

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

عملیات واحد

و

اصول مهندس صنایع غذایی

تدوین و گردآوری:

دکتر رسول کدخدایی

مهندس ندا مهماندوست

مهندسی مهدیه نامور محبوب

سرشناسه: کدخدایی، رسول ۱۳۴۹ -
عنوان و نام پدیدآور: عملیات واحد و اصول مهندسی صنایع غذایی /
تدوین و گردآوری رسول کدخدایی، ندا مهماندوست، مهدیه نامور محبوب.
مشخصات ظاهری: ۲۵۲ ص: نمودار.
مشخصات نشر: مشهد: انتشار، ۱۳۹۱
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۳۲۶۷-۳-۰

لهرستانویس بر اساس اطلاعات فیاد:
۱. مواد غذایی - صنعت و تجارت - الگوهای ریاضی. ۲. مواد غذایی - صنعت و تجارت -
راهنمای آموزشی. ۳. مواد غذایی - صنعت و تجارت - مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی).
الف. مهماندوست، ندا ۱۳۵۸ - ب. نامور محبوب، مهدیه، ۱۳۶۷ - ج. پژوهشکده علوم و
صنایع غذایی - د. عنوان.

۶۶۲/۱۵۱۱۸

۲۷۴۱۱۲۲

کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران

TP۳۲۰ / ۱۹۹۱۵ / ۱



عملیات واحد و اصول مهندسی صنایع غذایی

تدوین و گردآوری:

دکتر رسول کدخدایی

مهندس ندا مهماندوست، مهندس مهدیه نامور محبوب

ناشر: انتشارات تاریخ

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه، چاپ اول/۱۳۹۱، وزیری

آرایش صفحات: علی برهانی

چاپ: دقت

قیمت: ۱۶۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۳۲۶۷-۳-۰

حق چاپ محفوظ

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۱۳
فصل ۱: ابعاد و واحدها	۱۵
۱-۱. مقدمه.....	۱۵
۲-۱. واحدها و ابعاد.....	۱۶
۳-۱. عملیات ریاضی مربوط به واحدها.....	۱۹
۴-۱. تبدیل واحدها و ضریب‌های تبدیل.....	۱۹
۵-۱. ارقام معنی‌دار.....	۲۴
فصل ۲: خواص ترمودینامیکی مواد غذایی	۲۷
۱-۲. مقدمه.....	۲۷
۲-۲. خواص ترمودینامیکی.....	۲۷
۱-۲-۲. گرمای ویژه.....	۲۷
۲-۲-۲. گرمای نهان.....	۳۴
۳-۲-۲. آنتالپی.....	۳۶
۳-۲. معادله حالت گاز.....	۳۶
۱-۳-۲. مخلوط گازی ایده آل.....	۳۹
۴-۲. تعادل فازي.....	۴۰
۵-۲. جدول‌های خواص ترمودینامیکی.....	۴۲
فصل ۳: موازنه جرم و انرژی	۴۶
۱-۳. مقدمه.....	۴۶
۲-۳. مفاهیم و واحدها.....	۴۶
۱-۲-۳. سیستم.....	۴۶
۲-۲-۳. سیستم باز.....	۴۷
۳-۲-۳. سیستم بسته.....	۴۷

۴۷	۴-۲-۳. سیستم عایق
۴۷	۴-۲-۳. د. مرزهای سیستم
۴۸	۴-۲-۳. انرژی
۴۸	۴-۲-۳. خاصیت
۴۸	۴-۲-۳. حرارت
۴۹	۴-۲-۳. کار
۵۰	۴-۲-۳. انرژی جنبشی
۵۱	۴-۲-۳. انرژی پتانسیل
۵۱	۴-۲-۳. انرژی داخلی
۵۱	۴-۲-۳. انتقال
۵۲	۴-۳. موازنه مواد
۵۲	۴-۳. موازنه جزئی ماده
۵۸	۵-۳. موازنه عمومی انرژی
۵۹	۴-۵-۱. موازنه انرژی در سیستم بسته
۵۹	۴-۵-۲. موازنه انرژی در سیستم باز
۶۳	۴-۶. موازنه هم زمان ماده و انرژی
۶۴	۴-۷. موتور حرارتی
۶۵	۴-۸. پمپ حرارتی
۶۵	۴-۹. قانون دوم ترمودینامیک
۶۶	۴-۱۰. تحولات برگشت پذیر
۶۶	۴-۱۱. چرخه کارنو
۷۰	۴-۱۲. آنتروپی

۷۷	فصل ۴: مکانیک سیالات
۷۷	۴-۱. مقدمه
۷۷	۴-۲. جریان سیال داخل لوله
۷۸	۴-۲-۱. عدد رینولدز
۷۸	۴-۲-۲. گرانروی سیال
۷۹	۴-۳. معادلات اساسی جریان سیال
۸۲	۴-۳-۱. معادله پیوستگی
۸۲	۴-۳-۱-۱. معادله پیوستگی برای جریان پایای داخل کانال
۸۵	۴-۳-۲. معادله اندازه حرکت
۸۶	۴-۳-۳. معادله موازنه انرژی مکانیکی (برنولی)
۸۸	۴-۳-۳-۱. ضریب تصحیح انرژی جنبشی

۸۹	۴-۴. توزیع سرعت و سرعت بیشینه در جریان آرام
۸۹	۴-۴-۱. توزیع سرعت
۹۰	۴-۴-۲. سرعت بیشینه
۹۱	۴-۴-۳. سرعت جریان حجمی
۹۱	۴-۴-۴. سرعت متوسط
۹۲	۵-۴. توزیع سرعت و سرعت بیشینه در جریان آشفته
۹۳	۶-۴. لایه مرزی
۹۴	۷-۴. سیستم های انتقال سیالات
۹۴	۷-۴-۱. اصطکاک (مفاهیم و تعاریف)
۹۵	۷-۴-۲. رابطه بین اصطکاک و تنش برشی در دیواره لوله
۹۵	۷-۴-۳. ضریب اصطکاک
	۷-۴-۴. تخمین ضریب اصطکاک فانیگ برای سیال نیوتنی تحت شرایط جریان آرام داخل لوله
۹۶	۷-۴-۵. سیستم لوله کشی
۹۷	۷-۴-۶. پمپ و انواع آن
۱۰۴	۷-۴-۶-۱. پمپ های جابه جایی
۱۰۵	۷-۴-۶-۲. پمپ های دینامیکی یا توربو پمپ ها
۱۰۷	۷-۴-۷. معادلات اساسی در طراحی پمپ
۱۰۸	۷-۴-۸. منحنی عملکرد پمپ و قوانین تشابه
۱۱۱	۷-۴-۸-۱. قوانین تشابه
۱۱۲	۷-۴-۹. ارتفاع مکش خالص مثبت
۱۱۴	۸-۴. جریان در کانال های غیر دایره ای
۱۱۶	۹-۴. آنالیز ابعادی
۱۱۷	۹-۴-۱. نظریه باکینگهام (π)

فصل ۵: خواص رئولوژیکی سیالات

۱۳۵	۵-۱. مقدمه
۱۳۶	۵-۲. مفاهیم اساسی رئولوژی
۱۳۶	۵-۲-۱. سرعت برش
۱۳۷	۵-۲-۲. تنش برشی
۱۳۷	۵-۲-۳. گرانروی سینماتیکی
۱۳۷	۵-۲-۴. گرانروی ظاهری و تنش تسلیم
۱۳۸	۵-۳. تقسیم بندی رئولوژیکی سیالات

۲۱۶	 روش مستقیم ۲-۳-۲-۲-۷
۲۱۸	 انتقال حرارت به روش جابه جایی ۳-۲-۷
۲۱۹	 محاسبه ضریب انتقال حرارت به روش جابه جایی ۱-۳-۲-۷
۲۲۱	 هدایت در دیواره مرکب ۴-۲-۷
۲۲۷	 ضخامت بحرانی عایق کاری ۵-۲-۷
۲۲۹	 ۶-۲-۷ انتقال حرارت تابشی
۲۳۰	 ۳-۷ مبدل حرارتی
۲۳۰	 ۱-۳-۷ بار حرارتی مبدل
۲۳۱	 ۲-۳-۷ ضریب کلی انتقال حرارت
۲۳۲	 ۳-۳-۷ ضریب رسانایی
۲۳۲	 ۴-۳-۷ اختلاف دمای متوسط لگاریتمی
۲۳۴	 ۵-۳-۷ روش ضریب کارایی و تعداد واحدهای انتقال
۲۳۴	 ۱-۵-۳-۷ ضریب کارایی
۲۳۵	 ۲-۵-۳-۷ تعداد واحدهای انتقال
۲۳۶	 ۶-۳-۷ برخی از انواع مبدل حرارتی
۲۳۶	 ۱-۶-۳-۷ مبدل حرارتی دو لوله
۲۳۷	 ۲-۶-۳-۷ مبدل حرارتی پوسته و لوله
۲۳۷	 ۳-۶-۳-۷ مبدل حرارتی صفحه‌ای
۲۳۸	 ۴-۷ فرآیندهای حرارتی در صنایع غذایی
۲۳۸	 ۱-۴-۷ پاستوریزاسیون
۲۳۸	 ۱-۱-۴-۷ پاستوریزاسیون مواد غذایی بسته‌بندی شده
۲۳۹	 ۲-۱-۴-۷ پاستوریزاسیون مایعات بسته‌بندی نشده
۲۴۳	 ۲-۴-۷ استریلیزاسیون
۲۴۴	 ۱-۲-۴-۷ فرآیند گرمایی به روش سنتی
۲۴۵	 ۲-۲-۴-۷ سیستم مداوم
۲۴۷	 ۳-۲-۴-۷ فرآیند اسپتیک
۲۴۷	 ۴-۲-۴-۷ محاسبات زمان فرآیند
۲۴۸	 ۱-۴-۲-۴-۷ روش ریاضی
۲۵۲	 ۲-۴-۲-۴-۷ روش استفاده از نمودار
۲۵۷	 ۳-۴-۷ زمان مرگ حرارتی
۲۵۸	 ۱-۳-۴-۷ احتمال فساد
۲۵۹	 ۲-۳-۴-۷ روش عمومی محاسبه زمان فرآیند

۲۶۲	۳-۴-۳. منحنی‌های بقا بر حسب منحنی‌های مرگ
-----	---

فصل ۸: رطوبت زنی و رطوبت زدایی

۲۶۶	۱-۸. مقدمه
۲۶۷	۲-۸. تعاریف و مفاهیم
۲۶۷	۱-۲-۸. رطوبت مطلق
۲۶۷	۲-۲-۸. رطوبت اشباع
۲۶۸	۳-۲-۸. رطوبت نسبی
۲۶۸	۴-۲-۸. حجم مرطوب
۲۶۸	۵-۲-۸. دمای حباب خشک
۲۶۹	۶-۲-۸. اشباع آدیاباتیک
۲۷۰	۷-۲-۸. دمای حباب مرطوب
۲۷۳	۳-۸. منحنی رطوبت نسبی
۲۷۴	۱-۳-۸. سامانه آب - هوا
۲۷۷	۴-۸. عملیات خشک کردن
۲۸۰	۵-۸. تقسیم بندی انواع خشک کن ها
۲۸۰	۱-۵-۸. خشک کن‌ها از نظر انتقال حرارت
۲۸۰	۲-۵-۸. خشک کن های پیوسته و ناپیوسته
۲۸۱	۶-۸. محاسبات خشک کن ها
۲۸۲	۱-۶-۸. محاسبات خشک کن پیوسته
۲۸۴	۲-۶-۸. محاسبات خشک کن پاششی

فصل ۹: اختلاط

۲۹۳	۱-۹. مقدمه
۲۹۴	۲-۹. انواع پره ها
۲۹۷	۳-۹. الگوهای جریان در اختلاط سیالات
۲۹۸	۴-۹. انرژی ورودی در اختلاط سیال
۳۰۳	۱-۴-۹. تعیین زمان اختلاط مایع-مایع
۳۰۵	۵-۹. اثر خواص سیال بر توان
۳۰۵	۱-۵-۹. سیالات دوفازی
۳۰۶	۲-۵-۹. سیالات غیر نیوتنی
۳۰۹	۶-۹. ورز دادن
۳۱۰	۷-۹. اختلاط ذرات جامد
۳۱۱	۱-۷-۹. محاسبات آماری اختلاط ذرات جامد

- پیوست و- ضریب اصطکاک بر حسب عدد رینولدز ۳۹۹
- پیوست ه- داده‌های تعادلی سیال عامل چرخه سردساز ۳۹۹
- پیوست الف- جدول‌های خواص ترمودینامیکی ۴۰۰
- پیوست ب- خواص رئولوژیکی مواد غذایی ۴۲۲
- پیوست ج- تعیین ضریب انتقال حرارت جابه جایی ۴۲۶
- پیوست د- تابعیت توان نسبت به عدد رینولدز ۴۲۸
- پیوست و- ضریب اصطکاک بر حسب عدد رینولدز ۴۲۹
- پیوست ه- داده‌های تعادلی سیال عامل چرخه سردساز ۴۳۰

منابع و مراجع ۴۳۳

واژه‌نامه ۴۳۹

واژه‌یاب ۴۴۵

پیشگفتار

حجم عظیم ابداعات و نوآوری‌ها در حوزه‌های مختلف صنعت غذا که طی یک دهه گذشته در پاسخ به نیاز جامعه به مواد غذایی سالم و طبیعی به وقوع پیوسته و با روند پرشتاب و فزاینده‌ای رو به گسترش می‌باشد، موجب ورود مفاهیم جدید و نوظهور در علوم غذایی شده و بهینه‌سازی فناوری‌های موجود و یا ظهور فرآیندهای نوین را در پی داشته‌است. بدیهی است همگام با این تحول عملیات واحد فرآوری مواد غذایی و اصول مهندسی حاکم بر آن که توصیف ریاضی پدیده‌ها و محاسبات مربوط به فرآیندهاست نیز دستخوش تغییر شده و لزوم بازتعریف معادلات موجود و توسعه روش‌های محاسباتی جدید را آشکار می‌سازد. ثمره این رویکرد فراهم شدن امکان حل مسائل مرتبط، بهینه‌سازی واحدهای عملیاتی و طراحی فرآیندهای نوین می‌باشد. با در نظر گرفتن این الزامات کتاب حاضر در دو بخش اصول مهندسی و عملیات واحد در مهندسی صنایع غذایی مشتمل بر سیزده فصل شامل: ابعاد و آحاد، خواص ترمودینامیکی مواد غذایی، موازنه جرم و انرژی، مکانیک سیالات، رئولوژی سیالات و جامدات، انتقال حرارت، اختلاط، واحدهای عملیاتی شامل: جذب سطحی، استخراج، رطوبت زنی و خشک کردن، تغلیظ، فیلتراسیون و فرآیندهای غشایی، سرد سازی و انجماد، تألیف شده‌است.

در این کتاب سعی شده‌است که اصول پیچیده مهندسی و محاسباتی در غالب

معادلات ساده و قابل فهم ارائه شوند. همچنین برای درک بهتر مفاهیم، مثال‌های متعددی در متن ارائه گردیده و در انتهای هر فصل نیز مسائلی آورده شده که نوعی خود ارزیابی را برای خواننده فراهم می‌سازد.

در این کتاب افزون بر پرداختن به مبانی نظری و تئوریک، به کاربردها و مصداق‌های عملی و معرفی عملیات واحد صنایع غذایی نیز توجه شده است. مؤلفان بر این باورند که مطالب مطروحه در این کتاب برای دانشجویان مقاطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا علوم و صنایع غذایی، مهندسی شیمی گرایش صنایع غذایی و سایر رشته‌های مرتبط قابل استفاده است. افزون بر دانشجویان، کارشناسان و مهندسان شاغل در واحدهای مختلف صنایع غذایی و پژوهشگران فعال در عرصه مهندسی صنایع غذایی نیز می‌توانند از موضوعات آن بهره‌مند گردند.

اگر چه در تألیف این کتاب دقت فراوانی به عمل آمده، اما قطعاً خالی از اشکال و عاری از نقد نخواهد بود. از این رو مؤلفان از نقطه نظرات خوانندگان محترم ضمیمانه استقبال نموده و از انعکاس انتقادات و ایرادات آنها در جهت اصلاح و ویرایش‌های بعدی این کتاب پیشاپیش سپاسگزاری می‌نمایند.

مشهد مقدس

پایان ماه ۱۳۹۰