

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



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

انتخاب الگوی جدید پالایشی در یک پالایشگاه با ظرفیت بالا

سید سیاوش مدائنی (۱)، مسعود رحیمی (۱)، سعید مقصودی (۲)، امیررضا باباپور* (۱)

(۱) گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رازی کرمانشاه - e-mail: babapour_967@yahoo.com

(۲) دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

در این تحقیق، برای یک پالایشگاه بزرگ با ظرفیت ۱۸۰،۰۰۰ بشکه در روز، الگوی پالایشی جدیدی در نظر گرفته شده است. در این الگو، نفت خام بجای مرحله تقطیر ناگهانی که در یک Flash Drum اتفاق می افتد، از یک ستون تقطیر کوچک با ۷ مرحله عبور می کند و بعد از گذر از این مرحله وارد ستون تقطیر می گردد. برای این الگو و الگوی سنتی پالایشگاه، پارامترهای اصلی حاکم بر فرایند تقطیر نفت خام، بطور همزمان با مرحله هدفگذاری بهینه شبکه مبدل‌های پیش گرم، توسط تکنولوژی پینچ، مورد مطالعه قرار گرفته است. استفاده از این الگو، مزایای زیادی از جمله کاهش قطر و فشار ستون اصلی و کاهش بار حرارتی کوره پیشگرم را به دنبال خواهد داشت. در ادامه، برای هر دو الگو، پس از آنالیز پینچ در مرحله هدفگذاری، هزینه‌های صرفه جویی شده در بخش مبدل‌های حرارتی و هم در بخش‌های مهم فرایند که دستخوش تغییر عمده قرار می گیرند، برآورد شده است. در پایان، برای الگوی جدید، صرفه جویی به میزان بیش از ۱،۰۰۰،۰۰۰ دلار در سال، نشان داده شده است.

کلمات کلیدی: پالایشگاه، نفت خام، ظرفیت بالا، تقطیر، Pinch، Flash Drum

مقدمه

در روشهای رایج تقطیر نفت، معمولاً نفت خام قبل از ورود به ستون تقطیر و پس از رسیدن به دمای معینی در یک مرحله جداسازی، تحت عملیات تقطیر ناگهانی (Flash) قرار می‌گیرد.

پس از این عملیات، مایع از پایین Flash Drum و گاز از بالای آن گرفته می‌شود. مایع وارد کوره و گاز مستقیماً وارد ستون می‌گردد. به این ترتیب، بار کوره کاهش می‌یابد چرا که درصدی از نفت خام که همان گازهای جدا شده هستند، وارد کوره نمی‌شود. اما در بار ستون تقطیر تغییری ایجاد نمی‌شود چرا که هر دو جریان بخار و مایع بعد از Flash در نهایت وارد ستون اصلی می‌شوند.

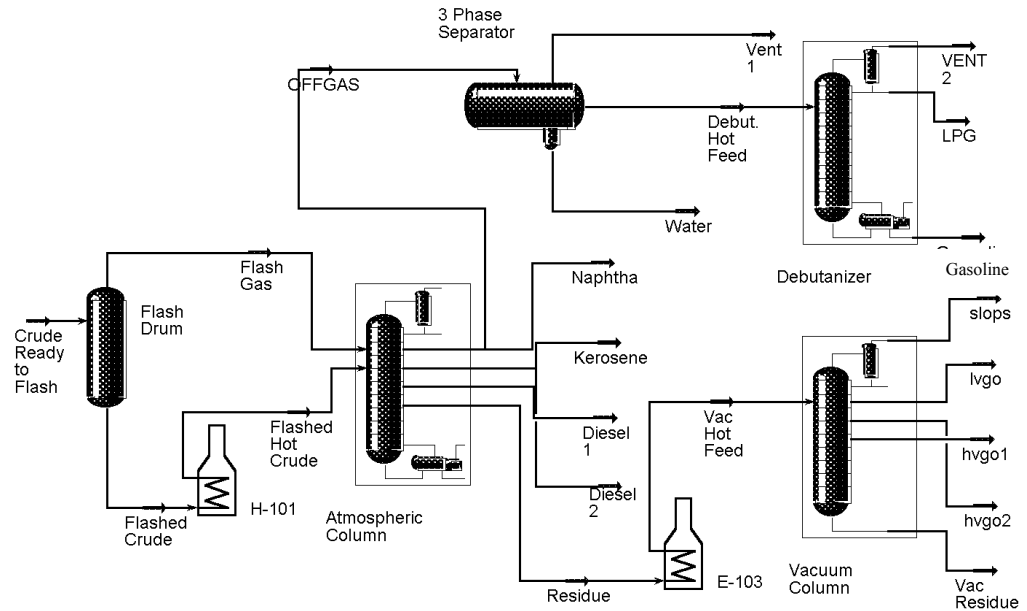
در تحقیق حاضر، الگوی پالایشی جدیدی پیشنهاد شده است و در ادامه این روش از نقطه نظر اقتصادی، توسط یک تحلیل انرژی به کمک تکنولوژی Pinch مورد ارزیابی قرار گرفته و توجیه شده است. همچنین در پایان، تجهیزات مهم فرایندی، از نظر ابعاد و هزینه سرمایه گذاری، برای دو الگو بررسی و مقایسه شده‌اند. از مزایای الگوی جدید پیشنهادی، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- فشار ستون اصلی کاهش می‌یابد: چون مقادیر زیادی از ترکیبات سبک از نفت خام حذف شده‌اند و برای مایع کردن گازهای خروجی از بالای ستون، نیازی به افزایش فشار ستون نیست. نکته اینکه فشار ستون اتمسفریک، یکی از گلوگاههای مهم فرایندی است که مانعی جدی برای افزایش ظرفیت به حساب می‌آید. همچنین هرچه در منطقه Flash Zone فشار کمتر باشد، برای جداسازی و یک Flash اولیه، مناسب‌تر است.
- دمای لازم برای ورود نفت خام به ستون، پایین‌تر است، چرا که فشار ستون پایین آمده، و در نتیجه فشار خط نفت خام ورودی نیز می‌تواند کمتر شود. برای دستیابی به درصد معینی از بخار در خوراک در فشار پایین‌تر، دمای پایین‌تری لازم است.
- بار حرارتی کوره پایین می‌آید: چرا که به دمای کمتری نیاز است. نتیجتاً با ظرفیت ثابت، کوره کوچکتری لازم است.
- چون ترکیبات گازی شکل اکثراً حذف شده‌اند، قسمت‌های بالایی ستون نیاز به قطر کمتری خواهد داشت.
- کندانسور بالای ستون، به مراتب کوچکتر می‌شود.

معرفی الگوهای پالایشی:

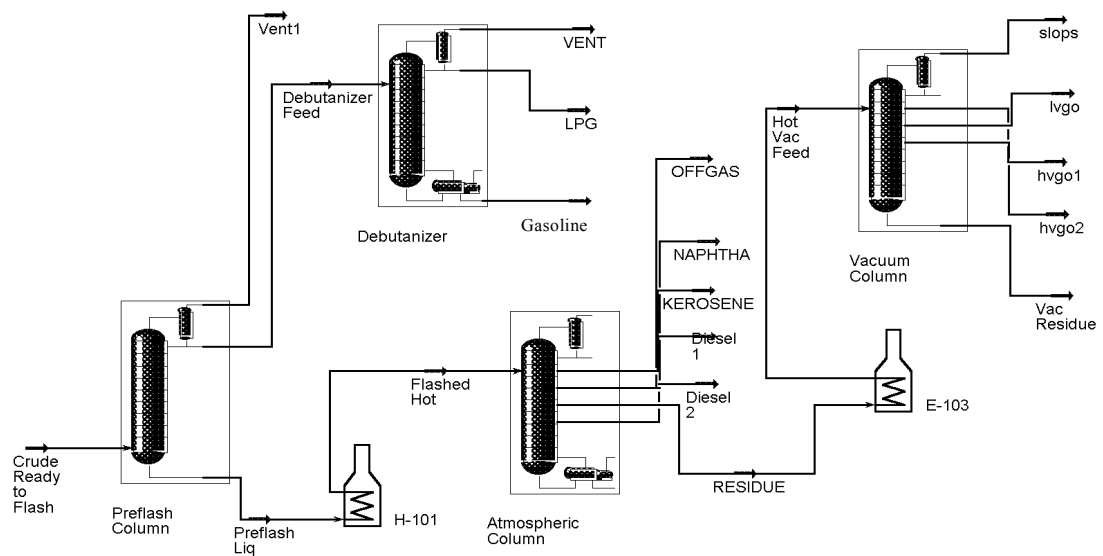
در الگوی رایج پالایشی در اغلب پالایشگاههای دنیا، نفت خام بعد از گذر از شبکه مبدلهای حرارتی، تا حدود ۲۰۰ درجه سانتیگراد گرم شده و وارد Flash Drum می‌شود. مایع از پایین Drum وارد کوره شده و گاز از

بالای Drum مستقیماً بدون گذر از کوره با مایع خروجی از کوره مخلوط و این مخلوط وارد ستون تقطیر می‌شود. شکل ۱ نمایشی شماتیک از PFD این الگورا نمایش می‌دهد.



شکل ۱: PFD شماتیک الگوی رایج پالایشگاه‌های دنیا

در الگوی جدید پالایشی، پیشنهاد می‌شود که بجای Flash Drum از یک Flash Column کوچک با ۷ سینی استفاده شود. در این الگو، مایع از پایین ستون Flash گرفته شده، پس از عبور از کوره به ستون تقطیر تزریق می‌شود. اما گاز خروجی از ستون Flash دیگر وارد ستون اصلی نمی‌شود، بلکه مستقیماً به طرف Debutanizer می‌رود. توجه به این نکته جالب است که گاز خروجی از ستون Flash در این روش، ترکیبی دارد که می‌تواند وارد Debutanizer شود. در روش سنتی، گاز در یک مرحله Strip شده بود. اما در این روش، گاز در ۷ مرحله Strip شده و ترکیبی مناسب جهت ورود به ستون را دارد. PFD الگوی جدید در شکل ۲ قابل مشاهده است.



شکل ۲: PFD شماتیک الگوی جدید پالایشی

شبیه سازی دو الگوی پالایشی:

در این تحقیق، ابتدا شرایط نفت خام سنگین ایران که در این تحقیق مد نظر است، تعیین گردید و سپس هر دو الگوی پالایشی، شبیه سازی شد. نتایج شبیه سازی، با روش تجربی زیر چک شد و میزان انطباق آن بررسی گردید: این روش مبتنی بر این اصل است که کیفیت جداسازی در ستون تقطیر، تابعی از میزان جریانهای مایع برگشتی داخلی ستون است [۱]. بدین معنی که هرچه جریانهای مایع برگشتی بیشتر باشند، چراکه مایع تازه تری در هر لحظه روی سینی قرار دارد. به عبارت دیگر، در منحنی مراحل جداسازی به روش مک کیب، خط کار از منحنی تعادلی دور می شود. اما نمی توان میزان جریانهای مایع برگشتی را تا هر مقداری بالا برد و این پارامتر، یک مقدار بهینه دارد. به همین منظور جریانهای مایع برگشتی لازم برای دستیابی به تفکیک مورد نظر برشها که بصورت گپ ۹۵-۰٪ مطلوب برای جداسازی هر برش، از طریق روش Packie [۱] محاسبه و در شبیه سازی برای هر الگو بطور جداگانه اعمال گردید. اینکار با تغییراتی که در پمپهای گردش صورت گرفت، انجام شد. با این عمل جریانهای پمپهای گردش که در طراحی شبکه مبدلهای حرارتی نقش اساسی دارند تثبیت گردید. ذکر این نکته لازم است که مقدار Over Flash (مایعی که از سینی بالای Flash Zone خارج می شود)، برابر ۳٪ میزان خوراک، که از نظر عملی درصد قابل قبولی است [۱] در نظر گرفته و اعمال شد.

شبیه سازی و بهینه سازی شبکه مبدلهای Preheat نفت خام:

در قدم بعدی، دستیابی به حداقل هزینه سالیانه (Minimum Total Annualized Cost) برای شبکه مبدل‌های پیش گرم هر الگو مد نظر است که برای نیل به این هدف، رابطه‌ای که هزینه ثابت مبدل حرارتی را بر حسب سطح انتقال حرارت بیان نماید، در نظر گرفته شد.

لزوم استفاده از آنالیز PINCH در این تحقیق:

با توجه به اینکه جریانهای داخلی ستون تقطیر بوسیله پمپهای گردشی به شبکه مبدل‌های حرارتی مرتبط هستند، و نظر به اینکه بهینه سازی این جریانها در ستونهای تقطیر دو الگو، نقش تعیین کننده ای در دستیابی به کیفیت مطلوب محصول در دو الگو داشته اند و با در نظر گرفتن تغییر هزینه های ثابت و جاری کوره، بهترین روش برای مقایسه پارامترهای مذکور در دو روش استفاده از آنالیز گلوگاهی (Pinch) است. در این روش تحلیل، هزینه های گرمایشی و سرمایشی، به عنوان هزینه های جاری مطرح است. جدول ۱، نتایج هدفگذاری تحلیل Pinch را، برای هزینه‌های جاری، نشان می دهد [۵]

جدول ۱: مقایسه هزینه های جاری شبکه مبدل‌های حرارتی

هزینه جاری (\$/Y)	میزان مصرف Cold Utility (MW)	میزان مصرف Hot Utility (MW)	Dtmin بهینه ©	هزینه Cold (\$/GJ) Utility	هزینه Hot (\$/GJ) Utility	
۱۳,۵۳۰,۰۰۰	۱۰۳/۵	۱۱۸/۷	۷	۰/۰۶۳	۳/۵۵۷	الگوی قدیمی پالایشی
۱۲,۵۵۰,۰۰۰	۱۱۱/۲	۱۱۲/۸	۴	۰/۰۶۳	۳/۵۵۷	الگوی جدید پالایشی

جهت تبدیل هزینه های ثابت به هزینه جاری بر حسب \$/Year که قابل جمع کردن با مقادیر هزینه های جاری باشد، باید از یک ضریب سالیانه سازی که تابعی از عمر واحد و درصد بهره است و از رابطه زیر بدست می آید [۲]، کمک گرفت:

$$AF = \frac{(i+1)^n}{(i+1)^n - 1}$$

در این رابطه

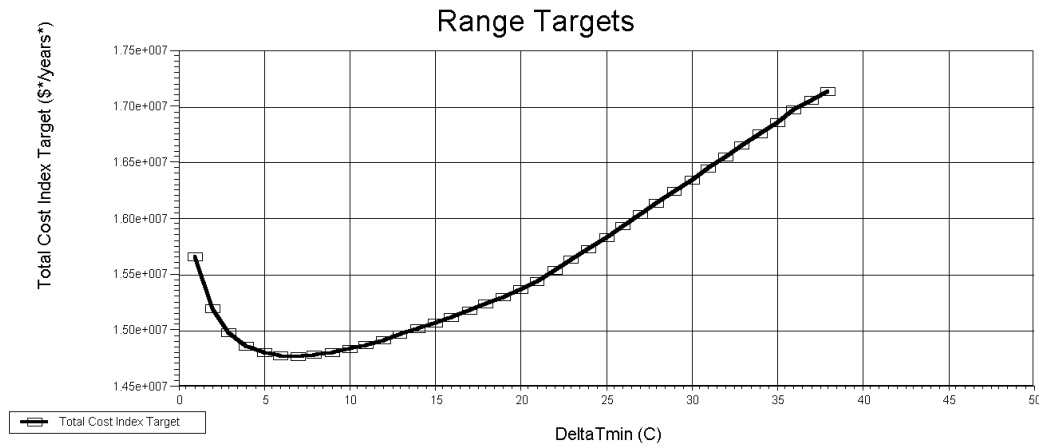
i = Rate of Interest

n = Plant Life (Y)

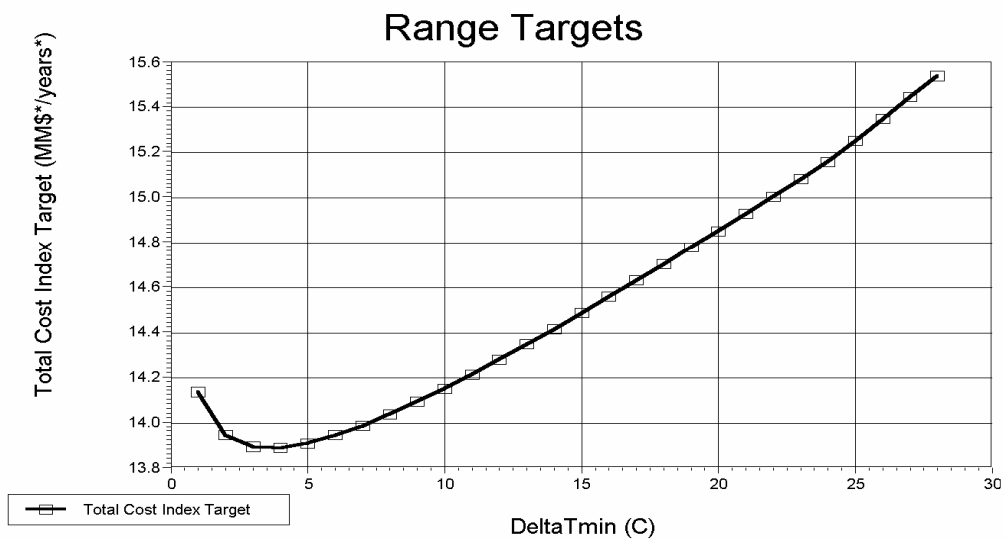
AF = Annualization Factor

در این تحقیق مقادیر $i = ۰/۳۲$ و $n = ۲۰$ سال در نظر گرفته شد و مقدار $۰/۳۲$ برای AF محاسبه گردید. به این ترتیب می توان به حداقل هزینه کلی سالیانه برای یک Dtmin خاص برای هر الگوی فرایندی دستیابی پیدا کرد. شکلهای ۳ و ۴، تغییرات مقدار هزینه کلی سالیانه را بر حسب تغییرات Dtmin، نشان می دهد. [۵] این شکلهای

ملاحظه می‌شود که در یک Dt_{min} معین، هزینه کلی سالیانه، به حداقل می‌رسد. چرا که با افزایش این پارامتر (Dt_{min}) هزینه‌های جاری شبکه افزایش و هزینه‌های ثابت آن کاهش می‌یابد.



شکل ۳: حد اقل هزینه کلی سالیانه برای شبکه مبدل‌های حرارتی در الگوی قدیمی



شکل ۴: حد اقل هزینه کلی سالیانه برای شبکه مبدل‌های حرارتی در الگوی جدید

نتایج کلی هدفگذاری انالیز Pinch در جدول ۲ قابل مشاهده است. [۵]

جدول ۲: مقایسه اقتصادی شبکه مبدلهای حرارتی در دو روش (هدفگذاری تحلیل Pinch)

هزینه کلی سالیانه سازی شده برای شبکه (\$/Y)	هزینه جاری (\$/Y)	هزینه ثابت مبدلهای شبکه سالیانه شده (\$/Y)	فاکتور سالیانه سازی	هزینه ثابت مبدلهای شبکه (\$)	Dtmin بهینه ©	
۱۴,۷۶۳,۹۶۰	۱۳,۵۳۰,۰۰۰	۱,۲۳۹,۳۶۰	۰/۳۲	۳,۸۷۳,۰۰۰	۷	الگوی قدیمی پالایشی
۱۳,۹۱۰,۰۰۰	۱۲,۵۵۰,۰۰۰	۱,۶۹۹,۸۴۰	۰/۳۲	۵,۳۱۲,۰۰۰	۴	الگوی جدید پالایشی

بررسی اقتصادی دو روش بصورت کامل:

در این مرحله، تفاوت‌های دو الگو از نظر ابعاد تجهیزات مورد بررسی قرار گرفت که شرح آن در ذیل آمده است:

بار حرارتی کوره‌ها و در ادامه هزینه ثابت ساخت و نصب آن، برای هر دو الگو محاسبه شد و در جدول شماره ۳ دیده می‌شود [۲]:

جدول ۳: مقایسه بار حرارتی و هزینه‌های کوره‌ها در دو الگوی پالایشی

هزینه سالیانه شده کوره‌ها (\$/Y)	فاکتور سالیانه سازی	هزینه ثابت کوره‌ها (\$)	بار حرارتی کوره‌ها (MW)	
۲,۶۳۱,۷۶۴	۰/۳۲	۸,۲۲۴,۲۶۱	۱۱۸/۷	الگوی قدیمی پالایشی
۲,۵۲۷,۰۷۳	۰/۳۲	۷,۸۹۷,۱۰۲	۱۱۲/۸	الگوی جدید پالایشی

با توجه به مقادیر جریانهای گاز و مایع در هر مقطع از ستون، قطر بهینه ستون تعیین گردید. این مقادیر برای الگوی جدید پالایشی کمتر از الگوی سنتی هستند. جدول ۴ مقایسه‌ای از قطر بهینه ستون اصلی تقطیر را برای دو الگو نشان می‌دهد. [۴]

جدول ۴: مقایسه قطر ستونهای اصلی دو الگو در مقاطع مختلف

شماره سینی‌ها	قطر ستون در الگوی قدیمی پالایشی (ft)	قطر ستون در الگوی جدید پالایشی (ft)
۵ ← ۱	۲۴/۵	۲۱
۱۵ ← ۶	۲۱	۲۰/۵
۲۲ ← ۱۶	۱۹	۱۸
۳۰ ← ۲۳	۱۷/۵	۱۷

لازم به ذکر است که تعداد تئوری سینی‌ها، با مقادیر واقعی تفاوت دارد که این تفاوت، با اعمال ضریب راندمان سینیها در نظر گرفته شد. این ضرایب برای مناطق مختلف ستون متفاوت است که در جدول شماره ۵ دیده می‌شوند.

جدول ۵: ضریب تبدیل تعداد سینیهای تئوری به تعداد سینیهای واقعی مورد نیاز

شماره سینی‌های تئوری	تعداد تئوری سینی‌ها	ضریب راندمان	تعداد واقعی سینی‌ها
۵ ← ۱	۵	۲/۳	۱۲
۱۵ ← ۶	۱۰	۱/۵	۱۵
۲۲ ← ۱۶	۷	۲	۱۴
۳۰ ← ۲۳	۸	۱/۸	۱۵

هزینه ثابت ستون تقطیر برای هر سینی که شامل ساخت و نصب نیز می‌شود، برای قطرهای مختلف ستون مد نظر قرار گرفت. اما فقط مقطع اصلی در ستون تقطیر لحاظ گردید. جدول ۶ هزینه ثابت ستونهای اصلی دو الگو و مقادیر سالیانه شده آن را نشان می‌دهد. [۲]

جدول ۶: هزینه ثابت ستون اصلی تقطیر شامل ساخت و نصب برای دو الگو

هزینه ثابت سینی‌ها (\$)	هزینه ثابت Shell و دو عدسی (\$)	هزینه کلی (\$)	فاکتور سالیانه سازی	هزینه ثابت ستونهای اصلی، سالیانه شده (\$/Y)	
۷۱۳,۷۰۰	۹۳,۱۹۰	۸۰۶,۸۹۰	۰/۳۲	۲۵۹,۲۱۰	الگوی قدیمی با قطر کلی ۲۴ ft
۳۸۴,۳۰۰	۷۴,۲۶۵	۴۵۸,۵۶۵	۰/۳۲	۱۴۷,۳۱۲	الگوی جدید با قطر کلی ۲۱ ft

هزینه ثابت سالیانه شده برای ستون Preflash در الگوی جدید و Flash Drum در الگوی قدیمی مقایسه شد. این مقادیر در جدول ۷ قابل ملاحظه اند. [۲]

جدول ۷: هزینه ثابت ستون Preflash در الگوی جدید و Flash Drum در الگوی قدیمی

هزینه ثابت سینی‌ها (\$)	هزینه ثابت Shell و دو عدسی (\$)	هزینه کلی (\$)	فاکتور سالیانه سازی	هزینه ثابت Flash Drum سالیانه شده (\$/Y)	
-	۶,۰۰۰	۶,۰۰۰	۰/۳۲	۱,۹۲۶	Flash Drum در الگوی قدیمی با قطر ۱۰ ft
۲۱,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۳۱,۰۰۰	۰/۳۲	۹,۹۵۹	Preflash Column در الگوی جدید با قطر ۱۰ ft و شامل ۷ سینی

بحث و نتیجه گیری:

پس از در نظر گرفتن تمام هزینه‌های جاری Heating، Cooling برای هر دو الگو و همینطور در نظر گرفتن هزینه‌های ثابت برای ستون اصلی تقطیر، ستون Preflash، کوره و همینطور شبکه مبدل‌های حرارتی و تبدیل آنها به هزینه جاری با کمک فاکتور سالیانه سازی، می‌توان مجموع هزینه‌های سالیانه را برای هر دو الگو محاسبه کرد. نتایج کلی این مطالعه، در جدول ۸ بصورت مجموع هزینه‌های ثابت سالیانه شده و هزینه‌های جاری، درج شده است.

جدول ۸: مقایسه هزینه کلی سالیانه شده (Total Annualized Cost) برای ستون اصلی، ستون Preflash، کوره و شبکه مبدل‌های حرارتی در دو الگوی پالایشی

مجموع هزینه‌های کلی سالیانه شده (\$/Y)	هزینه ثابت Flash Drum سالیانه شده (\$/Y)	هزینه ثابت ستون اصلی، سالیانه شده (\$/Y)	هزینه سالیانه شده کوره ها (\$/Y)	هزینه کلی سالیانه سازی شده برای شبکه (\$/Y)	
۱۷,۶۷۳,۱۴۴	۱,۹۲۶	۲۵۹,۲۱۰	۲,۶۳۱,۷۶۴	۱۴,۷۶۳,۹۶۰	الگوی قدیمی پالایشی
۱۶,۵۹۴,۱۷۸	۹,۹۵۹	۱۴۷,۳۱۲	۲,۵۲۷,۰۷۳	۱۳,۹۱۰,۰۰۰	الگوی جدید پالایشی
۱۷,۶۷۳,۱۴۴ - ۱۶,۵۹۴,۱۷۸ = ۱,۰۷۸,۹۶۵ (\$/Y)				صرفه جویی	

تقدیر و تشکر

از شرکت مهندسين مشاور ناموران، واحد فرایند، که در انجام این تحقیق همکاری صمیمانه‌ای با تهیه کنندگان این مقاله داشتند، کمال تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع و مراجع

1. Waquier J.P., "Separation Processes", Edition, 2000
2. S.Peters, D.Timmerhaus, " Plant Design and Economics for Chemical Enginee", 4th Edition.
3. R.Turton, R.C. Bailie, W.B.Whiting, J.A.Shaeiwitz, Analysis, "Synthesis and Design of Chemical Processes"
4. Hyprotech, HYSYS ver. 2.2.4
5. Hyprotech, HX-net ver. 5.0

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



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله