

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

دوره ترمین

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

دوره ترمین

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

دوره ترمین

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای تفکیک پروپان و بوتان

فرشید بهرامی

کارشناس مهندسی فرآیند پالایشگاه پنجم مجتمع گاز پارس جنوبی

Farshid_bhrm@yahoo.com

علی صمدی افشار

مسئول پژوهش پالایشگاه پنجم مجتمع گاز پارس جنوبی

Ali.Samadiafshar@Gmail.com

چکیده

واحد تفکیک هیدروکربن‌های مایع در پالایشگاه‌های گازی به‌منظور جداسازی پروپان و بوتان از جریان برش‌های سنگین‌تر از اتان ارسالی از واحد بالادست مورد استفاده قرار می‌گیرد، این واحد از دو برج تقطیر جهت تفکیک برش‌های پروپان و بوتان از خوراک ورودی استفاده می‌کند که انرژی زیادی در بالا و پایین برج به منظور تامین دمای تفکیک برش‌های هیدروکربنی در ریویولر و کولرهای هوایی که نقش کندانسور را برای این برج‌ها دارند، مصرف می‌شود. به همین دلیل همواره یکی از دغدغه‌های مهندسی فرآیند در حوزه بهینه‌سازی مصرف انرژی بوده است. بنابراین در این مقاله با استفاده از شبیه‌سازی برج‌ها و تجهیزات مربوطه به کمک نرم افزار Aspen Hysys، دو پارامتر تاثیرگذار در میزان مصرف انرژی در برج‌های تقطیر شامل دمای جریان برگشتی به برج و نیز نسبت جریان برگشتی به برج مورد بررسی قرار گرفته و سپس با تلفیق تست‌های میدانی و نتایج شبیه‌سازی، دو پارامتر یادشده بهینه شده و کاهش ۲۰ تا ۲۵ درصدی مصرف انرژی در این واحد محقق شده است.

واژگان کلیدی: بهینه‌سازی انرژی، تفکیک پروپان و بوتان، برج تقطیر، نسبت جریان برگشتی

مقدمه

همواره یکی از دغدغه‌های مهندسين صنايع نفت و گاز در بخش‌های جداسازی برش‌های هیدروکربنی به کمک برج‌های تقطير مصرف قابل توجه انرژی در قسمت جوش آور و نیز میعان کننده این برج‌هاست. بخش جوش آور که وظیفه به جوش آوردن و جداسازی اجزای هیدروکربنی سبک از محصول پایین برج و نیز تأمین جریان بالارونده داخلی برج جهت انتقال جرم را به عهده دارد شامل انواع مبدل‌های حرارتی است که نوع آن بسته به نوع سیال ورودی به مبدل، ترکیبات آن، نقطه جوش سیال و انرژی موردنیاز جهت رسیدن به آن و نیز عواملی دیگر از جمله عوامل اقتصادی انتخاب می‌شود و هر یک به شکلی متمایز انرژی حرارتی موردنیاز برای این فرایند را تأمین می‌کند، در این میان استفاده از کوره به‌عنوان جوش آور و یا روغن داغ و بخار کم فشار به‌عنوان سیال گرم‌کننده در یک مبدل حرارتی از جمله روش‌های رایج است (Kister, 1990).

بخش میعان کننده برج نیز که وظیفه مایع سازی جزئی یا کلی جریان خروجی از بالای برج جهت تولید جریان عاری ساز بالای برج به‌منظور رسیدن به خلوص مدنظر در محصول بالای برج را به عهده دارد می‌تواند انواع مختلفی از مبدل‌ها را با توجه به نوع و ترکیب محصول بالای برج و نقطه میعان آن در برگیرد که استفاده از کولرهایی با سیال مبرد آب یا پروپان و یا کولرهای هوایی از جمله آنها است.

در پالایشگاه پنجم پارس جنوبی واحد جداسازی پروپان و سپس بوتان از جریان 20°C ارسالی از واحد بالادست است که شامل دو برج تقطير پروپان زدا و بوتان زدا اس است، برج پروپان زدا در فشار حدود ۲۲ بار کار می‌کند که دمای اشباع پروپان در این فشار برابر با ۶۱ درجه سلسیوس است و برج بوتان زدا در فشار حدود ۸ بار کار می‌کند که در این فشار دمای اشباع بوتان برابر با ۶۳/۵ درجه سلسیوس است. جوش آورهای هر دو برج از نوع Kettle است که از بخار فشار پایین با فشار ۵/۵ بار و دمای ۱۶۰ درجه سلسیوس به‌عنوان سیال گرم‌کننده استفاده می‌کنند.

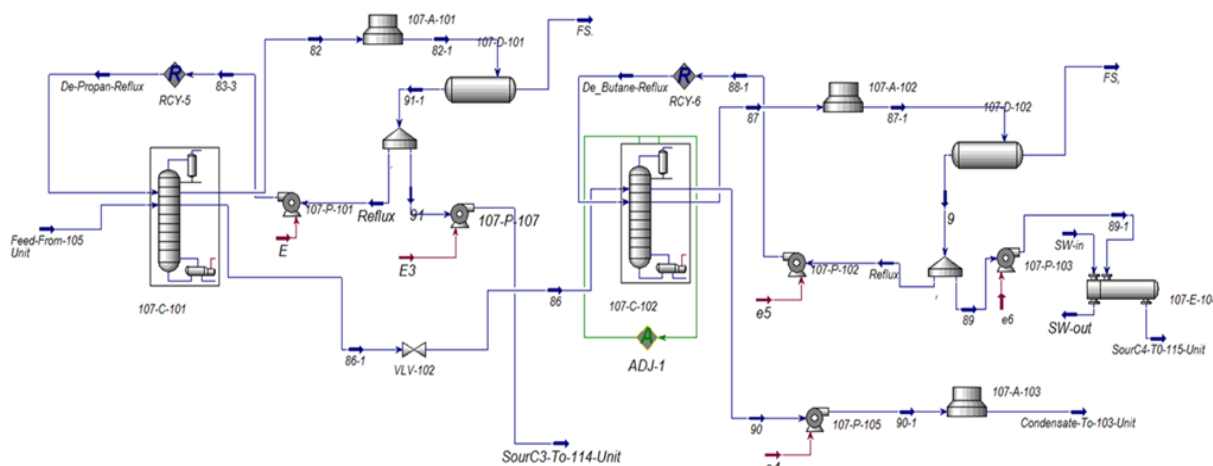
در شرایط قبل از بهینه سازی، میزان بخار مصرفی جهت ایجاد دمای ۱۲۷ درجه سلسیوس در Sensitive Tray در برج پروپان زدا حدود ۲۰-۲۱ تن بر ساعت و در برج بوتان زدا این میزان جهت ایجاد دمای ۱۱۷ درجه سلسیوس ۷/۵-۸ تن بر ساعت بوده است. میعان کننده‌های هر دو برج نیز از نوع کولر هوایی است که در برج اول تعداد ۱۲ عدد کولر هوایی دور ثابت با توان طراحی ۴۵۰ کیلووات و در برج دوم ۶ عدد از همین نوع Air Fan به این منظور در نظر گرفته شده است. همچنین به منظور تطبیق داده‌های شبیه‌سازی با داده‌های واقعی از نظر انرژی، مقدار انرژی لازم جهت تولید یک تن بر ساعت بخار از آب با دمای ۲۵ درجه سلسیوس و فشار ۱ اتمسفر معادل با ۷۳۸/۳ کیلووات در نظر گرفته شده است. دو عامل مؤثر در مصرف انرژی برج‌های تقطير که در این مقاله اقدام به بررسی و بهینه‌سازی آنها شده است عبارتند از:

➤ دمای جریان برگشتی به برج

➤ نسبت جریان برگشتی به برج

روش تحقیق

در حالت قبل از بهینه‌سازی دمای جریان برگشتی در هر دو برج در محدوده ی ۳۰-۳۵ درجه سلسیوس کنترل می‌شد و نسبت جریان برگشتی در برج پروپان زدا برابر ۳ و در برج بوتان زدا معادل با ۲ تنظیم شده بود. به منظور بررسی مقدار اثر این دو پارامتر روی میزان انرژی مصرفی و یافتن مقادیر بهینه آن‌ها اقدام به شبیه‌سازی این واحد توسط نرم‌افزار Aspen HYSYS ۸.۶ شد که تصویر PFD واحد شبیه‌سازی شده در زیر آمده است.



شکل ۱: محیط شبیه‌سازی شده با HYSYS 8.6

جهت بررسی میزان دقت شبیه‌سازی و اطمینان از معتبر بودن نتایج آن سه پارامتر زیر برای مقایسه بین نتایج شبیه‌سازی و داده‌های واقعی واحد در نظر گرفته شد:

- ۱- مقدار محصول تولیدی بر حسب تن / روز
- ۲- خلوص محصول تولیدی
- ۳- دمای Sensitive Tray و پروفایل دمایی و فشاری برج‌های تقطیر

برای مقدار محصول تولیدی، نتایج شبیه‌سازی با گزارشات تولید روزانه پالایشگاه، برای خلوص محصول تولید شده نتایج شبیه‌سازی با نتایج روزانه آزمایشگاه و برای پروفایل دمایی و فشاری برج‌ها، اطلاعات شبیه‌سازی با داده‌های استخراج شده مقایسه گردید و در هر سه مورد داده‌های مربوط به حالت عملیاتی کاملاً نرمال واحد مدنظر قرار گرفت که نتایج به شرح زیر است:

جدول ۱. مقایسه نتایج شبیه سازی و مقادیر واقعی فرآیند

	تولیدی پروپان	تولیدی بوتان	خلوص پروپان تولیدی	خلوص بوتان تولیدی	Sensitive Tray برج دی پروپانایزر (C°)	Sensitive Tray برج دی بوتانایزر (C°)	پروفایل فشاری برج دی پروپانایزر	پروفایل فشاری برج دی بوتانایزر
مقدار واقعی	۲۱۰۰	۱۳۰۰	%۹۹	%۹۶	۱۲۷/۵	۱۱۷/۵		
نتیجه شبیه‌سازی	۲۰۱۰	۱۳۴۴	۹۸/۷	۹۶/۵	۱۲۷/۶	۱۱۷/۴		
% خطا	%۴/۲	%۳/۳	%۰/۳	%۰/۵	%۰/۰۷	%۰/۰۹	کاملاً منطبق	کاملاً منطبق

با توجه به نتایج جدول ۱ که مؤید دقت بالای شبیه‌سازی انجام شده می باشد اقدام به بررسی تاثیر دو پارامتر دمای جریان برگشتی و نسبت جریان برگشتی بر روی میزان مصرف انرژی شد. لازم به ذکر است که مقدار محصول تولیدی و نیز خلوص آن دو هدف اصلی در این واحد هستند و هرگونه تغییرات جهت کاهش مصرف انرژی باید به‌گونه‌ای لحاظ گردد که مقادیر این دو در محدوده مجاز طراحی قرار گیرند.

یافته ها

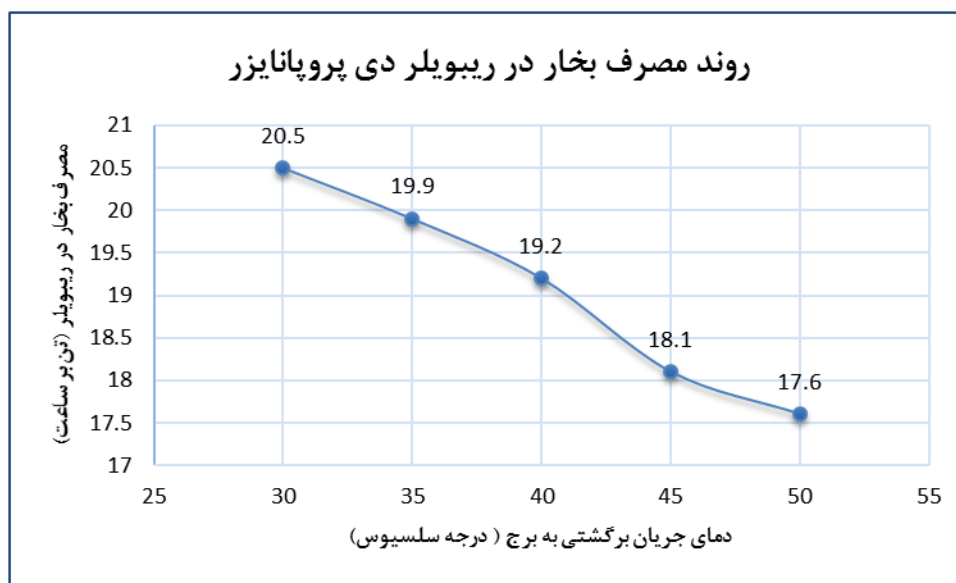
تاثیر دمای جریان برگشتی در بهینه سازی انرژی

جریان برگشتی مایع اشباعی است که با گرفتن گرمای نهان بخارات خروجی از بالای برج حاصل می‌شود (Perry, 1990). اما در صنعت و به‌ویژه زمانی که جریان برگشتی توسط یک پمپ به برج بازمی‌گردد به خاطر فراهم آوردن شرایط ایمن و مناسب برای عملکرد پمپ و اجتناب از رخ دادن پدیده‌ی کاویتاسیون ناشی از تشکیل حباب‌های بخار، دمای جریان برگشتی می‌بایست کمتر از دمای اشباع سیال باشد و به‌صورت مایع مادون سرد به برج بازگردانده شود (King, 2011). میزان سردسازی جریان برگشتی وابسته به شرایط محیطی و فرایندی است اما معمولاً میزان سردسازی به‌اندازه‌ای انجام می‌شود که جریان مایع هنگام ورود به پمپ حدود ۵ درجه سلسیوس زیر دمای اشباع خود باشد در مناطق گرمی مانند عسلویه، جهت اطمینان از سلامت فیزیکی پمپ و همچنین عدم رسیدن به محدوده فشاری آغاز فلرینگ، این بازه گسترده‌تر در نظر گرفته می‌شود. در برج پروپان زدا دمای اشباع سیال برگشتی به برج ۶۱ درجه است و در برج بوتان زدا این دما ۶۳/۵ درجه است که در حالت رایج این دماها در محدوده ۳۰-۳۵ درجه سلسیوس کنترل می‌شوند. به‌منظور مشخص شدن تاثیر افزایش دما روی کاهش مصرف انرژی، ابتدا به کمک شبیه‌سازی دماهای بالاتر مورد تست قرار گرفت که پس از قابل توجه بودن کاهش مصرف انرژی به‌صورت عملی در واحد اجرا شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی در جدول ۲ آورده شده است:

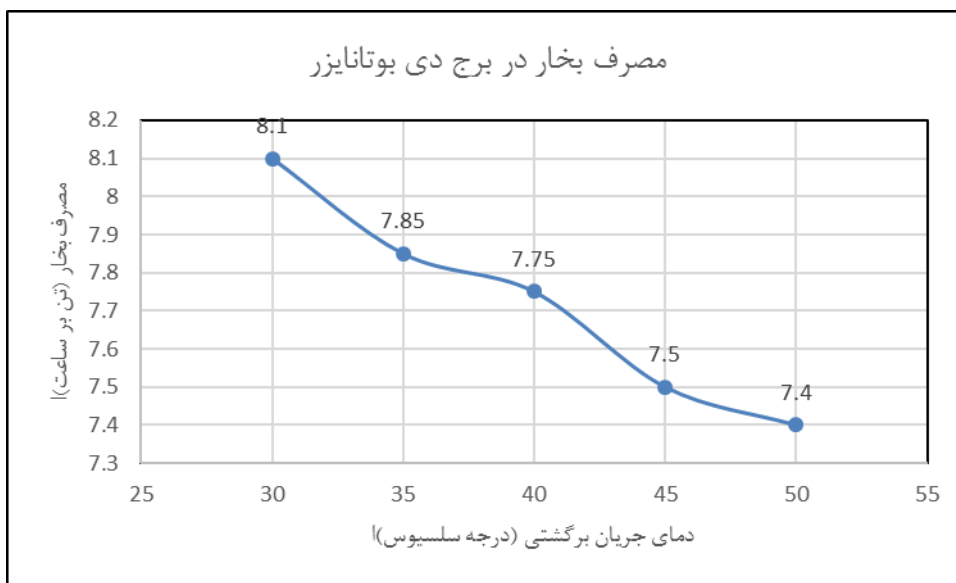
جدول ۲. افزایش دمای جریان برگشتی از میانگین ۳۲ درجه تا ۵۰ درجه و نتایج حاصل از شبیه‌سازی در کاهش مصرف انرژی

	کولر هوایی پروپان زدا	جوش آور پروپان زدا	کولر هوایی بوتان زدا	جوش آور بوتان زدا
دمای برگشتی ۳۲ درجه (Duty MW)	۱۶/۲۷	۱۵/۴۲	۹/۵۵	۶/۸۵
دمای برگشتی ۵۰ درجه (Duty MW)	۱۴/۷۷	۱۳/۱	۸/۴	۶/۰۴
تفاضل (MW)	۱/۵	۲/۰۴	۱/۱۵	۰/۸۱
معادل با کاهش تعداد فن/تن Steam	۳	۳/۱	۲	۱/۱

تغییرات ذکر شده در جدول بالا در واحد عملیاتی انجام شد که به منظور حفظ ثبات در شرایط سیستم این افزایش دما در ۵ مرحله و با افزایش‌های ۵ درجه‌ای انجام شد که نتایج آن در نمودار زیر قابل مشاهده است:



نمودار ۱: کاهش مصرف بخار در ریبویلر برج دی پروپانایزر با افزایش دمای جریان برگشتی



نمودار ۱: کاهش مصرف بخار در ریبولر برج دی بوتانایزر با افزایش دمای جریان برگشتی

همان‌گونه که بر اساس شبیه‌سازی انتظار می‌رفت میزان کاهش مصرف بخار در ریبولرها قابل توجه و تقریباً معادل با مقدار پیش‌بینی شده توسط شبیه‌سازی بود. همچنین افزایش دما تا ۵۰ درجه مستلزم از سرویس خارج کردن تقریباً ۳ فن در برج پروپان زدا و دو فن در برج بوتان زدا می‌باشد که در مجموع با انجام این اصلاحات در دمای جریان برگشتی مقدار مصرف انرژی در برج پروپان زدا به میزان ۱۸٪ و در ریبولر برج بوتان زدا میزان مصرف بخار آن ۱۶٪ کاهش یافت.

تأثیر میزان نسبت جریان برگشتی بر بهینه سازی انرژی

جریان برگشتی نقش اصلی را در تامین خلوص محصولات بالای برج تقطیر دارد. مقدار بهینه آن ۱/۲ تا ۱/۵ برابر حداقل مقدار جریان برگشتی تعیین می‌گردد (Kister, 2006) و افزایش آن بیش از مقدار بهینه تأثیری روی خلوص نخواهد داشت و تنها سبب افزایش بار حرارتی روی ریبولر و کاندانسور خواهد شد. با استفاده از روش shortcut در HYSYS و استفاده از معادله Underwood مقادیر حداقل جریان برگشتی و بازه‌ی بهینه جریان برگشتی برای دو برج مطابق جدول ۳ به دست آمده است.

جدول ۳. مقادیر حداقل جریان برگشتی و بازه‌ی بهینه جریان برگشتی محاسبه شده

	حداقل نسبت جریان برگشتی	نسبت جریان برگشتی بهینه
برج پروپان زدا	2.15	2.5 - 3.2
برج دی بوتان زدا	1.45	1.75 - 2.2

به منظور پیدا کردن نقطه بهینه در این بازه که هم خلوص محصول تضمین شود و هم مصرف انرژی به حداقل برسد بازه‌های ذکر شده در شبیه‌سازی اعمال شد که نتایج آن برای پروپان و بوتان به ترتیب در جداول زیر آمده است:

جدول ۴. تاثیر نسبت جریان برگشتی در خلوص محصول پروپان

Reflux ratio	بار حرارتی ریویلر (MW)	بار حرارتی کاندانسور (MW)	خلوص پروپان (درصد مولی)
2.5	10.55	10.74	96.6 %
2.6	10.85	11	97 %
2.7	11.11	11.28	97.3 %
2.8	11.39	11.55	97.5 %
2.9	11.73	11.9	97.7 %
3	11.96	12.1	97.9 %
3.1	12.3	12.42	98 %
3.2	12.6	12.72	98.1 %

جدول ۵. تاثیر نسبت جریان برگشتی در خلوص محصول بوتان

Reflux ratio	بار حرارتی ریویلر (MW)	بار حرارتی کاندانسور (MW)	خلوص بوتان (درصد مولی)
1.7	4.58	6.73	95 %
1.8	4.85	7	95.5 %
1.9	5.08	7.22	95.9 %
2	5.33	7.47	96 %
2.1	5.55	7.7	96.1 %
2.2	5.83	7.97	96.1 %

تعهد تولید برای خلوص محصولات پروپان و بوتان در پالایشگاه پنجم پارس جنوبی به ترتیب ۹۶٪ مولی و ۹۵٪ مولی است بنابراین طبق نتایج حاصله مقدار نسبت جریان برگشتی بهینه برای برج دی پروپانایزر ۲/۶ و برای برج دی بوتانایزر ۱/۸ حاصل گردید که عملاً تغییری در تعهد مدنظر صورت نگرفت. با اعمال این تغییرات در نسبت جریان برگشتی در برج دی پروپانایزر حدود ۱/۵ تن بر ساعت مصرف بخار اشباع کاهش یافت و نیز به‌طور میانگین ۲ فن هوایی نیز از سرویس خارج شد که معادل با کاهش حدود ۸ درصدی مصرف انرژی در بخش برق و بخار بود. در برج دی بوتانایزر نیز میزان کاهش مصرف بخار ۵/۵ تن بر ساعت و یک فن نیز از سرویس خارج شد که معادل با کاهش ۹٪ مصرف انرژی در بخش‌های برق و بخار این برج محسوب می‌شد.

نتیجه‌گیری

بهینه نمودن دمای جریان برگشتی و نیز نسبت جریان برگشتی در برج‌های تقطیر یکی از عوامل مؤثر بر کاهش مصرف انرژی آن‌ها است. در این مطالعه موردی، با تنظیم دمای جریان برگشتی روی ۵۰ درجه سلسیوس و نیز تنظیم نسبت جریان برگشتی برای برج دی پروپانایزر از ۳ روی ۲/۶ و برج دی بوتانایزر از ۲ روی ۱/۸ در مجموع میزان مصرف انرژی در برج پروپان زدا ۲۶٪ و در برج بوتان زدا ۲۵٪ کاهش یافت. در کنار کاهش مصرف انرژی، با از سرویس خارج کردن تعداد فن‌های هوایی بیشتر در حین عملیات، مدت‌زمان تعمیرات دوره‌ای آن‌ها افزایش یافته و هزینه‌های تعمیر و نگهداری آن نیز کاهش خواهد یافت.

منابع

- H. Z. Kister. (1990) Distillation operations. New York: McGraw-Hill.
R. H. Perry, D. W. Green, and J. O. Maloney.(1997) Perry's chemical engineers' handbook., ed. New York: McGraw-Hill.
M. King.(2011) Process control a practical approach. Hoboken ,N.J.: Wiley.
H. Z. Kister.(2006) Distillation troubleshooting. Hoboken, N.J.: Wiley.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

توجه: بررسی مقاله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

PROPOSAL
پروپوزال

توجه: پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

ISI
Scopus

توجه: آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو