مقایسه میزان نشر آلاینده ها استفاده شده است.

در روش اول، شدت جریان از طریق دبی سنج نصب شده بر روی خط جریان اندازه گرفته شده و بر اساس سه حالت حداقل، نرمال و طراحی جریان با معلوم بودن فاکتور انتشار، مقدار انتشار محاسبه گردیده است. در روش دوم، واکنشهای استوکیومتری احتراق یا همان احتراق تنوری در نظر گرفته شده و با استفاده از ترکیب گاز ورودی و بر اساس نوع واکنش احتراق (کامل و ناقص) مقدار نشر آلاینده محاسبه شده است. در روش سوم، ثبت داده ها از طریق دستگاه نمونه برداری در سطح زمین با جمع آوری داده ها و اطلاعات حاصله از دستگاه اندازه گیری (هر ۱۵ روز یکبار) انجام گردیده و مقایسه با مقدار استانداردهای زیست محیطی، مقدار و دامنه تغییرات آلاینده محاسبه شده است.

۲-۱- محاسبات میزان انتشار آلاینده با استفاده از شدت جریان گاز ورودی به مشعل و فاکتور انتشار

با اندازه گیری شدت جریان گاز ارسالی به مشعل و با استفاده از معادله (۱)، مقدار انتشار آلاینده محاسبه می گردد [۹].

$$E = A \times EF \quad (1)$$

که در آن E شدت انتشار، A شدت جریان جرمی یا حجمی گاز ارسالی به مشعل، EF فاکتور انتشار آلاینده می باشد. بعد از کنترل آلاینده و یکسری تغییرات در شرایط فرآیند و واحدهای عملیاتی، شدت آلاینده‌گی توسط معادله (۲)، محاسبه می شود:

$$E = A \times EF \left(\frac{1 - EF}{100} \right) \quad (2)$$

که در آن ER بازده کلی کاهش آلاینده‌گی می باشد. فاکتور انتشار در واقع در مدل پراکنده‌گی آلاینده ها ی هوا مورد استفاده قرار می گیرد که در واقع بیان کننده مقدار آلاینده انتشار یافته از منابع و واحدهای صنعتی بدلیل عملکرد بد شرایط فرآیندی و یا بدلیل هرگونه نقص فنی در تجهیزات مکانیکی، ابزار دقیق و الکترونیکی می باشد. با معلوم بودن درصد مولی و ترکیب اجزای موجود در جریان گاز، می توان مقدار فاکتور انتشار را



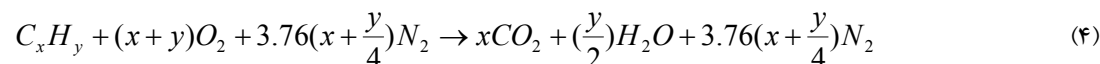
محاسبه کرد. اگر فرض شود در یک مخلوط گازی n جزء موجود می‌باشد که هر کدام دارای جزء مولی y_i و جرم مولکولی M_i می‌باشد، بنابراین می‌توان جرم کل و درصد جرمی هر کدام محاسبه کرد و سپس با معلوم بودن فاکتور انتشار جهانی برای هر جزء، میزان فاکتور انتشار هر آلاینده در جریان گاز را پیدا کرد [۱۰]. با معلوم بودن فاکتور انتشار جهانی برای هر جزء و همچنین با مشخص بودن درصد جرمی آن، می‌توان فاکتور انتشار جزء مورد نظر را در مخلوط محاسبه و سپس با داشتن جریان کل ارسالی به مشعل، میزان انتشار را براساس معادله (۱)، محاسبه کرد.

۲-۲- محاسبات میزان انتشار آلاینده با استفاده از واکنشهای استوکیومتری در فرآیند احتراق

با استفاده از درصد مولی هر جزء در مخلوط گازی و معلوم بودن شدت جریان و با دانستن ترکیب شیمیایی هر جزء، می‌توان مقدار محصولات احتراق را محاسبه کرد و با جمع کل هر جزء بدست آمده در تمام واکنشها، مقدار انتشار آلاینده مورد نظر مشخص می‌گردد. براین اساس و با استفاده از روابط (۳) تا (۵)، مقدار هر آلاینده محاسبه می‌شود [۱۰].

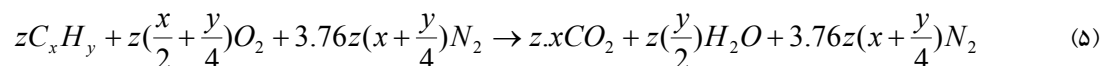


معادله (۳)، یک معادله شیمیایی ناشی از احتراق کامل هیدروکربن در مجاورت با گاز اکسیژن می‌باشد، که در آن X و Y نسبتهای مولی و C ، H ، O_2 به ترتیب اتمهای کربن و هیدروژن و گاز اکسیژن می‌باشند. احتراق کامل هیدروکربن در مجاورت با هوا را طبق معادله (۴) صورت می‌گیرد:



که در آن N_2 ، گاز نیتروژن شرکت کننده در واکنش است زیرا احتراق در مجاورت با هوای آزاد صورت می‌گیرد و این همان واکنش احتراق کامل در نوک مشعل است که می‌توان گفت در حالت ارسال دائمی گازهای زائد به مشعل تقریباً امکان پذیر است.

احتراق ناقص هیدروکربن در مجاورت با هوای آزاد در نوک مشعل، طبق معادله (۵)، صورت می‌گیرد:



این نوع واکنش احتراق ناقص در حالت‌های ارسال متغیر و اضطراری گازهای زائد به مشعل صورت می‌گیرد.

۲-۳- بررسی میزان انتشار آلاینده ها با استفاده از دستگاه نمونه برداری در سطح زمین

با استفاده از دستگاه نمونه برداری گاز سنج محیطی از نوع Babuc A (ساخت ایتالیا) که در مدت زمان خاصی (۱۵ روز) در نقاط مختلف قرار داده و با استفاده از وضعیت جغرافیایی محل و شرایط آب و هوایی، سرعت باد، کلاس پایداری و میزان رطوبت، می‌توان مقدار غلظت آلاینده را پیدا کرد.



۳- بحث و نتایج

پس از ثبت داده های مورد نیاز از جریان گاز ارسالی به مشعل در شرایط مختلف عملیاتی، میزان انتشار آلاینده ها محاسبه گردیده و مطابق با نتایج ارائه شده در ادامه به بررسی میزان آنها پرداخته شده است. همچنین مقایسه نسبی بین نتایج حاصل از سه روش مختلف بکار رفته صورت گرفته و تحلیل شده است.

۳-۱- تعیین ترکیب گاز

بدلیل تغییرات ترکیب گاز ورودی به مشعل و اثرمستقیم آن در ارزش حرارتی گاز، باید با توجه به چگونگی تغییرات، یک مقدار متوسط محاسبه نمود که نشان دهنده ترکیب واقعی گاز ارسالی به مشعل بوده است. از آنجائیکه تغییرات ترکیب گاز وابسته به عملکرد واحد می باشد، لذا طی مدت یک ماه تغییرات این ترکیب بررسی و نتایج نهایی مطابق با جدول ۱، ثبت گردید.

جدول ۱- ترکیب متوسط گاز ارسالی به مشعل

جزء	مقدار حداقل	مقدار حداکثر	درصد مولی متوسط
H ₂ O	۰,۳۷	۰,۰۶	۰,۴۸۵
H ₂ S	۰,۵۵	۰,۰۶	۰,۵۷۵
N ₂	۳,۴۷۴	۳,۶۹۲	۳,۵۸۳
CO ₂	۱,۳۴۵	۱,۸۳	۱,۵۸۸
CH ₄	۸۵,۰۷۶	۸۷,۷۰۵	۸۶,۳۹۵
C ₂ H ₆	۵,۲۳۴	۶,۰	۱,۸۹۱۵
C ₃ H ₈	۱,۷۹۲	۱,۹۹۱	۱,۸۹۱۵
n-C ₄ H ₁₀	۰,۵۲۸	۰,۵۷۸	۰,۵۵۳
i-C ₄ H ₁₀	۰,۳	۰,۳۷۳	۰,۳۳۶۵
n-C ₅ H ₁₂	۰,۱۳	۰,۱۶۸	۰,۱۴۹
i-C ₅ H ₁₂	۰,۱۵	۰,۱۹۲	۰,۱۷۱
C ₆ ⁺	۰,۰۹۹	۰,۲۷۸	۰,۱۸۶

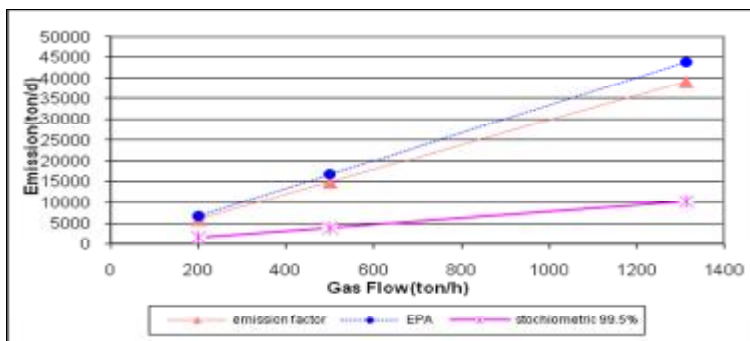
۳-۲ - تعیین شدت نشر گاز دی اکسید کربن

نتایج حاصل از بررسی های انجام شده درخصوص میزان انتشار این گاز به روشهای مختلف (فاکتورانتشار، واکنشهای استوکیومتری، دستگاه نمونه برداری در سطح زمین)، در ادامه ارائه گردیده است. در قسمت انتهایی مقایسه نسبی بین روشهای مختلف صورت گرفته و میزان اثرپذیری آنها مشخص گردیده است. جهت بررسی صحت روشهای محاسباتی، داده های حاصل از هر روش را با روش استاندارد جهانی^۱ (EPA) که تحت عنوان

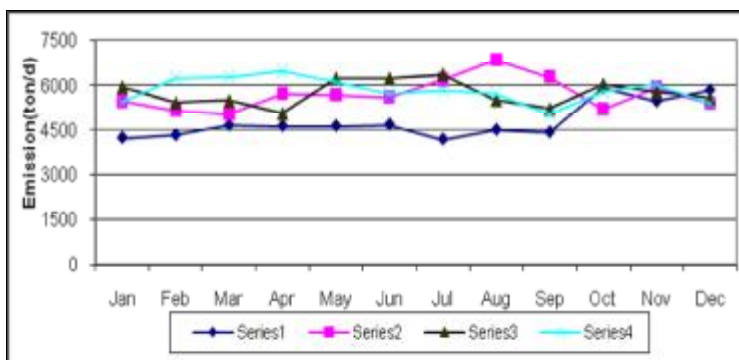
^۱ -Environmental Protection Agency



استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست می‌باشد، مقایسه گردیده است. نتایج حاصل از این محاسبات در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه گردیده است.



شکل ۱-مقایسه تغییرات شدت نشر گاز CO₂ به دو روش فاکتور انتشار و استوکیومتری با استاندارد جهانی



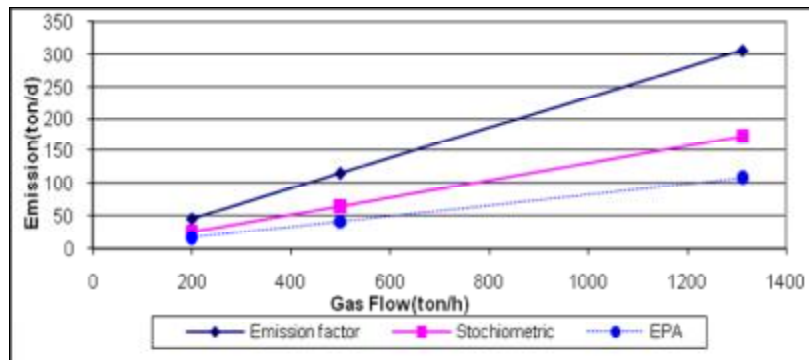
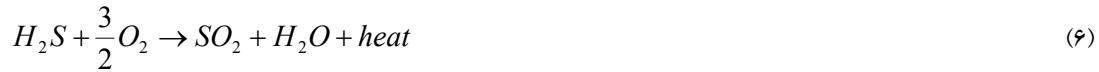
شکل ۲-تغییرات شدت نشر گاز CO₂ از روش گردآوری داده‌ها توسط دستگاه نمونه برداری

میزان تغییرات شدت انتشار دی اکسید کربن در سه روش محاسباتی (فاکتور انتشار، استوکیومتری، جمع آوری داده‌های زمینی) در سه بازه شدت جریان از حداقل تا طراحی بررسی گردیده است. درمقایسه دو روش فاکتور انتشار و استوکیومتری با میزان استاندارد جهانی می‌توان گفت که میزان نشر حاصل از این آلاینده پایین تر از حد استاندارد می‌باشد که در واقع بیان کننده این مطلب می‌باشد که سوختن هیدروکربنها درنوک مشعل بصورت ناقص می‌باشد. در واقع حجم قابل توجهی از مواد فرار و ترکیبات معلق در محیط پراکنده می‌گردند. پس می‌توان گفت که ارسال گازهای آلاینده مطابق با نتایج حاصل از این نمودارها از یکسو باعث آلاینده‌گی محیط زیست می‌گردند و از سوی دیگر باعث تلف شدن حجم قابل توجهی از انرژی می‌گردد. با استناد به نتایج نمودارها و داده‌های تجربی به روش جمع آوری در سطح زمین، می‌توان گفت که روش فاکتور انتشار با میزان خطایی کمتر از ۱۲ درصد به نتایج استاندارد نزدیکتر می‌باشد و معیار قابل قبولی جهت بررسی نشر آلاینده می‌باشد.

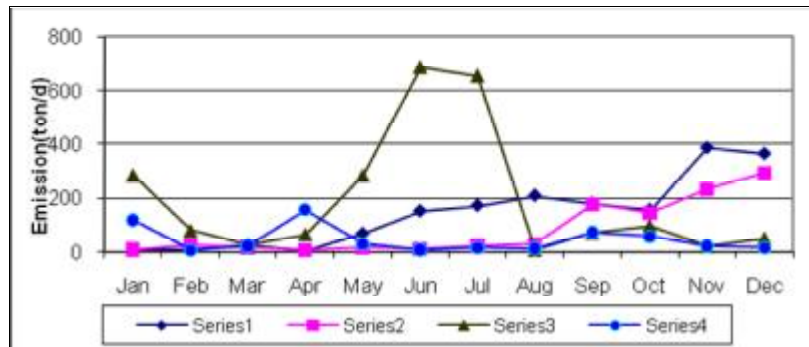


۳-۳- تعیین شدت نشر گاز دی اکسید گوگرد

گاز سولفید هیدروژن مطابق با معادله استوکیومتری (۶) با اکسیژن واکنش داده و منجر به تولید دی اکسید گوگرد می گردد.



شکل ۳- مقایسه تغییرات شدت نشر گاز SO₂ به دو روش فاکتور انتشار و استوکیومتری با استاندارد جهانی



شکل ۴- بررسی تغییرات شدت نشر گاز SO₂ به روش گردآوری داده ها توسط دستگاه نمونه برداری

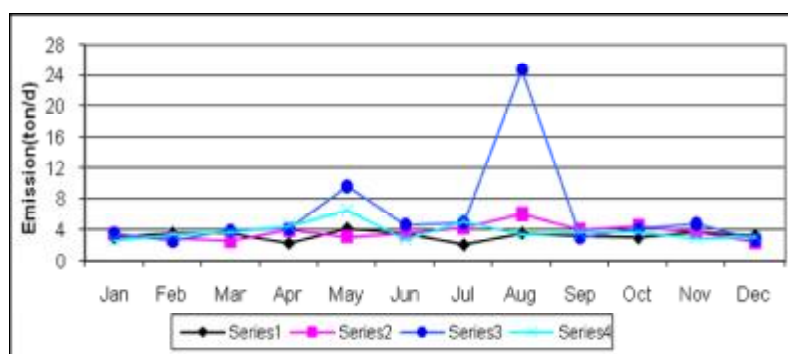
نتایج حاصل از محاسبات جهت بررسی میزان انتشار گاز دی اکسید گوگرد در دامنه تغییرات شدت جریان گاز از مقدار حداقل تا حداکثر در نمودارهای ۳ و ۴ ارائه گردیده است. با بررسی شکل ۳ مشاهده می گردد که میزان انتشار این آلاینده خطرناک بالاتر از حد استاندارد جهانی می باشد. براساس نتایج نمودار مقدار حداکثر میزان این آلاینده جهت حداکثر شدت جریان گاز مطابق با روش فاکتور انتشار حدود ۳۱۰ تن در روز می باشد که در واقع بالاتر از میزان استاندارد می باشد. نتایج حاصل از شکل ۴ بیانگر و تائید کننده میزان انتشار بالای این آلاینده می باشد. می توان گفت که داده های حاصل از روش فاکتور انتشار دارای انحراف بیشتری نسبت به حالت استاندارد می باشند. اگرچه این روش از نظر ریاضی و داده های محاسباتی انحراف قابل ملاحظه ای نسبت



به استاندارد جهانی دارد ولی با استناد به نتایج آن و با توجه به داده‌های حاصل از دستگاه نمونه برداری، بعنوان معیار قابل قبولی برای کنترل بیشتر فرآیند و اصلاح شرایط عملیاتی می باشد.

۳-۴- شدت نشر هیدروکربنهای آلی فرار

علاوه بر ترکیبات آلاینده دی اکسید کربن و دی اکسید گوگرد، انواع دیگر گاز ترکیبات آلاینده در اثر ناقص بودن واکنش احتراق در شرایط متغیر و اضطرابی و تا حدودی در حالت دائمی ارسال گازهای زائد به مشعل، در اثر پراکنش و حرکت ستون دود برخاسته از مشعل، در جهت حرکت باد و در سایر جهات، در اتمسفر پراکنده می گردند و سبب تأثیرات مخرب و زیانباری بر روی محیط زیست و سلامتی افراد می گردند.



شکل ۵- بررسی تغییرات شدت نشر VOCs به روش گردآوری داده‌ها توسط دستگاه نمونه برداری

نتایج حاصل از شکل ۵ بیانگر سوختن ناقص ترکیبات در نوک مشعل می باشد که منجر به آزاد شدن حجم زیادی از ترکیبات فرار در محیط می گردد که با کنترل پارامترهای فرآیندی و کنترل بر روی میزان ارسال گاز به مشعل، تا حدی می توان از این فاجعه زیست محیطی جلوگیری کرد.

۴- نتیجه گیری

در پتروشیمی و پالایشگاه‌ها گازهای زائد به منظور دفع، در مشعل سوزانده می شوند. جهت جلوگیری از مشکلات آلودگی محیط زیستی و کاهش دی اکسید کربن، دی اکسید گوگرد و سایر آلوده کننده‌ها باید از سوزاندن گازهای زائد در مشعل جلوگیری کرده و آن را کاهش داد. بنابراین می بایست تا حد امکان با برنامه ریزی و مطالعات دقیق سعی در بازیافت گازهای زائد و استفاده مجدد آنها نمود. داشتن اطلاعات ترکیب و شدت جریان گازهای ارسالی به مشعل از پارامترهای اصلی جهت این بررسی‌ها می باشد که ضروری است راهکارهای مناسب و اجرایی جهت اندازه گیری آنها در واحدهای فرآیندی مورد بررسی قرار گیرد. در این پروژه، میزان نشر گازهای آلاینده به سه روش مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به نزدیک بودن نسبی داده‌ها و



تغییرات آنها بر روی نمودار برای هر آلاینده مطابق باشدت جریان گازارسالی به مشعل، خطای نسبی زیر ۱۰ درصد می باشد که تقریباً قابل قبول می باشد. مطابق با روشهای محاسباتی جهت کنترل آلاینده روش فاکتور انتشار اگرچه از نظر داده های ریاضی حاصله، با روش استاندارد جهانی انحراف قابل ملاحظه ای دارد، لیکن در قیاس با نتایج حاصل از دستگاه نمونه برداری در سطح زمین بعنوان یک معیار خوبی جهت کنترل شرایط فرآیندی و تعمیراتی یک واحد پالایشگاهی می باشد. مدل پیشنهادی فاکتور انتشار بعنوان یک روش کاربردی می تواند در مقیاس صنعتی مورد توجه و استفاده قرار گیرد.

مراجع

- [1] Levy R. E., Lucy Randel, Meg Healy, Don Weaver, "Reducing Emission from Plant Flares", Paper # 61, Industry Professionals for Clean Air, (2006).
- [2] Telnes E., "Flare gas recovery project at Uran plant, Oil and Natural Gas Corporation (ONGC) Limited in India", Validation report, (2007).
- [3] Ozumba C. I., I. C. Okoro, "Combustion efficiency measurements of flares operated by an operating company", SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, Stavanger, Norway, 26-28, (2000).
- [4] Gulaga C., B. Light, "Flare Measurement Best Practice to Comply With National and Provincial Regulations", (2004).
- [5] Muhlbaier, J. L., "Particulate and Gaseous Emission from Natural Gas Furnace and Water Heater", Journal of the Air Pollution Control Association, (December 1981).
- [6] Chenevert D, Harry C., Walker J., Unterbrink, B., Cain M., "Flare minimization practices improve olefins plant start-ups", Oil Gas J., 103, 54, (2005).
- [7] Fisher P.W., D. Brennan, "Minimize Flaring With Flare Gas Recovery", Hydrocarbon Processing, 83-85, (2002).
- [8] Shires T. M., C. J. Loughran, "Compendium of Greenhouse Gas Emissions Methodologies for the oil and gas industry, American Petroleum Institute (API) Pilot Test Version, (2004).
- [9] Emission Factor Documentation for AP-42 Section-Natural Gas Combustion, Technical Support Division, Office of Quality Planning and Standards, U.S.Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, (1997).
- [10] Perry R. H., D.W. Green, "Perry's Chemical Engineers Handbook", Sixth Edition, McGraw-Hill, New York,(1984).



Evaluation of the Amount of Pollutants Emission Produced by Flaring Gas

B. Akbari, A. Sarrafi, A. Dashti, A. Mohebbi

Corresponding Author Address: Shahid Bahonar University of Kerman, Faculty of Engineering, Chemical Engineering school

Corresponding Author E-mail: sarrafi@mail.uk.ac.ir

Abstract

Because of variation of combustion efficiency in oil and gas refineries, flaring gases may have harmful environmental and unsafe effects. Combustion of these gases in flare tip releases different hazardous products including CO₂, SO₂, volatile organic compounds (VOCs) and others suspended matters as well as simultaneous radiation result in harmful environmental and social impacts. In this study, the main aim is evaluation of amount of pollutant gases and hydrocarbons emission delivered in flare zone using different methods. Recovery of high amount of heating value reduces energy losses of flaring gas, Furthermore, in several cases the recovery could save acceptable economical value. The amounts of the pollutants emission are investigated by three methods based on emission factor model, stoichiometric combustion reactions and special sampling device on the ground level as a practical way. Comparison of the obtained results about these methods with standard range of environmental protection agency data (EPA) show the good accuracy. Furthermore, the presented emission factor model is applicable for industrial complex and reliable for pollutant emission predictions in plant scale.

Keywords: Flare gas, Emission, Environment, Pollutant, Evaluation.