

به نام خدا



مؤسسه فرهنگی هنری  
دیباقران تهران

## مرجع کامل

شبیه سازی فرآیندهای

نفت، گاز و پتروشیمی

با

# ASPEN PLUS

مؤلف

مهندس محمد رضا صفوی

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

## مرجع کامل شبیه سازی فرایندهای نفت، گاز و پتروشیمی با ASPEN PLUS

مؤلف: مهندس محمد رضا صفوی

ناشر: مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

حروفچینی و صفحه آرایی: شیرین مزگان

طرح روی جلد: مجتبی حجازی

چاپ: درج عمیق

نوبت چاپ: سوم

تاریخ نشر: ۱۳۹۸

تیراژ: ۵۰ جلد

قیمت: ۱۵۰۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۴-۴۷۳-۵

ISBN: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۴-۴۷۳-۵

نشانی واحد فروش: تهران، میدان انقلاب،

خ کارگر جنوبی، روبروی پاساژ مهستان،

پلاک ۱۲۵۱

تلفن: ۲۲۰۸۵۱۱۱-۶۶۴۱۰۰۴۶

کد پستی: ۱۳۱۴۹۸۳۱۸۵

فروشگاههای اینترنتی:

[www.mftbook.ir](http://www.mftbook.ir)

[www.dibagarantehran.com](http://www.dibagarantehran.com)

نشانی تلگرام: @mftbook

نشانی اینستاگرام: Dibagaran\_publishing

سرشناسه: صفوی، نجمدرضا، ۱۳۶۲

عنوان و نام پدید آور: مرجع کامل شبیه سازی فرایندهای نفت، گاز و

پتروشیمی با ASPEN PLUS / مؤلف محمد رضا صفوی

مشخصات نشر: تهران- دیباگران تهران- ۱۳۹۵

مشخصات ظاهری: ۵۵۲ ص: مصور

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۴-۴۷۳-۵

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

موضوع: نرم افزار اسپن پلاس

موضوع: Aspen plus (computer software)

موضوع: شیمی - فرایندها - برنامه های کامپیوتری

موضوع: chemical processes-computer programs

موضوع: شیمی - فرایندها - شبیه سازی کامپیوتری

موضوع: chemical processes-computer simulation

موضوع: شیمی - فرایندها - کنترل - برنامه های کامپیوتری

موضوع: chemical process control-computer programs

رده بندی کنگره: ۱۳۹۵ ۷ آ ۷۸ / TP ۱۵۵

رده بندی دیویی: ۶۶۰/۲۸۱۵

شماره کتابشناسی ملی: ۴۲۷۲۵۰۰

## فهرست مطالب کتاب

فصل اول	۱۰
مقدمه‌های بر شبیه سازی در مهندسی شیمی	۱۰
۱-۱ مقدمه	۱۱
۲-۱ معادلات حالت	۱۲
۳-۱ مدل‌های ضریب فعالیت	۱۵
فصل دوم	۱۹
جداسازی مایع-گاز	۱۹
۱-۲ مقدمه	۱۹
۲-۲ تعریف ترکیبات و انتخاب مدل ترمودینامیکی	۱۹
۳-۲ ایجاد PFD و وارد نمودن داده های شبیه سازی	۳۱
۴-۲ تهیه گزارش، انتقال اطلاعات و PFD	۴۳
فصل سوم	۵۳
تجهیزات انتقال حرارت	۵۳
۱-۳ مقدمه	۵۳
۲-۳ شبیه سازی هیتر و کولر	۵۴
۳-۳ مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله	۷۷
۴-۳ شبیه سازی مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله با استفاده از روش میانبر	۸۱

۵-۳	شبیه سازی دقیق مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله.....	۹۵
۶-۳	شبیه سازی مبدل حرارتی جهت ارزیابی.....	۱۰۸
۷-۳	شبیه سازی ریبویلر.....	۱۱۸
۸-۳	مبدل‌های حرارتی هواخنک کن.....	۱۲۴
۹-۳	شبیه سازی مبدل‌های حرارتی هواخنک کن.....	۱۲۶
۱۰-۳	مبدل‌های حرارتی صفحه ای.....	۱۳۳
۱۱-۳	شبیه سازی مبدل‌های حرارتی صفحه ای.....	۱۳۵
۱۲-۳	شبیه سازی مبدل حرارتی LNG.....	۱۳۷
	<b>فصل چهارم</b> .....	۱۴۴
	تجهیزات تغییر فشار.....	۱۴۵
	۱-۴ مقدمه.....	۱۴۵
	۲-۴ شبیه سازی شیر فشارشکن.....	۱۵۲
	۳-۴ شبیه سازی پمپ.....	۱۶۹
	۴-۴ شبیه سازی کمپرسور و توربین.....	۱۸۶
	۵-۴ شبیه سازی کمپرسور چند مرحله ای.....	۱۹۸
	<b>فصل پنجم</b> .....	۲۰۷
	فرایند جذب و تقطیر.....	۲۰۷
	۱-۵ مقدمه.....	۲۰۷
	۲-۵ انواع برج‌های موجود در نرم افزار Aspen Plus.....	۲۱۲
	۳-۵ شبیه سازی فرایند جذب.....	۲۱۵
	۴-۵ شبیه سازی فرایند تقطیر.....	۲۳۱
	۵-۵ شبیه سازی فرایند تقطیر بدون داشتن تعداد سینی.....	۲۴۹
	۶-۵ شبیه سازی برج‌های تقطیر متوالی.....	۲۵۵
	۷-۵ شبیه سازی فرایند تقطیر مخلوط آزنوتروپ.....	۲۶۴

۲۸۷	فصل ششم
۲۸۷	راکتورها
۲۸۷	۱-۶ مقدمه
۲۸۹	۲-۶ انواع راکتورها در نرم افزار Aspen Plus
۲۹۱	۳-۶ شبیه سازی راکتور RStoic
۲۹۵	۴-۶ شبیه سازی راکتور RYield
۳۰۰	۵-۶ شبیه سازی راکتور REquil
۳۰۵	۶-۶ شبیه سازی راکتور RGibbs
۳۰۹	۷-۶ شبیه سازی راکتور RPlug
۳۲۵	۸-۶ شبیه سازی راکتور RCSTR
۳۴۰	۹-۶ شبیه سازی واکنشهای پیچیده کاتالیزوری
۳۵۳	۱۰-۶ شبیه سازی راکتور RBatch
۳۶۰	۱۱-۶ شبیه سازی واکنشهای پلیمری
۳۷۶	۱۲-۶ شبیه سازی فرایند تقطیر واکنشی
۳۸۴	فصل هفتم
۳۸۵	شبیه سازی جامدات
۳۸۵	۱-۷ مقدمه
۳۸۶	۲-۷ فرایند خشک کردن ذغال سنگ
۳۹۹	۳-۷ فرایند احتراق ذغال سنگ
۴۱۱	۴-۷ دستگاههای جداسازی جامدات
۴۲۱	۵-۷ شبیه سازی دستگاههای جداسازی جامدات
۴۲۵	۶-۷ دستگاه های انجام عملیات فیزیکی بر روی جامدات
۴۳۲	۷-۷ شبیه سازی فرایند بازیابی پلیمر
۴۳۸	۸-۷ شبیه سازی محلولهای الکترولیت

۴۴۵.....	<b>فصل هشتم</b>
۴۴۵.....	شبیه سازی فرایندهای رایج در صنعت
۴۴۵.....	۱-۸ مقدمه
۴۴۶.....	۲-۸ فرآیند شیرینسازی گاز طبیعی
۴۴۶.....	۱-۲-۸ مقدمه
۴۴۶.....	۲-۲-۸ توصیف فرآیند جذب
۴۴۸.....	۳-۲-۸ انتخاب حلال
۴۵۱.....	۳-۸ شبیه سازی فرآیند شیرینسازی گاز طبیعی
۴۶۱.....	۴-۸ شبیه سازی فرآیند نمزدایی گاز طبیعی
۴۶۸.....	۵-۸ شبیه سازی فرآیند تقطیر نفت خام
۴۹۸.....	<b>فصل نهم</b>
۴۹۹.....	بهینه سازی
۴۹۹.....	۱-۹ مقدمه
۵۰۱.....	۲-۹ بهینه سازی فرآیند تقطیر
۵۱۱.....	۳-۹ بهینه سازی اقتصادی فرآیند تقطیر
۵۲۸.....	<b>فصل دهم</b>
۵۲۹.....	محاسبه خواص ترکیبات
۵۲۹.....	۱-۱۰ مقدمه
۵۲۹.....	۲-۱۰ رگرسیون داده های تجربی
۵۳۵.....	۳-۱۰ محاسبه خواص مخلوط ترکیبات با استفاده از Property Set
۵۳۸.....	۴-۱۰ محاسبه خواص ترکیبات با استفاده از گروه Analysis
۵۴۶.....	۵-۱۰ استفاده از NIST برای یافتن خواص ترکیبات
۵۴۷.....	۶-۱۰ تعریف ترکیبات جدید و تخمین خواص آنها

# خط مشی کیفیت انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران در عرصه کتاب‌هایی است که بتواند خواسته‌هایی به روز جامعه فرهنگی و علمی کشور را تا حد امکان پوشش دهد.

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بی‌کران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگی این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی دانشگاهی، علوم پایه و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گام‌هایی هرچند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم.

گسترده‌گی علوم و توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی چشمگیری در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع‌رسانی، بیش از پیش روشن می‌نماید.

در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران، محققان و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر درصدد هستند تا با تلاش‌های مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پُر بار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقمندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت "مهندس محمد رضا صفوی" و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته که شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

## کارشناسی و نظارت بر محتوا: زهره قزلباش

در خاتمه ضمن سپاسگزاری از شما دانش‌پژوه گرامی درخواست می‌نماید با مراجعه به آدرس [dibagaran.mft.info](mailto:dibagaran.mft.info) (ارتباط با مشتری) فرم نظرسنجی را برای کتابی که در دست دارید تکمیل و ارسال نموده، انتشارات دیباگران تهران را که جلب رضایت و وفاداری مشتریان را هدف خود می‌داند، یاری فرمایید.

امیدواریم همواره بهتر از گذشته خدمات و محصولات خود را تقدیم حضورتان نماییم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران  
[Publishing@mftmail.com](mailto:Publishing@mftmail.com)

## مقدمه مؤلف

با پیشرفت فن آوری و گسترش دنیای نرم افزار، رشته های مختلف علوم مهندسی کاربردهای خود را در این دنیا یافته اند و امروزه استفاده از نرم افزارها در تمام زمینه ها یک الزام به شمار می رود. در زمینه مهندسی شیمی استفاده از نرم افزارها بسیار متداول بوده و از آن جایی که برخی محاسبات بسیار وقت گیر می باشند، انجام محاسبات با استفاده از نرم افزارهای مربوطه جایگاه خود را به طور گسترده ای در میان مهندسان پیدا کرده است. با استفاده از این نرم افزارها کاربر می تواند فرایند مورد نظر خود را **شبیه سازی**<sup>۱</sup> نماید و نتیجه تغییر متغیرهای فرایندی را که در نمونه واقعی بسیار پرهزینه و وقت گیر است مشاهده نماید. از طرفی شبیه سازی فرایندها می تواند به عنوان مراحل اولیه طراحی در مهندسی شیمی نیز به کار برده شود. بدین ترتیب که با شبیه سازی، متغیرهای فرایندی مانند دما، فشار و شدت جریان حاصل می شوند و از روی این متغیرها فشار **طراحی**<sup>۲</sup> و دمای طراحی دستگاهها و اندازه آنها محاسبه می شود. متغیرهای حاصل از شبیه سازی با نرم افزار، متغیرهای عملیاتی نامیده می شوند. با استفاده از دمای **عملیاتی**<sup>۳</sup> و با استفاده از دستور موجود در مدارک مهندسی پروژه، مانند **معیار طراحی فرایند**<sup>۴</sup> دمای طراحی به دست می آید. با داشتن دمای طراحی و با توجه به سیال موجود در دستگاه، نوع ماده سازنده لوله ها، مخازن و به طور کلی تجهیزات مشخص می شوند. از روی فشار عملیاتی و محاسبه فشار طراحی، ضخامت مخازن و لوله ها حاصل می شود و در نهایت با استفاده از دبی محاسبه شده توسط نرم افزارها اندازه دستگاهها محاسبه شده و طراحی فرایند به پایان می رسد. علاوه بر دو کاربرد ذکر شده استفاده از نرم افزار می تواند جهت پیش بینی 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 می تواند برای ما کافی باشد؟ البته که این طور نیست و مهم ترین وظیفه یک مهندس شیمی زیر نظر داشتن تمام اطلاعات و رفتار فرایند می باشد.

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 شبیه سازی دیده شود آن شبیه سازی از نظر منطق مهندسی دارای اشکال است و به هیچ وجه قابل قبول نمی باشد. به عبارت دیگر مورد مطالعاتی از نظر **حس فیزیکی**<sup>۵</sup> 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 هزینه های اضافی بی مورد بر پروژه تحمیل گردد. از این دست موارد می توان 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  $29^{\circ}\text{C}$  باشد، باید از ماده دیگری غیر از فولاد سیاه معمولی استفاده نمود. در این صورت گزینه های پیش رو موادی هستند که از نظر هزینه یا در دسترس بودن می توانند پروژه را دچار چالش کنند. پس در این موارد سعی می شود با تغییرات جزئی در فرایند این مشکل را برطرف نمود. البته استفاده از مواد گران قیمت و خاص در بسیاری موارد ناگزیر می باشد.

<sup>1</sup>- Simulation

<sup>2</sup>- Design

<sup>3</sup>- Operating

<sup>4</sup>- Process design criteria

<sup>5</sup>- Physical sense



یکی از قدرتمندترین نرم افزارهای شبیه سازی فرایند می باشد و در سال های اخیر بسیار Aspen Plus نرم افزار  
mhsys مورد توجه واقع شده است، بسیاری از طراحان و مهندسان این نرم افزار را به نرم افزارهای مشابه همچون  
خواهیم Aspen Plus ترجیح می دهند. در این کتاب آموزش شبیه سازی فرایندها و دستگاه های مختلف را با  
آموخت. کتاب شامل ده فصل میباشد که در هر فصل خواننده با موضوع جدیدی آشنا می شود و از طریق به  
کارگیری مثال های مختلف نحوه شبیه سازی دستگاه های مختلف را می آموزد.

محمد رضا صفوی  
mrsafavi7@gmail.com

تقدیریم به همسر عزیزم

که مهدی و مهربانی او کار تالیف کتاب را برایم آسان و میسر نمود.