بسم الله الرحمن الرحیم

داستان طراحی و ساخت هواپیمای فراز

پروژه کارشناسی محسن بهرامی

تابستان و پاییز 1388

هواپیمای نیروی انسانی
FARAZ
Human-Powered Aircraft
http://hpa-faraz.blogfa.com

هواپیمای نیروی انسانی
FARAZ
Human-Powered Aircraft
http://hpa-faraz.blogfa.com

فهرست مطالب

فصل اول : آرزوی دیرینه..... 5

فصل دوم : زنگ اول ، فهمیدن..... 8

فصل سوم : کی چی ساخته؟ (مرور هواپیماهای ساخته شده)..... 9

فصل چهارم : باید تصمیم گرفت (طراحی هواپیما)..... 10

اصول طراحی هواپیما :..... 10

ویژگیهای خاص و برجسته ی هواپیمای فراز :..... 11

ویژگیهای منحصر به فرد :..... 11

1) بالهای جمع شونده :..... 11

2) قابلیت عملیاتی بودن و حرکت در هر دو حالت دوچرخه و هواپیما به صورت کارا و بدون دردسر با سرعت قابل قبول و کنترل پذیری مناسب :..... 11

3) قابلیت جا شدن در یک گاراژ خودرو:..... 12

4) استفاده از چرخ عقب به عنوان چرخ کنترلی دوچرخه و همچنین دم عمودی:..... 12

5) نداشتن کابین:..... 12

6) تعادل هواپیما (با داشتن چهار چرخ) و نیاز نداشتن به افراد کمکی برای نگهداری بالها و هل دادن (به خاطر انتقال نیرو به چرخها) :..... 14

ویژگیهای ایده گرفته شده از هواپیماهای پیشین :..... 14

1) استفاده از ملخ هل دهنده و قرار گرفته در پشت بال بالا:..... 14

2) استفاده از کانارد به جای دم :..... 14

3) استفاده از اثر زمین :..... 15

4) استفاده از دو بال :..... 15

5) استفاده از ایرفویل : LISSMAN 7769..... 16

6) استفاده از شفت برای انتقال قدرت به ملخ :..... 16

محاسبات فنی طراحی اولیه هواپیمای فراز (خواندن این بخش برای افراد آشنا با هوافضا توصیه می شود): 16

ماموری‌ت هواپی‌ما :..... 16

طراحی هواپی‌مای نی‌روی انسانی..... 16

پی‌کربندی های پی‌شنهادی برای هواپی‌ما :..... 17

نمودار تغی‌ی‌رات سه پارامتر اصلی طراحی : HPA..... 17

فصل پنجم : و چگونه ساخته شد؟..... 19

فصل ششم : آزمون کنیم تا مشکلات را دریابیم..... 25

فصل هفتم : افطارهای زندگی بخش..... 27

محورهای مطرح شده در جلسات افطار و نتایج هر جلسه :..... 27

جلسه اول : 27

فصل هشتم : آینده ی طرح..... 28

برنامه آی‌نده طرح :.....28
مراجع :.....29

شکلها و نمودارها

شکل یک : نمودار اثرات استفاده از کابین در کم شدن مساحت موثر مقاوم و افزایش سرعت.....13
شکل دو : نمودار اثرات کابین بر افزایش سرعت دوچرخه در حال سرعتگیری، شروع از سکون از بالای تپه 14
شکل سه : استفاده از اثر زمین در هواپیمای Icarus ساخت سال 1977 15
شکل چهار : تصویر ایرفویل لیشمن.....16
شکل پنج : تصویر ایرفویلهای سری FXMP.....16
نمودار یک : تغییر وزن به کیلوگرم در طول زمان 18
نمودار دو : تغییر سطح بال به متر مربع در طول زمان.....18
نمودار سه : تغییر ضریب منظری در طول زمان.....18
شکل شش : تست اسپار بعدا اضافه می شود.....22
شکل هفت : سازه ملخ بعدا اضافه می شود.....23
جدول یک : نتایج محاسبات پیچش ملخ.....23
شکل شش : دسته کنترل اولیه.....23
شکل هفت : سازوکار جدید الاکلنگی چوبی برای کنترل 24
شکل هشت : سیم کشی کنترل هواپیما.....24
شکل نه : لقی اسپارها.....24
شکل ده : اسپار کانارد.....25
شکل یازده : سازوکار انتقال قدرت به چرخ جلو.....25
شکل دوازده : بخش انتقال قدرت.....26
شکل دوازده : سیم های استحکام و صلب شدن سازه.....28

فصل اول : آرزوی دیرینه

از بچگی همیشه دوست داشتم پرواز کنم ، اما نه اینکه کسی پروازم بدهد ، دوست داشتم خودم پرواز کنم خودِ خودم، با همین جسم خودم . بعدتر که بزرگتر شدم هر روز چیزهای زیادی یاد می گرفتم اما هنور زود بود که جرئت کنم برای دستیابی به ارزوم اقدام کنم . گذشت و گذشت ، تا رسیدم به دبیرستان ، بعدتر که فهمیدم رشته ای به نام هوافضا وجود دارد ، معطلش نکردم و وارد دانشگاه شریف تهران رشته ی هوافضا شدم. البته قبل از ورود با شور خاصی بیشتر راجع به رشته تحقیق کردم تا بالاخره مطمئن شدم می تواند کمکم کند.

درسم خوب بود هیچ وقت به خاطر ندارم دانش آموزی از من با استعداد تر همکلاسم بوده باشد ، اما تلاش خاصی هم که هیچوقت سابقه نداشت برای قبولی در کنکور انجام دادم. الحمدلله دانشگاه هم قبول شدم همان رشته و دانشگاهی که می خواستم. در دانشگاه درس ها رو برای یادگرفتن می خوندم ، به همین خاطر نمره هام بسته به نحوه ی نمره دهی استاد داشت، اساتیدی که به امتحانات و استعدادهای حل مسئله در امتحان اهمیت می دادند همیشه نمره خوبی به من می دادند و آنهایی که اصولا تنها حجم کار برایشان مهم بود و حفظ مسئله های حل شده بوسیله دانشجو معمولا نمره خوبی به من نمی دادند.

در کنار درس به صورت علمی هم با محیطی به نام شبکه جهانی آشنا شدم ، پیشتر زیاد روی شبکه می گشتم اما نه برای محتوا، تنها برای عکسهای زیبا از مناطق دیدنی دنیا و موسیقی های ملایم خارجی. از همان سال اول دانشگاه جستجوهای علمی زیادی از طریق شبکه جهانی انجام دادم خیلی از آنها مهندسی بود . سال اول با خیلی ایده های مهندسی زیبا و دوست داشتنی آشنا شدم ، یکی از مهمترین ایده ها ، ایده ی هواپیمای خورشیدی بود ، قبل تر در دبیرستان با انرژی خورشیدی آشنا شده بودم قصد داشتیم یک آبگرمکن خورشیدی بسازیم که متاسفانه نتونستیم کار رو به پایان برسانیم ، قرار بود دو نفری بسازیم که دوستم کمی دلسرد شد و کار انجام نشد. به هر حال از همان زمان با سوختهای فسیلی و آلودگی مشکل داشتم و می خواستم درباب انرژیهای به قول خودشان پاک فعالیت کنم که متاسفانه نشد بعدها این خواسته ی قلبی در تمایل به سمت هواپیماهای خورشیدی ظهور کرد و ترم دوم دانشگاه پروژه ی ارائه ی درس آشنایی با مهندسی هوافضا را هواپیماهای خورشیدی انتخاب کردم. همان سال طرح ساخت یک هواپیمای خورشیدی را هم آماده کردم که بعدا که متوجه شدم که چرا هواپیماهای خورشیدی کنار گذاشته شده اند دیگر کار رو پیگیری نکردم . می تونید در مقاله ای که توی وبلاگم هم در این باره گذاشتم مطالبی پیدا کنید. قرار بود طرح را از طریق سازمان هواپیماهای خورشیدی پی بگیریم که بعد فهمیدم که باید ایده ی اصلی را از هواپیمای خورشیدی به کشتی هوایی خورشیدی تغییر بدهم . هر چند بعدتر که متوجه شدم یک ایرانی به اسم آقای کمال علوی در اروپا در حال پیگیری این ایده است دیگر ادامه ندادم.

گذشت و سال اول دانشگاه تمام شد، سال دوم بیشتر جذب سازوکارهای پرواز حشرات شدم ، در همین موضوع مقاله ای رو که به نظرم بهترین مقاله ی مروری این مبحث بود برای مجله ی اوج دانشکده ترجمه کردم و چاپ شد. بسیاری از مقاله خوششون آمده بود . در کنار محتواهای علمی با سایتی به نام بی بی سی موشن گالری هم آشنا شدم که واقعا معدنی از فیلمهای جذاب زیر چند دقیقه از حرکات مهندسی حیوانات بود. تقریبا همه ی فیلمهای مرتبط با پرندگان و حشرات را دانلود کردم و بعدها برای آشنا شدن دانش آموزان پروژه فراز از این فیلمها کمک گرفتم.در همین سال بود که درباره پرواز پرندگان هم جستجوی زیادی انجام دادم و حتی قرار بود با یکی از دوستان کتابی در همین باره تالیف کنیم که متاسفانه هنوز فرصت لازم بدست نیامده است. شنای ماهیها در آب هم برایم بسیار جذاب بود مدتی هم وقتم را به تحقیق در آن زمینه اختصاص دادم که خدا را شکر همه ی این زمانها نتایج ارزشمندی در فهم حرکت شاره ها برایم به ارمغان آورد.

سال سوم سر درس کارگاه رباتیک هوایی که عمدتا ساخت هواپیماهای مدل بود یاد آرزوی دیرینه ام افتادم و تصمیم گرفتم دنبال ایده را بگیرم. با آقای رحیمی مربی کارگاه رباتیک که صحبت کردم نظرش این بود که امکان پذیر نیست حق هم داشت با محاسبات معمولی امکان پذیر نبود از نظر سازه ای سازوکارهای جمع شو بسیار سنگین هستند حتی برای یک هواپیمای موتور دار چه رسد به هواپیمای نیروی انسانی. سری هم به شبکه ی جهانی زدم ، باورم نمی شد ایده ی من اصلا جدید نبود تا آن م.قع بیش از صد نمونه

هواپیمای نیروی انسانی ساخته شده بود و پرواز کرده بودند، این به من قوت قلب تازه ای بخشید. با وجود این هیچ یک از این هواپیماها نکات مورد نظر من را کاملا در خود نداشت. زمان نسبتا زیادی را به جستجوی این هواپیماها روی شبکه اختصاص دادم بیش از چهل ساعت می شد ، تعدادی فیلم هم پیدا کردم که واقعا جالب بودند. بعدتر فهمیدم یک هواپیمای نیروی انسانی به نام فرناس نیز در دانشگاه خودمان تعریف شده است اما انگار هیچ خبری از این هواپیما نبود. روی شبکه که چیز زیادی به دست نیامد مجبور شدم حضوری بروم پیش دکتر ملائک تا از طرح بپرسم. گفت چند سال پیش آقایی به نام حامد سعیدی، مسئول طرح، تمام اسناد طرح را از پیش دکتر برده است به جهاد دانشگاهی واحد شریف. دکتر ملائک راهنمای تیم طراحی فرناس بود اما معلوم نبود طرح چه شده بود کاملا مرموز به نظر می رسید.

کار هواپیمای فرناس سال 1378 شروع شده بود و پس از تامین بودجه از طریق نهاد ریاست جمهوری تا مرحله ی طراحی پیش رفته بود در همان زمان چند پروژه ی کارشناسی و ارشد هم از ان تعریف شده بود که می توانید در پیوست سه تمام اطلاعات مربوط به این هواپیما را ببینید. بعدها این پروژه در جهاد دانشگاهی مجددا طراحی و سپس در صنایع هوایی قدس تهران ساخته و تست شده است که تست آن همین بهار 87 انجام شد.پس از مراجعه به دکتر ملائک رفتم جهاد دانشگاهی شریف بخش هوافضا تا در صورت امکان در این پروژه که هنوز از اتمام آن خبر نداشتم همکاری نمایم. سرژرست گروه هوافضا جوانی بود به اسم آقای فاتحی ، اما خبر اتمام کار را که به من دادم فهمیدم برای حضورم در پروژه دیر شده است. البته مراجعه من قبل از تست هواپیما بود و از نتایج تست هیچ خبری ندارم .

بگذریم پس از اینکه فهمیدم آن پروژه دیگر جایی برای من ندارد دوباره رفتم پیش دکتر ملائک استاد درسهای طراحی هواپیما تا پروژه کارشناسی خودم را هواپیمای نیروی انسانی[1] تعریف کنم. دکتر اول از سختی های طراحی این نوع هواپیما گفت و گفت کاری نیست که طراحی آن یک نفره امکان پذیر باشد و حداقل یک تیم دوازده نفره برای طراحی نیاز داریم. در کل گفت بهتر است بی خیال شوم چون تجربه ی خوبی هم از کار فرناس در ذهنش نبود و اصولا دانشجویان را افراد با انگیزه ای برای چنین کارهایی فرض نمی کرد.

زمستان 86 همچنین متنی را در باب طرحی که برای هواپیما در ذهنم بود آماده کردم و به استاد درس اخلاق مهندسی آقای دکتر مهدی بهادری نژاد از اساتید دانشکده مکانیک دادم تا نظرشان را در باب کار اعلام کنند البته ایشان هیچ پاسخی ندادند اما برای این که با حال و هوای آنچه آن زمان در فکرم بود بیشتر آشنا شوید آن متن بدون هیچ تغییری در پیوست یک آورده شده است.

گذشت و من به این نتیجه رسیدم که بهتر است که کار در مدرسه سابقمان با تعدادی دانش آموز انجام شود از آنجا که عجله ای هم نداشتیم کار طراحی را کم کم تکمیل خواهم کرد بر همین اساس یک برنامه یک ساله برای آموزش،طراحی و ساخت هواپیما آماده کردم و اوایل تابستان 87 با برنامه ای که در پیوست پنج قرار دارد خدمت مدیر مرکز آقای ایمانی رسیدم ایشان هم از کار استقبال کرد البته گفت در این زمان پیدا کردن دانش آموزان کار سختی است و بهتر است در اوایل مهر همان سال (87) سر کلاس طرح را برای بچه ها معرفی کنم و دانش آموزان علاقه مند را با خود همراه نمایم. من هم قبول کردم و مهرماه دوباره به مدرسه باز گشتم. طرح را برای سال دومی های دبیرستان در نظر گرفته بودم به چند دلیل اول این که در این سال بچه ها با مفاهیم فیزیک مکانیک آشنا می شوند دوم این که قرار بود تا سال نود کنکور حذف شود یعنی سال دومی ها ی دبیرستان دیگر کنکور نداشته باشند که البته بعدها فهمیدیم که دولت از مجلس درخواست نموده تا این مصوبه را عقب بیندازند.

اوایل مهرماه بود که به مدرسه بازگشتم با آقای احمدی معاون دبیرستان هم صحبت کردم ایشان هم گفتند از سه کلاس دوم دو کلاس رشته ی ریاضی است و یک ربع آخر یکی از زنگ های کلاسها را برای من هماهنگ کردند تا در کلاس برای بچه ها در باره طرح صحبت کنم. من هم از برنامه زمانی و اصولا این که چرا این طرح را به مدرسه آورده ام برای بچه ها گفتم و البته در مورد این نوع هواپیما هم برایشان نکات زیادی گفتم بعد از کلاسها قرار بود بچه ها در دفتر معاون دبیرستان آقای احمدی ثبت نام کنند و تا هفته

1 HPA: Human Powered Aircraft

بعد هم رضایت نامه از والدین برای مدرسه فراهم کنند.
همان زمان حدود بیست و چهار نفر ثبت نام کرده بودند اما بعد ها در کلاسها حدود ده پانزده نفر بیشتر حاضر نمی شد. در نهایت برای بخش ساخت هفت نفر از بچه ها کمک کردند که تقریبا همان تعدادی بود که خودم در نظر داشتم.

فصل دوم : زنگ اول ، فهمیدن

طبق برنامه فصل پاییز به آموزش مفاهیم هوافضا به صورت کاملا ساده برای دانش آموزان پرداخته شود در برنامه حدود پنج جلسه پیش بینی شده بود . خلاصه نکات جلسات آموزشی در پیوست شماره 4 آمده است و نیازی به توضیح بیشتر در این جا نیست اما در کنار مطالبی که در کلاسها بیان شد تعدادی لوح فشرده آموزشی نیز برای بچه ها آماده کرده بودم که شامل فیلمهایی از پرواز پرندگان ، حشرات و شنای ماهی ها و پنگوئن ها بود، این فیلمها نیز در دی وی دی همراه کتاب قابل مشاهده است.بیشتر فیلمها از سایت بی بی سی موشن گالری[2] و آرکایو[3] دریافت شده اند. در کنار این فیلمها عکس و انیمیشن نیز وجود داشت همچنین از فیلمهای آموزش مفاهیم شاره ای نیز که معمولا همراه با درس مکانیک شاره ها آموزش داده می شوند نیز استفاده شده بود.

فیلمها کاملا متنوع و دسته بندی شده بود، بچه ها نیز از فیلمها خوششان آمده بود. بعد تر در یک لوح فشرده خلاصه ای از فیلمهای مسابقات طراحی و ساخت هواپیمای بدون سر نشین را نیز که کاری از پژوهشکده شهید رضایی بود و فیلمها را نیز خودشان تهیه و پخش نموده بودند به بچه ها دادم تا ببینند.

جلسات اول و دوم در کلاسهای ساختمان اصلی و جلسات بعد در سایت آزمایشگاه و نمازخانه برگزار شد ، جای مناسبی بود و بچه ها هم که بعد از کلاس از نشستن روی صندلی خسته بودند روی فرش راحت تر بودند.

2 Http://BBCmotiongallery.com

3 Http://arkive.org

فصل سوم : کی چی ساخته؟ (مرور هواپیماهای ساخته شده)

همان طور که در برنامه کاری یکساله دیدید ، فصل سوم کار یعنی زمستان به مطالعه ی نمونه های ساخته شده اختصاص داده شده بود. این که تا کنون هواپیماهای زیادی از این دست ساخته شده است برای ما نقطه قوت قلب به حساب می آید و کار طراحی هواپیما را بسیار ساده خواهد نمود ، خصوصا این که در میان این هاپیماها هواپیماهای موفقی هم دیده می شود آن هم با رکوردهای واقعا قابل قبول، همچنین از آنجا که اکثر این هواپیماها برای مسابقات بین المللی طراحی و ساخته شده اند مستندسازی در آنها واقعا خوب صورت گرفته است و در سایت متولی مسابقات[4] تقریبا اسناد همه ی هواپیماها به همراه نقشه آنها یافت می شود.

هواپیماهای ساخته شده طیف گسترده ای از پیکربندی و طراحی سازه و انتقال قدرت و بال را در بر می گیرند و این نشان می دهد هنوز طراحی این هواپیماها به نتایج قابل قبول برای همه و رسیدن به یک پیکربندی مشخص (بر خلاف هواپیماهای مسافربری) منجر نشده است. بر همین اساس الگوی مشخصی همانند سایر هواپیماها در طراحی این نوع پرنده موجودنبوده و طراح باید کاملال بر همه ی نکاتی که طراحان گذشته مد نظر داشته اند مسلط باشد ، تا هواپیمای جدیدی گامی به جلو باشد.

از جمله پیکر بندی های متفاوت در این هواپیماها می توان به پیکره ی دوبال و تکبال ، کابین دار و بدون کابین ، بال کایت مانند و بال مستطیلی ، کانارد و دم، ملخ هل دهنده و ملخ کشنده اشاره کرد.

هیجان انگیز ترین رقابت ساخت این پرنده ها میان دو استاد مسلم هوافضا دکتر پل مک کریدی[5] موسس شرکت هوافضایی معروف و پیشگام ایروایرنمنت[6](سازنده ی هواپیماهای خورشیدی هلیوس ، سنتورین و پث فایندر(با حمایت ناسا) و همچنین خودرو خورشیدی سانسیکر و ریز پهپاد معروف زنبور سیاه) و دکتر مارک درلا[7] استاد دانشکده ی هوافضای انیستیتو تکنولو»ی ماساچوست بوده است.

هر یک از این دو طراح با طراحی موفق چهار پرنده در کارنامه خود نام خود را برای همیشه با هواپیماهای نیروی انسانی گره زده اند. دکتر مک کریدی عموما به عنوان پدر این نوع پرنده ها شناخته می شود و برای پرنده های خود تا کنون چند بار جوایز مسابقات جایزه ی کرمر را از آن خود کرده است. دکتر مارک درلا هم در کارنامه خود پرنده ی دایدالوس رکورددار طولانی ترین پرواز با مسافت 119 کیلومتری و جایزه ی کرمر را دارد.

هر یک از هواپیماهای که مهندسین گفته شده ساخته اند برای تیم های عموما دانشگاهی هیجان و جذابیت فوق العاده ای را به ارمغان آورده است.

برگردیم به تیم خودمان، قرار شد هر یک از افراد از مهمترین هواپیماهای ساخته شد یک هواپیما را انتخاب کنند و نکات مهم آن را در قالب یک ارائه برای بچه ها بیان کنند.

البته به دلیل قرار گرفتن امتحانات در زمستان و آشنا نبودن بچه ها با اصطلاحات تخصصی انگلیسی هوافضا به نظر می رسید این انتظار زیادی بود که بچه ها از پس چنین کاری برآیند ، در واقع چنین کاری را آقای بنازاده استاد درس طراحی 2 در سال آخر کارشناسی از بچه ها درخواست کرد و واقعا برای دانش آموزان زیاد به نظر می رسید.

در هر حال خودم برای انجام این بخش خلاصه ای از نکات هواپیماهای ساخته شده را به همراه تصاویری از آنها آماده نمودم که در پیوست 5 قابل مشاهده است.

در طراحی هواپیمای فراز از نکات بسیاری از این هواپیماها استفاده شده است که در فصل بعد خواهد آمد.

در پیوست 6 نیز می توانید جدول جزییات تمام هواپیمای ساخته و ثبت شده تا سال 1990 را ببینید.

---

4 http://www.raes.org.uk (انجمن هوانوردي رويال انگلستان)

5 Paul Mac Cready

6 Aerovironment

7 Mark Drehla or Drela

فصل چهارم : باید تصمیم گرفت (طراحی هواپیما)

هدف از انجام جلسات آموزشی و شرکت بچه ها در مرور هواپیماهای ساخته شده علاوه بر یادگیری مفاهیم حضور فعال بچه ها در مرحله طراحی هواپیما بود ، که به دلیل مسائلی که پیشتر گفته شد متاسفانه این مهم محقق نشد. به هر چند بچه ها برای ساخت کمک بسیار بزرگی بودند و ساخت بدون حضور آنان ممکن نبود اما طراحی جمعی نتایج بسیار درخشان تری از یک طراحی تک نفره خواهد داشت.

اصول طراحی هواپیما :

کلا طراحی همه ی هواپیماها از انتظارات سازنده از پرنده آغاز می شود. از انتظار سازنده مشخصات پروازی که هواپیما باید برای آن ساخته شود به دست می آید و از مشخصات پرواز هواپیما هم ویژگیها و قابلیتهایی که هواپیما باید داشته باشد مشخص می گردد.
در واقع طراحی هواپیما مانند حل یک معادله ی دارای چند درجه آزادی است ، یعنی ابتدا شما چند مجهول دلخواه را خودتان مقدار دهی م یکنید و سپس بقیه مجهولات بر اساس آن مقادیر خود به خود به صورت یکتا تعیین می شوند.
در مورد هواپیماهای نیروی انسانی قضیه کمی متفاوت است یعنی پیشاپیش یکی از مجهولات که نیر و توان پیشران شماست دارای محدودیت است و این محدودیت از محدود بودن توان پا زدن پیوسته ی انسان به دویست تا دویست و پنجاه وات بر می گردد . با یک حساب سر انگشتی می بینید که بر اساس معادله ی توان برابر است با حاصل ضرب سرعت در نیروی عمل کننده در می یابید که هر چه نیروی پیشران شما کمتر باشد سرعت بیشتری را می توانید به دست آورید . در حالت تعادلی حرکت با سرعت ثابت نیروی پیشران برابر است با نیروی پسای ناشی از مقاومت هوا و این یعنی هر چه پیای هواپیمای شما کمتر باشد سرعت بیشتری را درک خواهید نمود.
البته قضیه به همین سادگی نیست زیرا پسا خود رابطه ی مستقیم با توان دوم سرعت دارد و این دو کمیت کاملا به هم وابسته اند آن هم نه یک رابطه خطی بلکه یک رابطه ی خطی که عموما باید از نتایج تستهای تونل باد به شکل دقیق مشخص شود و به علت شکل پیچیده ی هواپیما قابل تحلیل دقیق با نرم افزار و معادله نیست.
رویه ی معمول طراحی هواپیماهای رایج این است که ابتدا شما از وزن هواپیما بر اساس نمونه های مشابه تخمینی به دست می آورید و سپس بر اساس تعداد مسافر و وزن سوخت مورد نیاز برای مسافتی که در نظر دارید این وزن کلی را تصحیح می کنید . سپس سطح بال را بر اساس این وزن و ایرفویل مناسب به دست آورده و در نهایت با محاسبه ی پسای هواپیما در سرعتی که برای کروز(پرواز با ارتفاع و سرعت ثابت که معمولا هواپیما برای حرکت در این حالت بهینه سازی و طراحی می شود) در نظر گرفته اید نیروی پیشران را به دست آورده و بر این مبنا موتورهای یا نیروی کافی انتخاب می نماییید.
این در حالی است که این رویه برای هواپیماهای نیروی انسانی تقریبا برعکس است یعنی شما به دلیل مشخص بودن توان انسان باید از پیشرانش شروع کرده و بر اساس نیروی پیشران و سرعتی که می خواهید بال هوا پیما را با توجه به پسا طراحی کنید. نکته ی ساده کننده ی طراحی این هواپیماها وزن ثابت آنها در حین پرواز است و نکته ای که کار طراحی این هواپیماها را سخت می کند اهمیت بسیار زیاد وزن هواپیما است زیرا وزن بیشتر یعنی برآی بیشتر و برآی بیشتر یعنی پسای بیشتر و پسای بیشتر یعنی سرعت کمتر.
در باب طراحی هواپیما از نظر وزن و سطح بال و نیروی پیشران در آینده بیشتر صحبت خواهیم کرد ، فعلا بپردازیم به نکات خاص هواپیمای فراز :

ویژگیهای خاص و برجسته ی هواپیمای فراز :

ویژگیهای منحصر به فرد :

1) بالهای جمع شونده :

ایده ی جمع شدن بالهای هواپیماها از ایده های جذاب و هیجان انگیزی است که در تاریخ صنعت هوانوردی ذهن بسیاری از متخصیص هوافضا را به خود مشغول ساخته است. البته اجرای این ایده برای هواپیماها سنگینی مانند هواپیماهای مسافربری و باربری تا کنون نتوانسته است محقق شود زیرا با افزایش بار روی بال این هواپیماها وزن سازه ای سازوکار جمع شدن بسیار بالا خواهد رفت و مقاومت لازم جز از فولاد ساخته نیست که آن هم وزن هواپیما را به شدت بالا می رود.

در مورد هواپیمای فراز با توجه به وزن کلی حدود نود کیلویی که برای هواپیما در نظر گرفته شده است به نظر این ایده عملی می رسید. بر همین اساس تصمیم گرفتیم که در باره ی جمع شدن بالها ایده های ممکن را جمع آوری و بررسی نماییم و در نهایت بهینه ترین ایده را عملیاتی کنیم.

ایده های طرح شده برای جمع شدن بال هواپیماها زیاد به نظر نمی رسید و تنها هواپیمایی که می توانست نزدیک به این ایده در نظر گرفته شود هواپیمای اف 14 است که آن هم بالهایش نود درجه به عقب می چرخد و طول نوک بال چپ تا بال راست را بسیار کم می کند . در مورد هواپیماهای نیروی انسانی تنها یک تجربه وجود داشت و آن هم استفاده از بال بادشدنی بود . یعنی بال کاملا از جنس پلاستیک بود و با تلمبه برقی حدود بیست دقیقه باد می شد. تصویر این هواپیما را در پیوست بخش قبل به نام هواپیمای فونیکس می توانید ببینید.

اما سازوکارهای مطرح شده از قرار زیر بود:

1) سازو کا رتا شوی صدو هشتاد درجه : مانند تا کردن پتو به صورت چپ و راست
2) ساز و کار کشویی : برای اسپار مانند آنتن و سطح انعطاف پذیر برای روکش بال مانند پلاستیک یا این که سطوحروکش هم صلب باشند و کشویی روی هم جمع گردند.
3) سازوکار تا شوی مثلثی : نوک بالها حدود دویست و هفتاد درجه به بالا چرخیده و بر سر خلبان خیمه می زند.
4) سازو کار بال پرندگان : ابتدا بال نود درجه حول محور عرضی هواپیما می چرخد و سپس نود درجه روی محور سمتی هواپیما چرخیده و به بده می چسبد.

در نهایت از میان همه ی سازوکارهای فوق بر مبنای چهار سنجنده ی زیر سازوکار دوم انتخاب شد:

1) وزن افزوده
2) قابلیت جمع کردن بال بوسیله خلبان بدون پیاده شدن و در کمترین زمان ممکن
3) زیبایی
4) سادگی طراحی و ساخت

2) قابلیت عملیاتی بودن و حرکت در هر دو حالت دوچرخه و هواپیما به صورت کارا و بدون دردسر با سرعت قابل قبول و کنترل پذیری مناسب :

یکی دیگر از ویژگیهای منحصر به فرد فراز قابلیت عمل کردن در هر دو حالت دوچرخه و هواپیما در نظر گرفته شده است به هر حال ماندن در هوا نیاز به توانی دارد که از یک حد پایین که برای ماندن در هوا لازم است کمتر نخواهد شد. بنابراین برای سفرهای

طولانی قطعا پرواز خسته کننده خواهد بود بنابر این لازم است حالت دوچرخه برای شرایط خاص هوا و منطقه (مانند عبور از کوه ها که نیاز به اوجگیری خارج از توان انسان و پرنده دارد) نیز به این وسیله اضافه گردد. ضمن این که بنابر زیبایی منطقه گاهی دوچرخه مناظر زیباتری را به دید انسان خواهد آورد (مانند عبور از جنگل یا کنار یک اثر تاریخی) . ضمنا باید هواپیما به گونه ای ساخته شود که بدون نیاز به پیاده شدن از آن خلبان بتواند بالها را جمع نموده و به حالت عملیاتی دوچرخه وارد شود. البته بر اساس شرایط منطقه ممکن است مناطقی که شیب جاده به سمت پایین باشد خلبان از گلاید ، سر خوردن روی هوا مانند کایت و گلایدر نیز استفاده نماید. در این صورت این وسیله برای سیاحت واقعا لذت بخش خواهد بود (البته باد های شدید برای این وسیله در حالت دوچرخه ممکن است کمی کار را سخت نماید)

نکته ی قابل توجه این که این هواپیما برای آینده ی صنعتی خود برای پرواز در مناطق گردشگری طبیعی و تاریخی نیز علاوه بر حمل و نقل بین شهری در نظر گرفته شده است.

در باب حرکت روی سر بالایی برای آینده ی طرح حالت دنده ای برای دوچرخه نیز پیش بینی شده است.

همچنین این ویژگی قابلیت برخاسترا نیز برای هواپیما فراهم می کند زیرا در همه ی هواپیماهای ساخته شده به دلیل امکانپذیر نبودن سرعت گرفتن روی زمین با چرخش ملخ از هل دادن استفاده می شد که در این پرنده نیازی به این کار نیست.

3) قابلیت جا شدن در یک گاراژ خودرو:

با توجه به نکاتی که در باره ی آینده ی فراز بیان شد نیاز است هواپیمای طراحی شده به راحتی در یک اتاق رایج در ساختمانسازی جا شود. بر همین اساس علاوه بر بالها که جمع خواهند شد ، کانارد هواپیما نیز به راحتی جدا شده و در موقع لزوم دوباره به هواپیما متصل خواهد شد. البته در آینده ممکن است جمع شدن کشویی کانارد نیز در دستور کار توسعه قرار گیرد. در مجموع فضای در نظر گرفته شده برای هواپیما در حالت جمع شده فضای سه در سه متر به ارتفاع دو متر است که عموما در همه ی خانه ها یک گاراژ یا حیاط با چنین ابعادی یافت می شود.

4) استفاده از چرخ عقب به عنوان چرخ کنترلی دوچرخه و همچنین دم عمودی:

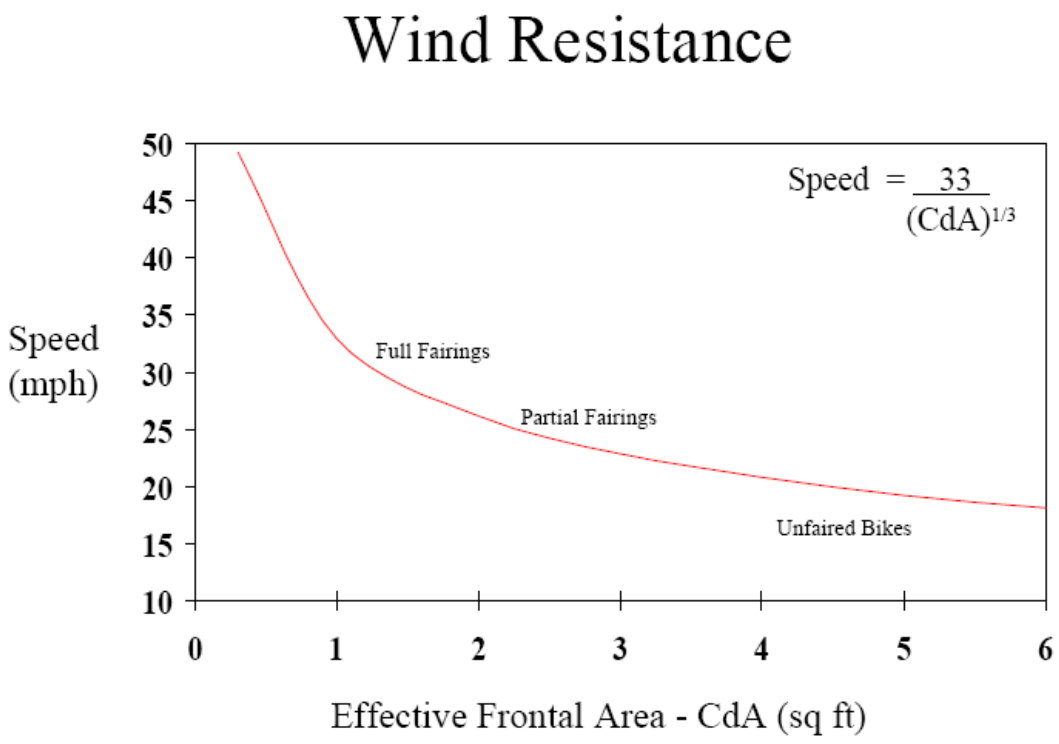
تقریبا در همه ی هواپیماهای ساخته شده برای کنترل سمتی از دم عمودی یا چرخش دم افقی حول محور طولی استفاده شده است. در طراحی هواپیمای فراز به دلایلی که در ادامه می آید از چرخ عقب برای کنترل استفاده شده است:

1) با توجه به ریکامبنت (حالت نشسته و رکاب جلوتر از پاها برای پا زدن را ریکامبنت می گویند و در حال حاضر دوچرخه های زیادی برای راحتی سوار در مسافتهای طولانی از این حالت استفاده می کنند) بودن فراز انتقال نیرو به چرخ عقب نیازمند زنجیر و یا شفت و به هر حال افزایش وزن است
2) می توانستیم با عقب قرار دادن چرخ کنترل کننده دوچرخه همزمان از آن برای کنترل در حالت هواپیما نیز استفاده کرده و نیاز به نصب دم عمودی بر سر دم افقی را از سر راه برداریم و در وزن هم صرفه جویی کنیم.

5) نداشتن کابین:

البته برای آینده ی طرح در باب کابین با قابلیت جمع شدن همانند کابین خودرو صحبت شده است که پیشنهاد یکی از دانش آموزان تیم ساخت آقای صدرا بهاروند بود و من هم استقبال کردم و قرار شد در برنامه R & D قرار داده شود.

از نظر آیرودینامیک بر اساس شکل یک با افزایش سرعت تاثیر کابین کاملا احساس می شود:



شکل یک : نمودار اثرات استفاده از کابین در کم شدن مساحت موثر مقاوم و افزایش سرعت

استفاده از کابین مزایا و معایبی دارد که در ادامه می آید:

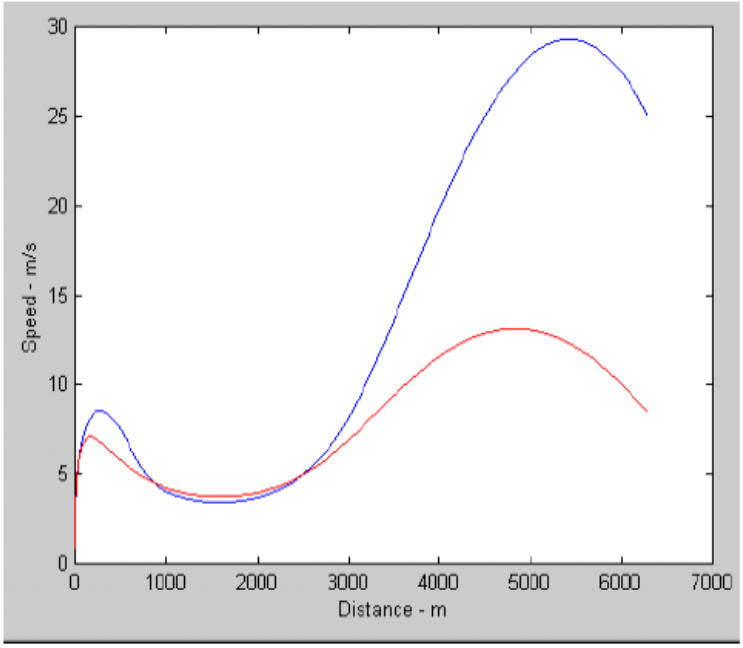
مزایا :

1) پسای کمتر و امکان رسیدن به سرعت بیشتر
2) تحلیل ساده تر و عملکرد خطی و قابل پیش بینی

معایب

1) دید محدود و نا مطبوع خلبان
2) نیاز به سازوکاری برای وزش باد در کابین و خنک شدن خلبان
3) ناپایداری هواپیما در اثر باد جانبی

در شکل زیر نتایج سرعت دو دوچرخه یکی با کابین و دیگری بدون کابین که از بالای یک تپه در سرازیری رها شده اند را می بینید:



Streamlined (blue) and unfaired (red) vehicles – starting uphill from rest.

شکل دو : نمودار اثرات کابین بر افزایش سرعت دوچرخه در حال سرعتگیری، شروع از سکون از بالای تپه

6) تعادل هواپیما (با داشتن چهار چرخ) و نیاز نداشتن به افراد کمکی برای نگهداری بالها و هل دادن (به خاطر انتقال نیرو به چرخها) :

این هواپیما به علت داشتن دو بال و نزدیک بودن یکی از بالها به زمین به راحتی دو چرخ کمکی برای حفظ تعادل در زیر بالهای پایین (نوک اسپار کشویی اول) نصب خواهد شد و موجب تعادل هواپیما روی زمین خواهد شد.

ویژگیهای ایده گرفته شده از هواپیماهای پیشین :

1) استفاده از ملخ هل دهنده و قرار گرفته در پشت بال بالا:

علت عمده ای که ملخ هواپیما به عقب منتقل شد امکان قرار گرفتن کانارد در جلو هواپیما بود هر چند علاوه بر این مزایای دیگری نیز از این انتخاب به دست می آید که در ادامه آمده است.

1) دید جذاب و بدون مزاحم خلبان
2) نبود اثر اختلالی ناشی از چرخش ملخ روی بالها

عیب : انتقال قدرت به پشت بالها که وزن و پیچیدگی را می افزاید

2) استفاده از کانارد به جای دم :

شاید هیچیک از افرادی که بعد از دکتر مک کریدی اقدام به ساخت این هواپیماها نمودند سرّ این که چرا ایشان بر استفاده از کانارد اصرار دارند را نفهمیده باشند. اما به واقع علت این همه تاکید در هواپیماهای دکتر چیست؟

شاید مهمترین علت این قضیه به دست آوردن برآ همزمان با خنثی کردن گشتاور ناشی از ملخ باشد. زیرا در صورتی که از دم استفاده

کنیم قطعا برای خنثی نمودن گشتاور ناشی از ملخ باید دم برآی معکوس تولید نماید. ممکن است بگویید خوب این چه کاری است با تغییر مرکز جرم نسبت به مرکز آیرودینامیک همین گشتاور را بوجود می آوریم اما در آن صورت قطعا در زمان گلاید شما از نظر گشتاور بت مشکل مواجه خواهید شد و هواپیما رو به جلو کله خواهد نمود.

در واقع حتی اگر برآی معکوس این هواپیما اندک باشد و بال تنها اندکی باید بزرگ شود قطعا در چنین پرنده ای که تا حد بسیار زیادی پسا برای ما اهمیت دارد حتی مقدار اندک افزایش آن به دلیل ایجاد برآی معکوس و دوباره اضافه کردن همان برآ با بال واقعا هزینه زیادی است . همانطور که می دانید برای به دست آوردن برآ شما همواره به همان نسبت پسا به عنوان هزینه باید قبول کنید که به عنوان پسای ناشی از برآ معمولا بیان می شود.

3) استفاده از اثر زمین :

با افزایش سرعت هواپیما و سطح بال اثر زمین تا ارتفاع بالاتری موثر خواهد بود اما برای هواپیمایی مانند هواپیماهای نیروی انسانی که سرعت و سطح بال کم دارند باید ارتفاع بال از زمین حداقل باشد. از جمله هواپیماهایی که از این ویژگی استفاده نموده اند به جز هواپیماهای دو بال مانند کرایسالیس و آیرون باترفلای هواپیمای آیکاروس است که می توانید در شکل شماره 3 تصویر آن را ببینید.

شکل سه : استفاده از اثر زمین در هواپیمای Icarus ساخت سال 1977

4) استفاده از دو بال :

تا حدودی که در باب هواپیماهای نیروی انسانی منتشر شده است اولین هواپیمای نیروی انسانی هواپیمای کرایسالیس است که دکتر مارک درلا در تیم طراحی آن عضو بوده است. پیکربندی دو بال دارای مزایا و معایبی است که در ادامه می آید:

مزایا :

1) تقسیم شدن طول بال به دو قسمت موجب نیاز به قوت سازه ای کمتر در ریشه بال و در نتیجه وزن کمتر برای اسپار بال می شود.
2) برای سازوکار جمع شدن بال استفاده از دو بال موجب ساده تر شدن و سبک تر شدن سازوکار جمع نمودن بال می گردد.
3) استفاده از دو بال باعث کم شدن طول بال و کم شدن انحنا و تغییر مکان نوک بال می شود و این یعنی پایداری سازه ای و آیرو دینامیکی بیشتر هواپیما در برابر باد جانبی

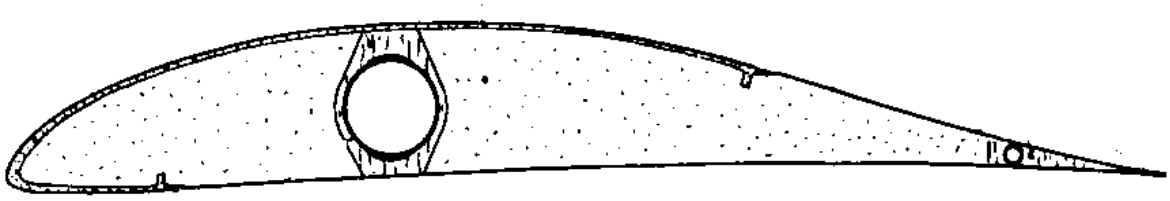
معایب:

1) پیچیده تر شدن سازه ی شاسی و اتصال بالها به هواپیما
2) دو برابر شدن تعداد گردابه های نوک بال
3) دو برابر شدن اثرات بالها روی عملکرد ملخ
4) امکان از بین رفتن صلبیت هواپیما و نیاز به اتصالات و سیمهای استحکام سازه ای بالها

5) استفاده از ایرفویل LISSMAN 7769 :

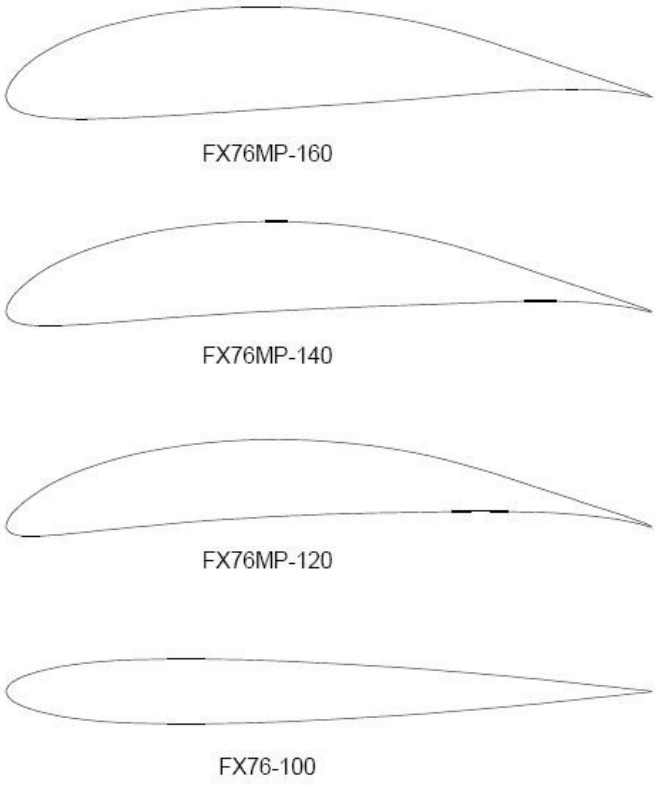
ایرفویلهای رایج در ساخت هواپیماهای نیروی انسانی عبارتند از :

LISSMAN 7769



شکل چهار : تصویر ایرفویل لیشمن

سری ایرفیلهایی که مخصوص این هواپیماها طراحی شده اند.[8] FX76MP



شکل پنج : تصویر ایرفویلهای سری FXMP

سری ایرفویلهای DAE[9]

البته از آنجا که موفق ترین هواپیماها تقریبا همه از ایرفویل لیشمن استفاده کرده بودند ما هم این ایرفویل را برگزیدیم، ضمنا وتر بال و سرعت طراحی فراز ما به هواپیماهای دکتر مک کریدی نزدیک بود که ایشان هم این ایرفویل را ترجیح داده اند.
برای دم نیز از نمونه ی تغییر یافته و متقارن شده ی همین ایرفویل استفاده شده است.

6) استفاده از شفت برای انتقال قدرت به ملخ :

برای انتقال قدرت به ملخ در هواپیماهای ساخته شده از دو سازوکار شفت و زنجیر استفاده شده است. با توجه به فاصله ی ملخ تا پاهای خلبان نیاز است که از زنجیر طولانی استفاده شود که خود موجب اتلاف انرژی و وزن زیاد است. در نتیجه برای کاهش صدای زنجیر و سبکتر نمودن سازوکار از شفت استفاده نمودیم. ضمنا شفت از قابلیت اطمینان بیشتری برخوردار است.

---

8 **مراجعه کنید به مرجع 3 صفحه** 32

9 **همان**

محاسبات فنی طراحی اولیه هواپیمای فراز (خواندن این بخش برای افراد آشنا با هوافضا توصیه می شود):

ماموریت هواپیما :

هواپیمایی با قابلیت جمع شدن بال و تبدیل شدن به یک دوچرخه بدون پسای بالا با سرعت بیش از ۲۰ کیلومتر در ساعت در حین پرواز و سرعت بیش از چهل کیلومتر در ساعت در حین رکاب زدن و کاملا قابل کنترل در هر دو حالت با صندلی راحت برای مسافت طولانی و امنیت جانی بالا برای راننده و با قابلیت بستن و باز کردن بالها در حین حرکت روی زمین یا در صورت توقف با زمان زیر یک دقیقه

طراحی هواپیمای نیروی انسانی

اصلی ترین نکته در طراحی این گونه هواپیما این نکته است که توان پیوسته انسان دارای محدودیت حدود ۲۰۰ تا ۲۵۰ وات است بنابراین شما باید حاصل ضرب پسا در سرعت هواپیمایتان از این مقدار تجاوز نکند برای بالا بردن سرعت نیاز به کم کردن پسا دارید و اگر پسا از حد خاصی بیشتر باشد و سرعت کمتر از سرعت واماندگی گردد هواپیما عملیاتی نیست مشکل اکثر هواپیماهای طراحی شده همین پسای بیش از حد است. در طرحهای جدید بیشتر روی همین نکته تاکید شده است به کمک سه استراتژی :

۱) افزایش ضریب منظری که نتیجه می دهد که بیشتر پسای ما پسای ناشی از برآ باشد و پسای اصطکاکی و شکلی به حداقل برسد

۲) استفاده از نازکترین ایرفویل ممکن (که البته با مورد قبلی در تضاد است زیرا با افزایش طول بال شما از نظر سازه ای ضخامت بیشتری برای بال می خواهید)

۳) استفاده از مواد جدید مانند فیبر کربن و پلاستیکهای روکش سبک و زنجیر چرخ پلاستیکی و تا حد امکان کم کردن وزن

۴) تا حد امکان وزن کم شود چون افزایش وزن یعنی افزایش برآ و این یعنی افزایش سطح بال یا زاویه حمله و این نتیجه می دهد افزایش پسا که محدودیت توان انسان دارد.

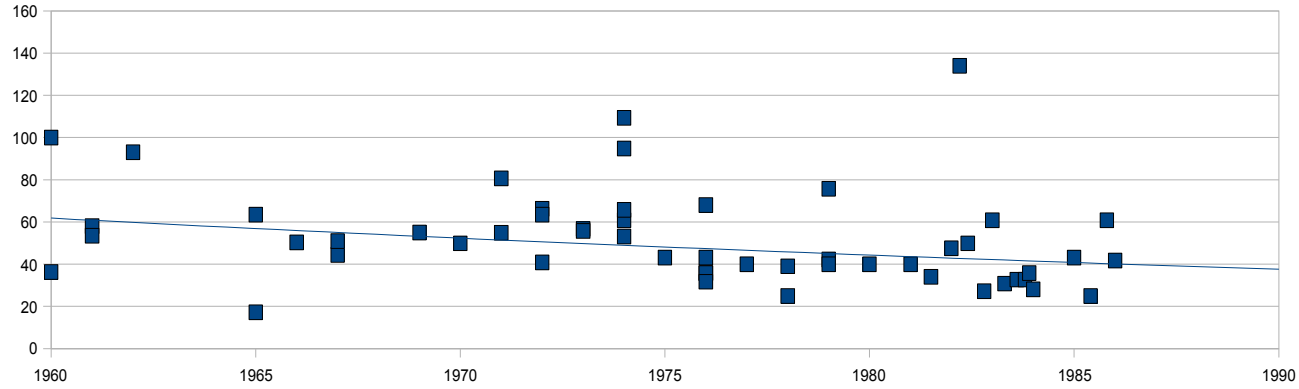
پیکربندی های پیشنهادی برای هواپیما :

۱. دو بال با ملخ جلو (انتخاب شد)

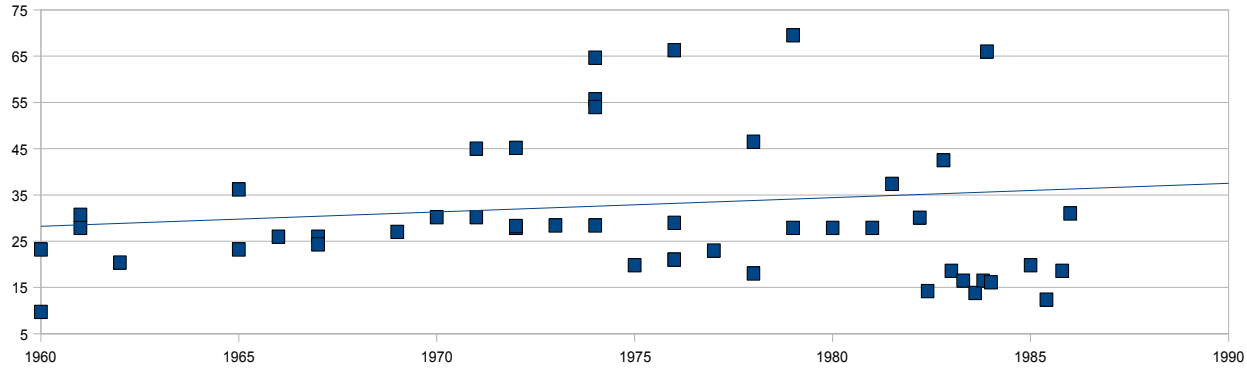
۲. دو بال با ملخ عقب (به دلیل جلو بودن رکاب و نیاز به سامانه انتقال قدرت و نبود استحکام سازه ای در پشت بال و افزایش وزن رد شد)

۳. دو بال دو ملخه (به دلیل سنگینی سامانه انتقال قدرت و درصد کم افزایش کارایی رد شد)

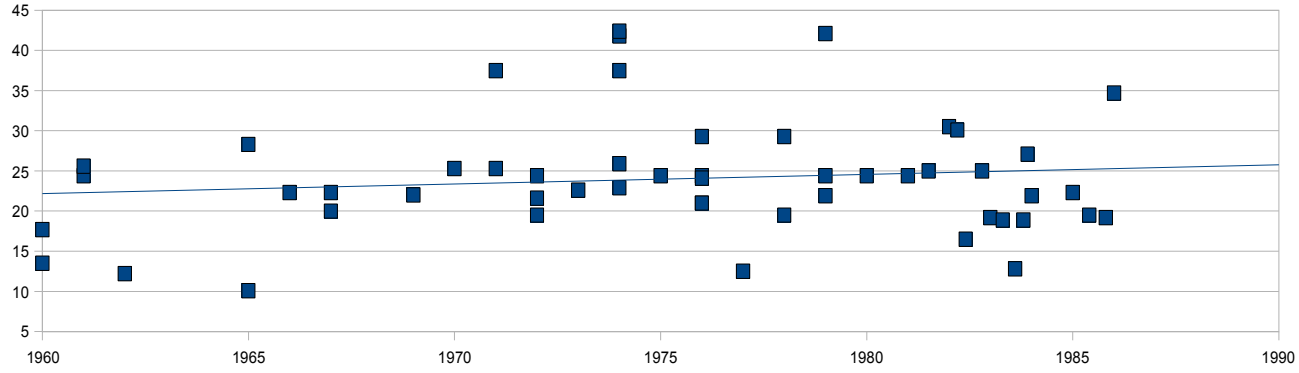
نمودار تغییرات سه پارامتر اصلی طراحی **HPA**:



نمودار یک : تغییر وزن به کیلوگرم در طول زمان



نمودار دو : تغییر سطح بال به متر مربع در طول زمان



نمودار سه : تغییر ضریب منظری در طول زمان

1) محاسبات آیرودینامیکی :

بخش محاسبات بعدا اضافه می شود.

1.1) سطح بال

1.2) سطح و محل دم

1.3) محل بالها و مرکز جرم

1.4) تخمین سرعت پرواز و زاویه حمله هندسی بال نسبت به شاسی :

2) محل قرار گیری چرخها، صندلی و رکاب:

3) سازوکارهای کنترل :

4) دید خلبان ، طراحی صندلی:

5) طراحی نسبت دنده ها و دور در دقیقه ی ملخ:
6) طراحی ملخ:
7) طراحی شاسی:

فصل پنجم : و چگونه ساخته شد؟

قرار بود ساخت طبق برنامه ای که در پیوست 1 آمده است از ابتدای تابستان آغاز شود اما به دلیل عقب افتادن امتحانات دانشگاه در اثر حوادث پس از انتخابات ریاست جمهوری دهم برنامه حدود یک ماه و نیم دیرتر آغاز شد و همین باعث شد بعدتر با مشکلات زمانی در تست هواپیما مواجه شویم.

اما اولین بار که برای شروع برنامه به خرم آباد رفتم یکشنبه 11 مرداد ماه بود . صبح ساعت 6 به خرم آباد رسیدم و قرار گذاشته بودیم که ساعت نه هم درب مدرسه جمع شویم و در باره شروع کار صحبت کنیم، اما بچه ها که روز قبل هم به دلیل نرسیدن پیام کوتاه برای قرار آمده بودند آنروز کمی دیر تر سر قرار جمع شدند در نهایت به علت بسته بودن درب مدرسه (مدرسه تابستان تنها دوشنبه و چهارشنبه باز است) راه افتادیم به سمت پارک کیو که محل مناسبی برای یک صحبت یک ساعته به نظر می رسید. نشستیم روی چمن ها و شروع کردیم به صحبت برای شروع ساخت. قبل از هر چیز به بچه ها گفتم که از این جا به بعد قضیه جدی است ، می خواهیم هواپیما بسازیم ، دیگر مثل کلاسهای آموزشی نیست که اگر بعد از کلاس لوحهای فشرده رو کامل نمی دید یا خلاصه نکات رو چند بار مرور نکنید مشکلی نباشد ، الان قضیه کار است و تلاش و این اصلا شوخی بردار نیست. همه اعلام آمادگی کردند که کار را با قدرت شروع خواهیم کرد.

اولین مسئله پیدا کردن کارگاه بود قرار شد با مدیر مرکز آقای ایمانی فردای آنروز صحبت کنیم تا ایشان محلی را در مرکز برای این کار به ما بدهند. همچنین قرار شد یکی از بچه ها یک میز کار و گیره تهیه نماید و ابزارهایی مثل اره مویی و چکش و غیره را هم بچه ها از خانه هایشان امانت بیاورند . همان زمان به بچه ها گفتم که برای داشتن یک مقدار پول نقد و مشارکت و احساس تعلق بیشتر بچه ها به کار هر نفر بیست هزار تومان از خانه با خود بیاورد و به یکی از بچه ها به عنوان مسئول مالی بدهد تا امور خرید مواد مورد نیاز با سرعت بیشتری پیش رود.

مسئول مالی اول آقای فرید مرادی بود که بعد از یک هفته ایشان با خانواده برای مسافرت دو روزه به اصفهان رفتند که پس از رفتن ایشان مسئولیت به عهده ی آقای عرفان دالوند افتاد (حسابهای مالی نهایی در پیوست شماره 10 قابل مشاهده است. فردا صبح ساعت نه صبح روز دوازده مرداد قرار گذاشتیم برای صحبت با مدیر مرکز برای گرفتن جا برای کارگاه،

فردا صبح ساعت نه جمع شدیم در مدرسه ، نشستیم پشت میزهای چهارنفره ی شطرنج جلوی درب ورودی ساختمان مدرسه تا بچه ها همه بیایند ، حدود نیم ساعت بعد همه آمده بودند، رفتیم داخل اتاق مدیر مرکز و قضیه رو به ایشان گفتیم ، ایشان ابتدا از علت تاخیر شروع ساخت پرسید که گفتم به چه علت بوده است ، بعد ایشان سالن سایت کامپیوتر قدیم رو پیشنهاد کردند قرار شد برویم و ببینیم ، آقای رومیانی نگهبان ساختمان جدید آزمایشگاه مرکز محل را به ما نشان داد اما گفت با توجه به کامپیوترهای قدیمی حاضر در آنجا بهتر است از محل کارگاه حرفه و فن استفاده کنیم به هر حال بخشی از ساخت با چوب انجام می شود و گرد خاک اره هم به کامپیوترها آسیب می زند. بعد رفتیم و سالن کارگاه حرفه و فن را دیدیم، آنجا هم تقریبا به همان بزرگی بود ضمن این که پنج عدد میز و سه تا گیره هم داشت که واقعا مناسب بود. بعد تر که با تلفن یکی از بچه ها با آقای کرمپور معلم حرفه و فن برای استفاده از ابزارها هم هماهنگ کردیم متوجه شدیم که خداوند چه لطف عظیمی به ما نموده است و با یک میز و یک گیره کار خیلی طولانی تر می شد.

بعد از ظهر همان روز با یکی از بچه ها رفتیم برای خرید تخته سه لا برای ریب ایرفویل ها و چوب ضخامت یک سانت برای اسپار وسط، همچنین برای سفارش شفت به یکی از خراطی های شهر هم سفارش دادیم که البته بعدا هیچ گاه سفارش به دستمان نرسید (با این که از چهار هزار و پانصد کل هزینه شفت دو هزار تومان به عنوان ودیعه پرداخته بودیم) اما در مراجعات بعدی هیچ وقت آن کارگاه خراطی را باز نیافتیم و ما هم از آنجا که هزینه حمل و نقل داشت زیاد می شد بی خیال پی گیری مراجعه شدیم و استوانه های چوبی که معمولا جهت کاربرد به عنوان دسته ی بیل استفاده می شود را به عنوان شفت تهیه کردیم. بعد تر که متوجه انحنا دار بودن این استوانه ها شدیم ، شفت به لوله ها ی آهنی قطر نازک تغییر داده شد که هم سبکتر بودند و هم انحنای بسیار کمتری داشتند.

عصر روز بعد دوباره رفتیم به کارگاهی که از همه ارزانتر تخته سه لا می فروخت و تخته سه لا تهیه کردیم (از محل چهارراه طیب نزدیک میدان امام حسین (ع).

فردای آن روز آقای بهاروند پدر یکی از بچه ها تخته ها را به مدرسه آورد، یکی از بچه ها هم تیغ اره مویی خرید و شروع کردیم به درآورن ریبها از تخته سه لا، نکته این که روز قبل شابلون ایرفویل ریبها را به کمک استاد علی کابینتساز آماده کرده بودم و کار ساخت بال از همین لحظه شروع شد. معلم حرفه فن آقای کرمپور خودش مسافرت بود اما به بچه ها گفت چطور درب اتاق ابزارها را باز کنند که الحمدلله باز شد و ابزارکار هم به دست مان رسید.

قرار شد هر نفر چهار ریب آماده کند ، در عین حال از تیغه های اره مویی هم که جمعا نود و هشت عدد خریداری شده بود حدود دوازده تا به هر نفر رسید البته چند جلسه بعد که کارها را به صورت جدا برای تیم های مختلف بچه ها تقسیم کردیم دیگر عملا تیغ اره ها به تیم ساخت بال و ملخ و کانارد رسید که البته، تنها تیم شاسی تیغ اره نیاز نداشت که این تیم هم من بودم و آقای رحیمی. آن زمان همه به ساخت بال اول مشغول بودیم و هنوز کارها تقسیم نشده بود .ضمنا مسئولیت فیلم برداری و عکاسی کار هم با من و آقای رحیمی بود که دوربین تهیه کرده بودیم. البته به دلیل این که در حین کار شما غرق کار می شوید بهتر است که تیم مستند سازی مستقل از تیم ساخت باشد تا کار، بهتر فیلمبرداری شود، که البته تجربه ای بود برای کارهای بعدی.

پس از هماهنگی مجدد روز چهارشنبه یکی از بچه ها با آقای ایمانی قرار شد از هفته بعد همه روزه کارگاه از صبح ساعت هفت و سی دقیقه تا دوازده و نیم ظهر در اختیار ما باشد. همچنین قرار شد از چهارشنبه که اولین روز کاری بود تا شنبه هفته بعد دو بچه ها کار ریبهای خودشان را(هر نفر چهار تا) در خانه تمام کنند و شنبه شروع کنیم به کار ساخت اسپارهای وسط و نوک بال.

عصر همانروز یعنی چهارشنبه چهاردهم مرداد ماه برگشتم تهران تا فردای آن روز در آخرین امتحان که امتحان درس تاریخ فرهنگ و تمدن اسلامی بود شرکت کنم.

شنبه صبح ساعت هشت قرار بود به عنوان روز دوم کار همه با ریبهای آماده در کارگاه باشیم. خودم ساعت هشت وارد کارگاه شدم آقای دالوند طبق معمول قبل از من درب مدرسه منتظر بود تا با هم برویم کارگاه ، ریبهایش هم زیر بغلش بود البته من چون این دو روز را تهران بودم فرصت نکردم ریبهای خودم را آماده کنم .همان روز کارهای ساخت را تقسیم کردیم مسئولیتها به این شرح بود :

1) بال : مسئول تیم : عرفان دالوند ، اعضا حمزه زارع نصیر و صدرا بهاروند
2) کانارد : محمد شرفی
3) ملخ : فرید مرادی
4) شاسی : محمد رحیمی ، محسن بهرامی

بعدتر آقای محمد مهدی نیا که تازه از حج عمره دانشجویی بازگشته بود هم به تیم ملحق شد. به عنوان سوغات حاجی هم به همه بچه ها تسبیح هدیه داد. آقای مهدی نیا علاوه بر همکاری در تیم بال برای ساخت صندلی و دسته کنترل هم کمک نمود.

صدرا هم از روز دوم تیم را برای شرکت در مسابقات تئاتر دانش آموزی در زنجان ترک کرد، همچنین بلافاصله بعد از این مسابقات قرار بود که برای شرکت در اردوی انجمنهای اسلامی دانش آموزی به عنوان نماینده استان لرستان شرکت نماید . تقریبا وقتی بازگشت کار بالها به پایان رسیده بود بنابر این ایشان کار دم را که ریبهایش آماده بود به اتمام رساند.

عصر شنبه رفتیم برای خرید چوب برای اسپار وسط پیشتر آقای مرادی نجار که رفیق آقای کریمی دوست و همسایه خودم بود ، نجاری واقع در خیابان کورش به نام آقای عزت خاوری را برای برش تخته های قطر یک سانت معرفی کرده بود بنابراین عصر با آقای دالوند رفتیم برای خرید چوب، خدا را شکر یک الوار مناسب پیدا کردیم که با برش آن به تعداد کافی تخته های 120 * 7.5* 1 سانت آماده شد. تعدادی چوب هم از الوار اضافه آمد که برای ساخت صندلی از آنها کمک گرفتیم.

روز یکشنبه اولین اسپار وسط را آماده کردیم ، ابتدا سعی کردیم که به صورت ساده با دو زاویه سی درجه زاویه سصت گوشه مثلثها را به دست آوریم اما خوب که فکر کردم دیدم مقاومت چسب چوب کم است و از ترفند نجارها که همان اتصال دندان اره ای است

استفاده کردیم. طول هر دندانه را 4 سانت گرفتیم و در نهایت اسپار وسط آماده شد.
برای اسپار وسط هم به کمک استاد علی کابینت ساز همسایه مان یک ورق 200*24 سانت را به صورت مثلثی خم کردیم. اول شکاف ورق را در وسط یکی از اضلاع قرار دادیم اما بعد استاد گفتند که امکان مماس کردن دقیق ورق ها در کنار هم نیست و قطعا کار لبه پیدا می کن و چوب اسپار وسط راحت به صورت کشویی، رفت و برگشت نخواهد داشت.
بر همین اساس محل جوش ورق خم شده را به یکی از گوشه های مثلث منتقل کردیم بعدا یک دور هم به علت شروع جوش از یک سر اسپار وسط مجبور شدیم یکی دیگر از نسخه های ساخته شده را هم به علت پیچش ناشی از جوش خراب کردیم.
در کل یک ورق یک در دو متر را استفاده کردیم که نصف آن به علت بی تجربگی ضایعات شد.
برای چرخهای هواپیما هم ابتدا رفتیم سراغ رینگ و لاستیک و تیوپ نوی دوچرخه ی کورسی، منتها به علت قیمت نسبتا زیاد رینگ دوچرخه تصمیم گرفتیم یک دوچرخه دست دوم کورسی بخریم تا رینگهایش را برای دوچرخه به کار ببریم. خدارا شکر آقای فرید مرادی از یکی از بچه محلهایشان یک دوچرخه دست دوم به قیمت مناسب پیدا کرد. البته تنها رینگهایش به کارمان آمد و تیوپ و لاستیک را نو گرفتیم. الحمدلله خدا کارها را به خوبی برای ما جلو می برد و با وجود کمبود قطعات مورد نظر همواره جایگزین مناسبی پیدا کردیم.
بعد از بال رفتیم سراغ شروع کار شاسی ، عصر یکی از روزهای همان هفته با آقای رحیمی رفتیم به همان چوب بری آقای خاوری و باز هم یک الوار را در تکه های 4*4 سانت و به طول حدود چهار متر برایمان برش داد.
البته ابتدا می خواستیم تمام شاسی را به صورت آلومینیم سفارش دهیم تا طبق مدل اولیه نرم افزاری برایمان آماده کنند اما پس از مراجعه به چند آلمینیوم سازی متوجه شدیم که کار را خودمان باید پیش ببریم.
از آنجا که اتصال پروفیلهای آلمینیومی به هم کار سختی بود ، تصمیم گرفتیم که شاسی را ترکیبی از چوب و آلمینیوم بسازیم و اتصالات را هم به هم پیچ کنیم. اما قطعا نمونه بعدی باید شاسی صلب داشته باشد چون مشکلات زیادی از صلب نبودن شاسی بعدا به وجود آمد.
بگذریم چند روز بعد که تمام اسپارهای نوک (به صورت مثلث به ضلع چهار از چوبهای چهار در چهار بریدیم)و اسپارهای وسط تمام شد ، یکی از گالوانیزه ها را به وسط شاسی بستیم و تست اسپار را انجام دادیم. در شکل زیر می توانید تصویری از این تست را در شکل ببینید.

شکل شش : تست اسپار بعدا اضافه می شود

برای تست اسپار بار 45 کیلویی را به کمک شیشه های پلاستیکی یک و نیم لیتری جانوشابه، بار را روی اسپار تقسیم کردیم . البته بعد تر متوجه شدیم که باید وزن خود بالها را ضرب در دو از وزن بار تست کم می کردم که چون این کار انجام نشده بود بال برای وزن جمع 122 کیلو به جای نود کیلو تست شده بود و این یعنی هیچ مشکل سازه ای روی اسپار نخواهیم داشت. البته بار اول که اسپار را تست کردیم ورق گالوانیزه خم شد که با جوش کردن یک ورق تسمه ای چهار سانتی که دو سانت از آن روی هر یک از طرفین گوشه ی جوش شده را می گرفت مشکل را حل کردیم.
کار شاسی هم بعد از تست بال شروع شد و ظرف حدود یک هفته تقریبا همه ی بخش ها آماده بود به جز بخش کنترل و انتقال قدرت.
برای بخش انتقال قدرت از ستاره ، رکابها و زنجیر کوتاه شده ی دوچرخه کورسی دست دوم استفاده کردیم، برای خودروی چرخ جلو هم از همان خودروی دنده ای چرخ عقب دوچرخه کورسی استفاده شد.
ضمنا برای ساخت چرخدنده ی شفت ها هم یک کاسه ی گالوانیزه به چرخدنده های باز شده ی خودروی دنده ای یک دوچرخه پیچ کردیم،تعداد چرخدنده هایی که از باز کردن خودرو به دست آورده بودیم حدود هفت تا چرخدنده می شد اما ما تنها از سه تا برای شفتها استفاده کردیم. سوراخ کردن این چرخدنده ها با دریل هم کار به علت جنس خاص آنها که فولاد پر کربنی بود کار سختی بود که مجبور شدیم به یک کارگاه آلمینیوم سازی برای استفاده از دریل ثابت مراجعه کنیم.

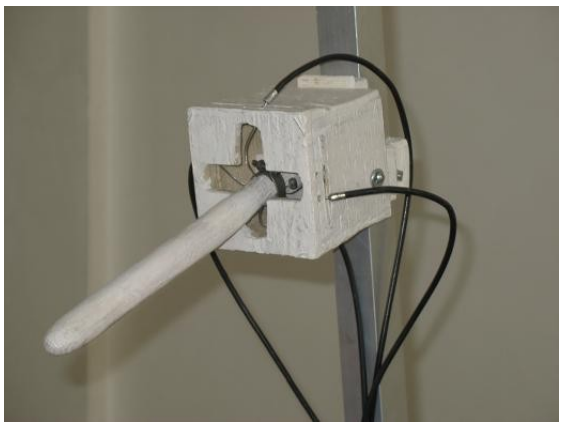
ام بشنوید از پیشرفت کار ملخ ، برای اسپار ملخ چون هیچ پروفیل آلمینیوم مناسبی گیر نیامد از یک پروفیل چوب پرده ی آهنی استفاده کردیم. البته برای جلوگیری از پیچش این پروفیل باز را با جوشهای برنجی بستیم.
اما ملخ را که با ایرفویل لیشمنی که برای ملخ انحنایش را زیاد کرده بودیم ساختیم.
سازه ملخ را می توانید در شکل زیر مشاهده نمایید.

شکل هفت : سازه ملخ بعدا اضافه می شود

اما محاسبات پیچش ایده آل هم برای ملخ انجام شد و بر مبنای سرعت پرواز بیست و سه کیلومتر بر ساعت و چرخش دو دور در ثانیه با زاویه حمله ثابت دوازده درجه ، زوایای تک تک ریبها به دست آمد که در جدول یک بر مبنای هر ده سانت یک ریب می توانید مشاهده نمایید.

جدول یک : نتایج محاسبات پیچش ملخ

یکبار به علت اشتباه آقای مرادی در انجام دو بار تقارن برای یک نیمه ی ملخ مجبور شد تمام ریبهای آن نیمه را دوباره از سر برش زده و بچسباند که در نهایت ملخ هم به موقع با اتمام کار شاسی آماده ی پلاستیک کشی شد.
برای شاسی که حالا با تغییر از تمام آلمینیوم به ترکیب چوب و آلمینیوم کلی شکلش عوض می شد هیچ فکری که بتوانیم دوشاخه ی چرخها را بسازیم نداشتیم، بر همین اساس از دو تا دوشاخه ی دوچرخه استفاده کردیم که بعدها همین باعث پیچیدن شاسی و نیاز به اصلاح اساسی شاسی شد.
شاسی تمام آلمینیوم حالا شده بود ترکیب چوب و آلمینیوم و آهن، آن هم با اتصال پیچ و مهره . جالب این که خود چوب در مقابل پیچش نسبتا ضعیف است و حتی شاسی آهن را هم برای جلوگیری از پیچش در دوچرخه ها مثلثی می سازند که شاسی ثابت بماند.، اما از آنجا که شاسی اجبارا به دلیل گیر نیامدن سازنده تمام آلمینیوم تغییر کرده بود ، زمان کافی برای مطالعات دقیق شاسی جدید نداشتیم. تنها بعد از تست مطمئن شدیم که شاسی صلب واقعا نیاز اساسی یک دوچرخه است.
البته قبلا حدس می زدم که از بخش شاسی مشکل پیدا خواهیم کرد اما پیش خودم فکر میکردم که با سیمهای استحکام و صلب کردن سازه می توانیم شاسی را ثابت نگه داریم، اما نشد.
اما بشنوید از بخش کنترل هواپیما، ابتدا برای کنترل چرخ عقب فرمان (مانند دوچرخه) با سیم های انتقال نیرو به دوشاخ عقب در نظر گرفته بودم ، همچنین برای کنترل کانارد هم دو تا سازوکار مانند دسته ی ترمز روی فرمان، اما بعد متوجه شدم که قرار دادن فرمان روی شاسی سوار شدن را بسیار مشکل و شاید حتی غیر ممکن خواهد کرد ، بر همین اساس به یک سازوکار مانند دنده ی خودرو با دو کانال عمود بر هم روی آوردیم که در شکل زیر تصویر آن را می بینید.



شکل شش : دسته کنترل اولیه

بعد تر متوجه شدم که نمونه ی ساده ی چوبی این سازوکار، جوابگوی کار نیست یعنی کانالها در حرکت هم اشکال ایجاد می کردند و ضمنا دسته نیز برای وارد ساختن نیرو اجبارا بزرگ ساخته شده بود که خود برای خلبان خطر آفرین بود، سفارش نمونه ی الکترونیک و دقیق آن هم با توجه به هزینه ای که ما برای کار در نظر گرفته بودیم هماهنگ نبود ، بنابر این دوباره سازوکار کنترل را به دو دسته ی الا کلنگی چوبی روی دسته های صندلی تغییر دادیم که شکل آنها را هم در تصویر زیر می بینید.

شکل هفت : سازوکار جدید الاکلنگی چوبی برای کنترل

شکل هشت : سیم کشی کنترل هواپیما

اما پس از ساخت بال متوجه شدیم که به دلیل در نظر نگرفتن دقت مورد نیاز در ساخت قطعات مشکلاتی بوجود آمده است.
همان زمان بود که به این نکته که همواره اساتیدی که در کارهای صنعتی حضور داشتند سر کلاس به ما می گفتند یقین پیدا کردم که دقت اندازه گیری و دقت مورد نیاز برای ساخت قطعه همواره از اندازه قطعه مهمتر است و شما باید در ساخت دقتها را هم کنار اندازه بنویسید.

به هر حال با لق بودن اسپار ها در هم و ریبها روی اسپارها مواجه شده بودیم و در برخی موارد ریبها حدود سی درجه روی اسپار بازی می کردند. در صورتی که این لقی اصلاح نمی شد عملا کانارد دیگر قادر به بلند کردن هواپیما نبود چون افزایش زاویه حمله ی ناشی از چرخش هواپیما در زمان برخاست به وسیله این لقی ها خنثی می شد.

شکل نه : لقی اسپارها

در یکی از جلسات افطار که بعد تر توضیحشان خواهد آمد پس از مشورت تصمیم گرفتیم که برای تست اولیه به کمک تکه های چوب همه ی اسپار ها و ریبهای لق را ثابت کنیم (یعنی عملا قابلیت حرکت کشویی بال را در زمان تست پروازی لغو کنیم) که چون چاره ی دیگری نبود همه پذیرفتیم.

برای کانارد ابتدا اسپار چوبی در نظر گرفته بودم اما زمانی که متوجه شدم که همه ی چوبهای خریداری شده به پایان رسیده از یک پروفیل آلمینیوم با مقطعی که در تصویر زیر می بینید استفاده کردیم.

شکل ده : اسپار کانارد

اما می رسیم به مباحث حساس انتقال قدرت، در باب عضوهای انتقال قدرت باید گفت که کار با نصب زنجیر بین خودرو چرخ جلو و ستاره آغاز شد ، برای نصب میل تنه ی دوچرخه روی ستاره ، از جوش برق استفاده کردیم به صورتی که ابتدا پیچهای اتصال میل تنه با لوله را روی لوله جوش کردیم(برای لوله از یک قطعه هفت و نیم سانتی با قطر خارجی 4 سانت استفاده کردیم). لوله را هم روی یک پروفیل پانزده سانتی آهنی به ضلع چهار سانت و قوطی آهنی را همه به دوشاخه دوچرخه جوش کردیم شکل نهایی دوشاخه و میل تنه و ستاره را در تصویر زیر ببینید.

شکل یازده : سازوکار انتقال قدرت به چرخ جلو

اما شفت عمودی را ابتدا در یک لوله ی گالونیزه که به صورت عمودی روی لوله ی میل تنه جوش برنجی شده بود قرار دادیم، می چرخید اما نه راحت ، برای بقیه بیرینگ ها هم از قطعه های چوبی با سوراخهای به قطر دو و نیم سانت استفاده کردیم(قطر لوله های آهنی شفتها). اما در یک تست اولیه از ملخ متوجه شدیم که صدای جیر جیر بسیار گوشخراشی از چرخیدن لوله در چوبها و تماس چوب و آلمینیوم به وجود می آید بر همین اساس از چهار بلبرینگ برای بیرینگ شفتها استفاده کردیم. بلبرینگ ها را هم الحمدلله راحت گیر آوردیم، بلبرینگ چرخ ، چرخهای دستی حمل مصالح ساختمانی دقیقا به کارمان می خورد.

شکل دوازده : بخش انتقال قدرت

ضمنا پیشنهاد دنده ای کردن حالت دوچرخه و ملخ هم مطرح شد که قرار شد در صورت ادامه طرح بعدا در بخش R&D پیگیری شود.

ابتدا برای هر دو شفت چوب در نظر گرفته بودم اما از آنجا که چوب راست و بدون خمش جزیی گیرمان نیامد با لوله های آهنی نازکی با قطر حدود 2.5 سانت و ضخامت کافی جایگزین کردیم، این لوله ها از آنجا که به عنوان دسته برای جاروهای پلاستیکی استفده می شد در ابزارفروشی ها به راحتی پیدا می شد. هر چند با توجه به طول حدود 110 سانتی این لوله ها برای شفت عمودی دو لوله را با جوش برنجی به هم متصل کردیم. برای چرخ دنده ی انتقال قدرت هم بهترین گزینه های موجود و ارزان قیمت چرخدنده خودرو و دوچرخه بود (چرخ دنده پلاستیکی استحکام لازم را ندارد) .چرخ دنده ی خودرو هم سنگین بود ، بنابراین از یک خودرو دنده ای باز شده استفاده کردیم و به نسبت دنده ی دلخواهمان چرخدنده های مورد نظر را انتخاب و نصب کردیم.

اما بشنوید از اخبار اداری کار، گفته بودم که تمام هماهنگی ها، با آقای ایمانی، مدیر مرکز انجام شده بود و به جای دیگری مراجعه نکرده بودیم. ایشان هم الحمدلله کاملا همکاری نمود و کار پیش رفت. زمانی که متوجه شدیم که قرار است مدرسه سایت قدیم را به ما بدهد و هنوز کارگاه حرفه و فن مهیا نشده بود آقای رحیمی پیش نهاد کرد برای کارگاههای مراکز فنی حرفه ای شهر به اداره کل آموزش و پرورش مراجعه کنیم خودش هم همان روز پیگیری کرده بود . به همین ترتیب مسئول استعدادهای درخشان اداره آموزش و پرورش استان در جریان قرار گرفته بود.

بعد تر آقای رحیمی گفت که آقای کائدی مسئول استعدادهای درخشان قبول کرده است البته به شرط این که ما تعهد بدهیم که در جشنواره خوارزمی شرکت کنیم که من هم قبول نکردم چون هنوز هیچ چیز مشخص نبود و دادن تعهد کار درستی نبود. بعدتر آقای رحیمی گفت که آقای کائدی گفته که شما یک درخواست اعتبار بنویسید و بیاورید تا خودشان برای جذب بودجه اقدام نمایند.

بعدها فهمیدم که آقای کائدی با آقای ماکنعلی صحبت کرده است و قرار شده که در جلسه شورای آموزش و پرورش استانداری طرح تشریح شود و اعتباری برایش در نظر گرفته شود.

خودم از اول با گرفتن اعتبار دولتی مخالف بودم دلیلش را هم می توانید در وبلاگم[10] در مقالات نفت پیدا کنید. اما به علت اصرار آقای رحیمی قبول کردم که فعلا یک تقاضا داده شود بعدا دقیق بررسی شود، ایشان هم گفت که احتمال گرفتن اعتبار پایین است و نوشتن تقاضا ضرری ندارد.

اما با توجه به طرح جلسه در استانداری قرار شد من و آقای رحیمی از طرف گروه در جلسه شرکت کنیم. متن نامه ی دعوت به جلسه را به همراه توضیحات جلسه و متن مصوبات می توانید در پیوست ببینید.

فصل ششم : آزمون کنیم تا مشکلات را دریابیم

قرار بود همه ی تستها طبق برنامه ای که در پیوست آمده است در شهریور ماه انجام شود اما با توجه به این که برنامه با یک ماه و ده روز تاخیر آغاز شده بود از ابتدا حدس می زدم که مراحل تست کامل انجام نشود.

ابتدا قرار بود که تستها در فرودگاه خرم آباد انجام شود، بر همین اساس یکی از بچه ها به نام آقای شرفی با نامه ای از طرف مدرسه راهی فرودگاه شد، البته در این مراجعه پدر ایشان هم همراهشان بود.

نامه ی مدرسه به فرودگاه در پیوست جلسه استانداری قابل مشاهده است، خودم امیدی به قبول این مطلب از طرف فرودگاه نداشتم چون عموما پرواز در باند فرودگاه نیاز به مجوز سازمان هواپیمایی کشوری دارد و سازمان هواپیمایی کشوری هم برای اجازه پرواز باید هواپیما را تایید کند که این هم دردسرهای زیادی دارد. اما جای تعجب بود که فرودگاه با توجه به نداشتن پرواز در روزهای زوج اعلام کرد که در این روزها از صبح تا ساعت دو بعد از ظهر آماده ی همکاری است.

ابتدا قرار بود چهارشنبه 18 شهریور تست انجام شود که به دلیل کامل نشدن سازوکار کنترل هواپیما تست به دوشنبه بیست و سه شهریور منتقل شد.

دوشنبه صبح همراه با تعدادی از دانش آموزان و سه تن از پدران و تعدادی دوستان راهی فرودگاه شدیم، هواپیما را هم صبح زود، حدود هفت و نیم بار یک دستگاه وانت سایپا کرده بودیم و حدود هشت و چهل و پنج دقیقه به فرودگاه رسیدیم ، با توجه به هماهنگی انجام شده از درب ورودی رفتیم و کنار ساختمان مدیریت فرودگاه منتظر اجازه برای رفتن به کنار باند پرواز ماندیم.

متاسفانه کادر پرواز فرودگاه پس از مشاهده هواپیما که از صحت قضیه متعجب شده بودند عقب نشینی کرده و اعلام کردند حاضر نیستن مسئولیت جان خلبان را بپذیرند و تصورشان از این هواپیما یک نمونه ی بدون سرنشین بوده است. هر چند پیشتر کاملا توجیه شده بودند اعلام کردند که باید با سازمان تماس بگیرند، بعد از دقایقی سازمان هم همین نظر را تایید کرد که بدون مجوز آنها هیچ هواپیمایی اجازه لمس کردن باند را ندارد.

در نهایت از فرودگاه خارج شدیم و همه درب فرودگاه به شور پرداختیم. تصمیم بر آن شد که برای تست به یکی از بزرگراههای در حال ساخت اطراف شهر که جاده ی بسیار مناسبی بود برویم. پدر آقای شرفی اعلام کرد که مسیر را بلد است و حدود پنجاه کیلومتر از شهر فاصله دارد، ضمنا قرار شد برای اطمینان از مزاحم نشدن کسی یک برگه مجوز هم از استانداری بگیریم. بعد که به سازمان آموزش و پرورش رفتیم و دیدیم که مصوبات جلسه ی آنروز استانداری در آنجا هست یک کپی از همان برگه را با خود بردیم . این مدرک هم در پیوست جلس استانداری قابل مشاهده است.

به هر حال از شهر خارج شدیم ، حدود ساعت یک بود که به بیست کیلومتری شهر رسیدیم، مدتی تامل کردیم تا اذان را بگویند که روزه مان هم پا برجا بماند. حدود ساعت دو به محل بزرگراه رسیدیم ، هواپیما را پیاده کردیم و شروع کردیم به سر هم کردن قطعات ، نصب سیم های استحکام سازه ای هم وقت نسبتا زیادی گرفت در نهایت حدود سه و نیم بود که برای نشستن روی صندلی حاضر شدم. پس از طی مسافتی متوجه شدم که سیم های استحکام سازه ای یک طرف کنده شده است. پیاده شدم و برای بار دوم سیم ها را دوباره محکمتر بستم ، این بار یکی از بچه ها (آقای مهدی نیا) نشست تا من بیشتر به علت مشکل پیش آمده برسم.

شکل دوازده : سیم های استحکام و صلب شدن سازه

اوه شاسی توان ثابت نگه داشتن چرخها را نداشت و سیم ها هم از پس نیرو بر نمی آمدند در شکل زیر می توانید دوشاخه های کج شده ی دوچرخه را ببینید، قوطی ها روی چوب چرخیده بودند و باید به جای چوب از سازه ی بهتری استفاده می کردیم.

در این حین چند بار هم با همان حال سرعت حدود بیست و پنج کیلومتر بر ساعت رسیدیم که برای حالت دوچرخه کم بود.
در مورد کانارد هم چند مسئله وجود داشت ، اول این که کمی زاویه حمله بیشینه آن زیاد بود که باعث واماندگی می شد، و دوم این که تا بالها کامل نصب نمی شد امکان تست کانارد وجود نداشت زیرا کانارد تمی توانست همه ی گشتاور لازم برای چرخش هواپیما را به تنهایی تحمل کند و بخشی از این گشتاور در اثر پنج درجه زاویه حمله هندسی بالها نصبت به محور طولی تامین می شد.
آن روز تعدادی فیلم و عکس از هواپیما گرفتیم و حدود ساعت شش و نیم بود که پس از چند بار دیگر سوار شدن بقیه بچه ها هواپیما را مجددا باز کردیم و بار سایپا کردیم و به شهر برگشتیم. البته در فیلم ها می بینید که ملخ خود به خود در حال چرخش است که این به علت بادی بود که در منطقه می وزید . ارتفاع بزرگراه از شهر نسبتا زیاد بود و بزرگراه در حدود کوههای هشتاد پهلو قرار داشت.
الحمدلله تست بسیار مفیدی بود ، علاوه بر این که با سازوکار تست آشنا شده بودیم و محل مناسبی یافته بودیم ، مشکلات شاسی را هم فهمیده بودیم. قرار شد اصلاحات و بقیه تست ها در اولین فرصت پس از مدرسه و دانشگاه انجام شود شاید عید نوروز ، شاید هم تابستان سال بعد.
همان شب آخرین جلسه ی افطار المومنین هم بود که شرح نکات این افطارها در فصل بعد آمده است.

فصل هفتم : افطارهای زندگی بخش

محورهای مطرح شده در جلسات افطار و نتایج هر جلسه :

جلسه اول :

مکان : پارک گلستان زیر پل حاجی

مباحث مطرح شده : اصول طراحی HPA

میزبان : محسن بهرامی

جلسه دوم :

مکان : پارک گلستان زیر پل حاجی

مباحث مطرح شده : ادامه اصول طراحی HPA

میزبان : محمد شرفی

جلسه سوم :

مکان : منزل آقای مهدی نیا کوی ارتش

مباحث مطرح شده : مشکلات حل نشده و نتایج :

1) خرید بلبرینگ برای بیرینگ شفتها به جای بیرینگ چوبی (صدای جیر جیر بیرینگ چوبی)
2) اتصال سیم ترمزهای دوچرخه برای رسیدن به طول مورد نظر برای سیم های کنترلی (جوش برنجی البته در نهایت از بستهای سیم در پریز برق استفاده شد)
3) لقی ایرفویلها و اسپارها (قرار شد که برای تست پروازی با چوب ثابت شوند)
4) پیچیدگی شاسی (در اثر پیچ اولیه چوب شاسی و کج جوش شدن دو شاخه ها به پروفیل آهنی) و زاویه دار شدن چرخهای بزرگ نسبت به هم (قرار شد با سیمهای استحکام سازه ای جبران شوند)
5) بحث مهمتر بودن دقت ساخت در عوض اندازه ساخت از مهمترین تجارب ساخت این پرنده بود

جلسه چهارم :

مکان : منزل آقای بهاروند خیابان علوی

مباحث مطرح شده :

با توجه به زمانی که در اثر عقب افتادن تست فرودگاه در دست داشتیم تصمیم داشتیم که یک تست آزمایشی خودمانی در یکی از خیابانهای شهر انجام دهیم که به نتیجه نرسیدیم و تنها گزینه مناسب بزرگراه پل زال بود که آنهم به دلیل فاصله از شهر و نیاز به مجوز مورد توافق قرار نگرفت.

جلسه پنجم :

مکان : منزل آقای مرادی بالاتر از هزار دستگاه

مباحث مطرح شده :

سناریوهای فرضی برای آینده ی طرح و اولویت بندی آنها توسط بچه ها

1) شرکت در مسابقه خوارزمی و نمونه های خارجی
2) تلاش برای گرفتن پشتیبان مالی برای ساخت نمونه پیشرفته با دقت وکیفیت بالا و تجهیزات الکترونیک کنترل و سازه کامل آلمینیوم
3) مراجعه برای فروش طرح به شرکتهای هوافضایی
4) رایزنی برای هماهنگی مکان و اجازه پرواز تفریحی برای شهروندان علاقه مند با پرنده در اطراف شهر
5) طراحی و ساخت نمونه نیروی انسانی – الکتریکی
6) رایزنی برای گرفتن سرمایه گذار برای تولید

نام عضو	اولویت مورد 1	اولویت مورد 2	3	4	5	6
فرید مرادی	4	3	5	2	1	6
محمد مهدی نیا	2	1	3	6	4	5
صدرا بهاروند						
محسن بهرامی	3	1	6	4	2	5
محمد شرفی	2	1	6	4	5	3
حمزه زارع	3	2	1	5	6	4
محمد رحیمی	1	3	6	4	5	2
عرفان دالوند	3	2	5	6	4	1
مجموع	18	13	32	31	27	26

جلسه ششم :

مکان: منزل آقای دالوند ، گلدشت شرقی

مباحث مطرح شده :

سناریوهای ادامه طرح :

1) طراحی دقیق هواپیما در قالب یک تیم مهندسی در دانشگاه یا یک شرکت هوافضایی
2) فروش طرح

جلسه هفتم :

مکان : منزل آقای رحیمی، میدان تیر

مباحث مطرح شده :

1) بررسی و تحلیل نتایج تست
2) پیشنهاد جدید توقف پروژه تا قبولی کنکور بچه ها در صورت اعلام آمادگی همه برای ادامه طرح پس از دانشجویی

شکل : صندلی

شکل : کانارد

شکل : ملخ

شکل : اسپار وسط ، چرخهای کوچک و سیم های صلبت سازه ای

شکل : شاسی

فصل هشتم : آینده ی طرح

آینده ای که اوایل شروع کار در نظرم بود بسیار به فرآیند پیشرفت طرح بستگی داشت و کم کم از حالت مبهم به شکل واضح تری به همراه دوستانی که در کار کمک کرده بودند باید تعریف میش د، بر همین اساس در چند جلسه از جلسات افطار محور اصلی بحث آینده ی پروژه را با دوستان مطرح کردم و از آنان هم نظرخواهی کردم. نتایج نهایی کار در محورهای زیر ارائه می شود:

برنامه آینده طرح :

۱) بالا بردن اطمینان و امنیت هواپیما برای طرح عمومی و رقابتی با دوچرخه و کایت:

برای طرح همگانی این هواپیما قطعا نیاز به راضی نمودن مشتری برای امنیت جانی او وجود دارد و به همین منظور نیاز است که قطعات با دقت بیشتری و از مواد صنعتی قابل اطمینان ساخته شوند که این خود یک طراحی مهندسی کامل می طلبد. به این منظور در صورتی که نتایج طرح از تستها قابل قبول باشد فاز طراحی مهندسی دقیق برای تولید صنعتی بخش مهمی از آینده طرح خواهد بود. این بخش می تواند پی از فروش طرح در یک شرکت خصوصی یا به عنوان زیر مجموعه یک شرکت هوافضایی در همان شرکت آغاز شده و در نهایت به تولید بیانجامد.

۲) تکمیل بخش امنیت جانی مسافر با ساخت چتر نجات ویژه فراز

با توجه به سرعت و ارتفاع پایین این هواپیما و سابقه ساخت آن تا کنون هیچ حادثه ای گزارش نشده است هر چند جهت اطمینان باید سازوکار خاصی برای فرود از ارتفاع پنج تا ده متر با یک چتر خاص طراحی شود.

۳) اضافه کردن موتور الکتریکی و باتری الکتریکی شارژی

در مقاله ی مستقلی بحث هواپیماهای الکتریکی به زودی آماده و ارائه خواهد شد. دوستان می توانند برای این بخش به آن مقاله

مراجعه نمایند. تنها این مطلب گفته می شود که الکتریکی نمودن این هواپیماها اولین بار در ژاپن صورت گرفت و به رکورد ۴۰۰ متر دست یافت که موفقیت قابل قبولی بود.

۴) ساخت مستند طراحی و ساخت فراز

۵) در صورت موفقیت طرح : گرفتن سفارش و بهبود طرح و تجاری سازی و ایجاد بازار برای این گونه هواپیما

۶) شناساندن هواپیماهای نیروی انسانی به عنوان یک وسیله حمل و نقل لذت بخش

مراجع :

1) http://www.humanpoweredflying.propdesigner.co.uk
2) http://www.raes.org.uk
3) http://www.mecheng.adelaide.edu.au/~marjom01/Aeronautical Engineering Projects/2006/group6.pdf
4)