دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی هوافضا

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش جلوبرنده

عنوان

مدلسازی و شبیه‌سازی سامانه تخلیه همزمان مخازن پیشران مایع

استاد راهنما

دکتر حسن کریمی مزرعه‌شاهی

استاد مشاور

مهندس داود رمش

نگارش

مهیار نادری تبریزی

شهریور ماه ۱۳۸۹

تقدیم به

مادر و پدر عزیزم

به پاس زحمات بی‌دریغشان

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی هوافضا

هیئت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان:

مدلسازی و شبیه‌سازی سامانه تخلیه همزمان مخازن

توسط **مهیار نادری تبریزی** صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجـه **کارشناسی ارشد** در رشته **مهندسی هوافضا** گرایش **جلوبرنده** با رتبه مورد تایید قرار می‌دهد.

ردیف	عنوان	نام
۱	استاد راهنما	دکتر حسن کریمی مزرعه‌شاهی
۲	استاد مشاور	مهندس داود رمش
۳	ممتحن داخلی	دکتر رضا ابراهیمی
۴	ممتحن خارجی	دکتر حجت قاسمی
۵	نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر مانی فتحعلی

ردیف	نام	عنوان	امضاء
۱	دکتر حسن کریمی مزرعه‌شاهی	استاد راهنما	
۲	مهندس داود رمش	استاد مشاور	
۳	دکتر رضا ابراهیمی	ممتحن داخلی	
۴	دکتر حجت قاسمی	ممتحن خارجی	
۵	دکتر مانی فتحعلی	نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده	

موضوع پایان نامه: **مدلسازی و شبیه‌سازی سامانه تخلیه همزمان مخازن**

استاد راهنما: **آقای دکتر حسن کریمی مزرعه‌شاهی**

دانشجو: **مهیار نادری تبریزی**

شماره دانشجویی: **۸۶۰۱۲۳۴**

اینجانب **مهیار نادری تبریزی** دانشجوی دوره **کارشناسی ارشد** مهندسی هوافضا گرایش **جلوبرنده** دانشکده مهندسی هوافضا دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تایید می باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب مصوب دانشگاه بطور کامل رعایت شده است.

.....

تاریخ.....

حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی هوافضا دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد. ضمنا متن این صفحه باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته یاشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع، مجاز نمی‌باشد.

سپاس خدای را که هر چه هست از اوست

بدون شک انجام پژوهش حاضر بدون راهنمایی، همکاری و حمایت سروران و عزیزانی که همواره کمـال لطـف را به من داشته‌اند امکان پذیر نبود.

با تشکر از

جناب آقای دکتر کریمی استاد محترم راهنمای پروژه که بزرگوارانه تمامی زحمات هدایت را متقبل بوده‌اند.

آقایان علی جعفرقلی و داود رمش که با مشاوره‌های خود مرا در انجام این پروژه یاری نمودند.

چکیده

در این پژوهش به بررسی سامانه تخلیه همزمان مخازن به عنوان یک سامانه کنترل برون موتوری پرداخته می‌شود. وظیفه این سامانه، تنظیم نسبت مصرف مولفه‌های پیشران به نحوی است که در انتهای فاز فعال پرواز، جرم پیشرانِ مرده‌ی باقیمانده در مخازن حداقل باشد. با استفاده از این سامانه می‌توان بر قابلیت مداری، برد و یا جرم محموله اجسام پرنده فضایی افزود. هدف از این پژوهش شناسایی، شبیه‌سازی و اثبات کارایی استفاده از سامانه تخلیه همزمان مخازن برای یک سامانه فضاییِ فاقد این سامانه می‌باشد. در انتهای این پژوهش نشان داده شده است که استفاده از این سامانه بر روی یک سامانه فضایی فرضی، موجب افزایش حدود ۷ درصد در برد پروازی و کاهش حدود ۲۵ درصد در جرم پیشران مرده در انتهای فاز فعال پرواز شده است.

واژه‌های کلیدی: سامانه پیشرانش، موتور پیشران مایع سیکل باز، سامانه تخلیه همزمان مخازن، مدلسازی و شبیه‌سازی دینامیکی ، نرم‌افزار شبیه‌ساز

فهرست

فصل ۱: مقدمه و کلیات ۲

فصل ۲: بررسی سامانه‌های کنترل برون موتوری ۸

۲-۱ مقدمه ۸

۲-۲ تقسیم‌بندی سیستم‌های کنترل موتور ۱۰

۲-۳ کنترل درون موتوری ۱۱

۲-۴ کنترل برون موتوری ۱۲

۲-۵ معرفی اجزای سیستم کنترل اتوماتیک موتور ۱۵

۲-۶ روش‌های کنترل نیروی پیشرانش ۱۷

۲-۶-۱ کنترل نیروی پیشرانش از طریق کنترل دبی مولفه‌های مولدگاز ۱۸

۲-۶-۲ کنترل نیروی پیشرانش از طریق کنترل نسبت مولفه‌ها در مولدگاز ۱۹

۲-۶-۳ کنترل نیروی پیشرانش به روش کنترل فشار مولفه‌های ورودی به محفظه ۲۰

۲-۶-۴ کنترل نیروی پیشرانش به روش کنترل دبی مولفه‌های ورودی به محفظه ۲۰

۲-۷ کنترل نسبت مولفه‌ها در موتور ۲۱

فصل ۳: مدلسازی ریاضی موتور پیشران مایع ۲۵

۳-۱ مقدمه ۲۵

۳-۲ مدلسازی ریاضی موتور پیشران مایع ۲۵

۳-۲-۱ فرضیات ۲۷

۳-۲-۲ مدل ریاضی محفظه احتراق موتور و مولدگاز ۲۸

۳-۳ مدل ریاضی سامانه توربوپمپ ۳۱

۳-۴ مدل ریاضی استارتر سوخت جامد ۳۷

۳-۴-۱ رژیم‌های کاری استارتر ۳۸

۳-۴-۲ معادلات حاکم بر استارتر در فاز کاری ۴۰

۳-۴-۳ معادلات حاکم بر استارتر در فاز استارت ۴۲

۳-۴-۴ معادلات حاکم بر استارتر در فاز اتمام گرین ۴۲
۳-۴-۵ روند حل معادلات استارتر ۴۳
۳-۴-۶ مدل ریاضی لوله‌ها و مسیرهای عبور سیال و شیرآلات ۴۴
فصل ۴: شبیه‌سازی سامانه پیشرانش سیکل باز ۴۷
۴-۱ مقدمه ۴۷
۴-۲ معرفی موتور مدل شده پروژه ۴۸
۴-۳ الگوریتم به‌کار رفته در شبیه‌سازی موتور پیشران مایع ۵۰
۴-۴ روش حل جریان در انشعابات ۵۴
۴-۵ روند شبیه‌سازی المان‌های کنترلی ۵۹
۴-۵-۱ رگولاتور ۵۹
۴-۵-۲ استبیلایزر ۶۱
۴-۶ تدوین نرم‌افزار شبیه‌ساز موتور پیشران مایع سیکل باز ۶۳
فصل ۵: شبیه‌سازی پرواز ۷۱
۵-۱ مقدمه ۷۱
۵-۲ معادلات حاکم بر جسم پرنده در فاز فعال ۷۱
۵-۳ معادلات حاکم بر جسم پرنده در فاز خاموشی ۷۴
۵-۴ معادلات حاکم بر جسم پرنده بالستیک در فاز بازگشت به جو ۷۴
۵-۵ محاسبه ضرایب آیرودینامیکی ۷۵
۵-۶ شبیه‌سازی پرواز ۷۵
فصل ۶: معرفی و شبیه‌سازی سامانه تخلیه همزمان مخازن ۷۹
۶-۱ مقدمه و تاریخچه ۷۹
۶-۲ دلایل نیاز به سامانه تخلیه همزمان مخازن ۸۱
۶-۳ چگونگی عملکرد سیستم کنترلی سامانه تخلیه همزمان مخازن ۸۲
۶-۴ روش‌های سنجش ارتفاع پیشران در مخازن ۸۴

۶-۴-۱ سنسورهای گسسته ۸۵
۶-۴-۲ سیستم شمارنده و سنسورهای هسته‌ای- ذره‌ای ۸۶
۶-۴-۳ سنسورهای خازنی میله‌ای ۸۶
۶-۵ نحوه محاسبه جرم پیشران مخازن با استفاده از سنسورهای خازنی میله‌ای ۹۰
۶-۵-۲ خطاهای موجود در سنجش جرم پیشران مخازن ۹۲
۶-۶ الگوریتم کنترلی سامانه تخلیه همزمان مخازن ۹۴
۶-۷ دروسل سامانه تخلیه همزمان مخازن ۹۷
۶-۸ روند شبیه‌سازی سامانه تخلیه همزمان مخازن ۹۹
۶-۹ تعیین محدوده مجاز تغییراتِ ضریب افت هیدرولیکی معادل دروسل سامانه تخلیه همزمان مخازن ۱۰۳

فصل ۷: بحث و نتیجه‌گیری ۱۰۸

۷-۱ نتایج شبیه‌سازی سامانه پیشرانش با سیستم کنترل درون موتوری ۱۰۹
۷-۱-۲ خلاصه‌ای از اطلاعات مورد نیاز شبیه‌ساز سامانه پیشرانش ۱۱۰
۷-۱-۳ نمودارهای استخراج شده برای شبیه‌ساز سامانه پیشرانش ۱۱۲
۷-۱-۴ بررسی اثر تغییرات هندسی و عملکردی سامانه پیشرانش بر رفتار سامانه ۱۲۰
۷-۱-۵ معتبرسازی شبیه‌ساز سامانه پیشرانش ۱۲۹
۷-۲ نتایج شبیه‌سازی پرواز با سامانه پیشرانش درون کنترلی ۱۳۲
۷-۲-۲ معتبرسازی شبیه‌ساز پرواز ۱۴۰
۷-۳ نتایج شبیه‌سازی با سامانه تخلیه همزمان مخازن ۱۴۲
۷-۳-۱ بررسی اثر دمای پیشران بر پارامترهای نهایی مسیر ۱۴۳
۷-۳-۲ بررسی اثر تغییر ضریب افت هیدرولیکی معادل المان مسیر مولدگاز ۱۵۰
۷-۳-۳ بررسی عملکرد سامانه در برابر اغتشاشات نوسانی ۱۵۳
۷-۴ بررسی آماری عملکرد سامانه تخلیه همزمان مخازن در برابر اعمال اغتشاش ۱۵۵
۷-۴-۱ بررسی آماری اثر اعمال اغتشاش دمایی بر پارامترهای نهایی مسیر در حضور و عدم حضور سامانه ۱۵۶
۷-۴-۲ بررسی اثر برهم زدن نسبت مصرف مولفه‌های پیشران ۱۵۹

جمع‌بندی **۱۶۲**

پیشنهادات نویسنده برای انجام فعالیت‌های آتی **۱۶۳**

فهرست اشکال

شکل۲-۱ نمایش شماتیک سیستم کنترل یک جسم پر نده ۱۱

شکل۲-۲ پارامترهای نهایی جسم پرنده..... ۱۳

شکل۲-۳ شمای مدار کنترلی رگولاتور ۱۵

شکل۲-۴ نمایی از یک رگولاتور دبی..... ۱۷

شکل۲-۵ موتور پیشران مایع با کنترل برون موتوری نیروی پیشرانش ۱۹

شکل۲-۶ نمایی از کنترل برون موتوری نیروی پیشرانش به روش تنظیم مولفه‌های مولدگاز..... ۱۹

شکل۲-۷ نمایی از کنترل برون موتوری نیروی پیشرانش به روش کنترل فشار مولفه‌های ورودی به محفظه ۲۰

شکل۲-۸ نمایی از کنترل نیروی پیشرانش به روش کنترل دبی مولفه‌های ورودی به محفظه..... ۲۱

شکل۲-۹ شماتیک مدار موتور پیشران مایع سیکل بسته دارای سامانه تخلیه همزمان مخازن ۲۲

شکل۲-۱۰ شماتیک مدار موتور پیشران مایع سیکل باز دارای سامانه تخلیه همزمان مخازن..... ۲۳

شکل۳-۱ ضریب Kz بر حسب تعداد پره برای چرخ‌های رانش با زاویه نصب خروجی پره متفاوت ۳۴

شکل۳-۲ سه قسمت اصلی فرآیندهای کاری استارتر ۳۸

شکل۴-۱ مدار پنوماهیدرولیکی یک موتور پیشران مایع خاص..... ۴۸

شکل۴-۲ محاسبه دبی عبوری از اولین المان..... ۵۲

شکل۴-۳ یک مدار هیدرولیکی متشکل از لوله و ارفیس ۵۲

شکل۴-۴ یک مدار هیدرولیکی نمونه متشکل از انشعاب..... ۵۴

شکل۴-۵ فلوچارت زیربرنامه مسیر سوخت (یا مسیر اکسیدکننده) قبل از انشعاب ۵۶

شکل۴-۶ فلوچارت زیربرنامه مولدگاز..... ۵۷

شکل۴-۷ فلوچارت زیربرنامه محفظه احتراق..... ۵۸

شکل۴-۸ فلوچارت الگوریتم تعیین ضریب افت هیدرولیکی معادل مناسب در زیر برنامه رگولاتور ۶۰
شکل۴-۹ فلوچارت تعیین ضریب افت مناسب در زیر برنامه استبیلایزر ۶۲
شکل۴-۱۰ شمای کلی از نرم‌افزار شبیه‌ساز موتور پیشران مایع ۶۴
شکل۴-۱۱ زبانه مربوط به مدار سوخت موتور مورد نظر کاربر ۶۴
شکل۴-۱۲ زبانه مربوط به مدار سوخت موتور مورد نظر کاربر ۶۵
شکل۴-۱۳ زبانه مربوط به مدار اکسیدکننده موتور مورد نظر کاربر ۶۵
شکل۴-۱۴ زبانه مربوط به مدار اکسیدکننده موتور مورد نظر کاربر ۶۶
شکل۴-۱۵ زبانه مربوط به زیرسیستم پمپ موتور مورد نظر کاربر ۶۶
شکل۴-۱۶ زبانه مربوط به زیرسیستم توربین موتور مورد نظر کاربر ۶۷
شکل۴-۱۷ زبانه مربوط به زیرسیستم استارتر موتور مورد نظر کاربر ۶۷
شکل۴-۱۸ زبانه مربوط به زیرسیستم مولدگاز موتور مورد نظر کاربر ۶۸
شکل۴-۱۹ زبانه مربوط به زیرسیستم محفظه احتراق موتور مورد نظر کاربر ۶۸
شکل۴-۲۰ زبانه شبیه‌سازی موتور ۶۹
شکل۴-۲۱ استخراج نمودارهای مختلف موتور بر حسب زمان ۶۹
شکل۵-۱ نیروهای وارد بر یک جسم پرنده در حال پرواز ۷۲
شکل۶-۱ شمای کاری سامانه تخلیه همزمان مخازن ۸۲
شکل۶-۲ دیاگرام جعبه‌ای سیستم کنترل موتور پیشران مایع ۸۳
شکل۶-۳ سنسورهای گسسته سنجش سطح ۸۵
شکل۶-۴ دو نوع از سنسورهای خازنی میله‌ای ۸۷
شکل۶-۵ نمایی از مخازن مجهز به سنسورهای سنجش ارتفاع ۸۸
شکل۶-۶ میله ارتفاع سنج سطح پیشران در مخازن ۸۹

شکل۶-۷ نمایی از قسمت فوقانی مخزن مجهز به سنسورهای ارتفاع سنج ۸۹
شکل۶-۸ نمایی از انتهای مخزن مجهز به سنسورهای ارتفاع سنج ۹۰
شکل۶-۹ الگوریتم برنامه‌ی سامانه تخلیه همزمان مخازن برای مصرف پیشران ۹۵
شکل۶-۱۰ عملگر سامانه تخلیه همزمان مخازن ۹۸
شکل۶-۱۱ سامانه پیشرانش مجهز به سامانه تخلیه همزمان مخازن ۱۰۰
شکل۶-۱۲ تغییرات دبی سوخت موتور بر حسب تغییرات ضریب افت هیدرولیکی معادل مسیر سوخت ۱۰۳
شکل۶-۱۳ تغییرات نسبت مولفه‌ها در محفظه احتراق بر حسب تغییرات ضریب افت هیدرولیکی معادل مسیر سوخت ۱۰۵
شکل۷-۱ نمودار فشار محفظه احتراق ۱۱۲
شکل۷-۲ فشار مولدگاز ۱۱۳
شکل۷-۳ نمودار تراست موتور ۱۱۴
شکل۷-۴ نمودار ایمپالس ویژه ۱۱۵
شکل۷-۵ نمودار دور توربوپمپ ۱۱۶
شکل۷-۶ نمودار نسبت مولفه‌های پیشران در محفظه احتراق ۱۱۷
شکل۷-۷ نمودار نسبت مولفه‌های مولد گاز ۱۱۸
شکل۷-۸ نمودار دمای محصولات احتراق UDMH ~ N2O4 بر حسب نسبت مولفه‌ها به نسبت استوکیومتریک (آلفا) ۱۱۹
شکل۷-۹ نمودار فشار محفظه احتراق در حضور رگولاتور فشار محفظه ۱۲۱
شکل۷-۱۰ نمای بزرگنمایی شده نمودار شکل۷-۹ ..... ۱۲۲
شکل۷-۱۱ نمودار نسبت مولفه های پیشران محفظه احتراق ۱۲۳
شکل۷-۱۲ نمای بزرگنمایی شده نمودار شکل۷-۱۱ ..... ۱۲۴

شکل۷-۱۳ نمودار فشار محفظه احتراق در حضور استبیلایزر CC و رگولاتور تراست ۱۲۵
شکل۷-۱۴ نمای بزرگنمایی شده شکل۷-۱۳ ..... ۱۲۶
شکل۷-۱۵ نمودار تغییرات نسبت مولفه‌های پیشران محفظه احتراق ۱۲۶
شکل۷-۱۶ نمودار تراست سامانه پیشرانش دارای المان‌های کنترلی استبیلایزر و رگولاتور ۱۲۷
شکل۷-۱۷ نمای بزرگنمایی شده شکل۷-۱۶ ..... ۱۲۸
شکل۷-۱۸ مقایسه نمودار نرمال شده فشار مولدگاز ۱۲۹
شکل۷-۱۹ مقایسه نمودار نرمال شده دور توربوپمپ ۱۳۰
شکل۷-۲۰ مقایسه نمودار نرمال شده فشار استارتر ۱۳۰
شکل۷-۲۱ مقایسه نمودار نرمال شده دبی جرمی استارتر ۱۳۱
شکل۷-۲۲ تغییرات فشار محیط با ارتفاع ۱۳۲
شکل۷-۲۳ تغییرات دمای محیط با ارتفاع ۱۳۳
شکل۷-۲۴ نمودار سرعت جسم پرنده بر حسب زمان ۱۳۵
شکل۷-۲۵ نمودار شتاب جسم پرنده بر حسب زمان ۱۳۶
شکل۷-۲۶ نمودار شتاب گرانش بر حسب زمان ۱۳۷
شکل۷-۲۷ نمودار نیروهای آیرودینامیکی وارد بر جسم پرنده بر حسب زمان(پسا) ۱۳۸
شکل۷-۲۸ نمودار نیروهای آیرودینامیکی وارد بر جسم پرنده بر حسب زمان(برآ) ۱۳۸
شکل۷-۲۹ نمودار تراست جسم پرنده بر حسب زمان ۱۳۹
شکل۷-۳۰ نمودار ارتفاع مداری جسم پرنده بر حسب زمان ۱۴۰
شکل۷-۳۱ تغییرات چگالی بر حسب دما به تفکیک انواع پیشران‌ها ۱۴۳
شکل۷-۳۲ مقایسه تغییرات نسبت مولفه‌های محفظه نسبت به دمای ۱۶/۵ درجه پیشران، در عدم حضور سامانه ۱۴۵

شکل۷-۳۳ مقایسه اختلاف ارتفاع پیشران مخازن نسبت به دمای ۱۶/۵ درجه پیشران، در عدم حضور سامانه ۱۴۶
شکل۷-۳۴ مقایسه تراست نسبت به دمای ۱۶/۵ درجه پیشران، در عدم حضور سامانه ۱۴۶
شکل۷-۳۵ مقایسه سرعت پروازی در دمای ۱۶/۵ درجه پیشران، در عدم حضور سامانه ۱۴۷
شکل۷-۳۶ نمای بزرگنمایی شده از شکل۷-۳۵ ۱۴۷
شکل۷-۳۷ مقایسه نیروی تراست در سه دمای متفاوت پیشران در حضور سامانه تخلیه همزمان مخازن ۱۴۸
شکل۷-۳۸ مقایسه نمودار سرعت سامانه فضایی در سه دمای مختلف پیشران در حضور سامانه ۱۴۹
شکل۷-۳۹ نمای بزرگنمایی شده از نمودار شکل۷-۳۸ ۱۴۹
شکل۷-۴۰ اختلاف نسبت مصرف مولفه‌های پیشران در عدم حضور سامانه ۱۵۱
شکل۷-۴۱ اختلاف تراست موتور در عدم حضور سامانه ۱۵۲
شکل۷-۴۲ اختلاف ارتفاع میان مخازن پیشران در عدم حضور سامانه ۱۵۲
شکل۷-۴۳ نمودار مربوط به اغتشاشات نوسانی نسبت مصرف مولفه‌های پیشران در محفظه احتراق ۱۵۴
شکل۷-۴۴ نمای بزرگنمایی شده از شکل۷-۴۳ ۱۵۴
شکل۷-۴۵ نتایج تغییر دمای پیشران بر جرم پیشران باقیمانده در حضور سامانه ۱۵۷
شکل۷-۴۶ نتایج تغییر دمای پیشران بر جرم پیشران باقیمانده بدون حضور سامانه ۱۵۷
شکل۷-۴۷ نتایج تغییر دمای پیشران بر برد پرنده در حضور سامانه ۱۵۸
شکل۷-۴۸ نتایج تغییر دمای پیشران بر برد پرنده در عدم حضور سامانه ۱۵۸
شکل۷-۴۹ نتایج تغییر ضریب افت هیدرولیکی معادل المان مسیر مولدگاز بر جرم پیشران باقیمانده مخازن در حضور سامانه ۱۶۰

شکل۷-۵۰ نتایج تغییر ضریب افت هیدرولیکی معادل المان مسیر مولدگاز بر جرم پیشران باقیمانده مخازن بدون حضور سامانه ۱۶۰

شکل۷-۵۱ نتایج تغییر ضریب افت هیدرولیکی معادل المان مسیر مولدگاز بر برد پرنده در حضور سامانه ۱۶۱

شکل۷-۵۲ نتایج تغییر ضریب افت هیدرولیکی معادل المان مسیر مولدگاز بر برد پرنده بدون حضور سامانه ۱۶۱

فهرست جداول

جدول ۶-۱. فلوچارت شبیه‌سازی سامانه تخلیه همزمان مخازن ۱۰۶

جدول ۷-۱. مشخصات موتور سیکل باز مدل شده ۱۰۹

جدول ۷-۲. مقایسه نیروی پیشرانش ۱۲۸

جدول ۷-۳. مشخصات جرمی، عملکردی موشک فرضی ۱۳۴

جدول ۷-۴. مقایسه و بررسی تاثیر حضور سامانه در اثر اعمال اغتشاش در دمای پیشران ۱۴۴

جدول ۷-۵. بررسی تاثیر حضور سامانه در اثر اعمال اغتشاش در ضریب افت هیدرولیکی معادل المان مولدگاز ۱۵۰

جدول ۷-۶. مقایسه نتیجه بررسی آماری در برابر اغتشاش دمایی ۱۵۳

جدول ۷-۷. مقایسه نتیجه بررسی آماری در برابر اغتشاش دمایی ۱۵۶

جدول ۷-۸. مقایسه نتیجه بررسی آماری در برابر اغتشاش درون موتوری ۱۵۹