Archive of SID

مدیریت پسماند گازی ارسالی به فلر در پالایشگاه گاز شهید هاشمی نژاد

مهدی گوگل[۱]، علی اصغر محجوبی[۲]، حمیدرضا جاودان[۳]، عباس جرسرائی تالار[۴]

۱،۳و۴-پژوهشکده توسعه و بهینه‌سازی فناوری‌های انرژی، پژوهشگاه صنعت نفت
تهران- بلوار غربی استادیوم آزادی-پژوهشگاه صنعت نفت-صندوق پستی ۱۹۹۸-۱۴۶۶۵
gougolm@ripi.ir
۲- اداره پژوهش و توسعه شرکت پالایش گاز شهید هاشمی نژاد
کیلومتر ۱۶۵ جاده مشهد -سرخس / صندوق پستی ۵۱۱

چکیده

این مقاله نتایج یکی از بخشهای پروژه مدیریت پسماند در پالایشگاه گاز شهید هاشمی نژاد می باشد. گازهای ارسالی به فلر یکی از مهمترین پسماندهای صنعتی در صنایع پالایش گاز محسوب می شوند. در اغلب مجتمع‌های شیمیایی مانند پالایشگاه‌های نفت و گاز، یکی از ابزارهای ایمنی و کنترل فشار، شبکه رهاسازی گازها بوده که در آخرین قسمت این شبکه برج فلر قرار دارد. در این شبکه، جریانات رها شده در شرایط اضطراری و همچنین گازهای اضافی و بلا استفاده پس از جمع آوری از واحدهای مختلف به سمت برج فلر جهت سوختن ارسال می گردد که این موضوع باعث آلودگی هوا خواهد شد.

دراین مقاله براساس دانش عملیات و بهره برداری همچنین با تبعیت از سلسله مراتب علم مدیریت پسماند به بررسی امکان بازیافت گازهای ارسالی به فلر پالایشگاه گاز شهید هاشمی نژاد پرداخته شده است.

از جمله نتایج این پژوهش امکان بازیافت 60,000 Sm^3/h گازهای اسیدی هنگام خاموشی یکی از واحد های گوگرد و 7000 Sm^3/h گازهای ارسالی به فلر در شرائط عملیات نرمال پالایشگاه با پتانسیل اقتصادی مطلوب بوده است.

واژه کلیدی: پسماند گازی- بازیافت- اقتصاد طرح- فلر- بهره داری – حفاظت از محیط زیست

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

امروزه با گسترش صنعت پالایش و فرآوری نفت و گاز در کشور، ایران در میان تولیدکنندگان آلاینده‌های هیدروکربنی ناشی از سوزاندن گاز در فلر و تخلیه آن به محیط‌زیست، رتبه سوم را در جهان داراست. بررسی‌ها نشان می‌دهد که اصلی ترین راه اتلاف انرژی در پالایشگاه‌های گاز سیستم فلرینگ بوده و به طور عمده بیشترین میزان آلاینده‌های زیست‌محیطی نیز از همین سیستم متصاعد می‌گردد. بنابراین می‌توان اذعان نمود که کاهش مصرف انرژی و حفاظت از محیط زیست به عنوان مهم‌ترین شاخص‌های توسعه پایدار در بهره‌برداری از منابع نفت و گاز کشور مورد بی‌توجهی قرار گرفته است. [۱و۲]

بر اساس گزارش ارائه شده توسط بانک جهانی در سال ۲۰۰۸، هرساله در حدود ۱۵۰ میلیارد متر مکعب گاز طبیعی در جهان سوزانده شده که در نتیجه آن، سالانه ۴۰۰ میلیون تن به گازهای گلخانه‌ای جهان اضافه می‌شود.

بزرگترین منطقه گاز مشعل (flaring)در جهان، روسیه و دریای خزر (حدود۶۰ میلیارد مترمکعب) بوده و پس از آن خاورمیانه و شمال افریقا (حدود ۴۵ میلیارد مترمکعب)، صحرای افریقا (با حدود ۳۵ میلیارد مترمکعب) و امریکای لاتین (حدود ۱۲ میلیارد مترمکعب) می‌باشد.

در سال‌های اخیر، مقدار حجم گاز سوزانده شده (فلر) در کشورهای مختلف در نوسان بوده و تعدادی از کشورها با افزایش و تعدادی با کاهش مواجه بوده‌اند. اطلاعات گزارش شده در جدول (۱) که توسط بانک جهانی ارائه شده است، بیانگر این مطلب است. [۲]

سوزاندن این گازها در فلر علاوه بر ایجاد مشکلات زیست محیطی مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای، انتشار آلاینده‌های هوا، صدا و بوی نامطبوع، به نوعی هدر دادن منابع اقتصادی و انرژی نیز به حساب می‌آیند. لذا بررسی امکان کاهش فلرینگ از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این کاهش می‌تواند هم از طریق کاهش در مبداء و هم از طریق بازیابی گازهای ارسالی به فلر صورت گیرد.

در بحث کاهش در مبداء، با استفاده از راهکارهای عملیاتی و فرآیندی از تولید جریاناتی که قبلاً به سیستم فلرینگ فرستاده می‌شدند جلوگیری می‌شود. در این حالت، کاهش انتشار دی اکسید کربن بواسطه جلوگیری از سوختن هیدروکربنهای موجود در این گازها تحقق می‌یابد.

روش دیگر کاهش فلرینگ، بازیابی و استفاده مجدد از گازهای ارسالی به فلر است. حجم زیادی از این گازها ترکیبات با ارزشی هستند که در اکثر موارد می‌توان از آنها به عنوان سوخت و یا خوراک در واحدهای مختلف استفاده کرد. در مواردیکه از این گازها بعنوان سوخت استفاده می‌شود، کاهش انتشار دی اکسید کربن از طریق کاهش مصرف سوخت قبلی صورت می‌گیرد. در حالتهایی که این گازها بعنوان خوراک بکار می‌روند نیز همانند کاهش در مبداء، کاهش انتشار دی اکسید کربن بواسطه جلوگیری از سوختن هیدروکربنهای موجود در این گازها حاصل می‌شود.[۲]

جدول (۱): مقدار گاز فلر گزارش شده توسط بانک جهانی (میلیارد متر مکعب)

	Estimated flared volume from satellite data (BCM)				
Country	2005	2006	2007	2008	Change from 2007 to 2008

www.SID.ir

Archive of SID

Russia	55.2	48.8	50.0	40.2	-9.8
Nigeria	21.3	19.3	16.8	14.9	-1.9
Iran	11.3	12.1	10.6	10.3	-0.3
Iraq	7.1	7.4	7.0	7.0	0.0
Algeria	5.2	6.2	5.2	5.5	0.3
Kazakhstan	5.8	6.0	5.3	5.2	-0.1
Libya	4.4	4.3	3.7	3.7	0.0
Saudi Arabia	3.0	3.3	3.4	3.5	0.1
Angola	4.6	4.0	3.5	3.1	-0.4
Qatar	2.7	2.8	2.9	3.0	0.1
Uzbekistan	2.5	2.8	2.0	2.7	0.7
Mexico	0.9	1.2	1.7	2.6	0.9
Venezuela	2.1	2.0	2.1	2.6	0.5
Indonesia	2.7	3.0	2.4	2.3	-0.1
USA	2.0	1.9	1.9	2.3	0.4
China	2.8	2.8	2.5	2.3	-0.2
Oman	2.5	2.2	1.9	1.9	0.0
Malaysia	1.7	1.8	1.7	1.9	0.2
Canada	1.2	1.6	1.8	1.8	0.0
Kuwait	2.5	2.5	2.1	1.8	-0.3
Total top 20	142	136	129	119	-10
Rest of the world	20	21	19	22	3
Global flaring level	162	157	148	140	-7

۲- شناسائی، هدفگذاری و برنامه ریزی پسماند گازی

گازهای آلاینده CO_2 و SO_2 و هیدروکربن های واکنش نداده همراه با منوکسیدها و سایر ترکیبات عمدتاً از بویلرها، توربینهای گازی و فلر مجتمع به محیط منتشر می شوند. دراین راستا اجرای پروژه **"استفاده بهینه از مازاد بخار LP"** با کاهش تولید بخار HP به جهت حذف تبخیرکننده ها (حدود ۵۰ تن در ساعت) و ارائه راهکارهای استفاده از ظرفیت ریبویلرها بعنوان کاندنسور ، تزریق بهینه بخار HP به هدر MP جهت عملیاتSuperHeating، جایگزینی موتور های الکتریکی بجای توربین های بخاری پمپ های Contactor، بازیافت و کاهش اتلاف بخار از ونت ظروف در اثر تبخیر ناگهانی و کنترل ونت برج های هوازدا سبب جلوگیری از در مدار قرار گرفتن بویلر هفتم و کاهش مصرف سوخت بویلرهای فعلی گردید. (برنامهWaste Avoid و برنامه Waste Reduction) [۳]

www.SID.ir

Archive of SID

لازم به ذکر است عملیات بهینه سازی مصرف سوخت از طریق کاهش ظرفیت بویلرها به کمک تولید انواع سطوح بخار (MP & LP) از گازهای داغ خروجی از دودکش توربین های گاز و کوره ها راکتورها پالایشگاه گاز شهید هاشمی نژاد توسط طراح، عملی و لیسانس شده است. لذا نیاز به تعریف پروژه در این راستا نبوده است. همچنین بهره برداری مناسب بویلر از دیدگاه تنظیم هوای اضافی به بویلرها و غیره توسط بهره برداران پالایشگاه مورد توجه بوده و کنترل می شود.

ضمناً برخی راهکارهای ذکر شده در پروژه ممیزی انرژی یا پروژه هائی از این قبیل جهت کاهش مصرف سوخت در بویلرها و توربین های گازی نظیر نصب اکونومایزر جهت پیش گرمایش آب ورودی به بویلرها یا پیش سرمایش هوای ورودی به توربین های گاز مطرح گردیده که عدم استقبال از آنها موارد ذیل می باشد:

- تحت لیسانس بودن GTG و ریسک بالای هرگونه تغییر یا اضافه نمودن تجهیز جدید
- عدم امکان عملیاتی و عدم توجیه اقتصادی تغییراتی نظیر نصب اکونومایزر بر روی بویلرهای موجود

نهایتاً در صورت اجرای عملیاتی راهکارهای پروژه استفاده بهینه از مازاد بخار LP که موفق به اخذ تایید از اداره پژوهش و توسعه، مدیرعامل محترم و کارشناسان محترم اداره مهندسی گردید، حرکتی جدی در جهت جلوگیری و کاهش مصرف سوخت در بویلرها و بالطبع کاهش نشر گازهای آلاینده را شاهد خواهیم بود.

اما در مورد فلرینگ پالایشگاه در هیچ یک از پروژه هائی با اهداف بهینه سازی آب و انرژی در چند سال اخیر کار قابل توجهی صورت نگرفته لذا روند مدیریت این پسماند از جانب سیستم فلر کافی نبوده و از دیدگاه همین مورد به برنامه مدیریت پسماند مطابق جدول (۲) هدایت می شود.

جدول (۲): برنامه مدیریت پسماند برای پسماند انتشار گازهای آلاینده از جانب فلر پالایشگاه

اهداف کلان	اهداف خرد	برنامه (راهکار)	زمان شروع پیشنهادی
	جلوگیری حداکثری از سوختن گازهای ارسالی به فلر وکاهش انتشار گازهای آلاینده از فلرینگ پالایشگاه تا انتهای سال ۱۳۹۰	سیستم بازیافت گازهای فلر به صورت package و با ابعاد بسیار کم بصورت EPC	اولین فرصت
کاهش مستمر انتشار گازهای آلاینده از فلر تا دو سال آینده	کاهش نشر گازهای آلاینده از فلر با در نظر گرفتن اصلاح سیستم فلر تا انتهای سال ۱۳۸۹	بررسی سیستم فلر و تجهیزات آن بمنظور بهبود کیفیت احتراق و کاهش گازهای سوخته شده	اولین فرصت

www.SID.ir

Archive of SID

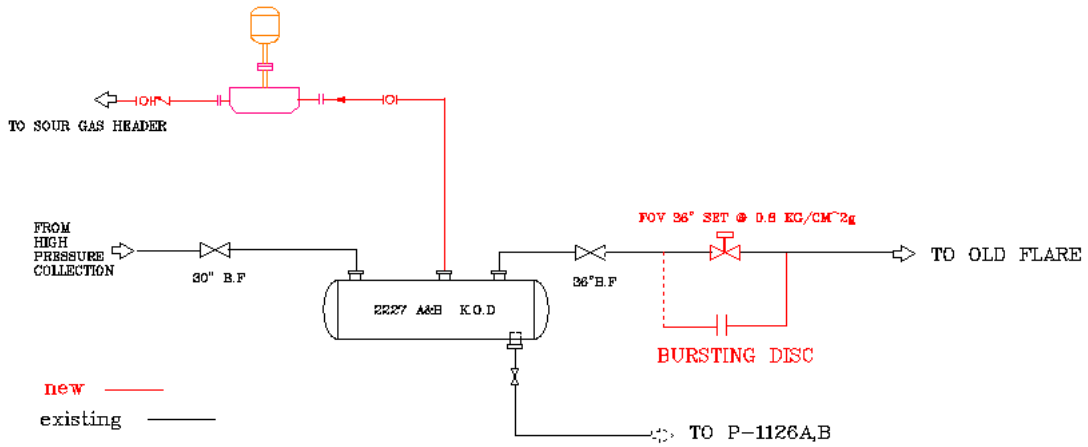
برمبنای تحقیقات اداره مهندسی پالایش در شرایط طراحی واحد های تصفیه گاز(با سرویس بودن برج آکنده فلاش درام) میزان 6,330 Sm^3/H گاز ازمجموع پنج واحد به فلر پالایشگاه منتقل و سوزانده می شود که در فروردین ماه ۸۵ ،میزان 8,481,000 Sm^3 به ثبت رسیده است که ۶۹٪ مربوط به گاز های فلاش درام و ۱۲ ٪ مربوط به گازاسیدی می باشد.

۳- برنامه بازیافت گازهای ارسالی به فلر [۴]

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 پالایشگاه ها می باشد.

برای بازیافت گازهای فلر به این منظور، گازهای فلر پس از جمع آوری از لوله اصلی (Header) و قطره گیر (K.O.Drum) به سمت یک کمپرسور می روند. انتخاب کمپرسور مهمترین قسمت طرح است. [۵]

پس از فشرده شدن گازهای روتین ارسالی به فلر (فلاش درام تصفیه گاز، استابیلایزر و واحد های تقطیر مایعات گازی و PV-104 واحد های تصفیه گاز) براساس ساختار پالایشگاه این گازها باید به خط Sour Gas تزریق گردد. مراتب در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل(۱): طرح بازیافت گازهای فشارپائین ارسالی به فلر بر اساس مطالعات اداره مهندسی پالایش

در صورت اجرای فرآیند بازیافت گازهای فلر علاوه بر بازیافت گازهای روتین به فلر ، امکان بازیافت گازهای اسیدی هنگام خاموش کردن یکی از واحد ها تا زمان دریافت گاز توسط واحد های دیگر وجود خواهد داشت ، یعنی هنگام خاموش کردن یک واحد گوگرد که 60,000 Sm^3/h گاز اسیدی داشته باشد تا زمان دریافت توسط واحدهای دیگر و یا کاهش گاز دریافتی واحد های تصفیه گاز طبق روش های موجود بایستی به فلر پالایشگاه هدایت شود، این زمان دریافت گاز اسیدی توسط واحد های دیگر گوگرد و یا کاهش توسط واحد های GTU حداقل ۴ دقیقه بطول خواهد کشید، در صورت اجرای طرح بازیافت گازهای فلر، امکان ذخیره سازی این گاز اسیدی تا فشار 0.8 KG/CM درهدر 30 اینچ و K.O.D وجود داشته و از طریق کمپرسور نصب شده به هدر Sour Gas برگشت خواهد شد.

www.SID.ir

Archive of SID

برای فشرده سازی گازها معمولاً از کمپرسور چرخه مایع Liquid Ring Compressor استفاده می کنند. مزیت استفاده از کمپرسورهای چرخه مایع خنک شدن گازها در هنگام کمپرس شدن توسط انتقال حرارت گاز با مایع داخل کمپرسور می باشد.

کمپرسورهای رفت و برگشتی را بسیار راحتر از کمپرسورهای چرخه مایع می توان خریداری کرد اما در صورت استفاده از کمپرسورهای رفت و برگشت باید به این نکته توجه کرد که با افزایش دما بیش از حد مجاز امکان انفجار وجود دارد.

مهمترین نکته در طراحی سیستم بازیافت گاز فلر آنست که حضور سیستم مذکور در کنار سیستم فلرینگ موجود، خدشه ای در عملکرد اضطراری سیستم فلرینگ ایجاد ننماید.

عموماً سیستمهای فلر در پالایشگاه ها دارای تجهیزاتی مانند K.O.Drum و Liquid Seal Drum می باشد. K.O.Drum در واقع بمنظور حفاظت سیستم در برابر مایعات موجود در جریان گازهای ارسالی به فلر می باشد و لذا وجود چنین مخزنی قبل از سیستم فلرینگ و سیستم بازیافت گازهای فلر ضروری خواهد بود.

Liquid Seal Drum نیز بمنظور حفظ فشار مثبت سیستم و جلوگیری از بازگشت شعله به درون خطوط لوله طراحی شده است و حتماً قبل از مشعل اصلی سیستم فلرینگ نصب می گردد و لذا سیستم بازیافت گازهای فلر می تواند قبل از آن قرار گیرد. البته بدلیل وجود کمپرسور در سیستم بازیافت گازهای فلر توجه به عملکرد و توانائی پاسخگویی Liquid Seal Drum در سیستم کلی بیش از بیش مد نظر قرار می گیرد و لذا میزان ارتفاع مایع موجود در مخزن باید بگونه ای تغییر نماید تا در صورت عملکرد کمپرسور (در صورت بازماندن شیر جریان منتهی به مخزن) فشار سیستم همچنان مثبت باقی مانده و مانع مکیده شدن هوا از فلز به داخل سیستم گردد.

بنابراین بهترین مکان قرارگیری سیستم بازیافت گازهای فلر مابین K.O.Drum و Liquid Seal Drum خواهد بود. در این راستا جریان خروجی از K.O.Drum دو شاخه می شود که قسمت عمده یا تمامی آن بسوی سیستم بازیافت گازهای فلر هدایت می گردد و مابقی بسوی فلر هدایت خواهد شد.

جریان گاز ورودی به سیستم بازیافت گازهای فلر ابتدا به کمپرسور چرخه مایع با شرایط دو فازی گاز/مایع وارد می گردد. در این کمپرسور، عملیات تراکم گاز در حضور فاز آبی نزدیک به حالت ایزوترم باقی مانده و به کمک نیروی گریز از مرکز تولیدی، فاز آبی در اطراف دیواره نوعی آب بند ایجاد می نماید.

بعلت ایجاد فاز مایع هیدروکربنی پس از تراکم گاز تا فشار ۱۰۰ الی ۱۵۰psig و حضور فاز آبی در کنار گاز فشرده شده از جدا کننده سه فازی پس از کمپرسور باید استفاده نمائیم. بنابراین گاز متراکم شده خروجی از کمپرسور وارد جدا کننده سه فازی خواهد شد. جریان گاز خروجی از جداکننده همان گاز بازیابی شده است.جریان آب خروجی نیز مجدداً بدون نیاز به پمپاژ ابتدا خنک شده و به کمپرسور باز می گردند. مایع هیدروکربنی نیز جهت استفاده بعنوان سوخت یا سایر مصارف ذخیره می شود.

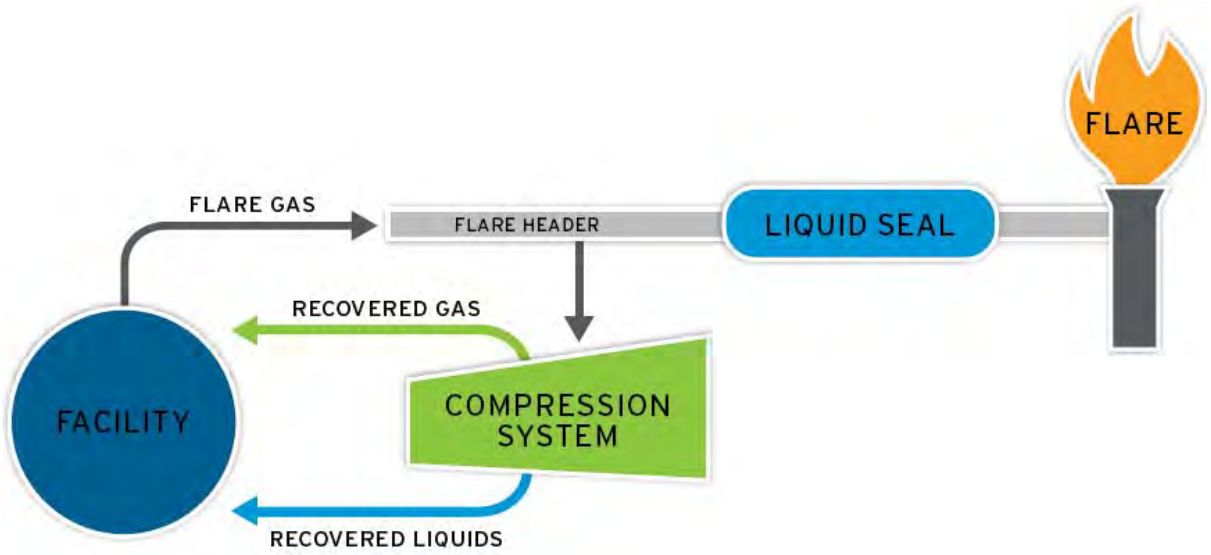
با توجه به خروج مقداری از آب توسط گاز بازیافتی و مایع هیدروکربنی همچنین بدلیل دور ریز اجباری مقداری از آب چرخشی باید از یک جریان آب جبرانی ورودی به کمپرسور استفاده شود.

www.SID.ir

Archive of SID

ضمناً بدلیل میزان زیاد ترکیب اسیدی در جریان گاز باید جنس فلزات سیستم مقاوم به خوردگی انتخاب شوند.در صورتی که جریان گاز فلر ورودی به پکیج بازیافت گازهای فلر کاهش یابد و ورودی پکیج کمتر از میزان طراحی شود باید با طراحی خطی محصول خروجی از جدا کننده را به کمپرسور وارد کرد تا خللی در عملکرد آن ایجاد نشود.

در شکل های (۲و۳) فرآیند بازیافت گازهای فلر و پکیج کمپرسور چرخه مایع نشان داده شده است.



شکل(۲): شماتیک فرآیند بازیافت گازهای فلر

شکل(۳): نمونه ای از داخل سیستم کمپرسور چرخه مایع Liquid Ring Compressor

www.SID.ir

Archive of SID

پکیج گازهای ارسالی به فلر علاوه بر قلب اصلی یعنی Liquid Seal Compressor شامل جدا کننده سه فازی، مبدل کولینگ، شیرآلات و لوله کشی همراه با ابزاردقیق مربوطه می باشد. اما در صورتی که این سیستم از مدار خارج شود یک پکیج ایمنی جهت انتقال گاز به فلر سریعاً باید عمل نماید که شامل یک شیر مخصوص تحت نام(Fast Opening Valve) FOV و یک Rupture Disk مورد نیاز است. این سیستم کنترلی مکمل پکیج FGR الگو گرفته از طرح های اجرائی در سکوهای نفتی دریای شمال می باشد که به عنوان یک سیستم مستقل باید در مجموعه پکیج قرار گیرند.

اما طرح استعلام شده برای پالایشگاه از شرکت JohnZink می باشد. شرکت JohnZink در طرحهای اجرائی خود بر خلاف شرکتهای اروپائی (نروژی) بدلایل موجودیت بالاتر سیستم FOV و Rupture Disk را حذف نموده و از سیستم Liquid Seal موجود یا یک سیستم جدید Liquid Seal از عمق بیشتر مایع بهره می برد.

۴- بررسی اقتصادی پکیج بازیافت گازهای ارسالی به فلر

ظرفیت مبنا برای فلرینگ نرمال برابر حداکثر **7000 Sm^3/h** برمبنای آمار سال ۱۳۸۲ پالایشگاه گاز شهید هاشمی نژاد می باشد. اطلاعات اقتصادی طرح به عبارت ذیل است:

هزینه خرید پکیج بازیافت گازهای فلر همراه با نصب و راه اندازی: **7,000,000 $**

حداکثر میزان مصرف برق: **1400 kw**

هزینه مصرف برق برمبنای 0.08 $/kwh و 8760h/yr برابر است با: **981,000 $/yr**

هزینه تامین لوازم یدکی، بازرسی و تعمیرات سالانه کل پکیج برابر است با: **210,000 $/yr**

سود پروژه شامل جلوگیری از سوختن 7000 Sm^3/h گاز به ارزش حرارتی 22.44Mj/Sm^3 و قیمت جهانی انرژی 5.5USD/GJ برابراست با: **7,500,000 $/yr**

در نتیجه زمان بازگشت سرمایه برابر است با:

$$\frac{7,000,000\$}{7,500,000\frac{\$}{yr}-(981,000+210,000)\frac{\$}{yr}}=1.1\ yr$$

با توجه به پتانسیل اقتصادی بسیار جذاب سیستم بازیافت گازهای فلر تنها نکته منفی استفاده از این پکیج مسئله تحریم و عدم تهیه مستقیم آن از فروشندگان اروپائی و آمریکائی خواهد بود.

۵- نتیجه گیری

بررسی نتایج پروژه حاکی از ان است که اکثر پروژه های مدیریت پسماند گازهای ارسالی به فلر از پتانسیل اقتصادی بسیار مطلوبی برخوردار می باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

لذا با اعمال نتایج این طرح در کلیه صنایع پالایش گاز و نفت علاوه بر کاهش نشر گازهای آلاینده سبب کاهش مصرف سوخت بر اساس طرح توسعه پایدار خواهیم شد.

مراجع:

۱- کاشفی، کاظم، "گزارش پروژه پژوهشی شناسایی پتانسیل پروژه‌های مکانیسم توسعه پاک (CDM) در پالایشگاههای گاز خانگیران و فجرجم" قرارداد ۱۸۸۱۳۴- پژوهشگاه صنعت نفت- اسفند ۱۳۸۹

۲- http://www.worldbank.org

۳- گوگل، مهدی و علاقه بند حسینی ، "استفاده مجدد از مازاد بخار فشار پائین در شرکت پالایش گاز شهید هاشمی نژاد" قرارداد ۱۸۸۱۳۴- پژوهشگاه صنعت نفت- تیر ۱۳۸۷

۴- محجوبی، علی اصغر، " به سوی فلرینگ صفر در شرکت پالایش گاز شهید هاشمی نژاد " پالایشگاه گاز شهید هاشمی نژاد- ۱۳۸۸

5-Fisher, P. W and Brennan, D. "Minimize flaring with flare gas recovery" Hydrocarbon Processing, Jun 2002

www.SID.ir