



بهینه‌سازی مصرف انرژی و شبیه‌سازی دینامیکی برج احیاکننده در
واحد شیرین‌سازی مورد کاوی پالایشگاه گاز پارس جنوبی

مؤلفین :

دکتر فاطمه خاموشی ابرقوئی ، جابر غلامی شیرینی



نشر دانشگاهی فره‌مند

نام کتاب: بهینه سازی مصرف انرژی و شبیه سازی دینامیکی برج احیا کننده در واحد شیرین سازی مورد

کاوی پالایشگاه گاز پارس جنوبی

مولفین : دکتر فاطمه خاموشی ابرقوئی ، جابر غلامی شیرزی

سال چاپ: اول ۱۴۰۴

شمارگان: ۱۰۰

بها : ۲۵۰۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۴۹۸۰-۶۹-۴

حق چاپ برای نشر دانشگاهی فره‌مند محفوظ می‌باشد.

نشانی: تهران، خیابان انقلاب، روبروی در اصلی دانشگاه تهران، پاساژ فروزنده، طبقه اول، واحد ۴۱۹

تلفن : ۶۶۴۱۰۶۸۸ - ۶۶۹۶۸۶۱۴

www.farbook.ir

telegram: @farhamandpress

سرشناسه	: خاموشی ابرقوئی، فاطمه، ۱۳۵۸-
عنوان و نام پدیدآور	: بهینه‌سازی مصرف انرژی و شبیه‌سازی دینامیکی برج احیاکننده در واحد شیرین‌سازی موردکاوی پالایشگاه گاز پارس جنوبی/مولفین فاطمه خاموشی ابرقوئی، جابر غلامی شیرزی.
مشخصات نشر	: تهران: نشر دانشگاهی فره‌مند، ۱۴۰۴.
مشخصات ظاهری	: ۶۲ ص: مصور (رنگی)، جدول (رنگی)، نمودار (رنگی).
شابک	: ۲۵۰۰۰۰۰ ریال ۹۷۸-۶۲۲-۴۹۸۰-۶۹-۴
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
یادداشت	: واژه‌نامه.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: گاز طبیعی -- بوردابی -- نمونه‌پژوهی Natural gas -- Sweetening -- Case studies گاز -- ایران -- پالایشگاه‌ها -- شبیه‌سازی کامپیوتری -- نمونه‌پژوهی Gas refineries -- Iran -- Computer simulation -- Case studies* انرژی -- استفاده بهینه -- ایران -- نمونه‌پژوهی Force and energy -- *Optimization -- Iran -- Case studies
شناسه افزوده	: غلامی شیرزی، جابر، ۱۳۷۳-
رده بندی کنگره	: TP۷۵۴
رده بندی دیویی	: ۶۶۴/۷۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۰۳۸۷۷۵۸
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیا

پیشگفتار

ایران به عنوان یکی از غنی ترین کشورهای جهان از نظر منابع انرژی، به ویژه منابع گازی، نقش بسزایی در تأمین انرژی منطقه و جهان ایفا می کند. میدان گازی پارس جنوبی، به عنوان بزرگ ترین میدان گازی جهان، میراثی ارزشمند در دل آب های خلیج فارس است که میان ایران و کشور قطر مشترک است. بهره برداری بهینه و اصولی از این منبع عظیم انرژی، نیازمند دانش فنی عمیق، طراحی دقیق فرآیندها و استفاده از فناوری های پیشرفته در حوزه پالایش و شبیه سازی فرآیندهای گاز است.

یکی از مراحل حیاتی در پالایش گاز طبیعی، فرآیند **شیرین سازی گاز ترش** است که در آن، گازهای اسیدی مانند سولفید هیدروژن و دی اکسید کربن از گاز طبیعی حذف می شوند. این فرآیند نه تنها برای جلوگیری از خوردگی تجهیزات و افزایش ایمنی ضروری است، بلکه کیفیت نهایی گاز را نیز تعیین می کند. در میان روش های متداول، استفاده از آمین ها به عنوان جاذب گازهای اسیدی، روشی مؤثر و صنعتی است که با بهره گیری از برج های جذب و احیا انجام می شود.

در این کتاب، به طور خاص به **شبیه سازی پایا و دینامیک برج احیای آمین** در واحد ۱۰۱ شیرین سازی گاز ترش پرداخته شده است. تمرکز اصلی این تحقیق، بررسی عملکرد این برج در شرایط مختلف عملیاتی، بهینه سازی مصرف انرژی و افزایش بازدهی جداسازی است. با استفاده از مدل سازی های دقیق و تحلیل داده های شبیه سازی، نتایج ارزشمندی به دست آمده که می تواند راهگشای بهینه سازی عملکرد واحدهای مشابه در صنعت گاز کشور باشد.

امید است این مجموعه بتواند مورد استفاده مهندسان، دانشجویان، پژوهشگران و فعالان حوزه صنایع نفت و گاز قرار گیرد و گامی کوچک در مسیر پیشرفت صنعت انرژی کشور عزیزمان ایران باشد.

مؤلفین

فهرست مطالب

۷	۱. فصل اول: مقدمه و کلیات.....
۸	۱-۱- مقدمه.....
۸	۱-۲- لزوم حذف ترکیبات گوگردار.....
۱۰	۱-۳- فازهای ۴ و ۵.....
۱۱	۱-۴- واحد ۱۰۱ شیرین سازی.....
۱۳	۱-۵- مشخصات خوراک.....
۱۳	۱-۶- حصولات واحد.....
۱۳	۱-۶-۱- گاز محصول.....
۱۴	۱-۶-۲- گاز اسیدی.....
۱۴	۱-۶-۳- گاز آزادشده.....
۱۴	۱-۷- توصیف فرآیند.....
۱۴	۱-۷-۱- بخش جداسازی.....
۱۵	۱-۷-۲- بخش جذب.....
۱۷	۲. فصل دوم: مرور نظام مند ادبیات فنی و مطالعات پیشین.....
۱۸	۲-۱- مطالعات داخلی.....
۱۹	۲-۲- پیشینه خارجی.....
۲۳	۳. فصل سوم: شرح جامع مواد و روش های موردکاوی.....
۲۴	۳-۱- مقدمه.....
۲۴	۳-۲- تئوری شیرین سازی گاز ترش با آمین ها.....
۲۵	۳-۳- مراحل فرایند شیرین سازی.....
۲۵	۳-۴- روش های تصفیه گازهای اسیدی.....
۲۶	۳-۴- تعریف واکنش ها.....
۲۶	۳-۵- حد مجاز دی سولفید هیدروژن.....
۲۷	۳-۶- دیاگرام جریان های فرایندی واحد ۱۰۱.....
۲۸	۳-۷- مشخصات خوراک.....
۲۹	۳-۸- شبیه سازی پایا.....
۲۹	۳-۹- فلوشیت واحد شبیه سازی شده.....
۳۰	۳-۱۰- بهینه سازی برج احیا.....
۳۴	۴-۱- مقدمه.....
۳۴	۴-۲- برخی از دلایل لزوم بهینه سازی در فرایندهای مهندسی عبارتند از:.....
۳۴	۴-۳- دسته بندی انواع مسائل بهینه سازی.....
۳۵	۴-۴- تعریف مسئله بهینه سازی.....
۳۵	۴-۶- بهینه سازی کلاسیک.....

۳۶	۴-۷-بهینه‌سازی به کمک روش‌های فراابتکاری.....
۳۶	۴-۸-بررسی مراحل بهینه‌سازی
۳۰	۳-۱۱-شبیه‌سازی دینامیک برج احیا.....
۳۳	۴. فصل چهارم: نتایج حاصل از شبیه‌سازی و آزمایش‌ها موردکاوی
۳۷	۴-۹-شبیه‌سازی برج احیا.....
۳۸	۴-۱۰-منحنی تغییرات دما در طول برج احیا.....
۳۹	۴-۱۱-منحنی تغییرات فشار در طول برج احیا.....
۴۰	۴-۱۲-منحنی تغییرات جزء مولی دی اکسید کربن در طول برج احیا.....
۴۰	۴-۱۳-منحنی تغییرات جزء مولی دی سولفید هیدروژن در طول برج احیا.....
۴۱	۴-۱۴-منحنی تغییرات جزء مولی MDEA در طول برج احیا.....
۴۲	۴-۱۵-منحنی تغییرات جزء مولی آب در طول برج احیا.....
۴۲	۴-۱۶-بهینه‌سازی برج احیا.....
۴۴	۴-۲۰-بررسی نتایج بهینه‌سازی
۴۴	۴-۲۱-بررسی تغییرات دما در طول برج احیا بعد از بهینه‌سازی
۴۵	۴-۲۲-بررسی تغییرات فشار در طول برج احیا بعد از بهینه‌سازی
۴۶	۴-۲۳-بررسی تغییرات جزء مولی دی اکسید کربن در طول برج احیا بعد از بهینه‌سازی
۴۷	۴-۲۴-بررسی تغییرات جزء مولی دی سولفید هیدروژن در طول برج احیا بعد از بهینه‌سازی
۴۷	۴-۲۵-بررسی تغییرات جزء مولی MDEA در طول برج احیا بعد از بهینه‌سازی.....
۴۷	۴-۲۶-منحنی تغییرات جزء مولی آب در طول برج احیا بعد از بهینه‌سازی.....
۴۷	۴-۲۷-بررسی تأثیر دمای خوراک ورودی بر درصد جزء مولی دی سولفید هیدروژن و دی اکسید کربن در برج احیا
۴۹	در فشار ثابت.....
	۴-۲۸-منحنی تأثیر فشار خوراک ورودی بر درصد جزء مولی دی سولفید هیدروژن و دی اکسید کربن در برج احیا در دمای ثابت ۴۹
	۴-۲۹-بررسی تأثیر دبی مولی خوراک ورودی بر درصد جزء مولی دی سولفید هیدروژن و دی اکسید کربن در برج احیا در دما و فشار ثابت.....
۵۰	۴-۳۱-بررسی تأثیر نوسانات دبی جریان بر روی درصد مولی دی سولفید هیدروژن و دی اکسید کربن در شبیه‌سازی دینامیک.....
۵۲	۵. فصل پنجم: تحلیل نتایج و جمع‌بندی نهایی موردکاوی و راهبردها.....
۵۶	۵-۱-مقدمه
۵۶	۵-۲-بحث در نتایج.....
	۵-۳-نتایج حاصل از شبیه‌سازی دینامیک ۵۶
۵۸	۵-۴-پیشنهادهات.....

فصل اول: مقدمه کلیات

۱-۱- مقدمه

بندر عسلویه در ۲۷۰ کیلومتری جنوب شرقی بوشهر و مشرف به خلیج فارس قرار گرفته است. این منطقه از نظر آب و هوایی بسیار گرم و مرطوب بوده و از نظر جغرافیایی مکان مناسبی برای سرمایه گذاری های کلان اقتصادی است. در فاصله ۱۰۵ کیلومتری این بندر در دل آب های خلیج فارس یکی از عظیم ترین میدان های گازی جهان به نام پارس جنوبی است که میان ایران و قطر مشترک است که وسعت بخش ایرانی آن برابر ۳۷۰۰ کیلومتر مربع و ذخیره در جای آن ۴۶۴ تریلیون فوت مکعب است که معادل ۸ درصد کل ذخایر گازی جهان و ۵۰ درصد ذخایر گازی شناخته شده در کشورمان است.

گاز به عنوان سوخت ممتاز تلقی می شود؛ چراکه فاقد بو و دود است و خاکستر بر جای نمی گذارد، یعنی درحالی که محاسن برق را دارد هزینه آن کمتر است. گاز طبیعی قبل از مصرف باید پالایش شود و این مهم به وسیله مواد جاذب با ترکیبات مختلف صورت می گیرد.

به طور کلی هدف از عملیات شیرین سازی تبدیل مرکپتان های اسیدی (و با بوی نامطبوع) موجود در فرآورده های نفتی به دی سولفیدهای کم ضررتر است. ضمناً احتمال حذف یا تبدیل سایر ترکیبات گوگردی نیز وجود دارد. غالباً گازی که از منابع نفتی و یا از صنایع نفت، گاز و پتروشیمی حاصل می شود دارای مقادیر متفاوتی کربن دی اکسید و هیدروژن سولفید مرکز مرکپتان ها و سایر مشتقات گوگرد است. این گاز اصطلاحاً گاز ترش^۱ نامیده می شود.

تصفیه گاز و شیرین سازی در حقیقت جدا کردن مواد یاد شده از گاز طبیعی و یا گاز مایع است. پس از آن مسئله بازیافت گوگرد در سیستم شیرین سازی گازهای ترش از مهم ترین مسائل است. گرچه این مسئله ممکن است به علت فراوانی گوگرد از نظر اقتصادی به صرفه نباشد، اما از نظر مسئله آلودگی هوا و محیط زیست و لزوم کنترل آن و نیز خورنده بودن این عنصر حائز اهمیت است. گازهای اسیدی حاصل از پالایش نفت و گاز در واحد بازیافت گوگرد (SRU) در اثر تماس با هوا اکسید می شوند و گوگرد تولید می کنند، اما تمامی هیدروژن سولفید موجود در این مرحله اکسید نمی شود و مقداری در گاز به صورت مازاد (Tail Gas) باقی می ماند. بنابراین در سیستم های پیشرفته بازیافت گوگرد، سعی بر یک جدا سازی کامل است. البته عملیات بازیابی گوگرد خود مقوله ای است جداگانه که پس از حذف عوامل گوگردار در گازها، به آن می پردازند.

۱-۲- لزوم حذف ترکیبات گوگردار

گازی که از مخازن حوضچه های نفتی استخراج و منتقل می شود شامل ناخالصی هایی عمدتاً از ترکیبات زیر است:

۱. آب

۲. گازهای اسیدی شامل انیدرید کربنیک، سولفید هیدروژن، ترکیبات گوگردی از قبیل مرکاپتان

ها و کاربوتیل سولفاید

۳. اکسیژن

۴. متانول یا گلیکول

۵. هیدروکربورهای سنگین

مقدار زیاد هیدروژن سولفید به علت نداشتن ارزش حرارتی، مطلوب نیست و زدودن آن گذشته از لزوم آن برای تولید محصول با کیفیت استاندارد، از نظر جلوگیری آلودگی و خوردندگی جداره‌های فولادی ضروری است. گاز سولفید هیدروژن موجود در خوراک واحد، با اهمیت‌ترین ناخالصی در گاز است که حذف و به عبارت دیگر کاهش مقدار آن تا حد مجاز و قابل قبول ضرورت دارد.

سولفید هیدروژن خورنده لوله‌های استیل است و به هنگام ضرورت باید از گازهای ترش حذف شود؛ زیرا این عمل ضمن افزایش کیفیت گاز تصفیه شده، بازبایی قابل فروش را نیز میسر می‌کند. ترکیبات دیگر گوگرد مانند کاربوتیل سولفاید و مرکاپتان‌ها جهت عوارض نامطلوب عملیاتی و تأمین کیفیت مطلوب نهایی باید جدا شوند.

با توجه به خواص مضر سولفید هیدروژن، مرکاپتان‌ها و گوگرد آزاد، این نتیجه حاصل می‌شود که این مواد مزاحم‌ترین مواد خارجی موجود در فرآورده‌های سبک و گاز طبیعی هستند و در درجه اول هدف از عملیات تکمیلی، حذف این مواد و یا تبدیل آن به ترکیبات کم ضررتر است. همان‌طور که اشاره شد، عمل حذف یا تبدیل این مواد را «شیرین کردن» می‌گویند. بر حسب تعریف، فرآورده‌ای را شیرین می‌گویند که از ترکیب مقدار ۱۰ سانتی‌متر مکعب از محلول پلمبیت سدیم قلیایی (PbO_2Na_2) با مقدار کمی گوگرد مخلوط شود و تکان داده شود، هیچ نوع رسوب سیاه‌رنگ و یا تاری ایجاد نشود.

حذف دی سولفید هیدروژن و عمل شیرین‌سازی در عمل نوعی از مقابله با مسئله خوردگی است. خوردگی ناشی از گوگرد و ترکیبات آن هم در خط لوله و هم در مخازن موجب مشکلاتی می‌شود. بنابراین به منظور جلوگیری از خوردندگی گاز در لوله‌های انتقال باید دی سولفید هیدروژن آن را جدا کرد. روش تصفیه گاز به همین دلیل توسعه و پیشرفت کرده است.

روش شیرین کردن گاز با آمین به دلیل بالا بودن فشار و حجم زیاد آن پیشرفت بسیاری داشته است.

مقدار غلظت گازهای اسیدی در گاز طبیعی در انتخاب نوع پروسس تصفیه (شیرین کردن) گاز بسیار مؤثر است. بعضی از پروسس‌ها برای جذب مقدار زیاد گازهای اسیدی مناسب‌اند که در این حالت گاز تصفیه شده دارای مقدار نسبتاً زیادی (بیش از مقدار استاندارد) گاز اسیدی است. در بعضی از پروسس‌های دیگر مقدار گاز اسیدی موجود در گاز تصفیه شده به چند قسمت در هزار (PPM) می‌رسد. این نوع پروسس‌ها برای گازهای طبیعی، که دارای گاز اسیدی با درصد کم هستند، به کار می‌رود.

انتخاب نوع ماده‌ای که برای شیرین کردن گاز به کار می‌رود نشانگر آن است که چند نوع گاز اسیدی و تا چه مقدار باید از محیط عمل خارج شود. در بعضی از روش‌های تصفیه (شیرین کردن) گاز، تنها یک نوع از گاز اسیدی موجود در گاز طبیعی جذب می‌شود و در بعضی حالات کلیه گازهای اسیدی موجود در گاز طبیعی از محیط خارج می‌شوند. بعضی از مواد شیرین کننده گاز مقداری از هیدروکربن‌ها را نیز جذب می‌کند. عمل تصفیه (شیرین کردن) گاز طبیعی همواره در فشار زیاد انجام می‌شود، ولی در موارد استثنائی پروسس‌هایی وجود دارد که گاز را در فشار پایین تصفیه می‌کند. در اغلب پروسس‌ها یا کنترل درجه حرارت بیش از درجه حرارت محیط انجام می‌شوند. بعضی از روش‌های تصفیه، در صورتی که مقدار گاز کم باشد، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است، ولی در همین روش‌ها اگر مقدار حجم گاز مورد تصفیه زیاد شود، از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر نیست.

۳-۱- فازهای ۴ و ۵

فازهای ۴ و ۵ این طرح به منظور تولید روزانه ۵۰ میلیون متر مکعب گاز طبیعی برای مصارف داخلی و صادرات، و همچنین تولید سالانه حدود ۱/۰۵ میلیون تن گاز مایع (LPG) و تولید روزانه هشتاد هزار شبکه میعانات گازی و ۴۰۰ تن گوگرد برای صادرات و تولید سالانه ۱ میلیون تن اتان به عنوان خوراک واحدهای پتروشیمی طراحی شده است. عملیات اجرایی این دو فاز را مشارکت انی ایتالیا (ENI) و پتروپارس در سال ۸۰ آغاز کرده‌اند و اولین مرحله بهره‌برداری آن در شهریور ۱۳۸۳ شروع شده است. تأسیسات دریایی هر فاز به طور مستقل برای تولید روزانه ۱۰۰۰ میلیون فوت مکعب گاز ترش و میعانات گازی همراه طراحی شده است که این تأسیسات نیز در فاصله ۱۱۰ کیلومتری ساحل بندر عسلویه نصب شده‌اند و شامل سکوهای چاهی به ظرفیت هر سکو ۱۵ چاه است.

سکوها دارای دو رشته خط لوله زیردریایی ۳۲ اینچ و ۴/۵ اینچ انتقال گلایکل (MEG)، اتاق کنترل، مولدهای برق، کمپرسورهای هوای ابزار دقیق، جمع‌آوری و تزریق (MEG)، سیستم ارسال توپک و مشعل بوده است که به صورت بهره‌برداری بدون نفر از طریق پالایشگاه صورت می‌گیرد. ظرفیت هر چاه صد میلیون فوت مکعب در روز بوده که پس از تزریق (MEG) برای جلوگیری از خوردگی و یخ‌زدگی به صورت سه‌فازی به ساحل منتقل می‌شود.

گاز تصفیه شده تولیدی فازهای ۴ و ۵ با استفاده از خط لوله ۵۶ اینچ به خط لوله سراسری سوم انتقال گاز ارسال می‌شود.