مروری بر واحدهای عملیاتی واحد فراورش مرکزی نفت

اشکان ملکی[1]، شهلا آذرشین[2*]، مهرزاد محمودی[3]

۱. کارشناس ارشد مهندسی نفت، دانشکده نفت، دانشگاه سمنان، ایران

۲. مدیر داخلی نشریه مهندسی گاز ایران، انجمن مهندسی گاز ایران، تهران، ایران

۳. مدیر منطقه ۳ شرکت راه اندازی و بهره برداری صنایع نفت (اَیکو)، تهران، ایران

آدرس پست الکترونیک نویسنده مسئول مکاتبات: irangi.azarshin@gmail.com

مقاله علمی- ترویجی

۶ صفحه، از صفحه ۶ تا ۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۶

چکیده

امروزه توسعه‌ی روزافزون اقتصاد جهانی یک خواسته‌ی ملی و در گرو تولید و صادرات نفت است. واحد فراورش مرکزی نفت، واحدی جهت تصفیه و پالایش اولیه نفت هست. نفت تولیدی حاوی ترکیبات مختلفی است که باید از نفت جدا گردند تا نفت قابلیت صادرات را داشته باشد. واحد فراورش، بسته به نوع و کیفیت نفت آن منطقه طراحی می‌شود و با توجه به بخش‌های متفاوتی که در آن واحد وجود دارد، هر بخش وظیفه جداسازی یکی از ترکیبات همراه نفت را بر عهده دارد تا درنهایت بتوان نفتی به مشخصات موردنظر جهت صادرات تولید کرد. افزایش یک پی پی‌ام آب و آب‌نمک در نفت خام، ارزش آن را تقریباً ۰/۰۸۵ - ۱/۳ دلار در هر بشکه کاهش می‌دهد. همین امر اهمیت تصفیه اولیه نفت را به‌خوبی نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: واحد فراورش، نفت خام، نمک‌زدایی، جداسازی

۱. مقدمه

امروزه با توجه به ازدیاد برداشت از مخازن هیدروکربنی در کشورهای درحال‌توسعه همچون ایران، موجب گردیده بهره‌برداری از چاه‌های نفت فراتر از توان تولیدی آن باشد[۱]. وجود برخی ترکیبات در نفت خام مانند نمک، گوگرد و سولفید هیدروژن باعث خوردگی و فرسایش تأسیسات نفتی می‌شود[۲]. این ترکیبات موجود در نفت تولیدی لازم است قبل از انتقال نفت، در تأسیسات فراورشی جدا شوند[۳ و ۴]. جهت جداسازی این ترکیبات، نفت خام پس از تولید از مخزن وارد یک واحد فراورش مرکزی نفت می‌گردد و در این واحد فراورش آب، نمک و رسوبات از نفت خام جداشده، فشار بخار (RVP)، سطح سولفور (H_2S) و میزان نمک آن به‌منظور دسترسی به مشخصات نفت صادراتی تنظیم و سپس نفت خام تولیدشده توسط خطوط انتقال به واحدهای پایین‌دست منتقل می‌شود. گاز استحصالی نیز فشرده‌شده و پس از نم‌زدایی به کارخانه‌های گاز مایع (NGL) انتقال می‌یابد، آب‌های حاصل از این فرآیندها نیز پس از تصفیه به چاه‌های دفع آب (Disposal wells) تزریق می‌شوند. در یک واحد فراورش مرکزی نفت واحدهای عملیاتی زیادی وجود دارند که هرکدام نقش مؤثری در پالایش و تصفیه نفت خام ایفا می‌کنند که در ادامه به شرح مختصری از هرکدام از این واحدها پرداخته می‌شود.

۲. معرفی واحدهای عملیاتی

جهت شرح بهتر واحدهای عملیاتی موجود در واحد فراورش مرکزی، این واحدها به دو صورت بخش‌های یوتیلیتی و فرایندی بیان می‌گردند. بخش یوتیلیتی شامل

واحدهـای هـوا، نیتـروژن، مـواد شـیمیایی، تصفیـه پسـاب، واحدهـای آبی (شـامل هوازدایی آب، پکیـج RO، تأمین آب آشـامیدنی، مخـازن آتش‌نشـانی و سـاختمان‌ها)، کوره‌هـا و قسـمت offsite اسـت. بخـش فرایندی نیز شـامل واحدهای چند راهه (manifold)، ردیف‌های نفتی جهت جداسازی آب و گاز موجـود و همراه بـا نفت، نمک‌زدایـی، ردیف‌های گازی جهت فشرده و نم‌زدایی گاز، می‌شوند.

۲.۱. بخش یوتیلیتی

۲.۱.۱. واحد نیتروژن

در صنعـت نفـت از گاز نیتروژن با خلوص بیـن ۹۵ تا ۹۹ درصد برای کاربردهای متنوعی مانند تخلیه مخازن و خطوط لولـه حاوی بخارها و گازهای خطرناک، بهبود بازیافت و حفظ فشـار در مخازن و ایجاد یک فشـار مثبت برای پمپ‌ها جهت جلوگیـری از کاویتاسـیون اسـتفاده می‌شـود. گاز نیتـروژن به‌منظور غیرفعال کردن مواد شـیمیایی که نسبت به اکسیژن حسـاس هسـتند نیز اسـتفاده می‌شـود. نیتـروژن در صنعت به‌وسـیله سـه روش جذب سـطحی با تناوب فشـار (PSA)، کرایوژنیـک (کلدباکـس) و روش جداسـازی غشـایی تولیـد می‌شود [۵ و ۶].

۲.۱.۲. واحد هوا

سیسـتم‌های هـوای فشـرده یکـی از متداول‌تریـن و پرانرژی‌ترین تأسیسـات در صنعت هسـتند که تـا ۱۰ درصد از انـرژی موردنیاز صنعتی را به خـود اختصاص می‌دهند[۷]. این واحـد به‌منظور تأمین هوای موردنیـاز در بخش‌های ابزار دقیـق (هوای خشـک)، هوای مصرفی سـایت (هوای مرطوبی کـه به‌منظور ارائـه کارهای خدماتـی در سـایت از قبیل تمیز کردن تجهیزات، خشک‌کردن ادوات شسته شده، تمیز کردن فیلترهـا و... اسـتفاده می‌شـود) و هوای موردنیـاز واحد تولید نیتروژن کاربرد دارد[۸].

۲.۱.۳. مواد شیمیایی

آلایـش نفـت خـام بـه ناخالصی‌هایـی ماننـد گاز طبیعی، ترکیبـات آلی-فلـزی، آب، نمـک و ... یکی از موانـع پیش رو در استخراج و پالایش نفت است. هیدروکربن‌های آروماتیکی سـنگین ماننـد آسـفالتین، که در نفـت خام به‌صـورت معلق وجود دارند، با تشـکیل رسـوب در فرآیند استخراج مشکلات زیـادی را ایجـاد می‌کننـد. ازایـن‌رو، اهمیت اسـتفاده از مواد شـیمیایی مناسـب (دمولسـی‌فایرها، تنظیم‌کننده‌هـای pH، مهارکننده‌هـای خوردگی، متانول، هیدرازین، ضد رسـوب‌ها، ضدکف‌هـا، و ...) بـرای رفع موانـع مذکور در فرآینـد تصفیه، به‌خوبی احساس می‌شود.

۲.۱.۴. واحدهای آبی

امـروزه نقش آب در صنایع فراینـدی به جهت لزوم تأمین آب آشامیدنی، آب موردنیاز مخازن آتش‌نشانی و ساختمان‌ها و همچنین آب فرایندی هوا زدایی شـده از اهمیت روزافزونی برخوردار شده است. وظیفه واحد تصفیه پساب نیز جداسازی بهتر آب‌های روغنی و هیدروکربنی است[۸ و ۹].

۲.۱.۵. کوره‌ها

کـوره دارای تجهیزاتی اسـت که توسـط آن‌هـا درون یک محفظه عایق، حرارت ناشی از احتراق سوخت به سیال فرایند منتقل می‌گـردد. سـیال در لوله‌هایی جریـان دارد که عموماً در امتـداد جداره‌هـا و سـقف محفظـه احتراق نصب‌شـده‌اند. عامـل اصلـی انتقال حـرارت مکانیزم تشعشـع اسـت. وظیفه اصلـی کـوره، تأمین حـرارت معینی به سـیال فراینـد، تحت درجه حرارت‌های بالا اسـت. این عمل بایسـتی بدون افزایش بیش‌ازحـد حـرارت در نقطه معینی از سـیال و یـا اجزاء بدنه کوره انجام شود[۱۰].

۲.۱.۶. بخش offsite

این بخش شـامل واحدهای سیستم مشـعل، چاله آتش و مخازن ذخیره اسـت. کلمه‌ی مشـعل برای بیان یک شـعله‌ی بی‌حفاظ (باز) که گازهای مازاد خروجی از تجهیزات فرایندی را می‌سـوزاند، به‌کاربـرده می‌شـود. این فرآیند در تأسیسـات بالادسـتی نفـت و گاز، پالایشـگاه‌های نفتـی و گازی، صنایع پتروشـیمیایی و برخی از صنایع معدنـی اتفاق می‌افتد [۱۱ و ۱۲]. وظیفـه واحد چاله آتش جمع‌آوری و سـوزاندن مایعات نفتـی دورریز و آغشـته به مواد هیدروکربنی اسـت. این واحد شـامل یک درام جمع‌آوری مایعات و پمپ جهت ارسال آن به چاله اسـت. مخازن ذخیره نیز باهدف ذخیره‌سـازی سـیالات نفتی تحت‌فشار نیتروژن ایجادشده‌اند [۸].

۲.۲. بخش فرایندی

۲.۲.۱. واحد چند راهه

نفـت ورودی هریک از چاه‌هـا از طریق یک خط لوله وارد واحـد فراورش مرکزی می‌گردد. روی هـر خط لوله تجهیزات ابـزار دقیقی (گیج‌هـا و فرسـتنده‌های دما، فشـار)، تجهیزات ایمنـی (ESDV) و تجهیـزات کنترلـی (FV) وجـود دارد.

تمامی خطوط به هدرهای مشترکی منتهی می‌شوند که وظیفه جمع‌آوری سیال نفتی و انتقال آن به ردیف‌های نفتی جهت جداسازی را بر عهده‌دارند.

۲.۲.۲. واحدهای جداسازی

در هر ردیف نفتی بسته به شرایط طراحی و عملیاتی آن واحد، یک تا سه جداکننده سه فازی وجود دارد که وظیفه جداسازی آب و گاز از نفت را به عهده‌دارند. سینی انحراف دهنده‌ای در محل ورودی نفت به جداکننده قرار دارد. این سینی دو کار انجام می‌دهد، یکی جلوگیری از شدت ورود نفت به جداکننده و دیگری تفکیک گاز از نفت در محل ورود به جداکننده. همچنین سینی‌های موج‌شکن موجود در جداکننده از به وجود آمدن تلاطم نفت در آن جلوگیری می‌کنند. در مسیر خروجی گاز از جداکننده نم‌گیر قرار دارد که از خروج قطرات نفت همراه گاز جلوگیری می‌کند. در مسیر خروجی آب و نفت از جداکننده نیز گرداب شکن وجود دارد که از به وجود آمدن گرداب در جداکننده جلوگیری می‌کند.

۲.۲.۳. واحد نمک‌زدایی از نفت خام

نمک‌های همراه نفت، با توجه به مبدأ و منشأ تولیدشان معمولاً شامل املاح سدیم، پتاسیم و منیزیم هستند. تقریباً در تمامی موارد، نمک موجود در نفت خام به‌صورت حل‌شده در قطرات کوچک آب ظاهر می‌شود و کلریدها و سولفات‌ها نیز به حالت محلول در قطره‌های آب حضور دارند[۱۳]. نمک‌زدایی نفت خام به دلیل رابطه بین قیمت نفت خام صادراتی و کیفیت آن، ضروری است[۱۴]. آب تولیدشده با نفت خام در میادین نفتی ایران، حاوی نمک در غلظت‌هایی از ۲۲۰۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰۰ پی پی‌ام است[۱۵]. هدف اصلی فرایند نمک‌زدایی نفت خام، دستیابی به خلوص کافی محصول ازنظر حذف نمک و آب همراه آن است. انواع روش‌های جداسازی آب‌نمک از نفت خام عبارت‌اند از: روش ثقلی، مکانیکی، شیمیایی، حرارتی، تهنشینی و الکتریکی. یکی از بهترین و مؤثرترین روش‌های جداسازی آب‌نمک از نفت خام، استفاده از میدان الکترواستاتیکی است (شکل ۱). در این روش، قطرات در حضور میدان الکتریکی پلاریزه شده و یک نیروی الکترواستاتیکی بین آن‌ها ایجاد می‌شود که باعث نزدیک شدن قطرات و انعقاد آن‌ها می‌شود. با استفاده از میدان الکتریکی می‌توان سرعت انعقاد یک‌فاز پراکنده در امولسیون را افزایش داد[۴].

شکل ۱. نمونه‌ای از یک مخزن نمک‌زدایی الکترواستاتیکی

۲.۲.۴. واحد نم‌زدایی گاز

گاز طبیعی تولیدشده از منابع مستقل گازی یا از چاه‌های نفتی (گازهای همراه نفت) در حقیقت گازهای طبیعی اشباع‌شده از آب و هیدروکربن‌های سنگین می‌باشند. به عبارتی آب و هیدروکربن‌های مایع از ناخالصی‌های ناخواسته و مشترک در انواع گازهای طبیعی (ترش و شیرین) هستند. به‌منظور جلوگیری از تشکیل هیدرات که موجب آسیب‌هایی همچون افت فشار و مسدود شدن مسیر خصوصاً در خطوط لوله انتقال گاز می‌شود، عملیات نم‌زدایی گاز در این واحد صورت می‌گیرد[۸].

وجود رطوبت می‌تواند مشکلاتی از قبیل تشکیل هیدرات در مسیر انتقال گاز، خوردگی و کاهش ارزش حرارتی گاز مصرفی را ایجاد کند. انتخاب روش نم‌زدایی بستگی به شرایط گاز (اجزاء تشکیل‌دهنده و فشار و دما و دبی) و میزان نیاز به نم‌زدایی دارد. مقدار آب موجود در گاز را می‌توان با نقطه شبنم گاز در فشار و دمای موردنظر مشخص کرد. کاهش نقطه شبنم، نشانگر مقدار آبی است که در فرآیند نم‌زدایی از گاز جدا می‌شود. روش‌های مختلف نم‌زدایی، عبارت‌اند از: (۱) روش جذب در مایع به‌وسیله مایعات جاذب الرطوبه: در این روش رطوبت گاز توسط یک مایع حلال از گاز جدا می‌شود. انواع مختلف گلایکول از مهم‌ترین موادی است که در این روش مورداستفاده قرار می‌گیرد. (۲) روش جذب جامد به‌وسیله جامدات جاذب الرطوبه: در این روش رطوبت گاز توسط یک جامد فعال از گاز جدا می‌شود، سیلیکا ژل، موبیل سوربید، اکسید آلومینیم و غربال مولکولی از مهم‌ترین جامداتی هستند که در این روش بکار می‌روند. (۳) روش میعان نمودن آب، به‌وسیله فشردن و یا سرد کردن گاز: در این روش گاز، توسط کمپرسور فشرده‌شده و با توجه به اینکه دمای آن زیاد می‌شود، توسط یک سیستم خنک‌کننده سرد شده و بخارات آب که مایع‌شده از گاز جدا می‌شود. در این

روش، گاز مرطوب در اثر تبادل حرارت با یک ماده مبرد سرد می‌شود، در این عمل بخارات آب و هیدروکربن‌های سنگین آن کندانس شده و به‌صورت مایع از گاز جدا می‌شود این عمل ممکن است در چند مرحله انجام شود.

۳. نتیجه‌گیری

همان‌گونه که اشاره شد نفت خام تولیدی از مخزن به دلیل ترکیبات همراه آن ازجمله نمک، آب، گاز، ذرات جامد و ... از کیفیت نامطلوبی برخوردار است و باعث بروز مشکلات زیادی در تجهیزات و خطوط انتقال می‌شود که می‌بایست قبل از انتقال به صنایع پایین‌دست تصفیه و مقدار این ناخالصی‌ها به حداقل برسد. به همین جهت نفت در یک واحد فراورش مرکزی تصفیه و پالایش‌شده تا به مشخصات مطلوب جهت صادرات برسد. باوجود آنکه معمولاً زیرمجموعه بخش‌های اصلی در تمام واحدها مشابه است اما ممکن است بسته به وظیفهی خاص هر قسمت، برخی واحدهای آن متفاوت از سایر واحدها باشد. عموماً فرآیندهای اصلی بخش‌های نم‌زدایی بر اساس جذب سطحی بوده و انتخاب حلال بر اساس تمایل فیزیکی یا شیمیایی صورت می‌گیرد.

مراجع:

[۱]. خدایاری سجاد، احمدی امین. «بهینه‌سازی در جداسازی نفت همراه آب زائد واحدهای نمک‌زدایی با تغییر در تانک ذخیره‌سازی آب زائد». ماهنامه علمی اکتشاف و تولید نفت و گاز. ۱۳۹۶؛ ۱۳۹۶ (۱۴۴): ۹۰-۸۸.

[۲]. قائد امینی اکبر، هاشمی محمد. «مطالعه و بررسی فن‌آوری‌های جدید اندازه‌گیری میزان نمک و نفت خام». ماهنامه علمی اکتشاف و تولید نفت و گاز. ۱۳۸۳؛ ۱۳۸۳ (۱۲): ۴۴-۴۳.

[۳]. محمدی مهدی. «آخرین فناوری‌های نمک‌زدایی الکتروستاتیک نفت خام و مسیر توسعه فناوری در پژوهشگاه صنعت نفت». ماهنامه علمی اکتشاف و تولید نفت و گاز. ۱۳۹۵؛ ۱۳۹۵ (۱۳۵): ۱۰۳-۹۴.

[۴]. ملکی اشکان، محمودی مهرزاد، پور ولی احسان. «بررسی روش‌های مختلف نمک‌زدایی از نفت خام و نحوه عملکرد انواع نمک‌زدایی الکترواستاتیکی». نشریه مهندسی گاز ایران. ۱۳۹۹.

[5]. Schulte-Schulze-Berndt, A., and K. Krabiell. “Nitrogen generation by pressure swing adsorption based on carbon molecular sieves.” Gas separation & purification 7, no. 4 (1993): 253-257.

[۶]. جوادی شکرو احسان، مفرحی مسعود. «مطالعه تولید نیتروژن از هوا با استفاده از جذب سطحی تناوب فشار». سومین کنفرانس علوم و مهندسی جداسازی. ۱۳۹۱.

[7]. Benedetti, M., Bertini, I., Introna, V., & Ubertini, S. (2018). “Explorative study on Compressed Air Systems’ energy efficiency in production and use: First steps towards the creation of a benchmarking system for large and energy-intensive industrial firms”. Applied Energy, 227, 436-448.

[۸]. شرکت توسلی منصوره، طیاری مهناز، شریعتی نیاسر مجتبی، بهجونیا مریم. «مروری بر واحدهای عملیاتی و فرآیندهای پالایشگاه‌های گاز». نشریه انجمن مهندسی گاز ایران. اسفند ۱۳۹۳.

[۹]. پنجه شاهی محمدحسن، عطایی آبتین. «بهینه‌سازی مصرف آب و تولید پساب در فرایندهای پتروشیمیایی و پالایشگاهی به روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی و تکنولوژی پینچ آبی»، همین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، زاهدان، ۱۳۸۴.

[۱۰]. موسوی سید عبدالرسول، بالدی قاسم، دریس احمد. «بررسی کاربرد کوره‌ها در صنعت»، اولین کنفرانس بین‌المللی مهندسی محیط‌زیست، تهران، ۱۳۹۳.

[۱۱]. ابدی محمدتقی، ایرانی محمد، توسلی احمد. «مدیریت گازهای فلر با استفاده از روش‌های بازیابی»، نشریه انجمن مهندسی گاز ایران، شهریور ۱۳۹۶.

[۱۲]. صباغیان محمدمهدی، حاجی پور مستانه، اصالتی ابراهیم. « امکان‌سنجی و انتخاب فرایند مناسب جهت بازیافت گاز فلر در پالایشگاه پارسیان»، نشریه انجمن مهندسی گاز ایران، شهریور ۱۳۹۸.

[13]. Aryafard, E., M. Farsi, M. R. Rahimpour, and S. Raeissi. 2015. “Modeling Electrostatic Separation for Dehydration and Desalination of Crude Oil in an

Industrial Two-Stage Desalting Plant." Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 58: 141–47. http://dx.doi.org/10.1016/j.jtice.2015.06.028.

[14]. Vafajoo, Leila, Kamran Ganjian, and Moslem Fattahi. 2012. "Influence of Key Parameters on Crude Oil Desalting: An Experimental and Theoretical Study." Journal of Petroleum Science and Engineering 90–91(July): 107–11.

[15]. Arnold K. and Stewart M., "Surface production operations, Design of Oil-Handling Systems and Facilities", Vol 1, Butterworth-Heinemann, 2nd ed., 1999.

A Review of Operating Units of the Central Treatment/Export Plant

Ashkan Maleki[1], Shahla Azashin[2*], Mehrzad mahmoudi

1. M. Sc. of Petroleum Engineering, Faculty of Petroleum Engineering, Semnan University, Iran

2. Administrator, Iranian Journal of Gas Engineering,Iranian Gas Institute, Tehran, Iran

3. OICO Area Manager of Zone 3, Oil Industries' Commissioning and Operation Company (OICO), Tehran, Iran

Corresponding Author, Email Address: irangi.azarshin@gmail.com

Abstract

Today, constant economic development at a global scale has become a nationwide demand that cannot be met unless oil production and export are boosted. A central treatment/export plant (CTEP) is a facility for the initial treatment and refining of crude oil. The originally produced crude oil contains a wide range of different compounds that must be removed before the oil can be exported. The CTEP is designed based on the type and quality of the locally available crude oil. It has a handful of different units which are responsible for separating different compounds from the crude so as to produce export-ready oil. For each ppm of increase in the water and/or brine content of the oil, its per-barrel price is expected to drop by 0.08 – 1.3 USD, clearly emphasizing the importance of the initial treatment of the crude.

Keywords: *treatment plant, crude oil, desalting, separation*