Archive of SID

چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی
تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا
www.Koureh.ir تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶

توسعه کاربرد نرم افزار Aspen Hysys برای بهینه سازی انرژی در برج های دفع

سحر رضایان[۱]، مجید علی آبادی[۲]، نیلوفر شهریاری[۳]
استادیار گروه مهندسی شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود
Niloofar.shahriyri@yahoo.com

چکیده

در واحد نفتا هیدروتریتینگ پتروشیمی بوعلی از یک برج دفع جهت تفکیک ترکیبات سبک از نفتا استفاده می شود،که این برج دفع از نظر مصرف انرژی یکی از پرمصرف ترین برج های تقطیر این واحد بشمار می رود.ریبویلر برج، کوره می باشد که از سوخت گازی به شدت ۱/۴ میلیون فوت مکعب در روز تغذیه می نماید،کندانسور این برج تقطیر کولر هوائی است که با توجه به دلتا T،دارای ابعاد بزرگ می باشد و بر اساس اطلاعات گرفته شده از نقشه عملیاتی مصرف برق در آن ۴۶۷کیلووات است.در این تحقیق این برج دفع با در نظر گرفتن تمامی جزئیات به روش سفارشی شبیه سازی و روشی جهت بهینه سازی مصرف انرژی در آن ارائه گردیده است.نتایج شبیه سازی نشان می دهد در صورت استفاده از خوراک ورودی به عنوان عامل سرمایش بجای کولر هوائی،می توان این تجهیز را از فرآیند حذف نمود. که در اینصورت بازگشت سرمایه قابل توجه خواهد بود و از مصرف برق نیز جلوگیری بعمل می آید.از طرفی با افزایش دمای خوراک به دلیل تبادل حرارت با بخار بالاسری برج،دمای کل برج افزایش خواهد یافت که در نتیجه منجر به کاهش ۳۸ درصدی مصرف سوخت گازی در ریبویلر می شود. از نظر اقتصادی انجام این پروژه مستلزم هزینه سرمایه گذاری خواهد بود که البته در آمدهای قابل حصول از انجام پروژه بیانگر این است که نرخ بازگشت سرمایه و سود پروژه برای واحد نفتا هیدروتریتینگ پتروشیمی بوعلی کاملا توجیه اقتصادی خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: برج دفع ،نرم افزار Aspen Hysys، کندانسور، ریبویلر

۱- استادیار گروه مهندسی شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود
۲- استادیار گروه مهندسی شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

بکار گیری روش های خاص به منظور تعیین راه حل موثر و اقتصادی یک مسئله در یک فرایند را بهینه سازی می گویند.بهینه سازی از عمده ترین ابزار تصمیم گیری در صنایع می باشد،بهینه سازی با انتخاب بهترین جواب یا راه حل از میان جواب های محتمل با بکارگیری روش های موثر کمی سر و کار دارد.البته رایانه و نرم افزارهای مرتبط با موضوع ، محاسبات لازم را امکان پذیر و با حداقل هزینه انجام می دهند.حفظ انرژی در طراحی یک واحد شیمیایی همواره یکی از مهمترین موارد مورد توجه می باشد به علاوه تعین کمترین مقدار انرژی گرمایی و سرمایی مورد نیاز یک فرآیند از اصلی ترین محاسبات برای تعین مقدار ذخیره انرژی است بنابراین انتگراسیون حرارتی (یکپارچه کردن انرژی) یکی از عوامل مهم در طراحی های اقتصادی می باشد . نام تکنولوژی پینچ[1] برای پژوهشگران و دانشمندان فعال در عرصه بهینه سازی مصرف انرژی شناخته شده و آشناست.این تکنولوژی برای تحلیل و بررسی شبکه مبدل های حرارتی به منظور کاهش مصرف انرژی استفاده می شود . پژوهشگران به منحنی ترکیبی بعنوان ابزاری مهم در بازیافت انرژی پرداختند.تاکید آن ها بر نقطه پینچ بعنوان نقطه کلیدی در بازیافت انرژی بود و به همین علت نام تکنولوژی پینچ را برای آن انتخاب نمودند.تا به امروز تکنولوژی پینچ پیشرفت های زیادی نموده است و علاوه بر شبکه مبدل های حرارتی برای بهینه سازی برج های تقطیر و کوره ها استفاده می شود[۱و۲و۳].انتگراسیون حرارتی یک روش برای حداقل نمودن مصرف انرژی بر اساس معادلات ترمودینامیکی می باشد.این هدف با بهینه نمودن سیستم های بازیابی حرارتی،روش های تامین انرژی فرایند و شرایط عملکرد آن حاصل می شود.این تکنولوژی به نام های انتگراسیون حرارتی، انتگراسیون انرژی یا انتگراسیون تکنولوژی پینچ نیز معروف است.تکنولوژی پینچ در طراحی شبکه مبدل های حرارتی حداقل مصرف انرژی را تضمین می کند. آنالیز اگزرژی از قوانین اول و دوم ترمودینامیک بهره می گیرند تا بتواند جریان اگزرژی را در سیستم محاسبه و نیز اجزاء غیر بهینه را مشخص کند . اما متاسفانه این روش راه حل عملی جهت جلوگیری از تلفات اگزرژی ارائه نمی‌دهد .از سوی دیگر تکنولوژی پینچ یک روش کلی جهت طراحی فرایند ها محسوب می شود که توانایی هدف گذاری بیشترین اصلاحات ممکن قبل از طراحی و شبیه سازی نهایی را دارا می باشد. اما نقطه ضعف این روش زمانی نمایان می گردد که از آن در سیستم های تولید نیرو استفاده شود ، بنابراین روش جدیدی برای غلبه بر ضعف های دو روش فوق توسعه یافته است که آنالیز ترکیبی پینچ و اکسرژی نامیده می شود . این روش جدید می تواند برای بهینه سازی سیستم هایی چون نیروگاه به کار گرفته شود . بعضی از پالایشگاه ها در حال اجرای تکنیکی خاص به نام هیدروژن پینچ هستند تا بتوانند با اجرای یک مدیریت کارامد روی هیدروژن و منابع مختلف تامین آن میزان هزینه های سرمایه‌گذاری را به حداقل برسانند و با صرفه‌جویی در این هزینه های کاهش یافته به سود اقتصادی در کوتاه مدت نیز دست یابند . در این روش قانون اول ترمودینامیک برای محاسبه تغییرات آنتالپی در جریان گذرا از یک مبدل حرارتی استفاده می شود و قانون دوم جهت جریان گرما را مشخص می کند .در طراحی سنتی، اول فرایند طراحی می شود و توسط موازنه جرم و حرارت دماها و دبی جریان ها تعیین می شود .سپس طراحی سیستم بازیابی حرارتی کامل می شود و در نهایت موارد باقیمانده تعیین می شوند . هر کدام از این مراحل به طور مستقل از سایر انجام می شود .اما در طراحی پینچ، انتگراسیون فرایند با استفاده از تکنولوژی پینچ قبل از طراحی بازیابی حرارتی شبکه برای حداقل کردن مصرف انرژی راه حل ارائه می دهد.طراحی پینچ فرصت های بهینه کردن فرآیند و بهبود انتگراسیون حرارتی را مشخص می کند ،این روش به بهینه کردن تجهیزات انتقال حرارت در طول طراحی آنها کمک می کند [۴و۵و۶].

1-Pinch

www.SID.ir

Archive of SID

۲- عملکرد بخش دفع واحد نفتا هیدروتریتینگ پتروشیمی بوعلی سینا

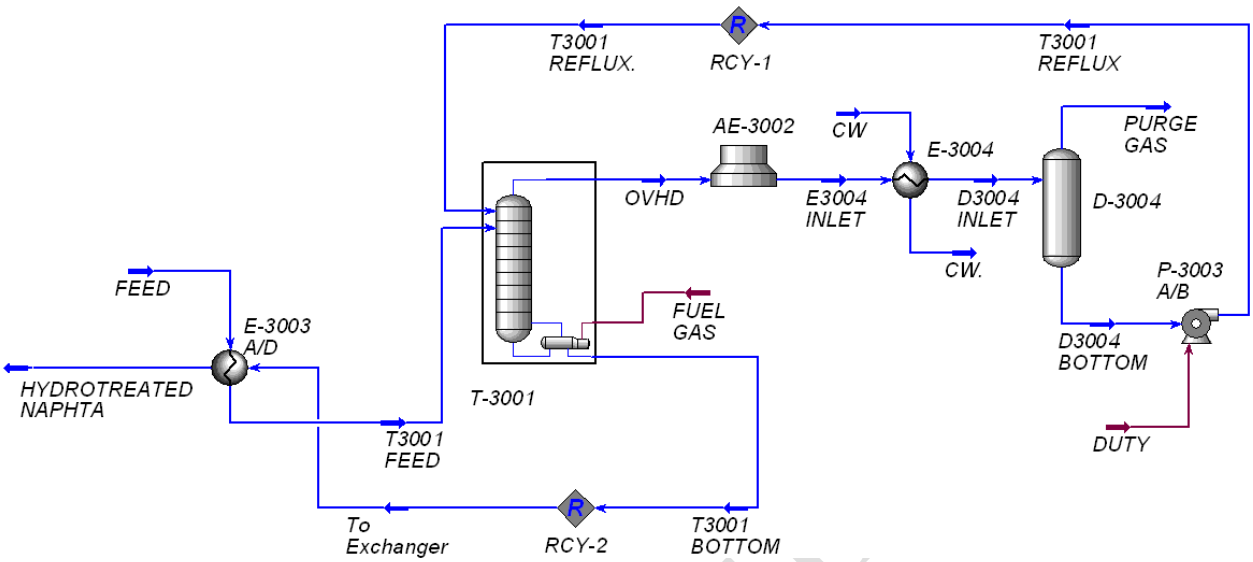
در این واحد ابتدا خوراک با دمای ۴۵ درجه سانتیگراد و فشار ۱۸۰۰ کیلو پاسکال قبل از ورود به برج دفع (شکل شماره ۱) در مبدل حرارتی E-3003 A/D در تبادل حرارتی با محصول خروجی از ریبویلر قرار می گیرد .با توجه به اینکه در این واحد هدف، دفع هیدروکربن های C_1 الی C_5 می باشد (البته گاز سولفید هیدروژن نیز در این بخش از جریان خوراک حذف شده و از بالای برج دفع تحت عنوان گاز های زائد خارج می شود) ، لذا لازم است تا خوراک قبل از وزود به برج دفع ، به گونه ای افزایش دما داده یا اصطلاحا پیش گرم گردد،این عمل علاوه بر خنک سازی محصول باعث کاهش مصرف سوخت گازی (ترکیب در جدول شماره ۱) در ریبویلر نیز خواهد شد[۷].در مبدل حرارتیE-3003 A/D جریان خوراک در تماس حرارتی با محصول پایین برج تا دمای ۱۸۸ درجه سانتیگراد پیش گرم می شود.خروجی از لوله های این مبدل جریان خوراک و خروجی از پوسته نیز جریان نفتا می باشد که در این تبادل حرارت دمای آن از ۲۴۱ درجه سانتیگراد به ۱۱۶ درجه کاهش می یابد.در این مبدل همزمان که جریان خوراک افزایش دما می دهد،جریان محصول خنک می شود این امر از نظر بهینه سازی مصرف انرژی بسیارحائز اهمیت بوده و در این تحقیق سعی خواهد شد روشی به منظور بهبود آن ارائه گردد تا با استفاده از آن پیش گرمایش خوراک با کیفیت بهتری (یعنی دمای بالاتر) صورت گیرد که در پی این عمل میزان تزریق سوخت گازی به ریبویلر تا حد چشمگیری کاهش خواهد یافت.در ادامه خوراک از سینی ۲۴ ام (شماره گذاری از پایین به بالا) وارد برج دفع شده و در این برج ترکیبات سبک از بالا و محصول نهایی از ریبویلر خارج می شود.در برج های دفع که هدف جداسازی ترکیبات سبک می باشد عمدتا خوراک از سینی های بالایی وارد برج می گردد این عمل باعث بهبود عملیات دفع می شود . ریبویلر برج دفع واحد نفتا هیدرو تریتینگ پتروشیمی بوعلی سینا کوره می باشد که سوخت آن از سوخت گازی تامین می گردد.در این کوره جریان مایع خروجی از آخرین سینی (سینی ۱ام) بصورت اشباع وارد کوره شده و بصورت دو فازی از آن خارج و مجددا به برج برگردانده می گردد این عمل باعث می شود که ترکیبات سبکتر موجود در خوراک ورودی بوسیله بخار تولید شده در ریبویلر به سمت بالا حرکت کرده و در کندانسور مجددا چگالیده شده و از جدا کننده دو فازی واقع در بالای برج خارج گردند .بخار خروجی با دمای ۱۴۷/۲ درجه سانتیگراد و فشار ۱۴۷۰ کیلو پاسکال ابتدا وارد کولر هوایی شده و در این تجهیز که دارای افت فشار ۴۰ کیلو پاسکال می باشد ، دمای این جریان تا ۶۵ درجه سانتیگراد کاهش یافته و چگالش نهایی در مبدل گرمایی در تماس با جریان آب خنک کننده صورت خواهد گرفت . در این مبدل جریان خروجی از کولر هوایی در تبادل حرارت با آب خنک کننده تا ۴۵ درجه سانتیگراد خنک شده و بصورت دو فازی وارد جدا کننده می شود . در این جدا کننده فاز های مایع و بخار از یکدیگر تفکیک می شوند.مایع خروجی از جدا کننده ابتدا در پمپ رفلاکس به فشار ۱۴۷۰ کیلو پاسکال رسیده و بطور کامل به برج دفع برگردانده می شود.بخار خروجی از تفکیک کننده نیز گازهای سبکی می باشند که از خوراک جدا شده اند که به فلر (مشعل) ارسال می شوند[۷].

جدول ۱ : ترکیب مولی سوخت گازی تزریقی به ریبویلر برج دفع [۷]

متان	/۵۲
هیدروژن	۰/۲
اتان	۰/۱۵
پروپان	۰/۱
بوتان ها	۰/۱
پنتان به بالا	۰/۱۱

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱ : شبیه سازی برج دفع واحد Naphta Hydrotreating پتروشیمی بو علی سینا با نرم افزار Aspen Hysys

۳- طرح مسئله

اشاره همانطور که شد در بالای برج دفع (شکل شماره ۱) از یک کولر هوایی و در ریبویلر نیز به منظور تامین گرما و تولید بخار از سوخت گازی استفاده می شود که هر دو مورد مذکور سالانه هزینه زیادی را به این واحد از پتروشیمی بوعلی سینا تحمیل می کنند،که البته می توان با استفاده از روش هایی مانند تکنولوژی پینچ یا انتگراسیون حرارتی که مبتنی بر استفاده بهینه از انرژی های موجود در فرآیند است ، بر این دست از هزینه ها فائق آمد.در صورت استفاده از این تکنیک ها علاوه بر کاهش مصرف انرژی و بازگشت سرمایه ، می توان انرژی بازیافتی را در دیگر صنایع که به انرژی بیشتری نیاز دارند استفاده و یا در صورت مازاد بودن برای آن ها در جهان بازار هایی را دید و از فروش این منابع سود خوبی را بدست آورد . راه دیگر استفاده از این انرژی های بازیافتی بکار گیری برای ساخت سیستم های مولد کوچک می باشد که این سیستم ها نیز دارای هزینه سرمایه گذاری اندک ولی با سود دهی بالا می باشند.

بنابراین می توان ضرورت انجام تحقیق را ارائه روشی با هدف بهینه سازی و کاهش مصرف انرژی برای بخش دفع واحد نفتا هیدرو تریتینگ پتروشیمی بوعلی سینا بیان نمود که البته روش پیشنهادی می بایست علاوه بر کارایی بالا از نظر اقتصادی نیز توجیه پذیر باشد.برای این منظور و به جهت درک بهتر میزان هدر رفت سرمایه ناشی از استفاده بیش از حد منابع انرژی ،هزینه سالیانه مصرف برق و سوخت برای برج دفع واحد نفتا هیدرو تریتینگ صورت گرفت که بصورت زیر می باشد:

هزینه سوخت ریبویلر = (میزان انرژی مصرفی در کوره(گیگا ژول در ساعت) × قیمت هر گیگا ژول [۸] × ۸۰۰۰

هزینه سوخت ریبویلر = ۲۹/۹۴ × ۳ $ × ۸۰۰۰ (دوره کارکرد) = ۷۱۸۵۶۰ دلار در سال

هزینه برق در کولر هوایی = [۷]مصرفی برق × کیلووات ساعت برق [۸] × ۸۰۰۰

هزینه برق در کولر هوایی = ۳۹/۸۲ × ۰/۰۶ (قیمت هر کیلووات ساعت) × ۸۰۰۰ = ۱۹۱۱۰ دلار در سال

کل هزینه انرژی مصرفی در کولر هوایی و کوره =۷۱۸۵۶۰ +۱۹۱۱۰= ۷۳۷۶۷۰ دلار در سال

www.SID.ir

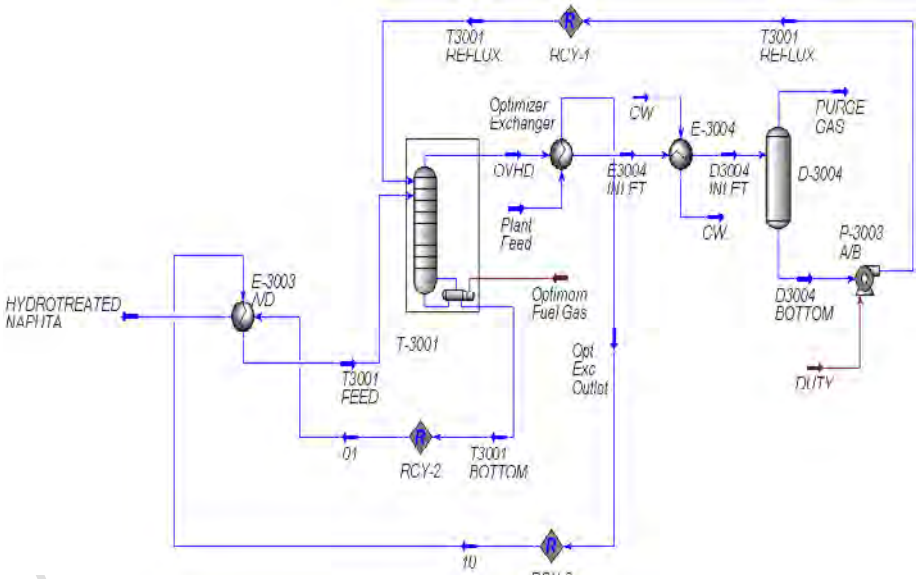
Archive of SID

۴- بازیافت انرژی برج دفع

از بررسی انرژی جریان های فرایندی و در کنار هم قرار دادن خواسته ها و داشته ها (منظور از خواسته ها کاهش انرژی و منظور از داشته ها،انرژی گرمایشی یا سرمایشی موجود در جریانات می باشد) می توان گفت که جریان خوراک دارای بهترین دما بوده و می توان از آن به منظور کاهش مصرف انرژی در کولر هوایی و ریبویلر استفاده نمود.بصورت تئوری (با استفاده از انجام شبیه سازی) در صورتی که بتوانیم از دمای جریان خوراک استفاده نماییم (شکل شماره ۲)،کولر هوایی در بالای برج دفع از فرآیند حذف و انرژی الکتریکی مصرفی در آن ۱۰۰ درصد و بار حرارتی ریبویلر نیز بطور قابل ملاحظه ای کاهش خواهد یافت.

سناریو تعریف شده به این ترتیب است که،خوراک قبل از ورود به مبدل پیش از برج ، به بالای برج ارسال و بجای استفاده از کولر هوایی از یک مبدل گرمایی پوسته / لوله استفاده نماییم (شکل شماره ۳ طراحی مبدل) که در اینصورت علاوه بر کاهش برق،دمای خوراک نیز افزایش خواهد یافت.

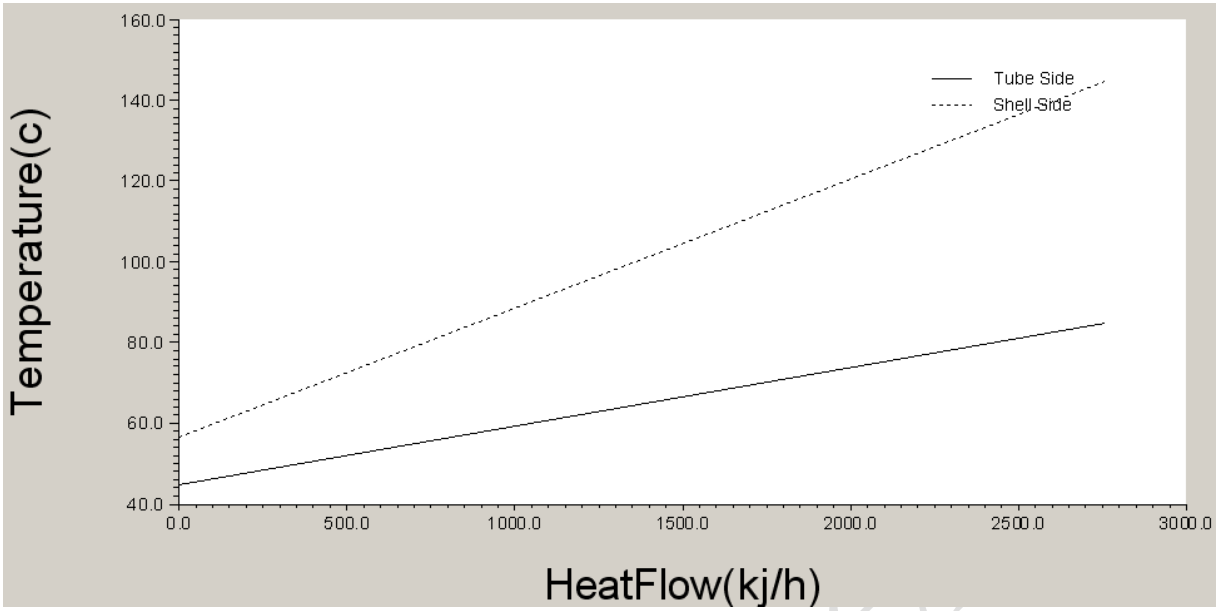
در پی افزایش دمای خوراک،جریان محصول پایین برج دفع قادر خواهد بود تا دمای بیشتری خوراک را پیش گرم نماید (برای انجام عملیات دفع افزایش دما باعث بهبود عملکرد برج خواهد شد) و تاثیر این افزایش دما مستقیما به کاهش بار حرارتی ریبویلر یا به عبارت دیگر بر کاهش مصرف سوخت گازی منجر خواهد شد که هر دو مورد مذکور تاثیر بسزایی در کاهش انرژی در واحد و جلوگیری از هدر رفت سرمایه ملی خواهد داشت.



شکل ۲ : شماتیک روش ارائه شده در این تحقیق (استفاده از مبدل حرارتی بجای کولر هوایی)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳: نمودار انتقال حرارت در مبدل OPTIMIZER EXCHANGER

۵- برآورد اقتصادی

انرژی مصرفی بر اساس طرح پیشنهادی – انرژی فعلی = میزان کاهش مصرف انرژی در کوره

۵/۱۴ (گیگا ژول در ساعت) = ۲۴/۸ – ۲۹/۹۴ = میزان کاهش مصرف سوخت در کوره

۸۰۰۰ × قیمت هر گیگا ژول انرژی [۸] × ۵/۱۴ = بازگشت سرمایه

۱۲۳۳۶۰ (دلار در سال) =۸۰۰۰ ×$ ۳ × ۵/۱۴ = بازگشت سرمایه ناشی از کاهش مصرف سوخت

۸۰۰۰ × قیمت برق [۸] × کیلو وات ساعت کاهش یافته = بازگشت سرمایه ناشی از کاهش برق در کولر هوایی

۱۹۱۱۰ (دلار در سال) =۸۰۰۰ × $ ۰/۰۶ ×۳۹/۸۲ = هرینه برق مصرفی در کولر هوایی

بازگشت سرمایه ناشی از کاهش برق + بازگشت سرمایه ناشی از کاهش سوخت = بازگشت سرمایه از طرح پیشنهادی

۱۴۲۴۷۰ (دلار در سال) = ۱۲۳۳۶۰ + ۱۹۱۱۰ = بازگشت سرمایه از بکار گیری طرح پیشنهادی

دلار در سال ۶۲۴۹۰۰ =۱۴۲۴۷۰ - ۷۶۷۳۷۰ = سود پروژه

۶- نتیجه گیری

از نظر اقتصادی انجام این پروژه مستلزم هزینه سرمایه گذاری خواهد بود که البته در آمدهای قابل حصول از انجام پروژه بیانگر این است که نرخ بازگشت سرمایه و سود پروژه برای واحد نفتا هیدروتریتینگ پتروشیمی بوعلی کاملا توجیه اقتصادی خواهد داشت.

مراجع

[1] Nelder, J.A., Mead R., A Simplex Method for Function Minimization, Computer journal, **7**, P.308 (1965).
[2] Bell, K.J., Final Report of the Cooperative Research Program on Shell & Tube Heat Exchangers, Bulletin No.5, University of Delaware Engineering Experiment Station, Newark, Delaware, (2009).
[3] Rao, S.S., "Optimization: Theory and Applications", 2nd Edition, New Delhi, New Age International (p) Limited, Publishers, p. 292 (2006).
[4] Linnhoff, B., et al., User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy, IChemE, Rugby (2010).

www.SID.ir

Archive of SID

[5] Linnhoff, B., Ahmad, S., Optimal Synthesis of Energy Management Systems., TASME, J. Eng. Res. Tech., 111(3), p. 121 (2007).
[6] Panjeshahi, M.H., Pressure Drop Consideration in Process Integration., PhD Thesis, UMIST, Department of Chemical Engineering, U.K. (2010).
[7] Documents Of BUALI SINA Petrochemical Company , Document NO , 03-8711-300-3.1
[8] http://www.che.cemr.wvu.edu

www.Koureh.ir

www.SID.ir