مرکز آموزش فنون هواپیمائی کشوری ایران

دانستنیهای فنون هواپیمائی برای جوانان

از انتشارات مرکز آموزش فنون هواپیمائی کشوری ایران

فهرست مطالب

فصل اول

هوا ورابطه‌آن با پرواز هواپیما	۱
اندازه گیری فشارهوا	۳
غلظت هوا	۴
حرارت	۶

فصل دوم

تئوری پرواز ، باد	۸
گردباد و گرداب	۹
وزن ،برا ، پسا و کشش	۱۱
مرکز فشار	۱۵
منظور از دم هواپیما چیست	۱۶
سرعت پرواز	۱۷
وا ماندگی	۱۷
کاهش پسا	۱۹
پسای موتور	۲۰
بار روی بال	۲۰

فصل سوم

ساختمان هواپیما ، نیروهای وارده به هواپیما	۲۲

فصل چهارم

موتور پستونی هواپیما ،کلیات ۲۶
قسمتهای مهم واساسی موتور ۲۸
طرزکار موتورهای پیستونی ۳۰
تعریف اسب بخار ۳۳
اثر ارتفاع درموتور هواپیما ۳۴
باز ده قدرت موتور ۳۴
آنچه که موتور هواپیما به آن احتیاج دارد ۳۵
کاربوراتور ۳۶
ساختمان کاربوراتور ۳۷

فصل پنجم

ملخ هواپیما ۳۹
انواع ملخها ۴۱

فصل ششم

موتورهای عکس‌العملی ، مقدمه ۴۳
شرح نیروی عکس‌العمل ۴۵
عمل وعکس‌العمل یك‌بالون ۴۶
راکت باسوخت جامد ۴۷
راکت باسوخت مایع ۴۸
موتورهای جت وانواع آن ۴۹
موتور توربوجت ۵۰
سوخت موتورهای عکس‌العملی ۵۲
سرعت مافوق صوت ۵۳
دیوارصوتی وشکستن سرعت صوت ۵۴

فصل هفتم

کنترل هواپیما ۵۶
تنظیم‌های فرامین ۵۸
فلاپ ۵۸
فرامین داخلی هواپیما ۵۹
پرواز هواپیما ۶۰
بلندن‌شدن هواپیما ۶۰
اوج گیری هواپیما ۶۱
پرواز افقی هواپیما ۶۳
گردش هواپیما ۶۴
کم کردن ارتفاع یا پائین آمدن ۶۵
آلات دقیق پرواز ۶۶

فصل هشتم

تعادل یا ایستائی هواپیما ۷۰
محورهای هواپیما ۷۱
ایستائی طولی هواپیما ۷۳
ایستائی عرضی هواپیما ۷۴
ایستائی عمودی هواپیما ۷۵

فصل نهم

فیزیولژی‌پرواز ۷۶
اثر ارتفاع در بدن انسان ۷۷

فصل اول

هوا و رابطه آن با پرواز هواپیما

قبل‌از بحث درباره‌چگونگی پرواز هواپیما دانستن حقایق و اطلاعاتی‌درباره هوائی که هواپیما درآن پرواز مینماید کاملا ضروری ولازم میباشد . همانطور که میدانید دریا وسیله حرکت کشتی‌ها میباشد و وسیله حرکت و پرواز هواپیما اقیانوس وسیع هوای جواست که زمین را احاطه نموده . برای انتهای خارجی‌جو نمیتوان حد مشخصی قائل شد زیرا غلظت گازهای متشکله جو بتدریج که ازسطح زمین دور میشویم کم میشود تاجائی که ذرات و اتم‌های گاز بفواصل بسیار زیاد از یکدیگر قرار گرفته و درحقیقت نمیتوان حدی را تصور کردکه از آن ببعد ذرات گازوجود نداشته باشد ولی‌میتوان گفت که تاارتفاع ۱۰۰۰ کیلومتری‌نیز آثاروجود گاز مشاهده شده است .

جوزمین به طبقه هوائی که کره‌زمین را احاطه نموده اطلاق میشود و آن مخلوطی است از گازهای مختلف که باندازه‌های غیرمتساوی با یکدیگر مخلوط شده‌اندونسبت ترکیبات آن درارتفاعات مختلف یکسان‌میباشد . نسبت‌درصد گازهای عمده‌ای که درهوای خشک وتمیز وبدون ذرات خارجی و گردوغبار ودود وغیره وجود دارد بقرار زیر است :

ازت ۷۸/۵۹ ٪
اکسیژن ۲۰/۹۵ ٪
ارگون ۰/۹۳ ٪
گاز کربنیك ۰/۰۳ ٪
نئون ۰/۰۰۱۸ ٪
هلیوم ۰/۰۰۰۵۳ ٪
کریپتون ۰/۰۰۰۱ ٪

علاوه بر گازهای فوق مقدار زیادی بخار آب و سایر گازها ازقبیل ئیدروژن و مقدار بسیار کمی گازهای رادیواکتیو و گردوغبار نیز درجو وجود دارد .

چون جو قابل رؤیت نیست بسیاری از مردم اینطور تصور مینمایند که هوا جسمی است بسیار رقیق . برای پی‌بردن به نیروی هوا کافی است که دست خود را از پنجره ترن یا خودروئی کـه باسرعت ۶۰میل درساعت درحـرکت است بیرون بیآورید تا نیروی وارده به دستتانرا حس نمائید یا بعکس بخسارات وارده دراثـر طوفانی باسرعت ۱۰۰ میل درساعت نگاه کنید یـا تصور نمائید که درپـرواز یك هواپیمای سنگین ۶۰تنی باسرعت ۴۰۰میل درساعت چه‌نیروهای عظیمی به هواپیما وارد میشود .

هوا دارای وزن‌است یعنی‌هرپای مکعب آن $\frac{1}{10}$ پوند وزن دارد . وزن‌هوای یك اطاق معمولی درحدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ پوند میباشد . پس باین نتیجه میرسیم کـه کلیه پروازهاچه پروازپرندگان وچه پروازهواپیما وبالون یابادبادك کودکان‌دراثر خواص هوا و وزن وغلظت‌آن ممکن میگردد .

فشار هوا

فشاری‌که وزن هوا درسطح دریا به زمین وارد مینماید برابر با۱۴/۷ پـوند

درهر اینچ مربع میباشد. فشار ۱۴/۷ پوند در هر اینچ مربع یك فشار اتمسفر نامیده میشود. فشار اتمسفر درهر ارتفاعی کـه باشد برابر است باوزن هوای یك ستون عمودی از هوای نقطه‌ای که درنظر گرفته شده است. اگر فشار را برحسب اینچ مربع درنظر بگیریم دراینصورت باید ستونی ازهوا را درنظر بیاوریم که پایه آن یك اینچ مربع است و به بالای اتمسفر امتداد دارد. بنابراین هرقدر از سطح زمین بالاتر برویم فشار آتمسفر پائین میآید وچون هوا بی‌نهایت قابل فشرده شدن میباشد نقصان فشار تقریباً یکسان نخواهد بود. یك پای مکعب هوا در فشار سطح دریـا کمی بیش از ۱ ۱/۴ اونس وزن دارد درحالی که همین هوا در ارتفاعی که فشار هوا نصف اتمسفر باشد نصف مقدار فوق خواهد بود. فشار درابتدا بسرعت پائین میآید زیـرا هوای سنگین درطبقات پائین قراردارد ولی هرقدر بالاتر برویم پائین آمدن آهسته‌تر صورت خواهد گرفت. نقصان فشار درطبقات جو بازاء هر ۱۰۰۰ پا یك اینچ میباشد که میتوان آنرا بآسانی بخاطر سپرد. فشارجو درارتفاع ۱۰۰۰۰ پا درحـدود سه‌چهارم و در ارتفاع ۲۰۰۰۰ پا تقریباً نصف فشار اتمسفر است. نقصان فشار اتمسفر دارای اثرات بسیار مهمی بر روی هوا پیما ها میباشد باین ترتیب که « برا » در ارتفاعات بـالا بمراتب کمتر از «برا» در ارتفاعات پائین میباشد. قدرت « برا »ی بالها برحسب مجذور غلظت متغیر میباشد. بعـلاوه نقصان فشار اتمسفر تـأثیر قابل ملاحظه ای بر روی موتورها دارد. مقدار هوائی که در فشارهای کم وارد سیلندرهای موتور میشود کمتراز هوای عادی بوده ودرنتیجه مخلوط قابل انفجار هوا وسوخت بسیار غنی میباشد. برای برطرف نمودن اشکال و ثابت نگهداشتن فشارهوا از دستگاهی بنام سوپرچارج استفاده مینمایند باین ترتیب که هوا بافشار زیاد وارد موتورها میگردد وفشار لازم برای سیلندرها تأمین میشود.

اندازه گیری فشارهوا

برای انـدازه گیری فشار اتمسفر درشرایط استانـدارد آزمایش زیر را

انجام میدهیم :

لوله‌ای بطول ۳۶ اینچ انتخاب نموده و پراز جیوه میکنیم ، لوله مزبور را وارونه درروی طشتی پرازجیوه قرار میدهیم ، درجلولوله مزبور خط کش مدرجی را قرار داده و پس از اینعمل ملاحظه مینمائیم که یك مقدار از جیوه محتوی لوله داخل ظرف شده و ارتفاع جیوه درداخل لوله بالا رفته و درروی عدد ۲۹/۹۲ قرار میگیرد . بعبارت دیگر فشار اتمسفر در شرایط استاندارد برابر با ۲۹/۹۲ اینچ جیوه میباشد .

همانطور که دربالا گفته شد فشار انمسفر برحسب ارتفاع تغییر می‌یابدمثلا فشار درارتفاع ۵۰۰۰ پا ۲۴/۸۹ و در۱۰۰۰۰ پا ۲۰/۵۸ ودر۲۰۰۰۰پا۱۳/۷۵ ودر ۳۰۰۰۰ پا ۸/۸۸ اینچ میباشد . چون هوا قابل فشرده شدن است هرقدر از سطح زمین بالاتر برویم رقیق تر میگردد و در نتیجه از فشار آن کاسته شده و بارومتر که تغییرات فشاررا تعیین مینماید مرتباً فشارهای کمتری را نشان میدهد. حالا اگر هوا گرم شود بازهم از فشارآن کم میشود زیرا ذرات آن منبسط ورقیق میگردد که دراینصورت میگوئیم غلظت هوا کم است .

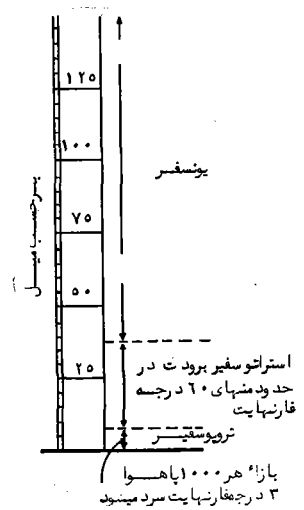
غلظت هوا

ازآنچه که دربالا گفته شد معلوم میگردد که هوا دارای خاصیت انبساط و انقباض میباشد . اگر درحالت انقباض باشد بعلت فشرده شدن مولوکولها جای کمی را اشغال خواهد کرد . غلظت طبقات پائین و یا سطح زمین بیشتراز غلظت هوای طبقات بالا است هرقدر غلظت هوا کم‌باشد هوا رقیق‌تراست و درنتیجه نیروی‌کمتری به اشیاءو اجسام درآن وارد میآید . بهمین‌جهت شنا دردریای شور آسانتر از شنا درآب شیرین میباشد زیرا آب دریای شور غلیظ‌تر وسنگین‌تر است وشناگر را روی‌آب نگهمیدارد .

مثلا هواپیمائی که میخواهد درهوای گرم از فرودگاههای همدان وشیراز و یا اصفهان که بیش‌از ۵۰۰۰ پا از سطح دریا ارتفاع دارد بلند شود نسبت‌به‌آنکه از فرودگاه لندن یا آبادان‌بلند میشود هم‌نیروی بیشتری میخواهد وهم‌بایدزیادتر درروی باند بدودزیرا درارتفاع و حرارت کمترغلظت هوا زیادتر و نیروی موتور بیشترمیباشد. مثلایك‌هواپیمای‌تجارتی که ازفرودگاه شیرازدرتابستان‌پروازمینماید بعلت گرمای هوا یا باید بار خود را متعادل نماید یا از تعداد مسافـرین بکاهد که برای شرکت هواپیمائی زیان ببار میآورد ویا باید از مقدار سوخت کم کند که دراینصورت‌مجبور است نقطه‌نزدیکتری‌راجهت سوختگیری‌مجدد انتخاب‌نماید.

باشرح مثالهای بالا باین نتیجه میرسیم که هوا درپرواز هواپیماها بسیارمهم میباشد . شرکتهای هواپیمائی که دارای هواپیماهای جت میباشند پروازهای نقاط گرمسیری خود راطوری ترتیب میدهند که درهنگام شب واردآن فرودگاههاشده و شبانه آنجا را ترك نمایند تا بـدینوسیله بعلل فوق نه از مسافر و نـه از مقدار سوخت کم نمایند .

غلظت و فشار هوا درهـرمحل و درهر زمان متفاوت میباشد و چـون پرواز هواپیما باین دوعامل بستگی زیاد دارد بنابراین نمیتوان وضعیت هواپیمائی را که



درایسلند درشمال اروپا (سرمای زیاد) پروازمینماید باهواپیمائی که درعربستان سعودی (گرمای زیاد) درحال پرواز است مقایسه نمود.

حرارت

هرقدراززمین بالاتر برویم بازاء هر ۱۰۰۰ پا هوا دو درجه سانتیگراد سردتر میگردد. میزان تغییرات درجه حرارت تا ۲۶۰۰۰ پا یا بیشتر از ۷ میل ثابت بوده و بعداز این ارتفاع تغییری دربرودت حاصل نمیشود وهمان درجه حرارت تاارتفاع زیادی باقی میماند و سپس شروع به زیاد شدن میکند. جورا بعلت خواص موجود درآن به چهارطبقه متمایز بشرح زیر طبقه بندی نموده اند :

۱ ـ طبقه تروپوسفر TROPOSPHERE این طبقه اولین طبقه موجود جو و طبقه مجاور سطح زمین وارتفاع آن بین ۶ تا ۸ کیلومتری سطح زمین است و به تنهائی شامل $\frac{۳}{۴}$ جرم کل جو وحاوی تمام بخارآب و گازکربنیك آن میباشد.

این طبقه بوسیله سطحی که تروپوپوز TROPOPOSE نامیده میشود ازطبقه بعدی جدا میگردد. تمام عوامل جوی ازقبیل برف، باران، مه، ابر وغیره دراین طبقه بوقوع می پیوندد ودائما بوسیله بادهای افقی وعمـودی بهم میخورد. هـرقدر هوا گرمتر باشد ارتفاع TROP بیشتر است از اینرو ارتفاع این سطح دراستوا تاحـد ۱۸ کیلومتری بالا میرود ودرقطب بین ۶ تا ۱۰ کیلومتر میباشد. ضمناً درتابستان ارتفاع این سطح بالاتر از زمستان است. درطبقه تـروپوسفر بطـور کلی درجه حرارت باارتفاع کم میشود عکس موضوع فوق نیز ممکن است بطور موقت وگاهگاهی اتفاق بیفتد.

۲ ـ طبقه استراتوسفر STRATOSPHERE (۸۰ـ۱۸ کیلومتر) طبقه ای است که بلافاصله پس از TROP قرار دارد پس از عبور ازاین سطح وورود در این طبقه درجه حرارت باارتفاع تغییر نکرده وثابت میماند ازاینرو قسمتهای اولیه این طبقه را که

دارای این خاصیت است طبقه SISOTHERMAL می‌نامند . عوامل مختلفه‌جوی و اغتشاشات یا بادهای‌عمودی دراین طبقه مشاهده نمیگردد و خیلی‌بندرت درقسمتهای تحتانی‌آن ابـر مختصری مشاهده شده و بخار آب نیزعملادر آن وجود ندارد. چون اغتشاشات عمودی دراین طبقه وجود ندارد تـوده‌های هـوا و گاز بصورت طبقات STRATO برروی هم قـرار میگیرند از اینرو این‌طبقه را STRATOSPHERE می‌نامند . درارتفاعات بالاتریعنی از (۳۵ کیلومتری) درجه حرارت باارتفاع زیاد میشود . ازاین ارتفاع ۸۰ کیلومتری وجود ازن بـوسیله آزمایشات مختلفه اثبات شده وهمین ازن است که بعلت جذب اشعه‌های خـورشید یك طبقه گرم درجو بالا تشکیل میدهد .

۳ ـ یونوسفر IONOSPHERE طبقه‌بین ۸۰ تا ۸۰۰ کیلومتری رایونوسفر می‌نامند . اتم‌های این طبقه بعلت برخورداشعه خورشید واشعه کیهانی باآنها بشدت یونیزه شده و باعث انعکاس امواج رادیوئی میشوند .

٤ ـ DISSIPATION SPHERE طبقه‌بالاتراز ۸۰۰ کیلومتری‌را.D.S.می‌نامند زیرا از این ارتفاع ببعد اتم‌های گاز درفضا مستقر بوده ومنتشرمیشوند .

فصل دوم

تئوری پرواز

باد

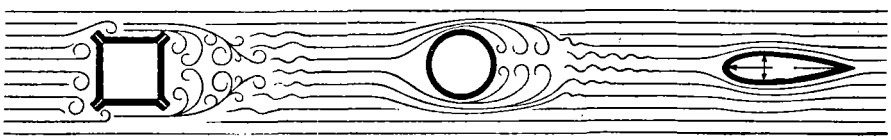
با فشار باد همگی آشنا میباشیم . باد با جابجا شدن هوا شـاخه درختها را بحرکت‌در می‌آورد، تکه‌های‌کاغذ وسایراشیاء سبك را بهوامیبرد و گاهی‌هم‌خسارات زیادی ببار میآورد .

اگر سطوحی را در جهت مخالف باد بحرکت درآوریم همین تأثیر بدست خواهدآمد . بنابراین فرقی ندارد که باد به‌جسمی بوزد و یا ماجسم را بطرف‌باد بحرکت درآوریم. اگر دوشیئی الف وب داشته‌باشیم فرقی بین حرکت شیئی الف بطرف ب یا ب بطرف الف وجود ندارد .

اگرهواپیمائی راکه باسرعت ۱۲۰میل درساعت پروازنماید درتونل بادقرار دهند ویابادرا باسرعت۱۲۰میل به‌هواپیما بدمندهمان‌نتایج بدست‌خواهدآمد ووضعیت هواپیما دردوموردفوق یکسان خواهدبود .

وقتیکه از باد نسبی صحبت میکنیم منظورهمان‌بادی است که مساوی‌باسرعت هواپیما بوده و درخلاف جهت حرکت هواپیما میوزد .

وقتیکه جریان هوا بطور آزاد میوزد و مانعی آنرا بهم نمیزند مشاهـده میشود که ذرات هوا در خط مستقیمی حرکت مینماید که دراین صورت میتوانیم جریان هوا را با یك‌سری خطوط موازی نشان دهیم . درصورتیکه مانعی درمسیر جریان مستقیم هوا قرار گیرد این جریان مستقیم مغشوش میگـردد بدین ترتیب که جریان هوا با برخورد بمانع بدوقسمت تقسیم میشود قسمتی ازبالا وقسمتی‌هم ازپائین این مانع عبورمینماید واحتمالا درپشت مانع مغشوش میگردد .

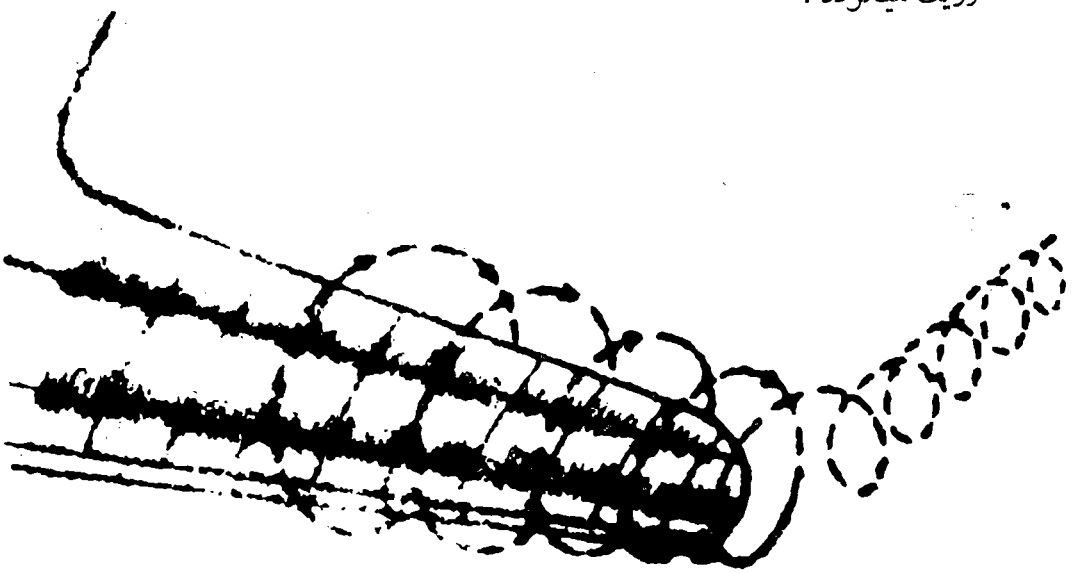


اگربتوانیم بنحوی از انحاء مسیر ذرات هوا را در جریان عبورهوا دنبال نمائیم‌خط یاخطوطی‌ترسیم خواهدشد که ذرات هوابدنبال‌هم درجریان‌هوایاآب‌آن مسیر راطی میکند .

گردباد و گرداب

گردباد معمولا در اثر اغتشاشات هوابوجود میآید ولی گردابها را معمولا میتوان در جریان‌های آب در جائی که آب بدور صخره‌هـا میچرخد یا در پشت قایق‌های موتوری مشاهده نمود . در اینجا موج سطح آب جهت الیاف آب وآب مغشوش شده در پشت قایق گرداب را نشان میدهد . ممکن است در این نقطه‌آب در دایرهٔ دور زده وقسمتی از آن بطرف مانع رانده شود . هوا پیما نیزوقتی‌پرواز میکند ایجاد گرد باد واغتشاشات جوی مخصوصی می‌نمایدکه قابل بحث میباشد .

بعنوان مثال میتوان گرد باد نوك بالها و ملخهای هواپیما را نام برد که گاهی اوقات در اثر کاهش فشار هوا در اطراف نوك بالها و ملخ های هواپیما هوا را آنقدر خنك و بحالت اشباع در می‌آورد که اغتشاشات یا گرد باد قابل رؤیت میگردد .

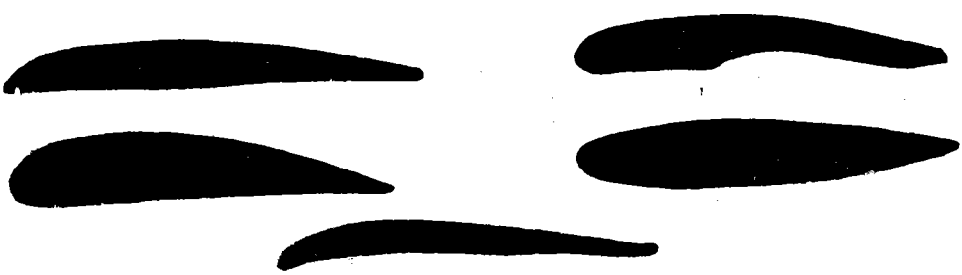


یك توع گرد باد که زیاد مورد توجه میباشد گردباد سطح آیرودینامیکی (ارفویل) است که برای درك آن باید سطح صافی مانند بال هواپیما را که در جریان هوا قرار دارد درنظر بگیریم . با بررسی عبور جریان و الیاف هوا نسبت به بال معلوم می‌شود هوائی که از بالای بال عبور میکند سریعتر از جریان عادی الیاف هوا است و هوائی که از زیر بال عبور میکند سرعتش از سرعت جریادن‌عادی هواکمتر است بنابراین اختلاف سرعت هوائي که از بالا و پائین بال عبور میکند سبب میشودکه اغتشاش یا گردبادی درپشت بال بوجودآید . این اغتشاش یا گرد باد درپشت بال‌همیشه‌باقی میماند وفرقی ندارد که‌چه‌بال‌ثابت باشد وهوا بآن‌برخورد کند ویابال درحرکت باشد وبه هوا برخورد نماید .

وزن ، برا ، پسا و کشش

قبل از بحث درباره چهار نیروئی‌که به‌هواپیمای درحال پرواز وارد میشود یعنی وزن ، برا ، پسا وکشش بهتر است ابتدا در باره یك سطح آیرو دینامیکی یا ارفویل وزاویه حمله گفتگو نموده وبعدازروشن شدن این دوعامل بشرح‌چهارنیروی فوق بپردازیم.

سطح آیرودینامیکی یا ارفویل (AIRFOIL): هرنوع سطحی را که جهت بدست‌آوردن عکس‌العمل نسبت به‌هوا از آن استفاده می‌نمایند سطح‌آیرودینامیکی یاارفویل مینامند مثل بال‌ها ، شهپرها ، سکان عمودی وسکان افقی هواپیما . از سطوح دیگر هواپیما جهت خنثی نمودن عکس‌العمل هوا ویا بحداقل رساندن آن استفاده مینمایند • وقتی که درباره ارفویل صحبت میکنیم بهتر است مقاطع آنرا درنظر بگیریم • تعداد بیشماری ارفویل بوسیله طراحان هواپیما طرح شده و در

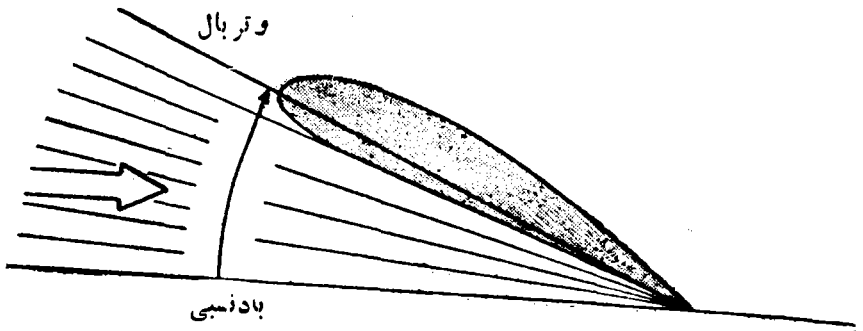


انواع نیمرخ (ارفویل) بالها

تمام آنها یك‌هدف یعنی‌بوجودآوردن حداکثر«برا» وحداقل «پسا» برای‌بال‌هواپیما مورد نظر بوده‌است•

زاویه‌حمله «ANGLE OF ATTACK»: زاویه بین وتر نیمرخ بال وجهت

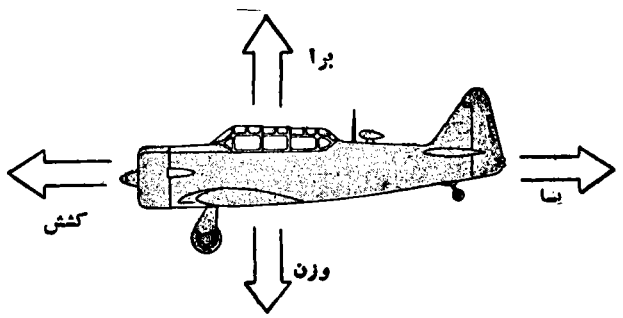
بادنسبی‌را زاویه‌حمله‌مینامند. این‌زاویه را نباید باازاویه ANGLE OF INCIDENCE که زاویه بین وتر نیمرخ بال و محور طولی هواپیما میباشد اشتباه نمود . زاویه حمله یك سطح آیرو دینامیکی « ارفویل » توزیع فشار را مستقیما در زیر و بالای



زاویه حمله

بال کنترل مینماید . وقتیکه زاویه حمله بال کم است قسمت عمده «برا»ی موجود بعلت فشار منفی بالای بال بوجود میاید فشار منفی همیشه از فشار اتمسر کمتر و فشار مثبت ازآن بیشترمیباشد .

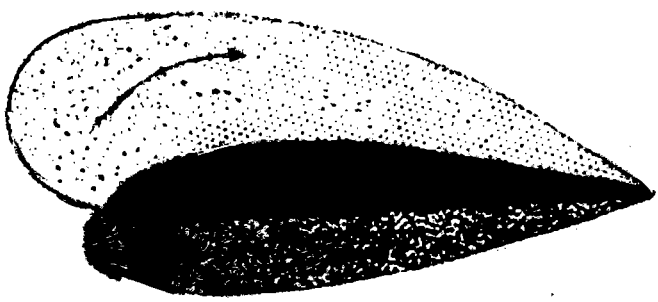
« وزن » : نیروی وزن عبارتست از وزن هواپیما و کلیه متعلقات و خلبان



ویا خلبانان و مسافران که همیشه سعی مینماید هواپیما را بطرف پائین بکشاند و

علت آن نیروی جاذبه زمین است که مساوی وزن هواپیما میباشد . بعبارت دیگر زمین بکلیه اجسام نیروئی برابر وزن آنها وارد مینماید . این نیرو در نقطه‌ای به هواپیما واردمیشود که آن رامرکز ثقل میگویندواین نقطه‌ای است که کلیه‌وزن‌هواپیما درآنجا متمرکزشده است. برای مقابله بانیروی وزن ازنیروی براکه ذیلا شرح داده میشود استفاده مینمایند .

« برا » (LIFT): اثر گردش هوا در اطراف بال باید طوری باشد که هوارا از بالای بال رانده و به‌فضای پائین آن فشار دهد . از طرف دیگر فشار موجود در بالای بال کمتر ازفشارآتمسفر و فشار زیربال بیشتر از فشار آتمسفر می‌باشد . فشار سطح بالای بال را فشار منفی و فشار زیر بال را فشار مثبت و نیروئی که‌بال رابطرف بالافشارمیدهد اختلاف این دوفشار مینامند .

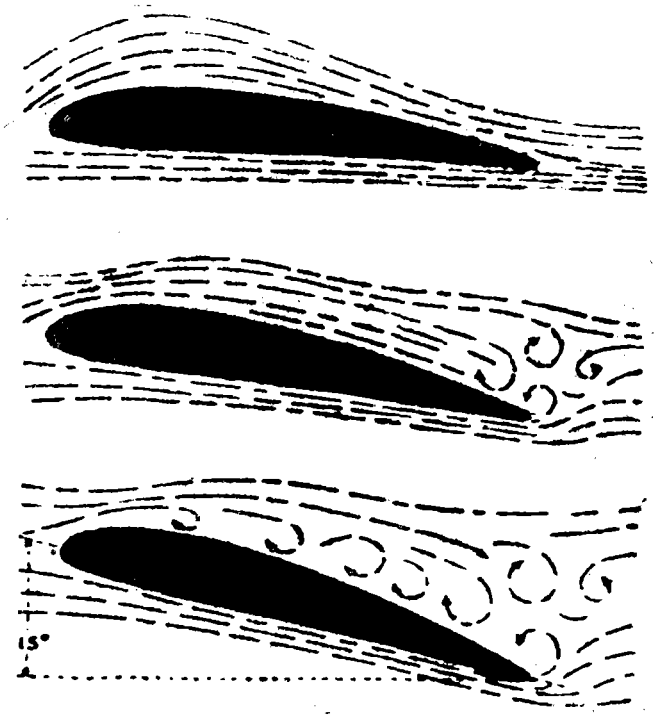


معلوم شده است‌که $\frac{3}{4}$ فشاربالا دهنده روی بال‌بعلت تشکیل خلاء دربالای بال وفقط یك‌چهارم مربوط به‌افزایش فشار درزیربال میباشد .

فشارهای بالا وپائین بال با فشاراتمسفر دارای اختلاف کمی مانند $\frac{1}{4}$ اینچ جیوه می‌باشد ولی وقتی که درسطح بال هواپیما گسترش یابد بسیار قابل ملاحظه می‌باشد . یك اینچ جیوه تقریبا برابر با $\frac{1}{2}$ پوند فشار برهر اینچ مربع و یا ۷۲ پوند برهرپای مربع می‌باشد: پس بدین ترتیب $\frac{1}{4}$ اینچ جیوه برابر با۱۸ پوند بر هرپای مربع می‌باشدکه خودش « برا » ی خوبی است . بالهائی کـه سطـح آن ۵۰۰پای مربع‌باشد « برا »ئی برابربا۵۰۰×۱۸پوند=۴ تن بوجودخواهدآورد .

نیروی «برا»ی واقعی یک بال بچندعامل بستگی دارد که بعضی از آنها ثابت بوده و بقیه بستگی بطرز پرواز هواپیما دارد .

پسا « DRAG »: مقاومتی را که هوا در مقابل هواپیما ایجاد می‌نماید «پسا» می گویند . پسای بال قسمتی از پسای کل هواپیما است که خود بالها بوجود میآورد . بهره مفید بال هواپیما به نسبت « برا » به « پسا » اندازه گیری می‌شود . بهره مفید بال در بالهای مختلف متفاوت است . این بهره با زاویهٔ که بال بهوا برخورد می‌نماید و یا زاویه حمله فرق می کند . اگر زاویه حمله را بتدریج زیاد کنیم می‌بینیم تا حدود ۱۹ درجه « برا » پیوسته و بطوریکنواخت بحداکثر می‌رسد و بعدشروع به کم‌شدن‌می نماید. البته‌این‌موضوع‌در ارفویل‌های‌مختلف‌متفاوت‌می باشد . زاویهٔرا که « برا » شروع به کم شدن می نماید زاویه « واماندگی » می‌نامندزیرادر این‌زاویه «برا» بطورناگهانی کم می‌شود .



درصورتی که زاویه حمله کم باشد پسای بال هم کم خواهدبود و هرقدر که

زاویه حمله زیادتر شود بهمان نسبت پسا نیز افزایش می یابد تا بالنتیجه مقدار آن ازبرا زیادتر گردد . بنابراین حداکثر بهره مفید تاچنددرجه معین (زاویه حمله درحدود ۱۹ درجه) بوجود می آید وبعد ازآن بسرعت کاهش می یابد .

زاویه‌ای که یك ارفویل باجریان هوابرخورد می نماید مهم است .

درشکل (الف) زاویه‌حمله یك زاویه مؤثر است .

دراشکال (ب) و(پ) بازیاد شدن زاویه حمله هوای پشت بال‌مغشوش گردیده وبال واماندہ می‌شود .

« کشش » : برای از بین بردن پسای هواپیما از نیروی کشش که بوسیله موتور ویا موتورهای هواپیما ایجادمی‌شود استفاده می نمایند.این نیرو یعنی کشش هواپیما را بطرف جلو می‌کشاند . اگر مقدار کشش بیش از مجموع نیروی پسا باشد هواپیما سرعت می گیرد واگر کمتر ازآن باشد از سرعت هواپیما کاسته می‌شود ولی وقتی که جمع نیروهای پسا و کشش‌کمتر ازآن باشد ازسرعت هواپیما کاسته می‌شود ولی‌وقتی که‌مجموع نیروهای پساو کشش مساوی باشند هواپیما باسرعت ثابتی پرواز می نماید .

مرکز فشار

تا بحال کلیه نیروهائی را که بطرف بالا به بال هواپیما وارد می‌شود مورد توجه قرار داده‌ایم . کلیه نیروهائی که بقسمتهای مختلف بال هواپیما وارد می‌شود ممکن‌است بصورت‌نیروی واحدی که‌بیك‌نقطه واردمی‌شود درنظر گرفته وآن نقطه رامرکزفشاربنامیم .

نیروهای « برا » ی وارد به‌بال هواپیما در جلوی بال یا لبه حمله حداکثر بوده وباعقب رفتن بطرف لبه فرار ودرروی لبه فرار به‌صفر میرسد بنابراین‌مرکز

فشار به لبه حمله نزدیکتر بوده و ازلبه فرار دورتر قرار دارد . محل دقیق مرکز فشار درفاصله $\frac{1}{4}$ تا $\frac{1}{3}$ عرض بال بطرف لبه فرار قرار دارد. دانستن مرکز فشار مقطع هرسطح آیرودینامیکی بخصوص بال هواپیماورد توجه میباشد ومهمتر ازمرکز فشار تمام بال است که معمولا دربدنه هواپیما قرار دارد .

منظور ازدم هواپیما چیست ؟

اول : وقتیکه مقدار زاویه حمله کم است دراینموقع مرکز فشار درفاصله بیشتری از لبه حمله قرار دارد که گاهی ممکن است عقب‌تر از نصف عرض بال قرار گرفته باشد و دراینصورت نیروئی که دراین نقطه بوجود میآید سبب میشود که بال بطرف جلو خم شود و اگر حرکت کنترل نشود هواپیما بصورت شیرجه درخواهد آمد . برای خنثی نمودن این نیرو یعنی جلوگیری از شیرجه نمودن هواپیما از سطوح دم هواپیما استفاده مینمایند . باین ترتیب بمحض اینکه عمل شیرجه شروع میشود دم هواپیما بالا میآید و در نتیجه مقاومت بیشتری درجهت حرکت شیرجه بوجود آمده و هواپیما خودبخود بحالت اول برمیگردد .

دوم : زیاد شدن زاویه حمله مرکز فشار بال را بطرف جلو بال منتقل نموده ودر نتیجه بال آنقدر بالا میآید که مقدار زاویه حمله از زاویه واماندگی تجاوز میکند این عمل نیز بوسیله دم هواپیما خنثی میگردد .

وقتیکه دماغ هواپیما بالا برود دم هواپیما پائین آمده و فشار بیشتری درزیر دم بوجود میاید . این فشار دم را بالا برده و مانع سقوط هواپیما با دم میگردد وبدین ترتیب دم هواپیما حرکت‌های خارج ازخط مستقیم هواپیمارا کنترل نموده و هواپیمارا همیشه پایدار نگهمیدارد .

سرعت پرواز

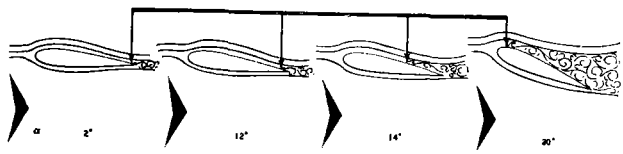
قبل‌از اینکه هواپیما بتواند پرواز نماید باید سرعت پرواز لازم را بدست بیآورد بدین ترتیب که در روی زمین میدود و موتور یا موتورهای آن بتدریج سرعت آنرا زیاد میکنند. هواپیما پس‌از بدست آوردن سرعت لازم از زمین بلند میشود و خلبان میتواند بااستفاده ازاین‌سرعت اوج گیری‌نموده و ازبالای موانعی‌که درمسیر فرودگاه قرار داردعبور نماید. (گاهی اتفاق می‌افتد چرخهای هواپیما هنگام دویدن روی باند داخل‌گل ولای شده واین‌گل‌ولای مانع بدست‌آوردن سرعت لازم‌میگردد. دراین‌حال هواپیما نمیتواند از زمین بلند شود و بدوطریق ممکن است متوقف‌گردد، یا به مانعی برخورد کند و یا خلبان آن باتشخیص وضعیت موتور را بسته ترمز نماید).

واماندگی STALLING

هنگامیکه هواپیما سرعت پرواز خود را از دست میدهد میگویند هواپیما وامانده شده است. احتمالا واماندگی‌های اتفاقی معمولی‌ترین‌علت‌سوانح‌هوائی‌میباشد.

وقتیکه هواپیما باسرعت‌کم بنحوی‌که سرعت‌آن کمی بیش‌از سرعت‌واماندگی است پرواز مینماید زاویه حمله بالها زیاد میگردد تاجائی که زیادترین «برا» بدست میآید. حال‌اگر بازهم سرعت‌کم‌شود زاویه حمله زیادترشده وجریان هوا درروی بال متلاطم‌گردیده ودیگر «برا» باندازه‌کافی ایجاد نخواهدشد ودراینحال هواپیما بصورت جسم سنگینی سقوط‌مینماید.

برای اینکه هواپیما دیرتر وامانده شود و بتواند باسرعت‌کمتر پرواز نماید



ارقویل در وضعیت زاویه‌های مختلف حمله

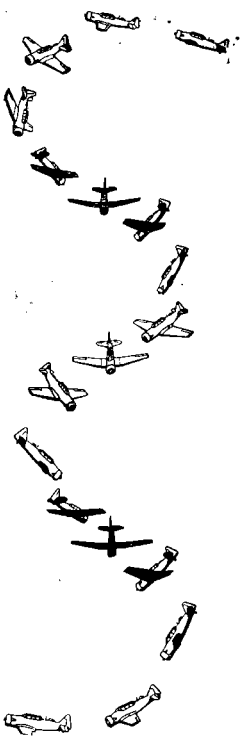
وسائل و سطوح آیرودینامیکی دیگری ازقبیل اسلات«SLOT» یـا بالچه و فلاپ بآن اضافه میکنند . علت اصلی واماندگی و دلیل اینکه عمل واماندگی ناگهان بوجود میآید آنستکه جریان آرام الیاف هوای روی بال درسطح بال مغشوش و متلاطم میگردد. باتعبیه بالچه‌ها و فلاپ‌ها سعی شده است که ازشکستن الیاف مستقیم هـوا در روی بـال جلوگیری گردد ویاحداقل اینعمل بتأخیر بیفتد . بالچه‌ها که در لبه حمله قرار دارد بافرا رسیدن زاویه واماندگی بطور خودکار باز شده و سبب میگردد کـه الیاف هـوا درخط مستقیم از روی بال عبور نماید . این بالچه‌ها درپرواز عادی درجای خودثابت میباشدولی بمجرداینکه زاویه‌حمله بال زیاد شود وهواپیما بسرعت واماندگی نزدیك گردد الیاف هوا از قسمت جلو وارد شکاف بالچه‌ها گردیده و آنرا از جای خـود بلندمینماید .

اگر این بالچه‌ها همیشه بازباشد شبیه آنستکه بال رابزرگتر ساخته باشند کـه دراینصورت زیادبودن سطح بال مضرات دیگری برای هواپیمادارد .

راه دیگری نیز جهت بتأخیرانداختن واماندگی وجود دارد . وقتیکه زاویـه حمله زیاد باشد بطوریکه به زاویه واماندگی نزدیك شود جریان هوای روی سطح بال هنوزآرام و مرتب است ولی پایدار نمیباشد زیراکـوچکترین اختلال کافی است که تعادل بالها را ازبین برده وعمل واماندگی اتفاق بیفتد . البته این اختلال ممکن است دراثر ساختمان غیرمناسب بدنه هواپیما بوجودآید . درصورتیکه بدنه هـواپیما خوب طراحی شده باشد تاالیاف هوا بدون اغتشاش از مجاورت آن عبور نمایندکمك زیادی بتأخیرواماندگی مینماید. آنچه‌که دربالاشرح داده‌شد مارامتوجه‌مهمترین نکته درساختمان هواپیما مینمایدو باید«استریم لاین» یعنی خطوطی راکه دراثرعبور ذرات هوا

ویاآب دراطراف مانعی بوجود میآید بخاطر بیآوریم .

چنانچه زوایای مانع ویاقواره‌آن برابر خطوط مزبور شکل گرفته باشد مایع ویا هوا باکمترین اختلال و بی‌نظمی باآن برخورد نموده و به‌آرامی‌از اطراف آن‌عبور مینماید ، ساختمان‌کشتی‌ها و قایق‌ها معمولا « استریم‌لاین» میباشد تا بدینوسیله از مقاومت‌آب درمسیرحرکت‌آنهاکاسته شده و بسرعت‌آنها افزوده گـردد . اخیراً اکثر قطارهای راه‌آهن و خودروها را با درنظر گرفتن اصل « استریم‌لاین » طـراحی و تولید مینمایند .



یك مانور « پیچ » مرکب است ازپائین‌آمدن‌هواپیما توام به گردش خود بخود حول محور قائم

معمولا هواپیما هنگامی‌به « پیچ » می‌افتد که دراثر کـم شـدن سرعت حالت واماندگی بوجود آید

کاهش‌پسا

هرسطحی که درمجاورت هواحرکت‌کند تولید اصطکاك مینماید وموجب‌کاهش سرعت‌آن خواهدشد . برطرف نمودن این اصطکاك غیرممکن است و فقط میتوان با

اتخاذ تدابیری از شدت آن بمقدار قابل‌ملاحظه‌ای کاست . اگر یکی از هـواپیماهای نوین را بایکی ازهواپیماهای ۳۰سال قبل‌مقایسه‌نمائیم خواهیم دیدکه چه‌مقدارستون ومیله درخارج هواپیمای ۳۰سال‌قبل وجود داشته کـه امروز همگی ازبین‌رفته وفقط اجسام خارجی بسیارضروری‌درروی‌بال یابدنه‌هواپیما نصب‌گردیده‌است‌که همگی بادقت زیاد دارای قواره وشکل‌استریم‌لاین میباشند. سطوح هرقسمت از هواپیماکه درمعرض هوا قرار میگیرد بایدصاف وصیقل‌باشد تاپسای‌حاصله بحداقل ممکنه تقلیل‌یابد.

باید سعی‌کردکه جریان هوا درروی بالها آرام وملایم باشد و برای‌تأمین‌این منظور تاآنجا که ممکن‌است سطح‌بالها باید صاف باشد . شکل بال باید دقیق‌طراحی شود تامنطقه‌ای‌که الیاف هوا درآن متلاطم میشود بحدود حداکثرعقب‌بال درلبه فـرار رفته وبدین‌ترتیب حداکثر بهره‌بدست‌آید .

پسای موتور

جای موتورهای هواپیما در روی بال بعلت بزرگ بودن مشکل دیگـری را بوجودآورده و باعث‌متلاطم شدن الیاف‌هوا میگردد . معمولا این محفظه‌ها را طوری درروی بال جاسازی مینمایندکه حداقل مقاومت را ایجادنموده و هوارا درپشت خود مغشوش ننماید .

بار روی بال هواپیما

از هواپیما بمنظور حمل مسافر و بارومحمولات پستی وکالاهای فاسد شدنی و گرانبها ازیك‌نقطه به‌نقطه‌دیگراستفاده مینمایند بارعمده هواپیماهای نظامی نفرات ، مهمات وبمب‌میباشد .

بار روی‌بال هواپیما یا WING LOADING عبارتست از مقدار باری که یك هواپیما میتواند درهرپای مربع سطح بال خود حمل نماید . بعبارت دیگر حداکثر وزن هواپیما تقسیم برسطح کل بال‌ها . دراثر بهبود و پیشرفتهای مختلف درموتور و طرح هواپیما قدرت بارروی بال هواپیما از ۱۵ پوند روی‌هرپای مربع که ۴۰ سال‌قبل میسر بودبه ۴۰ پوند روی‌هرپای‌مربع افزایش یافته وحتی هواپیماهائی باقدرتهای بار بال بیشترطراحی‌شده است . بایددانست که هرقدر باربال هواپیما زیادتر باشد قابلیت مانورکردن آن کمترمیشوددرهواپیماهای‌تجارتی‌وهواپیماهای‌بمب‌افکن‌چون‌مانورهای سریع‌لازم نمیباشد تاحدامکان‌سعی‌شده است‌که بمقدار باربال اضافه گردد .

فصل سوم

ساختمان هواپیما

نیروهای وارده به هواپیما

وقتیکه هواپیما درحال پرواز است باید قادر به تحمل چند نوع فشار که‌ذیلا توضیح داده میشود باشد.

۱ـ بهم فشردگی یا کمپرس، یعنی نتیجه عمل دونیروکه از دوطرف به جسمی وارد میشود، مثل فشاری که دست روی عصا میآورد.

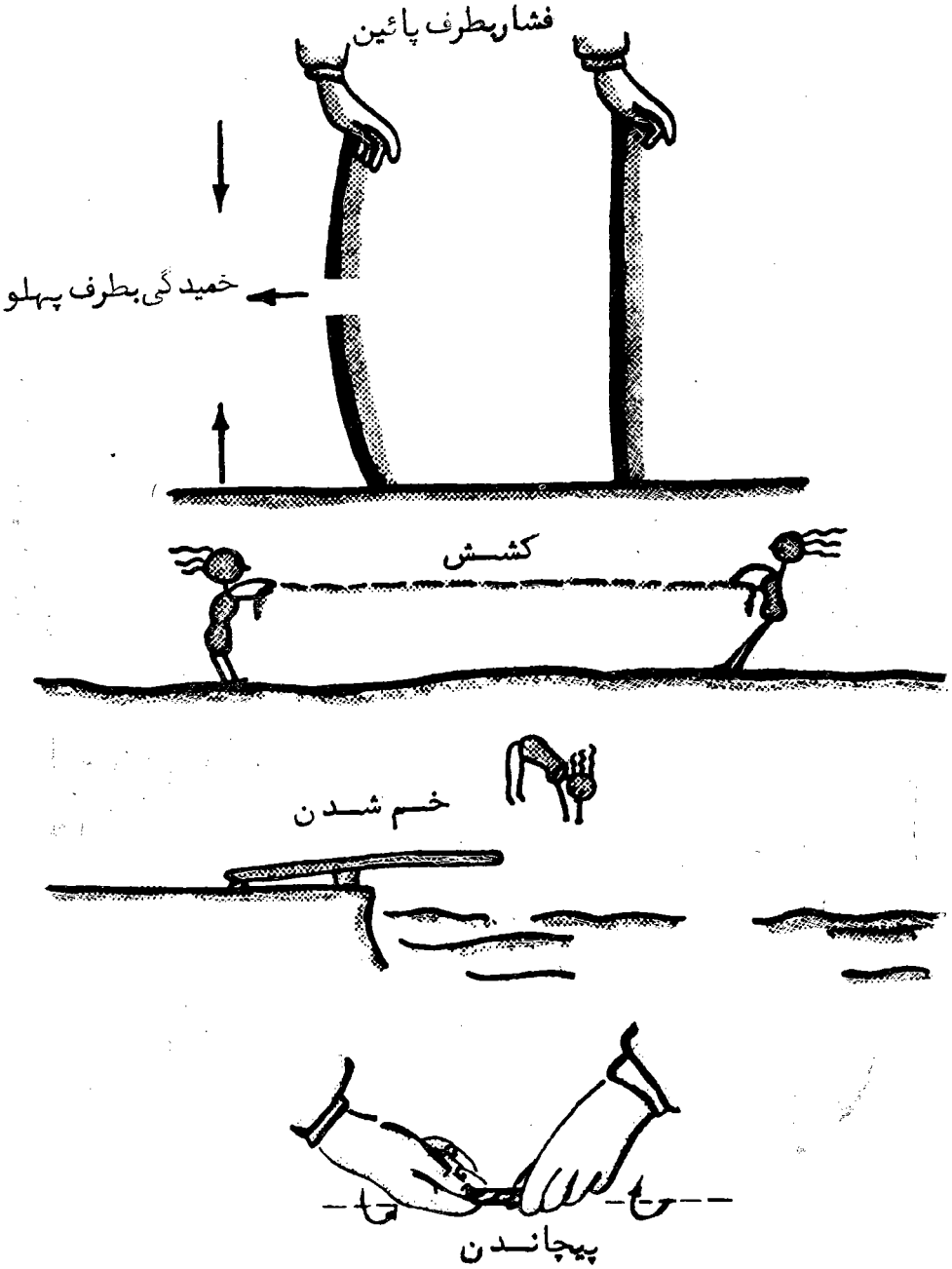
۲ـ کشش، نتیجه عمل دونیرو که ازجسمی دورمیشوند، مثل دوسرطناب که‌دو نفرآنرا ازطرفین بکشند.

۳ـ خم شدن، مثل‌نیروئی‌که ازبالای میله‌ای‌که یك سرآن درزمین‌کار گذاشته شده بآن وارد شود وسعی‌کندکه‌آنرا خم نماید.

۴ـ پاره‌کردن، مانند نیروی قیچی‌که شیئی را ازوسط می‌برد.

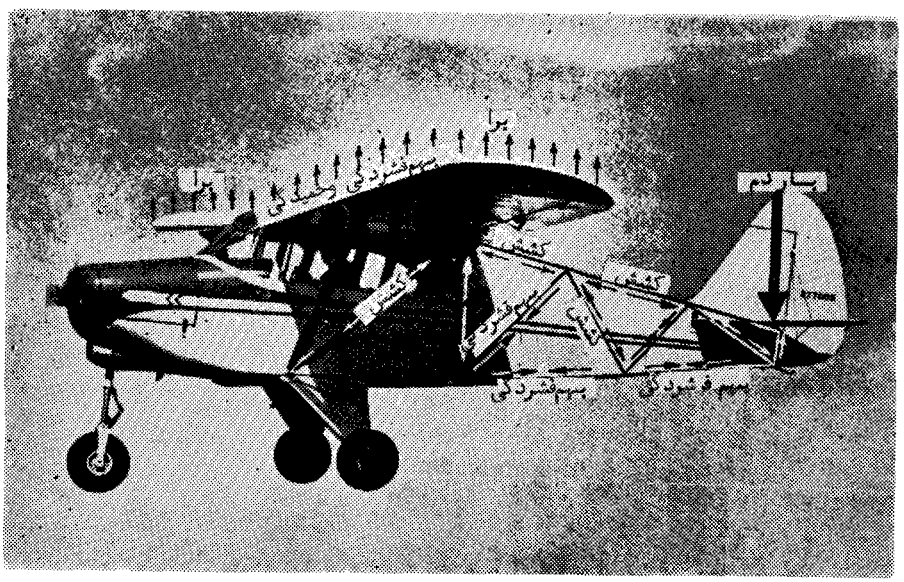
۵ـ پیچاندن، مانند پیچاندن یك قطعه سیم یا ریسمان. استحکام هواپیما با آزمایش‌آن درتونل باد ویا بعد از انجام پروازهای متعدد معلوم میگردد. مثلا یك گلایدرکه فاقد موتور است وفقط خلبان خود را حمل‌مینماید هواپیمای بسیار سبکی است درحالیکه یك هواپیمای جت شکاری سریع ممکن است بین۱۰ تا ۲۰ تن وزن

داشته باشد زیرا احتیاج بسرعت زیاد دارد وسرعت زیاد هم استحکام میخواهد.
هواپیماهای سبك اسپورت بین ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ پوند وزن دارند ودر ساختمان



آنها کلیه جهات صرفه‌جوئی وراحتی و بی‌خطری درنظرگرفته شده است. بنابراین‌هر نوع‌هواپیما اعم ازجنگی‌وباربری‌ومسافربری یاتفریحی وورزشی دارای نوعی‌استحکام وخصوصیات می‌باشدکه فقط مورد احتیاج‌آن نوع است.

اصولا ساختمان هواپیما انعطاف پذیر می‌باشد، بعبارت دیگر استخوان بندی هواپیما باید تاحدودی حرکت‌آزاد داشته باشد زیرا هواپیما دائماً درمعرض‌جریانات وتکانهای شدید الیاف هوا قرار می گیرد. وقتیکه هواپیما گردش مینماید در معرض نیروهائی ازقبیل‌کشش‌وپیچیدگی وغیره قرار میگیرد واگر بال وبدنه‌آن قابلیت‌انعطاف نداشته باشد استخوان‌بندی‌آن شکاف برداشته ودربعضی شرایط خاص هواپیما در هوا متلاشی خواهد شد.



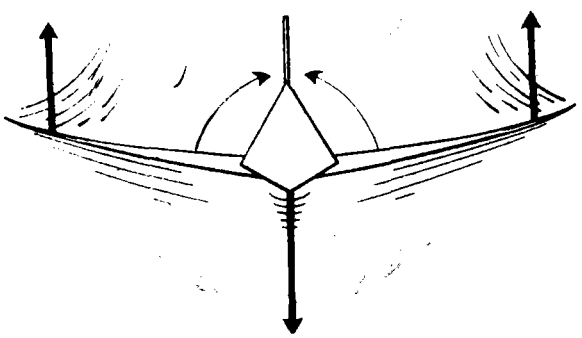
نیروهائی‌که به ساختمان هواپیما وارد میشود

مسئله‌ای‌که هرخلبان‌خواه‌خلبان یك‌گلایدر یاخلبان‌یك‌هواپیمای مافوق‌صوت درپرواز باآن روبرواست مقاومت وایستادگی هواپیما در مقابل‌فشارونیروهای مختلف هوا می‌باشدکه بستگی به‌خاصیت وساختمان هواپیما دارد. مثلا یك‌هواپیمای شکاری بعلت استحکام زیاد قادراست فشارهای شدیدی را تحمل‌نماید درحالیکه یك‌هواپیمای

سبك این قدرت را ندارد. بطوریکه قبلا بحث گردید وزن و نیروی گریز از مرکز یکی ازعوامل مهمی است که کارخانجات سازنده هواپیما آنرا بطور دقیق در نظر می‌گیرند و قبلا توانائی هواپیما را نسبت بمقدار جی تعیین مینمایند. مثلا هواپیماهای کوچك قادرند تا سه یاچهار برابر وزن خود را تحمل کنند درصورتیکه هواپیماهای جنگی شکاری میتوانند تاحدود ۱۰ برابر وزن خود جی تحمل نمایند لذا خلبان باید محدودیت هواپیمای خود راکاملا بداند وهرگز پارا ازآن فراتر نگذارد.

استحکام بال و بدنه وقسمتهای دیگر هواپیما را درتونل‌های باد و با بستن وزنه‌های مخصوصی درزیر بالها تعیین واندازه‌گیری ودرنتیجه قابلیت انعطاف هرقسمت را معین میکنند. قابلیت انعطاف بالها نسبت به بزرگی وکوچکی بالها فرق میکند. مثلا انعطاف بال هواپیماهای جت مسافری تاحدود ۴ متر میرسد بدین معنی که سر بال هواپیما حدود ۲ متر بالا و یا پائین‌تر از محور عرضی هواپیما حرکت مینماید.

سرنشینان ومسافران هواپیماهای بوئینگ ۷۰۷ یا دی سی ۸ به‌آسانی میتوانند بالاوپائین رفتن سربالها را موقع اوج‌گیری یعنی وقتیکه هواپیماسنگین وسرعت آن کم است ویا موقع پرواز افقی وقتی که وزن هواپیما بعلت مصرف سوخت کم شده است مشاهده نمایند.



لحظه خم شدن بالها

فصل چهارم

موتور پیستونی هواپیما

کلیات

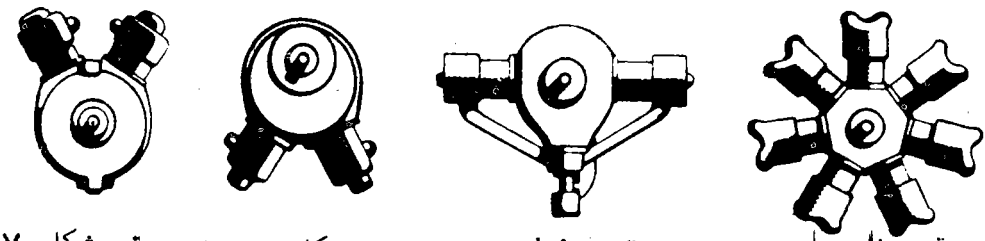
موتور ویا موتورهای هواپیما درمقایسه باهواپیما کوچك بوده و درنتیجه در هواپیماهای نوین نظر تحسین آمیزمردم بطورکلی بیشتر متوجه خود هواپیما میگردد تا به معجزه مهندسی یعنی موتورآن. درصورتیکه کارائی هواپیما بستگی به موتور ویا موتورهای آن دارد. بعلت نیروی زیاد موتورهای اکثر هواپیماها طبعاً موتورهواپیما در مقایسه با موتور خودرو از آن بزرگتر است و درنتیجه وقتی مردم عادی موتور بزرگ هواپیمائی را می‌بینند عکس‌العملشان این نیست‌که بگویند این موتور چقدر سبك بنظرمیرسد بلکه میگویند چقدرسنگین است و همین مردم‌معتقداندکه نمیشود باور کرد شیئی چنان‌سنگین بتواند بهوارفته وباچنان‌سرعتی‌حرکت نماید.

موتور هواپیما معمولا یا ستارهٔشکل ویا خطی (سیلندراسته) میباشد و اختلاف این دوشکل فقط بطرزقرار گرفتن‌سیلندرها بستگی‌دارد. درموتورهای ستارهٔسیلندرها دراطراف میل‌لنگ قرار داده‌شده که ازروبرو تشکیل‌یك دایره را میدهند.

درموتورهای خطی سیلندرها دریك خط درامتداد یکدیگر قرار گرفته‌وتحت

زاویه‌ای بآن متصل است که‌ممکن است بصورت عددهفت (۷) باشد. تعمیرموتورهای ستاره‌ای‌آسانتراز سایر انواع موتورها است زیرا دسترسی‌مستقیم بهریك‌از سیلندرها بآسانی میسر میباشد .

درموتورهای‌خطی‌چون‌سطح برخورد باالیاف هواکم میباشددرنتیجه پسای‌تولید شده بوسیله موتور کم است و از طرف دیگر بعلت مخفی بودن موتور دربال هنگام برخورد باالیاف هوا تولید اغتشاش نمی‌نماید .



موتورستاره‌ای موتورخطی موتوربشکل عدد ۸ موتوربشکل ۷

هواکش‌کارپراتور

قسمتهای مهم و اساسی موتور

موتور هواپیما بطورکلی مثل موتور خودرو میباشد و از قسمتهای زیر تشکیل شده است :

۱ ـ استوانه : که دارای دوقسمت مجزا میباشد :

الف) بدنه استوانه‌که از فولاد مخصوص ساخته‌شده وداخل آن‌کاملا صیقلی است و مقطع آن باید دایره باشد .

ب) سراستوانه که ازچدن وشامل مقرسوپاپ دود ومقرسوپاپ‌گاز ومحل نصب شمع موتور میباشد .

۲ ـ پیستون :که درداخل استوانه موتور قرار دارد و از آلیاژآلومینیوم‌ساخته شده ودرقسمت بالای‌آن ۲ تا۵ شیارموجود است که داخل آن رینگ‌ها قراردارد و به متراکم‌شدن‌گاز درداخل استوانه وروغنکاری سیلندر کمك مینماید .

۳ ـ سوپاپ‌ها : درموتوردونوع سوپاپ وجود دارد :

الف) سوپاپ‌گاز برای و رودگاز .

ب) سوپاپ دود برای خروج دود .

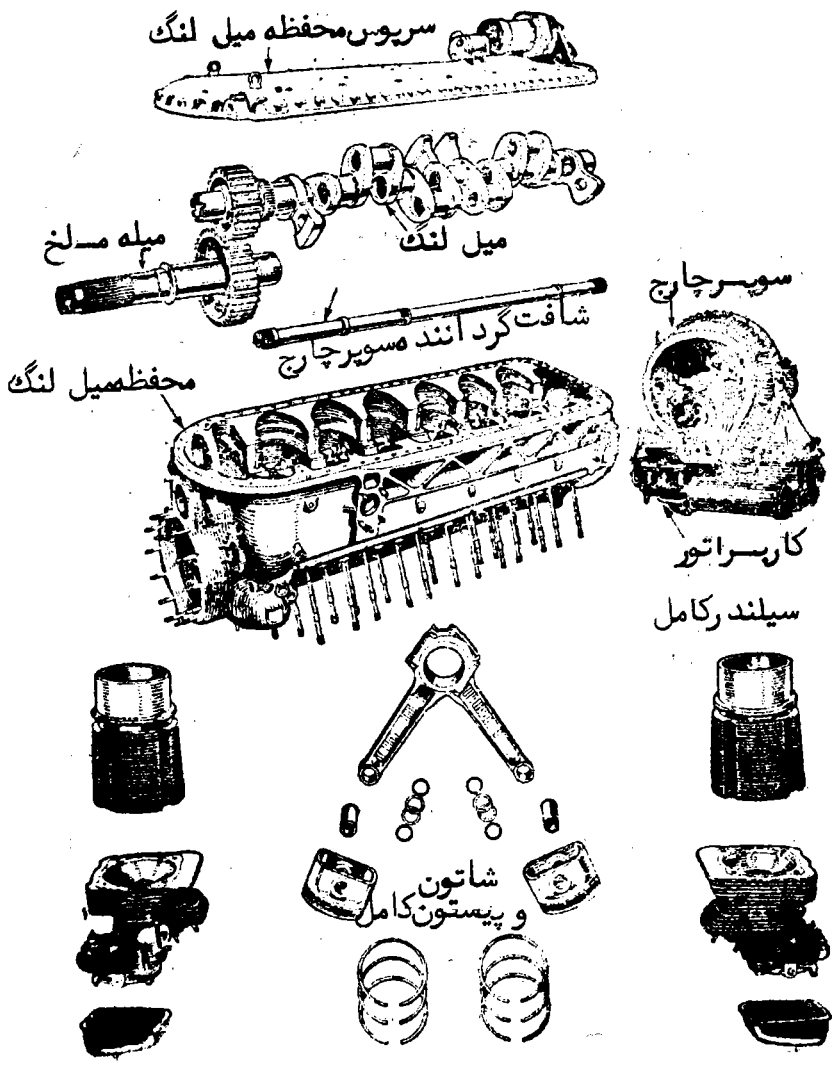
۴ ـ میل سوپاپ : میله‌ای است فلزی‌که از طرف بالا به انتهای ساق سوپاپ متصل‌است‌وازطرف دیگرروی بادامك‌تکیه‌دارد.دراثرگردش میل سوپاپ‌برآمدگی‌های سوپاپ‌بلندکن‌ها را حرکت داده درنتیجه سوپاپ را بازوبسته مینماید .

۵ ـ میل‌لنگ : قسمت مهم واساسی‌موتور میباشدکه از فولاد مخصوص‌ساخته شده وبتعداد استوانه‌ها دارای لنگ میباشد.لنگ‌هاکاملا صیقلی است وبوسیله‌یاطاقان به‌دستك متصل است .

۶ ـ کارتر: این قسمت مانند طشتی اطراف قطعات فلزی را پوشانده وجنس آن

ازچدن میباشد . درداخل این طشت روغن میریزند تا این روغن سبب روغنکاری قطعات متحرك موتور گردد .

قسمتهای اصلی یك موتور



۷ـ شمع موتور: شمع عموما ازدوقسمت عمده تشکیل‌شده‌است(۱)قسمت فلزی شمع‌که دارای دندانه‌های پیچ‌است‌ومحکم به‌سرسیلندر پیچیده میشود(۲) قسمت‌فوقانی شمع‌که ازچینی یامیکا یا بعضی‌سنگهای‌مصنوعی‌ساخته‌شده ودرحقیقت عایق‌الکتریسته میباشد ومیله‌فلزی‌نازك که حامل‌ولتاژ قوی‌الکتریسته معروف به‌الکترود است ازوسط آن‌میگذرد . این‌ولتاژ قوی بموقع بین‌دوقطب‌شمع‌جرقه‌زده ودرنتیجه‌گاز فشرده شده درسیلندرها محترق میگردد .

۸ ـ **ماگنت‌ها** MAGNETOS هرموتور هواپیما دارای دوعدد ماگنت میباشد. برق‌لازم جهت‌شمع سیلندرها بوسیله ماگنتها فراهم میشود . جرقه باید زمانی بزند که مخلوط سوخت دربالای پیستون جمع شده وآماده احتراق باشد خلبانان هنگام آزمایش موتور هواپیما باید هردوماگنت را جداگانه آزمایش نمایند و اگر یکی از آنها کار نکند نبایدپرواز کنند زیرادراینصورت‌ممکن‌است پروازبا مخاطره‌روبروشود.

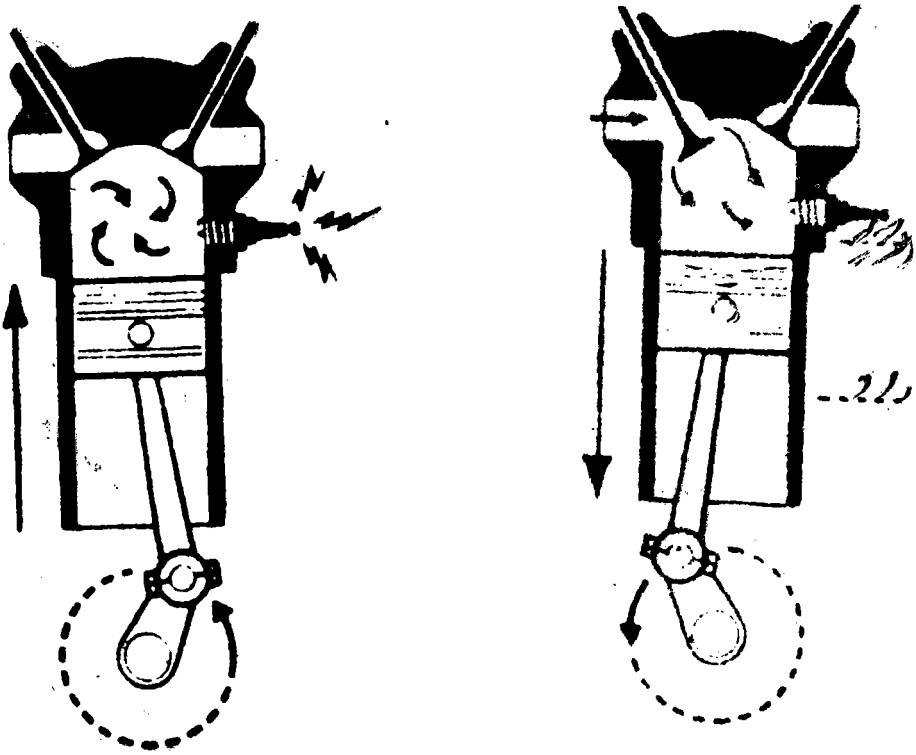
طرز کار موتورهای پیستونی

موتور پیستونی هواپیما دراثر احتراق‌مخلوطی از سوخت بکار می‌افتد . بدین ترتیب‌که مخلوط قابل احتراقی که داخل‌سیلندر موتور میگردد دربالای سیلندرفشرده شده وسپس بوسیله یك‌شمع‌الکتریکی محترق میشود.این احتراق دراثر ترکیب‌سریع سوخت‌که بصورت بخار درآمده واکسیژن هوا بوجود میآید ودرنتیجه ایـن احتراق فشارگاز برروی پیستون‌زیاد شده وباعث میشود که پیستون بطرف پائین رانده شود . عمل احتراق پایه واساس نیروی عظیمی‌است‌که توسط‌موتورهای پیستونی یاجت‌بوجود میآیدوآنرا باواحد است‌بخارمی‌سنجند .

موتورهای پیستونی دارای چهارهنگام است که هریك ازهنگامهای‌آن بشرح زیرتوضیح‌داده میشود :

۱ ـ هنگام‌اول : ابتداسوپاپ‌گاز بازمیشود و پیستون از نقطه مرده بالا بسمت

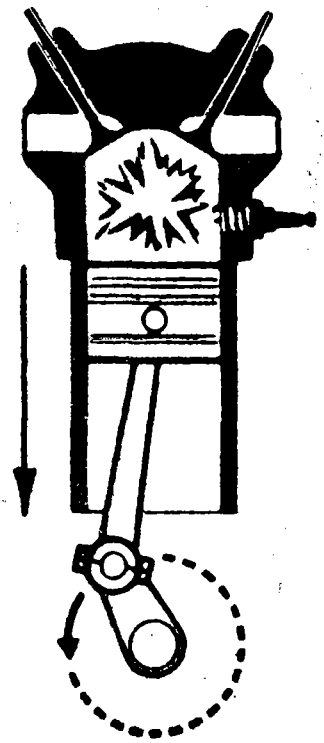
نقطه مرده پائین‌حرکت‌میکند . هوای مخلوط با بنزین از مجرای سوپاپ‌گاز داخل استوانه‌میشود تاپیستون به نقطه‌مرده پائین برسد . انجام این‌عمل را هنگام اول یـا هنگام تنفس میگویند.



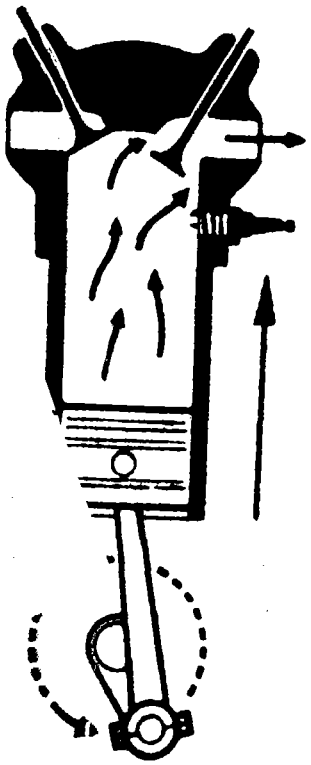
هنگام اول　　هنگام دوم

۲ ــ هنگام دوم یاتراکم : بعدازرسیدن پیستون به‌نقطه مردهٔ پائین وبسته‌شدن سوپاپ گازبیستون ازنقطه مرده‌پائین‌بسمت نقطه‌مرده‌بالا حرکت‌وگاز داخل استوانه‌را درفضای بالای استوانه که آنرا اطاق احتراق میگویندمتراکم‌میکند . انجام این‌عمل را هنگام دوم یا هنگام تراکم موتور مینامند .

۳ــ هنگام سوم‌یاهنگام احتراق: شمع جرقه‌زده وگازمتراکم شده‌محترق‌میشود وپیستون را ازنقطه‌مرده بالابسمت‌نقطه‌مرده پائین میراند.انجام اینکاررا هنگام سوم



هنگام سوم



هنگام چهارم

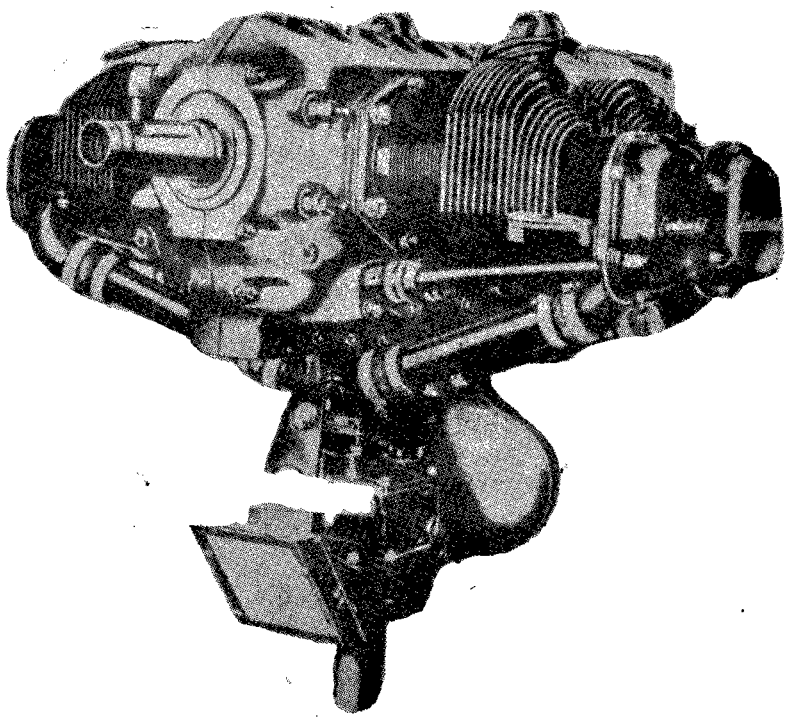
یا هنگام احترق میگویند. تنها این هنگام را هنگام‌کارمثبت موتور میگویند زیرا دراثراحتراق‌روی‌میل‌لنگ‌انرژی‌ذخیره‌میشود وازذخیره این‌انرژی سه هنگام دیگر موتورانجام میگردد . بهمین‌جهت هنگام سوم را هنگام کار مثبت و سه هنگام دیگر را کار منفی موتور مینامند .

۴ـ هنگام چهارم یاخروج دود: پس‌از انجام هنگام سوم ورسیدن پیستون به نقطه مرده‌پائین سوپاپ دودبازمیشود وپیستون‌ازنقطه مرده پائین به‌نقطه مرده بالارفته وگازهای‌سوخته‌داخل استوانه را ازمجرای سوپاپ خارج مینماید.انجام این عمل را هنگام چهارم ویا خروج دود میگویند.

تعریف اسب‌بخار

واحد توان اسب بخار است وتوان هم‌کار انجام شده دریك ثانیه میباشد. اسب بخار عبارتست ازجابجانمودن ۷۵کیلوگرم باربمسافت ۱ متر درمدت یك‌ثانیه . غالباً عبارت « کیلوگرم مترثانیه » رادر فیزیك و مکانیك مشاهده میکنیم که برای فهم‌آن میتوانیم ماشینی رادرنظر بگیریم‌که بتواند وزنی برابر یك‌کیلوگرم را در مدت یك ثانیه یك متر تغییرمکان دهد حال اگر این ماشین بتواند ۷۵ برابر همین عمل را در همان زمان‌و بهمان‌فاصله انجام دهد میگوئیم توان‌این‌ماشین برابریك اسب‌بخاراست.

مقدار زیادی از انرژی موتور در اثر گرمـا وتـراکم و اصطکاك بشرح زیر بهدر میرود وفقط درحدود $\frac{۱}{۴}$ آن بصورت بهره مفید مورد استفاده قرار می‌گیرد:



مقداری که دراثر اصطکاك بهدر میرود ۰/۵
مقداری که دراثر گرما بهدر میرود ۰/۵۵
مقداری که دراثر تراکم مخلوط سوخت بهدر میرود ۰/۱۵
جمع نیروئی که بهدر میرود ۰/۷۵
نیروی اسب بخاری که باقی میماند ۰/۲۵

اثر ارتفاع در موتورهواپیما

اگرهواپیما باقدرت ودورموتورثابت اوج گیری نماید هرقدرازسطح دریا بارتفاع خود بیفزاید از بازده مفید موتور کاسته خواهد شد (باستثنای موتورهائی که با سوپرچارج توربینی مجهزمی باشند). موتوریك هواپیماکه درسطح دریاحداکثر ۲۰۰ اسب بخار نیروتولید می نمایددرارتفاع ۱۸۰۰۰ پا قدرت موتورآن به ۱۰۰ اسب بخار تقلیل می یابد. آنچه که باعث تقلیل نیروی موتورمیگردد کم شدن فشار در ارتفاعات بالاتر می باشد.

بازده قدرت موتور

بازده قدرت موتور بمقدار (وزن) مخلوط سوخت و هواکه درسیلندرهای آن محترق میشود بستگی دارد. بنابراین وقتیکه با زیادشدن ارتفاع ازمقدار مخلوط کم شود درنتیجه ازنیروی موتورهم بتدریج کم میشود. وزن حجم ثابتی ازهوا (یااکسیژن) به فشار جو بستگی دارد وچون بازده موتور باین وزن بستگی دارد بنابر این بازده کامل یك موتور بدون سوپرچارج بافشارجو نسبت مستقیم دارد. فشار جو درسطح دریا برابر با ۱۴/۷ پوند برهراینچ مربع می باشد درحالیکه این فشاردرارتفاع ۱۸۰۰۰ پا برابر با ۷/۳۲ پوند بر هراینچ مربع یا بعبارت دیگر فشار جو در ارتفاع ۱۸۰۰۰ پا

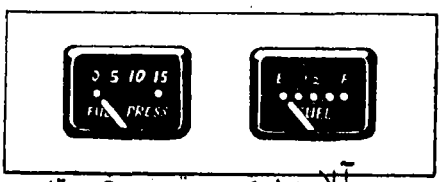
نصف فشار درسطح دریا بوده ودر نتیجه نیروی موتور دراین ارتفاع نصف نیروی موتور درسطح دریامی باشد (درموتورهای جت چون با بالارفتن هواپیما ازمقدار نیروی موتور کاسته شده ودر نتیجه محدودیتهائی برای هواپیما بوجود میآید لذا ازدستگاه مخصوصی بنام سوپرچارج که مقدارهوای لازم رابرای موتور درارتفاعات مختلف تنظیم مینماید استفاده میکنند).

آنچه که موتور هواپیما به آن احتیاج دارد

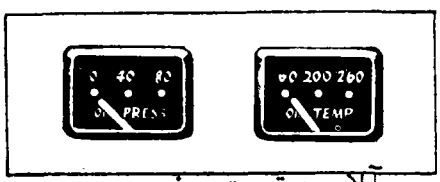
سیستم سوخت : برای اینکه موتور هواپیما حداکثرقدرت را بدهد و بخوبی کارکند سوخت آن بایستی قابلیت احتراق زیاد داشته وکاملا تمیز وبدون وجود عوامل خارجی ازقبیل کثافت یاآب باشد. معمولا مخازن سوخت درقسمتهای مختلف هواپیما ازقبیل بال وبدنه تعبیه میشود. کلید سیستم جریان سوخت دردسترس خلبان می باشدو معمولا توسط نشان دهندهٔ مقدار سوخت خلبان میتواند از مقدار سوخت موجود در هواپیماآگاه شود.

روغن موتور : شمشه اندازه‌گیری روغن همیشه مقدارروغن موجود را درهر موتور نشان میدهد .

درجه‌حرارت‌روغن : سردویاگرم‌بودن موتوروحرارت سرسیلندررانشان‌میدهد. حداقل ۴۰ درجه سانتیگراد وحداکثر ۸۰ درجه‌سانتیگراد بی‌خطرترین درجه‌حرارت برای موتوربسیاری از هواپیماها می‌باشد . درجه حرارت روغن بوسیله‌آلتی بنام OIL TEMPERATURE GAUGE اندازه‌گیری میشود .



آلات دقیق سوخت

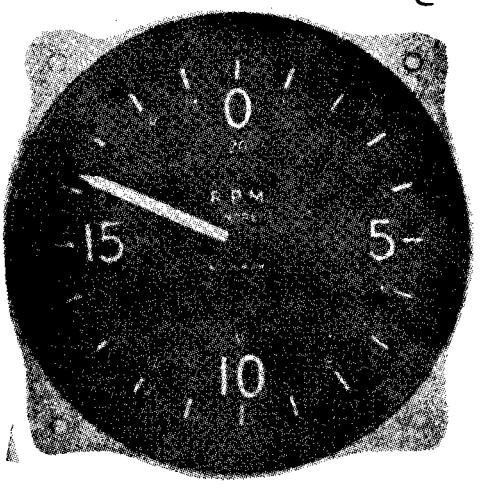


آلات دقیق روغن

سیستم فشار روغن: قسمتهای متحرك موتور بایستی به روغن آغشته گردد تاحتی‌المقدور ازاصطکاك جلوگیری بعمل آید. معمولا روغن موجود در مخزن روغن و یا کارتر در اثـر فشار پمپ روغن روی قطعات متحرك جاری می‌گـردد . فشـار روغن بوسیله آلت دقیقی بنام OIL PRESSURE GAUGE نشان داده میشود . فشار روغن نه باید خیلی کم و نه خیلی زیاد باشد .

دوران‌نمای موتوریا TACHOMETER:موتورهواپیمادارای دورهای مشخصی می‌باشدکه‌در آن دورهاحداکثرنیرو ویاحداقل صرفه جوئی درسوخت برای‌طی‌مسافات طولانی بدست‌میآید. هریك‌ازکارخانه‌های سازنده موتور بعداز آزمایشات طولانی‌حداقل وحداکثر و مناسبترین دور در دقیقه را برای موتور های خود تعیین می نمایند .

برای اینکه خلبان بتواند دورلازم را درمواقع مختلف تنظیم نماید ازدوران نمای موتورکه درکابین هواپیما نصب شده استفاده مینماید. بدیهی‌است اگردورموتور بی‌جهت تغییریابدنشانه اشکال فنی خواهدبودکه‌باین ترتیب خلبان بایستی فوراًاشکال را وارسی‌کرده وبرای رفع‌آن کوشش‌نماید .



آلت دقیق دوران نمای موتور

کاربوراتور

کاربوراتوربرای‌آنستکه بنزین را باهوا کاملا مخلوط و بشکل گاز درآورده و

وارد سیلندر های موتور بنماید . نسبت بنزین باهوا متفـاوت وممکن است ۱۵ جزء هوا بایك جزء بنزین مخلوط شوداین نسبت ممکن است به ۱۷ جزء هوا ویك جزء بنزین ویاگاهی ۱۴ جزء هوا ویك جزء بنزین نیز باشدکه درصورت اول نیروی موتور قدری کمترشده ودرصورت دوم نیروی موتورقدری زیادترومصرف سوخت هم بیشتر خواهد بود.

ساختمان کاربوراتور

کاربوراتور ازهشت قسمت عمده بشرح زیر تشکیل شده است :

۱ـ پیاله: پیاله بنزین قسمتی از کاربوراتوراست. این پیاله بمنزله انبار کوچکی است که سوخت توسط پمپ بنزین ازمخزن سوخت داخل آن شده وازآنجا وارد سیلندرها میشود.

۲ـ شناگر: شناگر از برنج مکعب مستطیل مجوف یاچوپ پنبه ساخته شده وبه یك طرف پیاله متصل است وآزادانه بالاوپائین میرود وفـایده آن برای یك میزان نگهداشتن بنزین درپیاله می باشد.

۳ـ ژیگلرها : کاربوراتور معمولا دومجرا برای بنزین دارد که ژیگلرهـای برنجی درآن مجراها قرار گرفتهٔ ومقدار بنزین وهوا را بـمیزان معینی از مجرای مخصوص به سیلندر میرسانند.

۴ ـ سوزن ژیگلر : سوزن ژیگلر عبارت از میلـه نازك برنجی است که در مجرای وسط ژیگلر قرار میگیرد نوك سوزن ژیگلر مخروطی شکل و همیشه باید دروسط مجرای ژیگلر داخل کاربوراتور قرار گیرد .

۵ـ دریچه ها :که دخول مقدار هوا را به کاربوراتور کنترل مینماید .

۶ـ صافی هوا :که درمقابل مجرای ورود هوای آزاد به کاربوراتور قرارگرفته وهوا را قبل از ورود بکاربوراتور تصفیه مینماید.

۷ـ پمپ گازبنزین : که مثل پمپ های معمولی کارمیکند وبنزین را ازمجرای جداگانه ای در موقع گاز دادن به محل اختلاط بنزین با هوا میرساند .

کنترل گرمای کاربوراتور: اگرهواپیما درارتفاعات بالا ویا درهوای یخ بندان پروازنمایدداخل کاربوراتوریخ میزند. درصورتیکه کاربوراتوریخ بزندجریان مخلوط

هواکه داخل کاربوراتور میشود قطع گردیده و درنتیجه موتور ازکار می‌افتد .

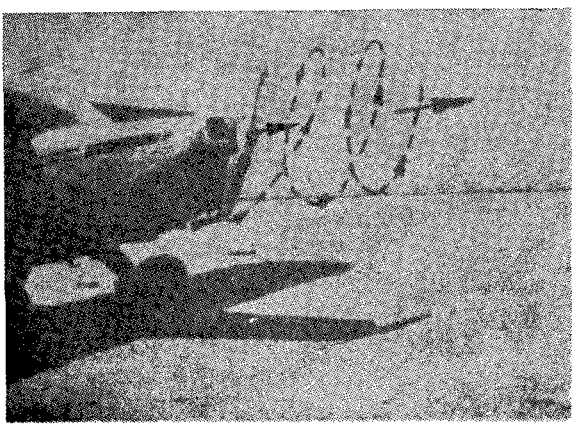
برای جلوگیری ازیخ زدن کاربوراتور درصفحه آلات دقیق هواپیما یك دگمه فشاری کارگذاشته شده که با فشاردادن آن هوا قبل‌ازورود به‌کاربوراتور بعلت مجاورت باخفه کن موتورگرم‌شده‌وسپس‌واردآن میشودوازیخ‌زدن کاربوراتورجلوگیری مینماید گاهی اوقات کم‌شدن دورموتور نشانه یخ‌زدن داخل کاربوراتور می‌باشد. تعداد زیادی آلات دقیق دیگرهم جهت نشان دادن وضعیت موتورهواپیما موجود می‌باشد که در هواپیماهای کوچك ازآن استفاده نمیشود.

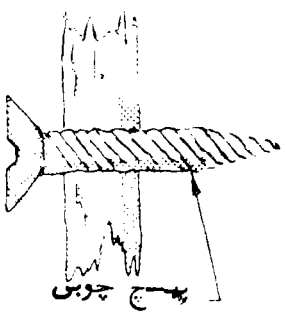
سرویس ونگهداری موتور : چون موتورهواپیما بزرگترین و مهمترین عامل ادامه‌پروازهواپیمامی‌باشدلذا سرویس‌ونگهداری آن بسیارمهم‌وحیاتی‌است. بطورخلاصه موتورهواپیمادارای‌یك عمرقانونی‌است وبایستی‌مرتب بتناوب بعدازهرچندساعت‌پرواز مثلا ۲۵ ساعت و۵۰ ساعت و۱۰۰ ساعت و۱۰۰۰ ساعت بازدید شود ویابعضی ازقطعات آن پیاده شده تعمیراساسی وسرویس وتعویض گردد .

فصل پنجم

ملخ هواپیما

در بین کلیه لوازم هواپیما (غیر از هواپیمای جت) ملخ مهمترین آنها بشمار میرود . اگر بگوئیم کارآئی هواپیما بستگی زیادی بـه متناسب بودن ملخ دارد راه اغراق نپیموده‌ایم . همانطورکه بال‌دارای زاویه حمله است ملخ هم باید دارای‌زاویه حمله مناسب باشد تـا ایجاد «برا»ی سودمند نماید . «برا» بال هوا پیما را بطرف بالامیبرد درحالیکه نیروی «برا»ی ایجادشده بوسیله تیغه‌های ملخ هواپیما رابطرف جلو میکشد .

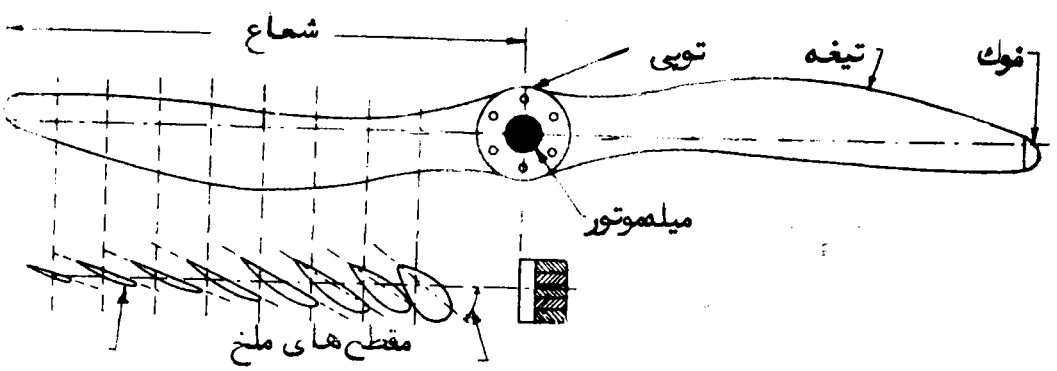




ملخ هواپیما را میتوان بایك پیچ مقایسه نمود . همچنانکه اگر یك پیچ را

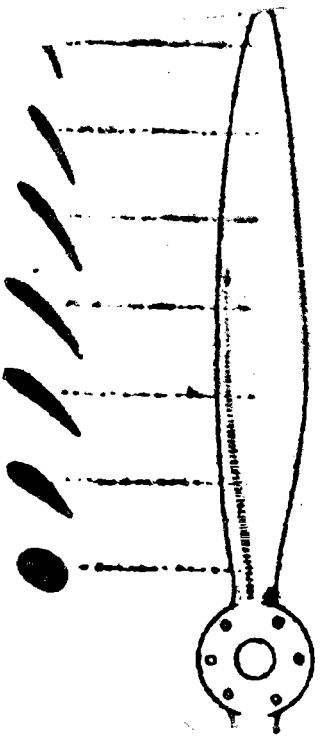
درتخته به‌پیچانیم بدون واردآوردن فشار درداخل چوب بطرف جلو فرو میرود و یا همانطورکه پروانه موتوریك کشتی باعث جلورفتن آن می‌شودملخ هواپیما نیز با گردش خود درهوا باعث جلوبردن خود ودرنتیجه هواپیما می‌شود . جلورفتن پیچ در چوب بعلت برخورد لبه‌های پیچ به‌چوب می‌باشد ولی‌پیشروی ملخ درهوا بعلت ایجادقدرت پیشروی یا «برا» در روی لبه‌های ملخ می‌باشد . ملخ هواپیما را می‌توان بمنزله بال کوچکی تصور کردکه به انتهای‌میله موتوربسته شده است . هرمقطع ملخ یك‌ارفویل است که بطورکلی تابع قوانین مربوط به «برا» می‌باشد . وقتی ملخ درهوا می گردد «برا» ایجاد می کند که شبیه نیروی ایجادشده دراثر جریان هوا درروی بال‌میباشد.

باید دانست‌که نوك ملخ ازهرقسمت دیگرآن سریعترحرکت می کند ومسافت بیشتری را دریك زمان معین طی‌مینماید وچون «برا» نسبت بسرعت تغییر می‌نماید بنابراین اگرزاویه برخورد تیغه‌های ملخ درسراسرآن یکسان باشد «برا»ئی کـه در نوك‌آن بوجود میآید بمراتب بیشتراز «برا»ی ریشه‌آن خواهدبود. برای ازبین‌بردن این‌اشکال تیغه‌های ملخ راپیچدار ساخته‌اند باین‌ترتیب‌که زاویه برخورد تیغه درتمام نقاط لبه‌حمله‌آن متفاوت می‌باشد وزاویه حمله ریشه چندین‌درجه اززاویه حمله‌نوك آن زیادتراست . ضخامت تیغه نیزمتفاوت است زیراارفویل نازك برای سرعتهای‌زیاد مناسب است ودرقسمت ریشه تیغه چون تمام نیرومتوجه آنست باید ضخیمتر باشد . بطورکلی ریشه ملخ‌آنقدر ضخیم است‌که شکل ارفویل ندارد وبااستفاده ازکاسه‌ملخ



این قسمت رااستریم لاین می کنند .

مقطع قسمتهای مختلف ملخ



انواع ملخها

فاصله‌ای راکه یك ملخ دریك دورچرخش خود طی می‌نماید گام ملخ مینامند که شبیه فاصله‌ای است که یك پیچ دریك‌دور پیچاندن طی می‌نماید . درهواپیماهای ملخ‌دارانواع ملخها رانسبت به‌نوع‌گام ملخ به‌سه دسته تقسیم‌بندی نموده‌اند:

۱ـ ملخ باگام ثابت : در ملخ باگام ثابت خلبان نمیتواند گام ملخ را عوض نمایدوزاویه تیغه‌های‌ملخ دروضعیت‌های مختلف پروازیکسان می‌باشد. مانند هواپیما های کوچك یاهواپیمای مدل .

۲ـ ملخ با گام قابل تنظیم : درملخ‌های باگام قابل تنظیم گام ملخ را درروی زمین برای وضعیت های مختلف پـرواز تنظیم می‌نمایند مثلا گـام ملخ را وقتی که هواپیمائی می‌خواهد ازفرودگاهی واقع دریك منطقه مرتفع کوهستانی‌که غلظت هوا در آنجا کم است بلندشود زیادمی‌نمایند .

۳ـ ملخ با گام متغیر : در ملخ با گام متغییر زاویه حمله تیغه‌های ملخ قابل تغییر است وخلبان می‌تواند گام ملخ را بوسیله یك‌کنترل ازداخل‌کابین هنگام پرواز تغییر دهد .

درمواقعی که برای ایجاد کشش احتیاج به‌شکافتن هوای بیشتری باشد اینکار را می‌توان بوسیله گرداندن تیغه‌های ملخ یعنی تغییرگام آنها انجام داد.

هنگامیکه سرعت پرواز هواپیما ضمن‌بلند شدن واوج‌گیری‌کم است گام ملخ باید کمترازموقعی‌باشدکه هواپیما درپروازافقی‌است تابدینوسیله به‌دورموتور دردقیقه اضافه شود .

یکی از پیشرفتهای بسیار با ارزش در زمینه ملخ هواپیما ساختن ملخ‌هائی با سرعت دوران ثابت میباشد دراین‌نوع ملخها دوران موتور درسرعتی‌که موتوربهترین بهره را می‌دهد ثابت نگهداشته می‌شود واگردرحین پرواز بعلت تغییر وضعیت دماغ هواپیما درقدرت ثابت کمی به‌دورموتور دردقیقه اضافه گردد در نتیجه بگام ملخ هم کمی افزوده شده واین‌افزایش باعث می‌شود که فشارتیغه‌های ملخ برروی هوا زیاد و درنتیجه دورموتور دوباره کم‌گردد ویااگرمقدارکمی ازدورموتور کم‌گردد گام ملخ هم کم می‌گردد وفشار هوا نیزکاسته شده وموتورسرعت معمولی خودرا بدون اینکه فشار زیادی راتحمل نماید بدست می‌آورد.

فصل ششم

موتورهای عکس العملی

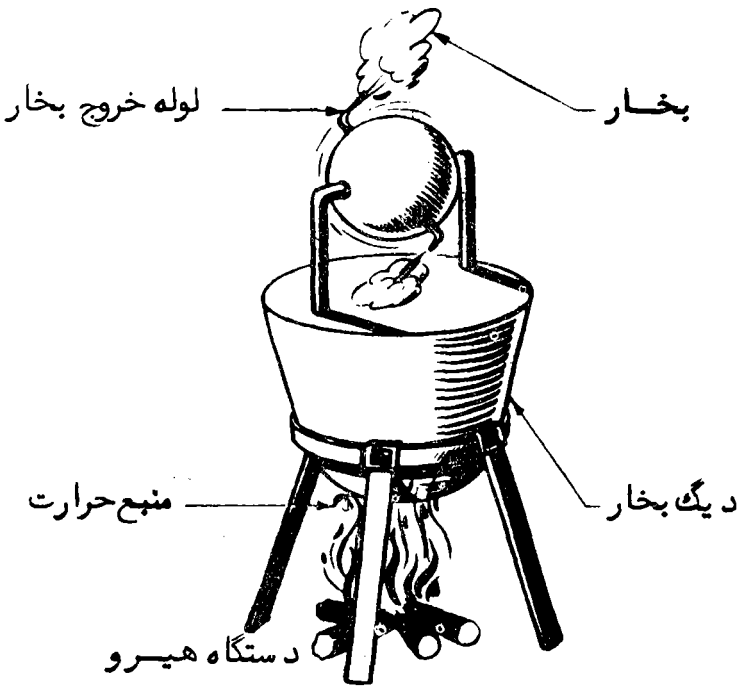
راکت‌ها و جت ها

مقدمه

درحدود ۱۲۰ سال قبل ازمیلاد مسیح درشهر اسکندریه مصر شخصی دانشمند درریاضیات وفیزیك بنام هیرو (HERO) زندگی می کردکه وسائلی ازقبیل ساعت آبی‌وارگ هیدرولیکی ومنجنیق و گوی‌مخصوصی که بوسیله بخارمی‌چرخید اختراع نموده بود اگر چه معلوم نیست‌که این‌گوی چگونه کارمی‌کرد ولی تصور می‌شود که دستگاهی بشکل زیر بود :

یك کتری دربسته‌که درروی آتش روی پایه‌ای قرار داده میشد ازدوطرف این کتری‌دولوله‌توخالی‌بالاآمده ویك عدد گوی توخالی‌درمیان‌آن دولوله قرارمیگرفت. دردوطرف دیگرگوی دو لوله توخالی بایك زاویه ۹۰ درجه‌ای مخالف هم قرار داده شده بود. وقتی که‌آب درداخل‌کتری می‌جوشید بخار آن از دو لوله جابنی‌داخل‌گوی شده وازدولوله کوچك منحنی خارج می‌گردید و چون این دولوله درجهت مخالف یکدیگرقرارداده‌شده بودسبب می‌شدکه‌این‌گوی درحول‌محورافقی خودبه‌نسبت شدت

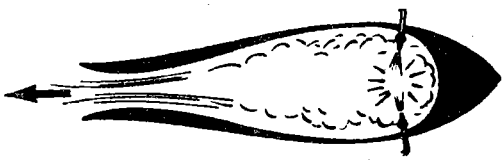
بخار آب بگردش در آید. بافرض اینکه ساختمان گوی بخار بشکل زیر باشد باید گفت که اولین مخترع موتورهای جت همین آقای هیرو بوده است . گروهی هم می گویند که گوی بخارهیرو در حول محور عمودی خود و بوسیله هوای گرم می‌چرخید که اگر حقیقت داشته باشد دراینصورت بایدگفت هیرو اولین مخترع توربین‌گاز بوده است.



از آنتاریخ تاکنون طراحان زیادی برای ساختن موتور های جت طرحهائی تهیه نموده‌اند ولی موتورجت تاقبل ازجنگ دوم جهانی هرگز تکمیل نگردیده بود. برای روشن شدن مطلب بد نیست قبلا فرق عمده بین راکت‌ها و موتورهای جت را شرح دهیم :

راکت سوخت لازم برای پروازخودرا بصورت‌سوخت مایع یاجامد بطورکامل همراه خود حمل‌می‌نماید واحتیاج به‌هوای‌آزاد ندارد. موشکهای عظیم که درپرتاب اقمارمصنوعی وانسان به‌فضا بکارمیرود روی همین‌اصول کارمیکنند .

موتورجت اکسیژن لازم رابمنظور احتراق ازجوّبدست می‌آورد و بهمین‌علت دارای دهانه ورودی هوا درجلو ومجرای خروجی گازهای سوخته درعقب می‌باشد.



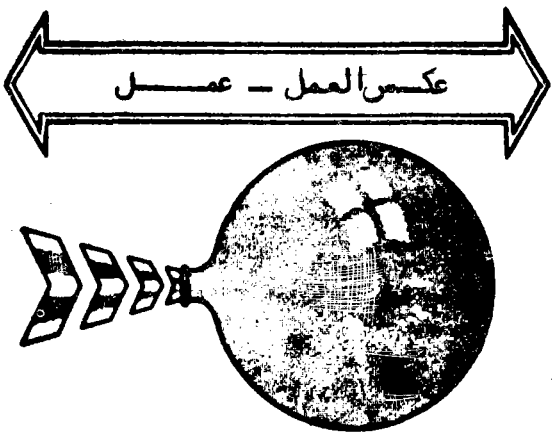
موتور جت و یا راکت روی اصل عمل و عکس‌العمل کار می کندکه سرایساك نیوتون آنراکشف نموده است .

شرح نیروی عکس‌العمل

قانون سوم نیوتون چنین می گوید :

«برای هرعمل عکس‌العملی است مساوی و درجهت مخالف آن» .

آزمایش ساده بایك عدد بالون معمولی نیروهای یك راکت را نشان میدهد .



وقتی‌که بالونی را باد و دهانه آنرا بانخی می‌بندیم کلیه نیروهای داخل آن مساوی ودرجهت مخالف یکدیگر قـرارمی‌گیرند . نیروها مهارگردیده وبالون بی حرکت است نه‌عملی درکار است ونه عکس‌العملی .

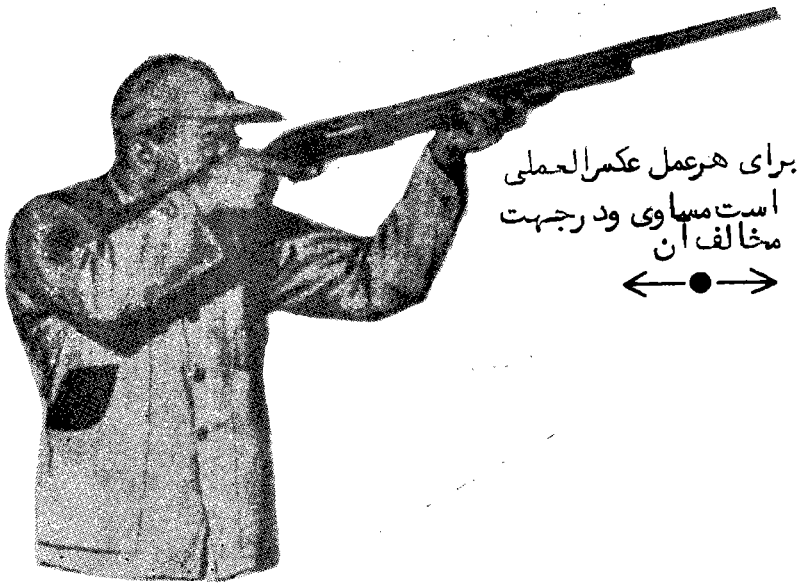
اگر نخ محلی را که دهانه بالون بآن بسته شده باز نمائیم یك سری عملیات فیزیکی‌آغاز می گردد . ابتدا هوای داخل بالون باشدت زیاد ازدهانه خارج شده و نیروهای داخل‌آن تعادل خودراازدست می‌دهد .

عمل وعکس‌العمل یك بالون

فشار نیروهائی‌که بطرف دهانه بالون وارد میآید چون راه فراردارد کم است این حالت را «عمل» می گویند . نیروهائی‌کـه درجهت عکس دهانه به‌بالون وارد میشود زیادتر است وعکس‌العمل برابرودرجهت مخالف «عمل» میباشد. عکس‌العمل زیادتر سبب می‌گرددکه این‌بالون بحرکت درآید وتا هوای داخل‌آن خالی نشود از حرکت بازنخواهد ایستاد .

مثال دیگر ، یك لوله لاستیکی که با شدت آب ازآن خارج میشود وضعیت «عکس‌العمل» را نشان میدهد . وقتیکه بایك تپانچه ویا تفنگ تیری شلیك نمائیم طبق‌قانون سوم حرکت نیوتون نیروئی‌که عکس‌العمل نیروی عمل است بوجودآمده ومارا بعقب فشار میدهد .

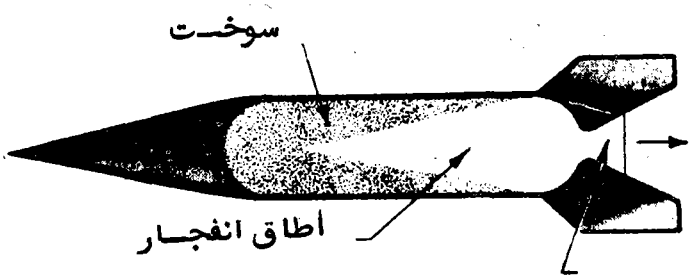
اگر گازهای خروجی از اگزوز یك موتور جت را به میلیونها فشنگ تشبیه نمائیم‌که بطور مسلسل ازیك گروه مسلسل یاسلاح خودکارشلیك میشود (همانطوریکه درصفحه ۴۷ نشان داده شده) معلوم می‌گرددکه عقب‌نشینی‌مدام‌که دراثرشلیك‌سلاحها بوجود میآید همان چیزی است که سبب می گردد هواپیما بجلوبرود .



راکت با سوخت جامد

ساختمان موتور راکت که با سوخت جامد کار می‌کند بسیار ساده است و از قسمتهای زیر تشکیل شده است :

(۱) اطاق انفجار که سوخت ومایع اکسیدکننده یعنی مخلوط اکسیدکننده در آن وارد می گردد (۲) یك عدد دریچه خروجی که انرژی فشار را به کشش تبدیل می‌نماید (۳) دستگاه تولید جرقه (شمع) .



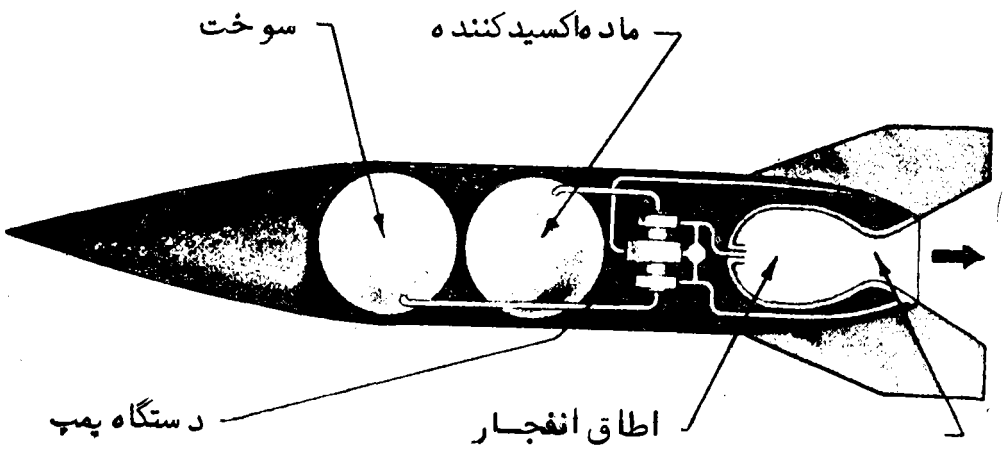
درساختمان راکت‌ها کشش قابل‌کنترل نیست و زمانیکه سیستم الکتریکی آن بکار افتاد تاوقتیکه تمام سوخت موجود مصرف نشود موتورروشن خواهدبود .

وزن راکتهای باسوخت جامد زیاد است زیرا مخزن سوخت باید طوری‌ساخته

شود که فشارزیاد وحرارتهای خیلی زیادتری را تحمل نماید . ازراکتهای با سوخت جامدبرای موشکهای هدایت شونده ویاکمك بهزود بلندشدن هواپیما استفاده میشود.

راکت با سوخت مایع

برای پروازهای با بردزیاد وخارج‌ازجوّ‌وزمین ویابرای بدست‌آوردن سرعتهای زیاد راکتهای باسوخت مایع بیش‌ازهرنوع موتوردیگر نیروتولید مینماید . وقتیکه قسمت‌کمی ازسوخت مایع بسوزد گازهای تولیدشده پمپی رابکار می‌اندازد که مایع اکسید کننده وسوخت را بطور جداگانه وارد اطاق انفجار مینماید. مخلوط اکسید کننده وسوخت‌دردرجه حرارت زیاد محترق شده وفشارهای زیادی راتولید مینماید که کشش لازم را بوجود میآورد . ترکیبات مختلف سوخت ومایع اکسید کننده از ۳۵۰۰ تا ۱۰۰۰۰ درجه فارنهایت حرارت تولید مینماید .



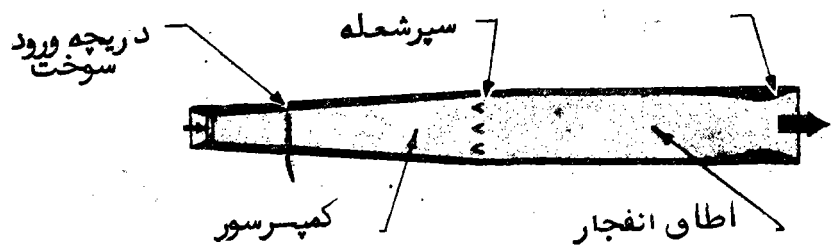
موتورهای جت و انواع آن

موتورجت یاموتور عکس‌العملی کشش لازم برای پرواز را با خروج توده‌ای از گازهای گرم ازمجرای عقب موتور بوجود میآورد. خروج سریع گازهای گرم ازمجرای خروجی موتور تولید نیروئی درجهت عکس ومساوی نیروی گازهای خروجی می نماید که در نتیجه آن هواپیما بطرف جلو حرکت میکند. مقدار کشش تولید شده بستگی به توده هوای وارد شده بداخل موتور ونسبت اختلاط این هوا باسوخت موتور وسرعت ورودهوا وخروج گاز دارد. موتورهای نوع عکس‌العملی طبق قانون سوم نیوتون که قبلا شرح داده شده یعنی قانون عمل وعکس‌العمل کارمی نماید.

انواع مورهای جت ازقبیل موتورهای رام‌جت وتوربوجت وتوربوپراپ وتوربو - رام‌جت وپالس‌جت وجوددارد که در اینجا فقط بشرح دونوع آن یعنی موتورهای توربوجت ورام‌جت اکتفا میشود.

موتورهای رام جت RAMJET

موتوررام‌جت یکی ازساده‌ترین نوع موتورهای جت است که ازیك کمپرسورو یك اطاق انفجار ویك دریچه خروج گازهای سوخته تشکیل شده است و هوا بمحض



ورود ازدهانه جلوتوسط دستگاه مخصوصی فشرده شده وبعداز مخلوط شدن باسوخت دراطان انفجارمحترق وگازهای حاصله ازمجرای عقب موتورخارج گردیده ودر نتیجه آن مقداری کشش ایجاد می نماید.

ازموتورهای رامجت درهواپیماهای سریع استفاده می نمایند زیرا هرقدرسرعت هواپیما بیشتر باشد هوای بیشتری واردموتورمیشود. مصرف سوخت موتورهای رامجت درسرعتهای کم زیاد میباشد ولی هرقدر بهسرعت هواپیما افزوده گردد ازمصرف سوخت نیز کم می گردد. بطور کلی مصرف سوخت موتورهای رامجت درپروازهای مافوق صوت بسیار مقرون بصرفه می باشد.

موتور توربوجت TURBOJET

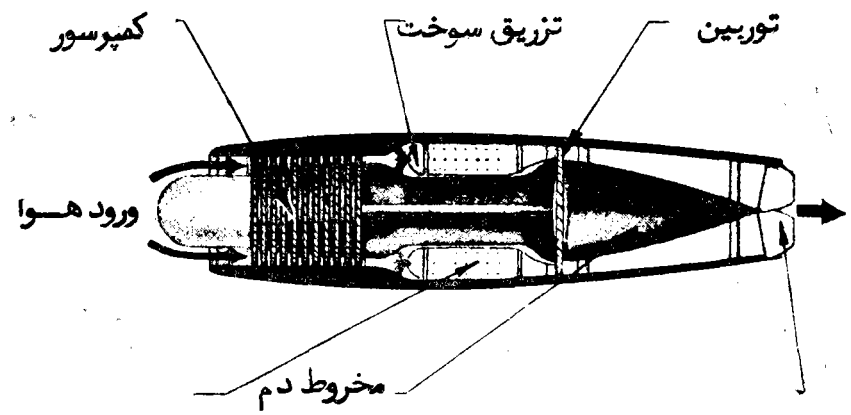
موتور توربوجت یکی ازموفق ترین ومتداول ترین انواع موتورهای جت است که هوا پیماهای امروزه ازآن استفاده مینمایند. مهمترین قسمتهای این موتورتوربین و کمپرسورو اطاق انفجارآن میباشد.

در موتور توربوجت هوا توسط کمپرسور فشرده میشود و بداخل اطاق انفجار میرود درآنجا باسوخت مخلوط شده ومیسوزد ودر نتیجه فشارآن زیاد میگردد. گازهای سوخته ازمجرای خروجی موتورخارج میشود ودراثر اختلاف فشارزیاد درجلو وفشار کم درعقب اطاق انفجارکشش ایجاد میگردد. گازهای سوخته قبل از خارج شدن از موتور ازروی پره های توربین عبور میکنند وآن را بسرعت میچرخانند. گردش توربین باعث میشودکه کمپرسورگردش کند وهوا را ازجلو مکیده وفشرده نماید.

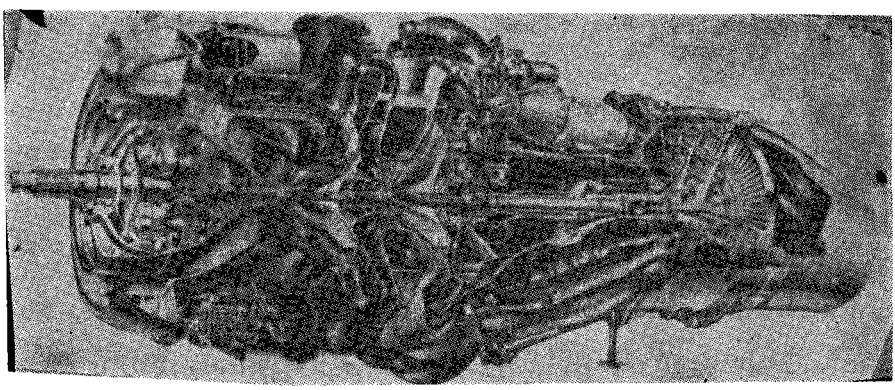
بهاین ترتیب موتورتوربوجت می تواند درروی زمین بدون اینکه سرعت داشته باشدکارکند وکشش ایجاد نماید. برای اینکه دراولین وهله کمپرسور بگردش درآید ازاستارتر استفاده میشود.

اگرچه ساختمان موتورهای توربوجت ساده میباشد ولی درعمل اشکالاتی‌درکار آن وجود دارد که ذیلا درباره یك مورد آن بحث میشود :

گرمای‌تولید شده دراثر دوران‌سریع ونیروی گریزاز مرکزطول پره‌های‌توربین رازیاد مینماید که دراین صورت برخورد لبه‌های‌آن بابدنه موتورسبب خرابی‌توربین وبالاخره ازکارافتادن موتور میگردد. برای‌جلوگیری ازگرمای زیاد اطاق انفجار را ازدوجدارجدا گانه‌میسازند وجریان‌هوای‌آزاد راازبین‌آندوعبورمی‌دهند تا ازگرمای زیادمصون بماند.



موتـــورتوربـــوجـــت



موتورهای توربوجت بسیار زیبا ونسبت بوزن خود معمولا دارای کشش خیلی زیادی میباشند. چون تمام متعلقات داخل آن درحال چرخش می‌باشند بنابراین موتور هیچگونه لرزشی ندارد . مصرف موتورهای جت بسیار زیاد است و به هوای زیادی احتیاج دارد. بطور مثال هواپیمائی که سرعت آن ۶۰۰ میل در ساعت است درهر ثانیه بیش از یك تن هوا مصرف مینماید. کشش موتورتوربوجت بوسیله تنظیم مقدارسوخت مصرفی تنظیم میگردد. دراتفاعات کم مصرف سوخت بیشتر وهرقدر ارتفاع زیاد شود سوخت کمترمصرف میگردد زیرا غلظت هوا درارتفاعات بالاترکمتراست وبرای اینکه سوخت کامل باشد باید نسبت هوا وسوخت متعادل وثابت بماند.

سوخت موتورهای عکس‌العملی

یکی ازبزرگترین فواید این موتورها قدرت استفاده ازسوختهائی با کیفیت و خواص کمتر ازقبیل گازوئیل ونفت وسایرسوختهای مشابه‌میباشد. موتورهای عکس‌العملی مقادیرزیادی سوخت مصرف مینمایند و همین موضوع سبب میشود که انبار و حمل مقدارسوخت درهواپیما تولید اشکال نماید. حرارت زیاد داخل موتورهای عکس‌العملی اشکالاتی نیز ازلحاظ انتخاب آلیاژ های مخصوص بوجود می‌آورد . درجدول زیر بهره موتورهای عکس‌العملی باسایرموتورها مقایسه شده است.

نوع موتور	حداکثر بهره وکارآئی
موتورهای عکس‌العملی	۴۰ تا ۵۵ درصد واقعی (درتئوری به ۸۵ درصد میرسد)
موتورهای عالی پیستونی	۲۰ تا ۳۵ درصد (۶۵ تا ۸۰ درصد هر ۱۰۰ گالن سوخت بهدر میرود)
موتور خودرو	۲۰ تا ۲۵ درصد (۷۵ تا ۸۰ درصد نیروبهدر میرود)

درجدول زیر نام موتور وظرفیت مخزن سوخت ومصرف یکساعت سوخت چند نمونه هواپیماهای جت وموتورپیستونی برای مقایسه توضیح داده میشود.

نام هواپیما	نام موتور	تعداد موتور	ظرفیت سوخت به لیتر	مصرف‌سوخت همه موتورها لیتر درساعت
متروپولیتن (پیستونی)	پرات اندویتنی	۲	۶۵۵۰	۶۴۰
وایکانت(توربوپراپ)	رولزرویس	۴	۸۶۴۰	۱۷۰۰
کانستلاسیون‌سوپرجی (پیستونی)	کورتیس‌رایت	۴	۳۹۳۰۰	۱۷۳۰
کانستلاسیون‌سوپراستار (پیستونی)	کورتیس‌رایت	۴	۳۶۳۱۱	۱۸۰۰
بوئینگ ۷۰۷ جت	رولزرویس	۴	۹۰۱۹۰	۷۸۰۰
بوئینگ ۷۲۰جت	پرات‌اندویتنی	۴	۵۵۹۵۰	۶۶۰۰
بوئینگ ۷۲۷جت☆	پرات‌اندویتنی	۳	۲۶۵۰۰	۵۰۰۰

☆ هواپیماهای جت فعلی هواپیمائی ملی‌ایران ازاین نوع میباشد.

سرعت مافوق صوت

بمنظور بیان سرعت هواپیما های مافوق صوت فعلی و یا هواپیما هائی که در آینده طراحی می‌شوند بجاست قدری درباره سرعت صوت بحث نمائیم.

چندین‌سال‌قبل‌یکی‌ازدانشمندان آلمانی بنام‌ارنست‌ماخ(EARNEST MACH)

موفق شد با استفاده ازدوربین‌عکاسی مخصوصی از مسیر گلوله توپی‌که بوسیله یك‌توپ شلیك شده بود عکسبرداری نمایدکه درآن گلوله وارتعاشات صوتی حاصله ازحرکت آن نشان داده میشد. طبق محاسبه‌آقای ماخ سرعت صوت درسطح دریا ودر ۱۵درجه سانتیگراد (۵۹ درجه فارنهایت) ۳۴۰ متر درثانیه (۷۶۱ میل درساعت) میباشد که آنرا بنام خودیك ماخ نام‌نهاد.

درهواپیماهای جدید سرعتهای مافوق صوت رابجای اینکه بامیل اندازه‌گیری نمایند بماخ ذکرمیکنند.

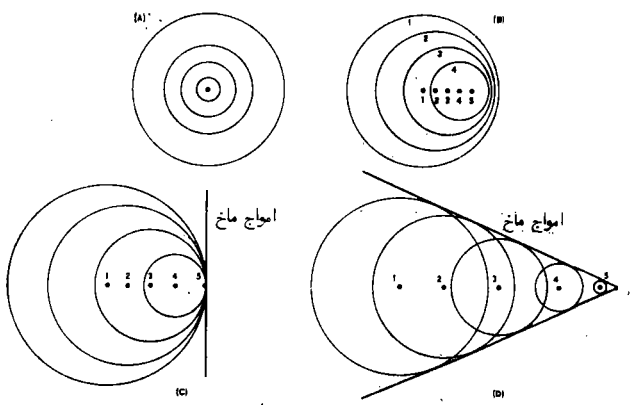
دیوار صوتی و شکستن سرعت صوت

وقتی هواپیما باسرعت‌کمترازصوت پروازکند امواج صوتی حاصله میتواند با سرعت در جلوی هواپیما منتشر شود . حال چنانچه هواپیما سرعت خود را بسرعت صوت برساند امواج صوتی حاصله دیگرنمیتواند جلوتر ازهواپیما حرکت‌کند لذادر این سرعت تمام امواج حاصله در جلوی سطوح هواپیمـا بصورت دیوار نامرئی بهم انباشته میشودکه اصطلاحاً آنرادیوارصوتی‌می‌نامند. وقتیکه هواپیما بخواهد ازسرعت صوت تجاوزنماید باید این‌امواج بهم‌فشرده را شکافته و ازآن عبورکند بدیهی است عبور ازدیوار صوتی احتیاج به قدرت موتور زیاد و آیرودینـامیك مخصوصی دارد . چنانچه‌هواپیما ازسرعت‌صوت‌عبورکرده باشد دیگرامواج‌صوتی‌حاصله‌بطورمنظم‌منتشر نمیشود بلکه بصورت نامنظم و ضربه‌ای در آمده و بافشار زیاد از لبه عقبی بالها ویا سکانها ازهواپیما جدا میشود. امواج نامنظم حاصله که درهواآزاد شده است چنانچه بجائی برخورد کند در اثرفشار زیاد صدای مهیبی ایجاد مینمایدکه بستگی بـمقدار فشار حاصله دارد واصطلاحاً آنراصدای صوتی (SONIC BOOM) میگویند.

اگرهواپیما درارتفاع پـائین وباسرعتی بیش از سرعت صوت پـروازکند فشار

حاصله در اثر امواج نامنظم خیلی زیاد بوده و باعث شکستن شیشه خانه‌ها و خودروها گردیده وممکن است عده‌ای هم‌که درست در محل اصابت امواج بزمین قرار گرفته باشند شنوائی خودرا ازدست بدهند درحالیکه اگر هواپیما در ارتفاع مثلا بالای ۴۰۰۰۰ پا باسرعت صوت پرواز کند فشار برخورد امواج کم بوده ومعمولا کسی متوجه صدای آن نخواهد شد. بهمین علت بطورمعمول خلبانان مجاز نیستند که در ارتفاع کمتر ازحدود ۲۵۰۰۰ پا باسرعتی بیش از سرعت صوت پرواز نمایند .

اولین هواپیمائی که توانست دیوار صوتی را بشکند یعنی ازسرعت یك ماخ تجاوز نماید هواپیمائی بنام BELL X -1 بودکه درسال ۱۹۴۸ موفق به انجام آن گردید.



تشکیل امواج ماخ

فصل هفتم

کنترل هواپیما

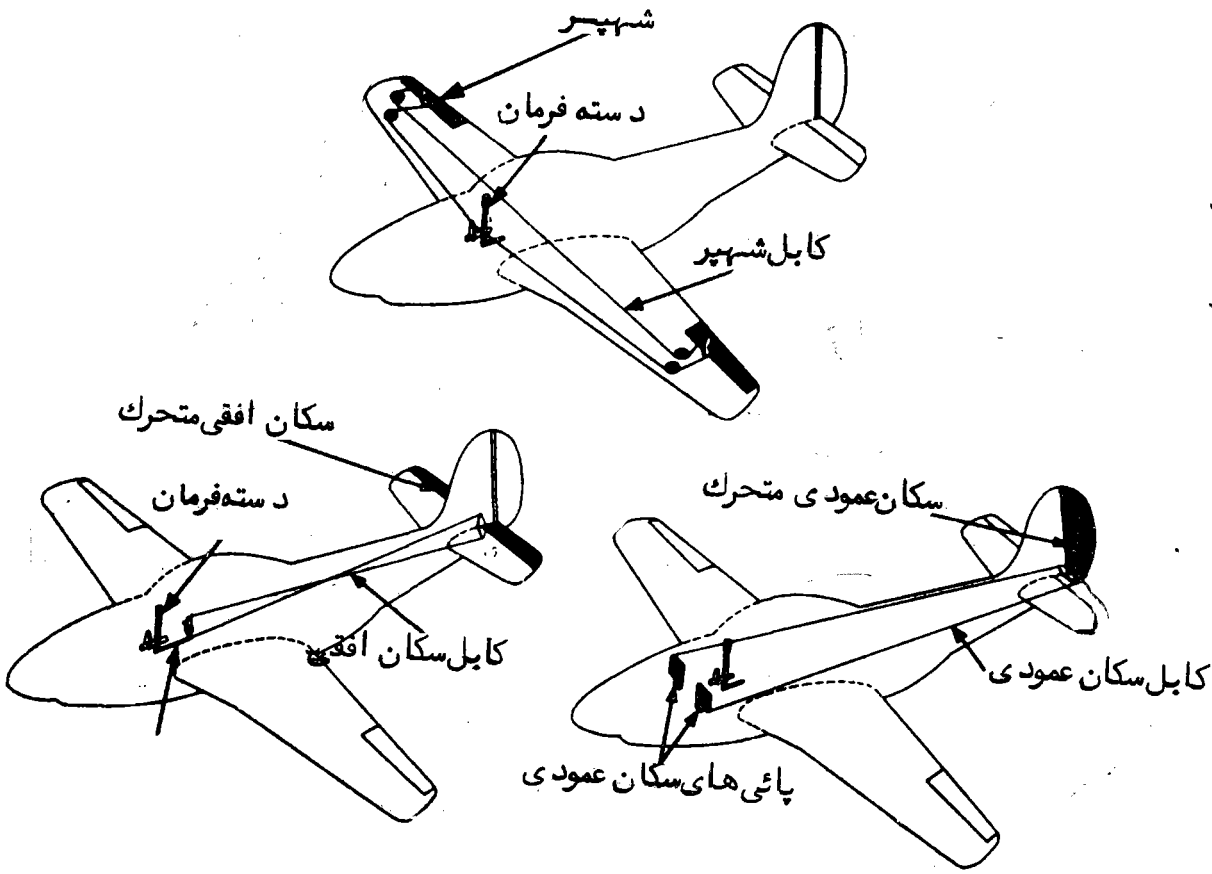
طراحان همه هواپیماها سعی‌مینمایند که هواپیمای طرح شده بوسیله‌آنان از هرلحاظ قابل اطمینان بوده و درپرواز ایستائی‌داشته وبآسانی قابل‌کنترل باشد . همه هواپیماها بطور یکسان کنترل نمیشود و فشار وارد به فـرامین‌آن درهمه‌آنها شبیه نبوده بعضی‌هااحتیاج‌به فشار زیاد وبرخی احتیاج به فشار کمتری‌روی فرامین دارند.

اصولا هواپیما دارای دونوع‌سطوح‌فرامین‌خارجی یکی‌فرامین اصلی ودیگری فرامین‌کمکی بشرح زیرمیباشد : فرامین اصلی‌هواپیما عبارتنداز سکان افقی متحرك (ELEVATOR)وسکان‌عمودی‌متحرك(RUDDER)وشهپرها(AILERONS).

فرامین‌کمکی عبارتنداز تنظیم‌های ثابت و تنظیم‌های‌متحرك‌وفلاپ‌ها .

سطوح فرامین اصلی‌خارجی

۱ـ سکان افقی متحرك :سطحی که هواپیما رادرحول محورعرضی (خطفرضی که‌ازنوك یك‌بال شروع شده وعمود برد ومحور طولی وعمودی هواپیما وازمرکزثقل



آن گذشته و به نوك بال دیگر ختم میگردد) بحرکت درآورده یعنی دماغ آنرا بالا یا پائین میآورد وازداخل کابین بوسیله دسته فرمان کنترل میگردد . اگردسته را جلو بدهیم سکان افقی پائین میرود واگردسته را بعقب بکشیم سکان افقی بالا میآید .

۲ ـ سکان عمودی متحرك : قسمت عمودی متحرك انتهای دم هواپیما است که بافشار پائی ها از داخل کابین براست ویاچپ حرکت نموده و هواپیما را درحول محور عمودی (خط فرضی که از مرکز ثقل هواپیما گذشته و برمحورهای طولی وعرضی عمود است) براست ویاچپ میگرداند. فشار روی پائی راست سکان را بطرف راست و فشار روی پائی چپ سکان را بطرف چپ میگرداند .

۳ ـ شهپرها : سطوح متحرکی هستند که به‌لبه فرار بالها لولا شده و بوسیله حرکت دسته فرمان ازداخل کابین هواپیما روی بال راست ویا روی بال چپ کج میشوند. عمل شهپرها عکس هم میباشد بدین ترتیب که اگر شهپر بال راست پائین بیآید شهپر بال چپ بالا خواهد رفت. شهپرها که با براست و یا بچپ دادن دسته فرمان حرکت مینمایند هواپیما را درحول محور طولی (خط فرضی که از نوك هواپیما شروع وازمرکز ثقل گذشته وعمود بردومحور عمودی وعرضی به‌دم هواپیما ختم میگردد) بحرکت درمیآورد .

تنظیم‌های فرامین

تنظیم‌های فرامین بردو نوع میباشندو بنام فرامین کمکی درهواپیما ازآنها استفاده میشود که نوع اول آن متحرك و نوع دوم ثابت میباشد.

تنظیم‌های ثابت عبارتنداز تکه‌فلزهائی که بفرامین اصلی هواپیما وصل شده و درصورت لزوم موقعیکه هواپیما روی زمین است بافشاردادن به‌بالاو پائین ویاچپ‌وراست بطور نظری تنظیم میگردد .

تنظیم‌های متحرك یا TRIM TABS عبارتنداز صفحات کوچکی که درلبه فرار شهپرهاوسکان عمودی وسکان افقی متحرك قرارگرفته‌وازداخل کابین توسط فرمان مخصوصی کنترل میشوند . عمل تنظیم‌ها درست برعکس عمل فرامین اصلی میباشد .

کلیه سطوح خارجی هواپیما به قسمتهای مربوطه هواپیما لولا شده وتوسط کابل‌های مخصوصی به‌فرامین داخلی هواپیما متصل است و بوسیله‌این فرامین بحرکت درمیآید.

فلاپ FLAPS

تعریف : فلاپها سطوح قابل حرکتی هستندکه درقسمت داخلی لبه فرار بال‌ها تعبیه شده‌اند و ازداخل کابین هواپیما بوسیله دسته‌مخصوصی درسه‌حالت بالا و خنثی و

پائین قابل‌کنترل‌میباشند .

بطور کلی استفاده ازفلاپ(برا) و(پسای) بال را اضافه‌مینماید وهواپیما میتواند باسرعت‌کمتری پرواز نماید . استفاده از فلاپ شیب زاویه فرود را زیاد مینماید و هواپیما درزمان‌کوتاهتری به زمین نزدیك‌میگردد . استفاده نادرست فلاپها هواپیمارا دروضع خطرناکی قرارمیدهد . درصورتیکه هواپیما بافلاپهای‌باز درتقرب‌نهائی باشد و بعللی‌ازقبیل‌وجود هواپیما نتواندبزمین بنشیند ومجبور باشد دوباره‌اوج گرفته ویك دور دردور فرودگاه بگردد باید قبل از بستن‌فلاپها دارای سرعت کافی پرواز باشد زیرا درغیراینصورت تغییرناگهانی «برا» سبب از دست دادن ارتفاع درنزدیکی زمین خواهد شد .

درمورد (SLOTS) اسلاتهادرفصل‌دوم بحث‌شده است .

فرامین داخلی هواپیما

سطوح فرامین خارجی هواپیما توسط‌کابل‌هائی‌به فرامین داخلی درداخل‌کابین هواپیما مربوط میباشد . سکان‌عمودی هواپیماتوسط یك‌جفت‌پائی‌که درکف‌کابین‌نصب شده توسط پاها عمل مینماید اگرخلبان پای چپ خودرا روی پائی فشاردهد سکان عمودی بطرف چپ میرود . از سکان‌عمودی برای دورزدن و گردش هواپیما استفاده مینمایند .

شهپرها و سکان افقی بوسیله رل و یا فرمان هواپیما که ممکن است یکی از دو نوع CONTROL STICK یا دسته فرمان که بصورت میله کوتاهی است که در سر آن جای دست قرار دارد و یا چرخ فرمان WHEEL که آنهم مانند یك میله کوتاهی است وبجای جای دست درسر آن یك‌نیمدایره‌مانند نصف‌فرمان خودرو نصب شده است باشد . اگردسته فرمان را بجلوبدهیم سکان افقی بطرف پائین میآید واگر

آنرا به‌عقب بکشیم سکان افقی بالا میآید . اگـر دسته فـرمان را به چپ بدهیم شهپر بال چپ بالا میآیدوشهپر بال راست پائین میرود واگرآنرا براست بدهیم‌شهپر بال راست بالا آمده و شهپر بال چپ پائین میرود . شهپرها و سکان افقی را میتوان دریك زمان‌باهم بحرکت درآورد. از شهپرها برای کج کردن بالها و ازسکان‌افقی برای بالا بردن وپائین‌آوردن هواپیما استفاده مینمایند .

پروازهواپیما

پرواز هواپیما را از هرلحاظ میتوان باپرواز پرندگان مشابه دانست وچه بسا که انگیزه پرواز از مشاهده پرواز پرندگان‌درمغز بشر پرورش‌یافته است. هواپیمانیز مانند پرندگان درروی‌زمین میدود واز زمین‌جدا میشودواوجگیری وگردش‌مینماید و چون همیشه اسیر زمین است بألاخره می‌نشیند .

درقسمت های زیردرباره هریك از مانورهای هواپیما بطورجداگانه و مختصر بحث میگردد .

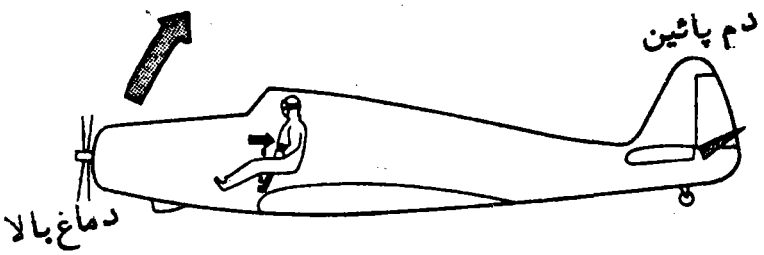
بلند شدن هواپیما

درفصل مربوط به‌ملخ‌گفته شدکه گردش ملخ هواپیما را باخـود بجلو میبرد . بازیادشدن سرعت گردش ملخ و قدرت موتور بسرعت هواپیما نیز افـزوده گشته تا آنجائیکه ازدیاد سرعت سبب میگردد که الیاف هوا از روی بالهاعبورکرده وتولید «برا»نماید .

وقتی نیروی «برا» باندازه‌ای برسد که از سنگینی هواپیما زیادترشودهواپیما از زمین‌بلند میشود بدیهی است که از نیروی موتور دربلند شدن هواپیما فقط برای

ازدیاد سرعت استفاده میشود واین سرعت است که بطور مستقیم باعث ایجاد «برا»در روی بالها شده وسبب اوجگیری هواپیما میگردد .

برای اینکه هواپیما بتوانـد بهترین زاویه حمله ویا « برا » را درحین بلند شدن بدست‌آورد این زاویه را با سکان افقی کنترل مینمایند . با بعقب‌کشیدن دسته فرمان سکان افقی بسمت بالاآمده و فشار هوا دم هواپیما را پائین میدهد ودرنتیجه دماغ هواپیما بالاآمده وهواپیما از زمین بلند میشود وخلبان نسبت بالا وپائین بودن دماغ را بمنظور بدست‌آوردن بهترین زاویه حمله کنترل مینماید .



دسته فرمان بعقب‌کشیده میشود

اوج گیری هواپیما

هواپیما بلافاصله بعد از بلند شدن یعنی وقتیکه بطور نهائی تماس خود را با باند خزش قطع مینماید درحالت اوجگیری قرار میگیرد . اوجگیری هواپیما رابه ارتفاع سطح پرواز مورد نظر میرساند . نیروهائی‌که‌در هنگام اوجگیری به‌هواپیما وارد میشود با نیروهائی که در موقع پرواز افقی بآن وارد میشود تا حدودی متفاوت میباشد . نظری به شکل صفحه ۶۲ این موضوع را ثابت مینماید .

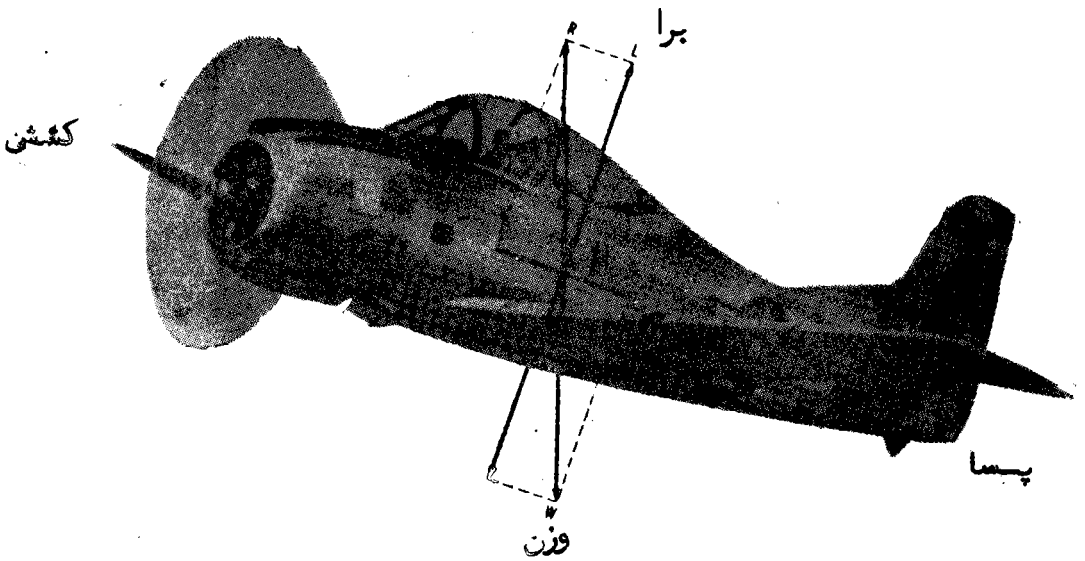
درموقع اوجگیری‌نیروی«برا» بطورعمودی‌برمسیرپروازوارد میشودوبنابراین احتیاج به‌نیروی «برا»ی بیشتری است تا تمامی وزن هواپیمارا جبران نماید. نیروی وزن برسطح زمین عمود است وپسادر جهت مخالف مسیر پرواز اثر مینماید . بدین ترتیب مشاهده میشودکه کشش هواپیما باید برپساوقسمتی ازوزن هواپیما غالب‌شود.در شکل‌صفحه۶۲حاصل‌OR منتج«برا»وپسامیباشدو نماینده‌نیروئی‌است که‌جهت‌خنثی‌کردن

وزن هواپیما لازم میباشد .

در موقع اوجگیری مانند بلند شدن از زمین خلبان باید دسته فرمان را بعقب بکشد تاسکان افقی بالاآمده وفشارهوادم هواپیما رادائماً پائین نگاهداشته وهواپیما اوجگیری نماید .

سکان افقی عقب با تغییر زاویه حمله سرعت هـواپیما راکنترل نموده و باعث اوجگیری یا با لارفتن هواپیما میگردد بدین ترتیب که با عقب کشیدن دسته فرمان سکان افقی با لارفته وبرخورد الیاف هوا به دم هواپیماسبب میشودکه دم هواپیماپائین آمده و در نتیجه دماغ آن بالا برود ودراین حالت است که اوجگیری آغازمیگردد.

بهرحال مقدار نیروی موجود که تغییرات ارتفاع راکنترل مینماید بسیار مهم وقابل توجه میباشد . وضعیت اوجگیری هواپیما را میتوان با خودروئی مقایسه کرد که ازیك سربالائی در دنده پائین درحرکت است تاآنجا که نیرو موجود است خودرو به راه خود ادامه میدهد ولی وقتیکه سربالائی زیادتر گردد و راننده گاز را تاآخر فشار دهد زمانی میرسد که دیگر قدرت موتور نمیتواند خودرورابالا ببرد و در نتیجه خودرو شروع به عقب رفتن مینماید .



زاویه اوجگیری هواپیما با نیرو وقدرت موجود در موتور بستگی دارد. اگر هواپیما به نقطهٔ برسدکه دیگر موتور نیروی اضافی نداشته باشد نمیتواند اوجگیری نماید . مثلا سقف پرواز هواپیمائی که تا ۱۳۰۰۰ پا میباشد، ادامه اوجگیری از این ارتفاع بالاتر ممکن نبوده و نیروهای موجود فقط برای پرواز در سطح افقی درآن ارتفاع مؤثر میباشدواگردستهفرمان بازهم به عقب داده شودکاری ازپیش برده نخواهد شد بلکه هواپیما بحالت واماندگی درخواهدآمد .

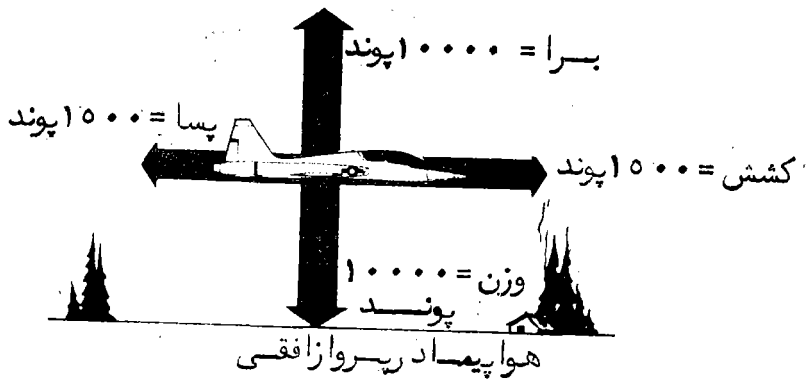
پرواز افقی هواپیما

پرواز افقی آنستکه هواپیما در ارتفاع ثابت وبا سرعت ثابت پرواز میکند . کلیه مانورهای دیگرحرکات تکمیلی میباشدکه بمنظورتغییر سمت یا ارتفاع یاسرعت هواپیما بعمل میآید. درپروازهای طولانی ازشهری به شهردیگرویا پرواز به هدفهای دور چندین ساعت پرواز افقی انجام میگردد که دراینصورت هواپیما باید قادر باشد با حداقل نیروی موتور در یك سطح افقی پرواز نماید .

برای اینکه هواپیما بتواند با سرعت ثابتی دریك سطح افقی پرواز نمایدکلیه نیروهای وارده به هواپیما باید متعادل گردند باین ترتیب که مقدار کل نیروی «برا» باید مساوی مقدار کل نیروی وزن هواپیما و نیروی کشش مساوی مقدار کل نیروی «پسا» باشد .

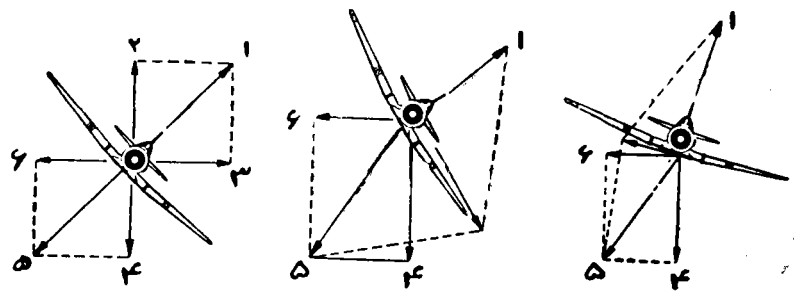
در پرواز افقی هواپیما را با درنظرگرفتن افق زمین ویا افق مصنوعی پرواز میدهند . ارتفاع ویا سرعت هواپیما را نمیتوان بـا نگاه بزمین حفظ نمود (بجز در ارتفاعات بسیار پائین) ولی با یك نگاه به سرعت نما ویا ارتفاع سنج تغییرات آنها را میتوان بخوبی درك کرد . پرواز افقی در هوای ابری ویا بادهای شدید مشکل میباشد وبرای حفظ سمت ویا ارتفاع وسرعت دقت زیادتری لازم میباشد . درموقع پروازافقی

کلیه‌فرامین هواپیما درحالت‌عادی یاوسط بوده وفقط‌گاه‌بگاه تصحیحاتی با تنظیم‌های متحرك بعمل میآید .



گردش هواپیما

دانستن نیروهائی‌که در موقع‌گردش‌به‌هواپیماوارد میشود ضروری ولازم‌میباشد زیرا برای اینکه هواپیما بطور صحیح گردش‌کند هـرسه سطوح فرامین اصلی باید باهم‌هماهنگ گردند. هواپیما درموقع‌گردش‌با نیروی‌گریزازمرکزمواجه میشودیعنی نیروئی‌که مایل است شیئی را ازمرکز گردش دور نماید هرقدر شعاع‌گردش بزرگتر



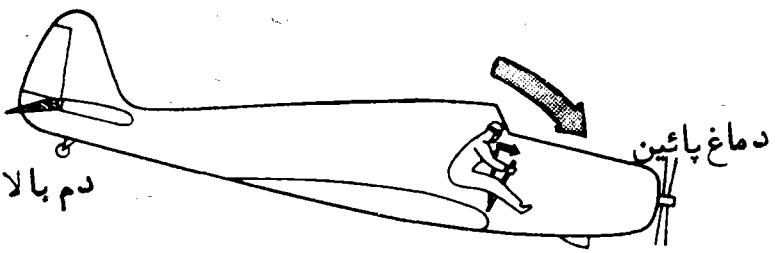
سریدن بسمت‌خارج
۱ــ برا ۲ــ شاخه‌قائم برا

سریدن‌بداخل گردش
۳ــ شاخه‌افقی برا
۶ــ نیروی‌گریزازمرکز

گردش صحیح
۴ــ وزن هــ شعاع‌گردش

باشد نیروی گریز از مرکز کمتر است . هرقدر وزن یا سرعت (یا هردو) بیشتر باشد نیروی گریز از مرکز زیادتر خواهد بود . وقتیکه هواپیما در ارتفاع ثابتی گردش مینماید وزن هواپیما ثابت‌است ومقدار نیروی گریز ازمرکز ازشعاع گردش وسرعت هواپیما تعیین میگردد . نیروهای وزن و گریز از مرکز باهم ترکیب شده وتبدیل به یك نیرو میشوند که بطرف پائین‌وخارج اثرمینماید ودر موقع گردش عادی بهواپیما وارد میشود .

کم کردن ارتفاع یا پائین‌آمدن



دسته فرمان بجلو فشار داده میشود

برای کم نمودن ارتفاع وپائین آمدن ابتدا ازسرعت‌موتور میکاهند ودسته‌فرمان را بجلومیدهند ودرنتیجه سکان افقی‌عقب پائین رفته‌وبرخورد الیاف هوا به‌دم هواپیما دم را بالا میبرد، ازاینروچون دماغ‌هواپیما سنگین‌تراست بطرف پائین‌متمایل شده و هواپیما شروع به پائین‌آمدن وکم نمودن ارتفاع مینماید . درپائین‌آمدن هواپیما دو عامل از همه مهمتر میباشد . یکی‌موتور هواپیماکه سرعت فرودی وپائین آمدن‌آنرا کنترل مینماید ودیگری سکان افقی عقب‌که سرعت هواپیما راکنترل میکند .

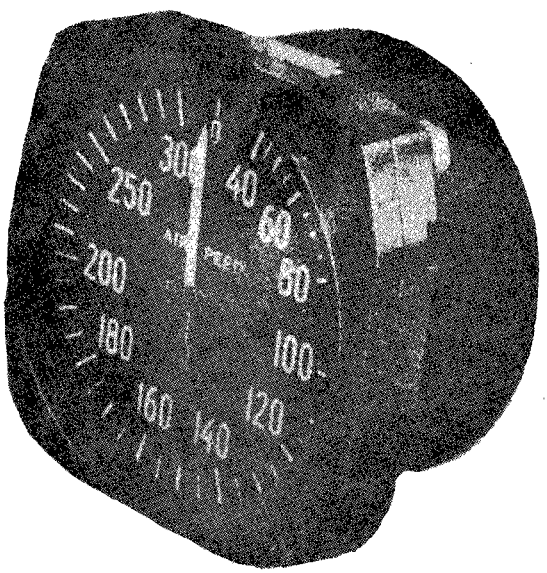
آنچه که درباره بلند شدن واوجگیری وپروازافقی وگردش وفرود هواپیما در بالا بحث شده فقط مربوط به این حرکات در شرایط عادی است ومنظور تشریح‌پرواز هواپیما در وضعیت‌های مختلف پروازاست . هریك از حالات فوق در شرایط متفاوت مثلا در مورد فرود : فرود باباد پهلو وفرود روی‌دوچرخ ویا سه چرخ وفرود بدوغیره

بحث جداگانه‌ای دارد که از حوصله این کتاب خارج است .

آلات دقیق پرواز

آلات دقیق هواپیما وسائل اندازه گیری هستند که وضعیت هواپیما را از قبیل سمت و سرعت و ارتفاع و همچنین کار موتور را از لحاظ حرارت و یا دوران موتور و غیره به خلبان نشان میدهند. بهبود ساختمان و دقت دستگاههای آلات دقیق برای خلبانان این امکان را بوجود میآورد که بتوانند در هر نوع هوا و دید محدود که در گذشته غیرممکن بود پرواز نمایند. در دنباله این فصل تعدادی از دستگاههای نشان دهنده وضعیت هواپیما و موتور آنرا که دارای اهمیت بیشتری میباشند بطور خلاصه شرح خواهیم داد.

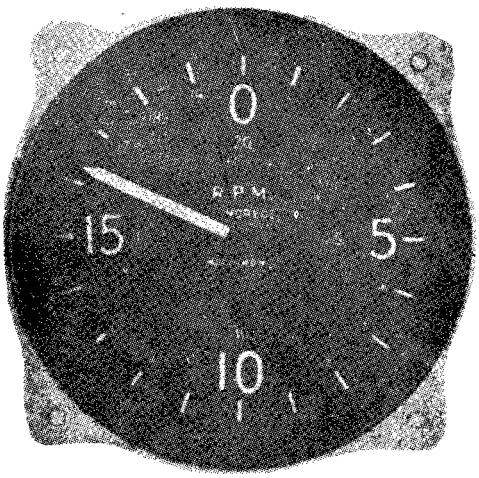
۱ـ سرعت نما AIR SPEED INDICATOR : دستگاه سرعت نما سرعت هواپیما را نسبت به الیاف هوا نشان میدهد و خلبان در موقع بلند شدن و نشستن و پرواز عادی هواپیما از این دستگاه استفاده مینماید. اگر سرعت از حد معینی تجاوز نماید و یا از حداقل کمتر باشد در هر دو حالت برای هواپیما خطرناك میباشد همانطور که سرعت خود رو دارای



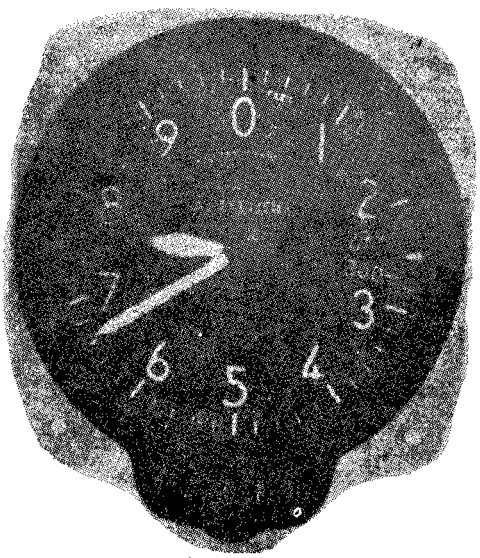
حدمعینی است سرعت هواپیما هم‌دارای محدودیتهائی است‌که بوسیله علائم رنگی در صفحه دستگاه مشخص شده و باید مورد توجه خلبان قرار گیرد.

۲ـ دوران نمایا دورسنج‌موتور (RPM INDICATOR (TACHOMETER:

این دستگاه دوران موتور را برحسب تعدادگردش دردقیقه نشان میدهد. موتورهای مختلف دارای تعداد دوران حداقل وحداکثر میباشند که باید همیشه بوسیله خلبان وارسی‌گردد واگر دوران موتور از حداقل کمترو یا از حداکثربیشتر باشد هواپیما دچار مخاطره خواهد شد . با تنظیم دورموتور و گام ملخ میتوان حداکثر بهره را از قدرت موتور بدست آورد .



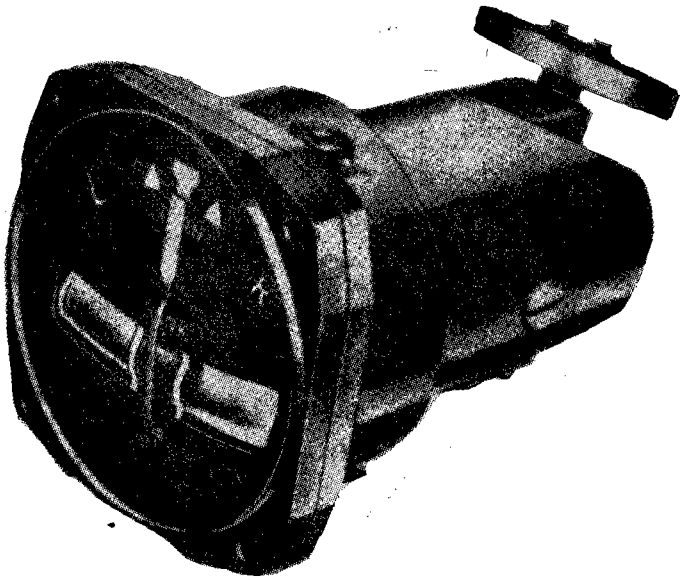
دور سنج موتور



اوج نما

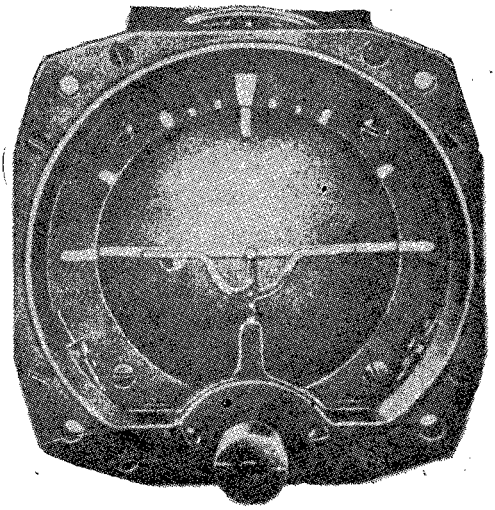
۳ـ اوج نما ALTIMETER دستگاه اوج نما معمولا ارتفاع هواپیما را از سطح دریا نشان میدهد وبادانستن‌آن خلبان ازامکان شیرجه وگردش ویاما نورهای دیگرهواپیما مطلع میگردد. دستگاه اوج‌نما دارای سه‌عقربه بترتیب بزرگ ومتوسط وکوچك میباشد که هرسه‌آن در دور یك محور در صفحه‌آن‌گردش مینماید و ارتفاع رابرحسب پا نشان میدهد عقربه بزرگ هر۱۰۰ پا و متوسط هر۱۰۰۰ پا و کوچك هر۱۰۰۰۰ پا ارتفاع را مشخص مینماید.

۴ـ نشان‌دهنده گردش وسریدن TURN AND BANK INDICATOR : این دستگاه میزان گردش وسریدن هواپیما را نشان میدهد وازدوقسمت تشکیل شده‌است یکی عقربه‌که جهت میزان‌گردش را برحسب درجه در ثانیه نشان میدهد و دیگری نشان دهنده گردش‌هواپیمااست‌که ازیك‌طرازشیشه‌ای سربسته‌بصورت قوسی‌ازنیمدایره تشکیل شده ودرداخل‌آن یك گلوله جیوه قرار دارد اگر گردش صحیح وکامل باشد گلوله جیوه دروسط‌قرار خواهد داشت ولی درصورتیکه‌هواپیما درهنگام‌گردش‌بخارج ویا داخل دایره‌گردش بسرد گلوله جیوه نیز از وسط طراز دور خواهد شد.

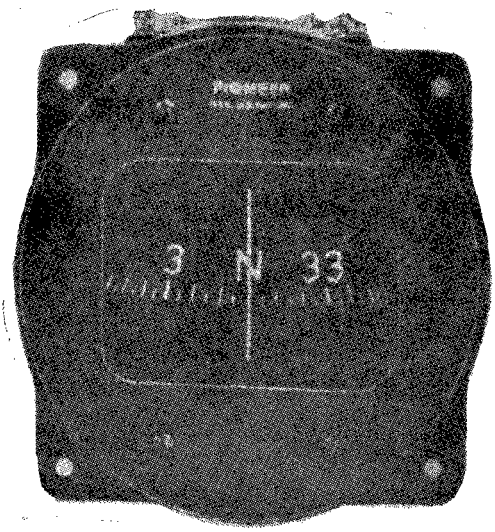


نشان دهنده گردش و سریدن

۵ـ نشان دهنده افق مصنوعی ARTIFICIAL HORIZEN : دستگاه نشان دهنده افق مصنوعی یکدستگاه ژیروسکوپی است که افق را بطور مصنوعی مجسم میسازد وخلبان‌بامراجعه به‌آن میتواند هواپیما را باافق‌زمین توجیه نموده وهواپیما را همیشه درحول محورهای طولی وعرضی تنظیم و در سطحی موازی باسطح زمین پروازدهد.درصفحه‌این دستگاه دو اهرم وجود داردکه‌بالاویاپائین بودن دماغ هواپیما و کج بودن بال را به خلبان نشان میدهد.



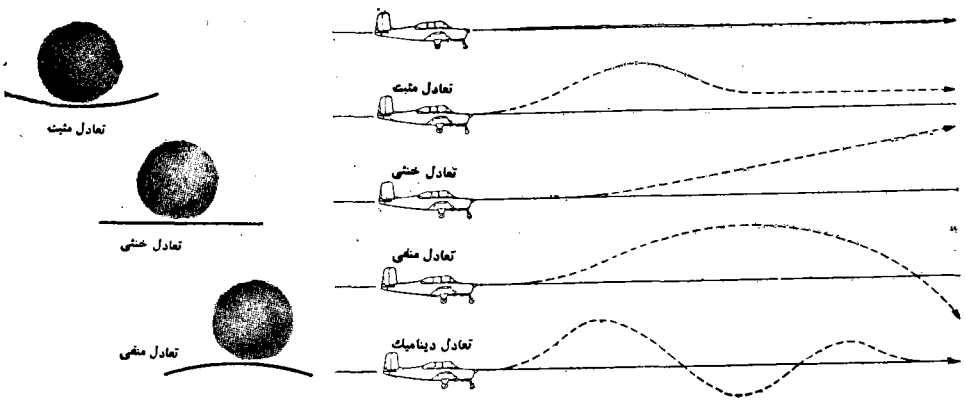
۶ـ قطب‌نمای مغناطیسی MAGNETIC COMPASS : قطب نمای مغناطیسی دستگاهی است که سمت پرواز هواپیما را نسبت به قطب مغناطیسی کره‌زمین نشان میدهد وازآن‌برای ناوبری هواپیما استفاده مینمایند. این دستگاه یکی ازساده‌ترین وسائل جهت‌یابی است‌که در کشتی‌ها و حتی در راه‌پیمائی در مناطق نامعلوم نیزازآن استفاده میشود . هواپیما قطب‌نماهای دیگری هم داردکه‌بحث درموردآنها ازحوصله این‌کتاب خارج است .



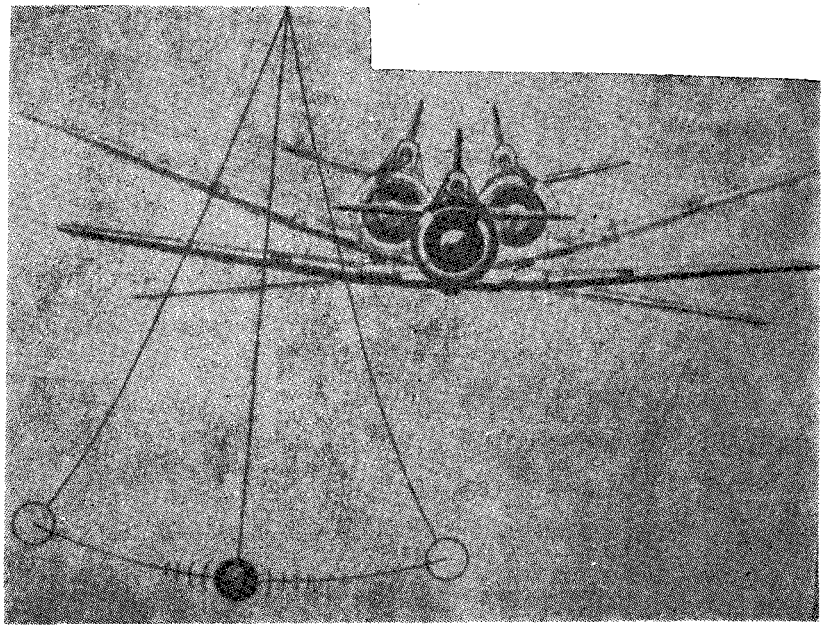
فصل هشتم

تعادل یا ایستائی هواپیما

درفصل دوم درباره نیروهائی‌که درهنگام پـرواز بهواپیما وارد میشـود بحث نموده و گفتیم درچه صورتی هواپیما میتواند پرواز نموده و اوجگیری و یافرود آید وملاحظه‌کردیم‌که‌میزان بودن‌ویامتعادل‌بودن کلیه نیروها سبب خواهدشدکه هواپیما افقی پرواز نماید .



حالا به‌موضوعی‌که ازلحاظ‌اهمیت‌با نیروهای واردبهواپیما برابراست برمیخوریم. تعریف‌ساده‌ایستائی‌آسان نیست ولی بااشاره بـه‌مثالهائی‌که همگی ازآن آگاه میباشیم میتوانیم‌منظور ازایستائی‌را درك نمائیم .



کشتی محکمی را تصور نمائیدکه پـراز کالا یا مسافر درحال مسافرت است و ناگهان طوفان درمیگیرد و دراثرباد وطوفان کشتی به پهلورفته و بلافاصله بعدازعبور جریان باد دوباره بحالت اولیه‌خود برمیگردد اگراین کشتی ایستائی نداشت‌یابحالت کج شده باقی میماند و شایدهم واژگون میگشت . ایستائی هـواپیماهم مانند کشتی است‌یعنی‌اگرهواپیما درمعرض جریانات شدیدهوا قرارگیرد وکمی‌منحرف‌شوددوباره بدون دخالت خلبان درمسیراولیه‌خود قرار میگیرد .

محورهای هواپیما

هواپیما میتواند درحول سه‌محور طولی وعرضی و عمودی حرکت نماید کـه دانستن این حرکات همانطورکه درفصول گذشته شرح داده‌شد لازم‌میباشد . هرهواپیما دارای سه محور بشرح زیر است :

۱ ـ محورطولی (LONGITUDINAL AXIS) : که ازدماغ هواپیما شروع و به دم آن ختم میشود .

۲ ـ محورعرضی (LATERAL AXIS) که از نوك بال شروع و به نوك بال دیگر ختم میشود.

۳ـ محورعمودی (VERTICAL AXIS) :که بمرکز ثقل هواپیما عمود است.

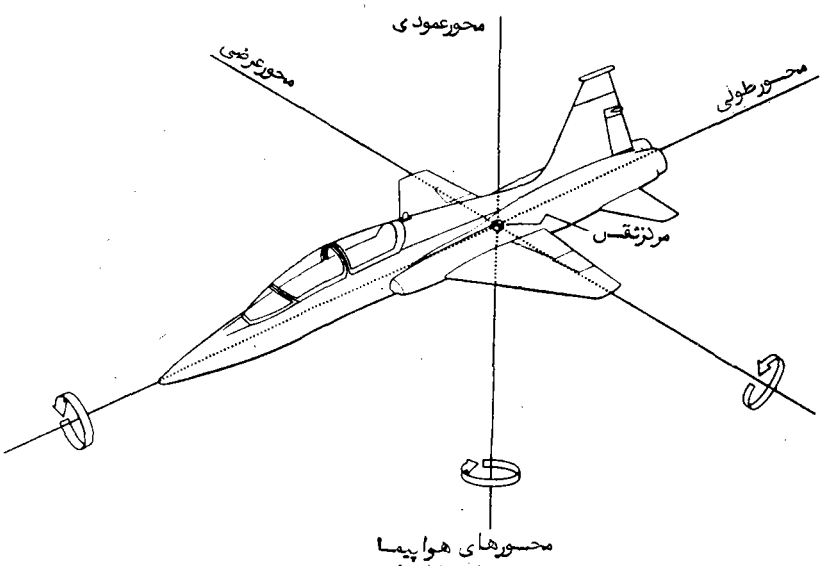
محورهای هواپیما فرضی بوده و قابل رؤیت نیستند ولی بوسیله آزمایش زیر میتوان بهواقعیت آن پی برد. برای انجام این آزمایش میتوان از یك هواپیمای مدل کوچك ویك میل کانوا بافی استفاده نمود .

الف) تجسم محور طولی : میل کانوابافی را از دماغ هواپیما وارد نموده و سر آنرا از دم هواپیما خارج سازید حال اگردوسرمیل را میان انگشتان دودست گرفته و هواپیما را درطول این میل بحرکت درآوریم هواپیماعمل غلت را انجام خواهد داد . حرکت حول محور طولی را غلت میگویند .

ب) تجسم محور عرضی : میل را خارج کرده از نوك یك بال وارد هواپیما نموده و از نوك بال دیگرخارج نمائید میل دراین حالت محورعرضی رامجسم مینماید. اگرهواپیما را درحول این محوربحرکت درآوریم دماغ ودم هواپیما بالا وپائین خواهد رفت . حرکت دور محور عرضی را معلق میگویند .

پ) تجسم محور عمودی : بالاخره میل رابطور عمودی از زیر بدنه (مرکز ثقل) گذرانده و ازبالای کابین خارج نمائید . حال اگرهواپیما را درحول این محورحرکت دهیم دماغ هواپیما از یك طرف بطرف دیگر خواهد رفت که این حرکت را گردش میگویند .

حرکت حول محورطولی توسط شهپرها وحول محورعرضی توسط سکان افقی متحرك وحول محورعمودی توسط سکان عمودی متحرك انجام میگردد. دراین مورد درفصل هفتم مفصلا شرح داده شده است .



ایستائی طولی هواپیما

برای اینکه هواپیما دارای ایستائی طولی باشد طراح آن باید اطمینان حاصل نماید که هواپیما هنگام پرواز در یك خط مستقیم وقتی دماغ هواپیما بر اثر برخورد باالیاف شدید جریان هوا بالا و پائین میرود نیروهای موجود در هوا بیما طوری عمل نمایندکه هواپیما را دوباره بحالت اول یعنی پرواز مستقیم برگرداند . اگر دماغ هواپیما بطرف بالابرود زاویه حمله بالها زیاد شده وسبب زیادشدن «برا» خواهد شد درهمین حال مرکز برا بطرف جلو متمایل شده واگر این وضعیت بیشترادامه پیداکند بالها وامانده خواهند شد . پس چاره چیست دراینجا دم هواپیما بکمك خلبان میرسد بدین ترتیب که وقتی هواپیما درحال اوجگیری قرارمیگیرد زاویه حمله سکان افقی نیز زیاد شده ودر نتیجه «برا»ی آن اضافه میگرددودم هواپیما بالارفته وهواپیما بحالت اولیه خود یعنی پرواز دریك خط مستقیم برمیگردد .

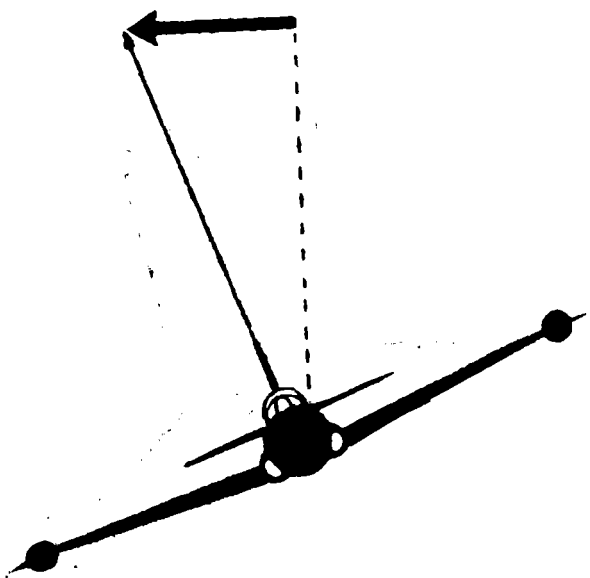
ملاحظه خواهید نمودکه مهمترین عامل ایستائی طولی هواپیما محل قرار گرفتن

مرکز ثقل هواپیما میباشد .

ایستائی عرضی هواپیما

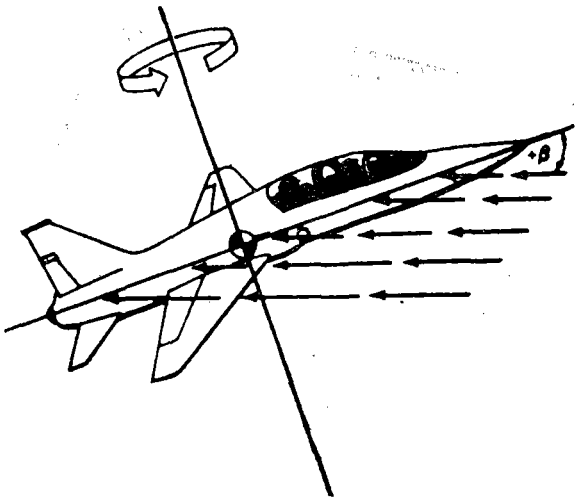
برای اینکه هواپیما ایستائی عرضی داشته‌باشد باید طوری طراحی شده باشد که درصورت کوچکترین حرکت یاکج شدن بالها دوباره بخوبی بحالت افقی برگردد حتی زمانی که خلبان دستهای خود را از فرمان برداشته است . مسئله کج شدن هواپیما درروی بال را باید از نزدیك مطالعه و بررسی نمائیم اگرهواپیمائی درحال پرواز افقی ومستقیم است دراثر یك جریان شدید باد به پهلو کج شده ویکی از بالهای آن پائین می‌افتد و بال دیگر بالا میرود دراین حالت زاویه حمله بالی که پائین آمده وهمچنین «برا»ی آن زیاد میگردد وازطرف دیگر زاویه حمله بالی که بالا آمده کمتر شده ودر نتیجه مقداری از «برا»ی خودرا ازدست میدهد وباین ترتیب بالی که پائین افتاده بعلت «برا»ی بیشتر بسمت بالا میآید و تعادل برقرار میگردد .

بمنظور ایجاد ایستائی عرضی بال هواپیمارا درقسمت ریشه بامقداری زاویه معلوم به بدنه نصب میکنند .



ایستائی عمودی هواپیما

ایستائی سمتی یا عمودی هواپیما سبب میگردد که هواپیما همیشه درسمتی که درحرکت است به پرواز خود ادامه دهد و اگر دماغ هواپیما دراثرجریانات هوا از مسیرخود منحرف گردد بتواند به سمت‌اولیه‌خودبرگردد مثل خودروئی‌که درسرپیچ‌ها بعداز خاتمه‌گردش اگررانندہ فرمان‌رارهاکند خودرودوباره خودبخود ازحالت‌گردش خارج‌شده ودرحالت‌مستقیم قرارمیگیرد .



فصل نهم

فیزیولوژی پرواز

اشخاصی که برای اولین بارمیخواهند پرواز نمایند مسلماً نگران عکس‌العمل اعضای حیاتی بدن خود هنگام پرواز میباشند ولی باید گفت که سرعتهای کم دارای کوچکترین اثری دربدن انسان نمی‌باشد وقتیکه هواپیما اززمین بلند میشود ویافرود می‌آید شخصی که درداخل هواپیما است‌میتواند سرعت هواپیما راتشخیص دهد ولی‌در ارتفاعات زیاد سرعت هواپیما محسوس نیست ونمی‌توان‌آنرا باحس‌تشخیص داد مگر درمواقع استثنائی که مثلاهواپیمااز پهلوی‌هواپیمای دیگری‌یاازکنار ابری عبور نماید. بطورکلی‌وقتی یکنفر باسرعت ثابت درداخل وسیله‌ای درحرکت باشد سرعت‌حرکت را نمیتواند بدون مراجعه بدستگاههای سرعت‌نما حس‌نماید ولی همین شخص قادر است‌که هرگونه تغییرسرعت را بخوبی‌حس نماید. مثلا توقف ناگهانی خودرو بعلت ترمز کردن باعث ناراحتی میشود وسرنشین یاسرنشینان‌آن این تغییرسرعت را حس نموده وگاهی‌اوقات بی‌اختیارحالت دفاع بخود میگیرند.

در هواپیما برخورد بیك جریان عمودی هوا و باد از نظر اینکه باعث تغییر سرعت بالارونده ویا فرودمی‌گردد سرنشینان هواپیما ناراحت می‌شوند. اگرهواپیمائی دائماًدرحال‌گردش کردن ویاآکروباسی‌باشد بعلت وارد شدن شتابهای مختلف خلبان

هواپیما دچار سرگیجه وهوازدگی خواهد شد وهرچه شتاب زیادتر باشد سرگیجه نیز بیشتر خواهد بود .

سرگیجه ویا هوازدگی دراثرحرکات نوسانی مایعات داخل مجاری نیمدایره گوشها بوجود می‌آید .

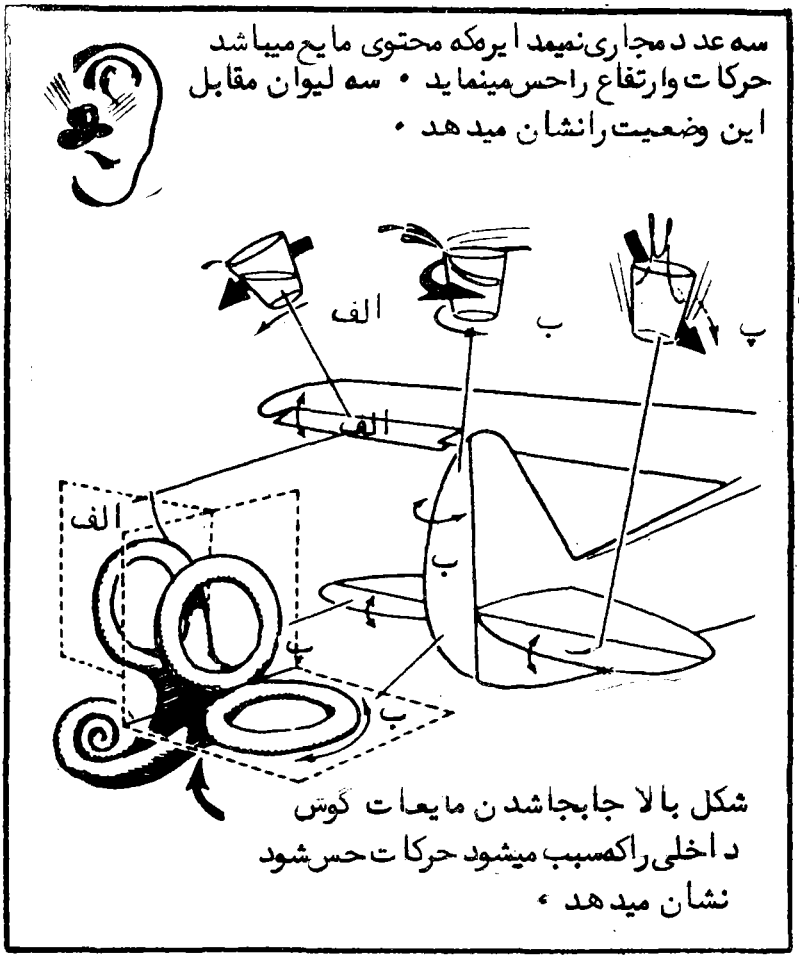
مجاری نیمدایره گوش توسط رشته اعصابی بمغز مربوط بوده و تعادل شخص را حفظ مینماید حال اگر بدن انسان درمعرض حرکات غیرعادی قرار گیرد این مایعات بطورغیرعادی جابجا می‌شوندودر نتیجه علائم مغشوشی بمغزمی‌دهند و بیماری هوازدگی که دارای همان عوارض دریازدگی است عارض میگردد. ناراحتی‌های حاصل ازهوازدگی را می‌توان باداروهای جدیدی که اخیراً عرضه شده تاحدود زیادی مرتفع نمود.

اثر ارتفاع در بدن انسان

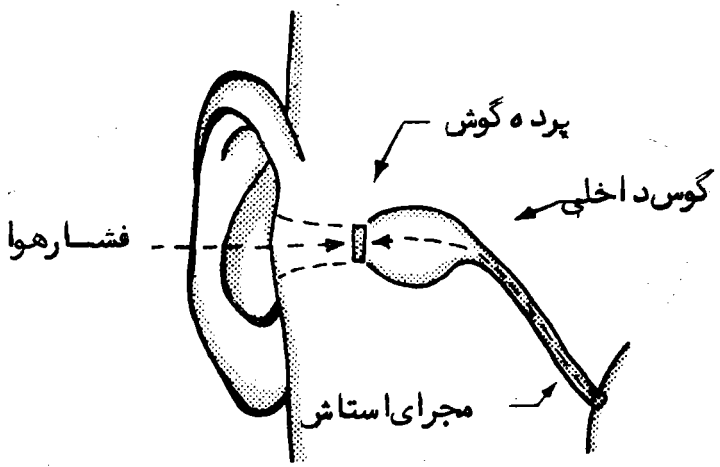
بدون شك اغلب مردم ازایستادن درروی صخره‌های بلند ویا بالای ساختمانهای مرتفع هراسان می‌باشند که البته این حس ترس از ارتفاعات ابداً در هواپیما وجود ندارد زیرا ارتفاع بدان صورت حس نمی‌شود ولی عوامل دیگری ازقبیل کمبودفشار و یا کمبود اکسیژن درروی بدن انسان اثراتی دارد که قابل ملاحظه می‌باشد .

اول کم شدن فشار در گوشها : گوش داخلی انسان دارای یك لوله تنظیم بنام شیپوراستاش می‌باشدکه ازداخل دهان اختلافات فشار رادردوطرف پرده گوش تعدیل وتنظیم می‌نماید. حال اگردرهنگام اوج گیری و یافرودی دریچه شیپوراستاش بسته بماند فشار داخل گوش نامتعادل شده ودرنتیجه گوش انسان درد میگیرد دراین مواقع اگرآدامس جویده شود حرکت آرواره ها سبب می‌گردد که این کانال بازشده وفشار متعادل گردد ویا ممکن است دهان رابسته ودماغ راگرفته وهوای ریه‌ها رابافشارزیاد دردهان دمید این عمل باعث می‌شود که هوا از شیپوراستاش بداخل گوش رفته وگوش درد خاتمه یابد.

دوم سینوسها : سینوسها حفره‌های استخوانی است که در نقاط مختلف استخوان بندی صورت قرار گرفته‌است ازقبیل سینوسهای فرنتال که بالای حفره چشم قرارگرفته وسینوسهائی که در طرف بینی وزیرحفره‌های چشم قراردارد وسایرسینوسهای صورت. این سینوسها دارای ترشحاتی است که درحالت غیربیماری برای شخص ناراحتی ایجاد نمی‌کند ولی چنانچه درنتیجه حساسیت وضربه ومیکروبهای مختلف متألم گردند باعث آلرژی وشکستگی وسینوزیت می گردد کسانیکه باهواپیما پروازمی نمایند چنانچه از لحاظ سینوسها ناراحتی داشته‌ویا سرماخورده باشند هنگام اوج‌گیری ویافرودهواپیما بعلت بسته شدن کانالهای سینوسها ترشحات خارج نشده ودچار دردوکسالت می گردند.



اثرات کمبود اکسیژن :کمبود فشارهوا باعث میشودکه درهر بار تنفس اکسیژن کمتری وارد ریتین انسان گردد. کم شدن اکسیژن تاارتفاع ۱۲۰۰۰ پا اثری در بدن انسان ندارد ولی هرقدر ازاین ارتفاع بالاتر برویم آثار کمبود اکسیژن بیشتر ظاهر شده و کسانی که باهواپیما پرواز مینمایند دچارعوارضی ازقبیل خستگی وچرت وسرگیجه وسردرد و نامتعادل شدن تنفس و بالاخره بیهوشی می گردند.



درهواپیماهای تجارتی بااستفاده ازهوای تولید شده بوسیله موتورهواپیما فشار داخل کابین رامقداری بیشتر ازفشارهوای آزاد نموده و به این ترتیب مسافران هیچگونه ناراحتی حس نمی نمایند.

درحال حاضر حتی هواپیماهای نظامی نیز مجهز به کابین باهوای فشرده می باشند و چون ممکن است دراثر اصابت گلوله کابین هواپیما سوراخ شده واختلاف فشارداخل وخارج کابین سبب ناراحتی خلبان و سرنشینان گردد لذا برای جلوگیری ازاین خطر فشارکابین هواپیماهای شکاری را طوری متعادل می نمایندکه سوراخ شدن کابین باعث ناراحتی خلبان و سرنشیان نگردد . اصولا کلیه خلبانان هواپیماهای جت از ماسك اکسیژن استفاده می نمایند که مخلوط اکسیژن وهوا نسبت به ارتفاع هواپیما بطورخودکار تنظیم شده واز طریق ماسك بخلبان و یا سرنشینان می رسد.

بطورکلی آنچه که در هواپیما ممکن است اشخاص را در اولین پرواز ناراحت

کند فرود ویا اوجگیری ناگهانی است‌که بعلت تلاطم هوا ایجاد میشود . دراین نوع تکانها مقداری جی مثبت وبلافاصله جی منفی وارد می‌شودکه امعاء واحشاء بالاوپائین شده و ایجاد ناراحتی می‌نماید. چون طاقت انسان درمقابل خطر جی زیاد است بهتر است در این مواقع درجائی درازکشید تادرتکانهای هواپیما جی وارده بطور خطی در بدن اثر نماید.

اثرات نیروی‌شتاب ووزن : بطور کلی شتاب تغییرسرعت درواحد زمان‌میباشد. ممکن است تغییرسرعت در سمتهای مختلف اتفاق افتاده باشد که‌آنرا نسبت به بدن انسان که ایستاده باشد نامگذاری کرده‌اند. انواع شتاب بشرح زیر میباشد :

شتاب مثبت و شتاب منفی و شتاب خطی و شتاب شعاعی.

شتاب مثبت : شتاب مثبت زمانی حادث میشود که اثر جی ازسربه پـا باشد . اثرات فیزیولوژی‌شتابهای زیادبسیار قابل‌ملاحظه میباشددرصورتیکه هواپیما وخلبان تحت ۵ جی فشار قرارگیرند وزن قلب‌نیز۵ برابر شده ودیگرقادر به‌تلمبه زدن‌خون نخواهد شد درهمین موقع مایعات بدن انسان ازقسمت سربطرف پائین(بطرف جهت فشار) سرازیرشده ودرنتیجه خون از ناحیه مغزخارج شده‌وبینائی‌انسان موقتاً ازدست رفته وچشمانش سیاهی‌می‌رود. این‌حالت را همانطور که در بالااشاره شده به انگلیسی BLACK-OUT میگویند.

وقتیکه خلبان نشسته باشد فشار ۵ جی بمدت ۴ ثانیه کافی است کـه او را BLACK -OUT نماید. وقتیکه پاها بالا و سرهم بطرف شکم خم شده باشد شتابهای بیشتری را میتوان تحمل‌نمود واگرخلبان درکف هواپیما درازکشیده باشد شتابهای شدیدی رامیتواندتحمل‌نماید خوشبختانه بمحض‌اینکه فشارکم‌شود بعدازمدت‌کوتاهی بدن بحالت‌عادی‌برمیگردد درحالیکه اگرمدت BLACK -OUT بطول انجامدعواقب بعدی ازقبیل‌کورشدن چشمها خلبان را تهدید خواهدکرد.

شتاب منفی : شتاب منفی زمانی‌حادث میشودکه جی ازپا بطرف سرائرمیکند یعنی خون قسمتهای پائین بدن درسروگردن جمع میشودکه دراین وضعیت چشمهـا

اطراف راقرمزمیبینند. این حالت را RED-OUT میگویند. تحمل انسان در مقابل جی منفی بسیارکم است زیرا باادامه آن موی رگهای چشم ویاداخل مغز پاره میشوند.

شتاب خطی : شتاب خطی زمانی حادث میشود که جی عمود بربدن از جلو به عقب ویا برعکس واردمیشودمثل موقعیکه خودرو ترمزمیکند ودراثرجی خطی بدن بجلو میرود معمولا تحمل بدن انسان درجی خطی زیاداست وتاحدود ۲۰ جی رامیتواند تحمل نماید وبهمین علت است که هنگام پرتاب فضانوردان آنهارا بطورخوابیده درجای خود قرار میدهند.

شتاب شعاعی : این شتاب زمانی حادث میشودکه جی ازپهلو بهپهلووارد میشود مثل رانندگی در دور یك میدان.

مراجع ومنابع

Allward F. Maurice and Stevens Hay James. How And Why Of Aircraft. London 1952.

Air Training Command (USAF). Principles Of Flight. Texas 1963.

Air Training Command (USAF). Aerodynamics For Pilots. Texas 1967.

Beaumont R.A and Meacock T. F. Air Training Manual.

Tower E.Merrill. Flight Facts. Calif. USA 1965.

Tower E.Merrill. Basic Aeronautics Calif. USA 1965.