بسم الله الرحمن الرحيم

٤٩٩٨
طاهر دار
فنانی

٣٧٨٧٩

۱۳۸۰ /۸/ ۱۱

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی شیمی - فرآیند

ارائه یک روش جدید در انتخاب بهترین توالی برجهای تقطیر

زهرا صانعی

014653

۳۷۸۷۹

استاد راهنما :

دکتر محمد رضا امید خواه

استاد مشاور :

دکتر مجتبی صدر عاملی

زمستان ۷۹

۳۷۸۷۹

دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

خانم زهرا صانعی پایان‌نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **ارائه یک روش جدید برای انتخاب بهترین توالی برجهای تقطیر** در تاریخ ۷۹/۱۱/۲۵ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی با گرایش فرآیند پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	امضاء
۱ـ استاد راهنما :	آقای دکتر امیدخواه	
۲ـ استاد مشاور :	آقای دکتر صدرعاملی	
۳ـ استادان ممتحن :	آقای دکتر منطقیان	
	آقای دکتر خراشه	
۴ـ مدیر گروه :	آقای دکتر زرین‌قلم	

(یا نمایندهٔ گروه تخصصی)

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان‌نامه/رساله مورد تایید است.

امضای استاد راهنما:

بسمه تعالی

آیین‌نامهٔ چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس، مبیّن بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

مادّهٔ ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

مادّهٔ ۲ در صفحهٔ سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد/رسالهٔ دکتری نگارنده در رشتهٔ ..... است که در سال ..... در دانشکدهٔ ..... دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... ، مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... و مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... از آن دفاع شده است.»

مادّهٔ ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهداکند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

مادّهٔ ۴ در صورت عدم رعایت مادّهٔ ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ‌شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرّس، تأدیه کند.

مادّهٔ ۵ دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در مادّهٔ ۴ را از محلّ توقیف کتابهای عرضه‌شدهٔ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادّهٔ ۶ اینجانب زهرا صالحی دانشجوی رشته مقطع ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام‌خانوادگی: زهرا صالحی

تاریخ و امضا: ۸۹/۶/۱۵

با تشکر از :

استاد عزیز و گرامی جناب آقای دکتر امیدخواه که از راهنمایی ها و تلاشهای پیگیر ایشان در پیمودن این راه بهره مند شدم.

جناب آقای دکتر صدر عاملی که مساعدتهای بی دریغ ایشان در طول انجام پایان نامه راهگشایم بود.

دوست بسیار عزیزم خانم مهندس مرجانی که در تمام مراحل صمیمانه یاریگرم بودند.

چکیده

هزینهٔ بخش جداسازی، سهم عمده‌ای از مجموع هزینه‌های یک واحد شیمیایی را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین تعیین مناسبترین نوع و روش جداسازی و انتخاب بهینهٔ توالی سیستم های جداکنندهٔ اجزاء می‌تواند در کاهش هزینه‌ها نقش موثری داشته باشد. لذا با فرض استفاده از روش تقطیر به عنوان ستون فقرات جداسازی و جداسازی دقیق جهت تولید اجزاء خالص، ارائه یک راه حل مناسب جهت انتخاب بهینهٔ توالی برجهای تقطیر (به جای انجام محاسبات سخت و پیچیدهٔ تعیین قیمت واقعی) بعنوان هدف اصلی این پروژه دنبال می‌شود. به این منظور با مطالعهٔ دقیق کلیهٔ روشهای ارائه شده توسط ضراحان و بررسی نقاط قوت و ضعف هر کدام، یک عبارت کمی یا تابع تجربی بعنوان نمایندهٔ قیمت هر برج پیشنهاد شده است. این تابع برای هر برج محاسبه و مجموع آن برای هر توالی بعنوان معیار یا شاخص انتخاب توالی بهینه استفاده می‌شود. برای اجتناب از حجم زیاد محاسبات از یک روش جستجوی الگوریتمی جهت تعیین گزینهٔ مناسب در پروژه استفاده شده است بنابراین شاید بتوان روش جدید پیشنهادی را در حوزهٔ روشهای تجربی - الگوریتمی معرفی نمود. مزیت روش ارائه شده در این کار این است که خیلی آسان و سریع می‌توان به گزینهٔ بهینه دسترسی یافت بدون اینکه احتیاج به مهارتهای ریاضی و محاسبات پیچیدهٔ و کامپیوتری بهینه‌سازی روشهای الگوریتمی داشته باشد. علاوه بر این از کلیهٔ روشهای تجربی ارائه شده تاکنون از تئوری قویتری برخوردار و نتایج حاصله در مقایسه با روشهای تجربی قبلی بهتر و نزدیک به واقعیت می‌باشد.

کلمات کلیدی:

سنتز توالی های جداسازی - توالی های تقطیر - جداسازی دقیق .

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

مقدمه ۱

فصل اول: توالی برجهای تقطیر

۱-۱ ملاحظات کلی ٤

۱-۲ توالی برجهای تقطیر ٦

۱-۳ طرح مسئله ۸

فصل دوم: بررسی روشهای موجود در سنتز بهترین توالی برجهای تقطیر

۲-۱ روشهای کلی برای تعیین گزینهٔ مناسب ۱۱

۲-۱-۱ روشهای تجربی ۱۲

۲-۱-۱-۱ ترکیب قواعد تجربی ۱٤

۲-۱-۱-۲ استفاده از تئوری منطق فازی در سنتز توالی برجها ۲۱

۲-۱-۱-۳ حداقل جریان بخار (V_{min}) ۲۹

۲-۱-۱-٤ Marginal Vapor Flow ۳٦

۲-۱-۲ روشهای تکاملی ٤۰

۲-۱-۳ روشهای الگوریتمی ٤٤

۲-۱-۳-۱ استراتژی حل برای بیان درختی ٤٥

۲-۱-۳-۲ استراتژی حل برای بیان شبکه‌ای ٤۹

۲-۱-۳-۳ بیان برداری مسائل ٥۷

فصل سوم: مراحل انجام کار

۳-۱ محاسبهٔ هزینهٔ برجهای تقطیر ٦٠

۳-۱-۱ استفاده از بسته نرم‌افزاری PROII ٦١

۳-۲ روش پیشنهادی ٧١

۳-۳ ارائه شاخص پیشنهادی ٧١

۳-٤ تابع تجربی پیشنهادی ٧٢

۳-٥ پیاده‌سازی روش جدید ٧٤

۳-٦ برنامه کامپیوتری ٧٤

فصل چهارم: بررسی نتایج

٤-١ مسائل ٧٨

٤-٢ مطالعه موردی واحد الفین مجتمع پتروشیمی اراک ٨٦

٤-۳ نتیجه گیری ٩٠

نظرات و پیشنهادات ٩١

منابع و مراجع ٩٢

واژه نامه انگلیسی- فارسی ٩٥

واژه نامه فارسی- انگلیسی ٩٨

فهرست علائم و نشانه ها

A: نام یک مجموعه فازی

A_c: سطح انتقال حرارت در کندانسور

A_r: سطح انتقال حرارت در ریبویلر

B_i: دبی مولی یا جرمی جزء i در محصول پائین برج

B: دبی مولی محصول پائین برج

B_k: سایز فاکتور ستون K

C_c: واحد قیمت سرمایش

C_h: واحد قیمت گرمایش

C_k: مجموعه اجزاء در خوراک

C_k^{bat}: مجموعه اجزاء درمحصول پائین برج

C_k^{top}: مجموعه اجزاء در محصول بالایی برج

d_i: دبی مولی یا جرمی جزء i در محصول بالای برج

D: دبی مولی محصول بالای برج

D: قطر برج

f : نسبت دبی مولی محصول بالا و پائین برج $(\frac{D}{B}$ یا $\frac{B}{D})$

f_i : دبی مولی جزء i در خوراک

F : دبی مولی خوراک

F_c : ثابت

F : خوراک ستون k

H : ارتفاع برج

i : شمارنده جزء

I_n : ساختارهای قابل قبول جداسازی دقیق مخلوطهای n جزئی

k : شمارنده ستون

K_k : ثابت

M_w : وزن مولکولی

n : تعدا برجها در هر توالی

N : تعداد اجزاء در خوراک

N : تعداد سینی های برج

P : فشار

P_c : فشار بحرانی

q : کسری از خوراک که به جریان مایع در سینی خوراک ملحق می شود

Q_c : بار حرارتی کندانسور

Q_k : بار حرارتی ستون k

Q_r : بار حرارتی ریبویلر

R : جریان برگشتی

R_{min} : حداقل جریان برگشتی

$\overline{R}_{min}$: حداقل نسبت جوشش

S : مقدار حدی

S : تعداد روشهای جداسازی

S_c :حد بحرانی

S_m : تعداد توالی های ممکن

T : درجه حرارت

T_b : دمای جریان محصول پائین برج

T_c : درجه حرارت بحرانی

T_s : درجه حرارت بخار مصرفی در ریبویلر

ΔT : اختلاف نقطه جوش نرمال بین دو جزء

ΔT_m : اختلاف درجه حرارت متوسط لگاریتمی

U : ضریب انتقال حرارت کلی

V : جریان بخار

V_{min} : حداقل جریان بخار در قسمت بالایی برج

$\overline{V}_{min}$: حداقل جریان بخار در قسمت پائین برج

x : عضو مجموعه فازی

X : متغیر پیوسته

$\mathbf{X}$: فضای مجموعه فازی

X_i^F : کسر مولی جزء i در ترکیب اولیه

y : زمان برگشت سرمایه

y_i : متغیر دوتایی

y_k : متغیر دوتایی ستون k

حروف یونانی

α_{ij}: فراریت نسبی i نسبت به j

α_{ik}: فراریت نسبی i نسبت به k

α_k: هزینه ثابت سالیانه

γ_i: درجه بازیابی جزء i

ε: کسر جداسازی

ε_k^{bot}: کسر بازیابی شده خوراک توسط جریان پائین ستون k

ε_k^{top}: کسر بازیابی شده خوراک توسط جریان بالایی ستون k

μ : دبی مولی

زیرنویسها

c : مقدار بحرانی

c : کندانسور

hk : جزء کلیدی سنگین

h : گرمکن

i : جزء i

k : ستون k

lk : جزء کلیدی سبک

m : متوسط لگاریتمی

min : حداقل

max : حداکثر

r : جوش آور

s : بخار

بالانویسها

bot : پائین برج

f : خوراک

top : بالای برج

- : پائین برج

مقدمه

با توجه به طبیعت مرحله ای طراحی یک فرایند صنعتی، خوراک ورودی به واحد پس از عبور از مرحله واکنش وارد مرحله جداسازی می شود. بخش جداسازی هر واحد صنعتی سهم عمده ای از مجموع هزینه های یک واحد شیمیائی را به خود اختصاص می دهد. بنابراین طراحی بهینه این بخش هم از نظر امنیت طرح و هم از نظر اقتصادی بسیار حائز اهمیت می باشد.

در شروع طراحی سیستم جداسازی، این سئوال در ذهن ایجاد می شود که از چه روش جداسازی جهت رسیدن به محصولات مطلوب استفاده شود به نحویکه طراحی ما به سمت یک طراحی بهینه سوق نماید.

معمولاجداسازی به روش تقطیر معمولی به لحاظ سابقه و هزینه بعنوان برترین انتخاب مطرح میشود. مگر در شرایط خاص که جداسازی توسط تقطیر بدلیل خصوصیات فیزیکی مواد موردنظر غیرممکن یا مقرون به صرفه نیست(نظیر مواد نزدیک جوش یا آزئوتروپیک). در صورت انتخاب تقطیر به عنوان روش جداسازی ،تنها سئوال باقی مانده یافتن توالی بهینه برجهای تقطیر است که به عنوان هدف اصلی این پروژه دنبال می شود.

اساسی ترین راه برای انتخاب بهترین ترتیب توالی برجها، برآورد کامل هزینه برای تمام گزینه های محتمل می باشد. اما تعداد زیاد توالی قابل اجرا این کار را به صورت امری دشوار و هزینه بر در می آورد. بنابراین ارائه راه حلی ساده و میان بر می تواند ما را در رسیدن به توالی بهینه یاری کند.

کلیه مطالعات و فعالیتهای انجام شده در این پروژه در قالب چهار فصل جداگانه به شرح زیر جهت استفاده علاقمندان ارائه شده است.

در فصل اول این پایان نامه علاوه بر یکسری توضیحات مقدماتی، در مورد تعداد گزینه های محتمل جداسازی در شرایط متفاوت(استفاده از برج ساده یا برج پیچیده و یا ترکیبی از هر دو)بحث می شود.

در فصل دوم به کلیه روشهای ارائه شده جهت سنتز توالی های برج تقطیر همراه با نقاط قوت و ضعف هر کدام از آنها به تفضیل پرداخته شده است.

برای اینکه مشخص شود روش جدید تا چه حد ما را در رسیدن به هدف کمک می کند و گزینه های بهینه انتخاب شده توسط این روش چقدر به واقعیت نزدیک اند لازم بود تا قیمت واقعی توالی ها مشخص شود. سپس جواب حاصل از روش پیشنهادی با جواب واقعی مقایسه شود. اگر معیار پیشنهادی مطلوب بود قابل تعمیم به کلیه واحدهای طراحی باشد. به این منظور استفاده از مدلهای قیمت برای تعیین هزینه ثابت برجهای تقطیر همراه با محاسبه هزینه سرویسهای جانبی آنها، همچنین معرفی و ارائه روش و معیار پیشنهادی در فصل سوم این پایان نامه آورده شده است.

در فصل آخر روش پیشنهادی در مورد چند نمونه از خوراکهای معمول واحدهای جداسازی اجرا و در جداول مربوطه گزارش شده است و در پایان این بخش روش پیشنهادی به منظورطراحی پایه قسمت جداسازی واحد اولفین مجتمع پتروشیمی اراک اجرا شد. گزینه بهینه انتخابی توسط این روش جدید دقیقاً همان توالی است که در صنعت به طور عملی کاربرد دارد.