

پادداشت فنی

شیرین سازی گاز فلر واحد ۲۲ و ۲۳ پارس جنوبی با روش جذب حلال دی متیل آمین

سید سروش موسوی<sup>۱\*</sup>، حمید جلیل پور

<sup>۱</sup> دکتری نفت (انرژی)، <sup>۲</sup> مدیر فنی انرژی های تجدیدپذیر شرکت فجر ۱۷

(دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۵، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۰)

چکیده

گاز ترش به دلیل دارا بودن محتویات گوگردی بسیار بد بو و برای تنفس بسیار سمی است و اگر با آب ترکیب شود بسیار خورنده خواهد بود و باعث آسیب جدی به تجهیزات و محیط زیست خواهند شد. به همین منظور از روش های شیرین سازی برای حفظ موارد ایمنی و تنظیم ترکیب استاندارد محصولات استفاده خواهد شد. مرسوم ترین فرآیند های جذب شیمیایی، شیرین سازی با آمین هاست. در این پژوهش که برای یکی از پروژه های پارس جنوبی انجام شده از حلال متیل دی اتانول آمین بهره گرفته شد تا هیدروژن سولفید موجود در گاز فلر جدا شده و قابل سوختن باشد. به همین منظور ابتدا ترکیبات اسیدی در یک عملیات جذب در فشار کم و دمای بالا از گاز ترش ورودی جدا می شود. در عملیات جذب گاز ترش با محلول آمین، آمین ها در ترکیب با گازهای اسیدی کمپلکس های نمکی تولید می کنند و سپس در یک عملیات دفع با دمای بالا و فشار کم شکسته شده و آمین در یک فرآیند تقطیری احیا می شود. نتایج نشان دادند که این روش توانایی مناسبی برای جداسازی محتویات هیدروژن سولفید از گاز فلر را خواهد داشت و مقدار هیدروژن سولفید در جریان گاز از ۳۱۰ کیلو مول بر ساعت به ۷٫۳ کیلو مول بر ساعت خواهد رسید.

کلید واژه ها: شیرین سازی گاز، پارس جنوبی، متیل دی اتانول آمین، گاز فلر

۱. مقدمه

آمین های شیمیایی به طور گسترده ای در واحدهای تمیز کردن

گاز طبیعی به عنوان یک منبع انرژی پاک به ترتیب ۷۱ و ۵۶ درصد کمتر از نفت و زغال سنگ آلاینده تولید می کند. قبل از اینکه گاز طبیعی را بتوان برای هر کاربرد خانگی و صنعتی مورد استفاده قرار داد، باید عاری از ناخالصی های نامطلوب گردد. متناسب با شرایط خوراک، ترکیب و محیط عملیاتی، تعدادی از روش ها را می توان برای حذف گازهای اسیدی به کار برد. روش های رایج صنعتی برای حذف گازهای اسیدی شامل تصفیه با استفاده از مواد شیمیایی است. آمین ها، مخلوط حلال های فیزیکی و شیمیایی هستند. به طور کلی، گاز خوراک در فشارهای پایین تر به حلال های شیمیایی نیاز دارد در حالی که گاز ترش در فشار بالاتر را می توان با حلال های فیزیکی تصفیه کرد. با این حال، باید توجه داشت که حلال های فیزیکی نیز میل جذبی بالایی برای هیدروکربن های موجود در جریان خوراک دارند. از نظر صنعتی،

گازهای اسیدی به کار می روند و عمدتاً به سه دسته اصلی، یعنی آمین های اولیه، ثانویه و سوم طبقه بندی می شوند. مونو اتانول آمین (MEA) و دی گلیکول آمین آمین (DGA) نمونه هایی از آمین های اولیه هستند، در حالی که دی اتانول آمین (DEA) و مونو دی اتانول آمین (MDEA) به ترتیب نمونه هایی از آمین های ثانویه و سوم هستند. وظیفه سیستم مشعل در پالایشگاه گاز، جمع آوری و سوزاندن تمام گازهایی است که از تجهیزات فرآیندی و یا تاسیساتی تخلیه می شوند. تخلیه گازها ممکن است به صورت پیوسته و به علت نیازهای فرآیندی انجام می شود و یا ممکن است در شرایط اضطراری انجام گیرد. علاوه بر آن گاهی برای کاهش فشار نیز این گازها را به سیستم مشعل هدایت می کنند گاز های تخلیه شده هر فاز که به مشعل برای

سوزانیدن ارسال می شوند به سه گروه تقسیم می شوند

- گازهای پرفشار که ممکن است مرطوب و یا خشک و سرد باشند
- گازهای فشار متوسط که ممکن است مرطوب و یا خشک و سرد باشند
- گازهای کم فشار که ممکن است به شکل مرطوب، خشک و یا مرطوب خیلی کم فشار باشند

به طور کلی، انتخاب یک فرآیند تصفیه گاز مناسب شامل در نظر گرفتن عوامل، ترکیب گاز، و اجزای گوگرد کمیاب، فشار و دمای ورودی، مشخصات خلوص گاز تصفیه شده، نیاز به گزینش پذیری، جذب همزمان هیدروکربن ها، هزینه های سرمایه و عملیاتی فرآیند از جمله هزینه حلال ها و در دسترس بودن آنها، الزامات خوردگی / متالورژی، تلفات شیمیایی و تبخیر، عملکرد زیست محیطی، دفع پساب، محتوای آب برای گاز خام و تصفیه شده می باشد. از آنجایی که واکنش های شیمیایی با تغییر شرایط فیزیکی دما و فشار بین جاذب و ثابت برگشت پذیر هستند، آمین ها برای حذف گازهای اسیدی از جریان گاز هیدروکربنی بسیار مناسب هستند. با این حال، گاهی اوقات واکنش های برگشت ناپذیر تا حدی جزئی رخ می دهد و ترکیبات تخریب را تشکیل می دهد. چنین ترکیبات تخریبی باید به طور دوره ای با تقطیر حذف شوند. آمین ها نسبت به سایر حلال ها بیشتر مستعد تشکیل ترکیبات تجزیه هستند و از همین رو حلال آمین به جهت شیرین سازی گاز فلر انتخاب گردید و پژوهش های پیشین صورت گرفته بر پایه حلال های آمین به صورت زیر معرفی می شود. احمد و همکاران به صورت عددی با بهره گیری از حلال های پایه آمین شیرین سازی گازی را شبیه سازی نمودند. نتایج شبیه سازی با در نظر گرفتن محلول های آمین و محلول های ترکیبی گزارش گردید. پارامترهایی که در این شبیه سازی بررسی شد شامل دمای جاذب، فشار جاذب و غلظت آمین بود. در شرایط پایا، محلول های ترکیبی توانایی بالاتری در شیرین سازی و جداسازی هیدروژن سولفید و کربن دی اکسید از خود نشان دادند [۱]. زاهد و همکاران پژوهشی عددی به منظور شیرین سازی گاز را برای یک مورد مطالعاتی در عربستان مورد پژوهش قرار دادند. در این بررسی از ترکیب مونو اتانول آمین و دی گلیکول آمین به جای محلول آمین استفاده گردید. شبیه سازی در نرم افزار اسپن هایسیس انجام شد و از روش جذب توسط حلال بهره گرفته شد. نتایج نشان داد که بهره گیری از این روش ۳۳٫۹ درصد در مصرف انرژی بویلر صرفه جویی خواهد داشت [۲]. اتونی و همکاران تاثیر حلال متیل دی اتانول آمین را برای شیرین سازی گاز سه نیروگاه در لیبی برای جداسازی

هیدروژن سولفید و کربن دی اکسید پژوهش نمودند. در این پژوهش از نرم افزار هایسیس برای شبیه سازی استفاده گردید. نتایج نشان دادند که ترکیب دو حلال پاپرازین و متان دی اتانول آمین عملکرد بهتری در جداسازی کربن دی اکسید خواهد داشت [۳]. پژوهشی با موضوع جذب کربن دی اکسید توسط محلول های پایه آمین را برای ۱۷۵ پژوهش تجربی توسط پژوهشگران دیگر انجام دادند و در همین ارتباط پارامترهایی همچون دما، فشار جزئی کربن دی اکسید و غلظت حلال های آمین به عنوان پارامتر کلیدی در نظر گرفته شد و با بهره گیری از الگوریتم ژنتیک مدلی برای بررسی عملکرد حلال ها استخراج گردید. نتایج نشان دادند که مدل ارائه شده به خوبی می تواند عملکرد حلال را برای جداسازی کربن دی اکسید از گاز اصلی پیش بینی نماید. [۴]. پژوهشی با موضوع ترکیب دو روش جداسازی بر اساس محلول های هیدرات و جذب شیمیایی توسط محلول های آمین را با هدف شیرین سازی گاز و جداسازی هیدروژن سولفید ارائه نمودند. به منظور بررسی عملکرد روش ارائه شده، پژوهشی تجربی نیز با همین روش انجام گردید و نتایج پژوهش نشان داد که روش جدید مصرف انرژی در حدود ۴۲ درصد از روش های پیشین خواهد داشت [۵]. عملکرد دو حلال پایه آمین را برای شیرین سازی و جداسازی هیدروژن سولفید از گاز ترش در منطقه خلیج فارس برای فاز یک پارس جنوبی بررسی گردید. در این بررسی از شبیه ساز پرومکس استفاده گردید. در این پژوهش تاثیر سه پارامتر مصرف انرژی بویلر، دبی گاز ترش و مصرف حلال آمین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که دبی بهینه برای دو حلال متیل دی اتانول آمین و دی اتانول آمین در این پژوهش به ترتیب ۱۵۰ و ۳۵۰ متر مکعب بر ساعت می باشد. [۶]. در پژوهشی برای شبیه سازی جذب کربن دی اکسید و هیدروژن سولفید در حلال پیپرازین-متیل دی اتانول آمین انجام دادند. مدل جذب از روش استفان-مکسول انجام شد و تاثیر واکنش های صورت گرفته در ضریب انتقال جرم بررسی شد. نتایج شبیه سازی نشان داد که بالاترین جذب کربن دی اکسید و هیدروژن سولفید در دمای ۶۰ درجه و فشار ۳۵ اتمسفر رخ می دهد. [۷]. ز دیگر پژوهش های حوزه شیرین سازی توسط حلال های پایه آمین میتوان به جدول زیر اشاره نمود.

جدول (۱). مروری بر پژوهش های شیرین سازی

شماره	نویسندگان	شیرین سازی	حلال	رفرنس
۱	چاکما و همکاران	CO <sub>2</sub>	MDEA / BHEP	[8]
۲	گابریلسن و همکاران	CO <sub>2</sub>	MEA / MDEA	[9]

هیدروکربن ها چه ترکیب در صدی دارا می باشند گاز فلر یا برای سوختن مورد استفاده قرار می گیرد ( اگر دارای ترکیبات متان و اتان باشند ) ، اما برای اینکه به این جهت مورد استفاده قرار گیرد می بایست هیدروژن سولفید از آن جدا شده و اصطلاحاً شیرین سازی گاز انجام گیرد. در فرآیند شیرین سازی گاز طبیعی به وسیله آمین ها، ابتدا گازهای اسیدی باید در فاز مایع حل شده و سپس با محلول آمین واکنش دهند، جهت بالا بردن حلالیت این گازها در فاز مایع و در برج های جذب از فشارهای بالا استفاده می شود. در مقیاس صنعتی فرآیندهای مختلفی برای جذب گازهای اسیدی با اتانول آمین ها وجود دارد. گازهای اسیدی از قسمت پایین، وارد برج جذب می گردند و از بالا آمین تمیز به صورت جریان متقابل وارد برج می گردد. گاز های اسیدی کربن دی اکسید و هیدروژن سولفید ضمن تماس با محلول آمین پس از نفوذ در فاز مایع ، واکنش شیمیایی داده و به همین صورت گاز ضمن عبور از برج جذب تصفیه می گردد. محلول آمین خروجی از پایین برج که گازهای اسیدی را در خود حل کرده است ضمن گرم شدن در مبدل حرارتی وارد برج تفکیک می گردند. در این پژوهش از حلال آمین نوع سوم متیل دی اتانول آمین استفاده شد. متیل دی اتانول آمین یک آمین نوع سوم بوده و خاصیت بازی آن کمتر از متیل اتانول آمین است و بادر صدهای وزنی ۳۵ تا ۵۰ مورد استفاده قرار می گیرد و دارای گرمای واکنش و فشار بخار کمتری نسبت به متیل اتانول آمین است و همچنین مسائل خوردگی آن نیز کمتر است. از این آمین می توان برای جذب هیدروژن سولفید به صورت انتخابی استفاده کرد. این آمین در برج احیا به گرمای کمتری نیاز خواهد داشت. گاز طبیعی ممکن است حاوی مقادیر زیادی سولفید هیدروژن و دی اکسید کربن باشد. وجود این ترکیبات گاز را به گاز ترش تبدیل می کند. این امر به ویژه به این دلیل است که گوگرد دارای چنان تأثیرات منفی بر کیفیت گاز تولیدی است، به طوری که غلظت هر دو جزء باید قبل از قرار گرفتن در هدایت های توزیع برای استفاده کنندگان از جریان گاز کاهش یابد. مقررات حداکثر هیدروژن سولفید برابر با ۱۳۱ PPM مجاز می سازد. مقدار کربن دی اکسید در گاز تولید شده به مقدار مورد نیاز توسط مقررات بستگی دارد. مقادیر معمولی اجازه می دهد حداکثر غلظت دی اکسید کربن و سایر مواد بی اثر تا ۴٪ مولر گاز باشد. ضرورت یک فرآیند شیرین سازی گاز طبیعی کارآمد به دلایل زیر است:

- ✓ سمیت سولفید هیدروژن
- ✓ تشکیل دی اکسید گوگرد پس از احتراق گاز
- ✓ اثر خوردگی ترکیبات گوگردی در فلزات به ویژه با وجود آب حتی به شکل بخار.

۳	دشموک و همکاران	CO <sub>2</sub> / H <sub>2</sub> S	MEA	[10]
۴	ویلند و همکاران	CO <sub>2</sub> / H <sub>2</sub> S	MEA / DEA / DGA / MDEA	[11]
۵	کورائوف و همکاران	CO <sub>2</sub> / H <sub>2</sub> S	MDEA	[12]

در این پژوهش که برای یکی از پروژه های پارس جنوبی صورت گرفت به منظور شیرین سازی گاز فلر در سه فشار کم ، متوسط و بالا از حلال متیل دی اتانول آمین بهره گرفت شد تا در برج جذب محتویات گوگرد گرفته شده و به گاز شیرین تبدیل شود.

## ۲. روش تحقیق

همانگونه که در جداول مرتبط با گازهای فلر اشاره شده است، گاز های موجود در فلر شامل بخار آب ، هیدروکربن های مختلف، نیتروژن و گوگرد و ... می باشد. در شرایط معمولی در دمای فلر این مواد به صورت گاز می باشند. در مرحله اول جدا سازی بخار آب مطرح می باشد که بوسیله کاهش دما صورت می گیرد. به همین منظور در سیستم پیشنهادی از مبدل آبی و مبدل هوایی استفاده می گردد. در یک کولر هوایی سیال گرم از داخل یک سری لوله پره دار عبور کرده و هوای به جریان در آمده توسط فن با برخورد به این لوله ها سیال را خنک می کند. جریان هوا می تواند به صورت آزاد یا اجباری کار خنک کاری را انجام دهد، که البته معمولاً نوع اجباری دارای کاربرد بیشتری است. در نوع اجباری از فن برای دمیدن یا مکیدن هوا استفاده می شود، در حالی که در حالت آزاد یا طبیعی هوا به واسطه اختلاف چگالی جابجا می شود که در این حالت به یک دودکش برای سرعت بخشیدن به جریان هوا نیاز است. این کولر ها در دو نوع دمشی و مکشی بوده و معمولاً برای نصب بر روی یک سازه قرار می گیرند. اما کولر ها یا مبدل های آبی به صورت پوسته لوله به طور معمول مورد استفاده قرار می گیرند و سیال در بخش پوسته و آب در بخش لوله از سمت مخالف به جریان می افتد و موجب کاهش دمای سیال می گردد. دلیل استفاده همزمان از هر دو مبدل آبی و هوایی در این پژوهش این است که هوا در مناطق نفتی جنوب کشور دمای بالایی داشته و برای کاهش دمای سیال تا حدود ۴۰ درجه مناسب نمی باشد. از طرف دیگر اگر از مبدل آبی به تنهایی استفاده شود به دلیل اینکه آب برگشت دمای بالایی پیدا می کند موجب افزایش خوردگی در لوله ها خواهد شد. به همین دلیل ابتدا سیال به وسیله کولر هوایی کاهش دما پیدا کرده و سپس وارد کولر آبی خواهد شد. سپس متناسب با این که ترکیب

## ✓ اثر خورنده دی اکسید کربن

## ۳. نتایج و بحث

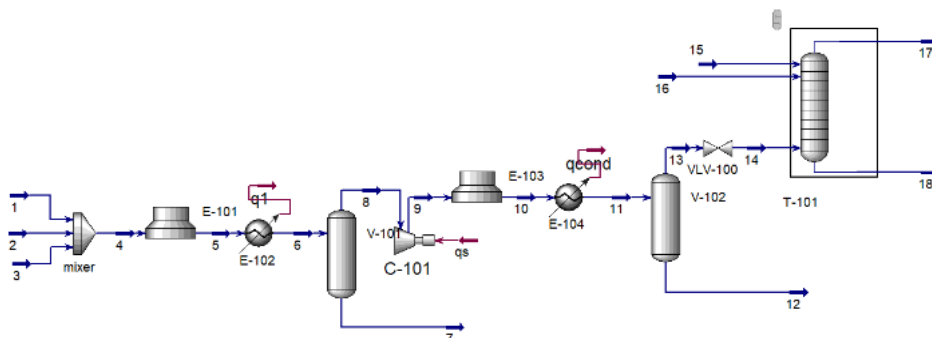
به منظور شبیه سازی این فرایند از نرم افزار اسپس هایسیس بهره گرفته شد که به صورت معمول در صنایع نفت و گاز به منظور مدل سازی فرآیندهای شیمیایی استفاده می گردد. در این پژوهش سه جریان فلر با فشار کم، متوسط و بالا در دسترس می باشد که این سه جریان خطوط فلر با یکدیگر مخلوط شده و وارد مبدل هوایی (E-101) می شوند. برای دستیابی به حداکثر میزان سردسازی، این جریان در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد از مبدل هوایی خارج شده و وارد مبدل آبی (E-102-Trimcooler) شده و تا ۴۰ درجه سانتیگراد خنک می شود. در این مرحله بخار آب جدا شده و خنک کردن این جریان سبب مایع شدن ترکیبات سنگین آن شده و جریان را دو فازی می کند. لذا در مرحله بعد این جریان وارد یک جداکننده دو فازی (V-101) می شود، جریان های بخار و مایع از هم جدا شده و جریان بخار خروجی از آن وارد کمپرسور (C-101) شده و تا فشار ۲۲/۶ بار فشرده می شود. از آنجایی که جداسازی در حلال انجام می گیرد می بایست فشار گاز آنقدر بالا رود تا بتواند در حلال حل شود. شماتیک سیستم پیشنهادی برای شیرین سازی گاز فلر به صورت زیر می باشد که فشار مناسب و سینی های برج جداکننده با روش آزمون و خطا برای دست یابی به بیشترین جداسازی ممکن صورت می گیرد.

جدول (۲). ترکیب جریان های خط فلر

COMPOSITION (MOL %)	HP GAS	MP GAS	LP GAS
H <sub>2</sub> O	15.90	0.88	98
Nitrogen	1.985	0.17	0.07
Carbon Dioxide	1.284	5.9	0.07
H <sub>2</sub> S	0.157	2.01	0.10
C <sub>1</sub>	49.652	10.2	1.22
C <sub>2</sub>	16.518	2.08	0.12
C <sub>3</sub>	9.144	72.2	0.06
i-C <sub>4</sub>	1.217	0.9	0.1
n-C <sub>4</sub>	1.725	0.9	0.03
i-C <sub>5</sub>	0.427	0.76	0.02
n-C <sub>5</sub>	0.387	0.73	0.00
C <sub>6</sub>	0.353	0.9	0.12
C <sub>7</sub>	0.283	0.79	0.18
C <sub>8</sub>	0.217	0.62	0.00
C <sub>9+</sub>	0.147	0.71	0.00
MDEA	0.571	0.00	0.00

جدول (۳). دبی جریان های خط فلر

HEADER	DESIGN FLOW RATE (MMSCFD)
HP wet	1374.76
HP cold	525.17
MP wet	223.87
MP cold	222.5
LP wet	33.38
LP cold	5.16



شکل (۱). شماتیک شبیه سازی با نرم افزار اسپس

آب مایع شده شده (Cold condensate) نیز به بالاترین سینی (شماره ۲۰) وارد می شود که بر میزان جذب سولفید هیدروژن تاثیر مثبتی دارد.

به صورت استاندارد گاز شیرین دارای ترکیب درصد خاصی از محتویات گوگرد می باشد. مقدار سولفید هیدروژن در جریان گاز سوخت باید در محدوده ۵۰ تا ۱۵۰ ppm مولی (حداکثر ۲۰۰ ppm) باشد که طبق نتایج بدست آمده در شرایط داده شده حدود ۱۲۰ ppm بدست می آید که مقدار آن قابل قبول است. در دو جدول زیر خصوصیات گاز فلر ورودی و محصول خروجی از برج جذب نشان داده شده است و همانگونه که مشخص می باشد محتویات هیدروژن سولفید گاز فلر به خوبی جدا شده و آماده بهره برداری می باشد.

با توجه به اینکه فرایند جذب باید در دمای پایین انجام بگیرد جریان خروجی از کمپرسور وارد مبدل هوایی (E-103) شده و تا دمای ۶۰ درجه سانتیگراد خنک شده و سپس با عبور از مبدل آبی (E-104) دمای آن تا ۴۰ درجه سانتیگراد کاهش می یابد. سپس این جریان وارد جدا کننده دوم شده و پس از جدا شدن ترکیبات مایع، جریان بخار به سمت برج جذب هدایت می شود. قسمت عمده جریان مایع خروجی از جدا کننده دوم را آب تشکیل می دهد طبق بررسی انجام شده شرایط بهترین عملکرد برج جذب برای جداسازی گاز سولفید هیدروژن مورد بررسی دقیق قرار گرفت. نتایج نشان داد که برای دستیابی به بهترین عملکرد برج باید دارای ۲۰ سینی بوده و محدوده فشار عملیاتی آن ۹/۸ تا ۱۰/۵ بار باشد. لذا در مسیر گاز ترش ورودی به برج یک شیر قرار داده شد که فشار جریان گازی را تا حدود ۱۱ بار کاهش می دهد. از محلول آمین MDEA با غلظت ۴۵ درصد وزنی به عنوان حلال در برج جذب استفاده شد که وارد سینی ۱۸ برج می شود. یک جریان

جدول (۴). ترکیب جریان گاز فلر قبل از شیرین سازی

Composition						
Components	Molar Flow (kgmole/h)	Mole Fraction	Mass Flow (kg/h)	Mass Fraction	Liquid Volume Flow (m <sup>3</sup> /h)	Liquid Volume Fraction
H <sub>2</sub> O	8279.0746	0.1344	149149.8467	0.0866	149.4373	0.0383
Nitrogen	1016.1666	0.0165	28466.9242	0.0165	54.4247	0.0139
CO <sub>2</sub>	1324.8940	0.0215	58308.3218	0.0338	70.9584	0.0182
H <sub>2</sub> S	310.7416	0.0050	10590.6554	0.0061	16.6426	0.0043
Methane	26103.1247	0.4238	418766.1650	0.2431	1398.0259	0.3580
Ethane	8531.8895	0.1385	256550.8454	0.1489	722.7500	0.1851
Propane	12914.1146	0.2097	569467.5106	0.3306	1125.3902	0.2882
i-Butane	714.6997	0.0116	41540.7762	0.0241	73.9893	0.0198
n-Butane	989.7500	0.0157	56365.1656	0.0327	96.6969	0.0248
i-Pentane	302.0082	0.0049	21789.9790	0.0126	34.9786	0.0090
n-Pentane	278.4300	0.0045	20088.8056	0.0117	31.9276	0.0082
n-Hexane	281.2014	0.0046	24233.1400	0.0141	36.5950	0.0094
n-Heptane	233.5005	0.0036	23397.6942	0.0136	34.0883	0.0087
n-Octane	180.4103	0.0029	20608.4292	0.0120	29.2333	0.0075
C <sub>9</sub> <sup>+</sup>	155.6470	0.0025	23347.0472	0.0136	29.6592	0.0076
MDEamine	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Total	61595.6727	1.0000	1.72267e+06	1.0000	3904.7973	1.0000

جدول (۵). ترکیب جریان گاز فلر بعد از شیرین سازی

Composition						
Components	Molar Flow (kgmole/h)	Mole Fraction	Mass Flow (kg/h)	Mass Fraction	Liquid Volume Flow (m <sup>3</sup> /h)	Liquid Volume Fraction
H <sub>2</sub> O	446.0612	0.0084	8035.9168	0.0053	8.0514	0.0022
Nitrogen	1016.0750	0.0192	28463.7968	0.0187	54.4187	0.0148
CO <sub>2</sub>	1106.7491	0.0209	48707.8066	0.0320	59.2750	0.0161
H <sub>2</sub> S	7.3550	0.0001	250.6723	0.0002	0.3939	0.0001
Methane	26096.8396	0.4930	418665.3345	0.2747	1397.6893	0.3793
Ethane	8528.8633	0.1611	256459.8482	0.1683	722.4937	0.1961
Propane	12910.1045	0.2439	569290.6814	0.3735	1125.0407	0.3053
i-Butane	714.5568	0.0135	41532.4711	0.0272	73.9745	0.0201
n-Butane	969.4938	0.0183	56350.2749	0.0370	96.6713	0.0262
i-Pentane	297.7005	0.0056	21479.1749	0.0141	34.4797	0.0094
n-Pentane	272.9743	0.0052	19695.1722	0.0129	31.3020	0.0085
n-Hexane	266.9300	0.0050	23003.2688	0.0151	34.7377	0.0094
n-Heptane	191.9884	0.0036	19238.0146	0.0126	28.0280	0.0076
n-Octane	113.4549	0.0021	12960.0527	0.0085	18.3840	0.0050
C <sub>9</sub> <sup>+</sup>	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000
MDEamine	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Total	52939.1464	1.0000	1.52413e+06	1.0000	3684.9400	1.0000

فشار بالا، متوسط و کم با شرایط مشخص در نظر گرفته شدند و ترکیب درصد اجزای آن معرفی گردید. سپس به جهت شیرین سازی گاز مطابق با ترکیب درصد مواد سازنده ابتدا از روش جداسازی به همراه کاهش دما استفاده گردید. در این مرحله آب و ترکیبات سنگین از آن جدا شد. در مرحله بعد ترکیبی از متان و اتان به همراه هیدروژن سولفید بدست آمد که می توان به عنوان سوخت از آن استفاده نمود اما به دلیل محتوای هیدروژن سولفید، این گاز ترش در نظر گرفته می شود. در همین ارتباط از روش جداسازی به کمک حلال هیدروژن سولفید موجود در گاز جدا گردید. در این روش ابتدا با افزایش فشار گاز درون حلال حل گردید که فشار مناسب پس از شبیه سازی ۱۰ بار در نظر گرفته شد و سپس به برج جذب آمین با حلال متان دی اتانول آمین با ۲۰ سینی فرستاده شد و در فشار ۱۰ بار جداسازی هیدروژن سولفید از محتوای گاز فلر انجام شد. نتایج نشان دادند که این روش توانایی جداسازی هیدروژن سولفید تا ۱۲۰ p.p.m را خواهد داشت که در محدود ۵۰-۱۵۰ قابل قبول می باشد

نتایج نشان داد که با توجه به مشخصات گازهای ار سالی از خط فلر بهترین فشار عملیاتی برج در محدوده ۹/۸ تا ۱۰/۵ بار است و لذا با توجه به فشار سه جریان ذکر شده فوق استفاده از کمپرسور ضروری است. البته با توجه به ماهیت گاز ورودی به کمپرسور (گاز ترش دارای ۵۰۰ ppm سولفید هیدروژن) انتخاب جنس (material) مناسب برای کمپرسور ضروری است. بدیهی است در صورتیکه فشار این جریان ها بیش از ۱۱ بار باشد نیاز به کمپرسور نخواهد بود و این جریان ها با فشار خود و با هیدرولیک جریان به برج جذب می رسند.

با توجه به توضیحات فوق ابعاد خطوط لوله و تجهیزات در این فرایند بدست می آید که برخی از آنها عبارتند از:

- ۱- بار حرارتی مبدل های هوایی ۱۰۱ و ۱۰۳ به ترتیب برابر با ۹۲ و ۸۷ مگاوات است
- ۲- طول و قطر جداکننده اول نیز به ترتیب برابر با ۴۷/۵ و ۱۳/۵ متر است.
- ۳- جریان ورودی به مبدل هوایی اول و خروجی از آن به ترتیب برابر ۱۳۶ و ۱۲۴ اینچ است.

#### ۴. نتیجه گیری

در این پژوهش که به منظور شیرین سازی گاز فلر واحد ۲۲ و ۲۳ پارس جنوبی در نظر گرفته شده بود ابتدا سه جریان گاز فلر با

## ۵. مراجع

- [11] R. H. Weiland and N. a; Hatcher, "What are the benefits from mass," *Hydrocarb. Process.* No. July, 2011.
- [12] G. Kuranov, B. Rumpf, G. Maurer, and N. Smirnova, "VLE modelling for aqueous systems containing methyldiethanolamine, carbon dioxide and hydrogen sulfide," *Fluid Phase Equilib.*, vol. 136, no. 1-2, pp. 147-162, 1997, doi: 10.1016/s0378-3812(97)
- [13] B. Davoudi, D. Aboali, M. Hosseini, "Feasibility study of thermal enhanced oil recovery methods for extraction of heavy crude oil in Kuh-e-Mond oilfield," *Journal of Science and Technology construction*, Volume 2, Issue 4 April 2022, Pages 27-40 (In Persian)
- [1] Z. Ahmad, N. N. A. Kadir, A. Bahadori, and J. Zhang, "Optimization study on the CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S removal in natural gas using primary, secondary, tertiary and mixed amine," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2085, no. March, 2019.
- [2] U. Zahid, "Simulation of an acid gas removal unit using a DGA and MDEA blend instead of a single amine," *Chem. Prod. Process Model.* vol. 15, no. 4 pp. 1-17, 2020, doi: 10.15.15/cppm.
- [3] A. E. Etoumi, M. R. Alhansh, M. M. Almabrouk, and M. M. Emtir, "Performance improvement of gas sweetening units by using a blend of MDEA/PZ," *Chem. Eng. Trans.*, vol. 86, no. May, pp. 1057-1062, 2021.
- [4] D. Aboali, R. Soleimani, and A. Rezaei-Yazdi, "Modeling CO<sub>2</sub> absorption in aqueous solutions of DEA, MDEA, and DEA + MDEA based on intelligent methods," *Sep. Sci. Technol.*, vol. 55, no. 4, pp. 697-707, 2020
- [5] G. Liu, L. Zhu, W. Cao, H. Liu, and Y. He, "New Technique Integrating Hydrate-Based Gas Separation and Chemical Absorption for the Sweetening of Natural Gas with High H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> Contents," *ACS Omega*, vol. 6, no. 40, pp. 26180-26190, 2021,
- [6] A. Jamekhorshid, Z. Karimi Davani, A. Salehi, and A. Khosravi, "Gas sweetening simulation and its optimization by two typical amine solutions: An industrial case study in Persian Gulf region," *Nat. Gas Ind. B*, vol. 8, no. 3, pp. 309-316, 2021,
- [7] N. I. F. Nisa, M. Mahfud, A. Altway, S. Nurkhamidah, W. Eduard, and T. N. Bethiana, "Simulation for Absorption of Acid Gas into Piperazine Promoted Methyl Diethanolamine Solution Using Sieve Tray Column," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1845, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-
- [8] A. Chakma and A. Meisen, "Solubility of CO<sub>2</sub> in Aqueous Methyldiethanolamine and N,N-Bis(hydroxyethyl)piperazine Solutions," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 26, no. 12, pp. 2461-2466, 1987, doi: 10.102.
- [9] C. Cheng, D. Liang, Y. Zhang, H. Zhang, H. Chen, and D. Gao, "Pilot-scale study on flue gas moisture recovery in a coal-fired power plant," *Sep. Purif. Technol.*, vol. 254, no. June 2020, p. 117254, 2021,.
- [10] R. D. Deshmukh and A. E. Mather, "A mathematical model for equilibrium solubility of hydrogen sulfide and carbon dioxide in aqueous alkanolamine solutions," *Chem. Eng. Sci.*, vol. 36, no. 2, pp. 355-362, 1981,

