اویل ایندستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

مزایای نصب سیستم بازیابی گازهای فلر در پالایشگاه‌های گاز

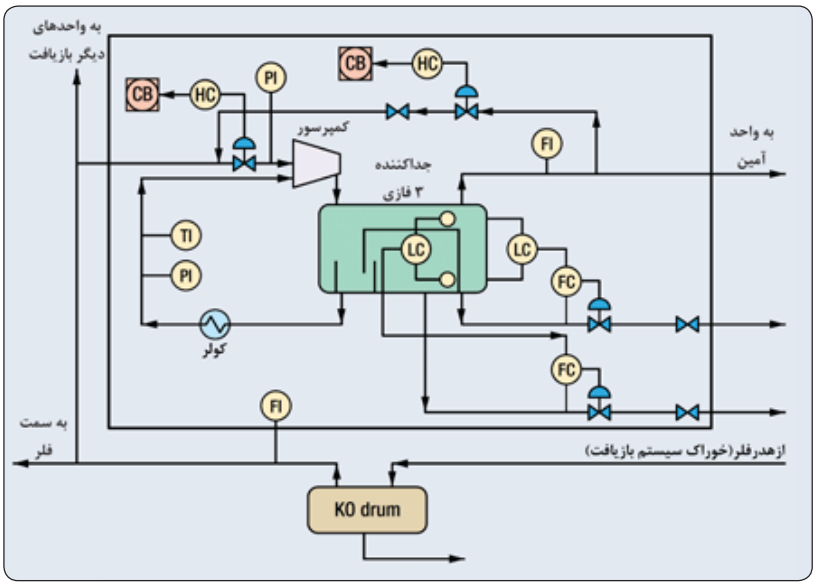
از دیدگاه زیست‌محیطی و اقتصادی

با استفاده از یک سیستم بازیابی گازهای فلر (Flare Gas Recovery System) می توان با بازیابی گازهای درحال خروج از خط فلر و استفاده از آن جهت مصارف دیگر، علاوه برکاهش آلودگی های ناشی از سوختن این گازها، از لحاظ اقتصادی نیز صرفه‌جویی نماییم. یک سیستم بازیابی گازهای فلر، که از این پس آن را به طور خلاصه FGRS می‌نامیم، باعث کاهش سروصدای (Noise) حاصل از اشتعال گاز، تشعشعات حرارتی (Thermal Radiation) ، هزینه‌های عملیاتی و تعمیر و نگهداری، آلودگی هوا، مصرف سوخت‌گازی (Fuel Gas) و بخار و در عین حال باعث افزایش پایداری فرایند (Process Stability) و طول عمر دهانه فلر (Flare Tip) می‌شود. بدون آنکه بر ایمنی سیستم تخلیه گازهای پالایشگاه اثر منفی بگذارد. این مقاله جزئیات نصب یک FGRS را در یک پالایشگاه گازی نمونه و چگونگی تاثیر این سیستم را در کاهش، بازیابی و استفاده مجدد از گازهای فلر تشریح می کند. در ضمن نحوه عملکرد سیستم، راهنمای کلی طراحی (Design Guidelines) و اقتصاد فرایند (Process Economics) هم بررسی خواهد شد.

ترجمه و تنظیم : حامدحسین نوروزی

مقدمه

از فلرینگ برای سوزاندن گازهای مازاد سیستم نظیر گازهای غنی از سولفید هیدروژن (H_2S) و گازهای آزادشده در شرایط اضطراری به شکلی ایمن و قابل اعتماد (Reliable) توسط شعله‌ای در فضای باز (Open Flame) استفاده می‌شود. فلرینگ روشی متداول (Routine) برای دفع (Disposal) گازهای قابل اشتعالی است که یا غیرقابل استفاده‌اند یا اینکه جهت بازیابی توجیه اقتصادی ندارند، می باشد. اغلب، بهره‌برداران واحدهای گازی برای حفظ ایمنی سیستم در شرایط اضطراری و یا هنگامی که دستگاهی جهت تعمیر و نگهداری نیاز به تخلیه فشار داشته باشد، گازهای موجود در سیستم را به سمت فلر آزاد می کنند.



شکل ۱ : سیستم پیشنهادی بازیابی گازفلر

هم اکنون قیمت نهایی محصولات پالایشگاهی در مقایسه با گذشته تاثیرپذیری بیشتری از افزایش هزینه‌های سوخت فرایند (Processing Fuel Costs) دارند، مخصوصاً که کاهش تقاضا باعث می‌شود شبکه انرژی پالایشگاه به علت پایین‌بودن ظرفیت از حالت بهینه خارج شود. بازیابی گازهای هیدروکربنی آزادشده در سیستم فلر شاید بهترین روش موجود در کاهش هزینه‌های پالایشگاه باشد. استفاده از گازهای فلر جهت تهیه سوخت برای تجهیزات گرم‌کننده فرایندی (Process Heaters) و تولیدکننده بخار (Steam Generation) باعث می‌شود که به بهترین شکل هزینه‌ها کاهش یابند و در نتیجه راندمان انرژی کلی پالایشگاه به میزان قابل توجهی افزایش یابد. از مزایای دیگر این روش، کاهش آلاینده‌های فلر و افزایش طول عمردهانه فلرمی‌باشد.

با وجود چنین مزایایی، تا کنون پروژه‌های زیادی جهت کاهش و بازیابی گازهای فلر تعریف نشده‌اند. بنابراین تاکید بر نصب FGRS در پالایشگاه‌های گازی، تاسیسات NGL و پالایشگاه‌های نفت جهت بازیابی و استفاده مجدد از گازهای فلر بسیار ضروری است.

پالایشگاه گاز نمونه

حجم زیاد ($۲۱،۰۰۰m^3/hr$) گازهای فلر تولیدی در پالایشگاه نمونه، شرایط عملیاتی را برای مطالعه و بررسی وضعیت اقتصادی مناسب کرده است، زیرا در واحدهای با حجم فلرکم به نتایج قابل قبولی جهت توجیه اقتصادی طرح‌های بازیافت دست نخواهیم یافت. در این طرح‌ها الزامات زیست‌محیطی به جای منافع اقتصادی محرک اجرای طرح می‌باشند.

به هرحال در این پالایشگاه براساس داده‌های موجود، مشخص شد که دی‌اتانول‌آمین‌متیل (MDEA) ظرف تبخیر ناگهانی برج بازیابی و MDEA ظرف ریفلاکس برج بازیابی (Regenerator Reflux Drum)، ته‌مانده‌های فیلترگاز (Residue Gas Filter) و جداکننده گاز ورودی Inlet Gas Separator واحد فراورش گاز GTU[Gas Treating Unit] منابع اصلی تولید گازهای فلر هستند. درصد ترکیب گازهای فلر در خط اصلی فلر حاصل از سه آزمایش جداگانه در جدول ۱ نشان داده شده است.

با توجه به نتایج تحلیل داده‌ها، مقدار متوسط وزن مولکولی گازفلر ۱۸/۱۶ و شدت جریان گازهای خروجی بین $۲،۵۰۰m^3/hr$ و حداکثر $۱۰،۰۰۰m^3/hr$ تغییر می کند. دمای متوسط این گازها ۳۰^oC و فشار متوسط نیز ۶psig است.

روش‌های عملی پیشنهادی جهت کاهش، بازیابی و استفاده مجدد از گازهای فلر برای پالایشگاه گاز نمونه در جدول ۲ نمایش داده شده است. علاوه بر این روش‌ها، سیستم جرقه‌زن (Flame Igniter System).

تجهیزات محافظتی شعله (Flame Safe guards) و دهانه فلر موجود (Existing Flare Tip) نیز باید تغییر یابند. سیستم کنترل موجود فلر با سیستم کنترل توزیع‌یافته (DCS) پالایشگاه ممکن است سازگار نبوده و نیاز به ارتقاء داشته باشد.

ملاحظات طراحی

مسائل مهمی که باید در طراحی FGRS مورد توجه قرارگیرند: عملکردایمن و صحیح فلر، ظرف آب‌بند مایع (Liquid Seal Drum) ، درصد ترکیب و شدت جریان گازهای فلر و سیستم‌سوخت پالایشگاه (Refinery Fuel System) می‌باشند. در نظر گرفتن این ملاحظات منجر به طراحی یک FGRS با ظرفیت حداکثر ۲۱/۰۰۰ m^3/hr در دمای ۲۵°C ~ ۳۰°C و فشار ۵bar می‌شود.

سیستم بازیابی گازهای فلر پیشنهادی، یک Skid-Mounted Package است که در پایین دست ظرف ضربه‌گیر (Knockut Dram) سیستم فلر نصب می‌شود، زیرا تمام گازهای فلر خروجی از واحدهای متعدد پالایشگاه از این نقطه عبور می‌کنند.

این FGRS در بالادست (Liquid Seal Drum) قرار می‌گیرد، زیرا کنترل فشار ورودی کمپرسور دقیقاً با تنظیم ارتفاع مایع درون این ظرف صورت می‌گیرد. سیستم پیشنهادی طراحی یکپارچه (Modular Design) است که شامل سه ردیف (Train) جداگانه است که توانایی دریافت گاز با شدت جریان و ترکیب متغیر را دارند. به طور کلی این سیستم شامل کمپرسورهایی است که گاز را از خط اصلی فلر در بالادست (Liquid Seal Drum) گرفته، آن را فشرده کرده و بعد از آن این گازها جهت استفاده مجدد در سیستم سوخت‌گازی پالایشگاه خنک می‌شوند.

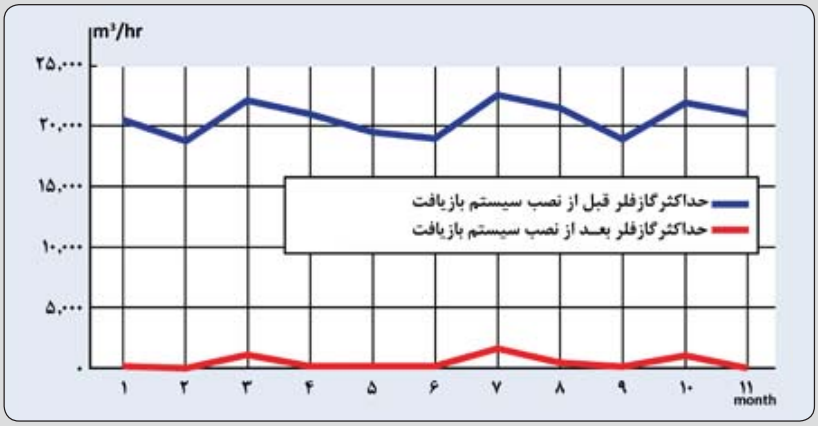
انتخاب و طراحی کمپرسور مورد استفاده با توجه به ظرفیت طراحی سیستم و ظرفیت حداقل (Turn down) که سیستم باید داشته باشد، صورت می‌گیرد. طی مرحله طراحی این پروژه، مناسب‌ترین نوع و تعداد کمپرسورهای لازم جهت این سیستم انتخاب می‌شوند. کمپرسور رینگ مایع (Liquid Ring Compressor) دارای فناوری مناسبی برای این نوع فرایند می‌باشد، زیرا این نوع کمپرسورها دارای ساختار مکانیکی بسیار مقاوم (Rugged Construction) بوده و در برابر لخته‌های مایع (Liquid Slugs) نیز مقاوم بوده و توانایی دریافت رسوب‌های گازهای کثیف (Dirty Gas Fouling) را دارند. در اینجا می‌توان به تعدادی از عواملی که جهت طراحی فرایند تراکم گازهای فلر بایستی موردنظر قرارگیرند، اشاره نمود: شدت جریان گاز ورودی ثابت نیست، ترکیب گاز در محدوده وسیعی تغییر می‌کند، گاز حاوی ترکیباتی است که هنگام تراکم، به صورت مایع درمی‌آیند، گاز حاوی ترکیبات

شماره آزمایش		شماره ۱	شماره ۲	شماره ۳
ترکیب		درصد مولی	درصد مولی	درصد مولی
متان	C_1	۸۶/۳۲۷	۷۵/۷۲۳	۸۵/۶۸۲
اتان	C_2	۰/۴۶۱	۰/۷۵۹	۰/۵۸
پروپان	C_3	۰/۱۰۴	۰/۲۱۲	۰/۰۷۶
ایزوبوتان	$i\text{-}C_4$	۰/۰۳	۰/۰۶۲	۰/۰۱۲
بوتان نرمال	$n\text{-}C_4$	۰/۰۵	۰/۱۲۴	۰/۰۱۸
ایزوپنتان	$i\text{-}C_5$	۰/۰۲۸	۰/۰۷	۰/۰۲۸
پنتان نرمال	$n\text{-}C_5$	۰/۰۲۲	۰/۰۸۹	۰/۰۲۲
	C6+	۰/۲۱۸	۰/۲۱۲	۰/۲۱۸
دی‌اکسیدکربن	CO_2	۸/۲	۱۴/۵۷۵	۸/۷۱۳
سولفیدهیدروژن	H_2S	۳/۳	۵/۲۶۵	۳/۳۹۳
نیتروژن	N_2	۱/۲۶	۲/۹۰۹	۱/۲۵۸

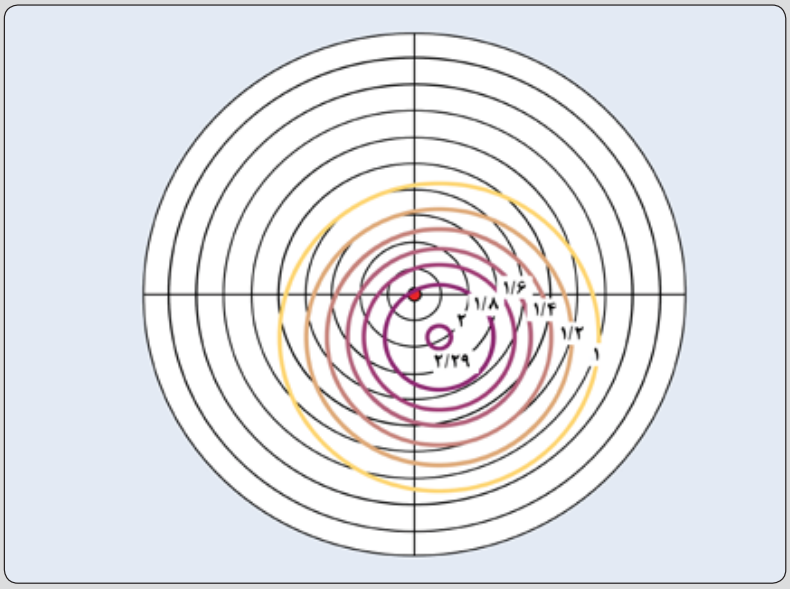
جدول ۱ : ترکیب گازهای فلر در خط اصلی فلر

هدف	روش‌های عملی پیشنهادی
کاهش گازهای ارسالی به فلر ازطریق ایجاد تغییر در ساختار تجهیزات	۱: بهسازی ساختار ظرف تبخیر ناگهانی جهت کاهش CO_2 و H_2S گازهای خروجی از آن به سمت خط اصلی سوخت گازی ۲: ارسال گازها به سیستم سوخت‌گازی پالایشگاه و بهسازی تجهیزات موجود دریافت‌کننده سوخت‌گازی با توجه به ترکیب گاز پیش‌بینی شده ۳: بهسازی قطعات داخلی Internals ظرف جداکننده گازهای ورودی Inlet Gas Separator
بازیابی و استفاده مجدد گازهای فلر	۱: نصب سیستم بازیابی گازهای فلر برای ظرف تبخیر ناگهانی ۲: نصب یک سیستم بازیابی گازهای فلر برای کل پالایشگاه

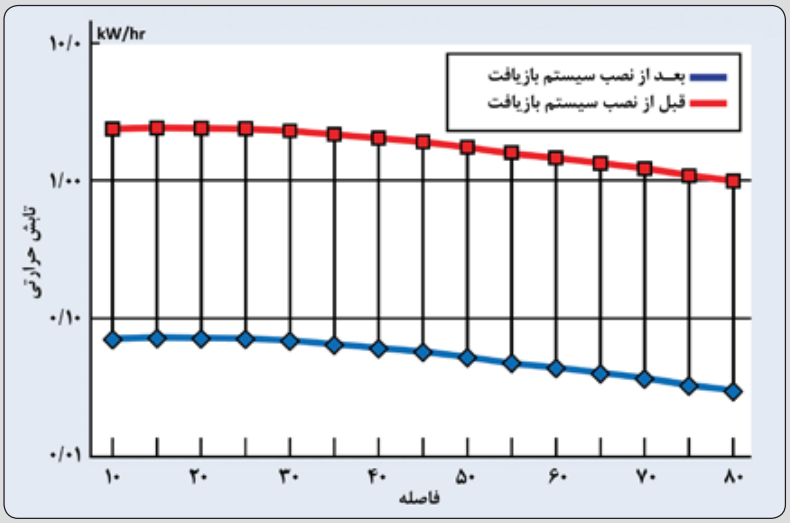
جدول ۲ : روش‌های عملی پیشنهادی جهت کاهش، بازیابی و استفاده مجدد از گازهای فلر



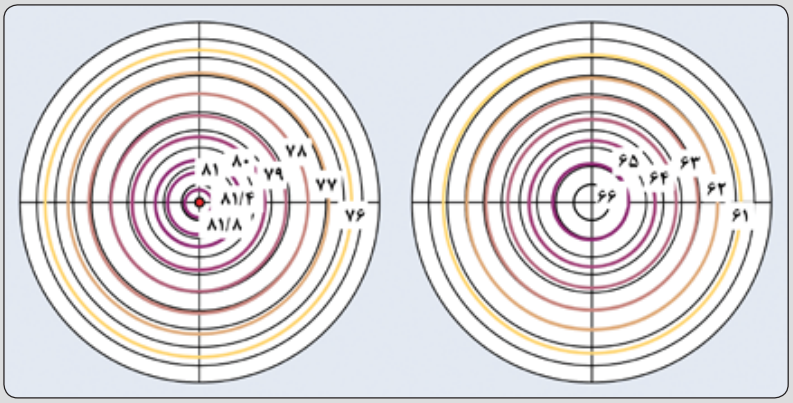
شکل ۲ : حداکثر فلرینگ ماهانه گاز پیش و پس از نصب FGRS در پالایشگاه گاز نمونه



شکل ۳ : پیش بینی توزیع شار تشعشعی ناشی از شعله Flame فلر در پالایشگاه گاز نمونه در زمان کاهش شدت جریان گازهای فلر



شکل ۴ : مقایسه نتایج شبیه سازی پیش و پس از نصب FGRS (مقیاس لگاریتمی)



شکل ۵ : شدت نویز (برحسب dB) در اطراف Stack پیش [سمت چپ] و پس [سمت راست] از نصب FGRS در پالایشگاه گاز نمونه

خورنده (Corrosive) است. سیستم پیشنهادی در این پروژه شامل سه کمپرسور رینگ مایع، سه جداکننده افقی سه فازی، سه خنک کننده آبی همراه با لوله‌کشی‌ها و تجهیزات ابزار دقیق و کنترلی لازم است. FGRS استفاده شده در پالایشگاه گاز نمونه که در آن از کمپرسورهای رینگ مایع استفاده می‌شود، در شکل ۱ نمایش داده شده است.

گاز تراکم یافته جهت جداسازی H_2S به یک سیستم فراوری آمین (Amine Treatment System) ارسال می‌گردد. بخشی از بخارات هیدروکربنی مایع می‌شوند که همراه با مایع اصلی مورد استفاده در کمپرسور رینگ مایع، به جداکننده فرستاده می‌شود. در جداکننده سه فازی، میعانات هیدروکربنی از مایع مورد استفاده در کمپرسور رینگ مایع جدا شده، به مخازن نگهداری (Storage) هدایت می‌شوند.

مصرف سوخت گازی

تاثیر پیش‌بینی شده FGRS طراحی شده در مقدار فلرینگ پالایشگاه گاز نمونه در شکل ۲ نمایش داده شده است. سوخت گازی مصرفی در پالایشگاه گاز نمونه، گازشیرین تولیدی در پالایشگاه است. استفاده از گازهای فلر به عنوان منبع سوخت گازی جایگزین (Alternative Fuel Gas Resource) به مقدار زیادی از مقدار مصرف گازشیرین می‌کاهد. FGRS پیشنهادی، فلرینگ گاز را تا $۲۱،۰۰۰ m^3/hr$ کاهش داده و در نتیجه به عنوان منبع جایگزین سوخت گازی می‌تواند معادل $۴۸۱۰ m^3/hr$ از گازشیرین (درشرایط دمایی و فشاری یکسان با جریان خروجی از FGRS) باشد. بنابراین گازهای شیرین مصرفی به عنوان سوخت گازی می‌توانند دوباره به جریان خروجی از واحد فرآوری گاز (GTU) هدایت گردد.

مزیت دیگر استفاده از FGRS این است که مقدار انتشار گاز به محیط (Gas Emmisions) کاهش می‌یابد. بازیابی و استفاده از گازهای فلر به عنوان یک منبع جایگزین سوخت نه تنها مصرف سوخت را کاهش می‌دهد، بلکه انتشار گاز به محیط را نیز که یک منبع بسیار مهم انتشار گازهای گلخانه‌ای (Greenhouse Gases) هستند، کاهش می‌دهد. استفاده از گازهای مازاد (Waste) در سیستم سوخت پالایشگاه به‌طور عمده و در مواردی به طور کامل انتشار گاز از تاسیسات (مانند CO_2، CO، H_2S، SO_x، NO_x و دیگر آلوده‌کننده‌های خطرناک هوا یا گازهای گلخانه‌ای) را کاهش می‌دهد و این گازها مضر و آلاینده را به منبع درآمد و سود تبدیل می‌کند. با نصب یک FGRS انتشار گازهای آلوده‌کننده از پالایشگاه گاز نمونه تا ۹۰ درصد کاهش یافت.

تشعشع حرارتی

یک عامل مهم هنگام نصب FGRS کاهش تشعشعات حرارتی است. نصب FGRS نه تنها فلرینگ گازها را کاهش می‌دهد، بلکه از تاثیرات خطرناک (Harmful) فلرینگ نیز می‌کاهد. بنابراین می‌توان از بعضی ملاحظات ایمنی که در طراحی اولیه فلر در نظر گرفته می‌شوند، چشم‌پوشی کرد. هنگام بررسی تشعشعات حرارتی ناشی از شعله در پالایشگاه گاز نمونه، شار تشعشعی (Radiation Fluxes) که با فاصله از شعله تغییر می‌کند نیز اندازه‌گیری شد. هنگام نصب FGRS ، از نرم‌افزار شبیه‌سازی (FLARES Simulation Software) جهت پیش‌بینی تشعشعات حرارتی ناشی از شعله استفاده شد. شکل ۳ توزیع شار تشعشعی محاسبه‌شده با نرم‌افزار را برای زمانی که شدت جریان گاز کاهش می‌یابد نمایش می‌دهد. این محاسبات پیش از نصب FGRS صورت گرفت. در شکل ۳ هر خط سیاه نشان‌دهنده ده متر فاصله از Stack فلر است. در ضمن، تاثیر جهت و سرعت باد نیز در شکل مشخص شده است. نتایج کاهش تشعشعات حرارتی ناشی از نصب FGRS در شکل ۴ نمایش داده شده است. مقایسه نتایج مدل‌سازی پیش و پس از نصب FGRS نشان می‌دهد که در یک فاصله یکسان از شعله، شار تشعشع حرارتی به مقدار قابل توجهی پس از نصب FGRS کاهش می‌یابد. کاهش شار تشعشعی، باعث افزایش محوطه ایمن (Safe Area) اطراف Stack فلر می‌شود.

مقدار نویز

همان‌طور که بخش‌هایی از انرژی آزادشده در نتیجه سوختن گازها به تشعشع حرارتی تبدیل می‌شود، بخش‌هایی از انرژی به صدا و نور تبدیل می‌شود. در بعضی موارد، مقدار صدای حاصل غیرقابل تحمل می‌شود، به این سروصدا، نویز (Noise) می‌گویند. سروصدای فلرینگ دست کم توسط سه مکانیزم تولید می‌شود:

» صدای ناشی از جریان جت گاز هنگامی که از مشعل فلر خارج شده و با هوای اطراف مخلوط می‌شود.
» صدای ناشی از تزریق (Injection) یا مخلوط‌شدن (Mixing) با ماده کاهش‌دهنده دود (Smoke Suppressant).
» صدای ناشی از احتراق

صدای حاصل از دو مکانیزم اول و دوم را می‌توان با استفاده از تزریق‌کننده‌هایی با صدای کم (Low Noise Injector) ، تجهیزات پوشاننده شعله (Muffler) و توزیع مناسب ماده کاهش‌دهنده دود (Suppressant) کاهش داد.
یکی از تاثیر مهم نصب FGRS کاهش مقدار صدا است. در این پروژه مقدار سروصدای فلرینگ در یک محدوده مشخص ۱۰۰ متری از Stack اندازه‌گیری شد. مقایسه بین نتایج حاصل از شبیه‌سازی مقدار سروصدای فلر در پالایشگاه گاز نمونه پیش و پس از نصب FGRS در شکل ۵ نمایش داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که مقدار سروصدا به مقدار قابل توجهی دریک فاصله مشخص از شعله کاهش می‌یابد. همچنین کاهش شار تشعشعی باعث افزایش منطقه ایمن در اطراف Stack فلر می‌شود.

مسائل اقتصادی

FGRS نصب شده شامل سه ردیف (Train) مجزاست که توانایی دریافت مقدار و ترکیبات متغیر از گازهای فلر دارد. برای این کار سه کمپرسور رینگ مایع، سه جداکننده سه فازی افقی، سه خنک‌کننده آبی، لوله‌کشی‌ها و تجهیزات ابزار دقیق نیاز است. در نهایت، سرمایه‌گذاری اولیه جهت نصب یک FGRS حدود ۱/۴ میلیون دلار می‌باشد. این تخمین با در نظر گرفتن هزینه های تعمیر و نگهداری، استهلاک و مالیات با توجه به زمان بازگشت سرمایه تقریباً چهارماهه است. این نتایج برمبنای قیمت ۰/۱۵ دلار برای هر متر مکعب از سوخت گازی، ۶ دلار به ازای هر تن از بخار مصرفی و ۰/۰۵ دلار برای هر kWH الکتریسیته مصرفی بدست آمده است.

منبع:

1: Hydrocarbon Processing August 2010,