



مهندسی شیمی

جلد سوم

عملیات واحدها

جی.ام. کولسون، جی.اف. ریچاردسون

ترجمه

مهندس محمد باقر پورسید، دکتر محمد خشنودی، مهندس محسن مدنی اصفهانی

مرکز نشر دانشگاهی، تهران



Chemical Engineering
Volume Three: (SI Units)
Second Edition
J. M. Coulson, J. F. Richardson
Pergamon Press, 1982

مهندسی شیمی
جلد سوم: عملیات واحدها
تألیف جی. ام. کولسون، جی. اف. ریچاردسون
ترجمه مهندس محمدباقر پورسید، دکتر محمد خشنودی، مهندس محسن مدنی اصفهانی
ویراسته مهندس محمدباقر پورسید
طراح جلد: سمیه عابدینی
حروفچین: مریم حسینی نیا، فرزانه قادری
ناظر چاپ: حمیدرضا دمیرچی لو
مرکز نشر دانشگاهی، تهران
چاپ اول ۱۳۸۴
تعداد ۱۵۰۰
لیتوگرافی: مردمک
چاپ و صحافی: ماز گرافیک
حق چاپ برای مرکز نشر دانشگاهی محفوظ است
فهرست نویسی پیش از انتشار کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران

کولسون، جان متکالف
مهندسی شیمی / کولسون، ریچاردسون؛ ترجمه محسن عدالت، سودابه دلیل، — تهران: مرکز نشر دانشگاهی،
۱۳۷۱-۱۳۸۴.

ج ۵: مصور، جدول، نمودار. — (مرکز نشر دانشگاهی، ۶۵۵، ۱۲۳۴، ۱۲۳۵، ۱۲۳۶، ۱۲۳۷. شیمی و مهندسی
شیمی: ۶۸، ۱۴۵، ۱۴۶، ۱۴۷، ۱۴۸)

ISBN 964-01-8080-7 (دوره) ISBN 964-01-1235-6 (ج. ۳)

ISBN 964-01-0655-0 (ج. ۱) ISBN 964-01-1236-4 (ج. ۴)

ISBN 964-01-1234-8 (ج. ۲) ISBN 964-01-1237-2 (ج. ۵)

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیبا.

Chemical engineering 3ed, c1983.

عنوان اصلی:

کتابنامه.

مندرجات: ج. ۱. جریان سیالها، انتقال گرما و انتقال جرم. — ج. ۲ و ۳. عملیات واحدها/ترجمه محمدباقر پورسید،
محمد خشنودی، عبدالعلی فقیه اردوبادی. — ج. ۳. عملیات واحدها/ترجمه محمدباقر پورسید، محمد خشنودی، محسن
مدنی اصفهانی. — ج. ۴. مبانی طراحی/ترجمه علی اصغر حمیدی، محمدباقر پورسید، محمد مهدی منتظر رحمتی. — ج.
۵. مبانی طراحی/ترجمه محمد مهدی منتظر رحمتی، محمدباقر پورسید، علی اصغر حمیدی.

۱. شیمی مهندسی. الف. ریچاردسون، جان فرانسیس، Richardson, John Francis. ب. عدالت، محسن.
مترجم. ج. دلیل، سودابه، مترجم. د. مرکز نشر دانشگاهی. ه. عنوان.

۶۶۰

TP۱۵۵/ک۹م۹

۱۴۷۱

م۷۲-۲۷۷۵

کتابخانه ملی ایران

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست

صفحه	عنوان
۱	دبیاچه ویرایش دوم
۲	پیشگفتار ویرایش دوم
۳	دبیاچه ویرایش اول
۵	۱ طراحی واکنشگاه - اصول کلی
۵	۱-۱ هدفهای اساسی در طراحی یک واکنشگاه
۸	۲-۱ دسته‌بندی واکنشگاهها و انتخاب نوع واکنشگاه
۱۶	۳-۱ انتخاب شرایط فرایند
۲۳	۴-۱ سینتیک شیمیایی و معادلات سرعت
۳۴	۵-۱ موازنه‌های کلی ماده و گرما
۳۷	۶-۱ واکنشگاههای ناپیوسته
۴۷	۷-۱ واکنشگاههای جریانی لوله‌ای

۶۰	۸-۱ واکنشگاههای مخزنی همزن دار پیوسته
۷۴	۹-۱ مقایسه واکنشگاههای ناپیوسته، لوله‌ای و مخزنی همزن دار برای ...
۸۰	۱۰-۱ مقایسه واکنشگاههای ناپیوسته، لوله‌ای و مخزنی همزن دار برای ...
۹۶	۱۱-۱ واکنشگاههای گاز- مایع
۱۰۵	۱۲-۱ جریان و اختلاط غیریاده‌آل در واکنشگاههای شیمیایی
۱۱۷	۱۳-۱ واکنشگاههای گاز- جامد غیرکاتالیزی
۱۳۰	۱۴-۱ برای مطالعه بیشتر
۱۳۰	۱۵-۱ مراجع
۱۳۱	۱۶-۱ نامگذاری و نمادگذاری
۱۳۶	۲ طراحی واکنشگاههای کاتالیزی
۱۳۶	۱-۲ خلاصه مسئله طراحی
۱۴۰	۲-۲ انتقال جرم درون جامدات متخلخل
۱۴۵	۳-۲ واکنش شیمیایی در حبه‌های کاتالیزگر متخلخل
۱۷۹	۴-۲ انتقال جرم از جریان سیال به سطح جامد
۱۸۳	۵-۲ سینتیک شیمیایی واکنشهای کاتالیزی ناهمگن
۱۸۹	۶-۲ محاسبات طراحی
۲۲۱	۷-۲ برای مطالعه بیشتر
۲۲۱	۸-۲ مراجع
۲۲۳	۹-۲ نامگذاری و نمادگذاری
۲۳۰	۳ کنترل فرایند
۲۳۱	۱-۳ حلقه کنترل و نمودار بلوکی
۲۳۳	۲-۳ تجهیزات کنترل فرایند
۲۵۲	۳-۳ دینامیک سیستم کنترل
۲۹۵	۴-۳ طراحی سیستم کنترل
۳۱۶	۵-۳ تکنیکهای کنترل اضافی و پیشرفته‌تر
۳۲۶	۶-۳ پیوست ۱-۳
۳۲۷	۷-۳ پیوست ۲-۳

صفحه	عنوان
۳۳۱	۸-۳ برای مطالعه بیشتر
۳۳۱	۹-۳ مراجع
۳۳۳	۱۰-۳ نامگذاری و نمادگذاری
۳۳۸	۴ کامپیوتر و روشهای محاسبه
۳۳۹	۱-۴ کامپیوتر رقمی
۳۵۱	۲-۴ فورترن
۳۷۳	۳-۴ روشهای محاسبه
۴۵۲	۴-۴ برای مطالعه بیشتر
۴۵۲	۵-۴ مراجع
۴۵۲	۶-۴ نامگذاری و نمادگذاری
۴۵۳	۵ مهندسی واکنش زیست شیمیایی
۴۵۳	۱-۵ اصول واکنشگاههای میکروبی
۴۶۷	۲-۵ مدلی برای یک میکروارگانیسم تکین
۴۷۰	۳-۵ مدلی برای یک توده میکروبی
۴۷۳	۴-۵ معادله سرعت زیست شناختی
۴۷۸	۵-۵ تعیین ضرایب سرعت زیست شناختی
۴۹۵	۶-۵ طراحی فرایندهای شامل لختههای میکروبی
۵۰۷	۷-۵ طراحی فرایندهای ثابت - بستر
۵۱۳	۸-۵ جمعبندی و نتیجه گیری
۵۱۵	۹-۵ قدردانی
۵۱۶	۱۰-۵ برای مطالعه بیشتر
۵۱۷	۱۱-۵ مراجع
۵۱۷	۱۲-۵ نامگذاری و نمادگذاری
۵۱۹	۱۳-۵ واژه نامه
۵۲۲	۶ فن آوری غیر نیوتنی
۵۲۴	۱-۶ معادلات دیفرانسیل حرکت سیال گرانرو

۵۲۷	۲-۶ رفتار برشی سیالات ناکشسان ناوابسته به زمان
۵۳۸	۳-۶ شناسایی سیال
۵۴۶	۴-۶ معادلات تحلیلی برای جریانهای هندسی ساده
۵۷۰	۵-۶ سیالات گرانشی ناکشسان
۵۸۵	۶-۶ عملیات فراورش
۶۰۴	۷-۶ مطالعه بیشتر
۶۰۴	۸-۶ مراجع
۶۰۵	۹-۶ نامگذاری و نمادگذاری
۶۰۹	۷ فرایندهای جذب
۶۱۱	۱-۷ مواد جاذب مرسوم
۶۱۸	۲-۷ تجهیزات جذب
۶۴۵	۳-۷ خواص تعادل
۶۷۹	۴-۷ طراحی فرایندهای واحدهای جذب
۷۲۵	۵-۷ مطالعه بیشتر
۷۲۵	۶-۷ مراجع
۷۲۸	۷-۷ نامگذاری و نمادگذاری
۷۳۶	۸ پیوست
۷۷۵	نمایه

دیباجه ویرایش دوم

غیر از بازاریابی و تصحیح کلی، تغییرات اصلی در ویرایش دوم کتاب عبارت‌اند از مطالب اضافی فصل ۱ درباره طراحی واکنشگاه و گنجانیدن جدول توابع خطا در پیوست کتاب.

در فصل ۱ دوبخش جدید اضافه شده است. در نخستین بخش جدید، بحثی درباره شرایط جریان غیرآرمانی در واکنشگاهها و اثر آنها بر توزیع مدت توقف و عملکرد واکنشگاه ارائه شده است. در بخش دوم، یک دسته مهم از واکنشهای شیمیایی — که در آنها یک جامد و یک گاز، به صورت غیر کاتالیزی، با هم واکنش می‌دهند — بررسی شده است. با افزوده شدن این دو بخش به فصل ۱، ارزش این کتاب به میزان قابل ملاحظه‌ای بالا رفته است.

تمام کمیتها با واحدهای SI بیان شده‌اند، در چاپ دوم نیز به همین ترتیب عمل شده، و تغییراتی که به تازگی در ارائه مباحث ویرایشهای سوم این مجله‌ها اعمال شده‌اند، در مراجع مجلدهای اولیه این سری، منظور شده‌اند.

پیشگفتار ویرایش دوم

در این فرصت، شماری از اغلاط تصحیح گردیده و هر جا که امکان داشت از واحدهای SI استفاده شده است. سیستم SI در معرض تغییرات مفصلی است و استاندارد شدن کامل روشهای ارائه این سیستم به گذشت زمان نیاز دارد. خاطر نشان می‌شود که امتیازهای اصلی سیستم SI به روشهای محاسبه آن مربوط است، ولی مسائل، غالباً برحسب واحدهای روزمره بیان خواهند شد. در برخی موارد، داده‌ها فقط بر حسب یکی از گروههای واحدهای قدیمتر ارائه شده‌اند و مهندسان شیمی باید به حل مسائل، با هر واحدهایی که فرمولبندی شده‌اند، توانا باشند.

دیباچه ویرایش اول

تا آنجا که امروزه اطلاع داریم، مهندسی شیمی، به عنوان یک نظام مهندسی عمده، در سالهای بین دو جنگ جهانی، در بریتانیا و ایرلند شمالی، ابداع گردید و از آن تاریخ تا کنون سریعاً رشد یافت. کمک بی‌همانند این دانش مهندسی به توسعه و تکمیل فرایندهای صنایع شیمیایی و صنایع وابسته در مقیاس صنعتی، در آغاز، به درک درست آن در فرایندهای انتقال — جریان سیال، انتقال گرما و انتقال جرم — و توسعه و تکمیل اصول طراحی برای عملیات واحد، نسبت داده شد، واحدهایی که تقریباً همه آنها با جداسازی فیزیکی مخلوطهای کمپلکس همگن و ناهمگن به اجزای سازنده آنها در ارتباط می‌باشند. در این کتاب مهندس شیمی با جداسازی و خالص‌سازی فرآورده‌های یک واکنشگاه شیمیایی، بیش از طراحی خود واکنشگاه، ارتباط بسیار نزدیکتری پیدا می‌کند.

امروزه وضعیت کاملاً تغییر کرده است. با موفقیت‌های نسبتاً خوبی که نصیب فرایندهای جداسازی فیزیکی گردیده، طراحی واکنشگاه، چشم‌انداز جالبتری پیدا کرده و در اینجا نیز فرایندهای جریان سیال، انتقال گرما، و انتقال جرم به همان اندازه اهمیت یافته است. علاوه بر این، بسیاری از مسائل دشوار جداسازی را می‌توان به کمک انتخاب درست شرایط واکنشگاه حل کرد. ساخت صنعتی مواد شیمیایی به دلیل بهره اقتصادی بالا در تولید چند نوع مواد از قبیل مواد شیمیایی پیچیده، داروها، آنتی‌بیوتیکها و بسپارها، که حتی تا چند سال پیش در آزمایشگاه نیز ناشناخته بوده‌اند، جاذبه بیشتری یافته است. محدوده (حاشیه) سودآوری نیز باریک شده و بدین ترتیب انگیزه اقتصادی بسیار بزرگتری برای دستیابی به بالاترین بازدهی ممکن از مواد خام ایجاد کرده است. بنابراین طراحی واکنشگاه بخش مهمی از کار مهندس شیمی را تشکیل می‌دهد.

مجله ۱ و ۲، اگر چه با موضوعات این مجلد کمترین ارتباطی ندارند ولی زمینه‌های اصلی مورد

نظر مهندسی شیمی در اوائل دهه ۱۹۵۰ را منعکس می‌سازند. در جلد سوم، قلمروهای مهندسی شیمی یا تأکید بر طراحی سیستمهایی که در آنها واکنشهای شیمیایی و حتی زیست‌شیمیایی انجام می‌شود، از جدیدترین دانشهای امروزی برخوردار شده است. مجله سوم شامل فصولی دربارهٔ جذب، اصول کلی طراحی واکنشگاهها، طراحی و طرز کار واکنشگاههایی که از کاتالیزگرهای ناهمگن استفاده می‌کنند، ویژگیهای خاص سیستمهای برخوردار از فرایندهای زیست‌شیمیایی و میکروب‌شناختی است. بسیاری از مواد که در واکنشگاههای شیمیایی و زیست‌شیمیایی فراورش می‌شوند، از لحاظ ساختار فیزیکی پیچیده‌اند و بنابراین دستکاری خاص خواص جریانی مواد غیرنیوتنی ارزشمند تلقی می‌شود. با بهره‌گیری گسترده از کامپیوتر، بسیاری از مسائل طراحی را که حل تحلیلی یا ترسیمی آنها فوق‌العاده پیچیده است، می‌توان به روش عددی حل کرد، به همین دلیل، یک فصل از کتاب به استفاده از کامپیوتر برای حل مسائل مهندسی‌شیمی اختصاص یافته است. به موازات رشد پیچیدگی واحدهای صنعتی شیمیایی، نیاز به کنترل بسیار دقیقتر عملیات واحد روزافزون شده و بنابراین، یک فصل به عنوان کنترل فرایندها در این کتاب گنجانده شده است. هر یک از فصلهای مجلد سوم یک کار تخصصی در زمینه خاص است، و مؤلفین کتاب، اعضای کنونی و یا پیشین کادر گروه مهندسی شیمی کالج دانشگاهی سوان‌سی می‌باشند. ج. توماس هم‌اکنون در دانشگاه فن‌آوری Bath و ج. م. اسمیت در مدرسهٔ فنی Hoge، در Delft مشغول کار هستند.

ج. م. کولسون

ج. ف. ریچاردسون

د. ج. بیکوک