

# 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

کارگاه آنلاین  
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

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



## انتگراسیون فرآیند تصفیه گاز به روش فناوری پینچ حرارتی با هدف بازیافت انرژی و کاهش نقطه شبنم آب در گاز تولیدی

ناصر تیموری خانه سری<sup>۱</sup>، امید رضا حبیبی<sup>۲</sup>

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت نفت اهواز، دانشکده مهندسی نفت، گروه مهندسی گاز

N.teymourei.khanesary@gmail.com

### چکیده

در واحد تصفیه گاز پالایشگاه گاز مسجد سلیمان یکی از مشکلات فرآیندی که علاوه بر واحد تصفیه واحد تنظیم نقطه شبنم را نیز درگیر خود نموده است، بالا بودن دمای گاز شیرین تولیدی می باشد (تقریباً ۵۵ درجه سانتیگراد). در این دما محتوای آب در جریان مذکور برابر با  $30.36 \text{ mg/m}^3 \text{ gas}$  گزارش شده که قابل توجه می باشد که در نتیجه منجر به کاهش ارزش حرارتی گاز تولیدی از پالایشگاه می گردد. در این تحقیق براساس انتگراسیون حرارتی روشی جهت کاهش دمای گاز تصفیه شده بدون استفاده از سرمایه‌های مستقیم و تنها با تکیه بر امکانات موجود در فرآیند ارائه شده است. نتایج شبیه سازی با نرم افزار HYSYS نشان می دهد که در صورت استفاده از یک مبدل فرآیند/فرآیند و تبادل گرما میان جریان گاز شیرین (۵۵ درجه سانتیگراد) و گاز ترش (دمای ۲۹ درجه سانتیگراد) می توان تا حد قابل قبولی دمای گاز تصفیه شده را کاهش داد بطوریکه در دمای جدید (۴۱ درجه سانتیگراد) محتوای آب در این جریان برابر با  $10.13 \text{ mg/m}^3 \text{ gas}$  می باشد. به این ترتیب می توان انتگراسیون حرارتی را ابزاری جهت کاهش نقطه شبنم آب در جریان های گازی نیز تلقی نمود. مزیت دیگر روش ارائه شده حذف کولر هوایی (کولر حلال در گردش) می باشد که در پی استفاده از مبدل فرآیند/فرآیند حاصل شده است. با حذف این تجهیز از فرآیند علاوه بر کاهش قابل ملاحظه مصرف برق (بازیافت انرژی) در واحد تصفیه گاز، می توان به کاهش هزینه های عملیاتی کولر هوایی مذکور اشاره نمود. از نظر اقتصادی انجام این پروژه مستلزم هزینه سرمایه گذاری خواهد بود که البته درآمدهای قابل حصول از انجام پروژه بیانگر این است که نرخ بازگشت سرمایه و سود پروژه برای پالایشگاه گاز مسجد سلیمان (MIS) کاملاً توجیه اقتصادی خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: کاهش نقطه شبنم، انتگراسیون حرارتی، بازیافت انرژی، فناوری پینچ حرارتی

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت نفت اهواز، دانشکده مهندسی نفت، گروه مهندسی گاز

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی گرایش گاز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه



## ۱- مقدمه

نام تکنولوژی پینچ برای پژوهشگران و دانشمندان فعال در عرصه بهینه سازی مصرف انرژی شناخته شده و آشناست. این تکنولوژی اولین بار توسط linnhoff و Turner [۱] برای تحلیل و بررسی شبکه مبدل های حرارتی به منظور کاهش مصرف انرژی استفاده گردید. آن ها 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 [۲]. به دنبال آن ها پژوهش هایی برای کمینه نمودن تعداد مبدل های مورد نیاز شبکه توسط flower و linnhoff [۳] و کمینه نمودن سطح مورد نیاز شبکه مبدل های حرارتی توسط Townsend و linnhoff [۴]، ahmad و linnhoff [۵] انجام گردید. اولین گزارش ها از کاربرد تکنولوژی پینچ مربوط به ICI بوده که ۳۰ درصد کاهش مصرف انرژی در فرآیند های شیمیایی و پتروشیمیایی ایجاد شده بود. سپس Union Carbide گزارش داد که بطور میانگین ۵۰ درصد کاهش مصرف انرژی داشته است [۶].

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. در راستای گسترش تکنولوژی پینچ، مشکلاتی همچون در نظر گرفتن افت فشار در طراحی و همچنین محدودیت های افت فشار در اصلاح سیستم های موجود مورد مطالعه قرار گرفت. برای حل این مشکل Panjeh shahi و Polley [۸-۶] در اوایل دهه نود میلادی راهکار های مناسبی را ارائه نمودند.

همچنین Panjeh shahi [۸] الگوریتمی را برای بهینه سازی افت فشار در شبکه مبدل های حرارتی ارائه نمود. به منظور بهینه سازی انرژی در انتگراسیون فرآیند ها با افزایش ضریب انتقال حرارت، تکنیک افزودن وسایل افزایش دهنده انتقال حرارت در مبدل ها توسط Polley et al [۱۰] و Jafari Nasr [۱۱ و ۱۲] مورد بررسی قرار گرفت. به موازات پژوهش های انجام شده در زمینه بهینه سازی شبکه مبدل های حرارتی، پژوهشی نیز در مورد استفاده از این روش جهت بهینه سازی استفاده مجدد از منابع آب توسط Smith و Wang [۱۳ و ۱۴] انجام شد. در سال ۱۹۹۹ میلادی Alves [۱۵] و Towler [۱۵] روش پینچ هیدروژن را به منظور کاهش هیدروژن درخواستی به ویژه در پالایشگاه ها مورد توجه قرار دادند.

## ۲- عملکرد واحد تصفیه گاز

ابتدا گاز ترش (جدول شماره ۱ ترکیب گاز ورودی را نشان می دهد) که با فشار ۴۱۶۹ کیلو پاسکال و دمای ۳۰ درجه سانتیگراد وارد جدا کننده دو فازی شده و مقداری از مایعات همراه آن جداسازی می شوند سپس گاز خروجی از بالای جدا کننده از زیر سینی اول (شماره گذاری از پایین به بالا است) وارد تماس دهنده آمین می شود و در تماس با محلول ۳۰٪ وزنی دی اتانول آمین قرار گرفته و با دمای ۵۴/۵ درجه سانتی گراد از بالای تماس دهنده خارج شده و جهت از دست دادن مایعات احتمالی وارد شستشو دهنده می شود. محلول آمین غنی که از پایین برج تماس دهنده خارج شده ابتدا وارد یک شیر فشار شکن می شود و تا فشار ۴۴۶ کیلو پاسکال فلش می شود سپس جهت تفکیک مقداری از گازهای سبک محلول وارد جدا کننده آبی آمین می شود، جریان گاز خروجی از این جدا کننده مستقیماً و بطور پیوسته به فلر ارسال شده و جریان مایع خروجی با دمای ۴۵/۴۵ درجه سانتیگراد به مبدل معروف آمین-آمین ارسال می گردد (در این مبدل که از نوع پوسته-لوله می باشد محلول آمین در تماس با محلول آمین احیا شده می بایست تا دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد پیش گرم شود ولی به دلیل سرد بودن محلول خروجی از پایین برج تماس دهنده این مبدل قادر به پیش گرم نمودن تا دما ۱۰۰ درجه سانتیگراد نبوده و در بهترین حالت می تواند جریان آمین غنی را تا دمای ۷۴ درجه سانتیگراد گرم نماید). در ادامه محلول آمین پیش گرم شده از روی سینی سوم (شماره گذاری از بالا به پایین) وارد برج احیا آمین شده و طی ۲۰ مرحله (بدون در نظر گرفتن کندانسور و ریبولر) عملیات دفع گازهای اسیدی از محلول آمین غنی شده صورت می گیرد (شکل شماره ۱)، فشار بالای برج احیا ۱۷۷/۲ کیلو پاسکال و فشار ریبولر ۱۸۸/۹ کیلو پاسکال کنترل می شود. محصول خروجی از کندانسور این ستون



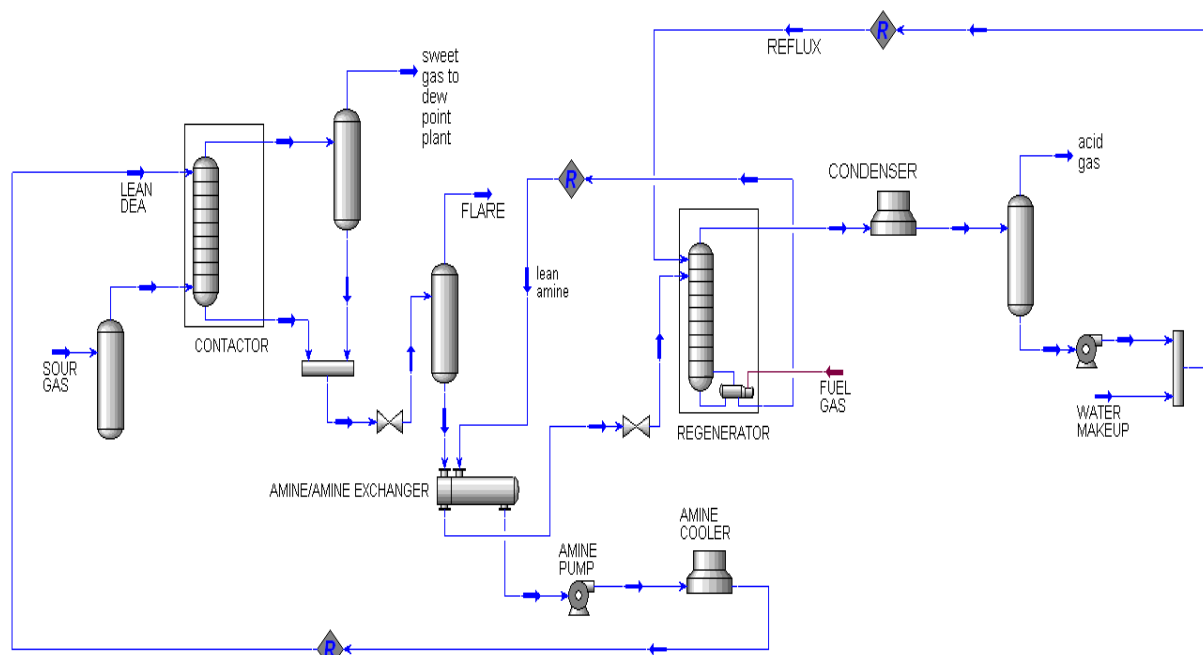
## چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ مجری: هم‌اندیشان انرژی‌ی‌کیما

www.Koureh.ir

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶

(کندانسور از نوع برگشتی کامل است) گاز اسیدی بوده که مجدداً بطور پیوسته به زباله سوز ارسال می‌شود. خروجی از این ستون سینی دار آمین احیا شده است که با دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد به مبدل آمین-آمین ارسال می‌گردد [۱۶].



شکل ۱: شماتیک واحد تصفیه گاز در محیط HYSYS

جدول ۱: ترکیب Sour Gas [۱۶]

Component	Mole Fraction
H <sub>2</sub> S	0.000309
CO <sub>2</sub>	0.005677
N <sub>2</sub>	0.003612
CH <sub>4</sub>	0.873575
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.067402
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.027805
i-C <sub>4</sub>	0.004280
n-C <sub>4</sub>	0.008420
i-C <sub>5</sub>	0.002494
n-C <sub>5</sub>	0.002394
n-C <sub>6</sub>	0.001058
n-C <sub>7</sub>	0.000579

### ۳- انتگراسیون فرآیند به روش فناوری پینچ حرارتی

جهت تعریف یک سناریو برای کاهش مصرف انرژی ابتدا می‌بایست فرآیند فعلی شبیه‌سازی و انرژی‌های موجود برای هر تجهیز و جریان‌های فرآیندی مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به اینکه دلیل اصلی مشکلات فرآیندی پایین بودن دمای گاز ترش ورودی می‌باشد، پس باید با استفاده از روشی اقدام به گرم نمودن این جریان نماییم. پس از بررسی جریان‌های موجود در



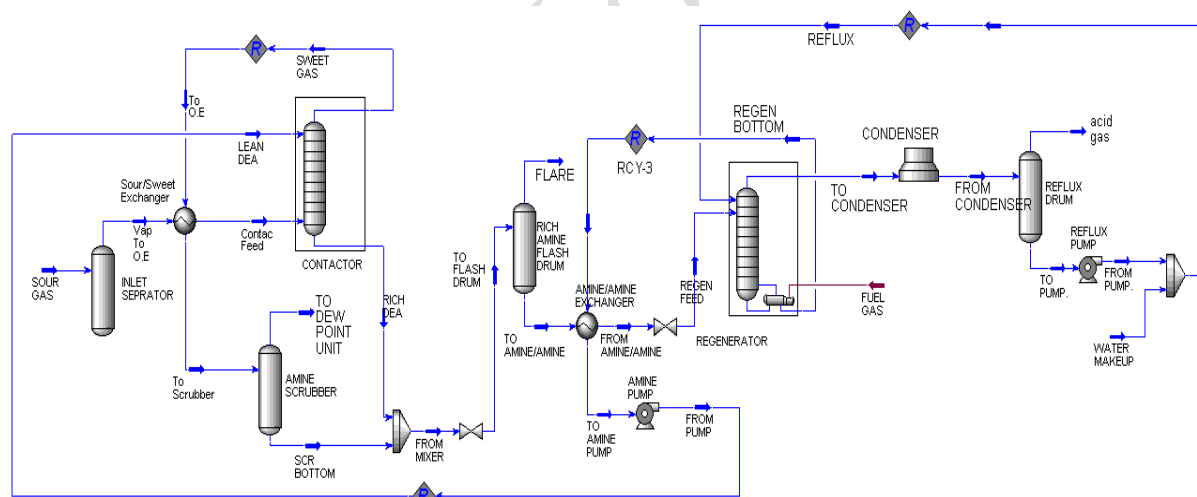
## چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ مجری: هم‌اندیشان انرژی کیمیا

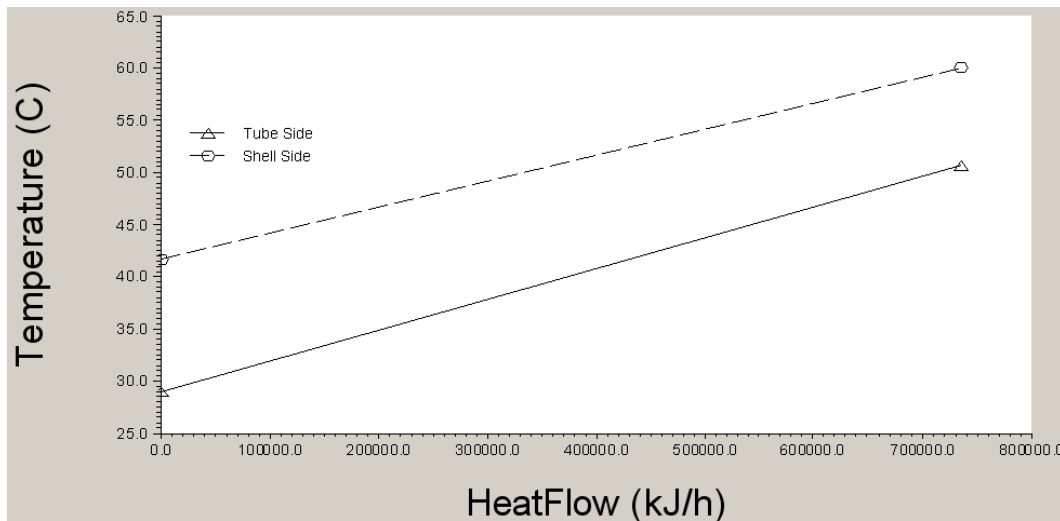
www.Koureh.ir

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶

فرآیند می‌توان گفت که جریان گاز شیرین خروجی از بالای برج جذب دارای انرژی کافی برای گرم نمودن جریان گاز ترش را دارد (واکنش‌های جذب که میان حلال آمین و گازهای اسیدی رخ می‌دهند گرمازا بوده و در نتیجه دمای جریان‌های خروجی از برج جذب دارای دمای بالاتری نسبت به جریان‌های ورودی می‌باشند). در حال حاضر متوسط دمای گاز شیرین بالای برج جذب برابر با ۵۴ درجه سانتیگراد بوده که دارای اختلاف فاحشی با دمای گاز ورودی می‌باشد و می‌توان از این اختلاف دما به نفع فرآیند استفاده نمود (انتگراسیون حرارتی). تا این مرحله جریان مورد نظر شناسایی شده و در مرحله دوم باید دو جریان مذکور با یکدیگر تبادل حرارت نمایند. مبدل حرارتی پوسته/لوله مناسبترین تجهیز بوده و می‌تواند بهترین سطح انتقال حرارت را برای بیشترین تبادل حرارت فراهم نماید. در مرحله سوم شبیه‌سازی فرآیند این بار با اضافه شدن یک مبدل حرارتی (Sour/Sweet Exchanger) که مکان آن نیز قبل از برج جذب می‌باشد صورت گرفت (شکل شماره ۲) که بر این اساس در این مبدل گرمایی جریان‌های گاز شیرین با دمای ۵۴/۴۵ و گاز ترش با دمای ۲۹ درجه سانتیگراد با هم تبادل حرارت می‌نمایند (شکل شماره ۳ نمودار انتقال حرارت در این مبدل را نشان می‌دهد). در نتیجه این تبادل گرما دمای جریان گاز ترش از ۲۹ درجه به ۴۳ درجه سانتیگراد و دمای گاز شیرین از ۵۴/۴۵ درجه به ۴۱ درجه سانتیگراد کاهش می‌یابد. از طرفی بدلیل افزایش دمای محلول Rich DEA، تبادل حرارت در مبدل آمین/آمین با کیفیت بهتری صورت گرفته که این امر خود را بصورت افزایش دمای خوراک برج احیا آمین تا ۱۱۵ درجه سانتیگراد نشان می‌دهد، افزایش تبادل گرما در مبدل آمین/آمین برابر است با کاهش دمای جریان ورودی به کولر هوایی (کولر حلال در گردش). براساس نتایج شبیه‌سازی در صورت استفاده از روش ارائه شده در این نوشتار، دمای جریان ورودی به کولر هوایی به ۴۹ درجه سانتیگراد می‌رسد که در اینصورت دیگر نیازی به استفاده از کولر هوایی نبوده و این جریان مستقیماً به برج جذب گاز ارسال می‌گردد (شکل شماره ۲).



شکل ۲: شماتیک فرآیند انتگراسیون شده



شکل ۳: نمودار انتقال حرارت برای مبدل گرمایی Sour/Sweet

#### ۴- اقتصاد پروژه

دوره سالیانه  $\times$  قیمت برق برای هر کیلو وات ساعت  $\times$  کاهش مصرف برق [۱۶] = سود ناشی از بازیافت انرژی (برق)  
 $41256$  دلار در سال =  $8000 \times 0.06 \times 85/95$  دلار  $\times$  سود ناشی از بازیافت انرژی (برق)  
 هزینه های عملیاتی + قیمت خرید این تجهیز = سود ناشی از حذف کولر هوایی از فرآیند  
 $67810$  دلار =  $17481 + 50329$  = سود ناشی از حذف کولر هوایی از فرآیند  
 هزینه خرید مبدل گرمایی Sour/Sweet Exchanger = هزینه سرمایه گذاری پروژه  
 هزینه خرید و سایر هزینه های این مبدل با استفاده از نرم افزار محاسبه گردیده است.

هزینه سرمایه گذاری پروژه =  $22727$  دلار

سود  $\div$  هزینه سرمایه گذاری = زمان سود دهی پروژه (سال)

$2/5$  ماه =  $0.21$  سال =  $(67810 + 41256) \div 22727$  = زمان سود دهی پروژه (سال)

#### ۵- نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از نرم افزار تخصصی ASPEN HYSYS و همچنین مقایسه شکل های ۲ و ۱ می توان گفت که اضافه شدن مبدل گرمایی جهت تبادل دو جریان گاز تصفیه شده و گاز ترش، منجر به کاهش ۷۵ درصدی محتوای آب در جریان گاز ارسالی به واحد تنظیم نقطه شبنم شده که این امر همراه با کاهش قابل توجه دمای جریان مذکور نیز می باشد. نتایج شبیه سازی نشان می دهد در صورت تبادل گرما بین جریان گاز شیرین و گاز ترش در مبدل گرمایی پوسته/لوله، دمای جریان گاز تصفیه شده به ۴۱ درجه سانتیگراد کاهش می یابد که در نهایت باعث افزایش بازدهی واحد تنظیم نقطه شبنم می گردد.

یکی دیگر از نتایج بدست آمده مربوط به بحث بازیافت انرژی و سرمایه می باشد. در اثر تبادل میان جریان های گاز شیرین و ترش در مبدل Sour-sweet Exchanger دمای جریان گاز ترش که به برج جذب وارد می شود بطور قابل توجه افزایش می یابد و در نتیجه با توجه به گرمازا بودن واکنش های جذب در برج جذب، دمای جریان Rich DEA از ۳۲ درجه سانتیگراد به ۴۵/۳۳ درجه سانتیگراد افزایش خواهد یافت، افزایش دمای این جریان به معنی افزایش انتقال گرما در مبدل آمین/آمین خواهد بود و با توجه به نتایج شبیه سازی بازده این مبدل ۳۸ درصد افزایش می یابد و در نتیجه دمای محلول آمین احیا شده



## چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ مجری: هم‌اندیشان انرژی‌کیما

www.Koureh.ir

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶

خروجی از مبدل آمین/آمین تا ۴۹ درجه کاهش خواهد داشت که این دما برای ارسال به برج جذب گاز بسیار مطلوب بوده و دیگر نیازی به استفاده از کولر هوایی جهت خنکسازی نخواهد بود. در نهایت این تجهیز از فرایند حذف و در مصرف برق (۸۵/۹۵ کیلووات ساعت) نیز صرفه جوئی خواهد شد.

### مراجع

- [1] Linnhoff, B., Vredeveld, D.R. (1984) Pinch Technology has come of age, Chem. Engng. Progr., 80, 33-40.
- [2] Smith, R. (2005) Chemical Process Design and Integration, John Wiley & Sons, Chichester, West Sussex, UK.
- [3] Smith, R., Linnhoff, B. (1988) The design of separators in the context of overall processes, Chem. Eng. Res. Des., 66, 195-228.
- [4] Linnhoff, B., Dunford, H., Smith, R. (1983) Heat integration of distillation columns into overall processes, Chem. Engng. Sci., 38, 1175-1188.
- [5] Linnhoff, B., Flower, J.R. (1978) Synthesis of heat exchanger networks: I. Systematic generation of energy optimal networks, AIChE J., 24, 633-642.
- [6] Linnhoff, B., Hindmarsh, E. (1983) The pinch design method for heat exchanger networks, Chem. Eng. Sci., 38, 745-763.
- [7] Linnhoff March Ltd. (1998) Introduction to Pinch Technology. Linnhoff March Ltd. now part of KBC Advanced Technologies plc., UK.
- [8] Linnhoff, B., Mason, D.R., Wardle, I. (1979) Understanding heat exchanger networks, Comput. Chem. Engng., 3, 295-302.
- [9] Linnhoff, B., Parker, S. (1984) Heat exchanger networks with process modification, IChemE Annl. Res. Mtg., Bath, UK.
- [10] Linnhoff, B., Townsend, D.W. (1982) Designing total energy systems, Chem. Engng. Progr., 78, 72-80.
- [11] Linnhoff, B., Townsend, D.W., Boland, D., Hewitt, G.F., Thomas, B.E.A., Guy,
- [12] A.R., Marsland, R.H. (1982) A User guide on process integration for the efficient use of energy, first edition, IChemE, Rugby, UK. Revised edition 1994.
- [13] Linnhoff, B., Turner, J.A. (1981) Heat-recovery networks: new insights yield big savings, Chem. Engng., 88, 56-70.
- [14] Linnhoff, B., Vredeveld, D.R. (1984) Pinch Technology has come of age, Chem. Engng. Progr., 80, 33-40.
- [15] Umeda, T., Niida, K., Shiroko, K. (1979) A thermodynamic approach to heat integration in distillation systems, AIChE J., 25, 423-429.
- [16] Documents OF MIS GAS REFINERY

# 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

تازه ترین

بررسی مقاله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین  
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

PROPOSAL  
پروپوزال

تازه ترین

پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

تازه ترین

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