

پیشراش هوافضایی

تی. دبلیو. لی

ترجمه:

بهرز شهریاری

حمیدرضا بکائی

www.ketab.ir

سرشناسه:	لی، ته-وو.
عنوان و نام پدیدآور:	پیشراش هوافضایی / تی. دبلیو. لی؛ ترجمه بهروز شهریاری، حمیدرضا بکائی.
مشخصات نشر:	تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر، انتشارات، ۱۳۹۸
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۷۷۳۶-۷۳-۹
مشخصات ظاهری:	[۵]، ج. ۳۵۸، ص: مصور (رنگی).
وضعیت فهرست نویسی:	فیبا.
یادداشت:	کتابنامه.
یادداشت:	واژه نامه.
یادداشت:	عنوان اصلی: Aerospace propulsion, 2014
موضوع:	هواپیماها- پیشراش جت.
شماره افزوده:	موشک رانی.
شماره افزوده:	شهریاری، بهروز، ۱۳۵۴ -
شماره افزوده:	بکائی، حمیدرضا، ۱۳۶۹ -
شماره افزوده:	دانشگاه صنعتی مالک اشتر، انتشارات.
رده بندی کلاسیک:	۱۳۹۸ پ ۹ / ل ۷۰۹ TL
رده بندی دیوید:	۶۲۹/۱۱
کتابشناسی ملی:	۵۵۶۴۹ ۲



سازمان اسناد و کتابخانه ملی
جمهوری اسلامی ایران

عنوان کتاب: پیشراش هوافضایی

ترجمه: بهروز شهریاری - حمیدرضا بکائی

ناشر: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر

طرح روی جلد: ابوالفضل رفیعی

لینوگرافی، چاپ و صحافی: دانشگاه صنعتی مالک اشتر

صفحه آرای رایانه ای: مهدی ملایی

ویراستار ادبی: زهرا جاویدی

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول، بهار ۱۳۹۸

قیمت: ۷۴۰،۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-7736-73-9

کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است.
نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب و با اشاره به نام ناشر مجاز است.
آدرس: تهران، لویزان، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، معاونت پژوهش و فناوری،
مدیریت دانش، انتشارات. تلفن: ۲۲۹۳۲۸۹۱

پیشگفتار مولف	۱
پیشگفتار مترجم	ت
کلمه‌های اختصاری	ج
فصل اول: مقدمه‌ایی بر سیستم‌های پیشران‌ش	۳
۱-۱- مقدمه	۳
۱-۲- بقای مومنتم	۱۱
۱-۳- بقای انرژی (قانون اول ترمودینامیک) و سایر روابط ترمودینامیک	۱۳
۱-۴- دینا، ک، گ: یک‌بعدی	۱۶
۱-۵- انتقال حرارت	۱۷
۱-۶- خ‌ر‌ص هوای اتمسفر استاندارد	۱۸
۱-۷- تبدیل واحـ	۲۰
مسائل	۲۲
مراجع	۲۳
فصل دوم: اصول حاکم بر نیروی رانش	۲۷
۱-۲- نیروی رانش	۲۷
۲-۲- رابطه‌ی نیروی رانش	۲۹
۳-۲- مشخصه‌های عملکردی موتور	۳۴
۴-۲- عملکرد هواپیما و سامانه پیشران‌ش	۴۱
۵-۲- پیشران‌ش ملخی	۴۵
۶-۲- برنامه متلب	۴۶
مسائل	۴۷
مراجع	۴۹
فصل سوم: تحلیل موتورهای توربین‌گاز	۵۳
۱-۳- مقدمه	۵۳
۲-۳- موتور توربین‌گاز به‌صورت سیکل توان (سیکل برایتون)	۵۳
۳-۳- تحلیل سیکل ایده‌آل موتورهای توربوفن	۵۸
۴-۳- توربوچفت، پس‌سوز و رم‌چفت	۷۱
۳-۴-۱- توربوچفت	۷۱

۲-۴-۳- توربوجت‌ها با پس‌سوز.....	۳
۳-۴-۳- موتورهای توربوفن با پس‌سوز (جریان اختلاطی).....	۳
۴-۴-۳- رم‌جت.....	۳
۵-۳- تحلیل بیشتر پارامترهای مهم موتور.....	۳
۶-۳- برنامه متلب.....	۳
مسائل.....	
مراجع.....	

فصل چهارم: اجزای توربین‌گاز: دهانه‌ی ورودی و شیبوره.....

۱-۴- دهانه‌ی ورودی توربین‌گاز.....	۴
۲-۴- عمود دی‌یوزر زیرصوت.....	۴
۳-۴- عمود دهانه‌ورودی فراصوت.....	۴
۴-۴- شیبوره‌های ته‌بین‌گاز.....	۴
مسائل.....	
مراجع.....	

فصل پنجم: کمپرسور و توربین.....

۱-۵- مقدمه.....	۵
۲-۵- آبروترمودینامیک کمپرسور.....	۵
۱-۲-۵- عملکرد طبقه‌ی کمپرسور.....	۵
۲-۲-۵- ضریب فشار و جدایش لایه‌مرزی.....	۵
۳-۲-۵- عدد دی‌فالر و ضریب دیفیوژن.....	۵
۴-۲-۵- اثر عدد ماخ.....	۵
۵-۲-۵- درجه عکس‌العمل.....	۵
۳-۵- تغییرات شعاعی در کمپرسورها.....	۵
۱-۳-۵- کار طبقه و درجه عکس‌العمل برای توزیع چرخش گردابه آزاد.....	۵
۴-۵- طراحی و تحلیل مقدماتی کمپرسور.....	۵
۵-۵- کمپرسورهای گریز از مرکز.....	۵
۶-۵- توربین.....	۵
۱-۶-۵- تخمین دمای سکون پره.....	۵
۲-۶-۵- تنش‌های پره و دیسک توربین.....	۵
۷-۵- برنامه متلب.....	۵
مسائل.....	
مراجع.....	

فصل ششم: محفظه احتراق و پس سوزها	۱۶۱
۱-۶. محفظه‌های احتراق	۱۶۱
۲-۶. سوخت‌های جت و ارزش حرارتی	۱۶۳
۳-۶. اختلاط جریان در محفظه احتراق	۱۶۸
۴-۶. پس سوزها	۱۷۷
۵-۶. انتقال حرارت محفظه احتراق	۱۸۰
۶-۶. افت فشار سکون در محفظه احتراق	۱۸۱
۷-۶. کد متلب	۱۸۲
مسائل	۱۸۳
مراجع	۱۸۵

فصل هفتم: تحلیل توربین گاز با توجه به بازده	۱۸۹
۱-۷. مقدمه	۱۸۹
۲-۷. تحلیل موتور توربو، بوفن با توجه به بازده	۱۹۰
۱-۲-۷. ضریب پلی‌تروپیک	۱۹۲
۲-۲-۷. دیفرانسیل	۱۹۴
۳-۲-۷. کمپرسور رخن	۱۹۵
۴-۲-۷. محفظه احتراق	۱۹۵
۵-۲-۷. موازنه توان توربین	۱۹۵
۶-۲-۷. فشار خروجی شیپوره	۱۹۶
۷-۲-۷. مشخصه‌های خروجی	۱۹۷
۳-۷. برنامه متلب	۲۰۴
مسائل	۲۰۵
مراجع	۲۰۷

فصل هشتم: اصول پیشرانش موشک	۲۱۱
۱-۸. مقدمه	۲۱۱
۲-۸. اصول پرتاب موشک	۲۱۶
۱-۲-۸. ضربه ویژه	۲۱۶
۲-۲-۸. شتاب وسیله	۲۱۷
۳-۲-۸. به کارگیری چند مرحله	۲۱۸
۴-۲-۸. بازده‌های پیشرانش و کلی	۲۲۲
۳-۸. کد متلب	۲۲۳
مسائل	۲۲۴

۲۲۶ مراجع

۲۲۹ فصل نهم: پیشران‌ش موشک و تحلیل ماموریت

۲۲۹ ۱-۹. مقدمه

۲۳۱ ۲-۹. محاسبه‌های مسیر پرتابه

۲۴۰ ۳-۹. مانورهای موشک

۲۴۲ ۱-۳-۹. تغییر مدار هم‌صفحه

۲۴۲ ۲-۳-۹. انتقال هوهمن

۲۴۴ ۳-۳-۹. تغییر صفحه

۲۴۵ ۴-۳-۹. تنظیم وضعیت

۲۴۶ ۴-۹. الگایتم رهگیری موشک و الزامات نیروی رانش

۲۴۷ ۴-۹. رهگیری سرعت

۲۴۷ ۲-۴-۹. ناوبری تناسبی

۲۵۰ ۳-۴-۹. بکتری نان به خط دید

۲۵۱ مسائل

۲۵۲ مراجع

۲۵۷ فصل دهم: موشک‌های شیمیایی

۲۵۷ ۱-۱۰. نیروی رانش موشک

۲۵۷ ۱-۱-۱۰. نیروی رانش موشک ایده‌آل

۲۵۸ ۲-۱-۱۰. ضریب نیروی رانش و سرعت مشخصه

۲۶۰ ۲-۱۰. موتورهای موشک پیشران مایع

۲۶۳ ۱-۲-۱۰. پیشران مایع و خواص شیمیایی آن

۲۶۷ ۲-۲-۱۰. تعادل شیمیایی

۲۷۴ ۳-۲-۱۰. محفظه‌های احتراق پیشران مایع

۲۸۰ ۱-۳-۲-۱۰. ناپایداری احتراق

۲۸۷ ۲-۳-۲-۱۰. سامانه‌های تغذیه ماده پیشران

۲۸۸ ۳-۱۰. احتراق پیشران جامد

۲۹۱ ۱-۳-۱۰. تحلیل نرخ سوزش

۲۹۷ ۴-۱۰. شیپوره‌های موشک

۲۹۹ ۱-۴-۱۰. کنترل برداری نیروی رانش

۲۹۹ ۲-۴-۱۰. انتقال حرارت شیپوره و محفظه احتراق

۳۰۱ ۵-۱۰. کد متلب

۳۰۲ مسائل

۳۰۵مراجع

۳۰۹فصل یازدهم: موشک‌های غیر شیمیایی

۳۰۹۱-۱۱. مقدمه

۳۱۱۲-۱۱. تجهیزات الکتروترمال

۳۱۶۳-۱۱. رانشگر یونی

۳۱۷۱-۳-۱۱. تولید یون

۳۲۲۲-۳-۱۱. شتاب‌گیری یون‌ها

۳۲۷۳-۳-۱۱. رانشگرهای الکترومغناطیس

۳۳۱مسائل

۳۳۴مراجع

۳۳۷واژه‌نامه

۳۴۵پیوست‌ها

www.ketab.ir

پیشگفتار مولف

سامانه‌های پیشرانش هوافضا، پیشرفته‌ترین فناوری‌ها مانند علم مواد، کنترل سیال، انتقال حرارت و احتراق را دربر می‌گیرند که به‌منظور بیشینه نمودن عملکرد، آزمایش‌های مشکل، پیچیده و ابزارهای شبیه‌سازی رایانه‌ای توسعه یافته و استفاده می‌شوند. ما در دوره‌های کارشناسی یا کارشناسی ارشد پیشرانش هوافضا، تنها اصول بنیادی علوم مکانیک سیالات، ترمودینامیک، انتقال حرارت و احتراق را بررسی می‌کنیم. به‌طوری‌که در صنایع یا آزمایشگاه‌های تحقیقاتی، دانشجویان یا مهندسان بتوانند بعضی از زمینه‌های توسعه و طراحی مدرن را رصد کنند.

به‌عنوان نمونه آورده شد که کمپرسور یک فرایند دینامیکی دربرگیرنده پره‌های چرخان است که با جریان‌های مختلف در شعاع، موقعیت‌های-محوری مختلف سروکار دارد. رفتار جریان‌گذر صوتی می‌تواند تحلیل را پیچیده و در حال، تر نماید. در جریان عبوری از توربین، دمای گاز زیاد است؛ بنابراین موضوع مواد و انتقال حرارت خیلی مهم می‌شود. به علت ماهیت چرخشی جریان در کمپرسور و توربین، وقتی که اجازه عبور جریان خاک‌کنده از کمپرسور به پره‌های توربین داده می‌شود، کنترل جریان دشوار است. جریان در محفظ احتراق نیز بسیار پیچیده‌تر است زیرا سوخت باید در فاز مایع پاشیده، پودر و تبخیر شده و در حجم سوخت، سوزانده شود. آزاد شدن حرارت بالا، الزامات رقیق‌سازی و خنک‌کاری جریان پایین‌دست، از هم طراحی محفظه را بسیار مشکل و چالش‌برانگیز می‌کند. همه این فرایندها شامل پودرسازی، تغییر فاز، اثرات انتقال حرارت (جابه‌جایی و تشعشع) و اختلاط، در جریان‌های مغشوش رخ می‌دهند و هیچ ابزار محاسباتی وجود ندارد که بتواند بدون مدل‌سازی و کالیبراسیون، جریان‌های واقعی را به‌صورت دقیق بر روی کامپیوتر همه مواردی مانند پودر-سازی پاشش، جریان مغشوش یا احتراق که بیان شد، مسائلی حس‌شده در مهندسی هستند و این دلیلی برای وجود صنایع و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی است که آزمایش‌های آزمایشگاهی و روش‌های تحلیل محاسباتی را توسعه دهند. این دیدگاه، موجب می‌شود پیشرانش هوافضا، یکی از مهمی از برنامه تحصیلی باشد؛ همچنان که زمینه بین‌رشته‌ای را برای مهندسی هوافضا فراهم می‌سازد.

همان‌طور که در بالا اشاره شد، به‌دلیل درگیر شدن موضوع‌های مهندسی چندگانه، فقط اصول بنیادی پیشرانش هوافضایی را بیان می‌کنیم. پس از بیان اصول، سعی می‌کنیم دانشجویان را با طرح‌های مرتبط با نرم‌افزار دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) مواجه نماییم زیرا این نرم‌افزارها همواره در صنعت و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نسخه آموزشی بسته‌های نرم‌افزاری تجاری CFD می‌توانند به سهولت در دسترس دانشجویان قرار گیرند. با مستندات و

نمونه‌های آنلاین، دانشجویان می‌توانند کارکردن با این کدها را به‌صورت پروژه‌های مجزا یا گروهی بیاموزند. به‌علاوه آزمایشگاه توربین‌گاز در ASU به دانشجویان اجازه می‌دهد تا برای تحلیل‌های عملکردی از داده‌های آزمایش واقعی استفاده کنند.

برای دوره‌های پیشران‌ش هوافضایی بحث‌های مربوط به هر دو پیشران‌ش توربین‌گاز و موشک را در نظر گرفته‌ام. روابط متقابل خوبی بین علوم مربوط به پیشران‌ش هوانوردی (توربین‌گاز) و فضاوردی (موشکی) بر پایه مجموعه علوم مشابه، وجود دارد.

از شما برای خواندن این پیشگفتار و مطالبی که در ادامه بیان می‌شود، تشکر می‌نمایم.