

بسم الله الرحمن الرحيم



آیر و دینامیک خودرو

گرد آورندہ : بهزاد عبدی



استاد : مهندس جهانی



اردیبهشت ۹۱

(پرودینامیک مُودرو)

معنی ایرودینامیک در اصل، چیزی به جز مطالعه رفتار هوای متحرک نیست. اگر بخواهیم از رفتار هوا به نفع خود استفاده کنیم، باید ببینیم که هوا به هنگام حرکت چگونه عمل می کند. از آزمایشات با دوچرخه یا اتومبیل بدون سقف و همچنین از تجربیات خود در مورد تأثیر هوای توفانی. می دانیم که یک تندباد دارای چه نیروی عظیمی است؛ کار یک متخصص ایرودینامیک این است که از این نیروی عظیم برای بالا نگهداشتن هوایپیما استفاده کند؛ برای مثال، اگر یک هوایپیما ۷۵ تن وزن داشته باشد، بالهای آن باید طوری طراحی شوند که جریان هوا بتواند در آنها فشاری معادل ۷۵ تن ایجاد کند.

هدف طراح بال اینست که باد نسبی فقط مقدار نیرویی را تولید کند که آن نیرو هوایپیما را به سمت بالا سوق دهد. وی دیگر مایل نیست که باد نسبی نیرویی هم برای پس زدن و عقب بردن هوایپیما ایجاد کند. اما طراح متأسفانه قادر نیست به آنچه می خواهد دست یابد، زیرا جریان هوا در اطراف هوایپیما مقداری هم نیروی رو به عقب تولید می کند که این نیرو حرکت رو به جلوی هوایپیما را محدود می سازد.

نیروی رو به عقب در بین مهندسان هوانوردي به نیروی پسار یا رانش معکوس یعنی نیرویی که هوایپیما را به عقب می کشد، معروف است. شما هم اگر رو به باد رکاب بزنید یا بدوید، احساس خواهید کرد که نیرویی شما را از عقب می کشد و از پیشرویتان جلوگیری می کند. نیرویی که رو به بالا عمل کرده، وزن هوایپیما را تحمل می کند نیروی برآر (بردارنده یا بالا برنده) نام دارد. پس معلوم می شود که این مهندسان عمر خود را صرف تلاش برای طراحی بال و بدنه می کنند تا بتوانند به بیشترین نیروی برآر با کمترین نیروی پسار دست یابند. یعنی به چیزی برسند که در اصطلاح فنی بهترین نسبت برآر به پسار نامیده می شود.

حال می توان مشکل آنان را به دو قسم تقسیم کرد؛ نخست باید کاری کنند که پسار پیکر اصلی هوایپیما (پسار بدنه) تا حد امکان ضعیف و اندک باشد. برای اینکار باید از ایجاد هرگونه پستی و بلندی و استفاده از سطوح زبر و ناصاف جلوگیری کنند و شکل مناسبی برای دم و دماغه هوایپیما انتخاب کنند.

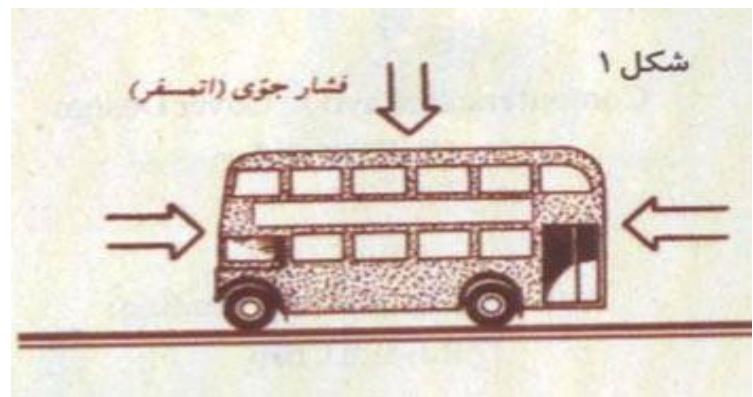
شكل خوب و مناسب برای پسار کمتر در هوا، کم و بیش باید نظری شکل بدن ماهی باشد که در آب پسار چندانی تولید نمیکند. به عبارت دیگر، دماغه هوایپیما باید کاملاً گرد باشد و دم آن مخروطی و کشیده. البته ممکن است فکر کنید این نوک دماغه است که باید مخروطی و تیز باشد، لیکن باید دانست که این نوع شکل بدنه برای هوایپیماهایی که کندر از سرعت صوت پرواز می کنند مناسب نیست.

از سوی دیگر، اگر مسایل را تا اینجا به دقت دنبال کرده باشید ممکن است سوال کنید که چرا باید هوای آشفته در پشت سر هوایپیما از پیشروی آن جلوگیری کند. در واقع نیز هوا نمی تواند چیزی را به عقب بکشد، چون هوا مثل آب است نه مثل طناب. حتی اگر تکه ای از هوا را به جسمی گره بزنیم نمی توانیم آن جسم را بکشیم، زیرا ذرات هوا از هم باز می شود و گره نیز از بین می رود.

به احتمال قوی انتظار دارید بگوییم نیروی پساری که هوا در هوایپیما یا اشیا تولید می کند از طریق فشار دادن است نه کشیدن، یعنی باید هوای جلوی هوایپیما باشد که پسار به وجود می آورد نه هوای عقب آن. این نظریه درست است و ایرادی بر آن وارد نست، ولی کل قضیه برخلاف سادگی ظاهري، از مفهوم عمیق تری برخوردار است. به عنوان مثال بد نیست کمی در مورد همین اتوبوسی که ایستاده است (شکل ۱) بیندیشیم:

فشار هوا در همه اطراف آن برابر و مقدارش نیز به همان اندازه فشار جوی متعارفي است که همواره ما را احاطه کرده است.

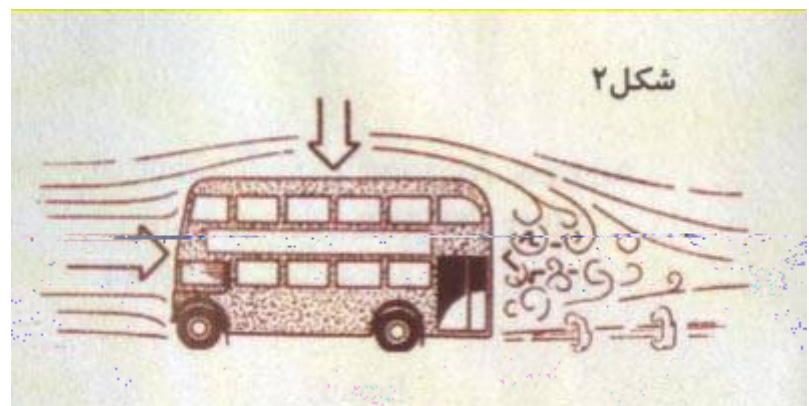
شکل ۱



اما به محض اینکه اتوبوس راه می‌افتد (شکل ۲)، فشار هوا در جلو آن اندکی از فشار متعارف بیشتر می‌شود. اکنون دیگر تعادل بین فشار هوای جلو و فشار هوای پشت اتوبوس از بین رفته و فشاری اضافی در جلو اتوبوس پیدا شده که اتوبوس را به سمت عقب پس می‌زند و باعث ایجاد پسار می‌شود.

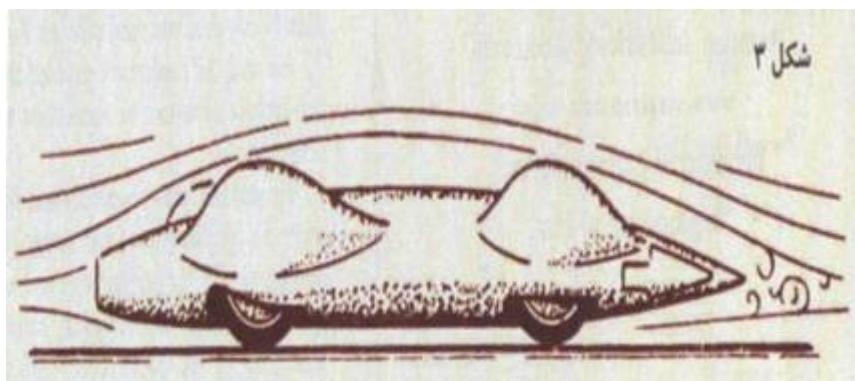
حال لازم است که فشار هوای عقب را تا جایی که مقدور است بالا نگه داریم تا تعادل از دست رفته را دوباره بدست آوریم. برای این منظور، چاره‌ای نیست جز اینکه عقب ماشین را مخروطی درست کنیم تا جریانات تقسیم شده هوا به نرمی به هم ملحق شوند و زیاد دچار آشفتگی نگردند.

شکل ۲



این روش در ساختن اتومبیلهای سواری تندرو (شکل ۳) و هواپیماهای سریع السیر و همچنین در طراحی بدن کشتیها و قایق‌ها نیز به کار می‌رود. به هر حال، اینکه مقاومت هوا (نیروی پسار) در اطراف هواپیما چگونه به حداقل رسانده شود تنها یکی از مشکلات مهندسان ایرودینامیک است. مشکل دیگر شان منحصرأ به بال و اندامهایی نظیر آن مربوط است و لذا کشتی و اتوبوس را در بر نمی‌گیرد.

شکل ۳



نیروی درگ چیست؟

هر خودرو برای حرکت همواره با نیرویی از جانب سیال (هوای) روبرو است، این نیرو همان نیروی درگ است که در مسائل ائرودینامیکی مربوط به طراحی و ساخت خودرو همواره از اهمیت خاصی برخوردار است. طراحان و خودروسازان به وسیله اعمال ترفندهایی سعی در کاهش این نیرو و مقابله با آن را دارند. نیروی درگ به عوامل مختلفی مربوط می‌شود تا یک خودرو دارای ضریب ائرودینامیکی (ضریب پسار) بهتری باشد. برخی از این عوامل عبارتند از:

۱. جنس مواد به کار رفته در بدنه خودرو (برخی از مواد دارای اصطکاک کمتری با هوا هستند که مورد توجه قرار می‌گیرند در ساخت بعضی از خودروها)

۲. خطوط روی بدنه خودرو (این خطوط کمک شایانی به خودرو جهت شکافتن هوا می‌نمایند).

۳. شکل ظاهری خودرو (برای درک این مورد کافی است به شکل ظاهری خودروهای سوپر اسپرت مثل لامبورگینی و فراری توجه و بعد از آن به خودروهای شاسی بلند مثل هامر یا جیپ توجه کنید تا متوجه خواص ائرودینامیکی بهتر سوپر اسپرت‌ها شوید).

یکی از عواملی که در طراحی خودرو باید لحاظ شود انجام عملیاتی که در قسمتهایی از خودرو گره‌ها و یا به عبارت بهتر اشتفتگی‌های هوایی به وجود نماید. این اشتفتگی‌ها باعث می‌شوند تا خودرو برای تداوم داشتن حرکت خود تلاش بیشتری کند و یکی از مضرات این تلاش بیشتر افزایش مصرف سوخت در خودرو است. این گره‌ها همچنین باعث ناپایدار شدن خودرو هم می‌شوند.

مسائل ائرودینامیکی در طراحی خودروهای مسابقه‌ای از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است از این رو می‌توان خودروهای فرمولوان را نام برد که از بالاترین سطح ائرودینامیک خودرو سود می‌برد. به عبارت بهتر در خودروهایی که در مسابقات سرعت شرکت می‌کنند مقاومت هوا باید به میزان بسیار کمتری در مقابل خودرو صورت پذیرد.

در خودروهای سوپر اسپرت و خودروهایی که فاکتور سرعت و شتاب بسیار مهم است سرعت‌هایی که از زیر خودرو عبور می‌کند بسیار سریع تر از هوایی که از بالای خودرو عبور می‌کند است بنابراین به دلیل حرکت کند هوا در بالای خودرو فشار ایجاد شده در این قسمت بیشتر از قسمت زیر خودرو است و فشار بالای خودرو باعث چسبیدن خودرو به زمین می‌شود.

در خودرو مناطق مختلف خودرو دارای مقادیر مختلف فشار هستند:

قسمت جلوی خودرو دارای فشار زیاد است

قسمت عقب خودرو دارای فشار کمی است

قسمت جلوی خودرو جریان هوا را می‌شکافد سپس هوای شکافته شده به منطقه پشت آن می‌رسد در این وقت قسمت پشت خودرو باید توانایی این امر را داشته باشد تا هوای شکافته شده را به ارامی بینند. به طور کلی هرچه جلوی خودرو سریع تر هوا را بشکافد و قسمت عقب با ارامش بیشتری حفره ایجاد شده را بینند مشاهد جریان اغتشاشی کمتری در قسمت عقب خودرو هستیم.

جریان‌های ایرودینامیکی:

منظور از جریان‌های ائرودینامیکی حرکت هوا روی سطح بدنه است به طور کلی هوایی که از روی سطح بدنه خودرو عبور می‌کند به دو دسته جریان تقسیم می‌شوند:

جریان لامینار - جریان توربولانس

جريان لامینار:جريان هایی که با نظم خاصی از روی بدنه خودرو عبور می کند.اين جريان ها داراي هيج گونه اغتشاش و بى نظمی در حرکت خودرو نیستند و بيشتر در جلو ، طرفین و قسمت زيرین خودرو به وجود می آيد.خطوط روی بدنه به جهت دادن اين جريان ها کمک می نماید.

جريان توربولانس:اين جريانها داراي بى نظمی هستند.اغتشاش زيادي را به وجود اورده و بيشتر در قسمت عقب خودرو پدیدار می گرددنقدار اين جريان ها در خودروهای سدان (چهار در) بيشتر هستند البته اين بدین معنی نیست که خودروهای سدان دارای نیروی درگ بسيار زيادتری نسبت به خودروهای ديگر باشند.به قول معروف با مهندسی دقیق هر کاری میشود انجام داد.مهندسين و طراحان همواره در تلاشند تا با بهبود خواص ائرودینامیکی اين جريان ها (توربولانس) را از بين ببرند.هرچه جريان های توربولانس کمتری در خودرو پدیدار گردد خودرو دارای نیروی درگ کمتری خواهد بود.

ضریب پسار چیست؟

طبق مطالب گفته شده هر خودرویی در طول مسیر حرکت خود باید با نیروی درگ مقابله کند.ضریب ائرودینامیکی که در زبان فارسی به ان ضریب پسار اطلاق می شود مقاومت هوا در مقابل خودرو را نشان می دهد و یا به عبارت بهتر مقدار نیروی درگ را نشان میدهد.هرچه اين عدد باشد نیروی درگ ما کمتر است.اين عدد هيج گونه يکابی (واحد) ندارد و همیشه کمتر از یک است (مثالاً ۰.۳۵).

در زیر ضریب پسار چند خودرو را برای شما اورده ایم:

Nissan GT-R : 0.27 cd

BMW 650i 2011 : 0.032 cd

BMW 640i 2011 : 0.31 cd

BMW Vision Efficient Dynamics : 0.22 cd

Bently Continental GT coupe 2012 : 0.33 cd

BMW 740Li 2010 : 0.30 cd

Ford Fusion 2010 : 0.33 cd

Ford Mustang GT 2009 : 0.38 CD

Mersedes Benz SL500 2009 :0.32 CD

Mini Cooper Convertible 2009 : 0.35 cd

Hyundai Elantra 2010 : 0.28 cd

انتخاب شیب اتاق عقب و همچنین طول صندوق عقب خودرو رابطه مستقیمی با نیروی آبرو دینامیکی که از طریق نقطه جدایش ایجاد می شود دارد. جدایی باید در نقاط مشخص و محدود روی دهد. هر چه این ناحیه کوچک تر باشد نیروی مقاوم کمتر می شود. به صورت تئوری یک شکل ایده آل برای عقب خودرو از نظر آئرو دینامیکی شکلی شبیه قطره اشک است.

از آنجایی که آندازه منطقه جدایش روی نیروی آبرو دینامیک که تاثیر مستقیم دارد دامنه جریانی که به قسمت عقب خودرو و برای چرخش به سمت پایین آن فشار می آورد بر نیروی بالا برنده آبرو دینامیکی بر عقب تاثیر می گذارد. نکته دیگری که باید در طراحی عقب خودرو مورد توجه قرار گیرد. توانایی رفع گرد و غبار روی اتاق عقب و چراغ های عقب است. آشتفتگی زیاد جریان در منطقه شامل این چنین اجرایی می باشد. و خاک در این نواحی انباشته خواهد شد. و مانع دید عقب می شود.

نیروی آبرو دینامیکی :

در نتیجه عکس العمل متقابل بدن خودرو و جریان هوا، نیروها، و گشتاورها ایجاد می شوند. این نیرو ها را می توان به صورت سینماتیک به عنوان سه نیرو و سه گشتاور مشخص کرد که این گشتاورها و نیروها حول محورهای اصلی خودرو عمل می کند. این عکس العمل ها به شرح زیرند :

گشتاور نیرو چهت

گشتاور پیچشی نیروی آبرو دینامیکی (X طولی مثبت در جهت محور)
گشتاور دورانی نیروی جانبی (کناری) (Z جانبی مثبت متمایل به راست محور)
گشتاور چرخشی نیروی بالا برنده (Z عرضی مثبت در جهت بالا محور)

مولفه های نیروی مقاوم (درآگ)

نیروی درآگ بزرگترین و مهمترین نیروی آبرو دینامیکی است که خودروهای سواری در سرعتهای معمولی بزرگ راهها، با ان رو برو هستند درآگ کل بر روی خودرو های سواری از ترکیب متابع زیادی ناشی می شود کارهای متقاوی ممکن است برای کاهش اثرات این نیرو انجام گیرد. شکل زیر یستی از مهمترین نیروهای مقاوم و راههای کاهش آنها را بر روی قسمت های مختلف خودرو در دهه ۱۹۷۰ نشان میدهد.

از جمله راههای مناسب برای کاهش نیروی درآگ می توان به استفاده از یک صفحه صاف در زیر خودرو، طراحی درست بر آمدگی های بدن مانند چرخها حفرهای چرخ ها اشاره کرد.

نیروی درآگ قابل توجهی در چرخها به علت جریان برگشتی گردابی در فضاهای خالی بوجود می آید لبه های تیز چرخ، فرصت بوجود آمدن اثرات جریان در یک سطح افقی را از بین می برد تا زمانی که چرخ تمايل دارد به صورت دایره ای در یک سطح عمودی بچرخد. این تأثیرات بیشتر از آنچه که به نظر بباید به چرخ برای اثر گذاری بیشتر جریان، کمک می کند زیرا قسمت جلو در معرض جریان هوا قرار دارد.

برای بهبود این وضعیت معمول این است که سپر آبرو دینامیکی محافظتی در نواحی چرخ ها و سوراخ های چرخ ها قرار می گیرد در صورتی که در چرخ های عقب می توان با کاهش فضای میان سطح زیری و زمین با کم کردن حفر؟ چرخ ها و کم چرخ ها را در ایجاد نیروی درآگ آبرو دینامیکی کاهش داد.

سیستم خنک کننده آخرین عامل عدم تأثیر گذار بر نیروی درآگ است جریان هوای عبوری از رادیاتور به موتور و محفظ احتراق بر خورد می کند و فشار دینامیکی آن مثل نیروی درآگ روی خودرو اعمال می شود. الگوی جریان هوا درون یک قسمت مشخص موتور ممکن است به علت فقدان عمل آبرو دینامیکی در این ناحیه بسیار نامنظم باشد بدون توجه به کنترل جریان هوا ف هوای ورودی از میان رادیاتور، قسمتی از حرکت پیش برنده را تلف می کند.

آیرودینامیک و کاهش مصرف سوخت

همانطور که مشخص است کلیه خودروها در هوا یک سیال است حرکت می کنند. از این رو با شکل گیری لایه هیدرودینامیکی بر روی بدنه خودرو نیروی درگ بر روی خودرو اثر می گذارد حال اگر این نیرو را بر هر صورتی به مقدار حداقل و بهینه

رساند. می توان تا حد قابل ملاحظه ای در مصرف سوخت صرفه جویی کرد و بنابراین تا حد زیادی از تولید آلاینده ها و بالخصل گاز دی اکسید کربن جلوگیری می شود.

حرکت در جهت بهینه سازی بدنه ۱۹۷۵ با جهش در مصرف سوخت خودرو های بین نسل تولیدی دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ آغاز گردید. در این خودرو ها مصرف بنزین افزایش چشمگیری نشان می داد که علت آن ساخت خودروهایی با سطح جلوی عمودی و وسیع قسمت عقبی بریده شده شبیه فرم اتومبیل پیکان بود. در این خودرو ها به علت وجود نقطه جدایش در قسمت انتهایی نیروی درگ بالایی بوجود می آمد. راه حل مناسبی که برای رفع این نقیصه پیشنهاد شد اضافه کردن قسمتی به ناحیه انتهایی و ایجاد فرم دئکی شکل بود.

در سال ۱۹۷۵ پروفسور (آلبرتومورلی) (طرحی برای بدنه ایده آل آیرودینامیک و قابل ساخت ارائه داد. ویژگیهای اصلی چنین طرحهایی عبارتند از تلاش جهت دستیابی به نیروی بالا برندۀ در حد صفر و نیز نیروی درگ بسیار پایین که در نتیجه پایداری اتومبیل و کنترل بر توزیع نیروهای محوری افزایش می یابد.

البته طرحهای آیرودینامیک ضعفهایی هم دارند که از جمله آنها تاثیر بادهای جانبی بر روی عملکرد خودرو است که بیشتر از آن چیزی است که مورد انتظار است و نیز انحراف جانبی خودرو تاثیر شدیدی بر پایداری خودرو می گذارد. بر اساس طرح پروفسور مورلی اتومبیلی به نام E-Auto در سال ۱۹۹۲ ساخته شد. که با همه بهینه سازی ها این اتومبیل دیفرانسیل جلوی موتور وسط سه نفر هد ۱.۵۷ لیتر بنزین در هر صد کیلو متر مصرف می کرد. البته طرح پیشنهادی پروفسور مورلی در قسمت آیرودینامیک بسیار تاثیر گذار بود. و نمای جانبی، بسیاری از خودرو های کم مصرف و نیز خودروهای اسپرتی که در سرعت های بالا نیروی درگ مشکلی اساسی بود. شبیه فرم ایده ال پروفسور مورلی است. خودروهای کم مصرف مانند هوندا هیبریدی اینسانت، پروژه EV1 جنرال موتور و خودروهای اسپرتی مانند انواع مک لارن F1 جانبی کاملاً آیرودینامیکی دارند.

لازم بذكر است طرحهای آیرودینامیک اغلب زیباتر و از لحاظ اینمی هم برتری بر خودروهایی با طرحهای قدیمی دارند. در خودروهای آیرودینامیک ارتفاع در پوش موتور کاهش یافته و سطح شیشه جلوی راننده افزایش یافته پس راننده کنترل بهتری دارد. و دید بهتری نسبت به اطراف دارد.

نتایج چند نمونه طرحهای ایده آل آیرودینامیک :

یکی از محصولات کمپانی جنرال موتور طرحی است به نام آئرو ۲۰۰۲ که بر درگ حمل چهار نفر مسافر در نظر گرفته شده است شبیه شیشه جلوی آن ۶۸ و بسیار خوبیده تر از اتومبیل های معمولی است. ضریب درگ این بدنه که از جنس فایبر گلاس است معادل رقم باور نکردنی ۱۴.۰ (در صد ضریب پسای هوایپیما) است و سطح پیشین آن برابر ۱.۶۸ متر مربع است لازم به ذکر که رقم ضریب برای اتومبیل های معمولی در حد ۳/۰ تا ۰/۴ می باشد. و رقم های زیر ۳/۰ طرحهای بسیار پخته و فنی می باشند.

توان آئرودینامیک این خودرو و یا به عبارت دیگر توان مورد نیاز جهت غلبه بر مقاومت هوا در سرعت ۵۰ کیلومتر بر ساعت معادل ۱/۲ اسب بخار می باشد. و مصرف سوخت آن برای هر یک کیلومتر برابر ۳/۷ لیتر می باشد. از جمله ویژگیهای این طرح زیرین صافی و بسته وجود روپوش روی چرخهای جلو و عقب و شیشه های همسطح بدنه می باشد.

یک طرح موفق دیگر، اتومبیل پرو ب ۴ ساخت فورد می باشد. که مجهز به یک موتور خطی ۱/۶ لیتری چهار سیلندر است که به طور عرضی در اتومبیل کار گذاشته می شود. و باعث چرخش چرخهای جلو می شود. توان آئرودینامیک این خودرو و معادل ۲/۵ اسب بخار برای حرکت در سرعت ۵۰ کیلومتر بر ساعت می باشد.

از جمله ویژگیهای این طرح شیشه های همسطح بدن و شیب ۶۰۰ شیشه جلو و آینه بغل آئرودینامیک است از دیگر ویژگیهای این طرح محفظه چرخهای جلو است که توسط یک پوسته انعطاف پذیر از جنس (پلی اتیلن الاستومر) پوشانیده شده و یک حفاظ انحنا دهنده بر روی آن قسمت لاستیک و رینگ که در پشت این پوسته مخفی گشته پوسته را به بیرون انداخته و سطح خارجی قوسی دار و آئرودینامیکی را که هوا به راحتی از کنار آن می گذرد.

وجود آورده است همین پوسته باعث کاهش ۹ درصدی ضربه پسا شده است.

طرح دیگری که بین صنعت و دانشگاه شکل گرفته به عنوان ASCC نامیده می شود. این طرح که همکاری دانشگاه کرنفلد انگلستان و کمپانی لوتوس و شرکت رینارد انجام گرفت. و نشان داد که دسترسی به سطح نهایی مورد نظر در مصرف سوخت اتومبیل با فن آوری فعلی صنایع خودرو سازی کاملاً امکان پذیر است.

در طرح از نتایج بدست آمده در طراحی و ساخت خودروی EAUTO استفاده زیادی گردید. که نتیجه آن طی ۱۶۰ مایل با یک گالن بنزین بود. لازم به ذکر است که این بدن ای از جنس فیر کربن داشت AEROSTABLE Carbon car نامیده می شود که به معنای اتومبیل کربنی هوا سر می باشد.

در انتهای این طرح دیگری که بین صنعت و دانشگاه شکل گرفته به عنوان RD 1600 نام برد که موتور آن با موتور پیکان ۱۶۰۰ پیکان است و فقط نزدیک پنجم اوردرایو در سیستم انتقال قدرت دارد که در آزمون مصرف سوخت از آن استفاده نشده است پس تنها تفاوت این دو خودرو در بدن و فرم آئرودینامیک پژو ۱۶۰۰ RD است. طبق کاتالوگ دو خودرو مصرف پیکان ۱۶۰۰ در جاده و در هر ۱۰۰ کیلومتر ۲/۰ لیتر است که این رقم در پژو ۱۶۰۰ RD برابر ۸/۵ لیتر در هر ۱۰۰ کیلومتر می باشد. که این کاهش مصرف سوخت را تا حد ۹۰ درصد می توان به فرم آئرودینامیکی بدن پژو ۱۶۰۰ RD نسبت دارد.

اکنون به عنوان مثال به تحلیل خودروی سمند در نرم افزار Ansys می پردازیم. ابتدا به دلیل اینکه در این پروژه با سیال هوا سروکار داریم. در قسمت راه انداز Flotron product selection عبارت Mechaniccal را انتخاب کرده و با دستور RUN وارد نرم افزار می شویم.

کلیه نقاط را با توجه به اندازه خود وارد کرده و OK می کنیم. با وارد کردن نقاط خودرو ، خطوط دور خودرو را ترسیم و همانند اتومبیل نقاطی را که در آن تنش وجود دارد Filet بندی می کنیم .

در مرحله بعد مدل را در صفحه ایجاد کرده، می دانیم که این مدل یک مدل صفحه ای است. لازم به ذکر است که برای ایجاد چرخ های اتومبیل دو دایره به صورت صفحه ای در زیر مدل ترسیم کرده و سپس سر دایره را از مدل جدا کرده تا مدل طرح یک اتومبیل به ون چرخ باشد .

حال نوبت به طراحی تونل باد می رسد. برای ایجاد تونل باد، در اطراف مدل چهار نقطه انتخاب می کنیم. (تونل باد یک صفحه مستطیلی می باشد) اما باید توجه داشت که فاصله جلوی خودرو تا خط عمودی (ورودی جریان در تونل) باید (۱/۴) طول خودرو فاصله کف خودرو تا خط افقی تونل باد (جاده) به اندازه تاییر خودرو ، و ارتفاع تونل باد ۶ برابر ارتفاع خودرو در نهایت فاصله عقب خودرو با خط عمودی (خروجی تونل باد) اندازه طول خودرو می باشد. پس از طراحی تونل باد مدل را مش بندی می کنیم .

مرحله بعد مرحله بارگذاری می باشد. در این مرحله پس از وارد شدن ده به SOLLUTTON باید خصوصیات نیروهای وارد به مدل اعمال شود. مثلًا سرعت باد در خطوط ورودی جریان ، اندازه سرعت ، در خطوط بالا و این تونل باد که صفر است و فشار در خط خروجی که باز برابر صفر می باشد .

در ادامه باید خصوصیات سیال تعریف گردد. سیال SI-Air در نظر گرفته می شود. و با مشخصه های TEMP.....Adiabatic , TREN.....Transitent COMP.....Incompressible , TURB....TURLUnt

اکنون وارد مرحله پایانی بینی حل مسیله و دیدن مسئله می شویم . می توان در قسمت کانتورها، کانتورهای سرعت در جهات X,Y,Z و کانتور فشار را مشاهده نمود. مشخصات تونل باد و خودرو ، جهت حرکت باد و بردارهای سرعت فشار از دیگر نتایج حل می باشند که می توان مشاهده کرد .

همانطور که مشخص است کلیه خودروها در هوا یک سیال است حرکت می کنند. از این رو با شکل گیری لایه هیدرودینامیکی بر روی بدنه خودرو نیروی درگ بر روی خودرو اثر می گذارد حال اگر این نیرو را بر هر صورتی به مقدار حداقل و بهینه رساند. می توان تا حد قابل ملاحظه ای در مصرف سوخت صرفه جویی کرد و بنابراین تا حد زیادی از تولید آلاینده ها و بالخصوص گاز دی اکسید کربن جلوگیری می شود.

حرکت در جهت بهینه سازی بدنه ۱۹۷۵ با جهش در مصرف سوخت خودرو های بین نسل تولیدی دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ آغاز گردید. در این خودرو ها مصرف بنزین افزایش چشمگیری نشان می داد که علت آن ساخت خودروهایی با سطح جلوی عمودی و وسیع قسمت عقبی بریده شده شبیه فرم اتومبیل پیکان بود. در این خودرو ها به علت وجود نقطه جدایش در قسمت انتهایی نیروی درگ بالایی بوجود می آمد. راه حل مناسبی که برای رفع این نقیصه پیشنهاد شد اضافه کردن قسمتی به ناحیه انتهایی و ایجاد فرم دلکی شکل بود.

در سال ۱۹۷۵ پروفسور (آلبرتومورلی) طرحی برای بدنه ایده آل آیرودینامیک و قابل ساخت ارائه داد. ویژگیهای اصلی چنین طرحهایی عبارتند از تلاش جهت دستیابی به نیروی بالا برآورده در حد صفر و نیز نیروی درگ بسیار پایین که در نتیجه پایداری اتومبیل و کنترل بر توزیع نیروهای محوری افزایش می یابد.

البته طرحهای آیرودینامیک ضعفهایی هم دارند که از جمله آنها تأثیر بادهای جانبی بر روی عملکرد خودرو است که بیشتر از آن چیزی است که مورد انتظار است و نیز انحراف جانبی خودرو تأثیر شدیدی بر پایداری خودرو می گذارد. بر اساس طرح پروفسور مورلی اتومبیلی به نام E-Auto در سال ۱۹۹۲ ساخته شد. که با همه بهینه سازی ها این اتومبیل دیفرانسیل جلوی موتور وسط سه نفر هد ۱.۵۷ لیتر بنزین در هر صد کیلو متر مصرف می کرد. البته طرح پیشنهادی پروفسور مورلی در قسمت آیرودینامیک بسیار تأثیر گذار بود. و نمای جانبی، بسیاری از خودرو های کم مصرف و نیز خودروهای اسپرتی که در سرعت های بالا نیروی درگ مشکلی اساسی بود. شبیه فرم ایده ال پروفسور مورلی است. خودروهای کم مصرف مانند هوندا هیبریدی اینسانت، پروژه EV1 جنرال موتور و خودروهای اسپرتی مانند انواع مک لارن F1 جانبی کاملاً آیرودینامیکی دارند.

لازم بذكر است طرحهای آیرودینامیک اغلب زیباتر و از لحاظ اینمی هم برتری بر خودروهایی با طرحهای قدیمی دارند. در خودروهای آیرودینامیک ارتفاع در پوش موتور کاهش یافته و سطح شبیه جلوی راننده افزایش یافته پس راننده کنترل بهتری دارد. و دید بهتری نسبت به اطراف دارد.

نتایج چند نمونه طرحهای ایده آل آیرودینامیک :

یکی از محصولات کمپانی جنرال موتور طرحی است به نام آترو ۲۰۰۲ که بر درگ حمل چهار نفر مسافر در نظر گرفته شده است شبیه شبیه جلوی آن ۶۸ و بسیار خوبیده تر از اتومبیل های معمولی است. است. ضریب درگ این بدنه که از جنس فایبر گلاس است معادل رقم باور نکردنی ۱۴.۰ (در صد ضریب پسای هوایی) است و سطح پیشین آن برابر ۱.۶۸ متر مربع است لازم به ذکر که رقم ضریب برای اتومبیل های معمولی در حد $\frac{1}{3}$.۰ تا $\frac{1}{4}$.۰ می باشد. و رقم های زیر $\frac{1}{3}$.۰ طرحهای بسیار پخته و فنی می باشند.

توان آترودینامیک این خودرو و یا به عبارت دیگر توان مورد نیاز جهت غلبه بر مقاومت هوا در سرعت ۵۰ کیلومتر بر ساعت معادل $\frac{2}{1}$ اسب بخار می باشد. و مصرف سوخت آن برای هر یک کیلومتر برابر $\frac{3}{7}$ لیتر می باشد. از جمله ویژگیهای این طرح زیرین صافی و بسته وجود روپوش روی چرخهای جلو و عقب و شبیه های همسطح بدنه می باشد.

یک طرح موفق دیگر، اتومبیل پرو ب ۴ ساخت فورد می باشد. که مجهز به یک موتور خطی $\frac{1}{6}$ لیتری چهار

سیلندر است که به طور عرضی در اومبیل کار گذاشته می شود. و باعث چرخش چرخهای جلو می شود. توان آئرودینامیک این خودرو و معادل ۱۵/۲ اسپ بخار برای حرکت در سرعت ۵۰ کیلومتر بر ساعت می باشد.
از جمله ویژگیهای این طرح شیشه های همسطح بدن و شیب ۶۰۰ شیشه جلو و آینه بغل آئرودینامیک است از دیگر ویژگیهای این طرح محفظه چرخهای جلو است که توسط یک پوسته انعطاف پذیر از جنس (پلی اتیلن الاستومر) پوشانیده شده و یک حفاظ انحنا دهنده بر روی آن قسمت لاستیک و رینگ که در پشت این پوسته مخفی گشته پوسته را به بیرون انداخته و سطح خارجی قوسی دار و آئرودینامیکی را که هوا به راحتی از کنار آن می گذرد.

وجود آورده است همین پوسته باعث کاهش ۹ درصدی ضربه پسا شده است.

طرح دیگری که بین صنعت و دانشگاه شکل گرفته به عنوان ASCC نامیده می شود. این طرح که همکاری دانشگاه کرنفلد انگلستان و کمپانی لوتوس و شرکت رینارد انجام گرفت. و نشان داد که دسترسی به سطح نهایی مورد نظر در مصرف سوخت اتومبیل با فن آوری فعلی صنایع خودرو سازی کاملاً امکان پذیر است.
در طرح از نتایج بدست آمده در طراحی و ساخت خودروی EAUTO استفاده زیادی گردید. که نتیجه آن طی ۱۶۰ مایل با یک گالن بنزین بود. لازم به ذکر است که این بدن ای از جنس فیر کربن داشت AEROSTABLE Carbon car نامیده می شود که به معنای اتومبیل کربنی هوا سر می باشد.

در انتهای این نمونه عملی و ملموس می توان از RD 1600 نام برد که موتور آن با موتور پیکان ۱۶۰۰ یکسان است و فقط ننده پنجم اوردر ایو در سیستم انتقال قدرت دارد که در آزمون مصرف سوخت از آن استفاده نشده است پس تنها تفاوت این دو خودرو در بدن و فرم آئرودینامیک پژو ۱۶۰۰ RD است. طبق کاتالوگ دو خودرو مصرف پیکان ۱۶۰۰ در جاده و در هر ۱۰۰ کیلومتر ۱۰/۲ لیتر است که این رقم در پژو ۱۶۰۰ RD برابر ۸/۵ لیتر در هر ۱۰۰ کیلومتر می باشد. که این کاهش مصرف سوخت را تا حد ۹۰ درصد می توان به فرم آئرودینامیکی بدن پژو ۱۶۰۰ RD نسبت دارد.

نموده‌ی سطح آیرودینامیکی بر سرعت اجسام

چرا توپ گلف سطح زبری دارد اما سطح توپ پینگ پنگ صاف است؟

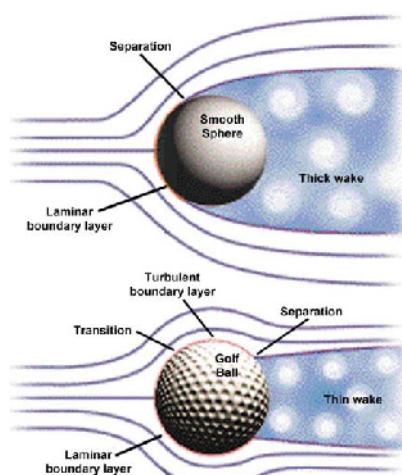


این مسئله به کاربرد آنها مربوط می‌شود. توپ پینگ پنگ روی میز سه متري مورد استفاده قرار می‌گيردد. حالی که توپ گلف در زمین های بزرگ مورد استفاده قرار می‌گيرد. توپ پینگ پنگ اگر همچون توپ گلف سرعت زيادي داشته باشد، فرصت كافی نخواهد داشت. پس توپ باید طوری ساخته شود که زياد سرعت نگيرد. بالعكس در بازي تنس یا گلف ما احتياج به توپی داريم که سرعت زيادي داشته باشند. مسافت زيادي را طي کند.

به همين دليل سطح توپ گلف آج دارو سطح توپ تنس پرزدار ساخته می‌شود. در حالیکه سطح توپ پینگ پنگ صاف هر چندورز توپ تاثير مهمی است. افزايش ناصافی سطح راه حل عجيب، اما کارآمد برای افزايش سرعت توپ است. دارد.

مادرزستان برای سر نخوردن روی يخ، از كفشهای استفاده می‌کنیم که آجدار هستند. تبا زمین اصطکاك زیادی ایجاد کنند؛ یا برای افزایش قدرت ترمز گیری ماشین از چرخ هتی آجدار استفاده می‌شود. این مطلب این ذهنیت را در می‌آید که زبرشدن سطح توپ باعث هم باعث کاهش سرعت توپ خواهد شد. امداد واقعیت، زبرکردن سطح توپ نه تنها باعث کاهش سرعت توپ نمی‌شود بلکه باعث افزایش سرعت نيزخواهد شد. باين شرایط آجدار کردن سطح توپ گلف باعث افزایش اصطکاك توپ با هوا در نتيجه اتلاف انرژی توپ نمی‌شود؟

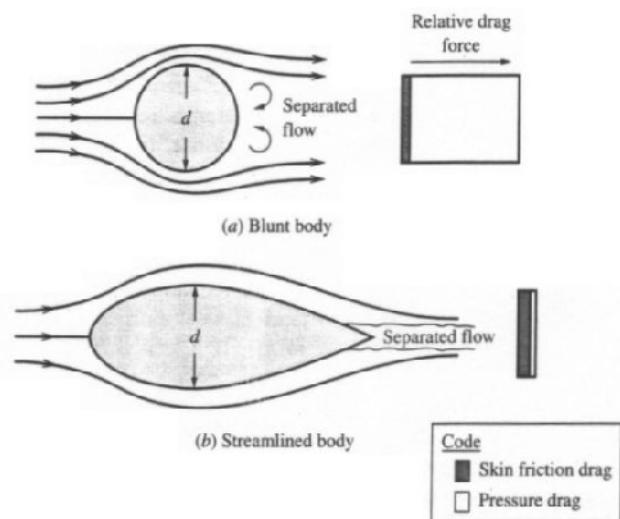
این مطلب صحیح است، اما در اجسامی مانند توپ که سطح پنهان در مقابل جريان هوادرند، پیده‌ای رخ می‌دهد که بيشتر اتلاف انرژی توپ به خاطر آن صورت می‌گيرد. نه اصطکاك هوا. اين پیده جدایش نام دارد. جدایش یعنی جداشتن جريان هوا از سطح توپ، که اين پیده جدایش باعث متلاطم شدن جريان هوادر پشت توپ می‌شود. متلاطم شدن جريان باعث به هدر رفتن انرژی توپ می‌شود که ماهش انرژی هم به معنای کاهش سرعت توپ خواهد بود.



همان طور که در شکل مشخص است توپ در حال حرکت لایه های هوای را می شکافد. وقتی سطح توپ صاف باشد پدیده جدایش زودتر اتفاق می افتد و باعث می شود دنباله بزرگتری از هوا تشکیل شود که این دنباله باعث انتلاف انرژی توپ می شود. در حالی که در توپ زبر جدایش دیرتر اتفاق می افتد و باعث تشکیل دنباله کوچکتری می شود که کمتر از سرعت توپ می کاهد.

این دنباله برای حرکت بسیار مضر است، مخصوصاً با افزایش سرعت اثرات این دنباله در کاهش سرعت محسوس ترمی شود. به همین دلیل در طراحی وسیله پرسرعت، شکل ظاهری را طوری می سازند که از لحاظ آئرودینامیکی شکل

کشیده ای داشته باشد تا خطوط جریان هوا را زیاده هم نزنند و باعث تشکیل دنباله هوا نشوند. اما اوج اهمیت پدیده جدایش، در هواپیماهای جنگنده دیده می شود هواپیماهایی که بایدگاهی با سرعتی تا چهار برابر سرعت صوت حرکت کنند



Nissan GT-R : 0.22



BMW 650i 2011 : 0.32



BMW 640i 2011 : 0.31



BMW Vhsion Efficient Dynamics : 0.22



Bentley Continental GT coupe 2012 : 0.33



Ford fusion 2010 : 0.33



Hyundai Elantra 2010 : 0.28

