Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

طراحی و استفاده از ظروف لجن گیر در مسیر ورودی تاسیسات بهره برداری نفت به منظور رفع مشکلات پیگ رانی

حیدر یارویسی[۱]- علی اوجی[۲]- امیرحصیمی[۳]-حسین صفری[۴]
شرکت نفت فلات قاره منطقه قشم-جزیره قشم- گورزین
ahassimi@iooc.co.ir

چکیده

با توجه به اهمیت نگهداری و بالابردن طول عمر خطوط لوله انتقال نفت و گاز،انجام عملیات توپک رانی دوره ای در صنایع نفت و گاز برای جاروب نمودن آب یا میعانات گازی در کف و تمیز نمودنجدار داخلی خطوط لوله، جهت جلوگیری از خوردگی و نیز افت فشار، از جمله کارهای مهم عملیاتی محسوب می گردد. در حال حاضر در بخش ورودی پالایشگاههای گاز، جهت جدا نمودن میعانات گازی،از ظروف لخته گیر(slug catcher) استفاده میشود اما در صنایع نفت به دلیل ماهیت سیال، استفاده از این ظروف در ورودی تاسیسات فراورش نفت الزامی ندارد. در شرایطی که میزان رسوب مواد همراه نفت در خطوط لوله بالا باشد و یا مواد دیگری همچون گل حفاریکه بعد از حفاری چاهها به طور کامل از چاه خارج نشده و به خطوط لوله انتقال نفت راه پیدا کرده باشند، انجام عملیات توپک رانی موجب حرکت تمامی این رسوبها در خط لوله به سمت تاسیسات شده و احتمال توقف عملیات تولید افزایش یافته و یا باعث آسیب به ادوات فرایندی داخل تاسیسات می شود. لذا در این مطالعه، جهت انجام عملیات توپک رانی در خط لوله ۱۶ اینچ انتقال نفت به طول تقریبی ۶۵ کیلومتراز سکوی واقع در دریا به خشکی،طراحی دو عدد ظرف لجن گیر(sludge catcher)موازی مورد بررسی قرار گرفته و نصبآنها در عمل انجام شده است،به این ترتیبتمامی رسوب و مواد موجود در خط لوله، جمع آوری و ضمن پاکسازی خط لوله و نگهداشت بهینه آن، افت فشار ناشی از کاهش سطح مقطع جریان و در نتیجه کاهش تولید، جبران شده و از ورود رسوبات که مقدار زیادی از آن شامل گل حفاری بوده، به تاسیسات نیز جلوگیری بعمل آمد.

واژه های کلیدی: تاسیسات فراورش نفت، عملیات توپک رانی، ظروف لخته گیر و لجن گیر،گل حفاری، رسوب

۱- رییس منطقه قشم-کارشناس مهندسی مکانیک
۲- رییس بهره برداری تاسیسات خشکی- کارشناس مهندسی شیمی
۳- سرپرستنوبتکاری تاسیسات خشکی- کارشناس ارشد مهندسی شیمی
۴- مهندس اتاق کنترل تاسیسات خشکی- کارشناس ارشد مهندسی شیمی

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

۱- مقدمه

عملیات تولید در مناطق فراساحل با توجه به بعد مسافت خط لوله، قرار داشتن آن در بستر دریا،کاهش دمای سیال در طول مسیر و عواملی همچون کاهش فشار، موجبات تشکیل لخته و رسوب ترکیبات سنگین در خطوط انتقال را فراهم می آورد. تشکیل واکس(wax) مشکلی پیچیده و بسیار پرهزینه برای صنعت نفت می باشد و به طور گسترده ای مورد مطالعه و گزارش توسط محققان در دهه گذشته قرارگرفته است[۱].پدیده رسوب جامد در بسیاری از دستگاهها مانند گرفتگی کریستالیدر مبدلهای حرارتی، سبب کاهش در بازدهی انتقال حرارت و محدود نمودنبهره وری می گردد[۲]. پدیده مشابهی برای واکس ها نیز بصورت رسوب،اغلب در تولید نفت مشاهده می شود. نفت خام مخلوطی از پارافینها، آروماتیکها، نفتنها، رزینها و آسفالتینها می باشد. در دما و فشار مخزن (۱۵۰-۷۰ درجه سانتیگراد و ۱۰۰-۵۰ مگاپاسکال)، پارافین به طور کامل در محلول نفت خام حل می شود. هنگامی که نفت خام، مخزن را ترک می کند و از طریق خط لوله در سطح زمین جریان می یابد، گروههای پارافینی با تعداد کربن زیاد، ترجیحا ممکن است در دیواره داخلی سرد خط لوله متبلور شوند و سپس بخاطر دمای پایین تر اطراف لوله، منجر به شکل گیری ژل با مورفولوژی پیچیده گردد[۳].ضخامت لایه ژل می تواند به سرعت رشد نموده و سپس بر روی دیواره داخلی سرد، بصورت یک فاز جامد رسوب کند. این کریستالها تحت عنوان واکس نامیده می شوند و درجه حرارتی که در آن تبلور شروع می شود دمای ابری شدن و یا درجه حرارت ظهور واکس(WAT)نامیدهمی شود[۴]. اجزای تشکیل دهنده واکس ها ترکیبات سنگین هیدروکربوری هستند که به طور عمده از پارافینهای نرمال که محدوده عدد کربنی آنها از ۱۵ تا ۷۵ متغیر است، تشکیل یافته اند. البته واکس ها دارای ترکیبات شاخه دار پارافینی، ترکیبات نفتنی و گاهی به مقدار کم ترکیبات آروماتیکی نیز هستند. با توجه به این توضیحات، واکس ها را می توان به دو گروه عمده واکسهایMacrocrystallineو واکسهای Microcrystalline تقسیم نمود. گروه اول به طور عمده از ترکیبات پارافینی با شاخه های مستقیم تشکیل شده اند که به آنها واکس های پارافینی گفته می شود. گروه دوم از ترکیباتی که دارای پارافین های شاخه دار و همچنین نفتن ها هستند، تشکیل شده اند و به آنها واکس های نفتنی گفته می شود. واکس های گروه اول، ارزش بیشتری به نسبت واکس های گروه دوم دارند. پارافین های نرمال اولین اجزایی هستند که در شرایط مناسب رسوب می کنند، ولی رسوب پارافین های شاخه دار با تاخیر همراه است[۵].روش جلوگیری از تشکیل واکس معمولا به سه دسته تقسیم می شود. روش اول شامل افزایش حلالیت پارافین در نفت خام، از جمله حرارت دادن نفت خام به منظور بالا بردن دما و یا اضافه کردن مواد شیمیایی برای جلوگیری از رسوب واکس می باشد. روش دوم کاهش توانایی رسوب کریستال پارافین از طرق شیمیایی، مغناطیسی، میکروبیولوژیکی و روشهای دیگر بوده[۶] و روش سوم بهبود کیفیت ضد رسوبیمواد تشکیل دهنده سطوح تجهیزات یا خطوط لوله است که شامل استفاده از مواد با انرژی سطحی پایین مانند لوله های پلاستیکی، لوله های فلزی پوشش دار با پوشش ضد رسوب و غیره می باشد[۷].

بهترین راه انتقال نفت و گاز از طریق خطوط لوله می باشد. بازده خطوط انتقال نفت پس از مدت زمانی بر اثر نشست رسوبات بر جداره درونی لوله کاهش می یابد. منشا این رسوبات [همانگونه که ذکر شد] می تواند واکس و یا میعانات گازی، ذرات شن و براده ها باشند که تاثیر زیادی بر عملکرد و کارایی عملیات انتقالمیگذارند. یک قسمت از عملیات مربوط به نگهداری خطوط لوله انتقال نفت و گاز، توپک رانیآنها می باشد. در توپک رانی، محتویات خط لوله با توپک به جلو رانده می شود. هدف از توپک رانی، تمیز کردن رسوبات مثل لایه های واکس، خارج کردن مایعات، اندازه گیری قطر درونی خط لوله، پوشش دادن جداره لوله با مواد ضد خورنده و بازدید درونی خط لوله می باشد[۸]. به همین منظور در مواقع توپک رانی در خطوطلوله انتقال نفتی که شرایط ذکر شده در آن برقرار باشد، در ورودی تاسیسات از تجهیزی جهت جمع آوری مواد جامد جاروب شده توسط توپک استفاده می شود.

لخته گیر های موجود در صنعت نفت و گاز شامل سه نوع می باشند:

www.SID.ir

Archive of SID

۱- لخته گیر از نوع ظرف

لخته گیر از نوع ظرف شبیه ظروف تفکیک کننده و به صورت افقی می باشد و از این نوع لخته گیر در مواردی که حجم لخته در خط لوله کم باشد استفاده می گردد. این ظروف با وارد شدن سیال به درون آنها و انبساط ناگهانی و زمان ماند مناسب، امکان جدا سازی لخته از سیال را فراهم می آورند. (البته چنانچه از این ظروف در ورودی تاسیسات نفتی استفاده شود از آن به عنوان لجن گیر یاد می شود)

۲- لخته گیر چند لوله ای (انگشتی)

در این لخته گیرها، سیال ورودی بلافاصله توسط یک تقسیم کننده به چندین قسمت تقسیم می شود که سیال از هر کدام از این شاخه ها از طریق یک ناودانی(downcomer) به لوله های اصلی جدا کننده (Parallel Primary Bottles) فرستاده می شود. این لوله ها دارای شیب کمی بوده و روی هر کدام از آنها در فاصله مناسب، یک رایزر(riser) نصب شده که هدف آن، جداسازی گاز و مایع و ارسال گاز به سمت سر شاخه خروجی می باشد [۹].

۳ – لخته گیر Parking Loop

این نوع لخته گیر ترکیبی از مشخصات لخته گیر از نوع ظرف و لخته گیر انگشتی می باشد و گاز/مایع در قسمت ظرف آن جداسازی شده و مایع در قسمت لوپ آن ذخیره می گردد.لخته گیرهای نام برده شده به طور معمول در تاسیسات گازی مورد استفاده قرار می گیرند [۱۰].

در ادامه مقاله پس از معرفی اجمالی تاسیسات بهره برداری خشکی که با انجام یک نوع آوری در ورودی آن از دو لجن گیر از نوع ظرف استفاده شده، نحوه طراحی و نصب این دو ظرفجهت جلوگیری از ورود رسوبات و مواد جامدداخل لوله به سمت تاسیسات بهره برداری پایین دست در خشکی در زمان توپک رانی شرح داده شده است.

۲- تاسیسات فراورش نفت هنگام

تاسیسات فراورش نفت هنگام مربوط به شرکت نفت فلات قاره منطقه قشم، به منظور فراورش نفت خام دریافتی از سکوهای واقع در دریا و چندین حلقه چاه فعال طراحی، احداث و راه اندازی گردید. فراورش نفت و عملیات در تاسیسات بهره برداری شامل جداسازی نفت خام از گاز و آب همراه، شیرین سازی نفت خام، تثبیت و نهایتاً ذخیره و ارسال نفت خام به مبادی مصرف می باشد که این کارخانه دارای دو بانک قدیم و جدید مشابه بوده که هر بانک شامل تفکیک کننده های سری، برجهای عریانساز (Stripper Column)موازی جهت شیرین سازی و جدا نمودن سولفید هیدروژن از نفت خام توسط جریان ناهمسوی گاز شیرین، هیتر غیر مستقیم جهت گرم نمودن نفت خام و تثبیت آن بواسطه جدا نمودن اجزاء نسبتاً سبک باقیمانده در یک ظرف تبخیر ناگهانی، ظروف قطره گیر متناسب با فشارهای مختلف گازهای جدا شده در تفکیک گرها، سیستم تصفیه پساب نفت جهت تصفیه آب جدا شده از نفت و جمع آوری پساب حاصل از شستشوهای نفتی، مخازن ذخیره آب شیرین و آتش نشانی به همراه پمپ های مربوطه، پکیج های تزریق مواد شیمیایی، سیستم تصفیه فاضلاب، مخازن ذخیره نفت جهت ذخیره نفت خام و ارسال به مصرف کننده به همراه ایستگاه پمپاژ و بخش utilityشامل هوامتشکل از کمپرسورهای برقی و اضطراری هوا، خشک کن ها، مخزن ذخیره هوا و برق متشکل از اتاقهای برق، ترانسفورماتورها و ژنراتور دیزلی می باشد.

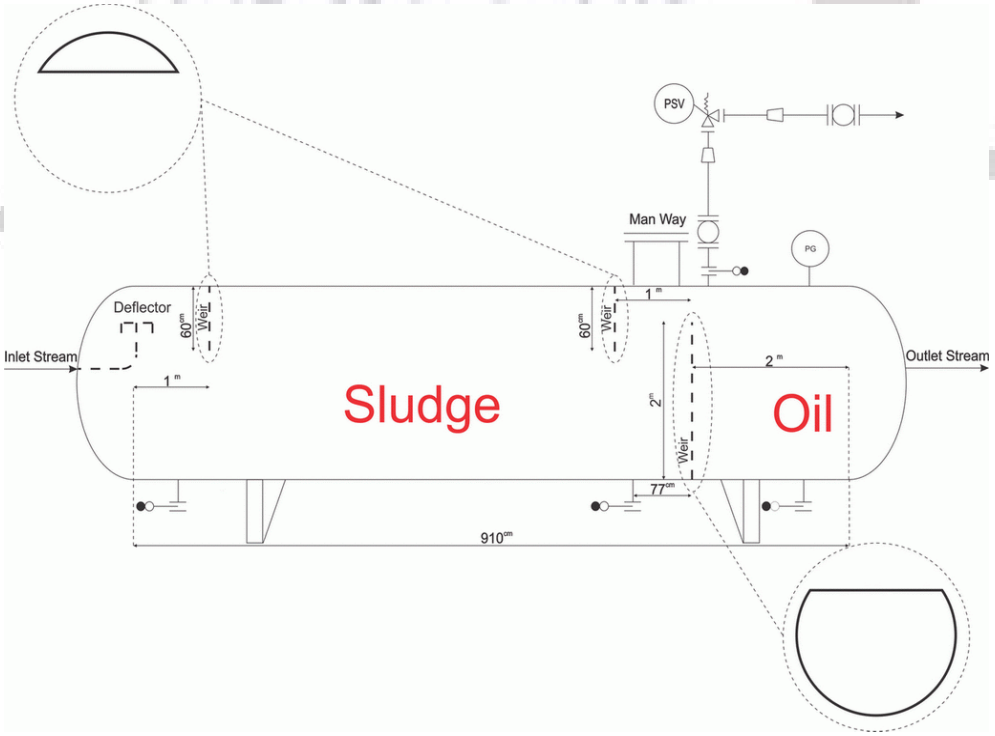
۳- طراحی و استفاده از ظروف لجن گیر

www.SID.ir

Archive of SID

نفت میدان هنگام با درجه APIبالا از سبکترین و مرغوبترین نفت ها در ایران به حساب می آید. همانگونه که بیان شد در دماهای کمتر از ۲۰درجه سانتیگراد (در فصل زمستان و نیز با توجه به عبور قسمتی از خط لوله انتقال از بستر دریا) گرانروی آن به مقدار قابل توجهی بالا رفته و سببایجاد رسوبیر روی دیواره داخلی خط لولهمی گردد و نیز تجمع گل حفاری ناشی از عملیات حفاری چاههای جدید میدان در خط لوله، باعث افت فشار قابل توجه در خط لوله و در نتیجه بالا رفتن فشار در بالادست یعنی در سکوی بهره برداری و نیز کاهش تولید نفت می گردد. بنابراین عملیات توپک رانی دوره ای این خط لوله از سکوی بهره برداری تا تاسیسات خشکی، امری بسیار ضروری بوده که نه تنها باعث برطرف نمودن این مشکل شده، بلکه آب تجمع یافت در کف خط لوله را نیز با خود جاروب نموده و از خوردگی خط لوله جلوگیری بعمل می آورد. اما مشکل اصلی در هنگام عملیات توپک رانی، وارد شدن حجم زیادی از این مواد جامدبه تاسیسات پایین دست بوده که باعث مسدود شدن مسیر جریان نفت، پر شدن تفکیک گرها از این مواد و صدمه زدن به شیرهای کنترلی و ادوات ابزار دقیقی خواهد گردیدکهتمیز نمودن و تعمیرادوات و ظروف، مستلزم قطع عملیات تولید و shut down کامل تاسیسات و صرف انرژی، وقت و نیروی انسانی قابل توجهی می باشد. لذا لزوم ممانعت از ورود این مواد به تاسیسات بهره برداری، دست اندرکاران را بر آن داشت تا راهکار مناسبی را در این خصوص اتخاذ نمایند. ساده ترین راه برای به تله انداختن این مواد جامد، استفاده از پدیده انبساط ناگهانی و بکار بردن ظروف مناسب با استفاده از افت فشار می باشد که با توجه به وجود دو ظرف فشار بالا در منطقهو تایید کارشناسان بازرسی فنی مبنی برقابل استفاده بودن این ظروف برای فشار عملیاتی مربوطه و سرویس سیال ترش، این مهم به انجام رسید.

طراحی اولیه داخل ظروف بر اساس استفاده از موانع سدی(weir) جهت تجمع بهتر رسوبات و نیز یکمنحرف کنندهجریان ورودی(inlet deflector)بر اساس شکل ۱صورت پذیرفت.



شکل ۱. طرحشماتیکاولیهمخزنلختهگیر

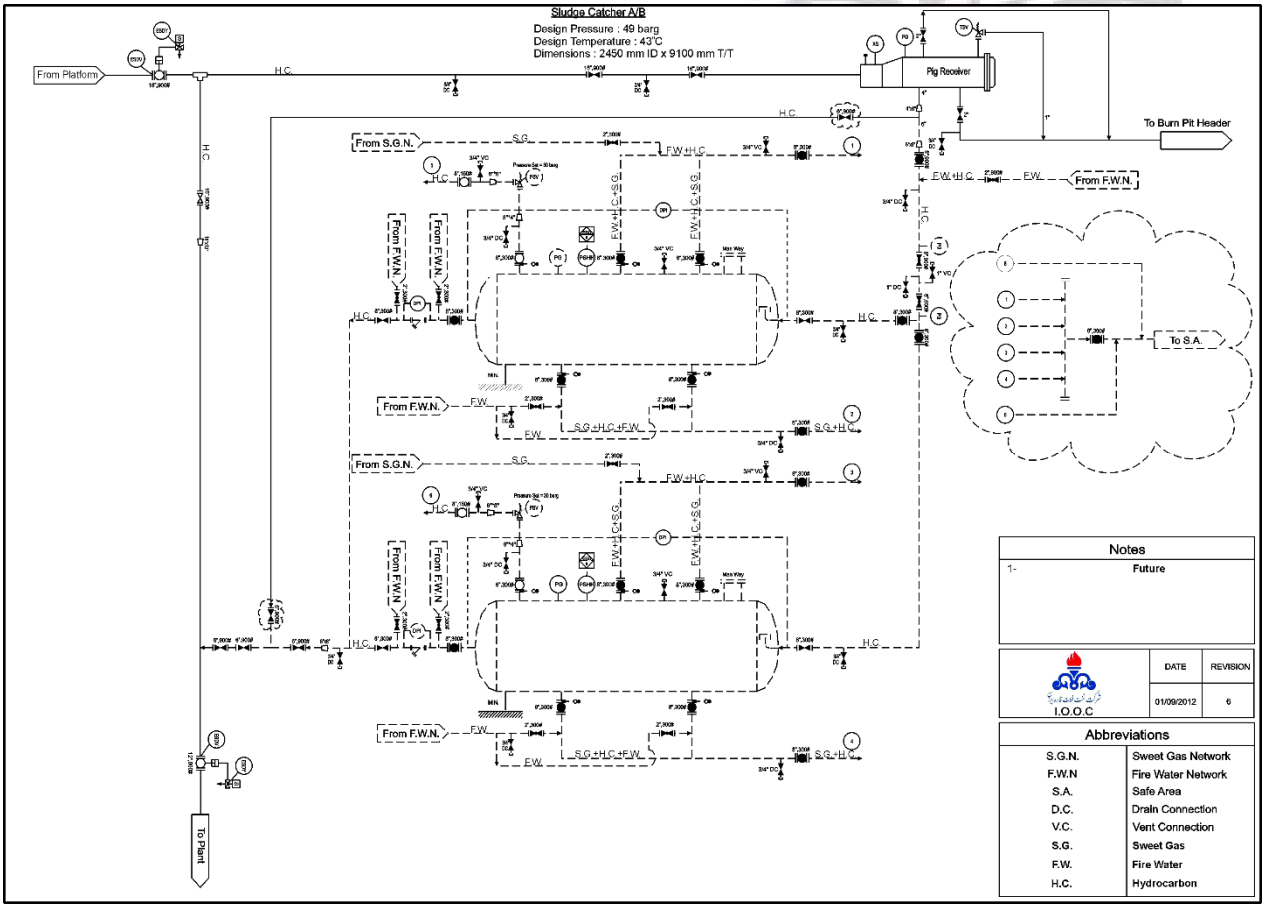
۱-۳ تجهیزات در نظر گرفته شده برای ظروف

www.SID.ir

Archive of SID

جهت ایمنی، یک عددشیر ایمنیبرای هریک از ظروف با فشار تنظیمی30bargبا توجه به فشار طراحی آنهادر نظر گرفته شد. گودالی سیمانی با ابعاد مناسببه منظور تخلیه این ظروف، در فاصله ای ایمن از تاسیسات احداث گردید.با توجه به کنترل و مانیتورینگدستی فرایند، از گیجهای مختلف فشار در محلهای مناسب، استفاده شد بطوریکه بازرسی پیوسته و مقایسه فشار در ورود و خروج این ظروف با یکدیگر، جهت اطلاع از اینکه ظرف در حال پر شدن از رسوب می باشد بسیار حیاتی بود.

ظروف مذکور در ورودی تاسیسات بهره برداری و در قسمت لوله کنار گذر(Bypass Line) مربوط به دریافت کننده توپک، نصب و بصورتstandby و duty در نظر گرفته شدند تا در صورت وجود مقدار بالای رسوبدر خط لوله و ورود آن به ظرف در سرویس، سریعاً ظرف مذکور از سرویس خارج و ظرف دیگر، جایگزین گردد تا از وقفه در عملیات توپک رانی جلوگیری بعمل آید، بنابریان از شیرهای ایزولزاسیونو کنترلیدستی مناسب برای این منظور استفاده گردید. فشار ورودی به ظروف توسط یک Globe Valveدستی با اندازه و کلاس به ترتیب "۸ و ۶۰۰ کنترل گردید تا در زمان عملیات توپک رانی، سیستم تحت کنترل اپراتور بهره برداری قرار گیرد.جهت جلوگیری از وارد شدن رسوبات احتمالی و ناخواسته از ظرف در سرویس به فرایند پایین دست، از صافی هایی(strainer)با قطر سوراخ مناسب و گیج های فشار جهت تشخیص گرفتگی آنها استفاده شد. همچنین



جهت کنترل بهتر فرایند،شیشه های مریی (sightglass) برای رویت آبهمراه ته نشین شدهبرای ظروف تعبیه گردید. P & IDظروف مذکور بصورت شکل ۲ می باشد.

شکل ۲. P & ID مربوط به ظروف لخته گیر

۴- شرح فرآیند

www.SID.ir

Archive of SID

قبل از درسرویس آوردن ظروف به علت در دسترس نبودن نیتروژن، از گاز شیرین که در تاسیسات جهت شیرین نمودن نفت خام بکار می رفت، جهت خارج نمودن هوای داخل لوله ها و ظروف از طریق نازلهای ۲ اینچ تعبیه شده برای همین منظور استفاده شد و خروجی آننیز به سمت چالهاحداث شده هدایت گردید. شکل ۳ شمای ظروف مذکور را نشان می دهد.

باتوجه به اینکه سرعت توپک در خط لوله می بایست مقدار معینی باشد (در خط لوله گاز، سرعت بهینه بین ۲ تا ۷ متر بر ثانیه می باشد)،در هنگام عملیات توپک رانی فقط تعدادی از چاههای تولیدی در سرویس قرار گرفتند و نیز برای اینکه بتوان مقدار رسوباتی که وارد ظرف لجن گیر می گردد را کنترل نمود، از یک شیر globe دستی جهت کنترل فشار استفاده شد و فشار عملیاتی در هنگام توپک رانی بر اساس تنظیمات فشار شیر ایمنی ظروف و با کاهش فشار عملیاتی اولین تفکیک گر تاسیسات بهره برداری در پایین دست جریان تنظیم گردید.از آنجا که با مقایسه فشار در ورودی ظرف، خروجی از آن و فشار بعد از صافیخروجی، بصورت متناوب می توان به زمان ورود رسوبات به ظرف پی برد، لذا با مانیتور نمودن گیج های فشار در محلهای ذکر شده به این مقصود نایل آمدیم.

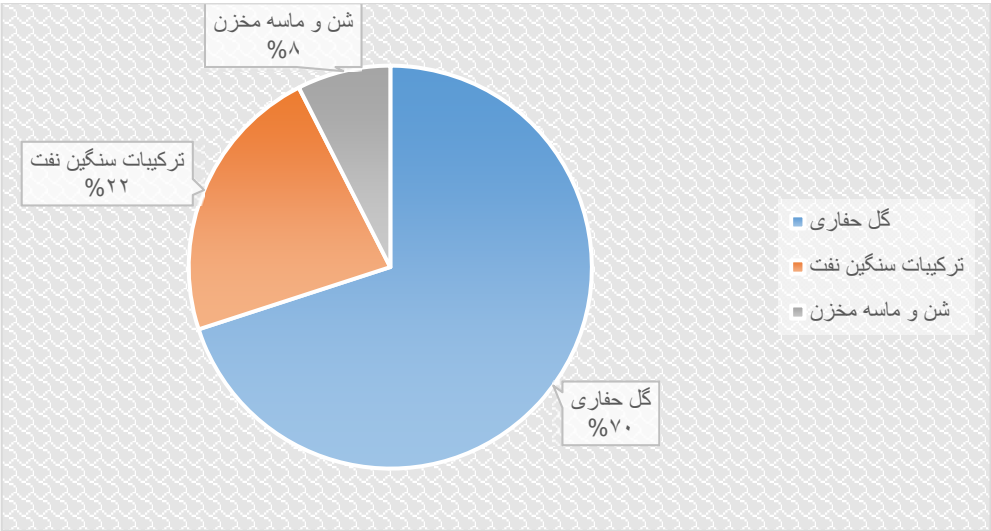
شکل۳. نمای کلی از ظروفلجن گیر

در انتها بعد از دریافت مقداری رسوب در ظروف مذکور و پیش بینی رسیدن توپک با توجه به میزان شعله مشعل و تغییر ناگهانی فشار، به مراحل انتهایی عملیات توپک رانی نزدیک و نهایتاً توپک دریافت گردید.

جهت شستشوی ظروف بعد از دریافت رسوبات، از فشار آب آتش نشانی و نازلهای مربوطه که به این منظور تعبیه شده بودند، از محل ته کش(drain) ظروف اقدام به خارج نمودن رسوبات و تمیز نمودن آنها گردید. نتایج بدست آمده از آنالیز مواد جمع آوری شده در ظروف لجن گیر در نمودار ۱ آمده است. نتایج نشان می دهد که ۷۰ درصد مواد موجود در لخته گیر، گل حفاری حاصل از حفر چاها بوده که پس از بهره برداری از چاه به خط لوله دریایی راه یافته است.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار۱ : آنالیزموادموجوددرظرفلجنگیرپسازعملیاتتوپکرانی

۵- نتایج و بحث

لزوم بکارگیری روشی ساده و موثر جهت دریافت مواد جامد و جلوگیری از ورود آنها به تاسیسات فرایندی در زمان عملیات توپک رانی، بسیار ضروری بوده که با توجه به وجود دو عدد تفکیک گر افقی با کلاس عملیاتی مناسب در منطقه، از آنها به همین منظور و با درنظر گرفتن تجهیزات مکانیکی ساده و قابل ساخت در زمان کوتاه استفاده گردید.

با درسرویس آوردن این دو ظرف اصطلاحاً لجن گیر و کنترل نمودن وضعیت آنها از لحاظ فشاری در زمان توپک رانی خط لوله انتقال نفت، نشان داده شد که اهداف فنی و اقتصادی ذیل حاصل می گردد:

- جلوگیری از ورود حجم زیاد رسوبات و گل حفاری جاروب شده موجود در خط لوله (حدود ۱۰۰ مترمکعب) به تاسیسات فرایندی پایین دستی
- پرهیز از قطع عملیات تولید نفت بعلت مشکلات حرکت نمودن رسوبات در هنگام توپک رانی
- مرتفع شدن مشکل تمیز کاری ظروف تفکیک گر و تعمیر ادوات فرایندی در هنگام ورود رسوبات به تاسیسات فرایندی و نتیجتاً صرفه جویی در وقت، نیروی انسانی و هزینه های تعمیراتی

مراجع :

[۱]C.E. Reistle, Jr. 1928. Methods of dealing with paraffin troubles encountered in producing crude oil. USBM Technical Papers.

[۲]T.Pogiatzis , E.M.Ishiyama ,W.R. Paterson etal,2012, Identifying optimal cleaning cycles for heat exchangers subject to fouling and ageing, Applied Energy 89, 60-66

[۳]P. Singh, R. Venkatesan, H.S. Fogler, N. Nagarajan,2000, Formation and aging of incipient thin film wax–oil gels,AIChE Journal 46 , 1059–1074

[۴]A. Hammami, J. Ratulowski, J.A.P. Coutinho,2003, Cloud points: can we measure or model them?, Petroleum Science and Technology, 21, 345–358

[۵]حمید رضا خلیلی،1386، بررسی ترمودینامیکی تشکیل رسوبات واکس، ماهنامه نفت پارس، شماره ۴ ، صفحه ۲۷

[۶]A. Aiyejina, D.P. Chakrabarti, A. Pilgrim, M.K.S. Sastry, 2011, Wax formation in oil pipelines: a critical review. Int. J. Multiphase Flow37,671-694

[۷]M.I. Zougari, 2010,Shear driven crude oil wax deposition evaluation. Journal of Petroleum. Science and. Engineering 70, 28-34

www.SID.ir

Archive of SID

[۸]آسمانی، اسماعیل زاده و مولا، ۱۳۸۵، مدلسازی عملیات توپک رانی در خط لوله گاز در حالت ناپایدار،اولین همایش ملی تخصصی گاز ایران

[۹]T.karam, 2012, Slug catchers in natural Gas production,Norwegian university of science and technology
[۱۰]Wikipedia, The free encyclopedia, 2014

www.SID.ir