بسم الله الرحمن الرحيم

٤٢٤٠٩

۱۳۸۱ /۸/ ۱۴

دانشگاه مازندران
دانشکده فني و مهندسي

۱۳۸۱ /۸/ ۱۴

موضوع :

# بهینه سازی مصرف انرژی و افزایش ظرفیت واحد تقطیر پالایشگاه تهران با استفاده از تکنولوژی پینچ

**جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد**

رشته مکانیک -گرایش تبدیل انرژی

اساتید راهنما :

**دکتر حسام طاهریان**

**دکتر محمدرضا جعفری نصر**

نگارش :

**محمد علی هاشمی**

۴۲۶۰۹

**تیرماه ۱۳۸۱**

باسمه تعالی

دانشگاه مازندران

معاونت آموزشی

تحصیلات تکمیلی

# ارزشیابی پایان نامه در جلسه دفاعیه

دانشکده فنی و مهندسی

نام و نام خانوادگی دانشجو : محمد علی هاشمی  شماره دانشجوئی : ۷۸۵۱۳۶۶۰۰۶

رشته تحصیلی : مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی  مقطع : کارشناسی ارشد

سال تحصیلی : نیمسال دوم ۸۱-۱۳۸۰

**عنوان پایان نامه :**

"بهینه سازی مصرف انرژی و افزایش ظرفیت واحد تقطیر پالایشگاه تهران با استفاده از تکنولوژی پینچ"

*تاریخ دفاع* : ۱۶ /٤/ ۱۳۸۱

*نمره پایان نامه ( به عدد)* : ۱۷

*نمره پایان نامه ( به حروف)* : هفده

**هیات داوران :**

*استاد راهنما* : دکتر حسام ظاهریان  امضا

*استاد راهنما* : دکتر محمد رضا جعفری نصر  امضا

*استاد مدعو* : دکتر کامیار سوتوزنژاد  امضا

*استاد مدعو* : دکتر کورش صدیقی  امضا

*نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی* : دکتر محمد حسن حجتی  امضا

جا دارد تا از بزرگانی که مرا در به ثمر رساندن این پایان نامه یاری نمودند تشکر و قدردانی نمایم:

آقایان دکتر محمد رضا جعفری نصر و دکتر حسام طاهریان که در تمامی مراحل اجرای این پایان‌نامه مرا راهنمایی نمودند.

آقایان مهندس یورشالمی، مهندس بیدار و مهندس جهانگیری از اداره مهندسی پالایش شرکت پالایش نفت تهران که در امر استخراج اطلاعات پایه کمک بسیار موثری محسوب می‌شدند.

آقای مهندس ذوقی از پژوهشگاه صنعت نفت که در امر استفاده از نرم‌افزارهای تکنولوژی پینچ از راهنماییهای ایشان بهره‌مند شدم.

این پایان نامه را به همسر مهربانم- خانم بهاره اخلاقی - که در شرایط دشوار زندگی مرا همراهی نمود و با تشویقهای خویش مرا به ادامه راهی که برگزیده بودم مصمم ساخت تقدیم می‌نمایم. باشد تا گوشه‌ای از محبتهای او را جبران نموده باشم.

## چکیده

کلیه واحدهای صنعتی از جمله واحدهای صنایع شیمیایی متناسب با تکنولوژی زمان خود طراحی می‌شوند.بعلاوه طراحان همواره ضریب اطمینان بالایی را برای دستیابی به نتایج از پیش تعیین شده در طرح خود لحاظ می‌دارند .از این رو استفاده از تکنولوژی روز برای بهینه سازی و در صورت امکان افزایش ظرفیت واحدهای صنعتی برای هر واحد صنعتی که بخواهد قابلیت رقابت و سوددهی خود را حفظ کند یک اصل شناخته شده می‌باشد و شرکت پالایش نفت تهران نیز از این قاعده مستثنی نمی‌باشد.

تحقیق انجام‌گرفته در واحد تقطیر شمالی شرکت پالایش نفت تهران بر استفاده از تکنولوژی پینچ استوار بوده و در آن امکان بهره‌گیری هر چه بیشتر از جریانهای جانبی در برجهای تقطیر در خلاء و تقطیر در جو و امکان استفاده از برج خلاء در وضعیت پر شده جهت رفع گلوگاه های یافت شده در این واحد بررسی شده است.

نتایج این تحقیقات نشان می‌دهند که برجهای تقطیر در خلاء و تقطیر در جو را می‌توان با اعمال تغییراتی تا ظرفیت ۱۴۰،۰۰۰ بشکه در روز مورد استفاده قرار داد .همچنین ظرفیت واحد را می‌توان با اطمینان تا حدود ۱۳۵،۰۰۰ بشکه در روز افزایش داد اگر چه از نظر تئوری ظرفیت ۱۴۰،۰۰۰ بشکه در روز نیز قابل دستیابی است.

# فهرست مطالب


مقدمه ---------- ۱

## فصل اول

## بهینه سازی یک واحد شیمیایی

۱-۱ -بهینه سازی ---------- ۷

۱-۲-روشهای رایج در اصلاح شبکه مبدلهای حرارتی ---------- ۱۰

۱-۲-۱- اصلاح شبکه با بازبینی مستقیم ساختار آن ---------- ۱۰

۱-۲-۲ - طراحی جدید برای اصلاح شبکه ---------- ۱۱

۱-۲-۳- اصلاح شبکه با استفاده از تکنولوژی پینچ ---------- ۱۱

## فصل دوم

## پینچ و اصلاح شبکه مبدلهای حرارتی

۲-۱- مبانی پینچ ---------- ۱۴

۲-۲- نقطه پینچ فرایند ---------- ۱۸

۲-۳-قواعد طراحی شبکه مبدلها ---------- ۳۳

۲-۴-طراحی شبکه مبدلها در مثال قبل ---------- ۳۶

۲-۵-حداقل تعداد واحدها و سطح تبادل حرارت مورد نیاز ---------- ۴۳

۲-۶-طراحی MER شبکه ---------- ۴۶

۲-۷- شکستن حلقه ها ---------- ۴۸

۲-۷-۱-نیاز حرارتی حلقه ها ---------- ۴۸

۲-۷-۲- بار حرارتی مسیرها ---------- ۴۸
۲-۷-۳-کاهش تعداد مبدلهای حرارتی ---------- ۴۹
۲-۸-تعیین حداقل اختلاف دمای بهینه ---------- ۵۳
۲-۸-۱-روش تعیین حداقل اختلاف دمای مجاز ---------- ۵۳
۲-۹-هدف یابی ---------- ۵۷

## فصل سوم

## شرح واحد تقطیر در شرکت پالایش نفت تهران

۳-۱-واحد تقطیر در جو ---------- ۶۴
۳-۲-واحد تقطیر در خلا ---------- ۷۷
۳-۳-قسمت تثبیت و تفکیک بنزین ---------- ۸۸
۳-۴-واحد تصفیه روغن پایه ---------- ۹۴

## فصل چهارم

## بهینه سازی واحد تقطیر با استفاده از تکنولوژی پینچ

۴-۱-افزایش ظرفیت و تاثیر آن در برجها ی اتمسفریک و خلا ---------- ۱۰۱
۴-۱-۱-افزایش ظرفیت برج اتمسفری ---------- ۱۰۱
۴-۱-۲-افزایش ظرفیت برج خلا ---------- ۱۰۷
۴-۲- افزایش ظرفیت و تاثیر آن بر شبکه انتقال حرارت ---------- ۱۱۷
۴-۲-۱-دانش بیشترین بازیافت حرارتی ---------- ۱۱۸
۴-۲-۲-عملیات هدف گذاری ---------- ۱۱۹

۴-۲-۳-استفاده از جریانهای جانبی بدون تغییر در شبکه مبدلها ---------- ۱۳۱
۴-۲-۴-عملیات سنتز ---------- ۱۵۵
۴-۳-افزایش ظرفیت و تاثیر برشبکه انتقال حرارت با برج خلا پر شده ---------- ۱۵۸
۴-۳-۱-استفاده از جریانهای جانبی بدون تغییر آرایش شبکه مبدلها ---------- ۱۶۱
۴-۳-۲-عملیات هدف گذاری ---------- ۱۶۲
۴-۳-۳-عملیات سنتز ---------- ۱۶۳
۴-۴-اثرات ناشی از افت فشار ---------- ۱۶۴

## فصل پنجم

## محاسبات اقتصادی و مشخصات دما و فشار در مبدلهای واحد تقطیر

۵-۱- محاسبات اقتصادی طرح برگزیده ---------- ۱۶۸
۵-۲-جدول مشخصات دمایی و فشاری مبدلهای واحد تقطیر ---------- ۱۷۱

## فصل ششم

## بحث و نتیجه گیری

۶-بحث و نتیجه گیری ---------- ۱۷۵

## ضمائم

اطلاعات دریافت شده از نرم افزار Super target ---------- ۱۷۸

# مقدمه

یک واحد شیمیایی همواره برای تولید میزان معینی از محصولات طراحی می‌گردد.بعبارت دیگر تولید میزان مشخصی محصول توسط شرکت سازنده ضمانت خواهد شد .این گارانتی، طراحی محتاطانه دستگاههای مختلف را ایجاب خواهد نمود بنابر این مرسوم است تا باگذشت زمان و ایجاد پیشرفتهای نوین در تکنولوژی بفکر بهینه سازی واحدهای شیمیایی ،رفع مشکلات قدیمی و در صورت امکان افزایش ظرفیت در آنهاباشیم .بدیهی است هر چه یک واحد شیمیایی پیچیده‌تر باشد مشکل بهینه سازی و افزایش ظرفیت محسوس‌تر خواهد بود تا جاییکه در یک مجتمع پالایشگاهی ،نظیر پالایشگاه تهران می‌تواند بصورت مهمترین و دشوارترین طرح ممکن در نظرگرفته شود .

مهمترین مواردی که در بهینه سازی و افزایش ظرفیت یک واحد شیمیایی نظیر پالایشگاه می‌بایست در نظرگرفت عبارتند از :

۱- توانایی برجهای تقطیر و ستونهای جانبی برای عملکرد در دبیهای بالاتر .

۲- توانایی شبکه حرارتی پالایشگاه در پاسخگویی به نیازهای حرارتی جریانها و رساندن آنها به پتانسیل دمایی لازم.

۳- توانایی خطوط انتقال قدرت در تحمل سرعتها،تنشها و نیروهای بیشتر .

۴- توانایی پمپهای موجود در تامین دبی‌های بالاتر از طراحی .

امروزه برای حل هریک از این موارد راه حلهایی ارائه شده‌اند که در فصل چهارم این پروژه به تفصیل بحث خواهند شد .نکته مهمی که باید به آن اشاره نمود آنستکه در بسیاری از موارد ایجاد تغییرات موضعی نظیر استفاده از یک تلمبه قوی‌تر و یا ایجاد تغییراتی در یک برج و از این دست می‌تواند توانایی یک بخش کوچک را افزایش و یاکاهش دهد اما برای افزایش توانایی شبکه حرارتی پالایشگاه نیاز به اجرای طرحی گسترده درکل شبکه موجود می‌باشد که کاری بمراتب پیچیده‌تر و مهمتر می‌باشد و این مهم با افزایش بهای انرژی که از اواسط دهه هفتاد میلادی شروع شده و همچنان روند صعودی

خود را طی می‌کند. هر روز مهمتر تلقی شده و سبب گردیده تا پژوهشگران در دانشگاهها و مراکز صنعتی به تجدید نظر در روشهای طراحی موجود بپردازند. این فعالیتها تاکنون به ابداع روشهای متعددی در طراحی منجر شده که بطور کلی در سه دسته قرار می‌گیرند :

۱ - روشهای تجربی

۲ - روشهای ریاضی

۳ - روشهای ترمودینامیکی (روش پینچ)

در روش اول ، روش تجربی ، با استفاده از قواعد تجربی و طی چند مرحله تکاملی آرایش مناسبی برای شبکه بدست می‌آید.بعنوان مثال توصیه می‌شود که در صورت امکان گرم‌ترین جریان گرم موجود در فرایند، انرژی خود را با جریان سردی که دمای نهایی آن از دیگر جریانهای سرد بیشتر باشد مبادله نماید. این روش علارغم سادگی، روش قابل اطمینانی محسوب نمی‌شود و در یک واحد شیمیایی پیچیده ما را به بهترین طرح ممکن رهنمون نخواهد ساخت.

در روش دوم، روش ریاضی، که قدیمی‌ترین روش محسوب می‌شود .ابتدا تمام آرایشهای ممکن برای شبکه مبدلهای حرارتی تعریف شده و بوسیله محاسبات ریاضی پیچیده و زمانگیر، راندمان واحد در هر حالت ارزیابی می‌شود و بتدریج گزینه‌های نا مناسب حذف می‌گردند تا به شبکه منتخب نهایی برسیم. دراین روش تعداد گزینه‌ها و حالات مختلفی که برای حل هر مساله می‌بایست در نظر گرفت بسیار زیاد خواهد بود و در مساله‌ای نظیر شبکه مبدلهای حرارتی یک پالایشگاه به ارقامی بیش از $10^{18}$ می‌رسد.بنابراین انجام این سری ارزیابیها به یک کامپیوتر بزرگ و صرف زمان زیادی نیاز می‌باشد. بهمین لحاظ در یک واحد صنعتی با ابعاد و پیچیدگیهای یک پالایشگاه استفاده از این روش با محدودیت مواجه خواهد شد.

روش سوم ،روش ترمودینامیکی (پینچ)، پیچیدگی غیر ضروری روش دوم را ندارد و در عین حال قابل اعتماد نیز محسوب می‌شود و تاکنون به موفقیتهای بزرگی نائل آمده است.زیرا مهندسین طراح می‌توانند با استفاده از این روش، قبل از طراحی نهایی حداقل گرمایش و سرمایش مورد نیازفرایند،

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

کمترین سطح مورد نیاز برای تبادل حرارت و هزینه‌ها را محاسبه نموده و تلقی درستی از شبکه بهینه نهایی بدست آورند. در ضمن بدلیل سادگی و سهولت استفاده، برخلاف روش دوم، کنترل طراحی در دست طراح می‌باشد و می‌تواند در مراحل مختلف راسا تصمیم‌گیری و انتخاب نماید. این روش متکی بر تجربه و یا آزمون و خطا نمی‌باشد و بوسیله آن طراحی شبکه آسانتر و با صرف زمان کمتری انجام می‌گیرد.

تکنولوژی پینچ نخستین بار در حدود سال ۱۹۸۰ برای صرفه جویی در مصرف و ذخیره انرژی مورد استفاده قرارگرفت. توسعه و تکمیل این روش به همت محققین مختلف در مراکز دانشگاهی نظیر دانشگاه منچستر ( انگلستان - UMIST ) و شرکتهایی چون Linnhoff march ، ICI و Union carbide انجام شده است.

این تیمها ایده‌ای را معرفی نمودند و دوباره استفاده از نمودارهای مرکب[1] را مطرح کردند. همچنین نشان دادند که چگونه با کمک آنها می‌توان دربارهٔ نیازهای تاسیساتی یک فرایند تصمیم‌گیری کرد. آنگاه یک استراتژی را بر پایه هزینه‌های کلی شبکه توسعه دادند و در نهایت پینچ بازیافت حرارتی را برای نخستین بار ارائه نمودند.

پس از آنکه قابلیتهای روش طراحی پینچ در عمل به اثبات رسید، دامنه کاربرد آن بتدریج گسترش یافت بطوری که اکنون مسائلی همچون رفع گیرها و تنگناهای واحد، طرحهای توسعه و افزایش ظرفیت. حل مشکلات عملیاتی، افزایش قابلیت انعطاف واحدهای عملیاتی بویژه بازسازی و اصلاح شبکه مبدلهای حرارتی را در بر گرفته است و امروزه طولانی‌ترین فهرست پروژه‌های موفق به این روش نسبت داده می‌شود. بودو لین‌هوف[2]، مبتکر تکنولوژی پینچ در سال ۱۹۸۴ ضمن اعلام این مطلب که تکنولوژی پینچ از مراحل ابتدایی خود بعنوان ابزار خاص طراحی شبکه مبدلهای حرارتی گذر نموده و به مرحله بلوغ خود رسیده ابراز داشت که این روش امروز به یک روش کاری کامل بدل شده است و آنرا می‌توان برای طراحی سیستمهای سرمایش و گرمایش و سیستمهای تولید همزمان برق و گرما، ادغام ستونهای

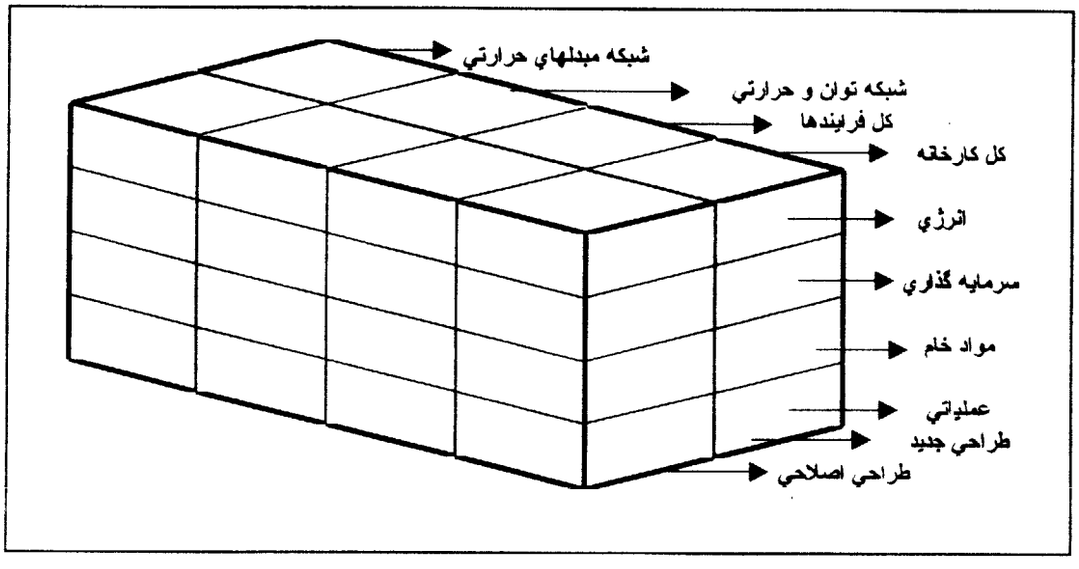
1-Composite Curve (C.C)

2-Bodo Linnhoff

تقطیر از لحاظ حرارتی در مجموعه فرایند موجود در پس زمینه آنها ،بهینه سازی کل فرایند و بهینه سازی کل واحد صنعتی نیز بکار گرفت.

نکته مهم دیگر آنستکه کاربرد پینچ منحصر به یک و یا چند بخش خاص از مجموعه صنعت نمی‌شود و تاکنون کاربردهای متعددی در صنایع مختلف از جمله نفت، پتروشیمی، کاغذ و خمیر کاغذ،صنایع غذایی ،سیمان، فولاد، مواد دارویی و نساجی یافته است که در ادامه نمونه هایی از این دست ارائه می‌شوند.

امروزه ۱۶ شرکت معتبر بین المللی با کمکهای مالی و فنی خود و با پدید آوردن یک کنسرسیوم تحقیقاتی زمینه پیشرفت هر چه بیشتر تکنولوژی پینچ را فراهم نموده و از ثمرات آن بهره‌مند می شوند. دست اندرکاران این کنسرسیوم برای تشریح و تجسم زمینه‌های فعالیت خود از مفهوم مکعب روبیک استفاده می‌کنند که هریک از خانه‌های آن یکی از زمینه‌های تحقیقاتی را مشخص می‌کند.




شکل (۰-۱) : مکعب روبیک (زمینه‌های فعالیت پینچ )

دو نکته مهمی که در استفاده از تکنولوژی پینچ می‌بایست در نظر گرفت عبارتند از :

۱- زمان استفاده از تکنولوژی پینچ ،به عبارت دیگر در هر زمانی نمی‌توان محاسبات آنرا وارد طراحی نمود.( بزرگترین اشتباه آنستکه از تکنولوژی پینچ آنقدر دیر استفاده شود که هیچ کس حاضر به قبول اعمال تغییرات در طراحی نباشد.)

۲- آزمون تغییرات در تکنولوژی پینچ، این تکنیک ممکن است تغییراتی در کارخانه ایجاد کند که کارخانه را در معرض خطر قرار دهد و یا با مشکلات عملیاتی و یا نگهداری مواجه سازد. در واقع برای متخصصین تکنولوژی پینچ خیلی مهم است که با واحد صنعتی آشنا شده و بتوانند تصمیم بگیرند که کدام یک از حالات واقعا امکان‌پذیر می‌باشند.

در جدول شماره (۱) نمونه‌های ازکاربرد تکنولوژی پینچ آورده شده است و در فصل دوم این پایان نامه تکنولوژی پینچ بطورکامل تشریح خواهد شد.