



الزامات مدیریت کیفیت هوا Air Quality Management Requirements



راهنمای پیش و الزامات زیست محیطی فلرها **HSE - 473 - 01**

در سیستم مدیریت
بهداشت، ایمنی و محیط زیست

سند حاضر با هدف ارائه راهنمایی و حفظ یکپارچگی در تدوین مستندات مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست شرکت ملی صنایع پتروشیمی، توسط مدیریت HSE شرکت تهیه شده و کلیه حقوق آن محفوظ و متعلق به آن شرکت می باشد.



راهنمای پایش و الزامات زیست محیطی فلرها در سیستم مدیریت HSE (HSE-473- 01)

۱- مقدمه

کمیته استقرار HSE-MS به منظور حفظ یکپارچگی در نظام مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست، این سند را به عنوان راهنمایی برای تدوین مستندات نظام تهیه نمود. در این سند حداقل الزامات در برآورده کردن نیازمندی مربوط به کنترل، پایش و مدیریت فلرها بیان شده و هر یک از شرکت های پتروشیمی را در نحوه ایجاد فرآیندهای مورد نیاز کمک خواهد نمود. در ضمن، سند حاضر کاربرد فراوانی در انجام ممیزی های این نظام داشته و در آن به نکات مهم و برجسته قابل توجه در هنگام ممیزی نیز اشاره شده است.





۲- الزامات قانونی

- ۱-۲- اصل پنجاهم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران
- ۲-۲- قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست
- ۳-۲- قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا
- ۴-۲- پروتکل کیوتو (۱۹۹۸)
- ۵-۲- آیین نامه تصویب پروژه های ساز و کار توسعه پاک (CDM) در چارچوب پروتکل کیوتو توسط مرجع صلاحیت دار ملی در جمهوری اسلامی ایران (۸۸/۹/۳۰)
- ۶-۲- بندهای ب و ج ماده ۱۹۲ قانون برنامه پنجم

۳- تعاریف

- ۱-۳- گاز ونت: همه گازهای ارسالی به فلر به جز گاز پیلوت و گاز پرچ پیوسته و بخار یا هوایی که به منظور کمک به احتراق استفاده می شود، به عنوان گاز ونت در نظر گرفته می شود.
- ۲-۳- فلرینگ: هر زمانی که فلر دارای شعله ای به جز شعله پیلوت باشد.
- ۳-۳- سوخت کمکی: به گازی اطلاق می شود که با گازهای زائد در مسیر رسیدن به نوک فلر مخلوط می شود تا احتراق کامل کل جریان گاز را بهبود داده و ارزش حرارتی گازهای زائد را به حد مجاز برساند.
- ۴-۳- گاز پیلوت: به گازی اطلاق می شود که به نوک فلر ارسال می شود تا شمعک فلر شعله ور باقی بماند.
- ۵-۳- شرکت: منظور از شرکت در این راهنما کلیه شرکتهای تولیدی، خدماتی یا سازمانهای مناطق ویژه پتروشیمی می باشد.

۴- محدوده تحت تاثیر این راهنما

مفاد این راهنما برای کلیه شرکتهای پتروشیمی که دارای فلر و تجهیزات مربوطه می باشند کاربرد دارد.

۵- قواعد کلی

- ۱-۵- مسوولیت پیاده سازی و حسن اجرای الزامات این راهنما بر عهده امور HSE هر شرکت بوده و کلیه فعالیتهای مرتبط با پیش، کنترل و مدیریت فلرها به عهده واحدهای زیر نظر مدیریت شرکت است که تحت نظارت امور HSE صورت می پذیرد. مسوولیت پایش موارد مرتبط با بند ۵-۵ در مناطق ویژه به عهده دفتر محیط زیست سازمان منطقه یا شرکتی است که مسوولیت پایش کل منطقه را به عهده دارد.
- ۲-۵- هر شرکت باید کلیه منابع اصلی و تجهیزاتی را که گازهای زائد تولید می کنند، شناسایی نموده و وضعیت دبی جریان و ترکیب گازهای ارسالی از این منابع به فلر را نسبت به وضعیت طراحی مشخص نماید.
- ۳-۵- هر شرکت که دارای فلر است، باید همواره عملکرد فلرها را پایش کند تا اطمینان حاصل نماید که این تجهیزات مطابق با شرایط طراحی خود، مورد بهره برداری قرار گرفته و نگهداری می شوند.
- ۴-۵- فلر در همه زمانهایی که امکان ونت شدن انتشارات به آن وجود دارد، باید مورد بهره برداری قرار گیرد.
- ۵-۵- فلرها باید طوری طراحی شده و مورد بهره برداری قرار گیرند که هیچ انتشار قابل رویتی از آنها حادث نشود. انتشارات قابل رویت نباید بیش از مدت ۵ دقیقه در هر دو ساعت متوالی صورت پذیرد.

تعیین اینکه یک فلر چه میزان انتشارات قابل رویت داشته است مطابق با روش ارائه شده در روش ۲۲ از روشهای مرجع سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (پیوست یک این راهنما) صورت می پذیرد. دوره مشاهده ۳۱ ساعت است.

۵-۶- شعله پیلوت فلر باید همواره روشن باشد. وجود شعله در پیلوت فلرهایی که دارای سیستم اتوماتیک ایجاد شعله نیستند باید با استفاده از یک ترموکوپل یا هر وسیله مناسب دیگر^۲ کنترل شود.

۵-۷- شرکتهایی که دارای فلر هستند یا باید مطابق الزامات بند ۵-۸ عمل نمایند و یا الزامات مرتبط با محتوای حرارتی^۳ و حداکثر سرعت در تیپ فلر آن مطابق بندهای ۵-۱۰، ۵-۱۱ و ۵-۱۲ باشد. این الزامات حداقل شرایط لازم برای وجود شعله پایدار در فلر است و تخریب بیش از ۹۹ درصد گازهای فلر را تضمین می کند.

۵-۸- در فلرهای نوع non-assisted لازم است قطر فلر بیش از ۳ اینچ بوده، جریان ارسالی به فلر حداقل ۸ درصد حجمی هیدروژن داشته و طوری طراحی و بهره برداری شود که سرعت جریان خروجی از آن کمتر از 37/2m/sec (122ft/sec) و کمتر از سرعت ماکزیمیم^۴ V_{max} نباشد. V_{max} را می توان از رابطه (۱) به دست آورد.

$$V_{max} = (X_{H_2} - K_1) K_2 \quad \text{رابطه ۱}$$

که:

$$V_{max} = \text{حداکثر سرعت مجاز بر حسب m/sec}$$

$$K_1 = \text{عدد ثابت ۰.۶، که واحد آن درصد حجمی هیدروژن است}$$

$$K_2 = \left(\frac{m}{sec} \right) \text{ درصد حجمی هیدروژن}$$

$$X_{H_2} = \text{درصد حجمی هیدروژن بر مبنای تر}$$

مثال: فرض کنید درصد حجمی هیدروژن در مخلوط گازی ارسالی شده به فلر ۱۱ درصد باشد آنگاه سرعت ماکزیمیم برای این فلر برابر خواهد بود با

$$V_{max} = (11.0 - 0.6) \times 3.9 = 19.5 \left(\frac{m}{s} \right)$$

1-Observation period

۲- این موارد علاوه بر ترموکوپل می تواند Ultraviolet beam sensors و infrared sensors باشد.

3-Heat Content



۹-۵- سرعت خروجی واقعی یک فلر با استفاده از تقسیم دبی حجمی (محاسبه شده در دما و فشار استاندارد) بر سطح مقطع آزاد^۱ (سطح باز که جریان گاز از آن خارج می شود) تیپ فلر محاسبه می شود. در پیوست ۲ این راهنما روشهای تعیین دبی حجمی مشخص شده است.

۵-۱۰- در صورتیکه فلر از نوع Steam-assisted یا Air-assisted باشد، ارزش حرارتی خالص گازی که در آن سوزانده می شود نباید کمتر از $1.1/2 \text{ MJ/scm}$ (300 Btu/scf) و در مورد فلرهای Non-assisted این مقدار نباید کمتر از $0.7/45 \text{ MJ/scm}$ (200 Btu/scf) باشد. ارزش حرارتی خالص یک مخلوط گازی با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می گردد:

$$H_T = K \sum_{i=1}^n C_i H_i \quad \text{رابطه ۲}$$

که:

H_T = ارزش حرارتی خالص نمونه گرفته شده از گازهای فلر بر حسب MJ/scm که در آن انتالپی خالص به ازای هر مول offgas بر پایه احتراق در دمای 25°C و فشار 760 میلیمتر جیوه بدست می آید لیکن حجم هر مول در دمای استاندارد یعنی 20°C تعیین می گردد.

$$K = \text{عدد ثابت} , \frac{1}{\text{ppm}} \frac{\text{g mol}}{\text{scm}} \frac{\text{MJ}}{\text{Kcal}} \times 10^{-7} \times 1.740 \text{ که دمای استاندارد برای } \frac{\text{g mol}}{\text{scm}} \text{ همان } 20^\circ\text{C} \text{ است.}$$

(حجم هر گرم مول گاز در دمای 20°C درجه سانتیگراد برابر 24 لیتر می باشد).

C_i = غلظت جزء i بر حسب ppm در مبنای تر، که برای مواد آلی مطابق با روش تست ۱۸ سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (قابل دسترس در آدرس <http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate/m-18.pdf>) و برای منوکسید کربن و هیدروژن مطابق با استاندارد ASTM D1946-77 یا ASTM D1946-90 تعیین می گردد.

H_i = گرمای احتراق خالص برای جزء i بر حسب kCal/g mol در دمای 25°C و فشار 760 میلیمتر جیوه. اگر مقادیر گرمای احتراق یک ماده مشخص نباشد، می توان با استفاده از استاندارد ASTM D2382-76 یا ASTM D2382-88 مقدار آنرا تعیین نمود. ارزش حرارتی برخی از گازهای رایج در صنعت پتروشیمی در پیوست ۴ آورده شده است.

۵-۱۱- فلرهای Steam-assisted و non-assisted باید طوری طراحی و مورد بهره برداری قرار گیرند که سرعت خروجی آنها (که مطابق با بند ۹-۵ محاسبه می شود) کمتر از $18/3 \text{ m/sec}$ (60 ft/sec) باشد مگر اینکه جزء موارد ذکر شده در بند ۵-۱۱-۱ و ۵-۱۱-۲ باشند.

۵-۱۱-۱- در فلرهای Steam-assisted و Non-assisted که سرعت خروجی آنها بیش از $18/3 \text{ m/sec}$ و کمتر از 122 m/sec است، باید ارزش حرارتی گاز محترقه بیشتر از $37/3 \text{ MJ/scm}$ باشد.

۵-۱۱-۲- فلرهای Steam-assisted و Non-assisted که سرعت جریان خروجی آنها (طبق بند ۵-۹) کمتر از سرعت ماکزیم V_{ma} - (طبق رابطه ۳) بوده و کمتر از 122 m/sec باشد، مجاز محسوب می شود.

$$\text{رابطه ۳} \quad \text{LOG } 10 (v_{\text{max}}) = (HT + 208.8) / 31.7$$

1-Unobstructed (free) cross sectional area of flare tip

که :

$$V_{\max} = \text{حداکثر سرعت مجاز بر حسب } m/sec$$

$$H_T = \text{ارزش حرارتی خالص طبق رابطه ۲}$$

۱۲-۵- فلرهای Air assisted باید طوری طراحی و بهره برداری شود که سرعت جریان خروجی آنها کمتر از سرعت ماکزیمم (طبق رابطه ۴) باشد.

$$V_{\max} = 8.760 + 0.7084 H_T \quad \text{رابطه ۴}$$

که :

$$V_{\max} = \text{حداکثر سرعت مجاز بر حسب } m/sec$$

$$H_T = \text{ارزش حرارتی خالص گاز فلر طبق رابطه ۲ محاسبه می گردد.}$$

۱۳-۵- گازهای هالوژنه نباید به فلر ارسال شوند.

۱۴-۵- جهت پاسخگویی به الزامات بندهای ۵-۸ تا ۵-۱۲ و نیز تخمین میزان گازهای ونت، کلیه فلرها باید مطابق بندهای ۵-۱۴ تا ۵-۱۴-۴ پایش شوند:

۵-۱۴-۱- پایش لحظه ای دبی جریان گازهای ونت: در پیوست ۲ این راهنما فهرستی از تجهیزات مورد تایید EPA به همراه مشخصات کلی آنها ارائه شده است.

۵-۱۴-۲- پایش لحظه ای ارزش حرارتی گازهای ارسالی به فلر

۵-۱۴-۳- پایش ترکیب گازهای ونت از طریق الف- نمونه گیری دستی با استفاده از یک نمونه گیر خود کار یا از طریق ب- استفاده از آنالایزر لحظه ای (پیوسته). این پایش در صورتیکه به صورت لحظه ای نباشد باید حداقل روزی یکبار برای زمانهایی که فلر در حال بهره برداری است و شرایط ذکر شده در پیوست ۲ این راهنما را داراست انجام شود. این نمونه باید حداکثر ۳۰ دقیقه بعد از شروع عملیات فلرینگ و برای واحدهای گوگرد به دلیل نیاز به تدارک شرایط ایمنی ویژه، حداکثر یکساعت بعد از شروع فلرینگ مطابق پیوست ۲ این راهنما انجام شود. نمونه گیری دستی برای فلرهایی است که جریان پیوسته فلر به آنها وجود ندارد و به ندرت مورد استفاده قرار می گیرند.

۵-۱۴-۴- پایش پیوسته شعله و عملکرد فلر توسط دوربین ویدئویی برای فلرهایی که حجم زیادی از گازهای ونت (بیش از ۳۰۰۰۰ متر مکعب استاندارد گاز ونت در مدت ۲۴ ساعت) به آنها ارسال می شود.

۵-۱۵- هر شرکت موظف است موارد زیر را به صورت ماهانه به اداره محیط زیست منطقه ویژه خود یا در صورتی که در منطقه ویژه قرار نگرفته است به شرکت ملی صنایع پتروشیمی گزارش نمایند.

۵-۱۵-۱- جریان حجمی گازهای ونت و ارزش حرارتی آن برای هر ساعت از ماه

۵-۱۵-۲- مقادیر هیدروژن، متان، کل هیدروکربنها و میزان گوگرد برای هر نمونه از گاز ونت و اگر از آنالایزر پیوسته (لحظه ای) استفاده می شود برای هر ساعت از ماه.



۵-۱۵-۳- نوع و مقدار گاز پیلوت و پرج برای هر روز از ماه. در صورتی که از آب به جای گاز پرج برای آب بندی استفاده می شود و مقدار گاز پیلوت هم ثابت (و معمولاً برابر مقادیر طراحی) است فقط ذکر یک پارامتر که همان میزان گاز پیلوت است کافی می باشد.

۵-۱۵-۴- در صورتی که دبی سنج، وزن مولکولی را نیز اندازه گیری می کند (مثل دبی سنجهای اولتراسونیک) میانگین وزن مولکولی گاز ونت برای هر ساعت از ماه

۸۵ ۵-۱۵-۵- هر گاه میزان فلرینگ در طی ۲۴ ساعت بیش از سی هزارمتر مکعب استاندارد شود باید توضیحاتی شامل زمان، مدت زمان، دلیل، منبع گاز ونت و هر اقدام صورت گرفته به منظور حذف و کاهش فلرینگ ارائه گردد.

۵-۱۵-۶- آرشیو تصاویر ویدئویی

۵-۱۶- هر شرکت باید میزان انتشار سالانه آلاینده های هوا را از فلرهای خود شامل منوکسید کربن، دی اکسید گوگرد، دی اکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، کل هیدروکربنهای نسوخته و متان، با استفاده از نرم افزار EPARS یا با استفاده از روش ارائه شده در پیوست ۳ این راهنما محاسبه و این مقادیر را به همراه جرم گازهای ارسال شده به فلر در طی سال، از طریق نرم افزار EPARS یا مطابق با فرمت ارائه شده در پیوست ۵ به شرکت ملی صنایع پتروشیمی گزارش نماید.

۵-۱۷- فلرها یکی از منابع مهم تولید گازهای گلخانه ای خصوصاً CO₂ می باشند، بنابراین طرحهای کاهش و بازیابی گازهای فلر پتانسیل تعریف به عنوان یک پروژه کاهش انتشار گازهای گلخانه ای (CDM یا NAMA) و ثبت بین المللی را دارا می باشد لذا لازم است هر شرکت مطابق با راهنمای پایش و مدیریت گازهای گلخانه ای به شماره HSE-471 اقدامات لازم را انجام دهد.

۶- ضمانت اجرایی

۶-۱- لازم است کلیه فعالیت های مرتبط با الزامات این راهنما با هماهنگی بخش محیط زیست و تأیید امور HSE صورت پذیرد.

۶-۲- همانند سایر بخش های HSE-MS روند اجرایی این راهنما نیز توسط ممیزین NPC مورد ممیزی قرار خواهد گرفت و نتایج مربوطه به مدیریت عامل هر شرکت اعلام خواهد شد.

پیوست ۱

تعیین بصری انتشار دود از فلرها

۱- مقدمه

این روش شامل تعیین بصری انتشار قابل رویت دود از فلرهاست که برای احتراق مواد و دورریز فرآیندی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این روش، مدت زمانی را که انتشارات قابل رویت در طی دوره مشاهده اتفاق می‌افتد (یعنی زمان انتشار تجمعی)^۱ تعیین می‌کند. در این روش نیازی به تعیین میزان تاری^۲ و سطح کدورت نبوده و تنها تعیین وقوع انتشار قابل رویت مورد نظر است. اما در هر حال نیاز است که مشاهده گر در خصوص دستورالعمل‌های عمومی تعیین وجود انتشار قابل رویت آموزش دیده باشد. مشاهده گر باید حداقل آموزش و دانش کافی را در خصوص تأثیرات تقابل نور پس زمینه^۳، روشنایی هوای محیط^۴، موقعیت مشاهده گر نسبت به نور، باد و حضور آب ترکیبی^۵ (بخارات آب میعان یافته)^۶ داشته باشد. این آموزشها از طریق مقاله‌های ذکر شده در شماره‌های ۱ و ۲ از بخش مرجع شناسی این پیوست قابل دسترسی است.

۲- قابلیت کاربرد و اصول

۱-۲- قابلیت کاربرد: این روش برای تعیین تناوب انتشارات قابل رویت دود از فلرها کاربرد دارد.

۲-۲- اصول: انتشارات دود از فلرها به صورت بصری توسط مشاهده گر و بدون استفاده از هیچ ابزاری صورت می‌پذیرد.

۳- تعاریف

۱-۳- تناوب انتشار: درصد زمانهایی که انتشار قابل رویت است نسبت به کل زمان دوره مشاهده

۲-۳- زمان انتشار: در طی دوره مشاهده، به مقدار تجمعی (یا مجموع) زمانهایی که انتشارات قابل رویت رخ می‌دهد، اطلاق می‌شود.

۳-۳- انتشار دود: آلودگی تولید شده از احتراق در فلر و آنچه که بلافاصله در پایین دست فلر اتفاق می‌افتد. لازم به ذکر است دودی که در داخل شعله ایجاد می‌شود نه در پایین دست آن، انتشار دود در نظر گرفته نمی‌شود.

۴-۳- دوره مشاهده: مجموع زمانهایی که در طی آن عمل مشاهده انجام می‌شود و این زمان نباید کمتر از دوره تعریف شده در قوانین قابل کاربرد باشد (در خصوص فلرها دوره مشاهده، مطابق بند ۵-۵ راهنمای پایش و الزامات زیست محیطی فلرها، ۲ ساعت است).

1- accumulated emission time

2- opacity

3- background contrast

4- ambient lighting

5 - uncombined water

6 - condensing water vapor



**۴- تجهیزات**

۴-۱- کرونومتر: به دو عدد کرونومتر از نوع تجمعی (بتواند بازه های زمانی را به هم اضافه کند) حداقل با دقت ۰/۵ ثانیه نیاز است.

۵- دستورالعمل

۵-۱- مکان: تاثیر ساختمانها و تجهیزات را (بر مسیر دید و منبع انتشار) بررسی کنید. جایی انتخاب شود که نور خورشید مستقیماً به چشم مشاهده گر نتابد.

۵-۲- مواردی که لازم است ثبت شود: اطلاعات زیر لازم است در جدول اطلاعات (جدول ۱) ثبت گردد. نام شرکت، فرآیند، نام مشاهده گر، نام محل کار مشاهده گر و تاریخ. همچنین سرعت تخمینی باد، جهت باد و شرایط آسمان باید ثبت گردد. کروکی واحد فرآیندی که مورد مشاهده قرار می گیرد مشخص شده و مکان مشاهده گر نسبت به منبع و خورشید یادداشت شود. سایر نقاط نشر موجود و نقاطی که امکان نشر از آنها وجود دارد روی نقشه مشخص گردد.

۵-۳- مشاهده: زمانی که مشاهده آغاز می شود زمان را یادداشت کنید. از یک کرونومتر جهت اندازه گیری مدت دوره مشاهده استفاده کنید. این کرونومتر را زمانی که دوره مشاهده آغاز می شود به کار ببندید. اگر دوره مشاهده به دلیل از کار افتادن فرآیند یا استراحت مشاهده گر به دو یا سه بخش تقسیم شده است، وقتی که یک بخش تمام شد کرونومتر را خاموش و سپس با آغاز بخش دوم دوباره آنرا روشن کنید. کرونومتر در پایان دوره مشاهده خاموش می شود. زمان تجمعی که توسط این کرونومتر نشان داده می شود همان مدت زمان دوره مشاهده است. وقتی که دوره مشاهده کامل شد، زمانی را که کرونومتر نشان می دهد یادداشت کنید.

در طی دوره مشاهده به طور پیوسته به منبع انتشار نگاه کنید. به محض آنکه انتشاری را مشاهده کردید، کرونومتر تجمعی دوم را به کار ببندید. دقت کنید که بخار میعان یافته آب انتشار محسوب نمی شود. هرگاه که انتشار متوقف شد کرونومتر را از کار ببندید. این عمل را در تمام مدت دوره پایش ادامه دهید. در پایان زمانی را که این کرونومتر نشان می دهد مجموع زمانهایی است که انتشار قابل رویت در دوره مشاهده وجود داشته است و آنرا زمان انتشار می نامیم.

۵-۳-۱- دوره مشاهده: دوره مشاهده را به اندازه ای انتخاب کنید که زمان کافی برای اینکه بتوانید تعیین کنید تطابق با قوانین وجود دارد یا نه داشته باشید. طبق بند ۵-۵ راهنمای پایش و الزامات زیست محیطی فلرها این مدت برای فلرها ۲ ساعت است.

۵-۳-۲- زمان استراحت مشاهده گر: بیش از ۱۵ تا ۲۰ دقیقه به صورت پیوسته به منبع انتشار نگاه نکنید (مشاهده پیوسته نباید بیش از ۱۵ تا ۲۰ دقیقه باشد) بعد از آن باید مدتی را استراحت کنید. برای منابع نشری که نیاز به مشاهده بیش از ۲۰ دقیقه دارند (مثل موضوع این راهنما) مدت استراحت مشاهده گر نباید کمتر از ۵ دقیقه و بیشتر از ۱۰ دقیقه بعد از هر ۱۵ تا ۲۰ دقیقه مشاهده باشد. در صورتیکه نیاز به مشاهده پیوسته برای دوره های زمانی بیش از این (بیش از ۲۰ دقیقه) باشد، دو مشاهده گر می توانند به نوبت مشاهده و استراحت کنند.

۵-۳-۳- مزاحمتهای بصری: گاهی اوقات ممکن است انتشارات سایر منابع نشر مثل گرد و خاکی که از جاده ها بلند می شود مانع داشتن تصویری واضح از منبع نشر مورد نظر شود. این موضوع مخصوصاً زمانی که باد زیاد است مسئله ساز می شود. اگر تاثیر انتشارات چنین منابعی در حدی است که اعتبار مشاهده مورد تردید قرار می گیرد، مشاهده گر به مشاهده خود پایان داده و این مسئله را به وضوح در فرم داده های خود ثبت می کند.

۴-۵- ثبت مشاهدات: زمان تجمعی دوره مشاهده را در صفحه داده های خود به عنوان مدت دوره پایش ثبت کنید. زمان تجمعی انتشارات مشاهده شده را نیز تحت عنوان زمان انتشار ثبت کنید. زمان شروع و پایان دوره مشاهده و نیز زمان شروع و پایان استراحتها را ثبت کنید.

۶- محاسبات

لازم است نرخ انتشارات به صورت تناوب انتشار (برحسب درصد) بیان گردد. این مقدار را به روش زیر تعیین کنید: زمان تجمعی انتشار را (برحسب ثانیه) به مدت زمان دوره مشاهده (برحسب ثانیه) تقسیم کنید و این عدد را درصد ضرب کنید.

۷- مرجع شناسی

7-1- . Missan, Robert and Arnold Stein. Guidelines for Evaluation of Visible Emissions Certification, Field Procedures, Legal Aspects, and Background Material. EPA Publication No. EPA-340/1-75-007. April 1975

7-2- . Wohlschlegel, P. and D. E. Wagoner. Guidelines for Development of a Quality Assurance Program: Volume IX – Visual Determination of Opacity Emissions From Stationary Sources. EPA Publication No. EPA-650/4-74-005-i. November 1975.



جدول ۱- فرم گزارش مشاهده انتشار دود از فلر

بازرسی بصری انتشار دود از فلرها			
مشاهده گر: شرکت محل کار: تاریخ:		شرکت: مکان:	
جهت باد: سرعت باد:		شرایط آسمان: وضعیت بارش:	
<p>شمایی از واحد فرآیندی که بیانگر موقعیت مشاهده گر نسبت به منبع انتشار باشد. سایر منابع نشر موجود و همچنین سایر مواردی که احتمال نشر از آنها وجود دارد مشخص گردد.</p> <div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>			
مشاهدات	زمانی که ساعت نشان می دهد	مدت زمان دوره مشاهده min: sec	زمان تجمعی انتشار Min: sec
شروع مشاهده			
پایان مشاهده			

پیوست ۲

روشها و تجهیزات پیشنهادی جهت پایش

۱- پایش فلوی جریان: مطابق با بند ۵-۱۴-۱ راهنمای پایش و الزامات زیست محیطی فلر، لازم است دبی گازهای ونت به صورت پیوسته پایش شود. دستگاهی که جهت پایش لحظه ای دبی جریان گاز ونت نصب می شود باید:

۱-۱- قابلیت تعیین حداقل 0.03 m/s (0.1 ft/s) جریان گاز را داشته باشد

۱-۲- به صورت پیوسته دامنه ای از تغییرات سرعت بین 0.15 تا 85 m/s (0.5 تا 275 فوت بر ثانیه) را پوشش دهد.

۱-۳- روی هدر فلر و در مکانی نصب شود که دستگاه، همه جریان را اندازه گیری کند.

۱-۴- دقت تعریف شده توسط سازنده دستگاه $\pm 5\%$ روی دامنه 0.3 تا 85 m/s باشد.

جدول ۱- مشخصات تجهیزات مورد نیاز سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا

محدودیتها	دقت	افت فشار شبکه	لوله مستقیم مورد نیاز	شدت جریان قابل به کارگیری	قطر لوله قابل به کار گیری	مواد، گازها، مایع، هر دو	نوع اندازه گیری	نوع فلومتر
Eliminate swirl and pulsations	± 0.75% flow rate w/o calibration	10 to 20% of ΔP depending on β	6 to 20 D up to 2 to 40D down	Limited to ~4:1 flow range	5 to 120 cm (2 to 48 in.)	Both	Volumetric	Venturi Tube
Eliminate swirl and pulsations	± 1.0% flow rate w/o calibration	30 to 85% of ΔP depending on β	6 to 20 D up 2 to 4 D down	Limited to ~4:1 flow range	7.6 to 60 cm (3 to 24 in.)	Both	Volumetric	Flow nozzle
Eliminate swirl and pulsations	± 0.6% flow rate w/o calibration	Slightly more than flow nozzle	6 to 20 D up 2 to 4 D down	Limited to ~4:1 flow range	1.3 to 180 cm (1/2 to 72 in.)	Both	Volumetric	Orifice plate
Conductive liquid, not for gas	± 1% flow rate	None	None	0.0008 to 9,500 L/min (0.002 to 2,500 gal/min)	0.25 to 250 cm (0.1 to 96 in.)	Liquid (not petroleum)	Velocity	Magnetic
Household water meter, low maximum flow rate	± 0.5% flow rate	None	None	7.5 to 600 L/min (2 to 160 gal/min)	1.3 to 5 cm (1/2 to 2 in.)	Liquid	Volumetric	Nutating disk



جدول ۱- مشخصات تجهیزات مورد تایید سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (ادامه)

محدودیتها	دقت	افت فشار شبکه	اوله مستقیم مورد نیاز	شدت جریان قابل به کارگیری	قطر اوله قابل به کار گیری	مایع، گاز یا هر دو	نوع اندازه گیری	نوع فلو متر
Household water meter, low maximum flow rate	$\pm 0.5\%$ flow rate		None	2.8 to 600 L/min (0.75 to 160 gal/min) Maximum of 4.3 to 480	1.3 to 5 cm (1/2 to 2 in.)	Liquid	Volumetric	Oscillating piston
Used for commercial and domestic gas service			None	Maximum of 4.3 top 480 m ³ /hr (150 to 17,000 ft ³ /hr)		Gas	Volumetric	Bellows gas
Best used at high flow rates	$\pm 0.2\%$ flow rate	Low	None	30 to 68,000 L/min (8 to 18,000 gal/min)	3.8 to 60 cm (1-1/2 to 24 in.)	Both	Volumetric	Lobed impeller
	$\pm 0.1\%$ to 0.2% flow rate		None		Up to 40 cm (Up to 16 in.)	Liquid	Volumetric	Slide-vane rotary

جدول ۱ - مشخصات تجهیزات مورد تایید سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (ادامه)

محدودیتها	دقت	افت فشار شبکه	لوله مستقیم مورد نیاز	شدت جریان قابل به کارگیری	قطر لوله قابل به کار گیری	مایع، گاز یا هر دو	نوع اندازه گیری	نوع فلو متر
High viscous liquids only	± 0.1% to 0.2% flow rate	Low	None	19 to 15000 L/min (5 to 4,000 gal/min)	Up to 10 cm (Up to 4 in.)	Liquid	Volumetric	Retracting-vane rotary
Straightening vanes. Do not exceed maximum flow	± 0.1% to 0.2% flow rate	34 to 41 kPa @ 6.1 m/sec. (5 to 6 psi @ 20 ft/sec) water flow	None	190,000 L/min (50,000 gal/min) 65 scfm (230,000 scfm)	3.8 to 25 cm (1-1/2 to 10 in.)	Liquid	Volumetric	Helical Gear
Straightening-vanes	± 1% flow rate (liquid) ± 2% flow rate (gas)	34 to 41 kPa @ 6.1 m/sec (5 to 6 psi @ 20 ft/sec) water flow	10 to 20D up 5 D down	0.30 to 6.1 m/sec (1 to 30 ft/sec) 11 to 19,000 L/min (3 to 5,000 gal/min)	2.5 to 30 cm (1 to 12 in.)	Both	Velocity	Vortex Shedding



جدول ۱- مشخصات تجهیزات مورد تایید سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (ادامه)

محدودیتها	دقت	افت فشار شبکه	لوله مستقیم مورد نیاز	شدت جریان قابل به کارگیری	قطر لوله قابل به کار گیری	مایع، گاز یا هر دو	نوع اندازه گیری	نوع فلومتر
Critically positioned probes Highly fluid composition dependent	± 2% flow rate	Very low	8 to 10 D up 3 D down	Definitive max. + min. flow rate	> 5 cm (> 2 in.)	Gas	Velocity (mass)	Thermo-ane-mometer
Pressure drop across flow meter cannot exceed max. system pressure drop	± 0.2% to 0.4% flow rate	High	None	Definitive max. + min. flow rate	0.16 to 15 cm (1/16 to 6 in.)	Both limited gas	Mass flow	Coriolis mass
Must be mounted vertically	± 1 to 2% full scale	Low	None	Up to 750 L/min (200 gal/min for liquid); unlimited for gas	1.3 to 10 cm (1/2 to 4 in.)	Both	Velocity	Rotameter

جدول ۱- مشخصات تجهیزات مورد تایید سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (ادامه)

محدودیتها	دقت	افت فشار شبکه	اوله مستقیم مورد نیاز	شدت جریان قابل به کارگیری	قطر لوله قابل به کار گیری	مایع، گاز یا هر دو	نوع اندازه گیری	نوع فلو متر
Straightening vanes	±2% flow rate	5% more than shredder	10 to 20 D up 5 D down	0.30 to 6.1 m/sec (1 to 20 ft/sec)	2.5 to 20 cm (1 to 8 in.)	Gas	Velocity	Vortex Pre-cession
Carefully determine minimum flow rate	± 1.25 to 2% flow rate	34 to 41 kPa @6.1 m/sec. 5 to 6 psi @ 20 ft/s water flow	6 D up 2 D down	Up to 6.1 m/sec (20 ft/sec)	2.5 to 10 cm (1 to 4 in.)	Liquid	Velocity	Fluidic oscillating
Need clean fluid	±0.5% to 10% full scale	None	10 to 30 D up 5 to 10 D down	Minimum 0.03 m/sec (0.1 ft/sec)	> 0.32 cm (1/8 in.)	Both	Velocity	TOF ultrasonic
Fluid must have sufficient particles or bubbles	As low as 1% flow rate	None	Yes	Minimum 0.15 m/s (0.5 ft/sec); 0.38 L/min (0.1 gal/min)	> 0.32 cm (1/8 in.)	Liquid	Velocity	Doppler Ultrasonic



۲- ترکیب گازهای ونت:

ترکیب گازهای فلر مطابق با راهنمای پایش و الزامات زیست محیطی فلر می تواند در آزمایشگاه یا توسط دستگاه آنالیز پیوسته پایش شود. نمونه باید از جایی گرفته شود که بیانگر ترکیب کل گاز ونت شده به فلر باشد. در صورتیکه چند فلر از یک هدر مشترک استفاده می کند نمونه ای که از این هدر گرفته می شود برای همه فلرها کافیست. در حالتی که ترکیب گاز در آزمایشگاه تعیین می شود نمونه می تواند به صورت دستی یا توسط نمونه گیر خودکار گرفته شود. معایب و مزایای هر یک از این روشها در ادامه بررسی شده است.

۲-۱- نمونه گیری

از آنجا که تکنولوژیهای متفاوتی جهت نمونه گیری وجود داشته و به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرد، انتخاب روش مناسب به عهده هر شرکت است. امکان انتخاب نمونه گیری دستی و خودکار وجود دارد. نمونه گیری دستی از لحاظ اقتصادی به صرفه تر است زیرا تجهیزات نمونه گیری نیازی به تاسیسات پیچیده Sample Conditioning مثل آنچه برای دستگاههای آنالیز پیوسته نیاز است ندارند. اما آماده سازی نمونه در آزمایشگاه می تواند کاری سخت و زمانبر باشد و در صورتیکه فواصل نمونه گیری کوتاه باشد، این روش می تواند مثل روش دیگر پرهزینه باشد. در نمونه گیری دستی، دقت بیشتری باید اعمال گردد تا از ایمنی پرسنلی که در نمونه گیری دخیل هستند اطمینان حاصل شود. این مسئله خصوصاً وقتی که شدت جریان گاز ونت زیاد است به دلیل دمای بالایی که خواهد داشت بسیار حائز اهمیت است. اما در هر حال در صورتیکه فلر به ندرت مورد بهره برداری قرار می گیرد انتخاب نمونه گیری دستی معقولانه است.

روش پیشنهادی و مورد تایید نمونه گیری یکپارچه است که در آن از تجهیزات نمونه گیری خودکار استفاده می شود. نمونه یکپارچه، ترکیبی از نمونه هایی است که در طی زمان از جریان گاز گرفته شده است. به طور مثال، نمونه گیر خودکار در طی یک زمان مشخص ۱۰ نمونه ۱۰۰ میلی لیتری از جریان گاز تهیه می کند. این ۱۰ نمونه تشکیل یک نمونه یک لیتری را می دهند که نمونه یکپارچه نامیده می شود. از آنجا که نمونه ها در طی زمان گرفته شده اند نمونه یکپارچه منعکس کننده تغییراتی است که در ترکیب گازها در کل دوره ایجاد شده است.

• اگر شدت جریان در ۱۵ دقیقه متوالی بیش از $10 \text{ m}^3/\text{min}$ ($330 \text{ ft}^3/\text{min}$) باشد لازم است فرآیند نمونه گیری آغاز شود. این مقدار معادل ونت 600 m^3 (20000 ft^3) گاز در طی یک ساعت به فلر است. این مسئله بدان دلیل است که دقت فلومتر در محاسبه حجم گازهای ونت زمانی قابل قبول است که سرعت گاز در حدود 0.15 m/s (0.5 ft/s) باشد. سرعت جریان برای یک شدت جریان حجمی مشخص به اندازه هدر فلر بستگی دارد. جدول زیر شدت جریان حجمی مورد نیاز برای ایجاد سرعت جریان 0.15 m/s تا 0.3 m/s برای اندازه های مختلف هدر فلر نشان می دهد.





دبی حجمی برای هر سرعت جریان (m ³ /hr)				
قطر هدر فلر بر حسب اینچ و سانتیمتر				سرعت جریان (m.s)
۱۲۲ cm یا ۴۸"	۱۰۶/۶ cm یا ۴۲"	۷۶ cm یا ۳۰"	۷۰ cm یا ۲۴"	
۱۲۸۱	۹۸۱	۵۰۰	۳۲۰	۰/۳
۶۴۰	۴۹۰	۲۵۰	۱۶۰	۰/۱۵

جدول فوق مشخص می کند که به ازای چه حجمی، سرعت مورد نظر برای ارائه داده های قابل اعتماد توسط فلومتر وجود دارد. با توجه به آنکه هدر فلر موجود در اکثر فرآیندهای پتروشیمی بزرگ بوده (بیشتر از "۴۲") دبی حجمی بیشتر از $600 \text{ m}^3/\text{hr}$ برای تامین سرعت مورد نیاز فلومتر لازم است. این مسئله از یک طرف به دلیل عدم دقت لازم فلومتر در اندازه گیری سرعتهای کمتر و از طرف دیگر به این دلیل است که در هدرهای بزرگ، اثراتی مثل گرمایش جزئی توسط خورشید، مکش کمپرسور و سیرکوله شدن گاز منجر به ایجاد خطا در شدت جریانهای کم می شود. در چنین حالتی، در حالی که فلرینگی وجود ندارد گاز از داخل سنسور عبور می کند و فلومتر جریان نادرستی را نشان می دهد. همینطور می توان به راحتی سیستم *data logger* مورد استفاده برای ثبت داده های دبی جریان را طوری برنامه ریزی کرد که داده ها را در هر دقیقه با هم مقایسه کرده و ۱۵ دقیقه متوالی که مقدار جریان از حد مورد نظر بالاتر رفته است را شناسایی کرده و نیاز به نمونه گیری را اعلام کند.

۲-۲- پایش پیوسته

روش دیگری که برای تعیین ترکیب گاز وجود دارد، استفاده از آنالایزر آنالاین و پایش پیوسته ترکیب گاز است. روش ها و تکنولوژی های مختلفی برای تعیین ترکیب یک گاز وجود دارد که *flame ionization detectors*، *non dispersive infrared (NDIR)* و *gas chromatography* از جمله این روشهاست. در پایش لحظه ای ترکیب گاز فلر، نیاز به طراحی و نصب سیستم آماده سازی نمونه است که هزینه بر خواهد بود از طرفی وجود آب، ذرات معلق، ذرات فلزی و... پیچیدگیهایی در استفاده از این روشها برای پایش لحظه ای ترکیب گازهای فلر ایجاد می کند.

پیوست ۳

روش تخمین جرم آلاینده های منتشر شده از فلرها

در این بخش راهنماییهای لازم در خصوص شناسایی، کمی سازی و گزارش صحیح انتشارات فلرهای مرتفع ارائه شده است.

۱- انتشارات فلر

انتشارات فلر حداقل شامل موارد زیر است: اکسیدهای نیتروژن (NOx)، منوکسید کربن (CO)، و ترکیبات نسوخته گازهای فلر. علاوه بر این موارد در صورتیکه گازهای فلر حاوی ترکیبات گوگردی نیز باشند انتشار سولفید هیدروژن (H₂S) و دی اکسید گوگرد (SO₂) نیز خواهیم داشت.

۱-۱- محصولات احتراق: محصولات احتراق شامل CO، NOx و SO₂ است. گرمای حاصل از احتراق گازهای فلر و پیلوت بر نرخ انتشار NOx و CO تاثیر می گذارد. میزان گوگرد موجود در گازهای فلر و پیلوت تعیین کننده میزان انتشارات SO₂ است.

۲-۱- انتشار گازهای نسوخته فلر: راندمان تخریب فلر تعیین کننده بخشی از گازهای فلر است که نسوخته باقی می ماندند. گازهای نسوخته فلر معمولاً ترکیبات آلی فرار هستند اما ممکن است حاوی CO، H₂S، آمونیاک و سایر ترکیبات آلی و غیر آلی موجود در گازهای فلر نیز باشند. در محاسبات مربوط به تخمین گازهای نسوخته فلر، در صورتیکه فلر الزامات بند ۵-۷ تا ۵-۱۲ راهنمای پایش و الزامات زیست محیطی فلر را رعایت کرده باشد راندمان آن ۹۸٪ و در غیر این صورت راندمان آن ۹۳٪ فرض می شود.

۲- تعیین میزان انتشارات

برای تعیین انتشارات فلر لازم است شدت جریان گاز فلر شده و ترکیب آن مشخص باشد. طبق راهنمای پایش و الزامات زیست محیطی فلرها، صنایع پتروشیمی ملزم به پایش لحظه ای دبی جریان و پایش لحظه ای یا مقطعی ترکیب گاز هستند اما در صورتی که اطلاعات مربوط به تجهیزات و پایشهای فوق به هر دلیلی موجود نباشد می توان از تخمینهای مهندسی یا روشهای دیگر استفاده نمود. در ادامه روشهای قابل قبول در تعیین دبی و ترکیب گازهای فلر جهت محاسبه مقادیر انتشار آورده شده است.

۲-۱- شدت جریان گازهای فلر و ترکیبات آنها

برای به دست آوردن دقیق ترین میزان انتشارات، لازم است محاسبات با استفاده از شدت جریان و ترکیب واقعی گازهای ارسال شده به فلر انجام شود. روشهای عمومی برای به دست آوردن این اطلاعات به ترتیب ارجحیت به شرح زیر است:

- پایش پیوسته با ابزار قابل اطمینان و تایید شده
- پایش پیوسته با ابزاری که ممکن است همه تستهای ارزیابی کیفیت را اخذ نکرده باشد.
- پایش دوره ای با ابزار و روشهای تحلیلی - آزمایشگاهی
- محاسبات مهندسی بر پایه ارزیابی جزئیات فرآیندی
- یکبار آزمون عملکرد در طی سال



در صورت عدم وجود داده های پایش، انتخاب دقیقترین روش نیاز به قضاوت‌های مهندسی دارد. به طور مثال وقتی از نتایج یک آزمون عملکرد استفاده می شود، لازم است شرایط آزمون با شرایط عملیات واقعی فلر در طی سال مقایسه شود تا تعیین گردد که آیا دقت این آزمون بیانگر عملکرد فلر هست یا خیر. در صورتیکه شرایط به گونه ای باشد که وضعیت واقعی عملکرد فلر را نتوان به دقت مدل کرد، در این صورت محاسبات مهندسی که بر پایه جزئیات فرایند انجام می شود داده های بهتری را نسبت به آزمون عملکرد فراهم خواهد نمود.

۲-۲- محاسبه میزان انتشارات

برای محاسبه میزان انتشار آلاینده ها از فلر، در ابتدا باید ارزش حرارتی خالص گازهای فلر محاسبه شود. برای محاسبه میزان انتشار در طول سال، باید حتی الامکان از داده های مربوط به شدت جریان و ترکیب گازهای فلر در دوره های کوتاه مدت استفاده شود و ارزش حرارتی خالص گازهای فلر و کل گرمای تولید شده این گازها در هر یک از این دوره های کوتاه مدت محاسبه گردد. از آنجا که ارزش حرارتی خالص محاسبه شده، تعیین کننده ضریب نشر مناسب برای انتشار CO، NOx طبق جدول ۱ این پیوست است باید در انتخاب این ضرایب دقت لازم اعمال گردد. محاسبه این مقادیر در ادامه تشریح شده است:

۲-۲-۱- محاسبه ارزش حرارتی گازهای ارسال شده به فلر در هر دوره زمانی: اگر m_1, m_2, \dots, m_i کیلومولهای گازهای ارسال شده به یک فلر در یک دوره زمانی باشند و HV_i ارزش حرارتی مربوط به هر یک بر حسب $J/kmol$ باشد آنگاه HV_{mix} (ارزش حرارتی یک مول از مخلوط گازها) و HV_T (ارزش حرارتی کل مخلوط گازها در دوره مورد نظر بر حسب J) به طریق زیر محاسبه می شود:

$$HV_{mix} = \sum \left(\frac{m_i}{m_1 + m_2 + \dots + m_i} \right) \times HV_i$$

$$HV_i = HV_{mix} \times m_i$$

$$m_i = m_1 + m_2 + \dots + m_i$$

که

به طور مثال اگر در یک زمان مشخص مخلوطی از دو گاز به فلر ارسال شده باشد HV_{mix} برابر است با:

$$HV_{mix} = \left(\frac{m_1}{m_1 + m_2} \right) \times HV_1 + \left(\frac{m_2}{m_1 + m_2} \right) \times HV_2$$

۲-۲-۲- محاسبه جرم آلاینده های منتشره: با مقایسه میزان ارزش حرارتی مخلوط گازی با مقدار $J/kmol$ $\alpha = 1.0 \times 964$ و با استفاده از ضرایب نشر زیر مقدار آلاینده های CO و NOx محاسبه خواهد شد.

EFNO _x (kg/j)				EFCO (kg/j)			
no Steam Assisted		Steam Assisted		no Steam Assisted		Steam Assisted	
HV _{mix} <α	α>HV _{mix}	HV _{mix} <α	α>HV _{mix}	HV _{mix} <α	α>HV _{mix}	HV _{mix} <α	α>HV _{mix}
2.3651E-10	1.18556E-10	1.4911E-10	1.50745E-10	2.75843E-11	5.93858E-11	2.92626E-11	2.08711E-11

بر حسب نوع فلر و مقدار HV_{mix} یکی از ضرایب فوق به عنوان EFCO یا EFNO_x به ترتیب برای محاسبه مقدار CO یا NO_x در فرمول های زیر قرار می گیرد:

$$CO(kg) = HV_T \times EFCO$$

$$NO_x(kg) = HV_T \times EFNO_x$$

۲-۳- محاسبه میزان نشر CO₂: تعداد کیلومولهای هر گاز در تعداد اتمهای کربن هر گاز (مقادیر برخی گازهای موجود در صنعت پتروشیمی در پیوست ۴ موجود است) و عدد ۴۴ ضرب می شود:

$$CO_2(kg) = \sum (m_i \times CN_i) \times 44 \quad \text{در این رابطه:}$$

m_i = تعداد مول های گاز ارسالی به فلر بر حسب هزارمول

CN_i = تعداد اتم های کربن جزء گاز ارسالی به فلر

۲-۴- محاسبه میزان SO₂: در صورتی که گاز H₂S به فلر ارسال شود، آنگاه آلاینده SO₂ نیز خواهیم داشت که مقدار آن با توجه به کیلومولهای گاز H₂S فلر شده طبق فرمول زیر محاسبه می گردد:

$$SO_2(kg) = m_{H_2S} \times 64$$

که

m_{H_2S} = تعداد مول های گاز H₂S در سال به فلر بر حسب هزار مول

۲-۵- محاسبه کل هیدروکربن منتشره (THC): برای محاسبه این مقدار یا از راندمان تخریب فلر (ضرب راندمان در جرم گازهای ارسال شده به فلر) استفاده نمایید یا مطابق با رابطه زیر مقادیر لازم را محاسبه نمایید:

$$THC(kg) = HV_T \times 6.635 \times 10^{-11}$$

که:

HV_T = ارزش حرارتی کل گاز ارسالی به فلر مطابق بند ۲-۱-۱ بر حسب J

۲-۶- محاسبه گاز CH₄:

$$CH_4(kg) = THC(kg) \times 0.584$$



پیوست ۴

ارزش حرارتی و مشخصات برخی گازهای رایج در صنعت پتروشیمی

ارزش حرارتی (J/Kmol) (HV)	تعداد کربنها در یک مولکول (CN)	جرم مولکولی (MW)	گاز	ردیف
0.8026×10^9	۱	۱۶/۰۴۳	متان	۱
$1/4286 \times 10^9$	۲	۳۰/۰۷۰	اتان	۲
$2/0431 \times 10^9$	۳	۴۴/۰۹۷	پروپان	۳
$2/6573 \times 10^9$	۴	۵۸/۱۲۳	نرمال بوتان	۴
$2/6490 \times 10^9$	۴	۵۸/۱۲۳	ایزوبوتان	۵
$3/2449 \times 10^9$	۵	۷۲/۱۵۰	نرمال پنتان	۶
$3/2395 \times 10^9$	۵	۷۲/۱۵۰	ایزوپنتان	۷
$3/8551 \times 10^9$	۶	۸۶/۱۷۷	هگزان	۸
$1/3230 \times 10^9$	۲	۲۸/۰۵۴	اتیلن	۹
$1/9257 \times 10^9$	۳	۴۲/۰۸۱	پروپیلن	۱۰
$2/5408 \times 10^9$	۴	۵۶/۱۰۸	۱- بوتن	۱۱
0.2830×10^9	۱	۲۸/۰۱۰	مونوکسید کربن	۱۲
۰	۱	۴۴/۰۱۰	دی اکسید کربن	۱۳
0.5180×10^9	۰	۳۴/۰۸۲	سولفید هیدروژن	۱۴
0.2418×10^9	۰	۲/۰۱۶	هیدروژن	۱۵
۰	۰	۳۱/۹۹۹	اکسیژن	۱۶
۰	۰	۲۸/۰۱۴	نیتروژن	۱۷
۰	۰	۱۸/۰۱۵	بخار آب	۱۸

