نشریه تحقیقات کاربردی در شیمی

سال ۴، شماره ۱ (مسلسل: ۱۲)، بهار ۱۴۰۲

https://science-journals.ir

تشریح عملیات رطوبت زدایی از جریان گاز طبیعی

محمود زرگان

شرکت مناطق نفتخیز جنوب، شرکت بهره برداری نفت و گاز کارون

m.zargan@gmail.com

چکیده

هدف از این تحقیق تشریح عملیات رطوبت زدایی از جریان گاز طبیعی می باشد. امروزه با گسترش صنایع مختلف تولیدی و صنعتی و مصرف روز افزون گاز طبیعی به عنوان منبع انرزی پاک در مقایسه با سوخت های فسیلی در سرتاسر جهان، نیاز روز افزون به گاز طبیعی را بیش از پیش با اهمیت ساخته است. گاز طبیعی جهت ارسال به مصرف کننده های مختلف از طریق خطوط انتقال گاز باید مشخصات و استانداردهای لازم را داشته باشد. همچنین با توجه به همراه بودن آب و ناخالصی های دیگر موجود در جریان گاز غنی، لزوم فرآورش و رطوبت زدایی آنها به جهات تامین سوخت با ارزش گرمایی بالاو نیز جداسازی ناخالصی های آن جهت جلوگیری از تشکیل انسداد و پدیده های خوردگی و هیدرات را دارد.

کلمات کلیدی: رطوبت زدایی، گاز طبیعی غنی، هیدرات و خوردگی.

نشریه تحقیقات کاربردی در شیمی

سال ۴، شماره ۱ (مسلسل: ۱۲)، بهار ۱۴۰۲

https://science-journals.ir

۱- مقدمه

گاز طبیعی حاوی آلاینده های زیادی است که آب رایج ترین جزء نامطلوب است. بیشتر گازهای طبیعی در دما و فشار تولید تقریباً از آب اشباع خواهند شد. از این رو آبگیری گاز طبیعی یک مرحله حیاتی از فرآیند تهویه گاز طبیعی است زیرا پتانسیل خوردگی، تشکیل هیدرات و یخ زدگی در خط لوله را کاهش می دهد. آب نیز برای برآوردن نیاز نقطه شبنم آب از مشخصات فروش، معمولاً حذف می شود.آب نیز برای برآوردن نیاز نقطه شبنم آب از مشخصات فروش حذف می شود که معمولاً از $۱۱۷ {}^{kg}/_{۱۰^{۶}m^{۳}}$ – ۳۲.۸متغیر است (۱).

نقطه شبنم به عنوان بالاترین دما (در یک فشار معین) تعریف می شود که در آن هیدروکربن های گاز طبیعی می توانند متراکم شوند.نقطه شبنم به فشار، دما و ترکیب گاز بستگی دارد (۲).دمای نقطه شبنم گاز طبیعی یک پارامتر کیفیت حیاتی است. اگر قرار باشد یکپارچگی و کیفیت گاز طبیعی حفظ شود، کنترل موثر این مشخصه گاز طبیعی مهم است. در ابتدای زنجیره فرآورش گاز طبیعی، کنترل نقطه شبنم گاز بسیار مهم است. فرآیند کنترل نقطه شبنم با هدف اطمینان از عدم تشکیل مایعات (اعم از هیدروکربن یا آب) در خطوط لوله و در نتیجه، حمل و نقل ایمن و قابل اطمینان انجام می شود. مایع محصول جانبی که توسط این فرآیند بازیافت یا تولید می شود، می تواند به عنوان یک سوخت با ارزش استفاده شود یا به طور جایگزین تثبیت شده و به عنوان میعانات به بازار عرضه شود (۲).

علاوه بر آلودگی آب، گاز طبیعی حاوی مایعاتی است که معمولا باید حذف شوند تا مشخصات نقطه شبنم هیدروکربنی برآورده شود. در بیشتر موارد، مایعات گاز طبیعی (NGLs) به عنوان محصولات جداگانه و فرآورش گاز طبیعی دارای ارزش بالاتری هستند، که باید از جریان گاز طبیعی به عنوان محصول با ارزش از سیکل گاز طبیعی غنی جدا می شوند (۱).

سه روش تجاری برای آبگیری گاز مرطوب وجود دارد که شامل جذب، جذب سطحی و میعان می باشد (۳).جذب سطحی رایج ترین روش برای آبگیری صنعتی گاز طبیعی است. بخار آب از گاز مرطوب به جریان حلال مایع (گلیکول) جذب می شود. گلیکول هایی که معمولا به عنوان خشک کننده مایع استفاده می شوند شامل: مونواتیلن گلیکول (MEG)، دی اتیلن گلیکول (DEG)، تری اتیلن گلیکول (TEG) و تترااتیلن گلیکول (TREG) می باشند(٤) .

در کارخانه های فرآوری گاز طبیعی، آبگیری گلیکول معمولاً برای حذف آب از جریان های گاز استفاده می

شود تا از انسداد خط لوله و خرابی تجهیزات به دلیل تشکیل هیدرات ها جلوگیری شود. انتخاب انواع گلیکول به خواص فیزیکی (فشار بخار، دمای تجزیه، دمای بازیافت و هزینه خشک‌کننده‌های مایع) بستگی دارد (۵).

۱- اهمیت تحقیق

در بهره برداری از گاز طبیعی اغلب مقدار زیادی بخار آب تولید می شود که معمولا نزدیک به شرایط اشباع است.وجود بخار آب در جریان گاز مشکلات جدی برای حمل و نقل گاز طبیعی و تصفیه ایجاد می کند. تشکیل هیدرات که منجر به مسدود شدن خط می شود، خوردگی خطوط لوله ، کاهش ظرفیت خط به دلیل تجمع آب آزاد و کاهش راندمان احتراق از مشکلات رایجی هستند که در حضور مولکول های آب به وجود می آیند(٦) .

در فرآیند جمع‌آوری و انتقال گاز طبیعی به دلیل تغییر دما و فشار با زمان، آب مایع آزاد رسوب می‌کند که به راحتی با کربن و گوگرد موجود در گاز طبیعی محلول‌های اسیدی تشکیل می‌دهد و منجر به خوردگی و سوراخ شدن خطوط لوله و اتصالات، انسداد و سایر پدیده های مضر می‌شود(۷) . حذف هیدروکربن های سنگین یکی از فرآیندهایی است که در کارخانه های فرآوری گاز طبیعی برای کاهش ارزش حرارتی و نقطه شبنم هیدروکربنی به کیفیت گاز فروش یافت می شود(۸) .

۲- مبانی نظری

گاز طبیعی مخلوطی از هیدروکربن های سبک از جمله متان، اتان، پروپان، بوتان و پنتان است. سایر ترکیبات موجود در گاز طبیعی عبارتند از CO_2، هلیوم، سولفید هیدروژن و نیتروژن. ترکیب گاز طبیعی هرگز ثابت نیست. با این حال، جزء اصلی گاز طبیعی متان است (به طور معمول حداقل ۹۰٪). گاز متان بسیار قابل اشتعال است. به راحتی و تقریبا کامل می سوزد. آلودگی هوا کمی منتشر می کند. گاز طبیعی نه خورنده و نه سمی است، دمای اشتعال آن بالا است و محدوده اشتعال پذیری پایینی دارد که آن را به ذاتا سوخت فسیلی ایمن در مقایسه با سایر منابع سوخت تبدیل می کند. علاوه بر این، به دلیل وزن مخصوص آن (۰,٦۰) که کمتر از وزن هوا (۱) است، در صورت خروج گاز طبیعی بالا آمده و در نتیجه از محل هر نشتی خارج می شود(۹) .

نقطه شبنم هیدروکربنی دمایی است که در آن، هنگامی که گاز طبیعی با فشار ثابت سرد می شود، میعانات هیدروکربنی برای اولین بار شروع به تشکیل می کنند. در بسیاری از موارد، اجتناب از تشکیل مایعات در

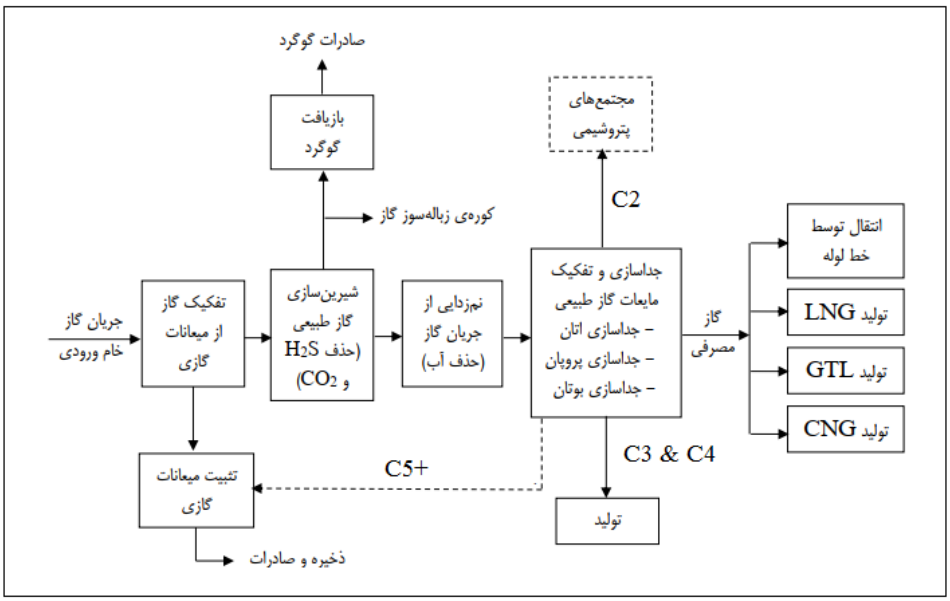
نشریه تحقیقات کاربردی در شیمی

سال ۴، شماره ۱ (مسلسل: ۱۲)، بهار ۱۴۰۲

https://science-journals.ir

گاز طبیعی از اهمیت حیاتی برخوردار است. به عنوان مثال، در انتقال با خط لوله گاز، وجود هیدروکربن های مایع در ترکیب با ردپای آب منجر به تشکیل هیدرات می شود که می تواند آسیب قابل توجهی به کمپرسورها و خطوط لوله وارد کند. بنابراین، دقت تخمین نقطه شبنم هیدروکربن برای اپراتور به منظور اطمینان از یکپارچگی بالای امکانات و ارائه بهترین محصول با کیفیت، از اهمیت بالایی برخوردار است (۱۰).

فرآوری گاز طبیعی، از جمله حذف مایعات به داخل گاز و به دنبال آن خشک کردن برای کاهش محتوای آب از مراحل مهم فرآورش گاز طبیعی می باشد(شکل ۲–۱). به منظور حذف محتوای آب، از فرآیند آبگیری برای تصفیه گاز طبیعی استفاده می شود. انواع فرآیندهای آبگیری مورد استفاده عبارتند از: جذب، جذب، نفوذ گاز و تبرید. جذب عبارت است از انتقال یک جزء از فاز گاز به فاز مایع و در دمای پایین تر و فشار بالاتر مطلوب تر است. بخار آب از طریق تماس نزدیک با یک ماده خشک کن مایع رطوبت گیر در آبگیری جذبی از گاز خارج می شود. تماس معمولا در برج های پر شده یا سینی دار به دست می آید. از گلیکول ها به طور گسترده ای به عنوان خشک کننده های مایع استفاده می شوند. آبگیری از طریق جذب با گلیکول معمولاً از نظر اقتصادی مناسب تر از آبگیری با ماده خشک‌کننده جامد است، اگرچه هر دو فرآیند قادر به برآوردن نقطه شبنم مورد نیاز هستند(۱۱) .



شکل ۲–۱ فرآوری گاز طبیعی

نشریه تحقیقات کاربردی در شیمی

سال ۴، شماره ۱ (مسلسل: ۱۲)، بهار ۱۴۰۲

https://science-journals.ir

۱-۲- محتوای آب جریان های گاز طبیعی

حلالیت آب در گاز طبیعی با افزایش دما زیاد و با کاهش فشار، کم می شود. وجود نمک در آب مایع باعث کاهش محتوای آب موجود در جریان گاز می شود. محتوای آب گازهای طبیعی تصفیه نشده معمولا به اندازه چند صد پوند آب در هر میلیون فوت مکعب استاندارد گاز است($^{lb_m}/_{MMscf}$). محتوای آب در خطوط لوله گاز معمولا باید در محدوده $(۶-۸\ ^{lb_m}/_{MMscf})$ و حتی برای خطوط لوله در آبهای عمیق در دریا ها و اقیانوسها باید پایین تر باشد.

محتوای آب گاز طبیعی به طور غیرمستقیم با نقطه شبنم مشخص می شود که به عنوان دمایی که در آن گاز طبیعی با بخار آب در فشار معین اشباع می شود، تعریف می شود. در نقطه شبنم، گاز طبیعی با آب مایع در تعادل است. هر گونه کاهش دما یا افزایش فشار باعث می شود که بخار آب شروع به متراکم شدن کند. تفاوت بین دمای نقطه شبنم یک جریان گاز اشباع از آب و همان جریان پس از رطوبت زدایی، به اصطلاح نقطه شبنم نامیده می شود. برآورد دقیق میزان بخار آب اشباع گاز طبیعی در طراحی و بهره برداری از تجهیزات نم زدایی گاز ضروری است (۱۲).

۲-۲- نم زدایی گاز طبیعی با گلیکول

فرآیند آبگیری گلیکول نمونه ای از فرآیندی است که آبگیری جذبی را فراهم می کند و در این فرآیند، یک خشک کننده مایع ابزاری را برای جذب آب از جریان گاز فراهم می کند.

اتیلن گلیکول ($HOCH_2CH_2OH$) عامل شیمیایی اصلی در این فرآیند می باشد، میل ترکیبی بسیار قوی با آب دارد و هنگامی که گلیکول با جریانی از گاز طبیعی مرطوب در آب تماس پیدا می کند، اتیلن گلیکول آب را از جریان گاز جذب می کند. در ابتدا، در این فرآیند از اتیلن گلیکول به عنوان جاذب استفاده می شد، اما با پیشرفت تکنولوژی، آبگیری گلیکول اکنون شامل استفاده از محلول آبی مشتقات گلیکول می شود که در آن گلیکول یا دی اتیلن گلیکول (DEG) یا تری اتیلن گلیکول (TEG) است. (جدول ۲-۱)، که در تماس با جریان گاز مرطوب آب در یک برج جذب قرار می گیرد. محلول گلیکول آب را از گاز مرطوب جذب می‌کند و پس از جذب، گلیکول به پایین برج جذب جریان پیدا می کند در حالی که گاز طبیعی که بیشتر محتوای آب را دست داده، از بالای برج جذب به خارج از آن منتقل می‌شود.

نشریه تحقیقات کاربردی در شیمی

سال ۴، شماره ۱ (مسلسل: ۱۲)، بهار ۱۴۰۲

https://science-journals.ir

جدول ۲–۱ خواص اتیلن گلیکول، دی اتیلن گلیکول و تری اتیلن گلیکول

	Ethylene Glycol	Diethylene Glycol	Triethylene Glycol
Chemical formula	$C_2H_6O_2$	$C_4H_{10}O_3$	$C_6H_{14}O_4$
Acronym molar mass	MEG 62.07 g mol^{-1}	DEG 106.12 g/mol	TEG 150.17 g mol^{-1}
Appearance	Clear, colorless liquid	Colorless liquid	Colorless liquid
Density	1.1132 g/cm^3	1.118 g/cm^3	1.1255 g/cm^3
Melting point	– 12.9 C (8.8 F)	– 10.45 C (13.19 F)	– 7 C (19 F)
Boiling point	197.3 C (387.1 F)	244 C (471 F)	285 C (545 F)
Solubility in water	Miscible	Miscible	Miscible

محلول گلیکول، حاوی تمام آب استخراج شده از گاز طبیعی، در مخزن مخصوصی بنام بویلر قرار می گیرد که برای تبخیر فقط آب از محلول طراحی شده است، جایی که اختلاف نقطه جوش حذف آب را تسهیل می کند و حذف آب را نسبتاً آسان می کند. محلول گلیکول پس از اینکه در برج احیا، عملیات بازیافت انجام شد، مجددا گلیکول تغلیظ شده به برج جذب هدایت می شود.

در برخی موارد یک جداکننده–کندانسور فلاش به سیستم احیاء گلیکول اضافه می شود که وظیفه آن علاوه بر جذب آب از جریان گاز، مقادیر کمی متان و سایر ترکیبات را نیز که محلول گلیکول در صورتی که از مرحله ی جذب با خود حمل می کند، بازیافت و ترکیبات ناخالص را از جریان گاز جذب می کند.

به منظور کاهش مقدار متان و سایر ترکیبات از دست رفته، مخزن جداکننده–کندانسورهای فلاش امکان حذف ترکیبات هیدروکربنی جذب شده را قبل از رسیدن محلول گلیکول به دیگ بخار را فراهم می کند.در مخزن جداکننده فلاش، با کاهش فشار در آن به اجزای هیدروکربنی با جوش کمتر (یعنی جوشش کمتر از حلال گلیکول) اجازه می‌دهد تا متان و سایر هیدروکربن‌ها از محلول تبخیر شوند.

سپس محلول گلیکول به دیگ بخار فرستاده می‌شود، که ممکن است به کندانسورهای خنک‌شده با هوا یا آب نیز تعبیه شود، در این مرحله هر هیدروکربن باقی‌مانده از جریان گلیکول حذف شده ، با جریان‌های هیدروکربنی دیگر ترکیب می‌شود، و به صورت جریان ناپیوسته از مخزن فلاش درام خارج می شوند(۱۳) .

۳-۲- فن آوری های اندازه گیری رطوبت برای گاز طبیعی

قبل از حمل و نقل، آب از گاز طبیعی خام جدا می شود. با این حال مقداری آب همچنان در حالت گازی به صورت بخار آب باقی می ماند. اگر گاز سرد شود یا با هر سطحی که سردتر از دمای نقطه شبنم غالب گاز است تماس پیدا کند، آب به شکل مایع یا یخ متراکم می شود. تحت فشار، آب همچنین دارای ویژگی منحصر به فردی است که می تواند ساختار شبکه ای را در اطراف هیدروکربن هایی مانند متان ایجاد کند تا هیدرات های جامد را تشکیل دهد. یخ یا هیدرات های جامد می توانند باعث انسداد در خطوط لوله شوند. علاوه بر این، آب با گازهایی مانند سولفید هیدروژن و دی اکسید کربن ترکیب می شود و اسیدهای خورنده را تشکیل می دهد.آب موجود در گاز طبیعی نیز با افزودن جرم، هزینه حمل و نقل در خطوط لوله را افزایش می دهد و از آنجایی که بخار آب ارزش حرارتی یا گرمایی ندارد، هزینه تراکم و حمل و نقل را نیز افزایش می دهد.

وقتی گاز طبیعی فروخته می شود، الزامات قراردادی برای محدود کردن غلظت بخار آب وجود دارد. در ایالات متحده محدودیت یا تعرفه در رطوبت مطلق بر حسب واحد پوند در هر میلیون فوت مکعب استاندارد (lbs/mmscf) بیان می شود. حداکثر رطوبت مطلق برای انتقال بین ایالتی ۷ پوند بر میلی متر مکعب تعیین شده است. در اروپا، نهادهایی مانند EASEE-gas توصیه هایی در مورد حداکثر مقدار مجاز بخار آب در گاز ارائه می کنند. EASEE-gas حد ۸ درجه سانتیگراد Dew Point را تایید کرده است که به فشار گاز(۷۰Bara) اشاره دارد. این حد توصیه شده عموماً در صنعت گاز در سراسر اروپا رعایت می شود.

٤-۲- فن آوری های برای اندازه گیری بخار آب در گاز طبیعی

فن آوری های مختلف قابل دوام برای اندازه گیری مقدار بخار آب در گاز طبیعی وجود دارد. اینها تمایل دارند به سیستم های تهویه نمونه تکیه کنند، جایی که یک نمونه گاز استخراج و فیلتر می شود، فشارها تنظیم و جریان کنترل می شوند. نصب یک حسگر به طور مستقیم در خط لوله گاز طبیعی توصیه نمی شود، زیرا می تواند حاوی آلاینده های فیزیکی (زنگ، رسوب و غیره)، مواد افزودنی (مانند بوکننده ها، عوامل ضد یخ مانند متانول) و هیدروکربن های مایع باشد.یکی دیگر از مزایای سیستم نمونه گیری این است که می توان آن را از خط لوله اصلی جدا کرد با این حال، سیستم نمونه نباید غلظت رطوبت نمونه را از طریق نشت یا دفع یا جذب از اجزای خیس شده تغییر دهد.

در حال حاضر پرکاربردترین فناوری‌های اندازه‌گیری آینه سرد، حسگرهای امپدانس، میکروبالانس کوارتز،

استنت‌سنج Fabry-Pero و لیزرهای دیود قابل تنظیم هستند. هر تکنولوژی مزایا و معایب خود را دارد.

۱-٤-۲ آینه های سرد

دو دسته اساسی از رطوبت سنج های آینه ای سرد وجود دارد:

۱. آینه‌های سرد دستی
۲. آینه‌های سرد خودکار

آینه‌های سرد خودکار بیشتر به آینه‌های خنک‌شده دوچرخه‌سواری و آینه‌های خنک‌شده تعادلی دسته‌بندی می‌شوند. آینه های سرد، دمای نقطه شبنم و یخ زدگی را مستقیماً با استفاده از یک خنک کننده یا پمپ حرارتی ترموالکتریک برای خنک کردن سطح صفحه تا ایجاد میعان اندازه گیری می کنند. هنگامی که جرم میعانات روی آینه با نمونه گاز اطراف در تعادل باشد، دمای آینه طبق تعریف برابر با دمای شبنم یا نقطه یخبندان است.

همچنین می توان از آینه های سرد برای تعیین نقطه شبنم هیدروکربنی استفاده کرد. در مخلوط‌های گازی حاوی هیدروکربن‌های سنگین‌تر، فشار جزئی هیدروکربن‌ها به اندازه‌ای زیاد است که خنک‌کردن گاز منجر به تغییر فاز از گاز به مایع می‌شود. در یک اصل مشابه، دمایی که در آن میعانات هیدروکربنی با گاز نمونه در تعادل است، نقطه شبنم هیدروکربنی است.

آینه های سرد دستی معمولاً از انبساط گاز پرفشار به عنوان خنک کننده استفاده می کنند. دستگاه آینه سرد دستی در ASTM-۱۱٤۲ توضیح داده شده است. هنگامی که گازهای پرفشار مانند متان یا CO_2 از حالت فشرده خارج می شوند، به دلیل اثر ژول–تامسون خنک شدن اتفاق می افتد. هنگامی که سطح آینه در حال خنک شدن است، کاربر شروع تراکم را از طریق درگاه دید مشاهده می کند. سرعت سرمایش مهم است. اگر سرعت سرمایش خیلی سریع باشد، تراکم قبل از پایداری حرارتی رخ می دهد.

ASTM-۱۱٤۲ روشی را ارائه می دهد که شامل چندین بار تکرار آزمایش و کاهش متوالی سرعت خنک کننده در شروع مشاهده شده چگالش می شود. کاربر همچنین باید یاد بگیرد که تفاوت بین آب و میعانات هیدروکربنی را تشخیص دهد. آب یا به صورت قطرات ریز/مه (آب) یا کریستال های مات (یخ) ظاهر می شود در حالی که مایعات هیدروکربنی به صورت فیلم براق ظاهر می شوند. در برخی از طرح ها از سطح مشکی مات یا ساییده شده برای هیدروکربن ها استفاده می شود در حالی که از سطح فلز صیقلی برای آب

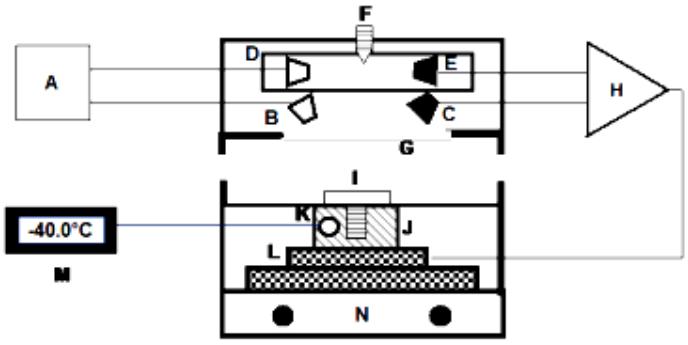
استفاده می شود.

قرائت نقطه شبنم ذهنی است، زیرا هر اپراتور باید در هر دو مورد تصمیم بگیرد که چه زمانی چگالش رخ می دهد و سپس میعانات را شناسایی کند. آینه‌های سرد دستی معمولا برای چک‌های نقطه‌ای استفاده می‌شوند و خود را به ارائه خوانش‌های پیوسته آنلاین نمی‌دهند.

آینه های سرد خودکار از یک ماژول خنک کننده ترموالکتریک متصل به یک آینه استفاده می کنند(شکل ۲–۲). ماژول خنک کننده از یک پشته چند مرحله ای از آرایه های اتصالات P-N تشکیل شده است که در جهت پشت سر هم قرار گرفته اند. هنگامی که جریان مستقیم به اتصالات P/N اعمال می شود، الکترون ها از اتصالات P جریان می یابند و سوراخ هایی را ترک می کنند. حفره های انرژی پر از انرژی گرمایی است که از آینه جاری می شود. اتصالات P-N علاوه بر این از نظر حرارتی به یک هیت سینک فلزی متصل می شوند. اگر قطبیت جریان معکوس شود آینه گرم می شود. نور مرئی یا مادون قرمز ساطع می شود و برای انعکاس از آینه تنظیم می شود.

نور منعکس شده توسط یک آشکارساز نور دریافت می شود. وقتی آینه به اندازه کافی خنک شود، بخار آب روی آینه متراکم می شود و نور دریافتی توسط ردیاب نوری به دلیل جذب و پراکندگی نور فرودی کاهش می یابد. سپس سیگنال فتودکتور در یک حلقه کنترل بازخورد برای حفظ جرم ثابت استفاده می شود. یک PRTD دقیق (ردیاب دمای مقاومت پلاتین) دمای آینه را اندازه گیری می کند. پمپ حرارتی نیز می تواند با تبرید (هسته اواپراتور) یا بلوک مایع خنک کننده تقویت می شود.

قابلیت اندازه گیری کلی آینه سرد معمولی ۸۰– تا ۸۵+ درجه سانتی گراد است. تعداد مراحل خنک کننده ترموالکتریک، کمکی، محدوده کامل را کنترل می کند. این سیستم دقت بسیار خوبی ارائه می دهد و به طور گسترده ای برای ارائه استانداردهای مرجع آزمایشگاهی برای برنامه های کالیبراسیون و اندازه گیری استفاده می شود. با این حال، ردپای و طراحی اکثر سیستم‌های آینه سرد به این معنی است که آنها محدود به کاربردهای آزمایشگاهی بوده و هستند. تکرارپذیری قبلی فقط در ابزار استاندارد آزمایشگاهی یافت می شود. در نتیجه، این ابزارها می توانند هم برای کالیبره کردن سنسورهای نوع امپدانس موجود در محل و هم سنسورهای رطوبت بسیار پایدار در نوع خود، با دقت بالا مورد استفاده قرار گیرند(۱٤) .



A	IR Emitter Regulator
B	IR Emitter
C	IR Detector
D	IR Emitter Reference
E	IR Detector Reference
F	Iris Adjustment
G	Optical Window
H	Operational Amplifier
I	Mirror
J	Mirror Block
K	PRT (Temperature Sensor)
L	Multistage Thermoelectric Cooler
M	Temperature Indicator
N	Heat Sink/Heat Exchanger (Liquid Cooled)

شکل ۲–۲ آینه اتوماتیک سرد

۳- تحقیقات انجام شده

محمدی و همکاران(۱٤۰۰)،به تحقیقی با عنوان شبیه سازی و بررسی فرآیند واحد تنظیم نقطه شبنم یک پالایشگاه گازی و استفاده از سیکل سردسازی پروپان به منظوردستیابی به شرایط بهینه عملکرد فرآیند پرداختند.در این تحقیق از نرم افزار اسپن هایسیس نسخه ۱۰ جهت شبیه سازی و بهینه سازی یکی از پالایشگاه های گازی جنوب کشور که با بررسی مشکلات فرآیندی موجود در آن انجام شده است.داده های مورد نیاز جهت انجام مطالعه از طریق اطلاعات و روابط تجربی و بازدید های میدانی از واحد مورد نظر حاصل شده است.نتایج این تحقیق نشان می دهد که با عایق بندی ادوات و تجهیزات موثر در تنظیم نقطه شبنم گاز طبیعی ،می توان نقطه شبنم گاز را تا ٤ درجه سانتیگراد کاهش داد (۱۵).

قنواتی نسب، علی و محسنی، احسان(۱۳۹۹)، تحقیقی با عنوان بررسی اصول نم زدایی از گاز طبیعی در

صنایع نفت و گاز را انجام دادند. در این تحقیق روش های مختلف جذب رطوبت از گاز طبیعی بوسیله جامد جاذب و مایعات جاذب بررسی شدند. همچنین به نقش بازدارنده ها در کاهش تشکیل هیدرات و نیز در نم زدایی گاز طبیعی توضیح داده شده اند.هدف این تحقیق بررسی نم زدایی از جریان گاز طبیعی و مشکلات فرآیندی ناشی از آن در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی پرداخته شده است (١٦).

موسوی، سید محمد و همکاران(۱۳۹۸)، تحقیقی با عنوان بهینه سازی شرایط عملیاتی واحد نم زدایی گاز طبیعی پالایشگاه سرخون و قشم را انجام دادند. این تحقیق به منظور شناسایی پارامترهای موثر در کاهش تولید ناشی از افت فشار مخزن که در نتیجه ی آن تغییرات زیادی در شرایط عملیاتی واحد گازی پالایشگاه سرخون و قشم اتفاق افتده مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق از نرم افزار اسپن پلاس به منظور مشخص نمودن پارامترهای فرآیندی واحد نم زدایی پالایشگاه سرخون و قشم استفاده شد. نتایج حاصل شده از مدل سازی با اطلاعات طراحی این واحد اعتبار سنجی شدند. در نهایت مقادیر عملیاتی با توجه به شرایط واحد نم زدا بهینه سازی آنها انجام شد (۱۷).

حیدریان، مصطفی و انجم روز، سیدبشارت(۱۳۹۸)، تحقیقی با عنوان مشکلات طراحی و ساخت رینگ ساپورت گرید جهت جلوگیری از عبور مولکولارسیوهای واحد نم زدایی پالایشگاه گاز بید بلند فاز ۲ را انجام دادند. این تحقیق به منظور بررسی مشکلات ناشی از مولکولارسیوها در خشک کننده ها درپالایشگاه گاز بید بلند هنگام شارژ آنها انجام شد. بدین منظور پارامترهای ارتفاع در هنگام شارژ و ارتفاع مش از نگهدارنده آن، دانسیته مولکولارسیوها و روش نصب آنها و ساپورت مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج این تحقیق نشان داد که محاسبه ی دانسیته مولکولارسیوها درست نبوده و نیز طرز نصب مش ها اشتباه بوده، همچنین ارتفاع مناسب جهت شارژ به درستی انتخاب نشده است (۱۸).

نصیری، رسول و فقیهی، وحیده(۱۳۹۸)، تحقیقی با عنوان علوم مهندسی اپتیک و مزواسکیل برای تعیین نقطه شبنم گاز طبیعی و پیشگویی سرعت های رشد قطرات را انجام دادند. در این تحقیق با طراحی دستگاه آنالیزور لیزری فیدبک اپتیکی که برای اولین بار در کشور ایجاد و ساخته شده است اقدام به اندازه گیری دقیق میزان بخار آب در جریان گازی گردید. دستگاه طراحی شده درای وزن ۲۵ کیلوگرم و ابعاد ۲۵*۶۰*۸۰ سانتی متر می باشد. این دستگاه قابلیت تعیین نقطه شبنم در محدوده ی فشار ۱-۱۰۰ بار و میزان دقت آن ۰,۵ درجه سیلیسوس می باشد. از این دشتگاه می توان در واحدهای مختلف نفت و گاز مانند ایستگاههای تقویت فشار،پالایشگاه گاز،میدان های گازی و ایستگاههای صادرات گاز استفاده نمود

(۱۹).

اخوان و کولانی(۱۳۹۸)،تحقیقی با عنوان شبیه سازی وبهینه سازی نقطه شبنم هیدروکربنی پالایشگاه های گازطبیعی جهت کاهش آسیب به تجهیزات صنایع بالادستی را انجام دادند.از نرم افزار اسپن هایسیس در این تحقیق به منظور بهینه سازی فرایند ژول تامسون و بررسی اثرات تغییرات دما و فشار و نیز میزان جریان واحد صنعتی مورد نظر بر بازده مبدل حرارتی و جداسازی در مخزن مربوطه و تبدیل انرژی بکار برده شده است.در این تحقیق نیز با انجام تغییرات در فشار و دما واحد، شرایط در حالت پایا شبیه سازی مورد نظر انجام گردید.نتایج بدست آمده از این تحقیق که از اطلاعات آزمایشگاهی و شبیه سازی فرآیند حاصل شده است، نشان می دهد که مبدل حرارتی مورد نظر بازدهی لازم را ندارد.همچنین جهت بهینه سازی این واحد پیشنهاد استفاده تعویض شیر کنترل فشار شکنو استفاده از فیلتر سیکونی ارائه شده است (۲۰).

صدیقی نسب، حجت اله و سعادتی، زهره(۱۳۹۶)، تحقیقی با عنوان بررسی نم زدایی با جاذب غربال مولکولی MCM-48 و مقایسه آن با سیلیکاژل در شرکت پالایش گاز بیدبلند را انجام دادند. در این تحقیق جاذب های مورد استفاده جهت نم زدایی گاز که شامل غربال مولکولی MCM-48 و سیلیکاژل مورد ارزیابی قرا گرفتند. این تحقیق با هدف بررسی این دو جاذب در واحد نم زدایی گاز شرکت پالایش گاز بیدبلند انجام شد. در این تحقیق در شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از هوا بجای گاز طبیعی، مقادیر جذب این دو ماده جامد جاذب بررسی و نتایج آن نشان داد، شرایط جذب سیلیکاژل از ماده ی جامد جاذب غربال مولکولی بهتر می باشد (۲۱).

محمدنیاکان، میلاد و محبی، وحید(۱۳۹۶)، تحقیقی با عنوان مدل سازی سیکل جذب PTSA برای نم زدایی از گاز طبیعی انجام دادند.خوراک این مطالعه شامل مخلوطی از گاز متان، بخار آب، CO_2، هیدروکربن سنگین و نیز شامل مقادیر دیگری از ناخالصی ها می باشد. بدین منظور از عملکرد چرخه ای سیستم جذب دو لایه به صورت ۵ مرحله پشت سرهم به منظور کاهش میزان آب در جریان گاز طبیعی استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان دهنده جذب مطلوب بخار آب از سیستم بوسیله سیکل جذب PTSA را نشان می دهد (۲۲).

مکی پور، رضا و همکاران(۱۳۹۶)، تحقیقی با عنوان بررسی میزان تاثیر پارمتراهای عملیاتی بر نقطه شبنم آبی گاز طبیعی در واحد نم زدایی تاسیسات ذخیره سازی و پالایشگاهی شهید فهمیده را انجام دادند. این تحقیق مربوط به تاسیسات ذخیره سازی و پالایشگاهی شهید فهمیده و به منظور نقطه شبنم آبی واحد نم

زدایی و تنظیم نقطه شبنم و سایر پارامترهای تاثیر گذار بر آن انجام گردید.نتایج این تحقیق نشـان دهنـده ی این موضوع است که اطلاعات بدست آمده از شبیه سازی با نرم افزار با داده های حاصل از شرایط عملیاتی با هم تطابق دارند (۲۳).

بورگاس[۱]و همکاران(۲۰۲۱)، تحقیقی با عنوان توسعه یک روش جدید برای انـدازه‌گیری نقطـه شـبنم آب و گاز را انجام دادند. در این تحقیق روش جدیدی را که به طور بالقوه می‌تواند در تجهیزات برای اسـتفاده در کاربردهای آزمایشگاهی و میدانی برای اندازه‌گیری دقیق نقطه شبنم و یخ زدگی در طیف وسیعی از فشـارها گنجانده شود را معرفی می‌کند. اندازه گیری های اولیه برای نیتروژن، متان و گاز طبیعی انجام شـده اسـت و نتایج با داده های تحقیقات قبلی انجام شده و پیش بینی های مدل مقایسه شده است.

چبی[۲]و همکاران(۲۰۱۹)، تحقیقی با عنوان بهینه سازی آبگیری تـری اتـیلن گلیکـول گـاز طبیعـی را انجـام دادند.آبگیری با استفاده از تری اتـیلن گلیکـول (TEG) بـه طـور گسـترده در فـرآورش گـاز طبیعـی بـرای جلوگیری از خوردگی و مسدود شدن خطوط جریان استفاده می شود. در این تحقیق بهینه‌سازی با اسـتفاده از شبیه‌ساز و ابزار بهینه‌ساز Aspen HYSYS برای به حـداقل رسـاندن هزینـه پـالایش بـا در نظـر گـرفتن مجموعه‌های مختلف پارامترها انجام شد: نرخ گردش TEG، تعداد سینی‌های نظری (در جاذب و ستون گاز عریان ساز)، فشار و دما گاز خوراک، نرخ جریان گاز، سطح قیمت گاز و کاهش نرخ گـاز. در ایـن تحقیـق علاوه بر نتایج شبیه‌سازی کاهش نقطه شبنم معمولی گزارش شده در نشریات دیگر، تحقیق حاضـر حـداقل هزینه پالایش را شامل هزینه‌های آب و برق و سرمایه نیز ارائه می‌کند. نتایج این تحقیق بـر اسـاس مطالعـه بهینه‌سازی پارامتری معیارهای عملکرد را برای طراحی و شرایط عملیاتی بهینه بـرای فرآینـد کم‌آبـی نشـان می‌دهد.

شعیب[۳]و همکاران(۲۰۱۸)، تحقیقی با عنوان شرایط عملیاتی بهینه برای بهبود نقطه شبنم گاز طبیعی و تـوان خروجی میعانات را انجام دادند.پژوهش حاضر بر بهبود نقطه شبنم و نرخ تولید تـراکم واحـد کنتـرل نقطـه شبنم میدان دبعه جنوبی واقع در صحرای غربی مصر و متعلق به شرکت نفت دابای جنوبی متمرکـز اسـت. تأثیر متغیرهای عملیاتی بر نقطه شبنم گاز خروجی و میعانـات تولیـدی مـورد بررسـی قـرار گرفـت. نتـایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که دمای ورودی گاز، ترکیب و سرعت جریان، شیر ژول تامسون (JT) در

[۱] Rod Burgass

[۲] Rachid Chebbi

[۳] Abeer M. Shoaib

پایین‌دست، و فشار بالادست و نرخ جریان بای‌پس داغ تأثیر زیادی بر نقطه شبنم گاز فروش و همچنین خروجی میعانات دارند.

فردا و بالونگان (۲۰۱۸)، تحقیقی با عنوان شبیه سازی کم آبی گاز طبیعی با استفاده از تری اتیلن گلیکول در میدان گازی کرندان را انجام دادند. گاز طبیعی از مخازن معمولا حاوی بخار آب است، وجود بخار آب در فرآوری گاز باعث تاثیر بدی بر تاسیسات فرآیند می شود. داده های ترکیب گاز خشک از در میدان گازی بلک بانگکنای[1] و کارندان[2] در اندونزی قرار دارد گرفته شده است. بهینه سازی آبگیری گاز طبیعی این تحقیق با استفاده از تری اتیلن گلیکول با استفاده از Aspen HYSYS V ۸,٦ با بسته سیال پنگ رابینسون انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی HYSYS مشخص شده اند. برای این شبیه سازی از سه نرخ جریان TEG مختلف استفاده شد. برای راه اندازی اقتصادی واحد صنعتی مورد نظر ، حداقل دبی TEG که میزان آب را تا حد تعیین شده خط لوله کاهش دهد، بسیار مهم است و نتایج به دست آمده نشان داد که حداقل ۳ متر مکعب در ساعت TEG مورد نیاز است (۱۱).

٤- نتیجه گیری

اگر دمای جریان فرآیند کمتر از دمای نقطه شبنم آب جریان گاز باشد، مشکلات متعددی ایجاد خواهد شد. وجود آب در خطوط لوله گاز طبیعی باعث ایجاد خوردگی و فرسایش می شود. علاوه بر این، میعانات آب هیدرات های گاز جامد را تشکیل می دهد که پتانسیل تجمع و مسدود کردن خطوط لوله و تجهیزات را دارند(٢٤) .برای جلوگیری از این مسائل در طول فرآورش و انتقال گاز طبیعی، گاز باید آبگیری شود تا دمای نقطه شبنم آب آن کاهش یابد. یکی دیگر از شاخص های دمای نقطه شبنم آب را می توان از نظر محتوای آب نشان داد. دستورالعملی برای توزیع گاز ارائه و صادر شده است که در آن مقادیر غلظت مجاز آب در گاز از تراکم آب و تشکیل هیدرات جلوگیری می کند. در قاره اروپا دمای نقطه شبنم برای آب ۷- درجه سانتیگراد تنظیم شده است.

تصفیه گاز طبیعی برای فروش عمدتا شامل رسیدن به نقاط شبنم آب و هیدروکربن و در عین حال اطمینان از ویژگی‌های ارزش حرارتی بالا قابل دستیابی از طریق حداقل استخراج اجزای C_5^+ است.

نقطه شبنم به عنوان بالاترین دما (در یک فشار معین) تعریف می شود که در آن هیدروکربن های گاز طبیعی

[1] Bangkanai Block

[2] Karendan

می توانند متراکم شوند.نقطه شبنم به فشار، دما و ترکیب گاز بستگی دارد (۲).دمای نقطه شبنم گاز طبیعی یک پارامتر کیفیت حیاتی است. اگر قرار باشد یکپارچگی و کیفیت گاز طبیعی حفظ شود، کنترل موثر این مشخصه گاز طبیعی مهم است. در ابتدای زنجیره فرآورش گاز طبیعی، کنترل نقطه شبنم گاز بسیار مهم است. فرآیند کنترل نقطه شبنم با هدف اطمینان از عدم تشکیل مایعات (اعم از هیدروکربن یا آب) در خطوط لوله و در نتیجه، حمل و نقل ایمن و قابل اطمینان انجام می شود. مایع محصول جانبی که توسط این فرآیند بازیافت یا تولید می شود، می تواند به عنوان یک سوخت با ارزش استفاده شود یا به طور جایگزین تثبیت شده و به عنوان میعانات به بازار عرضه شود.

منابع

۱. □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□ □□□□□□□ □□□ □□□ □□□□□ □□□□□. □□□□□□□, □□□□□□□□□ □., □□ al. 2012, Journal of Natural Gas Science and Engineering,Volume 6, pp. 43-4۹.

۲.Optimum operating conditions for improving natural gas dew point and condensate throughput . Shoaib, Abeer M ,۲۰۱۸ .,Journal of Natural Gas Science and Engineering,Volume ,٤٥pp.۳۲٤-۳۳۰ .

۳. □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□ □□□□□□□ □□□□□□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□ □□□□ □□□□□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□ □□□□ purity and absorption efficiency: available methods and recent developments. Yang Kong, Zong, et al. ۲۰۱۸, □□□□□□□□ □□ □□□□□□□□ □□□□ □□□□□□□□ □□□□ □□□□□□□□□□□□□,□□□□□□□ ٥٦, □□. ٤٨٦-٥۰۳.

٤. □□□□□□□□□□ □□□□ □□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□ □□□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□ flash gas as stripping gas in a domestic natural gas dehydration unit. Affandy, Sony A., et al. 2020, Engineering Reports,Volume 5, Issue 3.

٥. □ □□□□□□□□ □□□□□□ □□□□□□ □□□□ □□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□ □□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□. □□□□□□ Chong, Daniel Jia, Foo, Dominic C.Y. and Adi Putra, Zulfan. 2023, South African Journal of Chemical Engineering,Volume 44, pp. 51-67.

٦.Simulation, optimization, and sensitivity analysis of a natural gas dehydration unit .Rouzbahani, A. Nemati ,۲۰۱٤ .و غیره ,Journal of Natural Gas Science and Engineering,Volume .۱٥۹-۱٦۹ .,۲۱

۷. □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□ □□□□□□ □□□□ □□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□ natural gas dehydration unit. Ren, Hongji, et al. 2023, Process Safety and Environmental Protection,Volume 170, pp. 259-266.

۸.A novel absorption process for small-scale natural gas dew point control and dehydration .Jiménez-Junca, Carlos, Díaz Rincón, Marcelo و Roa Duarte, Carlos ,۲۰۱٦ .Journal of Natural Gas Science and Engineering,Volume .۲٦٤-۲۷٤ .,۲۹

۹. □□□□□□□□ □□□□. □□□□□□□□□□□□□, □□□□□□□□□□□□□□□□□□. ۲۰۱۷, □□□□□□□ □□□□□□□□,□□□□□□□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□□

Conversion Processes and Applications, pp. 5-79.

۱۰. □□□□□□□□□□□□□□□□ □□□ □□□ □□□ □□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□ □□□□ □□□□□□□□ □□□. □□□□□□□□, □□□□□□□□ □□□ Marín-Cordero, Flavio. 2014, Journal of Natural Gas Science and Engineering,Volume 18, pp. 112-۱۱۹.

۱۱. □□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□ □□□ □□ □□□□□ □□□ □□□□□□□□□ □□□□□□□ □□ □□□□□□□□□ □□□ field. Farda, Eric and Balongan, Akademi Migas. 2018, Journal of Earth Energy Engineering, Vol. 7 No. 1, pp. 11-18.

۱۲. □□□□□□□, □□□□. □□□□□□□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□□□□□ □□□□ □□□□□ □□ □□□□□□□□ □□□. □□□□□□□□ : Michell Instruments, Inc, 2016.

۱۳. □□□□□□□□, □□□□□ □. □□□□ □□□□□ □□□ □□□ □□□,□□□□□□□□ □□□□□ – Properties Processing of Gas From Tight Formations. Laramie, WY, United States : Gulf Professional Publishing, 2017.

۱٤. □□□□□□□□, □□□□□□□. □□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□. □.□. : Global Product & Sales Manager, Panametrics, 2020.

۱۵. عنوان شبیهسازی و بررسی فرآیند واحد تنظیمنقطه شبنم یک پالایشگاه گازی و استفاده هاز سیکل سردسازی پروپان به منظوردستیابی به شرایط بهینه عملکرد فرآیند. لیراوی, محمدی, و غیره. ۱٤۰۰, پژوهش نفت، شماره ۱۲۱٦، دوره۳۱, ص. ۱۷-۳.

۱٦. بررسی اصول نم زدایی از گاز طبیعی درصنایع نفت و گاز. قنواتی نسب, علی و محسنی, احسان. تهران : مؤلف نامعلوم, ۱۳۹۹. اولین کنفرانس بین المللی شیمی و مهندسی شیمی ایران.

۱۷. بهینه سازی شرایط عملیاتی واحد نم زدائی گاز طبیعی پالایشگاه سرخون و قشم. موسوی, سید محمد, فنائی شیخ الاسلامی, محمدعلی و وحیدی, میثم. بجنورد : دانشگاه بجنورد – انجمن مهندسی شیمی ایران, ۱۳۹۸. دومین کنفرانس ملی فرآینده های گاز و پتروشیمی.

۱۸. مشکلات طراحی و ساخت رینگ ساپورت گرید جهت جلوگیری از عبور مولکولارسیوهای واحد نم زدایی پالایشگاه گاز بید بلند فاز ۲. حیدریان, مصطفی و انجم روز, سیدبشارت. تهران : انجمن مهندسی گاز ایران, ۱۳۹۸. کنفرانس بین المللی فناوری های جدید در صنایع نفت،گاز و پتروشیمی.

۱۹. علوم مهندسی اپتیک و مزواسکیل برای تعیین نقطه شبنم گاز طبیعی و پیشگویی سرعت های رشد قطرات. نصیری, رسول و فقهی, وحیده. تهران : دانشگاه علم و صنعت ایران, ۱۳۹۸. چهارمین همایش ملی اندازه گیری جریان سیالات در صنایع نفت،گاز ، پالایش، پتروشیمی و آب.

۲۰. شبیه سازی وبهینه سازی نقطه شبنم هیدروکربنی پالایشگاه های گازطبیعی جهت کاهش آسیب به تجهیزات صنایع بالادستی. اخوان, محمد رضا و کولایی, احسان. تهران : بنیاد مستضعفان انقلاب اسلامی مرکز مقاومت بسیج, ۱۳۹۸. همایش تجربه کاوی اقتصاد مقاومتی.

۲۱. بررسی نم زدایی با جاذب غربال مولکولی MCM-٤۸ و مقایسه آن با سیلیکاژل در شرکت پالایش گاز بیدبلند. صدیقی نسب, حجت اله و سعادتی, زهره. زنجان : دانشگاه زنجان–انجمن مهندسی شیمی ایران, ۱۳۹٦. دومین سمینار شیمی کاربردی ایران.

۲۲. مدل سازی سیکل جذب PTSA برای نم زدایی از گاز طبیعی. محمدنیاکان, میلاد و محبی, وحید. تهران : دانشگاه

غیردولتی- غیرانتفاعی ایوانکی, ۱۳۹٦. کنفرانس ملی کاربرد فناوری های نوین در علوم و مهندسی، برق و کامپیوتر و IT.

۲۳. بررسی میزان تاثیر پارمتراهای عملیاتی بر نقطه شبنم آبی گاز طبیعی در واحد نم زدایی تاسیسات ذخیره سازی و پالایشگاهی شهید فهمیده. مکی پور, رضا, عابدینی, رضا و محمد حسینی, حسن. همدان : مؤلف نامعلوم, ۱۳۹٦. اولین همایش بین المللی نفت،گاز ، پتروشیمی و HSE.

۲٤. □□□□□□□□□□□□ □□□□□□ □□ □□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□ □□□□□□□□□□□ □□□ □□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□ gas with a significant amount of CO2: Sleipner gas as a case study. Kvamme, Bjørn and Aromada, Solomon Aforkoghene. 2018, Journal of Chemical & Engineering Data, pp. 832-8٤٤.

۲۵. □□□□□□□□□, □□□□□□□□. □□□□□□□□ □□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□ □□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□. □.□. : Elsevier Inc, 2014.