

به نام خدا

آموزش شبیه سازی فرایندهای

نفت، گاز و پتروشیمی

با

Aspen HYSYS

مؤلف

مهندس محمدرضا صفوی

فهرست مطالب

مقدمه ناشر ۵

مقدمه مؤلف ۶

فصل اول: روش‌های شبیه‌سازی در مهندسی شیمی

۱-۱ مقدمه ۹

۱-۲ معادلات حالت ۱۰

۱-۳ مدل‌های ضریب فعالیت ۱۳

فصل دوم: جداسازی دوفازی و سه‌فازی

۲-۱ مقدمه ۱۷

۲-۲ تعریف ترکیبات و انتخاب معادله حالت ۱۸

۲-۳ ایجاد PFD و وارد نمودن داده‌های شبیه‌سازی ۲۵

۲-۴ انتقال اطلاعات و PFD، تهیه گزارش و تنظیمات مربوطه ۳۸

۲-۵ تعیین اندازه جداکننده سه‌فازی ۵۲

۲-۶ دستگاه‌های جداسازی جامدات ۵۴

فصل سوم: تجهیزات انتقال حرارت

۳-۱ مقدمه ۶۳

۳-۲ شبیه‌سازی کولر و هیتر ۶۳

۳-۳ مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله ۷۳

۳-۴ شبیه‌سازی مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله ۷۶

۳-۵ شبیه‌سازی مبدل‌های هوا خنک‌کن ۱۰۱

۳-۶ شبیه‌سازی مبدل‌های هوا خنک‌کن ۱۰۲

فصل چهارم: تجهیزات تغییر فشار

۴-۱ مقدمه ۱۱۳

۴-۲ شبیه‌سازی شیر فشارشکن ۱۱۷

۴-۳ بررسی فرایند با استفاده از Databook ۱۲۰

۴-۴ استفاده از Adjust در محاسبه شرایط عملیاتی دلخواه ۱۳۷

۴-۵ شبیه‌سازی پمپ ۱۴۲

۴-۶ شبیه‌سازی کمپرسور ۱۵۰

فصل پنجم: فرایند جذب و تقطیر

۱۶۳	۵-۱ مقدمه
۱۶۶	۵-۲ انواع برج‌ها در نرم‌افزار Aspen HYSYS
۱۶۷	۵-۳ شبیه‌سازی فرایند جذب
۱۸۷	۵-۴ شبیه‌سازی فرایند تقطیر
۱۹۶	۵-۵ شبیه‌سازی فرایند تقطیر بدون داشتن تعداد سینی
۲۰۸	۵-۶ شبیه‌سازی فرایند تقطیر با استفاده از محیط داخلی برج
۲۱۸	۵-۷ شبیه‌سازی فرایند تقطیر مخلوط آزنوتروپ

فصل ششم: راکتورهای شیمیایی

۲۳۹	۶-۱ مقدمه
۲۴۰	۶-۲ انواع راکتورها در Aspen HYSYS
۲۴۱	۶-۳ شبیه‌سازی با استفاده از راکتور گیبس
۲۴۴	۶-۴ شبیه‌سازی با استفاده از راکتور تعادلی
۲۵۱	۶-۵ شبیه‌سازی با استفاده از راکتور تبدیلی
۲۵۳	۶-۶ شبیه‌سازی راکتور لوله‌ای
۲۶۹	۶-۷ شبیه‌سازی راکتور همزن‌دار
۲۷۳	۶-۸ شبیه‌سازی واکنش‌های کاتالیزوری
۲۸۹	۶-۹ شبیه‌سازی تقطیر واکنشی

فصل هفتم: بهینه‌سازی

۲۹۵	۷-۱ مقدمه
۲۹۶	۷-۲ بهینه‌سازی اقتصادی درصد خلوص محصولات تقطیر
۳۰۸	۷-۳ بهینه‌سازی واحد پایدارسازی
۳۲۱	۷-۴ محاسبه خواص جریان فرایند با استفاده از Utility

فصل هشتم: شبیه‌سازی برخی فرایندهای رایج در صنعت نفت و گاز

۳۳۳	۸-۱ مقدمه
۳۳۴	۸-۲ فرایند شیرین‌سازی گاز طبیعی
۳۵۱	۸-۳ شبیه‌سازی فرایند نم‌زدایی
۳۶۰	۸-۴ شبیه‌سازی فرایندهای نفت

مقدمه مؤلف

با پیشرفت فن آوری و گسترش دنیای نرم افزار، رشته‌های مختلف علوم مهندسی کاربردهای خود را در این دنیا یافته‌اند و امروزه استفاده از نرم افزارها در تمام زمینه‌ها یک الزام به شمار می‌رود. در زمینه مهندسی شیمی استفاده از نرم افزارها بسیار متداول بوده و از آنجایی که برخی محاسبات بسیار وقت‌گیر می‌باشند، انجام محاسبات با استفاده از نرم افزارهای مربوطه جایگاه خود را به طور گسترده‌ای در میان مهندسان پیدا کرده است. با استفاده از این نرم افزارها کاربر می‌تواند فرایند مورد نظر خود را **شبیه‌سازی^۱** نماید و نتیجه تغییر متغیرهای فرایندی را که در نمونه واقعی بسیار پرهزینه و وقت‌گیر است مشاهده نماید. از طرفی شبیه‌سازی فرایندها می‌تواند به عنوان مراحل اولیه طراحی در مهندسی شیمی نیز به‌کاربرده شود. بدین ترتیب که با شبیه‌سازی، متغیرهای فرایندی مانند دما، فشار و شدت جریان حاصل می‌شوند و از روی این متغیرها فشار **طراحی^۲** و دمای طراحی دستگاه‌ها و اندازه آن‌ها محاسبه می‌شود. متغیرهای حاصل از شبیه‌سازی با نرم افزار، متغیرهای عملیاتی نامیده می‌شوند. با استفاده از دمای **عملیاتی^۳** و با استفاده از دستور موجود در مدارک مهندسی پروژه، مانند **معیار طراحی فرایند^۴** دمای طراحی به دست می‌آید. با داشتن دمای طراحی و با توجه به سیال موجود در دستگاه، نوع ماده سازنده لوله‌ها، مخازن و به طور کلی تجهیزات مشخص می‌شوند. از روی فشار عملیاتی و محاسبه فشار طراحی، ضخامت مخازن و لوله‌ها حاصل می‌شود و در نهایت با استفاده از دبی محاسبه شده توسط نرم افزارها اندازه دستگاه‌ها محاسبه شده و طراحی فرایند به پایان می‌رسد. علاوه بر دو کاربرد ذکر شده استفاده از نرم افزار می‌تواند جهت پیش‌بینی نتایج ناشی از هر تغییر در ساختار فرایند بسیار مفید واقع شود. اما آیا نتایج حاصل از محاسبات نرم افزار و صرفاً ارائه نتایج بدون هیچ خطایی از سوی نرم افزار می‌تواند برای ما کافی باشد؟ البته که این‌طور نیست و مهم‌ترین وظیفه یک مهندس شیمی زیر نظر داشتن تمام اطلاعات و رفتار فرایند می‌باشد به طوری که از نظر فیزیکی شرایط فرایندی معقول باشد. برای مثال مقادیر فشار در بالای برج همواره کمتر از پایین برج است، اگر عکس این موضوع در یک شبیه‌سازی دیده شود آن شبیه‌سازی از نظر منطق مهندسی دارای اشکال است و به هیچ وجه قابل قبول نمی‌باشد. به عبارت دیگر مورد مطالعاتی از نظر **حس فیزیکی^۵** فرایند دچار مشکل است. در موارد دیگر ممکن است در فرایند مورد بررسی شرایطی حاصل شود که از نظر فیزیک مسأله موجه باشد اما از نظر طراحی مناسب نبوده و در مراحل بعد هزینه‌های اضافی بی‌مورد بر پروژه تحمیل گردد. از این دست موارد می‌توان به دمای عملیاتی یک دستگاه اشاره نمود. هر ماده فلزی مورد استفاده در صنعت دارای رنج دمایی بهینه عملکرد است. خارج از این دامنه عملکرد مناسبی نخواهد داشت و سیستم دچار اشکال در عملیات خواهد شد. اگر دمای محاسبه شده برای دستگاهی زیر 29°C باشد، باید از ماده دیگری غیر از فولاد سیاه معمولی استفاده نمود. در این‌صورت گزینه‌های پیش‌رو موادی هستند که از نظر هزینه یا در دسترس بودن می‌توانند پروژه را دچار چالش کنند. پس در این موارد سعی می‌شود با تغییرات جزئی در فرایند این مشکل را برطرف نمود. البته استفاده از مواد گران‌قیمت و خاص در بسیاری موارد ناگزیر می‌باشد.

1- Simulation

2- Design

3- Operating

4- Process design criteria

5- Physical sense

از میان نرم‌افزارهای شبیه‌سازی فرایند همچون Aspen plus، Aspen HYSYS، Pro II و ChemCAD، نرم‌افزار Aspen HYSYS بنا به دلایلی بیشتر مورد استقبال واقع شده است. این نرم‌افزار دارای قابلیت انجام محاسبات برگشتی می‌باشد، به طوری که با وارد کردن برخی اطلاعات در جریان خروجی مقادیر ورودی قابل محاسبه است. نکته دیگری که این نرم‌افزار را بسیار محبوب ساخته است، قابلیت محاسبه بلافاصله پس از وارد نمودن و تکمیل اطلاعات ورودی می‌باشد. نرم‌افزار HYSYS پیش‌تر به صورت جداگانه توسط شرکت Hyprotech ارائه می‌شد، اما از نسخه 2004 به بعد این نرم‌افزار تحت بسته نرم‌افزاری AspenTech ارائه می‌گردد. شبیه‌سازی در کلیه علوم به دو صورت انجام می‌شود. یکی در حالت پایا یا استاتیک که در این نوع شبیه‌سازی محاسبات مستقل از زمان انجام می‌شود. نوع دیگر شبیه‌سازی، دینامیک یا پویا می‌باشد که در آن اثر زمان نیز در فرایند لحاظ می‌شود. در این کتاب به شبیه‌سازی فرایندهای استاتیک خواهیم پرداخت.

در فصل اول گریز کوتاهی به انواع روش‌های شبیه‌سازی فرایندهای شیمیایی، نحوه انتخاب معادله حالت و برخی نکات مربوط به انتخاب مدل ترمودینامیکی خواهیم زد. در فصل دوم مقدمات کار با نرم‌افزار را به همراه شبیه‌سازی فرایندهای جداسازی دو فازی و سه فازی خواهیم آموخت. در ادامه کتاب و در فصل سوم با دستگاه‌های انتقال حرارت و کاربرد و نحوه شبیه‌سازی آن‌ها در نرم‌افزار HYSYS آشنا خواهیم شد و در فصل چهارم شبیه‌سازی دستگاه‌های افزایش و کاهش فشار را از نظر خواهیم گذراند. فصل پنجم که از فصل‌های مهم کتاب به‌شمار می‌رود، مربوط به فرایندهای جذب و تقطیر می‌باشد و در این فصل نحوه تعریف ویژگی‌های یک برج تقطیر را بررسی خواهیم نمود و به انجام شبیه‌سازی‌های پیچیده‌تری می‌پردازیم. در فصل ششم با انواع راکتورها در HYSYS آشنا می‌شویم و نحوه شبیه‌سازی فرایندها با استفاده از آن‌ها را خواهیم آموخت. فصل هفتم مربوط به بهینه‌سازی فرایند می‌باشد و در آن به شبیه‌سازی و بهینه‌سازی فرایندها پرداخته شده است و در نهایت در فصل هشتم چهار فرایند مهم صنعت نفت و گاز شبیه‌سازی و برخی نکات کاربردی مربوط به آن‌ها به‌طور خلاصه بیان می‌شود. توصیه می‌شود خواننده گرامی فصول را به ترتیب پیش رفته و به اشکال موجود در هر بخش و زیرنویس آن‌ها دقت کافی داشته باشد تا روند آموزش نرم‌افزار به‌خوبی انجام شود و کتاب حاضر در یادگیری علاقمندان مفید واقع شود. امید است تلاشی که در راستای تألیف این کتاب صورت گرفته است با ایفای نقشی کوچک در یادگیری دست‌آوردان علم گسترده و فاخر مهندسی شیمی به ثمر نشیند. در پایان از سرکار خانم مهندس نادیا داوودندی به دلیل همکاری صمیمانه در ویرایش متن کتاب و کمک به ایجاد یکپارچگی در ارائه مطالب قدردانی و سپاسگزاری می‌نمایم.

اگرچه انسان‌ها رویای خشکیدنم را جشن گرفتند، من پا به روی جوانه سبز باغچه نمی‌گذارم.

محمد رضا صفوی

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

آن‌ها که وجودشان را برای بودن من ایشا کردند.