اصول طراحی موتور و پیشرانش فضایی پیشرفته

نشر دوم با بازنگری کامل

نگارنده

دکتر فتح‌الله امی

استاد تمام گروه هوا فضای دانشگاه تربیت مدرس

۱۴۰۱

سرشناسه: امی، فتح‌اله، ۱۳۳۱-
عنوان و نام پدیدآور: اصول طراحی موتور و پیشرانش فضایی پیشرفته/ نگارنده فتح‌الله امی.
وضعیت ویراست: ویراست۲.
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی، ۱٤۰۱.
مشخصات ظاهری: ٦۷۷ ص.: مصور، جدول.
شابک : ۹۷۸-٦۲۲-۷۰۳٤-۲۳-۳
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت: واژه‌نامه. نمایه. کتابنامه: ص.[٦۳۹] - ٦٤۲.
موضوع: موتور جت -- طراحی و ساخت، Jet engines -- Design and construction صنایع هوافضا، Aerospace industries، موشک‌های سوخت مایع -- طرح و ساختمان، Liquid propellant rockets -- Design and construction
شناسه افزوده: دانشگاه تربیت مدرس. مرکز نشر آثار علمی Tarbiat Modares University. TMU Press
رده بندی کنگره: TL۷۰۹
رده بندی دیویی: ٦۲۱/٤۳۵۲
شماره کتابشناسی ملی: ۹۱۰۰۲۳۳
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیپا

اصول طراحی موتور و پیشرانش فضایی پیشرفته (نشر دوم با بازنگری کامل)

نگارنده: دکتر فتح‌الله امی
ویراستار: فاطمه کلانتری
طراح جلد: ترنج
صفحه‌آرایی: سمیه زهانی
شماره انتشار: ۲۹٤
شماره پیاپی: ٤۷۲
تاریخ انتشار: ۱٤۰۱
شمارگان: ۳۰۰
شابک: ۹۷۸-٦۲۲-۷۰۳٤-۲۳-۳ **شابک الکترونیکی:** ۹۷۸-٦۲۲-۷۰۳٤-۸٦-۸
ناشر: انتشارات دانشگاه تربیت مدرس
نشر اول: ۱۳۹٦
نشر دوم: ۱٤۰۱
کارشناس اجرایی: مرسده برنجی
ناظر چاپ: مصطفی جانجانی
لیتوگرافی: قشقایی
چاپ و صحافی: ایران گرافیک
نشانی ناشر: تقاطع بزرگراه‌های آل‌احمد و دکتر چمران، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی: ۳۱۸-۱٤۱۱۵
تلفن: ۸۲۸۸۳۰۹٦
دورنگار: ۸۲۸۸۳۰۳۲
آدرس اینترنتی فروش: pub.Modares.ac.ir

مسئولیت صحت مطالب کتاب برعهدهٔ نگارنده است.

تمام حقوق این اثر برای مرکز نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس محفوظ است و تکثیر کتاب به هر روشی بدون اجازه کتبی ناشر موجب پیگرد قانونی می شود.

تقدیم به: تمام دانشجویانی

که تاکنون راهنمای

رساله و پایان‌نامه آنها بودم.

ف-امّی

فهرست مطالب

پیشگفتار چاپ دوم ..... ک

پیشگفتار چاپ اول ..... م

پیشگفتار رئیس انجمن هوافضای ایران..... ف

۱- تاریخ طراحی اولین موتور و پیشران‌های فضایی..... ۱

۱-۱ مقدمه..... ۱

۱-۱-۱ تعاریف ۱

۱-۲ تاریخچه ۳

۱-۳ اصول پرواز در فضا..... ٦

تمرین فصل اول ۷

پیوست فصل اول..... ۸

۲- آشنایی با اتمسفر و فضا ۱۳

۲-۱ مقدمه..... ۱۳

۲-۲ تعریف ارتفاع..... ۱۵

۲-۳ مشخصات اتمسفر استاندارد ۱۷

۲-٤ استاندارد بین‌المللی جو ۲۵

۲-۵ مشخصات لایه‌های اتمسفر در پرواز هواپیما ۲۵

۲-٦ آشنایی با فضا..... ۲۹

تمرین فصل دوم ۳۱

پیوست فصل دوم ۳۲

۳- موتورهای عکس‌العملی ۳۷

۳-۱ مقدمه ۳۷

۳-۲ مفاهیم اساسی ۳۹

۳-۲-۱ تراست و سیال عامل ۳۹

۳-۲-۲ موتورهای عکس‌العملی مستقیم و غیرمستقیم ۴۲

۳-۳ موتورهای عکس‌العملی فضایی ۴۳

۳-۴ محدوده عملکرد موتورهای عکس‌العملی ۴۴

۳-۵ انواع موتورهای عکس‌العملی ۴۵

۳-۶ انواع موتور فضایی از نظر سوخت شیمیایی ۴۷

۳-۷ موتورهای گاز توربینی، توربوفن و توربوشافت ۴۹

۳-۸ شکل و پارامترهای اصلی موتورهای توربوفن و توربوشافت ۵۰

۳-۹ موتور توربوپراپ ۵۳

تمرین فصل سوم ۵۵

پیوست فصل سوم ۵۶

۴- موتورهای عکس‌العملی با سوخت مایع ۵۹

۴-۱ مقدمه ۵۹

۴-۲ موتورهای عکس‌العملی فضایی با سوخت مایع ۶۰

۴-۳ انواع موتور فضایی با سوخت مایع ۶۲

۴-۴ عملکرد موتور سوخت مایع ۶۳

۴-۵ تجهیزات موتور سوخت مایع ۶۶

۴-۶ دیاگرام دستگاه موتور سوخت مایع ۶۶

۴-۷ مقایسه موتور سوخت مایع با موتور سوخت جامد (هیبرید) ۷۱

تمرین فصل چهارم ۷۳

پیوست فصل چهارم ۷۳

۵- مشخصات اصلی موتور سوخت مایع ۷۷
۵-۱ مقدمه ۷۷
۵-۲ تراست ۷۷
۵-۲-۱ اثبات رابطه تراست با استفاده از تئوری ضربه (ایمپالس) ۷۹
۵-۲-۲ ضربه تراست ۸۵
۵-۲-۳ تراست ویژه ۸۵
۵-۲-٤ تراست اضافی ۸٦
۵-۳ ضربه مخصوص ۸۷
۵-٤ جرم مخصوص موتور ۸۹
۵-۵ سرعت نهایی فضاپیما (W_k) ۹۲
۵-٦ ضریب کیفیت سازه فضاپیما (a_k) ۹۵
۵-۷ مشخصات ارتفاعی موتور ۹۷
۵-۸ مشخصات تنظیمی ۹۸
۵-۹ برد ۹۹
تمرین فصل پنجم ۱۰۰
پیوست فصل پنجم ۱۰۱

٦- اصول محاسبات ترمودینامیکی- گاز دینامیکی موتور سوخت مایع ۱۰۳
٦-۱ مقدمه ۱۰۳
٦-۲ یادآوری مفاهیم و قوانین مخلوط گازها ۱۰۵
٦-۲-۱ روابط مخلوط گازها ۱۰۵
٦-۲-۲ قانون دالتون ۱۰٦
٦-۲-۳ معادله گازهای کامل ۱۰۷
٦-۳ تعادل، انجماد، تجزیه و ترکیب مجدد در احتراق موتور سوخت مایع ۱۱۲
٦-٤ روابط ترمودینامیکی سیال عامل در موتور سوخت مایع ۱۱۳
٦-۵ تعیین خصوصیات محصولات احتراق ۱۱۷

٦-٥-١ سیستم گازهای همگن ١١٧
٦-٥-٢ روابط خواص محصولات احتراق با گازهای غیر همگن ١٢٤
٦-٦ معادلات حالت سیال عامل ١٢٦
٦-٧ تبادل و اتلاف انرژی در موتور سوخت مایع ١٢٩
٦-٨ معادله بقای انرژی در فرایند موتور سوخت مایع ١٣٠
٦-٩ شکل مکانیکی معادله بقای انرژی در موتور سوخت مایع ١٣٤
٦-١٢ معادله بقای مومنتم سیال عامل ١٣٩
٦-١٣ معادلات دینامیک گاز در نازل همگرا - واگرا ١٤٠
٦-١٤ معادلات دینامیک گاز سیال عامل برحسب کمیت سکون ١٤٣
٦-١٥ تبدیل انرژی محصولات احتراق ١٤٦
٦-١٦ شکل دهانه خروجی نازل مافوق صوت ١٥٤
تمرین فصل ششم ١٦٠
پیوست فصل ششم ١٦١

٧- سوخت و احتراق در پیشرانش فضایی ١٦٥

٧-١ مقدمه ١٦٥
٧-٢ مشخصات تحول و تولید انرژی در پیشرانش ١٦٦
٧-٣ انواع حالت سوخت در پیشرانش ١٧٤
٧-٤ انواع سوخت مایع ١٧٩
٧-٥ مشخصه‌های مهم احتراق ١٨٤
٧-٦ مشخصه‌های شیمیایی سوخت ١٨٨
٧-٧ فرایند شیمیایی سوخت ١٩٠
٧-٧-١ فرایند تجمعی ١٩١
٧-٨ مشخصات کلی و ضوابط فنی سوخت ١٩٢
٧-٩ تعیین نسبت ترکیبات در احتراق کامل سوخت ١٩٥
٧-١٠ ضریب افزایش اکسیدکننده ١٩٩

۷-۱۱ شرایط انتخاب سوخت ۲۰۰
۷-۱۲ محاسبات مشخصات اصلی یک موتورفضایی پرقدرت بنام RD-170 ..... ۲۰۱
تمرین فصل هفتم ۲۱۱
پیوست فصل هفتم ۲۱۲

۸- اصول طراحی محفظه ۲۱۵

۸-۱ مقدمه ۲۱۵
۸-۲ جایگاه موتور فضاپیما با سوخت مایع در موتورهای عکس‌العملی ۲۱۹
۸-۳ محفظه احتراق موتور فضاپیما با سوخت مایع ۲۲۰
۸-٤ مشخصه‌های محفظه احتراق ۲۲۱
۸-۵ فرایند احتراق در موتور فضاپیمای سوخت مایع ۲۲۹
۸-۵-۱ شرایط احتراق ایدهآل در پیشرانشهای هوافضایی ۲۳۲
۸-٦ فرایند انتشار تبخیر و مخلوط شدن سوخت ۲۳۳
۸-٦-۱ فرایند انتشار سوخت ۲۳۳
۸-٦-۲ فرایند تبخیر سوخت ۲۳۸
۸-۷ اصول طراحی انواع انژکتور ۲٤۲
۸-۷-۱ مقایسه انژکتور جریان مستقیم و گریز از مرکز ۲٤۵
۸-۸ طراحی و محاسبات انژکتور جریان مستقیم یک‌پایه ۲٤۷
۸-۸-۱ طراحی و محاسبات انژکتور جریان مستقیم مایع سوز ۲٤۷
۸-۸-۲ طراحی و محاسبات انژکتور جریان مستقیم یک‌پایه گازسوز ۲۵۰
۸-۹ انژکتور گریز از مرکز یک‌پایه ۲۵۲
۸-۹-۱ طراحی انژکتور گریز از مرکز یک‌پایه ۲۵۵
۸-۹-۲ تأثیر ویسکوزیته بر عملکرد انژکتور گریز از مرکز ۲٦۵
۸-۹-٤ ترتیب محاسبات انژکتور گریز از مرکز یک‌پایه ۲۷٤
۸-۱۰ انژکتور دوپایه ۲۷۸
۸-۱۰-۱ مزایای انژکتورهای دوپایه ۲۸۰

۸-۱۱ کنترل کیفیت انژکتور ۲۸۱
۸-۱۲ صفحه انژکتور ۲۸۵
۸-۱۲-۱ شرایط طراحی صفحه انژکتور ۲۸۷
۸-۱۲-۲ انواع صفحه انژکتور ۲۹۱
۸-۱۲-۳ آرایش انژکتور در صفحه انژکتور ۲۹٤
۸-۱۳ محاسبه مشخصه‌های انرژی در صفحه انژکتور ۳۰٤
۸-۱۳-۱ محاسبه مشخصه‌های انرژی المان صفحه انژکتور ۳۰۷
۸-۱۳-۲ تحلیل نتایج محاسبات مشخصه‌های انرژی المان صفحه انژکتور ۳۱۹
۸-۱٤ طراحی صفحه انژکتور ۳۲۳
۸-۱۵ تست صفحه انژکتور ۳۳٤
۸-۱٦ محفظه احتراق ۳۳۹
۸-۱٦-۱ انواع محفظه احتراق ۳۳۹
۸-۱٦-۲ ضوابط انتخاب محفظه احتراق ۳٤۳
۸-۱٦-۳ طراحی محفظه احتراق ۳٤٤
تمرین فصل هشتم ۳۵۱
پیوست فصل هشتم ۳۵۲

۹- طراحی نازل ۳۵۷

۹-۱ مقدمه ۳۵۷
۹-۲ انواع نازل ۳۵۸
۹-۳ ضوابط انتخاب نازل ۳٦۱
۹-٤ افت در نازل ۳٦۲
۹-۵ طراحی نازل ۳٦۹
۹-٦- مقایسه نازل مخروطی و پروفیلی ۳۷۳
۹-۷ پیشنهادها در طراحی نازل بهینه ۳۷٦
۹-۸ تعیین مشخصه‌های نازل و محفظه (احتراق) در تست گرم ۳۷۸

تمرین فصل نهم ۳۸۲
پیوست فصل نهم ۳۸۲

۱۰- متعلقات موتور سوخت مایع ۳۸۵

۱۰-۱ مقدمه ۳۸۵
۱۰-۲ اجزای تجهیزات موتور RD-214 ..... ۳۸۶
۱۰-۳ مشخصات اصلی موتور RD-214 ..... ۳۸۶
۱۰-٤ اتصال‌ها و عملکرد پنوماتیکی و هیدرولیکی موتور RD-214 ..... ۳۹۲
۱۰-۵ اتصال‌های الکتریکی متعلقات موتور RD-214 ..... ۳۹۷
۱۰-٦ اتصال‌ها و لوله‌کشی شیرآلات موتور RD-214 ..... ۳۹۷
۱۰-۷ مجموعه محفظه احتراق موتور RD-214 ..... ٤۰۵
۱۰-۸ مجموعه توربوپمپ ٤۱۹
۱۰-۸-۱ مراحل آماده کردن دستگاه توربوپمپ ٤۳۲
تمرین فصل دهم ٤۳۸
پیوست فصل دهم ٤۳۸

۱۱- اصول طراحی توربوپمپ موتور و پیشرانش سوخت مایع ٤٤۱

۱۱-۱ مقدمه ٤٤۱
۱۱-۲ عملکرد و اصول ماشین‌های کار و نیرو ٤٤۲
۱۱-۲-۱ ماشین کار (پمپ یا کمپرسور) ٤٤۲
۱۱-۳ تعاریف در توربوماشین ٤٤٦
۱۱-۳-۱ توربوماشین محوری و شعاعی ٤٤٦
۱۱-۳-۲ توربوماشین فشار قوی و فشار ضعیف ٤٤۷
۱۱-۳-۳ توربوماشین یک یا چند راهه ٤٤۷
۱۱-۳-٤ توربوماشین یک یا چند طبقه ٤٤۷
۱۱-۳-۵ توربوماشین یک یا چند بدنه ٤٤۸
۱۱-۳-٦ توربوماشین یک یا چند محوره ٤٤۸

۱۱-۳-۷ توربین‌های ضربه‌ای و عکس‌العملی ٤٤٨
۱۱-۳-۸ درجه عکس‌العملی ٤٤٨
۱۱-٤ راندمان مکانیکی در توربوماشین ٤٤٩
۱۱-۵ راندمان کلی توربوماشین‌ها ٤٥١
۱۱-٦ عوامل اقتصادی طراحی توربین ٤٥١
۱۱-۷ توربوپمپ پیشرانش فضایی ٤٥٢
۱۱-۷-۱ مقدمه ٤٥٢
۱۱-۷-۳ روش‌های تأمین گاز مخازن ٤٦٢
۱۱-۷-٤ تنظیم فشار ورودی سیال عامل پمپ ٤٦٧
۱۱-۷-۵ سیستم سوخت‌رسانی پیشرانش احتراق مجدد (بسته) ٤٧۵
۱۱-۷-٦ سیستم سوخت‌رسانی پیشرانش باز ٤٨٠
۱۱-۷-۷- مباحث منتخب در توربوپمپ پیشرانش فضایی ٤٨٤
تمرین فصل یازدهم ٤٩٤
پیوست فصل یازدهم ٤٩۵

۱۲- اصول پاشش سیال عامل در موتور سوخت مایع ٤٩٩
۱۲-۱ مقدمه ٤٩٩
۱۲-۲ انواع روش‌های گسستگی در پاشش ۵۰۰
۱۲-۳ شبیه‌سازی انتشار سیال عامل ۵۰۳
۱۲-٤ پاشش در انژکتور آکوستیک ۵۰٤
تمرین فصل دوازدهم ۵۱۳
پیوست فصل دوازدهم ۵۱۳

۱۳- مبانی حرکت در هوا و فضا ۵۱۷
۱۳-۱ مقدمه ۵۱۷
۱۳-۲ نیروی آیرودینامیک ۵۱۹
۱۳-۳ معادلات حاکم بر حرکت جسم در هوا و فضا ۵۲٤

۱۳-٤ معادلات حاکم بر حرکت هواپیما..... ۵۲۵
۱۳-٤-۱ حرکت مستقیم‌الخط و بدون شتاب هواپیما..... ۵۲٦
۱۳-٤-۲ اوج‌گیری..... ۵۲۷
۱۳-٤-۳ برخاستن ۵۲۹
۱۳-۵ مبانی حرکت در فضا..... ۵۳۱
۱۳-۵-۱ پرواز در فضای با جاذبه و با اتمسفر ۵۳۱
۱۳-۵-۲ پرواز در فضای بدون جاذبه و نیروی پسا..... ۵۳٤
۱۳-٦ روابط اساسی حرکت ۵۳۹
۱۳-۷ تأثیر سیستم پیشرانش بر عملکرد پرواز جسم..... ۵۵۰
۱۳-۸ پرواز فضایی ۵۵۲
۱۳-۸-۱ مدار بیضوی..... ۵۵٦
۱۳-۸-۲ فضای عمیق ۵٦۳
۱۳-۸-۳ انحرافات و اغتشاشات در مدار ۵٦۵
۱۳-۸-٤ عوامل ایجاد اغتشاش در مدار ماهواره به دور زمین ۵٦۸
۱۳-۸-۵ سرعت مأموریت ۵۷۲
۱۳-۸-٦ مانورهای پروازی فضاپیما ۵۷۵
۱۳-۸-۷ پیشرانش کنترلی- واکنشی ۵۸۱
۱۳-۹ وسایل پرواز در فضا ۵۸٤
۱۳-۹-۱ فضاپیماهای تک‌مرحله‌ای..... ۵۸٤
۱۳-۹-۲ فضاپیماهای چندمرحله‌ای..... ۵۸۵
۱۳-۱۰ وسایل پرتاب فضایی ۵۹۳
۱۳-۱۱ موشک‌های نظامی..... ۵۹۹
۱۳-۱۳ پایداری پرواز ٦۰۲
تمرین‌های فصل سیزدهم ٦۰٤
پیوست فصل سیزدهم ٦۰۵

۱۴- کاربرد و توسعه موتورهای سوخت مایع ۶۰۹
۱۴-۱ مقدمه ۶۰۹
۱۴-۲ حامل‌های فضایی ۶۱۱
۱۴-۴ هواپیماهای راکت جت ۶۱۷
۱۴-۵ سیر تحول موتورهای سوخت مایع فضایی در جهان ۶۱۹
تمرین فصل چهاردهم ۶۳۶
پیوست فصل چهاردهم ۶۳۶
واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۶۴۵
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۶۴۹
نمایه ۶۵۳

پیشگفتار چاپ دوم

خرد هرکجا گنجی آرد پدید　　زنام خدا سازد آن را کلید

بار دیگر خدا یار شد و توفیق پیشگفتار چاپ دوم این کتاب حاصل گردید. در پیشگفتار چاپ اول که دو سال قبل مرقوم شد به دستیابی کشور ما به فناوری و صنعت فضایی که از قله‌های فناوری در جهان محسوب می‌شود، اشاره شد. خوشبختانه با بررسی دقیق و کارشناسی سند جامع توسعه هوافضای کشور مصوب ۱۳۹۱/۱۰/۱۹ شورای عالی انقلاب فرهنگی، تاکنون ٢٤ درصد اهداف سند تحقق پیدا کرده است که اگر دولت‌های فعلی و آینده کشور به اجرای آن همت گمارند تا ١٤٠٤ بخش‌های مهم این سند به‌ویژه طرح‌های کلان و ملی فصل پنجم آن تحقق پیدا خواهد کرد. تاکنون کشور ما با پرتاب ۱۱ ماهواره که تقریباً نیمی از آنها در مدار پارکینگ (LEO) قرار گرفت و ۸ پرتاب راکت کاوش با موجود زنده در بین ٢٦ کشور منطقه به مقام چهارم ارتقا پیدا کرد و ایران براساس گزارش پایگاه معتبر سایماگ[1] و در توسعه مرزهای دانش هوافضا با تولید ٤٨٦ سند علمی در بین حدود ۱۵۰ کشور جهان در سال ۲۰۱۸ به رتبه سیزدهم ارتقا پیدا کرد.

همه این افتخارها نشان می‌دهد که علم و فناوری هوافضا در کشور ما جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است و نسل جوان به این رشته اقبال نشان داده‌اند، از این رو باید مرزهای دانش و مراجع علمی در این رشته گسترش پیدا کند.

اینجانب ضمن تشکر از انتشارات دانشگاه تربیت مدرس که در چاپ اول این کتاب نویسنده را یاری کردند، تلاش می‌کنم در هر بار تجدید چاپ این اثر بر فصول آن بیفزایم، درآینده در کتاب

1. Scimago

بعدی که مکمل این کتاب است، شش فصل در آن ارائه می‌شود که در مجموع این دو کتاب بیست فصل ارائه خواهد شد که محتوای چهارده فصل آن در پیشگفتار چاپ اول توضیح داده شد و در کتاب دوم که بزودی به چاپ خواهد رسید فصول آن به شرح ذیل است.

در فصل پانزدهم ساختار پایگاه پرتاب فضایی و تعیین مکان جغرافیایی آن که به لحاظ سرعت گردش زمین ($۴۵۰^{m}/_{sec}$ یا $۱۶۲۰\ ^{km}/_{hr}$) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و جزء شاخص‌های طراحی پیشرانش‌های فضایی محسوب می‌شود. در فصل شانزدهم موضوع کنترل بردار تراست (T.V.C) و در فصل هفدهم مقایسه شاخص‌های سیستم پیشرانش جامد و مایع فضایی به منظور انتخاب سیستم‌های پیشرانش بهینه با اقتباس از چاپ جدید کتاب اصول پیشرانش فضایی تألیف جرج ساتن[1] ارائه شده است و در فصل هجدهم سازگاری موتورهای فضایی با محیط زیست و در فصل نوزدهم میکروموتورهای فضایی و در فصل بیستم نسل آینده موتورهای فضایی ارائه خواهد شد.

امید است این اثر جدید برای خوانندگان و دانشجویان گرامی این تخصص مفید واقع شود. با اتکال به پروردگار عالم در کتاب بعدی شش فصل دیگر که در دست تدوین است، به آن اضافه خواهد شد تا مرجع متقن و مدون در بین کتاب‌های تخصصی دانشگاهی در گرایش طراحی پیشرانش فضایی باشد.

در پایان ضمن تقدیم این کتاب به پیشگاه حضرت صاحب‌الامر (عج) و سربازان باوفای ایشان شهیدان قاسم سلیمانی و حسن طهرانی‌مقدم، امید است همواره از فناوری فضایی در مقاصد و اهداف صلح‌آمیز به‌ویژه حفظ محیط‌زیست زمین بهره‌برداری شود.

فتح‌اله امی

زمستان ۱۴۰۱

---

1. G. Sutton

پیشگفتار چاپ اول

بی‌تردید خلقت زمین و آسمان در اعصار تاریخ بشر همواره مورد توجه اندیشمندان بوده و در تمام کتب آسمانی از آن به عنوان یکی از مهم‌ترین آیات الهی یاد شده است. در قرآن عظیم بیش از سیصد بار از خلقت آسمان‌ها و زمین یاد شده و از انسان‌های باخرد (اولی‌الالباب) دعوت نموده است که در حوزه با عظمت خلقت زمین و آسمان‌ها نظر کنند تا شاید به برخی از قوانین این پدیده پیچیده دست پیدا کنند[1].

دعوت پروردگار عالم به تدبر در حرکت پرندگان در هوا که گاهی با بال زدن و گاهی بدون حرکت بال‌ها پیش می‌روند، مشوّق بشر برای دستیابی به علم پرواز است[2]. در جای دیگر همه مخلوقات جنّ و انس را برای سفر به فضا تشویق می‌نماید و می‌فرماید به کرانه‌های آسمان دست نمی‌یابید مگر به‌واسطه نیروی علم که بر نیروی جاذبه زمین غلبه پیدا کند[3]. جالب است که در تمام آیات قرآن از زمین با کلمه مفرد (ارض) و از آسمان با کلمه جمع (سماوات) یاد نموده، چون آسمان دارای هفت طبقه است (سبع‌السماوات) که آنچه بشر می‌بیند فقط طبقه اول یا آسمان دنیا است[4].

فناوری هوافضا از آن جهت پیشرفته محسوب می‌شود که انسان را با شکل جهان و رشد آن آشنا می‌سازد و فهم بهتری از سیاره زمین برای زندگی بهتر و حفاظت از محیط‌زیست به جهان

۱- آیه ۱۹۰ آل عمران: انّ فی خلق السّموات و الارض و اختلاف الّیل و النّهار لآیات لاولی الباب

۲- آیه ۱۹ ملک: اولم یرو الی الطیر فوقهم صافات و یقبضن ما یمسکهّن اسما الرّحمن انّه بکلی شیءٍ بصیر

۳- آیه ۳۳ الرّحمن: یا معشر الجن و الانس ان استطعتم ان تنفذوا من اقطار السّموات و الارض فانفذوا لا تنفذوا الّا بسلطان

٤- آیه ۵ ملک: لقد زیّنا السّماء الدّنیا بمصابیح

ن اصول طراحی موتور و پیشرانش فضایی پیشرفته

بشریت می‌دهد و همچنین قلّه‌ای محسوب می‌شود که آثار پیشرفت آن بر سایر علوم و فناوری‌های مورد نیاز جامعه بشری از آن جاری می‌گردد، برای مثال سه راهبرد سبک‌سازی، کوچک‌سازی و مقاوم‌سازی در فناوری فضایی موجب پیدایش علوم جدید و میان‌رشته‌ای مثل کامپوزیت‌ها و پلیمرها در مواد گردیده که کاربرد روزافزون آن در سایر صنایع چشمگیر است.

پیشرفت روزافزون فناوری فضایی در سال‌های اخیر در ایران موجب شده است که پیشرانش‌های عظیم ماهواره‌بر مثل موتور سیمرغ و ماهواره‌های پیشرفته مثل رصد، ظفر، فجر، امیرکبیر، نوید و کپسول زیستی راکت کاوش به همت دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و صنایع هوافضای کشور طرّاحی و ساخته شود.

با اتکا بر الطاف الهی پنجمین اثر اینجانب با عنوان «اصول طراحی موتور و پیشرانش فضایی» چاپ شد. این اثر که مجموعه تکامل یافته تألیفات قبلی است، در چهارده فصل تدوین شده است که مرجع دروس ارائه شده توسط اینجانب در تحصیلات تکمیلی می‌باشد. ترتیب مباحث به‌گونه‌ای است که دانشجویان به‌سادگی با مراحل طراحی موتور و پیشرانش فضایی با سوخت مایع آشنا می‌شوند و سعی شده تا ضمن انتقال مفاهیم اصلی از پیچیده کردن مطالب پرهیز شود.

از آنجا که صنایع طراحی پیشرانش‌های فضایی، تکنولوژی پیشرفته محسوب می‌شود و در انحصار چند کشور معدود است، در مراجع و مقالات علمی –پژوهشی جهانی، از ارائه مباحث کلیدی و مهم این تکنولوژی پرهیز می‌شود تا انحصار آن همواره محفوظ باشد. در منابع غربی کتاب‌های قطوری مشاهده می‌شود که متأسفانه دانشجویان و علاقه‌مندان به این تکنولوژی با مطالعه آنها به راهکارهای اساسی طراحی پیشرانش‌های فضایی دست نمی‌یابند ولی در این کتاب پس از ارائه مطالب اصولی و جداول کاربردی در فصل‌های اول تا ششم، طراحی یک پیشرانش فضایی سوخت مایع واقعی در فصل هفتم ارائه شده است. در فصل‌های هشتم و نهم، طراحی مجموعه‌های تشکیل‌دهنده موتور شامل انژکتور، صفحه انژکتور، محفظه احتراق و نازل همراه با تجهیزات تست آنها ارائه شده تا دانشجویان بتوانند در بخش طراحی این صنعت که خوشبختانه کشور ما به تکنولوژی آن دست یافته، اشتغال ورزند و این تکنولوژی را به سمت اهداف عالی‌تر توسعه دهند. در فصل دهم متعلقات موتور مثل توربوپمپ و اتصالات آن به انضمام عملکرد پنوماتیکی و هیدرولیکی با ذکر یک نمونه (موتور RD-214) ارائه شده است، در فصل یازدهم موضوع طراحی توربوپمپ در موتور سوخت مایع و در فصل دوازدهم موضوع مهم قطره و پاشش

در موتور و پیشرانش‌های سوخت مایع فسیلی و هیدروکربنی مورد توجه قرارگرفته است. در فصل سیزدهم مبانی حرکت در هوا و فضا ارائه شده است که در پایان آن دانشجویان می‌بایست کد محاسبات یک ماهواره‌بر مناسب برای قرار دادن ماهواره در مدار موردنظر را تدوین نمایند و درنهایت در فصل چهاردهم کاربرد و توسعه موتورهای سوخت مایع در هوافضا ارائه شده است.

در اینجا لازم است از آقایان پروفسور کودریافسف، پروفسور سوخوف و دکتر بورکالسوف، استادان اینجانب در دانشگاه صنعتی ایالتی مسکو و نویسندگان مراجع و منابع روسی به کار گرفته شده در تألیف این اثر یاد نمود، همچنین از آقایان دکتر پژمان کاظم‌پور، مهندس علی مهرابی، دکتر حسین موسوی و مهندس حمیدرضا خدایاری و جناب آقای دکتر شاه‌کرمی مدیر محترم انتشارات دانشگاه تربیت مدرس و همکاران ایشان که در تدوین، تصحیح و انتشار این کتاب مؤلف را یاری نمودند، قدردانی شود.

در پایان ضمن تقدیم این کتاب به محضر مولایم امیرمؤمنان علی (ع) امید است که همواره از این فناوری در مقاصد و اهداف صلح‌آمیز بهره‌برداری شود.

یا من له الهواء و الفضاء

فتح‌اله امی

۱۳۹۶

پیشگفتار رئیس انجمن هوافضای ایران

از آنجا که یکی از وظایف انجمن هوافضای ایران چاپ و نشر کتاب‌های مربوط به فناوری پیشرفته هوافضا در کشور می‌باشد، این انجمن از همه کارشناسان و اعضای هیأت علمی دانشگاه‌ها که در علوم هوافضا تلاش می‌نمایند، دعوت نموده است تا آثار خود را جهت انتشار در اختیار انجمن قرار دهند تا پس از بررسی و ارزیابی لازم، چاپ و منتشر شود.

کتاب «موتور و پیشرانش فضایی» که حاصل بیست سال تدریس و تحقیق دکتر فتح‌الله امّی عضو محترم هیأت علمی دانشکده هوافضا دانشگاه تربیت مدرس می‌باشد، به منظور حمایت معنوی در اختیار انجمن قرار گرفته است و پس از بررسی کارشناسی کد IAS-88-001 مورد تأیید انجمن واقع شد. مطالب این کتاب که برای اولین بار در ایران به چاپ می‌رسد، ضمن تشریح کامل موتور فضاپیماهای معروف جهان که تاکنون مورد بهره‌برداری قرار گرفته است، نحوه طراحی آن را به روش ساده آموزش داده است، به طوری که کارشناسان پس از طی دوره آن می‌توانند مشخصات کلی موتور و پیشرانه فضایی مورد نظر را طراحی و محاسبه نمایند. حل مثال واقعی پیشرانه فضایی RD-170 که برای پرتاب موشک باربری «انرژی» در این مرحله اول مورد بهره‌برداری قرار گرفته است، راهنمای طراحی موتور می‌باشد.

بخش‌های دیگر کتاب، فناوری پاشش و انتشار سیال سوخت در تمام موتورهای زمینی، هوایی و فضایی که با سوخت مایع توان مؤثر و نیروی پیشرانه را ایجاد می‌کنند، تشریح نموده و برای اولین بار در ایران تئوری طراحی انژکتور و صفحه انژکتور را ارائه نموده است. در این کتاب طراحی سیستم تست سرد انواع انژکتور نیز ارائه شده است. در بخش‌های انتهایی کتاب، ضمن بررسی موتور و پیشرانه‌های فضایی واقعی جهان، نحوه عملکرد آنها با ارائه نمودار تشریح و اجزای مجموعه‌ها و متعلقات موتور پرقدرت RD-214 که برای پرتاب فضاپیمای باربر کاسموس مورد بهره‌برداری قرار گرفت، ارائه شده است. جداول و منحنی‌های منحصر به فرد در این کتاب که معرف انواع سوخت‌های مهم موتور و پیشران‌های فضایی است، به غنای تخصصی کتاب می‌افزاید.

در پایان بار دیگر انجمن هوافضای ایران از عموم اعضای هیأت علمی و کارشناسان هوافضایی کشور دعوت می‌نماید که آثار خود را جهت انتشار در اختیار انجمن قرار دهند تا انجمن در انجام رسالت اشاعه و آموزش فناوری پیشرفته هوافضا در کشور گامی مؤثر بردارد.

محمد همایون صدر

رئیس انجمن هوافضای ایران