انتشارات، شماره ۵۷۴

طراحی و کنترل ستون‌های تقطیر با استفاده از شبیه‌سازی نرم‌افزار Aspen

تألیف
ویلیام. ال.لویبن

ترجمه
مهندس آزاده سعادت عاکفی
مهندس امیرسعید موسوی حجازی
دکتر اکبر شاهسوند

Press.um.ac.ir

سرشناسه: لوبن، ویلیام Luyben, William L.
عنوان و نام پدیدآور: طراحی و کنترل ستون‌های تقطیر با استفاده از شبیه‌سازی نرم‌افزار Aspen / تألیف ویلیام ال. لوبن؛ ترجمه امیرسعید موسوی حجازی، آزاده سعادت عاکفی، اکبر شاهسوند.
مشخصات نشر: مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۹.
مشخصات ظاهری: ۴۳۰ ص.
فروست: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ شماره ۵۷۴.
شابک: (ISBN: 978-964-386-244-2)
وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا.
موضوع: دستگاه‌های تقطیر -- طرح و ساختمان.
موضوع: شیمی -- فرآیندها --کنترل -- شبیه‌سازی.
شناسه افزوده: موسوی حجازی، امیر سعید، ۱۳۵۸ - ، مترجم.
شناسه افزوده: سعادت عاکفی، آزاده، ۱۳۶۴ - ، مترجم.
شناسه افزوده: شاهسوند، اکبر، مترجم.
شناسه افزوده: دانشگاه فردوسی مشهد.
رده‌بندی کنگره: ۱۳۸۹ ۹ ل ۵ د / ۱۵۹ TP
رده‌بندی دیویی: ۶۶۰/۲۸۴۳۵
شماره کتابخانه ملی: ۲۲۱۹۲۶۲

انتشارات، شمارهٔ ۵۷۴

طراحی و کنترل ستون‌های تقطیر با استفاده از شبیه‌سازی نرم‌افزار Aspen

تألیف

ویلیام ال. لوبین

ترجمه

مهندس امیرسعید موسوی حجازی ـ مهندس آزاده سعادت عاکفی

دکتر اکبر شاهسوند

ویراستار علمی

دکتر محمدعلی فنایی شیخ‌الاسلامی

وزیری، ۴۳۰ صفحه، ۱۰۰۰ نسخه، چاپ اول، زمستان ۱۳۸۹

امور فنّی و چاپ: مؤسسهٔ چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

بها: ۶۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-964-386-244-2 شابک ۲-۲۴۴-۳۸۶-۹۶۴-۹۷۸

PressUm.ac.ir

پدر و مادر عزیز

با قلبی مملو از سپاس، ثمره تلاشمان را تقدیمتان می‌کنیم.

Press.um.ac.ir

فهرست مطالب

مقدمه مؤلف ۹

مقدمه مترجمان ۱۳

فصل اول: مبانی تعادل فازی مایع-بخار (VLE) ۱۵

۱-۱- فشار بخار ۱۵

۱-۲- دیاگرام‌های فازی تعادل مایع-بخار دو جزیی ۱۷

۱-۳- روش‌های تخمین خواص فیزیکی ۲۲

۱-۴- فراریت نسبی ۲۳

۱-۵- محاسبات نقطه حباب ۲۵

۱-۶- دیاگرام‌های سه تایی ۲۶

۱-۷- غیره ایده‌آل بودن VLE ۲۹

۱-۸- منحنی‌های باقیمانده برای سیستم‌های سه جزئی ۳۸

۱-۹- نتیجه‌گیری ۴۴

فصل دوم: آنالیز ستون‌های تقطیر ۴۵

۲-۱- درجات آزادی طراحی ۴۵

۲-۲- روش دو جزئی مک کیب-تیل ۴۶

۲-۲-۱- خطوط عملیاتی ۴۸

۲-۲-۲-خط q ۵۱

۲-۲-۳- تعیین تعداد مراحل ۵۳

۲-۲-۴- تأثیر پارامترها ۵۳

۲-۲-۵- شرایط محدودکننده ۵۳

۲-۲-۶- مثال عددی کاربرد DISTIL ۵۵

۲-۳- روش‌های تقریبی سیستم‌های چند جزیی ۶۰

۲-۳-۱- معادله Fenske برای محاسبه تعداد مراحل حداقل ۶۰

۲-۳-۲- معادلات Underwood برای محاسبه حداقل نسبت جریان برگشتی ۶۱

۲-۴- تحلیل سیستم‌های سه جزئی با استفاده از DISTIL ۶۱

۲-۵- نتیجه‌گیری ۶۵

فصل سوم: شبیه‌سازی حالت پایا ۶۷

۳-۱- پیکربندی یک شبیه‌سازی جدید ۶۷

۳-۲- تعیین ترکیبات شیمیایی و خواص فیزیکی ۷۶

۳-۳- تعیین خواص جریان‌ها ۸۳

۳-۴- تعیین پارامترهای تجهیزات ۸۵

۳-۴-۱- ستون C1 ..... ۸۵

۳-۴-۲- شیرها و پمپ‌ها ۸۸

۳-۵- اجرای شبیه‌سازی ۹۰

۳-۶- استفاده از تابع "Design Spec/Vary" ۹۳

Press.um.ac.ir

۳-۷- یافتن سینی بهینه خوراک و شرایط حداقل ۱۰۸
۳-۷-۱- سینی بهینه خوراک ۱۰۸
۳-۷-۲- حداقل نسبت جریان برگشتی ۱۰۸
۳-۷-۳- حداقل تعداد سینی‌ها ۱۰۹
۳-۸- اندازه ستون ۱۰۹
۳-۸-۱- طول ۱۰۹
۳-۸-۲- قطر ۱۱۰
۳-۹- نتیجه‌گیری ۱۱۲

فصل چهارم: بهینه‌سازی اقتصادی فرآیند تقطیر ۱۱۳
۴-۱- بهینه‌سازی بر اساس قوانین تخمینی ۱۱۳
۴-۱-۱- در نظر گرفتن تعداد کل سینی‌ها به اندازه دو برابر تعداد حداقل ۱۱۳
۴-۱-۲- تعیین نسبت جریان برگشتی برابر با ۱/۲ مقدار حداقل مورد نیاز ۱۱۵
۴-۲- مبنای اقتصادی ۱۱۶
۴-۳- نتایج ۱۱۹
۴-۴- بهینه‌سازی عملیاتی ۱۲۱
۴-۵- نتیجه‌گیری ۱۲۸

فصل پنجم: سیستم‌های تقطیر پیچیده‌تر ۱۲۹
۵-۱- سیستم متیل استات-متانول-آب ۱۲۹
۵-۱-۱- تعادل مایع-بخار ۱۲۹
۵-۱-۲- طراحی ستون سه جزیی ۱۳۹
۵-۲- آب‌زدایی اتانول ۱۴۶
۵-۲-۱- رفتار تعادلی مایع-مایع-بخار (VLLE) ۱۴۷
۵-۲-۲- شبیه‌سازی نمودار جریانی فرآیند ۱۵۱
۵-۲-۳- همگرا شدن نمودار جریانی ۱۵۵
۵-۳- ستون‌های یک پارچه‌سازی شده حرارتی ۱۶۰
۵-۳-۱- نمودار جریانی ۱۶۱
۵-۳-۲- همگرا شدن در حالت عملیات کارآمد ستون‌ها ۱۶۲
۵-۴- نتیجه‌گیری ۱۶۸

فصل ششم: محاسبات حالت پایا برای انتخاب ساختار کنترلی ۱۶۹
۶-۱- خلاصه‌ای از روش‌ها ۱۷۱
۶-۱-۱- معیار شیب ۱۷۱
۶-۱-۲- معیار حساسیت ۱۷۱
۶-۱-۳- معیار SVD ۱۷۲
۶-۱-۴- معیار دمای غیر قابل تغییر ۱۷۲
۶-۱-۵- معیار حداقل تغییرپذیری محصول ۱۷۳
۶-۱-۶- خلاصه ۱۷۳
۶-۲- سیستم دو جزیی پروپان-ایزوبوتان ۱۷۳
۶-۲-۱- معیار شیب ۱۷۴
۶-۲-۲- معیار حساسیت ۱۷۵
۶-۲-۳- معیار SVD ۱۷۶
۶-۲-۴- معیار دمای غیر قابل تغییر ۱۷۶
۶-۲-۵- معیار حداقل تغییرپذیری محصول ۱۷۷
۶-۳- سیستم سه جزیی BTX ۱۷۹

Press.um.ac.ir

۶-۳-۱- معیار شیب ۱۸۰
۶-۳-۲- معیار حساسیت ۱۸۱
۶-۳-۳- آنالیز SVD ۱۸۱
۶-۳-۴- معیار دمای متغیر ۱۸۲
۶-۳-۵- معیار حداقل تغییرپذیری محصول ۱۸۲
۶-۴- سیستم هیدروکربنی چند جزیی ۱۸۴
۶-۴-۱- معیار شیب ۱۸۴
۶-۴-۲- معیار حساسیت ۱۸۴
۶-۴-۳- معیار SVD ۱۸۶
۶-۴-۴- معیار دمای متغیر ۱۸۶
۶-۴-۵- معیار حداقل تغییرپذیری محصول ۱۸۷
۶-۵- سیستم آزئوتروپیک سه جزیی ۱۸۹
۶-۵-۱- معیار شیب ۱۸۹
۶-۵-۲- معیار حساسیت ۱۹۰
۶-۵-۳- معیار SVD ۱۹۰
۶-۵-۴- معیار دمای متغیر ۱۹۰
۶-۵-۵- آنالیز حداقل تغییرپذیری محصول ۱۹۱
۶-۵-۶- چند گانگی مدار بسته ۱۹۳
۶-۶- نتیجه‌گیری ۱۹۵

فصل هفتم: تبدیل شبیه‌سازی حالت پایا به شبیه‌سازی دینامیکی ۱۹۷
۷-۱- تعیین اندازه دستگاه‌ها ۱۹۷
۷-۲- ارسال برنامه به بخش دینامیکی ASPEN ۲۰۱
۷-۳- آغاز شبیه‌سازی دینامیکی در Aspen Dynamics ۲۰۲
۷-۴- نصب کنترل‌کننده‌های اصلی (Basic) ۲۰۵
۷-۵- نصب کنترل‌کننده‌های دما و ترکیب ۲۱۹
۷-۵-۱- کنترل دمای سینی ۲۲۰
۷-۵-۲- نسبت جریان برگشتی به خوراک ۲۲۶
۷-۵-۳- کنترل غلظت ۲۲۹
۷-۵-۴- کنترل آبشاری دما-ترکیب ۲۳۱
۷-۶- ارزیابی عملکرد ۲۳۲
۷-۶-۱- ایجاد یک نمودار ۲۳۲
۷-۷- مقایسه با طراحی بهینه اقتصادی ۲۳۸
۷-۸- نتیجه‌گیری ۲۴۱

فصل هشتم: کنترل ستونهای تقطیر پیچیده‌تر ۲۴۳
۸-۱- ستون متیل استات ۲۴۳
۸-۲- ستون‌های دارای چکاننده جزیی ۲۴۶
۸-۲-۱- مطالعه فرآیند ۲۴۶
۸-۲-۲- ساختارهای کنترلی پیشنهادی ۲۴۸
مبانی ۲۴۸
ساختار کنترلی CS1 ۲۴۹
ساختار کنترلی CS2 ۲۵۱
ساختار کنترلی CS3 ۲۵۳
۸-۲-۳- عملکرد دینامیکی ۲۵۴

Press.um.ac.ir

ساختار کنترلی CS1 ..... ۲۵۵
ساختار کنترلی CS2 ..... ۲۵۷
ساختار کنترلی CS3 ..... ۲۵۸
مقایسه‌ها ۲۵۹
۸-۲-۴- عملکرد ترکیب محصول ۲۶۱
تغییرات شدت جریان خوراک ۲۶۲
تغییرات ترکیب خوراک ۲۶۴
۸-۲-۵- کنترل دوترکیبی ۲۶۶
۸-۲-۶- نتیجه‌گیری ۲۷۰
۸-۳- کنترل ستون‌های تقطیر دارای سیستم یک پارچه حرارتی ۲۷۰
۸-۳-۱- توسعه ساختار کنترلی ۲۷۱
۸-۳-۲- پاسخ ساختار کنترل دمای تک انتها ۲۷۶
۸-۳-۳- ساختار کنترل دو دمایی ۲۷۹
۸-۳-۴- شبیه‌سازی دقیق‌تر ۲۸۲
۸-۴- کنترل سیستم ستون‌های آزئوتروپیک با جداکننده مایع-بخار اتمسفری ۲۸۵
۸-۴-۱- تبدیل شبیه‌سازی به حالت دینامیکی و بستن حلقه بازگشتی ۲۸۵
۸-۴-۲- تعریف ساختار کنترلی ۲۸۹
۸-۴-۳- عملکرد ۲۹۲
۸-۵- نتیجه‌گیری ۲۹۴

فصل نهم: تقطیر واکنشی ۲۹۵
۹-۱- معرفی ۲۹۵
۹-۲- انواع سیستم‌های تقطیر واکنشی ۲۹۶
۹-۲-۱- واکنش‌های تک خوراک ۲۹۷
۹-۲-۲- واکنش برگشت‌ناپذیر با محصول سنگین ۲۹۸
۹-۲-۳- عملیات کارآمد (بهینه) با وجود واکنش‌دهنده اضافی ۲۹۹
۹-۳- اساس فرآیند TAME ۳۰۳
۹-۳-۱- پیش‌واکنش‌گر ۳۰۴
۹-۳-۲- ستون واکنشی C_1 ..... ۳۰۴
۹-۴- تعادل فازی مایع-بخار و سینتیک واکنش TAME ۳۰۷
۹-۵- ساختار کنترلی گسترده واحد ۳۱۳
۹-۶- نتیجه‌گیری ۳۱۷

فصل دهم: کنترل ستون‌های تقطیر با جریان جانبی ۳۱۹
۱۰-۱- ستون‌های تقطیر با جریان جانبی مایع ۳۲۰
۱۰-۱-۱- طراحی حالت پایا ۳۲۰
۱۰-۱-۲- کنترل پویا ۳۲۲
۱۰-۲- ستون تقطیر با جریان جانبی بخار ۳۲۸
۱۰-۲-۱- طراحی حالت پایا ۳۲۸
۱۰-۲-۲- کنترل پویا ۳۲۹
۱۰-۳- برج جریان جانبی مایع با ستون دفع ۳۳۵
۱۰-۳-۱- طراحی حالت پایا ۳۳۵
۱۰-۳-۲- کنترل پویا ۳۳۸
۱۰-۴- برج جریان جانبی بخار با ستون جذب ۳۴۱
۱۰-۴-۱- طراحی حالت پایا ۳۴۴

Press.um.ac.ir

۲-۴-۱۰- کنترل پویا ۳۴۶
۵-۱۰- برج زدایش محصول جانبی ۳۵۶
۱-۵-۱۰- طراحی حالت پایا ۳۵۶
۲-۵-۱۰- کنترل پویا ۳۵۸
۶-۱۰- نتیجه‌گیری ۳۶۵

فصل یازدهم: کنترل تفکیک‌کننده‌های نفتی ۳۶۷
۱-۱۱- برش‌های نفتی ۳۶۹
۲-۱۱- تعیین خواص نفت خام ۳۷۳
۳-۱۱- طراحی حالت پایای ستون پیش تبخیر ۳۸۲
۴-۱۱- کنترل ستون پیش تبخیر ۳۹۱
۵-۱۱- طراحی حالت پایای برج اتمسفریک ۳۹۸
۱-۵-۱۱- مروری بر طراحی حالت پایا ۳۹۹
۲-۵-۱۱- پیکربندی برج تقطیر اتمسفریک در نرم‌افزار ۴۰۳
۳-۵-۱۱- اثر پارامترهای طراحی ۴۱۴
اثر تغییر مشخصه ۹۵٪ ۴۱۵
اصل ۱-۱۱ ..... ۴۱۵
اثر تغییر جریان پمپاز میانی ۴۱۶
اصل ۲-۱۱ ..... ۴۱۶
اثر تغییر بخار دفع‌کننده ۴۱۶
اصل ۳-۱۱ ..... ۴۱۷
۶-۱۱- کنترل برج تقطیر اتمسفریک ۴۱۷
۷-۱۱- نتیجه‌گیری ۴۲۷

Press.um.ac.ir

مقدمه مؤلف

افزایش سریع بهای نفت خام در سال‌های اخیر (از سال ۲۰۰۵ تاکنون) و شوک غیر منتظره ناشی از صعود بی‌رویه قیمت‌ها در پمپ‌های بنزین باعث گردیده است که بالاخره، انجمن‌های علمی و مهندسی معترف گردند که اکنون زمان آن فرا رسیده است که با در نظر گرفتن واقعیت‌ها نسبت به تجدید نظر در اولویت‌های موجود اقدام شود.

امروزه انرژی یک معضل واقعی است که با روشهای جدیدی چون بیونانوتکنولوژی قابل حل نخواهد بود. مصرف انرژی، تولیدکننده اصلی گاز دی اکسید کربن است و از این رو مستقیماً با گرم شدن کره زمین ارتباط دارد.

منابع تأمین انرژی و نیز سیستمهای مصرف‌کننده انرژی باید مورد ارزیابی دقیق قرار گیرند. کاربرد غیر صحیح و ناکارآمد انرژی در همه جنبه‌های زندگی مدرن امروز باید متوقف گردد.

در سیستم آب و فاضلاب، با کاربرد انرژی به منظور تولید آب آشامیدنی سپس تبدیل مجدد قسمت عمده آن به فاضلاب، انرژی هدر می‌رود. این امر موجب افزایش واحدهای تصفیه فاضلاب و مصرف انرژی بیشتر خواهد شد.

همچنین در صنایع غذایی، مقادیر زیادی انرژی برای کشاورزی، تولید کود شیمیایی، علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها، حمل و نقل و نیز بسته‌بندی مصرف می‌شود.

در بازارهای قدیمی خرید و فروش محصولات کشاورزی، مواد غذایی بهتر با قیمت پایین‌تر و مصرف انرژی کمتر عرضه می‌شدند.

یکی از مهم‌ترین تکنولوژی‌های تأمین انرژی، تقطیر است. اصولاً تمامی سوخت مورد نیاز بخش حمل و نقل در مسیر فرآورش از نفت خام تا ایستگاه مصرف حداقل از یک ستون تقطیر عبور می‌کند. ستون‌های تقطیر بزرگ با عنوان برج اتمسفریک، نفت خام را به برش‌های نفتی مختلف بر اساس نقطه جوش تفکیک می‌کنند.

برش‌های میانی همان بنزین بوده و برش‌های سنگین پس از شکست حرارتی یا کاتالیستی به بنزین تبدیل می‌شوند. برش‌های سبک نیز برای تولید بنزین بیشتر، ترکیب می‌گردند. تقطیر در تمامی فرآیندهای عملیاتی مذکور کاربرد دارد.

Press.um.ac.ir

حتی هنگامی که به منابع تجدیدپذیر انرژی مثل زیست ماده[1]روی می‌آوریم، مناسب‌ترین سوخت مورد استفاده برای حمل و نقل، متانول است که مهم‌ترین فرآیند تولید آن ، اکسیداسیون جزیی زیست ماده برای تولید گاز سنتز (مخلوطی از هیدروژن، منوکسید کربن و دی اکسید کربن) می‌باشد. واکنش بعدی این ترکیبات، منجر به تولید متانول و آب خواهد شد.

استفاده از فرآیند تقطیر به منظور جداسازی متانول از آب، بخش مهمی از این فرآیند محسوب می‌شود. همچنین برای تولید اکسیژن مورد استفاده در رآکتور اکسیداسیون جزئی، از فرآیند تقطیر استفاده می گردد. از این رو تقطیر مهم‌ترین روش جداسازی در صنایع شیمیایی و صنعت ساختمان و پتروشیمی در قرن ۲۱، به شمار می‌رود.

اهمیت این فرآیند در تولید مواد غذایی، حرارت، پوشاک، حمل و نقل در جامعه مدرن امروز و نیز تأمین بخش عمده‌ای از نیازهای انرژی ما غیر قابل انکار است.

تحلیل، طراحی، عملیات، کنترل و بهینه‌سازی ستون‌های تقطیر به مدت تقریباً یک قرن به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفت. پیش از ظهور رایانه، محاسبات دستی و روش‌های گرافیکی در این مطالعات به کار گرفته می‌شدند.

از حدود سال ۱۹۵۰، شبیه‌سازی‌های رایانه ای آنالوگ و دیجیتال برای حل بسیاری از مسائل مهندسی، مورد استفاده قرار گرفتند. آنالیز فرآیند تقطیر، شامل محاسبات حدس و خطای تعادل فازی مایع-بخار و موازنه‌های مواد سینی به سینی است که با استفاده از محاسبات دیجیتال قابل انجام هستند.

در ابتدا بیشتر مهندسان، برنامه‌هایشان را برای حل معادلات جبری غیر خطی که مبین عملکرد حالت پایای یک ستون تقطیر هستند و نیز معادلات دیفرانسیل غیرخطی که بیانگر رفتار دینامیکی آن می‌باشند، ارائه دادند.

بسیاری از شرکتهای مرتبط با صنایع شیمیایی یا نفت، برنامه‌های شبیه‌سازی حالت پایای فرآیندشان را که در آن تقطیر یک واحد عملیاتی مهم بود، ایجاد کردند. حدودا از نیمه سال ۱۹۸۰ شبیه‌سازهای حالت پایای تجاری جایگزین روش‌های پیشین شدند و تا اکنون نیز جایگاه خود را حفظ کرده‌اند.

کمی بعد، شبیه‌سازهای دینامیکی تجاری به وجود آمدند اما آنها باید منتظر پیشرفت تکنولوژی رایانه‌ای برای تولید رایانه‌های خیلی سریع مورد نیاز باقی می‌ماندند. امروزه شبیه‌سازی‌های حالت پایا و دینامیکی ستون‌های تقطیر به طور گسترده در صنعت و نیز دانشگاه‌ها مورد استفاده قرار می گیرند.

تجربه فنی من، تا حد زیادی با تاریخچه شبیه‌سازی تقطیر همگام بوده است و اولین تجربه عملی‌ام، به انجام آزمایش تقطیر ناپیوسته در کلاس شیمی دوره دبیرستان بر می گردد. پس از آن ارائه برخی تئوری‌های تقطیر و اجرای طرح یک ستون تقطیر ناپیوسته در مقیاس پایلوت به عنوان یک دانشجوی دوره

1. biomass

Press.um.ac.ir

کارشناسی تجربه دیگر من بود.

سپس پنج سال تجربه صنعتی در پالایشگاه اکسون[1] به عنوان مهندس خدمات فنی برج اتمسفریک، ستون‌های خلأ و واحدهای آلکیلاسیون کسب کردم که در تمامی آنها تقطیر به طور گسترده کاربرد داشت.

در طول این دوره، تنها کاربرد کامپیوتر که من از آن آگاه بودم، حل مسائل برنامه‌نویسی خطی مرتبط با برنامه‌ریزی و زمان‌بندی پالایشگاه بود. در سال ۱۹۶۰ شخصاً شروع به استفاده از محاسبه‌گرهای آنالوگ و دیجیتال کردم. باب پیگفورد[2] نحوه برنامه‌نویسی یک کامپیوتر دیجیتال که از نوارهای کاغذی استفاده می‌کرد را به ما آموزش داد.

حافظه این کامپیوتر آنقدر محدود بود که فقط قابلیت نگهداری برنامه‌های کوتاه و با حافظه خیلی کم را داشت. شبیه‌سازی آنالوگ را از دیوسمب و تقطیر عملی را زیر نظر جک گرستر آموزش دیدم.

به مدت چهار سال در واحد مهندسی دوپونت[3] روی مسائل کنترل فرآیند که بسیاری از آنها مربوط به ستون‌های تقطیر بودند کار کردم. در آنجا هم شبیه‌سازی‌های آنالوگ و هم دیجیتال به کار گرفته می‌شدند.

سر انجام، بیش از ۳۵ سال به تحقیق و تدریس اشتغال داشتم که در این دوره دانشجویان مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد شبیه‌سازی ستون‌های تقطیر را برای یادگیری اصول و مبانی تقطیر و نیز ایجاد ساختارهای کنترلی مؤثر برای پیکربندی‌های مختلف ستون‌های تقطیر به کار می‌گرفتند.

در تحقیقات دانشگاهی و نیز در واحد درسی طراحی دوره کارشناسی از شبیه‌سازهای تجاری و خانگی استفاده می‌شد.

هدف این کتاب، تلاش برای ارائه این تجربیات گسترده و ارزنده در خصوص طراحی و کنترل ستون‌های تقطیر برای دسترسی دانشجویان و مهندسان جوان در برخورد با مسائل ستون‌های تقطیر است.

کتاب حاضر، موضوعاتی بسیار فراتر از روش استفاده از یک شبیه‌ساز را پوشش می‌دهد و شبیه‌ساز را به عنوان ابزاری راهنما در انجام طراحی بهینه اقتصادی حالت پایای سیستم‌های تقطیر، با استفاده از روش‌های ساده و علمی به کار می‌گیرد.

همچنین، از شبیه‌سازی برای انتخاب ساختارهای کنترلی کارآمد و مؤثر برای کنترل دینامیکی استفاده می‌کند. سؤالاتی از قبیل استفاده از کنترل تک اتم‌ها یا کنترل دو ترکیبی، محل و چگونگی انتخاب سینی‌های کنترل دما و نیز چگونگی ثابت نمودن درجات آزادی اضافی در این زمینه مطرح هستند.

هیچ ادعایی مبنی بر جدید بودن مباحث وجود ندارد و روش‌های حالت پایا در بسیاری از کتاب‌های طراحی بحث شده‌اند. بسیاری از مباحث دینامیکی مطرح شده از تعدادی از کتاب‌ها و مقالات گرفته شده‌اند.

---

1. Exxon
2. Bob Pigford
3. Dupont

Press.um.ac.ir

آنچه ادعا می‌شود این است که در اثر حاضر، این مباحث در یک جا به منظور دسترسی آسان جمع‌آوری شده‌اند. ویژگی منحصر به فرد دیگر کتاب، ترکیب طراحی و کنترل ستون‌های تقطیر در یک کتاب واحد است.

در انجام طراحی فرآیند سه گام وجود دارد. گام اول طراحی مفهومی است که در آن روش‌های تقریبی ساده برای ایجاد یک نمودار جریانی اولیه به کار گرفته می‌شوند. این مرحله برای سیستمهای تقطیر به طور کامل در کتاب‌های دیگر پوشش داده شده است. گام بعدی، طراحی مقدماتی است که در آن، روش‌های شبیه‌سازی عددی برای ارزیابی عملکرد پایا و دینامیکی نمودار جریانی پیشنهادی مورد استفاده قرار می‌گیرند. گام نهایی طراحی دقیق با در نظر گرفتن تمامی جزییات است که در آن دستگاه‌ها با ذکر جزییات دقیق مانند نوع سینی‌ها، تعداد سوراخ سینی، لوله‌کشی خوراک و جریان برگشتی، پمپ‌ها، سطوح مبدل‌های حرارتی و سایر شیرها مشخص می‌شوند. کتاب حاضر به گام دوم یعنی طراحی مقدماتی می‌پردازد.

موضوع شبیه‌سازی تقطیر بسیار گسترده است به طوری که مجلدهای زیادی برای پوشش جامع آن نیاز است. استفاده از کتاب‌های مرجع موجود برای مهندسین تازه‌کار دشوار می‌باشد، بنابراین هدف این کتاب تنها به جنبه‌هایی که به نظر من اصولی‌تر و مفیدتر هستند محدود می‌شود.

فقط ستون‌های تقطیر پیوسته در نظر گرفته می‌شوند. محدوده تقطیر ناپیوسته بسیار گسترده است و باید در کتاب دیگری به آن پرداخته شود. فقط ستون‌های مرحله‌ای که برای سالهای متمادی تاکنون به طور موفقیت‌آمیز به کار گرفته شده‌اند در نظر گرفته می‌شوند. مدل‌هایی که بر اساس شدت جریان طراحی می‌شوند بسیار دقیق هستند اما به تعیین یا تخمین پارامترهای بیشتری نیاز دارند. فقط شبیه‌سازی‌های عددی در این کتاب به کار گرفته می‌شوند. این کتاب توسط داهرتی و مالون به دلیل پوشش کامل و دقیق روش‌های تقریبی برای طراحی مفهومی حالت پایا سیستمهای تقطیر بسیار توصیه شده است.

من امیدوارم این کتاب در نظر خوانندگان کتابی مفید و خواندنی باشد. پی بردن به برخی رازهای طراحی و عملیات یک ستون تقطیر، کارکرد عشق و علاقه است.

ویلیام.ال.لویین

Press.um.ac.ir

مقدمه مترجمان

امروزه با توجه به اهمیت و کاربرد شبیه‌سازی دینامیکی فرآیندها در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، نیاز به آموزش و استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز، بیش از گذشته احساس می‌شود. به دلیل اهمیت موضوع و کمبود کتاب‌هایی که بتوانند در زمینه طراحی و شبیه‌سازی دینامیکی فرآیندها راهگشا باشند، بر آن شدیم تا کتاب حاضر را به جامعه مهندسی کشور معرفی نماییم.

فرآیند تقطیر، به عنوان مهم‌ترین روش جداسازی در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و صنایع شیمیایی جایگاه بسیار مهمی در مهندسی شیمی داشته و بخش عمده‌ای از مباحث آن را، در بر می‌گیرد.

با توجه به وجود منابع عظیم نفت و گاز در کشورمان، و نیاز روزافزون به انرژی، کاربرد تقطیر، به عنوان یکی از مهم‌ترین تکنولوژی‌های تأمین انرژی، اهمیت ویژه‌ای یافته است.

در کتاب حاضر به تحلیل، طراحی و شبیه‌سازی، عملیات، کنترل و بهینه‌سازی اقتصادی ستونهای تقطیر، از طریق آموزش گام به گام نرم‌افزار به صورت تصویری، همراه با ارائه مثال‌های متعدد صنعتی پرداخته شده است.

در این کتاب، پس از مرور مبانی تعادل فازی، آنالیز و شبیه‌سازی حالت پایای ستون‌های تقطیر و بهینه‌سازی اقتصادی فرآیند، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. پس از بررسی سیستم‌های تقطیر پیچیده‌تر، روشهای محاسباتی برای انتخاب ساختار کنترلی مطلوب، آموزش داده می‌شوند.

تبدیل شبیه‌سازی حالت پایا به حالت دینامیکی، کنترل ستونهای تقطیر پیچیده، تقطیر واکنشی، کنترل ستونهای تقطیر با جریان جانبی و در نهایت، کنترل تفکیک‌کننده‌های نفتی، به ترتیب موضوعات فصل‌های بعدی کتاب می‌باشند.

می‌توان گفت که، کتاب حاضر، اولین کتابی است که در این زمینه، به فارسی ترجمه شده است.

لازم می‌دانیم از استاد ارجمند، جناب آقای دکتر فنایی که ویرایش علمی کتاب را تقبل فرمودند، تشکر و قدردانی نموده و زحمات فراوانشان را ارج می‌نهیم.

همچنین، از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد، به خاطر فراهم آوردن امکان چاپ کتاب و از مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه که با نظارت و راهنمایی خود نهایت همکاری را داشته‌اند قدردانی می‌گردد.

Press.Jmac.ir

سعی بسیار کردیم که کار بی‌نقصی را ارائه کنیم تا مورد قبول خوانندگان محترم قرار گیرد. از کلیه استادان ارجمند و دانش‌پژوهان عزیز درخواست می‌نماییم در صورت برخورد با لغزش‌های احتمالی ما را آگاه نمایند تا در چاپ‌های بعدی مدنظر قرار گیرد.

آزاده سعادت عاکفی
امیرسعید موسوی حجازی
دکتر اکبر شاهسوند

Press.um.ac.ir