

دانشگاه گجرات

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

گرایش تبدیل انرژی

عنوان:

تأثیر هندسه قسمت عقب خودرو بر ضریب پسا

استاد راهنما:

دکتر مجید بازارگان

دکتر محمد حسین حامدی

دانشجو:

امیر شرفی

بهمن ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



تاییدیه هیئت داوران

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

« تاثیر هندسه قسمت عقب خودرو بر ضریب پسا »

توسط امیر شرفی، صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک مورد تأیید قرار می دهد.

۱- استادان راهنما : آقای دکتر مجید بازارگان

آقای دکتر محمد حسین حامدی

۳- استادان داور : آقای دکتر مهرزاد شمس

خانم دکتر افسانه مجری

اظہارنامہ دانشجو

موضوع پایان نامہ : تاثیر ہندسہ قسمت عقب خودرو بر ضریب پسا

استادان راہنما : آقای دکتر مجید بازارگان – آقای دکتر محمد حسین حامدی

دانشجو : امیر شرفی

شمارہ دانشجویی : ۹۰۰۴۸۶۴

اینجانب امیر شرفی دانشجوی دورہ کارشناسی ارشد مہندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی دانشکدہ مکانیک دانشگاہ صنعتی خواجہ نصیر الدین طوسی گواہی می‌نمایم کہ تحقیق انجام شدہ در این پایان نامہ توسط اینجانب انجام شدہ و صحت و اصالت مطالب نگارش شدہ مورد تائید می‌باشد و در موارد استفادہ از کار دیگر محققان بہ مرجع مورد استفادہ اشارہ شدہ است. بہ علاوہ گواہی می‌نمایم کہ مطالب مندرج در پایان نامہ تاکنون برای دریافت ہیچ مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در ہیچ جا ارائہ نشدہ است و در تدوین متن پایان نامہ چارچوب مصوب دانشگاہ بطور کامل رعایت شدہ است.

تاریخ : ۹۲/۱۱/۲۹

حق نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هر گونه کپی برداری به صورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز است. ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر وجود داشته باشد.

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 پایان نامه بدون ذکر مرجع، مجاز نمی‌باشد.

تقدیر و تشکر

بر خود لازم می‌دانم از راهنمایی‌های آقای دکتر مجید بازارگان کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

چکیده

هدف از این پایان نامه بررسی تاثیر هندسه قسمت عقب خودرو بر ضرایب پسا و برآ می‌باشد. برای این منظور از نرم افزار فلونت¹ جهت مدل‌سازی عددی جریان حول خودرو به صورت پایا² استفاده شده است. مدل‌سازی در دو حالت دو بعدی و سه بعدی برای هندسه‌های هاچ‌بک و صندوق‌دار انجام شده و نتایج با یکدیگر مقایسه شده است. سپس تاثیر اضافه شدن اسپویلر به این دو هندسه مورد بررسی قرار گرفته است. در مدل هاچ‌بک، اسپویلر در محل اتصال سقف به شیشه عقب قرار داده شده است و در مدل صندوق‌دار علاوه بر این مورد، تاثیر اضافه شدن اسپویلر بر لبه صندوق نیز مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از افزودن اسپویلر، از بین بردن ناحیه مکش ایجاد شده توسط سیال بر روی سطوح پشت خودرو و در نتیجه از بین بردن "پسای القایی" است. نتایج به دست آمده در حالت دو بعدی حاکی از آن است که با افزودن اسپویلر، ضریب پسا افزایش می‌یابد در حالی که در حالت سه بعدی، اسپویلر موجب کاهش این ضریب می‌گردد. این تفاوت به دلیل دیده نشدن "پسای القایی" در حالت دو بعدی است. تفاوت نتایج مدل دو بعدی و سه بعدی در خودرو بر خلاف تشابه رفتاری مدل دو بعدی و سه بعدی در بال‌ها و سطوح تولیدکننده برآ می‌باشد.

کلمات کلیدی : پسا، برآ، هاچ‌بک، صندوق‌دار، اسپویلر، پسای القایی

¹ Fluent

² Steady

فهرست عنوان‌ها

۲	.....مقدمه (۱)
۳	.....۱-۱-۱- روش‌های کاهش مصرف سوخت
۴	.....۲-۱- جریان حول خودرو
۶	.....۳-۱- کاهش پسا
۷	.....۴-۱- مروری بر تاریخچه آیرودینامیک خودرو
۸	.....۵-۱- روش‌های مطالعه
۸	.....۶-۱- هدف از پژوهش کنونی
۱۱	..... (۲) پژوهش‌های پیشین
۱۱	.....۱-۲- مقدمه
۱۲	.....۲-۲- کاهش ضرایب پسا و برآ
۱۲	.....۱-۲-۲- کنترل غیر فعال جریان
۱۴	.....۲-۲-۲- کنترل فعال جریان
۱۵	.....۳-۲- اسپویلر
۱۹	.....۴-۲- برخی از تحقیقات انجام شده
۲۴	..... (۳) معادلات حاکم
۲۴	.....۱-۳- آنالیز ابعادی
۲۵	.....۲-۳- اثر زمین
۲۶	.....۳-۳- رفتار نزدیک دیواره
۲۷	.....۴-۳- پدیده جدایش جریان
۲۹	.....۵-۳- روش حجم محدود
۳۰	.....۶-۳- محاسبه ضریب پسا
۳۲	..... (۴) نتایج
۳۲	.....۱-۴- مقدمه
۳۲	.....۲-۴- شرایط ورودی و مدل مورد استفاده
۳۵	.....۳-۴- اعتبارسنجی

- ۴-۴- مقایسه بین مدل هاچ‌بک و صندوق‌دار ۴۲
- ۴-۴-۱- نتایج دو بعدی ۴۲
- ۴-۴-۲- نتایج سه بعدی ۴۵
- ۴-۴-۵- مقایسه بین مدل هاچ‌بک با اسپویلر و بدون اسپویلر ۴۸
- ۴-۴-۱-۵- نتایج دو بعدی ۴۹
- ۴-۴-۲-۵- نتایج سه بعدی ۵۰
- ۴-۴-۶- مقایسه مدل صندوق‌دار با اسپویلر و بدون اسپویلر ۵۲
- ۴-۴-۱-۶- اسپویلر در انتهای سقف ۵۲
- ۴-۴-۲-۶- اسپویلر روی لبه صندوق ۵۶
- ۴-۴-۷- مقایسه نتایج دو بعدی و سه بعدی ۵۹
- ۵- جمع بندی ۶۸

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: دوج موناکو مدل ۱۹۷۲ [۱]..... ۲
- شکل ۱-۲: پیسر اکس مدل ۱۹۷۶ [۱]..... ۳
- شکل ۱-۳: افزایش اسب بخار مورد نیاز با افزایش سرعت یک تریلی [۳]..... ۵
- شکل ۱-۴: خطوط جریان در اطراف یک خودرو در جریان پتانسیل و جریان واقعی [۴]..... ۵
- شکل ۱-۵: کاهش نیروی پسا توسط قرارگرفتن در ناحیه کم فشار پشت یک دوچرخه سوار [۴]..... ۶
- شکل ۱-۶: روند کاهش ضریب پسا در یک قرن گذشته [۳]..... ۷
- شکل ۱-۷: تویوتا پریوس با ضریب پسا ۰/۲۶ [۵]..... ۷
- شکل ۱-۸: خودرو با هندسه مشابه یک قطره (۱۹۲۱) [۶]..... ۸
- شکل ۱-۲: ورتکس‌های اطراف یک خودرو (نمایش توسط سطوح فشار استاتیک ثابت) [۷]..... ۱۱
- شکل ۲-۲: از بین رفتن ورتکس ستون A در نتیجه اصلاح شکل این ستون [۸]..... ۱۲
- شکل ۲-۳: باله وارونه روی لبه صندوق [۵]..... ۱۲
- شکل ۲-۴: نوعی ورتکس ساز روی سپر جلو و عقب [۹]..... ۱۳
- شکل ۲-۵: دیفلکتور روی سقف کابین یک تریلر [۳]..... ۱۳
- شکل ۲-۶: پسای القایی در یک ایرفویل [۱۰]..... ۱۶
- شکل ۲-۷: بررسی اثر کواندا توسط یک قاشق و جریان آب [۹]..... ۱۶
- شکل ۲-۸: اثر کواندا در تولید برآی ایرفویل [۹]..... ۱۷
- شکل ۲-۹: انواع اسپویلر ثابت_ روی صندوق (چپ) و روی سقف (راست) [۵]..... ۱۸
- شکل ۲-۱۰: اسپویلر متحرک [۵]..... ۱۸
- شکل ۲-۱۱: نتایج تجربی توسط احمد و همکاران [۱۲]..... ۱۹
- شکل ۲-۱۲: اثر زاویه Θ بر ضرایب پسا و برآ [۱۳]..... ۲۰
- شکل ۲-۱۳: تحقیق توسط پاستور و همکاران [۱۴]..... ۲۱
- شکل ۲-۱۴: نتایج عددی رومیس و همکاران [۱۵]..... ۲۲
- شکل ۳-۱: تاثیر عدد رینولدز بر جریان حول یک استوانه [۱۶]..... ۲۵
- شکل ۳-۲: پروفیل سرعت قبل و بعد از جدایش [۳]..... ۲۹
- شکل ۳-۴: ابعاد مدل مورد استفاده برای هندسه هاچ‌بک (چپ) و صندوق‌دار (راست)..... ۳۲

- شکل ۴-۲: دامنه حل ۳۳
- شکل ۴-۳: شبکه بندی مدل هاچبک (چپ) و صندوق دار (راست) ۳۴
- شکل ۴-۴: بررسی استقلال ضریب پسا از شبکه (چپ) و عدد رینولدز (راست) برای مدل هاچبک ۳۴
- شکل ۴-۵: جسم احمد در آزمایشگاه [۱۲] ۳۶
- شکل ۴-۶: ابعاد جسم احمد به میلی متر [۱۹] ۳۶
- شکل ۴-۷: نتایج تجربی توسط احمد و همکاران [۱۲] ۳۷
- شکل ۴-۸: کانتورهای سرعت در حالت سه بعدی ۳۸
- شکل ۴-۹: ورتکس‌های دنباله ای در زاویه 25° (چپ) و 35° (راست) [۲۰] ۳۹
- شکل ۴-۱۰: تغییرات ضریب پسا با زاویه سطح شیب‌دار در حالت سه بعدی ۳۹
- شکل ۴-۱۱: حباب جدایش روی سطح شیب‌دار برای $\alpha = 25^\circ$ [۲۱] ۴۰
- شکل ۴-۱۲: زاویه سطح شیب‌دار پشت خودرو [۲۲] ۴۰
- شکل ۴-۱۳: مدل‌های اسکوتریک، فست‌بک، ناچبک و هاچبک [۵] ۴۱
- شکل ۴-۱۴: توزیع γ^+ بر روی دیواره در مدل هاچبک دو بعدی ۴۳
- شکل ۴-۱۵: کانتورهای سرعت برای مدل‌های هاچبک و صندوق دار (دو بعدی) ۴۴
- شکل ۴-۱۶: کانتورهای فشار برای مدل‌های هاچبک و صندوق دار (دو بعدی) ۴۴
- شکل ۴-۱۷: کانتورهای نسبت ویسکوزیته برای مدل‌های هاچبک و صندوق دار (دو بعدی) ۴۵
- شکل ۴-۱۸: توزیع γ^+ بر روی دیواره در مدل هاچبک سه بعدی ۴۶
- شکل ۴-۱۹: کانتورهای سرعت برای مدل‌های هاچبک و صندوق دار (سه بعدی) ۴۷
- شکل ۴-۲۰: کانتورهای فشار استاتیک برای مدل‌های هاچبک و صندوق دار (سه بعدی) ۴۷
- شکل ۴-۲۱: کانتورهای نسبت ویسکوزیته برای مدل‌های هاچبک و صندوق دار (سه بعدی) ۴۸
- شکل ۴-۲۲: اسپویلر در انتهای سقف مدل هاچبک [۲۳] ۴۸
- شکل ۴-۲۳: مدل هاچبک بدون اسپویلر (چپ) و با اسپویلر (راست) ۴۹
- شکل ۴-۲۴: کانتورهای سرعت (بالا)، فشار (وسط) و نسبت ویسکوزیته (پایین) برای مدل‌های هاچبک با اسپویلر (دو بعدی) ۵۰
- شکل ۴-۲۵: کانتورهای سرعت (بالا)، فشار (وسط) و نسبت ویسکوزیته (پایین) برای مدل هاچبک با اسپویلر (سه بعدی) ۵۱
- شکل ۴-۲۶: پژو ۲۰۶ مدل صندوق دار [۲۳] ۵۲

- شکل ۴-۲۷: مدل صندوق‌دار بدون اسپویلر (بالا)، با اسپویلر روی صندوق (چپ) و با اسپویلر روی سقف (راست) ۵۲
- شکل ۴-۲۸: کانتورهای سرعت (بالا)، فشار (وسط) و نسبت ویسکوزیته (پایین) برای مدل صندوق‌دار با اسپویلر سقف (دو بعدی) ۵۳
- شکل ۴-۲۹: کانتورهای سرعت (بالا)، فشار (وسط) و نسبت ویسکوزیته (پایین) برای مدل صندوق‌دار با اسپویلر سقف (سه بعدی) ۵۵
- شکل ۴-۳۰: کانتورهای سرعت (بالا) و فشار (پایین) برای مدل صندوق‌دار با اسپویلر مشابه مدل هاچ‌بک (سه بعدی) ۵۶
- شکل ۴-۳۱: کانتورهای سرعت (بالا)، فشار (وسط) و نسبت ویسکوزیته (پایین) برای مدل‌های صندوق‌دار با اسپویلر صندوق (دو بعدی) ۵۷
- شکل ۴-۳۲: کانتورهای سرعت (بالا)، فشار (وسط) و نسبت ویسکوزیته (پایین) برای مدل‌های صندوق‌دار با اسپویلر صندوق (سه بعدی) ۵۸
- شکل ۴-۳۳: نسبت منظر خیلی کوچک (چپ) و خیلی بزرگ (راست) [۵] ۵۹
- شکل ۴-۳۴: جدایش جریان از سطح یک ایرفویل برای زاویه حمله بزرگتر از 15° [۴] ۶۰
- شکل ۴-۳۵: توزیع فشار استاتیک در لبه صندوق بدون اسپویلر سه بعدی (۱)، با اسپویلر سه بعدی (۲)، بدون اسپویلر دو بعدی (۳) و با اسپویلر دو بعدی (۴) ۶۰
- شکل ۴-۳۶: ورتکس‌های منتشر شده از لبه‌های یک ایرفویل [۴] ۶۱
- شکل ۴-۳۷: خطوط مسیر در پشت مدل صندوق‌دار با اسپویلر (راست) و بدون اسپویلر (چپ) ۶۲
- شکل ۴-۳۸: کانتورهای فشار کل پشت مدل صندوق‌دار سه بعدی بدون اسپویلر (چپ)، با اسپویلر روی صندوق (راست) و با اسپویلر روی سقف (پایین) ۶۳
- شکل ۴-۳۹: کانتورهای فشار کل پشت مدل هاچ‌بک سه بعدی بدون اسپویلر (چپ) و با اسپویلر (راست) ۶۳
- شکل ۴-۴۰: پرواز پرنده‌ها و جنگنده‌ها به شکل V [۵] ۶۴
- شکل ۴-۴۱: تاثیر اسپویلر بر ضریب پسا (چپ) و برآ (راست) مدل هاچ‌بک دو بعدی ۶۵
- شکل ۴-۴۲: تاثیر اسپویلر بر ضریب پسا (چپ) و برآ (راست) مدل هاچ‌بک سه بعدی ۶۵
- شکل ۴-۴۳: تاثیر اسپویلر بر ضریب پسا (چپ) و برآ (راست) مدل صندوق‌دار دو بعدی ۶۶
- شکل ۴-۴۴: تاثیر اسپویلر بر ضریب پسا (چپ) و برآ (راست) مدل صندوق‌دار سه بعدی ۶۶

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۱: کاهش مصرف سوخت به ازای کاهش نیروی پسا در سرعت‌های مختلف [۲]..... ۴
- جدول ۱-۴: ابعاد واقعی خودروی پژو ۲۰۶ مدل هاچ‌بک و صندوق‌دار [۲۳]..... ۳۲
- جدول ۲-۴: شرایط مرزی مورد استفاده..... ۳۳
- جدول ۳-۴: شرایط ورودی باد..... ۳۵
- جدول ۴-۴: مدل مورد استفاده..... ۳۵
- جدول ۵-۴: روش گسسته‌سازی..... ۳۵
- جدول ۶-۴: تغییرات ضرایب پسا در حالت سه بعدی حاصل از مدل‌سازی عددی..... ۳۷
- جدول ۷-۴: مقایسه ضرایب پسا و برای مدل‌های هاچ‌بک و صندوق‌دار (دو بعدی)..... ۴۳
- جدول ۸-۴: مقایسه ضرایب پسا و برای مدل‌های هاچ‌بک و صندوق‌دار (سه بعدی)..... ۴۶
- جدول ۹-۴: مقایسه ضرایب پسا و برای مدل‌های هاچ‌بک با اسپویلر و بدون اسپویلر (دو بعدی)..... ۴۹
- جدول ۱۰-۴: مقایسه ضرایب پسا و برای مدل‌های هاچ‌بک با اسپویلر و بدون اسپویلر (سه بعدی)..... ۵۱
- جدول ۱۱-۴: تاثیر اضافه شدن اسپویلر در انتهای سقف مدل صندوق‌دار بر ضرایب پسا و برآ (دو بعدی)..... ۵۳
- جدول ۱۲-۴: تاثیر اضافه شدن اسپویلر در انتهای سقف مدل صندوق‌دار بر ضرایب پسا و برآ (سه بعدی)..... ۵۴
- جدول ۱۳-۴: تاثیر اضافه شدن اسپویلر بر لبه صندوق مدل صندوق‌دار بر ضرایب پسا و برآ (دو بعدی)..... ۵۷
- جدول ۱۴-۴: تاثیر اضافه شدن اسپویلر بر لبه صندوق مدل صندوق‌دار بر ضرایب پسا و برآ (سه بعدی)..... ۵۸
- جدول ۱۵-۴: جمع بندی نتایج دو بعدی..... ۶۴
- جدول ۱۶-۴: جمع بندی نتایج سه بعدی..... ۶۵

فهرست علامتها

علامت‌های انگلیسی	
C_d	ضریب پسا
C_l	ضریب برآ
C_{μ}	ضریب لزجت گردابه‌ای
k	انرژی آشفتگی
k_p	انرژی آشفتگی در نود P نزدیک دیواره
Re	عدد رینولدز
u^*	سرعت اصطکاکی
e	عدد نپر
S_k	ترم منبع انرژی آشفتگی
S_{ε}	ترم منبع اتلاف
P	فشار
U_{∞}	سرعت جریان آزاد
U_p	سرعت متوسط سیال در نود P نزدیک دیواره
y_p	فاصله نود P از دیواره
x, y, z	مولفه‌های مکانی
علامت‌های یونانی	
ε	نرخ اتلاف انرژی آشفتگی
μ	ویسکوزیته دینامیکی
ν	ویسکوزیته سینماتیکی
μ_t	ویسکوزیته آشفتگی
τ_{ω}	تنش برشی دیواره
κ	ثابت ون کارمن
ρ	چگالی
زیرنویس‌ها	
k	تولید انرژی آشفتگی
ε	اتلاف انرژی آشفتگی
t	آشفتگی

فصل اول

مقدمه

(۱) مقدمه

امروزه در کنار فاکتورهایی نظیر قیمت و ایمنی، میزان مصرف سوخت یکی از مهمترین عوامل در موفقیت یک خودرو در بازار است. از طرفی کاهش مصرف سوخت به معنای کاهش آلودگی هوا نیز هست که بر اهمیت موضوع می‌افزاید. اما توجه به مصرف سوخت با مطرح شدن بحث "بحران انرژی" در اواسط دهه هفتاد میلادی آغاز شد. پیش از مطرح شدن بحران انرژی، هدف اصلی خودروسازان، راحتی فضای داخلی و قدرت بیشتر پیشرانه بود. در آن دوران خودروهای تولید ایالات متحده با ابعاد بزرگ، طراحی ساده و پیشرانه‌های پر قدرت، در مرکز توجه قرار داشتند. دورانی طلایی برای خودروسازانی مانند "کرایسلر" که خودروهایشان بیشتر شبیه هواپیما بود! برای مثال دوج موناکو^۱ (شکل ۱-۱) با ۵۷۵۰ میلی متر طول، ۲۰۰۲ میلی متر عرض، ۱۷۵ اسب بخار توان و مصرف سوخت تقریبی ۲۲ لیتر در ۱۰۰ کیلومتر، از محصولات پر فروش این شرکت بود. ضریب پسای این مدل حدود ۰/۵ گزارش شده است [۱].



شکل ۱-۱: دوج موناکو مدل ۱۹۷۲ [۱]

با پایان این دوران و روند رو به رشد قیمت سوخت، خودروسازان تولید خودروهای کم مصرف را در اولویت قرار دادند. در ایالات متحده با مطرح شدن بحران انرژی، قدرت پیشرانه‌ها به شدت محدود و در نتیجه جثه خودروها کوچکتر شد زیرا پیشرانه‌های جدید دیگر توان کافی برای به حرکت درآوردن این خودروهای غول پیکر را نداشتند. این موضوع تا جایی پیش رفت که تولید بسیاری از محصولات پر طرفدار آمریکایی در عرض چند سال متوقف و خودروهای به مراتب کوچکتر جایگزین آنها شد. پیسر اکس^۲ (شکل ۱-۲) با ۴۳۱۸ میلی متر طول، ۱۹۵۶ میلی متر عرض، ۹۰ اسب بخار توان و مصرف سوخت تقریبی ۱۴ لیتر در ۱۰۰ کیلومتر، یکی از این خودروها بود. ضریب پسای این خودرو حدود ۰/۴ گزارش شده است [۱].

^۱ Dodge Monaco

^۲ Pacer X



شکل ۱-۲: پیسر اکس مدل ۱۹۷۶ [۱]

در سال ۲۰۱۲ طی قراردادی بین دولت آمریکا و سیزده خودروساز بزرگ آمریکا مقرر شد تا پیش از سال ۲۰۲۵، مصرف سوخت خودروهای تولیدی به ۵۴/۵ مایل بر گالن برسد. در سال ۲۰۱۲ این مقدار ۲۳ مایل بر گالن بود و این یعنی کاهش ۱۳۴ درصدی مصرف سوخت! طبق اعلام سازمان EPA^۱ در ایالات متحده، سوختن هر گالون سوخت موجب ورود ۲۰ پوند دی اکسید کربن در هوا می‌گردد. لذا این کاهش ۱۳۴ درصدی در مصرف سوخت، تاثیر بسزایی در کاهش آلودگی هوا نیز خواهد داشت.

۱-۱- روش‌های کاهش مصرف سوخت

در اینجا به مهمترین راه‌های کاهش مصرف سوخت اشاره می‌کنیم. میزان تقریبی کاهش مصرف سوخت در نتیجه استفاده از این روش‌ها در داخل پرانتز ذکر شده است.

- استفاده از تکنولوژی‌های مربوط به موتور و سیستم انتقال قدرت شامل :

– زمان بندی متغیر سوپاپ‌ها^۲ (۰.۵٪)

– تزریق مستقیم سوخت^۳ (۰.۱۲٪)

– استفاده از توربوشارژر^۴ (۰.۷/۵٪)

– سیستم انتقال قدرت اتوماتیک^۵ (۰.۶٪)

– سیستم‌های هیبریدی تولید توان

- بدنه

– کاهش وزن خودرو به وسیله استفاده از مواد سبک و مقاوم (۰.۵٪ به ازای هر ۱۰٪ کاهش وزن)

– کاهش نیروی پسا (۰.۵٪ به ازای هر ۱۰٪ کاهش نیروی پسا)

^۱ Environmental Protection Agency

^۲ Variable Valve Timing

^۳ Direct Fuel Injection

^۴ Turbocharger

^۵ Automatic Transmission

لازم به ذکر است رابطه کاهش مصرف سوخت با کاهش نیروی پسا در سرعت‌های مختلف یکسان نیست. برای مثال وود^۱ و همکاران [۲] با آزمایش بر روی یک تریلر، به نتایج مندرج در جدول (۱-۱) دست یافتند. این نتایج نشان می‌دهد که در سرعت ۶۰ مایل بر ساعت (۹۶ کیلومتر بر ساعت)، ۲٪ کاهش نیروی پسا موجب ۱٪ کاهش مصرف سوخت می‌گردد در حالی که در سرعت ۲۰ مایل بر ساعت (۳۲ کیلومتر بر ساعت)، جهت دستیابی به ۱٪ کاهش مصرف سوخت، می‌بایست نیروی پسا ۶٪ کاهش یابد.

جدول ۱-۱: کاهش مصرف سوخت به ازای کاهش نیروی پسا در سرعت‌های مختلف [۲]

Vehicle Speed (mph)	Aerodynamic Drag Reduction to Increase Fuel Economy 1%
60	2%
40	3%
20	6%

در این پایان نامه قصد داریم به بررسی اثر هندسه قسمت عقب خودرو بر نیروی پسا بپردازیم. در این میان، تغییرات نیروی برآ نیز مورد بررسی قرار گرفته است. به طور خلاصه در وصف سهم نیروی پسا در مصرف سوخت خودرو می‌توان گفت که در سرعت‌های بالا، حدود ۵۰ درصد از توان موتور خودرو صرف غلبه بر مقاومت هوا می‌شود. در اینجا منظور از سرعت بالا، سرعتی است که در آن ضریب پسا از عدد رینولدز مستقل می‌گردد. در ادامه به شرح بیشتر این موضوع می‌پردازیم.

۲-۱- جریان حول خودرو

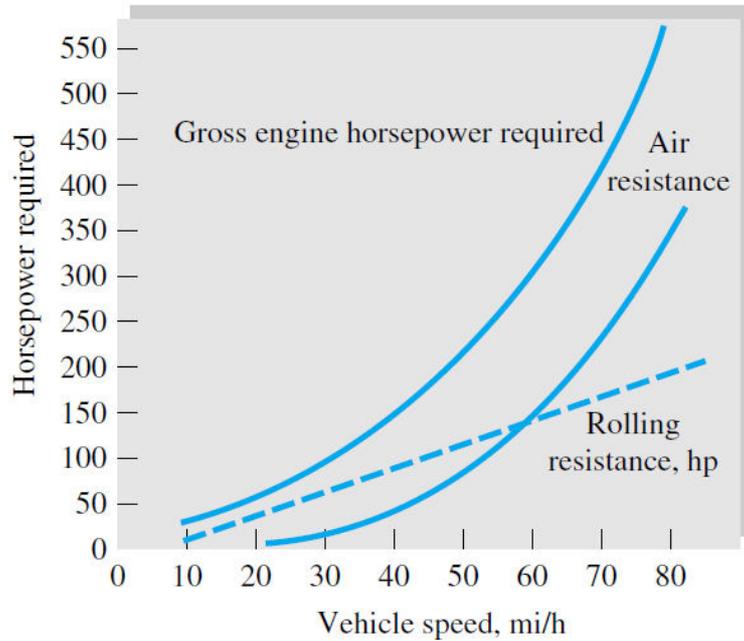
جریان هوای اطراف خودرو نیرویی را به خودرو وارد می‌کند که می‌توان آنرا به دو مولفه افقی و عمودی تقسیم کرد. این مولفه‌ها را به ترتیب پسا^۲ و برآ^۳ می‌نامیم. نیروی پسا در واقع مقاومت هوا در برابر عبور خودرو است و همان‌طور که گفتیم، در سرعت‌های بالا حدود ۵۰ درصد از نیروی موتور صرف غلبه بر این نیرو می‌شود. با افزایش سرعت، نیروی پسا نیز افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، هر چه خودرو با سرعت بیشتری حرکت کند، نیروی پسای بیشتری هم به آن وارد می‌شود. شکل ۱-۳ رابطه اسب بخار مورد نیاز با سرعت یک تریلر^۴ را نمایش می‌دهد [۳]. این نمودار نشان می‌دهد با دو برابر شدن سرعت خودرو، اسب بخار مورد نیاز برای حرکت چهار برابر می‌شود. در واقع نیروی پسا با مجذور سرعت متناسب است.

^۱ Wood

^۲ Drag

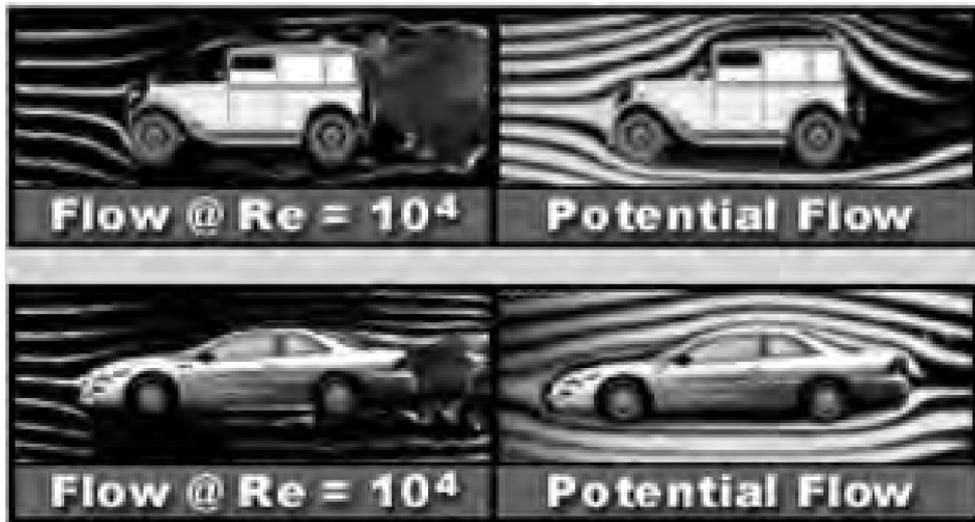
^۳ Lift

^۴ Trailer



شکل ۱-۳: افزایش اسب بخار مورد نیاز با افزایش سرعت یک تریلی [۳]

می‌توان گفت خطوط جریان در اطراف یک خودروی مدرن و آیرودینامیک، بسیار شبیه به خطوط جریان اطراف آن خودرو در جریان پتانسیل است (شکل ۱-۴) [۴].



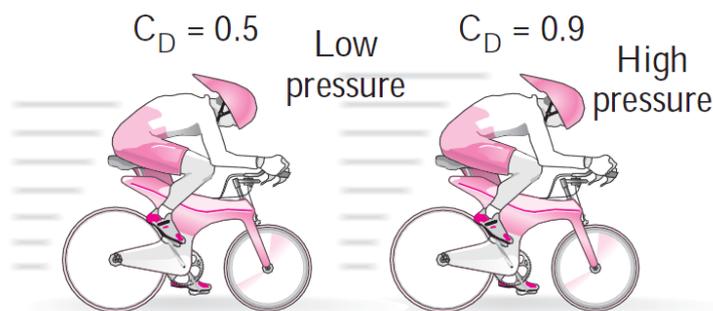
شکل ۱-۴: خطوط جریان در اطراف یک خودرو در جریان پتانسیل و جریان واقعی [۴]

نیروی پسا می‌تواند به دو قسم فشاری^۱ و ویسکوز^۲ باشد. پسای ویسکوز در اثر تنش برشی سیال بر سطح جسمی که در آن حرکت می‌کند ایجاد می‌شود و بیشتر در مورد هندسه‌هایی مانند ایرفویل اهمیت می‌یابد. از طرفی پسای فشاری در اثر اختلاف فشار بین قسمت جلو و عقب خودرو اتفاق می‌افتد که ریشه

^۱ Pressure drag

^۲ Viscous drag

این اختلاف فشار، افت فشار در قسمت عقب خودرو به دلیل جدایش لایه مرزی^۱ است. برای تجسم بهتر از این افت فشار می‌توان مثال دوچرخه سواران را مطرح کرد. دوچرخه سواران در مسابقات گاهی خود را پشت سر سایرین قرار می‌دهند تا با قرار گرفتن در ناحیه کم فشار پشت آنها، نیروی پسای کمتری را تحمل کنند. این کار می‌تواند پسای وارده به دوچرخه سوار را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد (شکل ۱-۵) [۴]. به این عمل "Drafting" گفته می‌شود. لازم به ذکر است که منشاء نیروی برآ نیز "اختلاف فشار" بین زیر و روی خودرو است.



شکل ۱-۵: کاهش نیروی پسا توسط قرارگرفتن در ناحیه کم فشار پشت یک دوچرخه سوار [۴]

۱-۳- کاهش نیروی پسا

خودروهای اولیه در دهه ۲۰ میلادی دارای ضریب پسای حدود ۱ بودند. البته در آن زمان این امر موضوع مهمی نبود چون خودروها سرعت پایینی داشتند. این مقدار در دهه ۴۰ میلادی به ۰/۷، دهه ۷۰ میلادی به ۰/۵۵، دهه ۸۰ میلادی به ۰/۴۵، دهه ۹۰ میلادی به ۰/۳ و امروزه در خودروهای سواری به حدود ۰/۲۵ رسیده است (شکل ۱-۶ و ۱-۷). قطره باران^۲ به عنوان آیرودینامیک ترین هندسه موجود در طبیعت، دارای ضریب پسای حدود ۰/۱ است. باور مهندسیین بر آنست که ضریب پسای یک خودرو نمی‌تواند از این مقدار کوچکتر باشد. لذا فاصله کمی با مقدار ایده‌آل که همان ۰/۱ است داریم. امروزه ضریب پسای خودروها از حدود ۱ برای کامیون‌ها تا ۰/۳ برای خودروهای سواری متغیر است.

^۱ Boundary layer separation

^۲ Teardrop