

کزین برتر اندیشه برنگذرد
خداوند روزی ده رهنمای

به نام خداوند جان و خرد
خداوند نام و خداوند جای

تقدیم به پدر و مادرم

جیت‌ها

موتورهای توربینی هوایی

مؤلف و گردآوری کننده : مهندس سید عبدالرضا بنی فاطمه

سرشناسه	: بنی فاطمه، سیدعبدالرضا، ۱۳۶۴ - ، گردآورنده، مترجم
عنوان و نام پدیدآور	: جت‌ها، موتورهای توربینی هوایی/مؤلف و گردآوری کننده؛ [صحیح: گردآورنده و مترجم] سیدعبدالرضا بنی فاطمه.
مشخصات نشر	: تهران: طراح، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۳۲۴ ص.: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار (بخشی رنگی).
شابک	: 978-600-8666-11-0
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
عنوان دیگر	: موتورهای توربینی هوایی.
موضوع	: توربین‌های گازی هواگرد.
موضوع	: Aircraft gas-turbines :
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۶ پ ۹/۵ / TLV۰۹
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۹/۱۳، ۲۵۳.
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۹۸۲۹۴۶

این اثر، مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هرکس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف، ناشر نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

شابک ۹۷۸-۶۰۰-۸۶۶۶-۱۱-۰
ISBN 978-600-8666-11-0



نشر طراح

- نام کتاب : جت‌ها، موتورهای توربینی هوایی
- مؤلف و گردآوری کننده : مهندس سیدعبدالرضا بنی فاطمه
- ناشر : طراح
- صفحه آرایي : فاطمه نیکبختیان
- تیراژ : ۵۰۰ جلد
- نوبت چاپ : اول، زمستان ۱۳۹۶

کلیه حقوق برای نشر طراح محفوظ است.

آدرس انتشارات: خیابان انقلاب - روبه‌روی دانشگاه تهران - ساختمان فروزنده - ط دوم واحد ۵۰۶

آدرس پخش: خیابان انقلاب - روبه‌روی دانشگاه تهران - ساختمان فروزنده - ط منفی یک واحد ۲۰۸

تلفن: ۷۹۹۹ ۶۶۴۶ و ۶۶۹۵۱۸۳۱ و ۰۲۱-۶۶۹۵۱۸۳۱ - فکس: ۳۶۲۶ ۶۶۹۵-۰۲۱ و ۳ ۱۱۲ ۱۱۲ ۰۹۱۲

پیشگفتار مؤلف

می‌پردازد و برای آشنایی بهتر خوانندگان با اصول آیرودینامیک موتور فصل چهارم گردآوری شده است. در فصول بعدی مازول‌های اصلی موتور و متعلقات و سیستم‌های جانبی موتور مثل سیستم‌های خنک‌کاری و آب‌بندی در موتور و نمونه‌های مختلف از موتورهای توربینی و همچنین در فصل بیستم مختصری درباره کاربردهای غیرهوایی موتورهای توربینی توضیح داده شده است. کتاب دارای عکس‌های رنگی و با کیفیت است که به فهم بهتر مطالب کمک می‌کند.

در جمهوری اسلامی ایران، شرکت طراحی و ساخت موتورهای هوایی یکی از شرکت‌های زیرمجموعه سازمان صنایع هوایی است و در حوزه موتورهای توربینی هوایی فعالیت می‌کند و تاکنون پیشرفت‌های خوبی هم در این زمینه بدست آورده است و با توجه به ظرفیت‌های موجود، آینده درخشان‌تری هم در این زمینه در کشور پیش بینی می‌شود.

لذا دست در انتها تا از جناب آقایان مهندس محمدمهدی بالی معاونت محترم صنعت ساخت شرکت طراحی و ساخت موتورهای هوایی شرکت سمت، مهندس بهزاد خان احمدلو معاونت محترم پژوهش و فناوری شرکت سمت، مهندس علیرضا حاجیان‌نژاد، مهندس محمدمهدی حاجی‌بی که زحمت بازخوانی و ویراستاری فنی اثر را بر عهده گرفتند، به شرکت سمت که اینجانب تجربه خود را در این زمینه مدیون این مجموعه هستم و همچنین ریاست محترم انتشارات نشر طراح تشکر و قدردانی نمایم.

تخلعا این اثر هم خالی از اشکال نبوده و لذا از کلیه خوانندگان تقاضا می‌شود تا نظرات و پیشنهادهای خود را به آدرس الکترونیکی S.a.r.banifatemeh2@gmail.com ارسال نمایند.

بدون شک صنعت موتورهای توربینی یکی از پیشرفته‌ترین و مدرن‌ترین صنایع در جهان است و بالاترین سطوح تکنولوژی در طراحی و ساخت این موتورها به کار گرفته می‌شود. تقریباً تمامی حوزه‌های مهندسی مکانیک و مهندسی هوافضا در این زمینه درگیر هستند. امروزه کاربردهای موتورهای توربینی در حال گسترش بوده و علاوه بر صنایع هوایی و کاربردهای صنعتی در نیروگاه‌ها و صنایع نفت و گاز، این موتورها در کشتی‌ها و سایل نقلیه دریایی و حتی در تانک‌های رزمی هم به کار گرفته می‌شوند. این رده و با توجه به اهمیت این موضوع، کمبود کتاب جامع در این زمینه و به زبان فارسی در کشور ما احساس می‌شد و لذا هدف این کتاب، گردآوری مجموعه‌ای درباره موتورهای توربینی هوایی است که خواننده را با اصول طراحی، نحوه عملکرد و ساختار و قطعات مختلف موتور توربینی آشنا کند. سعی شده است تا مطالب کتاب پیوستگی خود را حفظ کنند و گام به گام ساختار موتور توربینی توضیح داده شود. مطالعه این کتاب می‌تواند برای دانشجویان رشته هوافضا، مهندسیین شاغل در صنایع هوایی، خلبانان و حتی مهندسی‌هایی که در زمینه موتورهای توربینی صنعتی فعالیت دارند و کلیه افراد علاقه‌مند به موتورهای جت مفید باشد. نگارش کتاب به گونه‌ای است که مطالعه آن برای افرادی که آشنایی اولیه با موتورهای توربینی را ندارند هم آسان و سودمند خواهد بود.

کتاب مشتمل بر بیست فصل است و در ابتدای شروع هر فصل نمونه‌هایی از موتورهای معروف و پرنده‌هایی که این موتورها در آنها به کار رفته است به صورت مصور معرفی شده‌اند. در فصول اول کتاب اصول پیشران جت، تاریخچه آن و بررسی اجمالی روند ساخت موتور توربینی، اصول عملکرد و انواع موتورهای توربینی بیان شده‌اند. فصل سوم به تئوری موتورهای توربینی و روابط پیشران موتور

۶۱	۱۰-۴ پارامترهای هندسی ایرفویل
۶۲	۱۱-۴ واماندگی ایرفویل
۶۳	۱۲-۴ کاربردهای ایرفویل
۶۸	۱۳-۴ موج ضربه

فصل ۵ ورودی هوای موتورهای توربینی (۷۳-۸۱)

۷۳	۱-۵ نقش ورودی هوا در موتور
۷۴	۲-۵ انواع ورودی هوا
۷۴	ورودی‌های مادون صوت
۷۶	ورودی‌های مافوق صوت
۷۸	ورودی موتورهای رم جت و اسکرم جت
۷۹	۳-۵ عوامل موثر بر عملکرد ورودی موتور
۸۰	۴-۵ سیستم یخ‌زدایی موتور

فصل ۶ کمپرسور موتورهای توربینی (۸۳-۱۰۳)

۸۳	۱-۶ انواع کمپرسور موتورهای توربینی و عملکرد آنها
۸۴	اصول عملکرد کمپرسور گریز از مرکز
۸۵	کمپرسورهای محوری
۹۰	کمپرسورهای ترکیبی
۹۰	۲-۶ تحلیل فشار کمپرسور
۹۱	۳-۶ آیرودینامیک کمپرسور
۹۳	۴-۶ واماندگی و سرچ در کمپرسور
۹۹	۵-۶ رانندگی کمپرسور
۱۰۰	۶-۶ ملاحظات ساخت کمپرسور
۱۰۳	۷-۶ آلودگی کمپرسور و توربین

فصل ۷ محفظه احتراق (۱۰۵-۱۲۰)

۱۰۵	۱-۷ عملکرد و قسمت‌های محفظه احتراق
۱۰۹	۲-۷ انواع محفظه احتراق
۱۱۱	۳-۷ احتراق در محفظه
۱۱۳	۴-۷ نازل پاشش سوخت و انواع آن
۱۱۷	۵-۷ روش‌های خنک‌کاری سیلندر احتراق
۱۱۸	۶-۷ ساختارهای جدید محفظه احتراق

فصل ۸ مجموعه توربین (۱۲۳-۱۳۴)

۱۲۳	۱-۸ عملکرد و اجزای توربین
-----	---------------------------

فصل ۱ پیش‌رانش جت (۱۱-۳)

۳	۱-۱ مقدمه
۴	۲-۱ تاریخچه پیش‌رانش جت
۸	۳-۱ انواع پیش‌رانش جت

فصل ۲ اصول عملکرد و انواع موتورهای توربینی

..... (۱۳-۳۱)

۱۳	۱-۲ اصول عملکرد موتورهای توربینی
۱۴	۲-۲ سیکل کاری موتورهای توربینی
۱۶	۳-۲ تغییرات فشار، حجم و دما در موتور توربینی
۱۶	۴-۲ رفتار گاز در موتور
۱۸	۵-۲ انواع موتورهای توربینی
۲۷	۶-۲ مقایسه بازده موتورهای مختلف
۲۸	۷-۲ موتور و هواپیما
۲۹	۸-۲ نامگذاری‌های توان موتور
۲۹	۹-۲ مروری بر انواع موتورهای توربینی

فصل ۳ تئوری موتورهای توربینی (۳۳-۴۹)

۳۳	۱-۳ مفاهیم و کمیت‌های فیزیکی
۳۵	۲-۳ محاسبه پیش‌رانش موتور
۳۷	۳-۳ توزیع پیش‌رانش موتور
۴۱	۴-۳ روابط بازده موتورهای توربینی
۴۳	۵-۳ عوامل موثر بر روی پیش‌رانش

فصل ۴ مبانی آیرودینامیک موتورهای توربینی

..... (۵۱-۷۰)

۵۱	۱-۴ مفاهیم پایه آیرودینامیک
۵۴	۲-۴ جریان مادون صوت در مجراهای همگرا و واگرا
۵۵	۳-۴ تئوری برنولی
۵۵	۴-۴ اندازه‌گیری سرعت، فشار و فشار کل جریان
۵۴	۵-۴ جریان مافوق صوت در مجراهای همگرا، واگرا و همگرا واگرا
۵۶	۶-۴ جریان سیال ایده‌آل در اطراف ایرفویل
۵۷	۷-۴ عوامل موثر بر روی جریان آرام و متلاطم
۵۹	۸-۴ ایرفویل در یک جریان سیال واقعی
۶۰	۹-۴ تشریح فیزیکی نیروی برا

۱۸۹ ۳-۱۳ نمونه‌هایی از موتورهای عمود پرواز

فصل ۱۴ سیستم سوخت‌رسانی موتور (۱۹۵-۲۱۲)

- ۱۹۵ ۱-۱۴ سیستم سوخت رسانی داخل بدنه هواپیما
- ۱۹۶ ۲-۱۴ سیستم سوخت رسانی داخل موتور
- ۱۹۶ ۳-۱۴ اجزای سیستم کم‌فشار سوخت موتور
- ۱۹۸ ۴-۱۴ اجزای سیستم پرفشار سوخت موتور
- ۲۰۹ ۵-۱۴ سیستم سوخت رسانی موتور
General electric CJ805-23 (J79)
- ۲۱۱ ۶-۱۴ سوخت موتورهای توربینی

فصل ۱۵ سیستم روانکاری موتور (۲۱۵-۲۲۴)

- ۲۱۵ ۱-۱۵ دلایل استفاده از روانکار در موتور
- ۲۱۶ ۲-۱۵ انواع سیستم روانکاری
- ۲۱۸ ۳-۱۵ اجزای اصلی سیستم روانکاری
- ۲۲۳ ۴-۱۵ انواع روغن‌های روانکار

فصل ۱۶ سیستم استارت موتور توربینی

(۲۲۷-۲۴۰)

- ۲۲۷ ۱-۱۶ مقدمات لازم برای استارت موتور
- ۲۲۸ ۱-۱۶ استارت‌موتورها
- ۲۳۳ ۳-۱۶ استارت موتورهای توربینی
- ۲۳۳ ۴-۱۶ حالت‌های عمل نبودن استارت موتور
- ۲۳۶ ۵-۱۶ موتور تنگ‌کم
- ۲۳۷ ۶-۱۶ سیستم جرقه‌آتش

فصل ۱۷ مواد و روش‌های ساخت قطعات موتورهای

توربینی (۲۴۳-۲۵۲)

- ۲۴۳ ۱-۱۷ مواد
- ۲۴۷ ۲-۱۷ روش‌های ساخت

فصل ۱۸ اورهال، آزمایش و حسگرهای اندازه‌گیری

موتور (۲۵۵-۲۶۶)

- ۲۵۵ ۱-۱۸ اورهال
- ۲۶۰ ۲-۱۸ تست کردن موتور

۱۲۸ ۲-۸ شکل آیرودینامیکی تیغه‌ها و پره‌های توربین

۱۳۱ ۳-۸ مواد سازنده اجزای توربین

۱۳۳ ۴-۸ ملاحظات ساخت اجزای توربین

فصل ۹ سیستم خروجی موتورهای توربینی

(۱۳۷-۱۴۸)

- ۱۳۷ ۱-۹ ساختار سیستم خروجی
- ۱۳۹ ۲-۹ انواع نازل پیش برنده
- ۱۴۰ ۳-۹ سیستم خروجی موتورهای با نسبت کنارگذر
- ۱۴۰ ۴-۹ میزان صدای موتور
- ۱۴۲ ۵-۹ معکوس کننده‌های پیشرانش

فصل ۱۰ روش‌های تست پیشرانش (۱۵۱-۱۶۱)

- ۱۵۱ ۱-۱۰ تقویت پیشرانش با تزریق آب
- ۱۵۴ ۲-۱۰ تقویت پیشرانش با پس سوز

فصل ۱۱ خنک‌کاری و آب‌بندی با استفاده از روغن وای

کمکی کمپرسور (۱۶۲-۱۷۰)

- ۱۶۳ ۱-۱۱ موارد استفاده از هوای کمکی کمپرسور
- ۱۶۴ ۲-۱۱ خنک‌کاری بخش‌های مختلف موتور
- ۱۶۸ ۳-۱۱ آب‌بندی در موتور توربینی

فصل ۱۲ جعبه‌دنده متعلقات و یاتاقان‌های موتور

(۱۷۳-۱۸۲)

- ۱۷۳ ۱-۱۲ عملکرد جعبه‌دنده متعلقات موتور
- ۱۷۴ ۲-۱۲ نحوه اتصال جعبه‌دنده‌ها
- ۱۷۷ ۳-۱۲ توزیع بار جعبه‌دنده
- ۱۷۸ ۴-۱۲ مواد به کار رفته در جعبه‌دنده
- ۱۷۸ ۵-۱۲ یاتاقان‌های موتور توربینی
- ۱۸۰ ۶-۱۲ نصب کردن موتور

فصل ۱۳ موتورهای توربینی با قابلیت پرواز و فرود

عمودی (۱۸۵-۱۹۲)

- ۱۸۵ ۱-۱۳ انواع سیستم‌های عمود پرواز
- ۱۸۶ ۲-۱۳ موتورهای عمودپرواز

- ۱۲-۱۹ موتور
 ۳۰۲ General Electric/NASA UDF Demonstrator
 ۳۰۲ Jetcat p200 موتور میکروجت
 ۳۰۳ پیشرفت‌های آینده‌ی موتورهای توربینی

فصل ۲۰ کاربردهای غیرهوائی موتورهای توربینی (۳۰۵-۳۱۰)

- ۱-۲۰ موتورهای توربینی صنعتی برای تولید توان الکتریکی
 ۳۰۵
 ۲-۲۰ کاربردهای دریایی موتورهای توربینی
 ۳۰۶
 ۳-۲۰ موتورهای توربینی در صنایع نفت و گاز
 ۳۰۶
 ۴-۲۰ کاربردهای پیشران زمینی
 ۳۰۷
 ۵-۲۰ موتور AGT1500 Alliedsignal Lycoming
 ۳۰۷
 ۶-۲۰ Series General electric LM
 ۳۰۸
 ۷-۲۰ موتور Pratt & Whitney Canada PT6
 ۳۰۹

واژه‌نامه (۳۱۱-۳۱۶)

مراجع (۳۱۷)

- ۳-۱۸ حسگرهای پارامترهای موتور ۲۶۱
 ۴-۱۸ تست رهاسازی پره ۲۶۵

فصل ۱۹ معرفی نمونه‌هایی از موتورهای توربینی (۲۶۹-۳۰۳)

- ۱-۱۹ موتور توربوفاون Pratt & Whitney JT8D ۲۷۰
 ۲-۱۹ موتور Pratt & Whitney PT6-34 ۲۸۴
 ۳-۱۹ موتور توربوفاون ۳-۱۹
 Whilliams international/Rolls Royce FJ44 ۲۹۵
 ۴-۱۹ موتور توان کمکی Teledynr CAE Auxiliary Power Unit ۲۹۵
 ۵-۱۹ موتور توربوفاون/ت-۵۰۰ ۲۹۵
 Allison Engine Company Model 250-C18 (T63) ۲۹۵
 ۶-۱۹ موتورهای سری K شرکت Allison ۲۹۷
 ۷-۱۹ موتور General Electric CF700 ۲۹۹
 ۸-۱۹ موتور General Electric TF39 ۲۹۹
 ۹-۱۹ موتورهای سری CF6 جنرال الکتریک ۳۰۱
 ۱۰-۱۹ موتور General Electric F101 ۳۰۱
 ۱۱-۱۹ موتور General Electric T64 ۳۰۱