
تقطیر چند جزئی

تالیف: سامان موسویان – داود عشوری

www.ketab.ir



شماره کتابشناسی ملی : ۲۴۰۶۴۹۶
 عنوان و نام پدیدآور : تقطیر چند جزئی / تألیف سامان موسویان، داود عشوری.
 مشخصات نشر : تهران : یزدا، ۱۳۹۰.
 مشخصات ظاهری : ۶۷۲ ص.
 موضوع : تقطیر
 رده‌بندی دیویی : ۶۶۰/۲۸۲۲۵
 رده‌بندی کنگره : TP۱۵۶ / ت۷م۸ ۱۳۹۰
 سرشناسه : موسویان، سامان، ۱۳۵۹ -
 شناسه افزوده : عشوری، داود، ۱۳۵۷ -

یزدا

تقطیر چند جزئی

تألیف: سامان موسویان - داود عشوری

ناشر: یزدا
 چاپ اول: ۱۳۹۰
 آماده‌سازی قبل از چاپ: نشریه حرارت و برونیت
 مدیر تولید: محمد پیروزمند
 صفحه‌آرا: قاسم حسینی
 طراح جلد: آریتا کوثری
 چاپ / صحافی: دالاهو / یزدا
 قطع و تعداد صفحات: وزیری - ۶۷۲
 شمارگان: ۲۲۰۰ نسخه
 بهای: ۱۵۰۰۰ تومان

شابک: ISBN: 978-600-165-080-2



دفتر نشر و نمایشگاه دائمی: تهران - سیدخندان - خیابان آرسباران - کوچه ستاری - شماره ۲۲ - ساختمان یزدا تلفن: ۵۰-۲۲۸۸۵۶۴۷ (۰۲۱)
 دفتر بخش و نمایشگاه دائمی: تهران - انقلاب - خیابان ۱۲ فروردین - کوچه پهلست آیین - شماره ۲۱ - طبقه اول تلفن: ۵-۶۶۴۱۵۲۲۴ (۰۲۱)
 فروشگاه بزرگ: چهارراه فرهنگیان، ابتدای بلوار شهید سید محمد پاک‌فرد، فروشگاه بزرگ کتاب یزدا تلفن: ۴-۰۳۵۱۷۲۶۵۲۷۲

Website: WWW.YAZDA.IR

Website: WWW.HVAC.IR

E-mail: INFO@YAZDA.IR

اوجه: به موجب لایحه حمایت حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ و اصلاحیه‌های آن، هر کس تمام یا قسمتی از این کتاب را بدون اجازه، نشر یا پیشی یا عرضه کند، مجرمه بقره لایحه قرار خواهد گرفت. حقوق این اثر به هر نحو برای نشر یزدا محفوظ می‌باشد.

فهرست

۱۵	مقدمه مولفان
۱۷	بخش اول: جداکننده‌ها (Separators)
۱۹	فصل اول: تعادل مایع بخار در سیستم چند جزئی
۱۹	مقدمه
۱۹	تعادل مایع - بخار
۲۷	منابع
۲۹	فصل دوم: تبخیر ناگهانی در سیستم‌های چند جزئی
۲۹	مقدمه
۲۹	فرآیند تبخیر ناگهانی
۳۵	حل هم‌زمان سیستم‌های چند جزئی
۴۰	منابع
۴۱	مسایل
۴۵	فصل سوم: سیستم‌های چند فازی
۴۵	مقدمه
۴۵	سیستم چند فازی
۴۷	روش تخمینی برای سیستم مایع - بخار - جامد
۴۹	روش تخمینی سیستم مایع - مایع - بخار

۵۲	روش دقیق برای حل سیستم‌های بخار-مایع-مایع
۵۷	منابع
۵۷	مسایل
۵۹	بخش دوم: روش‌های میان‌بر (Short Cut Method)
۶۱	فصل چهارم: روش فنسکی - آندروود - گیلیلاند
۶۱	مقدمه
۶۳	انتخاب کلید برای حل مسایل چند جزئی
۶۸	تخمین بازیابی اجزاء غیر کلیدی
۶۸	فشار برج و انتخاب کندانسور
۷۱	حداقل تعداد مراحل تعادلی
۷۷	توزیع اجزاء غیر کلیدی
۷۷	توزیع اجزاء غیر کلیدی در جریان برگشتی کامل (روش فنسکی و روش وین)
۸۰	توزیع اجزاء غیر کلیدی (روش هنگستیک-گدس)
۸۲	توزیع اجزاء غیر کلیدی (روش یلوس و همکاران)
۸۹	مینیمم جریان برگشتی به برج
۱۰۳	توزیع اجزاء غیر کلیدی در جریان برگشتی واقعی
۱۰۵	محاسبه حداقل جریان برگشتی به برج (R_{min}) بدون در نظر گرفتن توزیع اجزاء
۱۰۵	روش آندروود (سیستم‌های اجزاء مجاور)
۱۰۹	طرز استفاده از معادلات آندروود
۱۱۱	روش آندروود (سیستم‌های اجزاء میانی)
۱۱۵	محاسبه حداقل جریان برگشتی (روش کلبرن)
۱۲۲	روش آندروود برای ضریب فراریت متغییر (سیستم‌های اجزاء مجاور)
۱۲۲	رابطه تجربی شیبیل-مونتروس
۱۲۶	روش چائو و یلوس
۱۳۱	تعداد مراحل تعادلی در نسبت‌های جریان برگشتی واقعی
۱۳۱	روش گیلیلاند
۱۴۲	روش براون و مارتین

۱۴۵	روش ادولج
۱۴۶	تعداد مراحل واقعی
۱۴۷	محل سینی خوراک
۱۵۱	موازنه انرژی حول برج
۱۵۳	منابع
۱۵۴	مسایل
۱۶۳	فصل پنجم: روش ادمیستر
۱۶۳	مقدمه
۱۶۴	روش ادمیستر
۱۶۸	برج‌های جذب
۱۷۹	برج دفع
۱۸۷	استخراج مایع- مایع
۱۹۱	حل سیستم‌های غیر همسو پیچیده با روش ادمیستر
۱۹۹	تقطیر
۲۰۶	منابع
۲۰۶	مسایل
۲۱۳	فصل ششم: روش تخمینی سینی به سینی
۲۱۳	مقدمه
۲۱۴	روش محاسبه سینی به سینی
۲۱۴	محاسبات بخش پالایش
۲۱۴	محاسبات بخش دفع
۲۱۹	شرایط حرارتی خوراک
۲۱۹	حداقل جریان برگشتی
۲۲۲	محاسبات سینی به سینی
۲۲۶	راندمان سینی
۲۲۷	منابع

۲۲۹	فصل هفتم: روش اسمیت
۲۲۹	مقدمه
۲۳۰	روش اسمیت
۲۳۲	به دست آوردن رابطه روش میان بر اسمیت - برینکلی
۲۳۴	فرآیندهای ساده
۲۳۷	تقطیر
۲۴۶	منابع
۲۴۷	مسائل
۲۴۹	فصل هشتم: روش لوپس - ماتسون
۲۴۹	مقدمه
۲۴۹	روش لوپس - ماتسون
۲۵۲	انتخاب اجزاء کلیدی
۲۵۲	روش حل
۲۵۷	محل بهینه سینی خوراک
۲۵۸	محاسبات سینی به سینی مربوط به بالای برج
۲۵۹	محاسبات سینی به سینی مربوط به پایین برج
۲۶۸	منابع
۲۶۸	مسائل
۲۶۹	فصل نهم: روش ترسیمی هنگستیک
۲۶۹	مقدمه
۲۶۹	روش ترسیمی هنگستیک
۲۷۰	معادلات اساسی
۲۷۱	الگوی دبی اجزاء در طول برج
۲۷۳	دبی محدود
۲۷۶	منحنی تعادل
۲۷۹	حداقل جریان برگشتی به برج
۲۸۰	خط خوراک

۲۸۱	منابع
۲۸۳	فصل دهم: روش تیلی - گدس
۲۸۳	مقدمه
۲۸۳	محاسبات سینی به سینی
۲۸۹	انتخاب حدس جدید برای دما، دبی مایع و دبی بخار
۲۹۰	شرط همگرایی
۲۹۷	منابع
۲۹۹	فصل یازدهم: بهینه‌سازی نسبت جریان برگشتی و تعداد سینی‌ها
۲۹۹	مقدمه
۲۹۹	روش وینکل و تاد
۳۰۱	فرمولاسیون
۳۱۳	منابع
۳۱۳	مسایل
۳۱۵	بخش سوم: روش‌های دقیق (Exact Solution)
۳۱۷	فصل دوازدهم: درجه آزادی برای سیستم‌های جداسازی
۳۱۷	مقدمه
۳۱۷	مشخص کردن متغیرهای طراحی
۳۱۸	متغیرهای جریان
۳۱۹	مرحله تعادلی آدیاباتیک
۳۲۱	یک مرحله تعادلی با انتقال حرارت شامل خوراک و جریان جانبی
۳۲۳	کندانسور و جوش‌آور
۳۲۵	مخلوط‌کننده، تقسیم‌کننده جریان و جداکننده
۳۳۰	ترکیب اجزاء سیستم با استفاده از الگوریتم شمارش
۳۳۳	روش هانسون برای به دست آوردن درجه آزادی
۳۳۴	درجه آزادی برای یک واحد پیچیده
۳۴۱	مشخص کردن متغیرهای طراحی
۳۴۵	منابع

۳۴۶	مسایل
۳۵۷	فصل سیزدهم: روش MESH
۳۵۷	مقدمه
۳۵۸	مدل یک مرحله تعادلی تئوری
۳۶۴	استراتژی کلی برای حل ریاضی معادلات MESH
۳۶۶	روش حل معادلات
۳۶۶	الگوریتم ماتریس سه قطری
۳۶۹	روش BP برای تقطیر
۳۸۸	روش SR برای برج جذب و برج دفع
۳۹۲	اعمال روش نیوتن رافسون
۳۹۹	روش مجموع جریان‌های هم‌دما (ISR) برای استخراج مایع-مایع
۴۰۵	روش اصلاح هم‌زمان
۴۰۶	روش نیوتن رافسون
۴۲۴	منابع
۴۲۵	مسایل
۴۳۹	فصل چهاردهم: روش همگرایی θ
۴۳۹	مقدمه
۴۳۹	بسط و کاربرد روش همگرایی θ برای برج‌های تقطیر معمولی
۴۴۰	معادلات لازم برای توصیف برج تقطیر معمولی
۴۴۵	فرمولاسیون و کاربرد روش همگرایی θ ، روش ثابت تعادل (kb) و روش غلظت ثابت
۴۴۵	موازنه جرم و روابط تعادلی
۴۵۰	فرمولاسیون روش همگرایی θ
۴۵۲	به دست آوردن دما با استفاده از روش ثابت تعادل (kb)
۴۵۳	به دست آوردن دبی کل فازهای خروجی از هر سینی
۴۵۵	روش محاسبات برای یک محلول ایده‌آل
۴۶۱	حل موازنه جرم و معادلات تعادل با استفاده از روش نستینگ
۴۶۹	فاکتورهای همگرایی روش θ ، روش ثابت تعادل (kb) و غلظت ثابت

۴۷۵	مقایسه روش همگرایی θ و روش حل مستقیم
۴۷۶	اثر فشار بر محاسبات
۴۷۷	اصلاح روابط برای وجود موادی اثر
۴۷۸	انواع دیگر مسایل
۴۷۸	منابع
۴۷۹	مسایل
۴۸۱	فصل پانزدهم: کاربرد روش همگرایی θ برای برج‌های پیچیده
۴۸۱	مقدمه
۴۸۲	برج تقطیر پیچیده
۴۸۴	مولانز جرم برای اجزاء
۴۸۶	فرمولاسیون روش همگرایی θ
۴۸۸	محاسبه جزء مولی روی هر سینی
۴۸۸	محاسبه دمای تصحیح شده با استفاده از روش ثابت تعادل (kb)
۴۸۹	محاسبه دبی‌های خروجی از هر سینی
۴۸۹	نشان دادن حل گرافیکی توابع g
۴۹۴	مشخصه‌های همگرایی روش θ برای برج‌های پیچیده
۴۹۸	سیستم‌هایی شامل چند برج تقطیر با تبادل جریان
۴۹۹	فرمولاسیون روش θ برای یک سیستم با دو برج تقطیر
۵۰۱	روش انجام محاسبات
۵۰۲	مشخصه‌های همگرایی روش θ
۵۱۲	منابع
۵۱۳	مسایل
۵۱۵	فصل شانزدهم: روش همگرایی θ برای برج‌های تقطیر آزنوتروپی و استخراجی
۵۱۵	مقدمه
۵۱۶	بررسی مشخصه‌های تقطیر آزنوتروپی و استخراجی
۵۱۶	رفتار حلال
۵۱۷	جداسازی ترکیبات اکسیژن‌دار با استفاده از تقطیر آزنوتروپی و استخراجی

- ۵۱۹ جداسازی استن و متانول
- ۵۲۰ جداسازی متیل اتیل کتون از ترکیبات اکسیژن دار
- ۵۲۱ جداسازی اتانول و آب
- ۵۲۲ حلال برای جداسازی هیدروکربن ها
- ۵۲۳ جداسازی بوتادین از مخلوط هیدروکربن ها
- ۵۲۳ نمونه های دیگر از تقطیر آزنوتروپی
- ۵۲۴ جداسازی آزنوتروپ ها با استفاده از تقطیر
- ۵۲۴ جداسازی محلول آزنوتروپ دمای مینیمم همگن
- ۵۲۷ جداسازی محلول آزنوتروپ دمای ماکزیمم همگن
- ۵۳۰ جداسازی محلول های آزنوتروپ غیر همگن
- ۵۳۲ جداسازی محلول های غیر ایده آل در برج های مرتبط
- ۵۳۲ فرمولاسیون روش θ برای سیستم برج های آزنوتروپی و استخراجی
- ۵۳۹ منابع
- ۵۴۱ بخش چهارم: انتخاب آرایش بهینه
- ۵۴۳ فصل هفدهم: آرایش برج ها در جداسازی چند جزئی
- ۵۴۳ مقدمه
- ۵۴۳ فاکتورهای ابتدایی انتخاب آرایش
- ۵۴۵ تعداد آرایش ها برای یک خوارک مشخص
- ۵۵۳ روش های دیگر جداسازی
- ۵۶۱ روش اکتشافی و تکاملی برای رسیدن به آرایش مطلوب
- ۵۶۹ استفاده از الگوریتم آرایش ها
- ۵۷۳ منابع
- ۵۷۴ مسایل
- ۵۸۳ فصل هجدهم: جلوگیری از اتلاف انرژی و بازده ترمودینامیکی
- ۵۸۳ مقدمه
- ۵۸۴ حداقل کار لازم جهت جداسازی
- ۵۸۶ مخلوط گازهای ایده آل

۵۸۷	مخلوط مایعات در فشار کم
۵۹۱	کار خالص مصرف شده و راندمان ترمودینامیکی
۵۹۸	کاهش انرژی لازم در تقطیر
۵۹۹	تقطیر در چند مرحله
۶۰۳	استفاده از پمپ گرمایی برای تقطیر در دمای پایین
۶۱۲	تقطیر همراه با تبخیر و میعان ثانویه
۶۱۵	ادغام میدل‌های حرارتی
۶۱۷	منابع
۶۱۸	مسایل
۶۲۹	ضمائم
۶۳۱	ضمیمه A
۶۵۹	ضمیمه B
۶۶۷	ضمیمه C
۶۶۹	ضمیمه D
۶۷۱	ضمیمه E

مقدمه مولفان

سپاس بی‌کران پروردگار جهانیاں را که به ما قدرت تعلیم و تعلم عطا نمود و درود بی‌پایان به تمامی شهدای راه حقیقت. خداوند را شاکریم که به ما توفیق نگارش و چاپ این کتاب را پس از ۶ سال تحقیق و تدریس عطا نمود. این کتاب برای علاقه‌مندان به تقطیر چند جزئی به دلیل عدم وجود منبع علمی فارسی در این زمینه به رشته تحریر درآمده است و قابل استفاده برای دانشجویان لیسانس، فوق لیسانس و دکترا می‌باشد.

این کتاب شامل چهار بخش است. در بخش اول که شامل سه فصل بوده، تعادل که از اصول اولیه جداسازی و تقطیر است و همچنین جداکننده‌های دوفازی و سه‌فازی مورد بررسی قرار گرفته است، زیرا قبل از این که برج تقطیر به وجود بیاید از جداکننده‌های دوفازی و سه‌فازی استفاده می‌شد اما امروزه از این تجهیزات در کنار برج‌های تقطیر و در مواردی که ضرایب فراریت مواد تفاوت زیادی با هم داشته باشند مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در فصل‌های بعد جداسازی مخلوط‌های چند جزئی توسط برج تقطیر مورد بررسی قرار گرفته است. یا توجه به دقت لازم جهت محاسبات، روش‌های حل مسایل تقطیر چند جزئی به دو دسته تقسیم می‌شوند.

۱- روش‌های میان‌بر

۲- روش‌های دقیق

با استفاده از روش‌های میان‌بر، با تخمین خوبی حداقل جریان برگشتی به برج، تعداد مراحل تعادلی و توزیع محصولات بین بالا و پایین برج را می‌توان به دست آورد. اما این طراحی برای به دست

آوردن قیمت اولیه تجهیزات مفید است و جهت طراحی و ساخت دستگاه‌ها حتماً باید از روش‌های دقیق استفاده نمود.

بخش دوم این کتاب شامل هشت فصل می‌باشد و روش‌های میان‌بر بررسی شده است. روش‌های میان‌بر توسط محققان زیادی مورد بررسی قرار گرفته که هر روش در یک فصل مورد بررسی قرار گرفته است. این فصل‌ها طوری طراحی شده‌اند که ارتباطی با یکدیگر ندارند تا اساتید محترم بنا بر صلاحدید بتوانند فصل‌هایی را برای تدریس انتخاب نمایند. در آخرین فصل این بخش، بهینه‌سازی برج‌های تقطیر مورد بررسی قرار گرفته است.

در بخش سوم که شامل پنج فصل می‌باشد روش‌های دقیق مورد بررسی قرار گرفته‌اند. از آنجا که برای حل دقیق برج‌های تقطیر باید تعداد متغیرهای لازم برای حل مشخص شود، ابتدا درجه آزادی سیستم‌ها بررسی شده و سپس روش‌های حل دقیق برای برج‌های معمولی، برج‌های متصل به هم، برج تقطیر آزنوتروپی و برج تقطیر استخراجی مورد بررسی قرار گرفته است.

برای جداسازی مواد به صورت تقریباً خالص و همچنین برای جداسازی برش‌های مختلف از نفت خام لازم است که مجموعه‌ای از برج‌ها در کنار یکدیگر قرار داشته باشند. نحوه قرار گرفتن این برج‌ها در کنار یکدیگر و تجهیزات به کار رفته بین برج‌ها، می‌تواند تأثیر بسیار زیادی در هزینه‌ها داشته باشد. برای این منظور در بخش چهارم نحوه آرایش برج‌ها و بهینه‌سازی فرایندها به صورت مختصر توضیح داده شده و نحوه آرایش برج‌ها توسط مفاهیم اولیه تقطیر طراحی می‌گردند و در انتها از مفهوم بازده ترمودینامیکی جهت بهینه‌سازی فرایندها استفاده شده است.

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم از دوست ارجمندمان جناب آقای دکتر محمد حسن وکیلی که با مرور و ویرایش کتاب و دست نوشته‌ها دیدگاه‌ها و نظرات با ارزشی ارائه نمودند سپاس‌گزاری گردد. از مهندس امیر حسین احسانی، مهندس علی قاسمی و مهندس محمد عظیمی‌کیا که در مراحل مختلف این اثر کمک نموده‌اند تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین از تمامی مسوولان و کارکنان انتشارات یزدان‌الخاص جناب مهندس محمد حسین دهقان و جناب آقای محمد پیروزمند به دلیل کمک‌های بی‌دریشان تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

امیدواریم اساتید و دانشجویان عزیز با راهنمایی‌های ارزنده خود ما را در جهت بهبود کیفی این کتاب یاری نموده تا در چاپ‌های بعدی با کیفیتی بهتر تقدیم حضورتان گردد.