



پژوهشگاه هوافضا
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

روش طراحی و تحلیل موتورهای فضایی با استفاده از نرم افزار RPA

تأليف

دکتر فتح الله امین

استاد گروه هوافضا، دانشگاه تربیت مدرس و رئیس پژوهشگاه هوافضا

مهندس الیاس رستمی و مهندس محسن رستمی

کارشناس ارشد مهندسی هوافضا، دانشگاه تربیت مدرس

تابستان ۱۳۹۸

انتشارات پژوهشگاه هوافضا

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

سرشناسه	امی، فتح‌اله، ۱۳۳۱ -
عنوان و نام پدیدآور	روش طراحی و تحلیل موتورهای فضایی با استفاده از نرم‌افزار / RPA تالیف
مشخصات نشر	فتح‌اله امی، الیاس رستمی و محسن رستمی.
مشخصات ظاهری	تهران: پژوهشگاه هوا فضا، ۱۳۹۸.
شابک	۱. ج. (بدون شماره گذاری). 978-964-9669-85-4
وضعیت فهرست‌نویسی	قیفا :
یادداشت	عنوان اصلی : Design and Analysis of Space Engines Using RPA Software .
یادداشت	: واژه نامه.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: موشک‌ها — موتورها — الگوهای ریاضی
موضوع	: Rocket engines -- Mathematical models :
موضوع	: موشک‌ها — موتورها — نرم‌افزار
موضوع	: Rocket engines -- Software :
شناسه افزوده	: رستمی، الیاس، ۱۳۶۸ -
شناسه افزوده	: رستمی، محسن، ۱۳۶۴ -
شناسه افزوده	: Rostami, Mohsen :
شناسه افزوده	: پژوهشگاه هوا فضا
رده‌بندی کنگره	: ۷۸۴
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۰۴۷۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۰۰۲۵۷۱۰



عنوان کتاب: روش طراحی و تحلیل موتورهای فضایی با استفاده از نرم‌افزار RPA	تألیف: دکتر فتح‌اله امی، مهندس الیاس رستمی و مهندس محسن رستمی
طراح جلد: هاجر دسترنجی نژادفر	صفحه‌آرا: مهندس سحر جعفری
ویراستار: احمد رضا علی‌اکبری	نوبت چاپ: اول
ناشر: پژوهشگاه هوافضا	چاپ: ترسیم
شمارگان: ۱۰۰ نسخه	قیمت: ۱۴۰۰۰۰۰ ریال
شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۹۶۶۹-۸۵-۴	تاریخ نشر: شهریور ۱۳۹۸
کلیه حقوق این اثر متعلق به انتشارات پژوهشگاه هوافضا است.	

تهران- شهرک قدس (غرب)- خ ایران زمین- خ مهستان- بالاتر از کلاتری- خ پژوهشگاه هوافضا

<http://www.ari.ac.ir>

info@ari.ac.ir

پیشگفتار

خرد دست گیرد به هر دو سرای
تو بی چشم، شادان جهان نسپری

خرد ره های خرد دلگشای
خرد چشم بان است چون بنگری

جهان معاصر با پدیده های گسترش روزافزودن اطلاعات روبه روست به طوری که هر دم بر حجم آن افزوده می شود و سیطره نفوذ آن خارج از ابعاد زمانی و مکانی شکلی جهانی به خود گرفته است. علوم هوافضایی در جهان به سرعت در حال پیشرفت بوده و فناوری فضایی به یکی از پیشرفته ترین صنایع کاربردی و مهم دنیا تبدیل شده است. خوشبختانه کشور ما در فناوری هوافضا بویژه صنعت فضایی از پیشرفت خوبی برخوردار است بطوریکه از نظر فناوری پرتاب ماهواره جزء دوازده کشور پیشرفته جهان می باشد ولی لازم است که این حوزه مورد توجه بیشتری قرار گیرد تا این صنعت نقش را این توسعه یابد.

ما نیز در راستای توسعه علمی مهندسی هوافضا، به نوبه خود در حد توان کوشیده ایم این پژوهش مهم را به نگارش درآوریم که بر پایه ی کتاب "اصول طراحی موتور و پيشران‌ش فضایی پیشرفته" تالیف دکتر فتح الله امی (منبع ۲) که یکی از منابع این کتاب نیز می باشد، صورت گرفته و تلاش شده تا دانشجویان به سادگی با مراحل طراحی موتور و پيشران‌ش فضایی آشنا شوند و ضمن انتقال مفاهیم اصلی، از پیچیده کردن مطالب پرهیز شده است. همچنین سعی شده تا با طرح مثال‌های مختلف از موتورهای فضایی معروف جهان و تشریح کامل اجزای آن‌ها و در نهایت تحلیل کامل آن‌ها هم به صورت تئوری و هم نرم‌افزاری به دانشجویان نگاه جامعی از روند طراحی و آنالیز موتورهای فضایی داده شود.

کتاب حاضر حاصل مطالعات، تحقیقات و سال‌ها تجربیات مؤلفین می‌باشد. از آنجایی که در بین کتاب‌های موجود در بازار ایران، کتابی که به سادگی اصول طراحی یک موتور فضایی را تشریح نماید وجود نداشت و این خلأ درسی برای دانشجویان مهندسی هوافضا به شدت احساس می‌شد، تصمیم به نگارش و چاپ این کتاب گرفته شد.

این کتاب در سه فصل تنظیم گشته است که در فصل اول به اصول محاسبات و روابط طراحی اجزاء مختلف موتورهای فضایی پرداخته شده است تا خوانندگان به راحتی و گام به گام با روند طراحی موتورهای فضایی آشنا شوند. در فصل دوم به معرفی نرم افزار RPA و تشریح آن پرداخته شده است تا دانشجویان با یک نرم افزار کاربردی که به آنالیز پیشرانش موتورهای فضایی می‌پردازد، آشنا شده و همچنین با معرفی بخش‌های مختلف آن، نحوه استفاده از ابزارهای نرم افزار را فرا بگیرند. در فصل سوم چند مثال آموزشی از موتورهای فضایی برای تشریح روند طراحی با توجه به مطالب فصل اول و دوم آورده شده است تا دانشجویان با روند تعلیم و طراحی یک موتور فضایی با استفاده از روابط ریاضی و همچنین به صورت نرم افزاری آشنا شوند. امید است که این مجموعه برای خوانندگان، مفید باشد.

از آنجا که این اثر خالی از اشکال نمی‌باشد موجب خوشحالی مؤلفان است که خوانندگان گرامی اشکالات مورد نظرشان را از طریق آدرس الکترونیکی elyas.rostami@yahoo.com ارسال فرمایند.

و من الہ التوفیق

نگارندگان

تابستان ۱۳۹۸

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول، اصول، اسناد و روابط طراحی.....	۱
۱-۱ مقدمه.....	۱
۲-۱ مشخصات تحریر و تولید انرژی در پیشرانش.....	۲
۳-۱ مشخصه‌های مهم احتراق.....	۲۲
۴-۱ مشخصات کلی و ضوابط انرژی احتراق.....	۳۱
۵-۱ تعیین نسبت ترکیبات در احتراق کامل سوخت.....	۳۳
۶-۱ ضریب افزایش اکسید کننده.....	۳۶
۷-۱ مشخصه‌های محفظه احتراق.....	۳۷
۸-۱ اصول طراحی انواع انژکتور.....	۴۴
۹-۱ صفحه انژکتور.....	۴۶
۱۰-۱ تحلیل نتایج محاسبات مشخصه‌های انرژی المان صفحه انژکتور.....	۵۷
۱۱-۱ طراحی صفحه انژکتور.....	۶۰
۱۲-۱ طراحی محفظه احتراق.....	۷۱
۱۳-۱ طراحی نازل.....	۷۸
۱۴-۱ مقایسه نازل مخروطی و پروفیلی.....	۸۲
۱۵-۱ پیشنهادات در طراحی نازل بهینه.....	۸۴
۱۶-۱ تعیین مشخصه‌های نازل و محفظه احتراق در تست گرم.....	۸۶
فصل دوم، آموزش نرم‌افزار RPA.....	۸۹

۸۹	۱-۲ مقدمه
۹۰	۱-۱-۲ روش تهیه نرم‌افزار RPA
۹۰	۲-۱-۲ سیستم عامل‌های نصب نرم‌افزار
۹۰	۲-۲ راه‌اندازی RPA
۹۳	۳-۲ پیکر بندی فایل‌ها
۹۳	۴-۲ تعریف موتور
۹۶	۵-۲ تعیین مشخصات پیشران (سوخت و اکسیدکننده)
۱۰۱	۶-۲ مشخصات اجزاء
۱۰۲	۷-۲ داده‌های اطلاعاتی اجزاء
۱۰۴	۸-۲ مدل جرم ازا
۱۰۴	۹-۲ شرایط نازا
۱۰۶	۱۰-۲ راندمان و مدل ازن
۱۰۸	۱۱-۲ شرایط محیط
۱۰۹	۱۲-۲ تنظیمات تراست قابل تبدیل (ترائل)
۱۱۰	۱۳-۲ شروع تحلیل
۱۱۱	۱۴-۲ راندمان محفظه احتراق
۱۱۲	۱-۱۴-۲ خواص ترمودینامیکی
۱۱۵	۲-۱۴-۲ راندمان
۱۱۸	۳-۱۴-۲ عملکرد ارتفاعی
۱۲۱	۴-۱۴-۲ عملکرد ترائل
۱۲۲	۱۵-۲ تجزیه و تحلیل لانه‌ای
۱۲۵	۱۶-۲ تجزیه و تحلیل پیشران (تنها در نسخه استاندارد موجود است)
۱۲۷	۱۷-۲ هندسه محفظه
۱۲۸	۱-۱۷-۲ پارامترهای طراحی
۱۲۹	۲-۱۷-۲ اندازه و هندسه
۱۳۱	۱۸-۲ آنالیز حرارتی (فقط در نسخه استاندارد موجود است)
۱۳۱	۱-۱۸-۲ پارامترهای انتقال حرارت
۱۳۲	۲-۱۸-۲ خنک سازی محفظه تراست
۱۴۴	۳-۱۸-۲ آنالیز حرارتی

فصل سوم، تحلیل موتورهای فضایی.....	۱۴۹
۱-۳ تحلیل کامل موتور سوخت مایع موشک RD-170.....	۱۴۹
۱-۱-۳ مقدمه.....	۱۵۰
۲-۱-۳ تاریخچه.....	۱۵۰
۳-۱-۳ موتور RD-170.....	۱۵۳
۴-۱-۳ محاسبات مشخصات اصلی موتور.....	۱۸۵
۵-۱-۳ انژکتور و طراحی صفحه انژکتور.....	۱۹۳
۶-۱-۳ طراحی نازل و محفظه احتراق با استفاده از نرم افزار RPA.....	۲۰۵
۲-۳ تحلیل موتور RD-214.....	۲۲۰
۱-۱-۳ مقدمه (معرفی موتور RD-214 و نحوه کارکرد آن).....	۲۲۰
۲-۲-۳ مشخصات اصلی موتور RD-214.....	۲۲۲
۳-۲-۳ اتصالات عماد پنتوماتیکی و هیدرولیکی موتور RD-214.....	۲۲۷
۴-۲-۳ اتصالات "تربیتی" متعلقات موتور RD-214.....	۲۳۱
۵-۲-۳ اتصالات و لوله کشی شباهت آلات موتور RD-214.....	۲۳۱
۶-۲-۳ مجموعه محفظه تراکم موتور RD-214.....	۲۳۷
۷-۲-۳ مجموعه توربوپمپ.....	۲۴۹
۸-۲-۳ معرفی پارامترهای موتور RD-214.....	۲۶۴
۹-۲-۳ عملکرد موتور.....	۲۷۱
۱۰-۲-۳ نازل.....	۲۷۱
۱۱-۲-۳ طراحی کامل موتور RD-214.....	۲۷۲
۳-۳ تحلیل موتور J2.....	۲۸۸
۱-۳-۳ مقدمه (معرفی موتور J2 و نحوه کارکرد آن).....	۲۸۸
۲-۳-۳ استارت و سامانه تجهیزات پرواز.....	۲۹۱
۳-۳-۳ سامانه تغذیه پیشران.....	۲۹۵
۴-۳-۳ مولد گاز و سامانه آگزوز.....	۳۰۰
۵-۳-۳ سامانه کنترل.....	۳۰۱
۶-۳-۳ مجموعه سامانه مخزن استارت.....	۳۰۱
۷-۳-۳ عملکرد موتور.....	۳۰۲
۸-۳-۳ محاسبات مشخصات اصلی موتور.....	۳۰۳

۳۰۸	۹-۳-۳ طراحی صفحه انژکتور موتور J2
۳۱۵	۱۰-۳-۳ طراحی نازل
۳۱۲	۱۱-۳-۳ جمع بندی
۳۲۴	۴-۳ تحلیل موتور RD-105
۳۲۴	۱-۴-۳ مقدمه
۳۲۴	۲-۴-۳ محاسبه مشخصات اصلی موتور
۳۲۶	۳-۴-۳ شبیه سازی هندسی
۳۳۳	۴-۳ تحلیل جداول و نمودارها
۳۳۴	۴-۳ نتیجه گیری
۳۳۵	منابع
۳۳۷	پیوست الف: مشخصات نرم افزاری RPA از موتور RD-170
۳۸۷	واژه نامه انگلیسی به فارسی
۳۹۳	واژه نامه فارسی به انگلیسی