بررسی کاربرد نوک بال چند پر برای هواپیماهای نیروی انسانی

محسن بهرامی[1]
تهران خیابان آزادی دانشگاه صنعتی شریف دانشکده مهندسی هوافضا

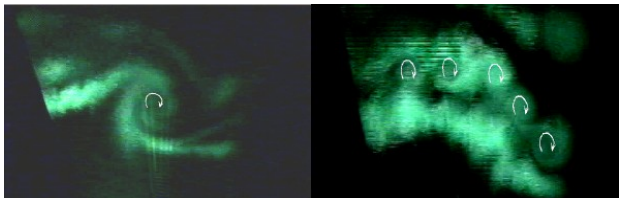
چکیده :
هواپیماهای نیروی انسانی هواپیماهایی هستند که تنها با قوت جسم آدمی به پرواز در می آیند. در این مقاله به کاربرد ابزارهایی نوینی در صنعت هوافضا به نام نوک بال چند پر برای این پرنده ها پرداخته شده است. این پرنده ها به علت محدودیت توان انسان محدوده سرعت مشخصی دارند و هر افزایش سرعتی برای آن‌ها نیازمند کاهش پسای هواپیماست. نوک بالهای چند پر که از پرندگان الهام گرفته شده‌اند با شکستن گردابه نوک بال به گردابه های کوچکتر و کاهش اثر این گردابه ها روی حجم گذرنده از قسمت نوک بال پسای القایی را می کاهند. این پسا که ناشی از کشاندن یک گردابه ی گسترش یافته ی قیف مانند به همراه هواپیماست با استفاده از این ابزارها طبق گفته مراجع بین ۱۰ تا ۴۰ درصد کاهش می‌یابد که این مقدار با توجه به محدودیت توان در این هواپیماها بسیار ارزشمند است.

واژه های کلیدی : *هواپیمای نیروی انسانی (HPA)،نوک بال چند پر (wing-grid) و یا Multiple winglet و Design Strategy*

مقدمه‌ای بر نوک بال چند پر :

نوک بالهای چند پر چندی است که برای استفاده در گلایدرها و هواپیماهای سبک مورد توجه قرار گرفته‌اند البته در کارهای تئوری این ابزارها برای پرواز در سرعتهای بالا هم قابلیت از خود نشان داده‌اند اما تجربه و آزمایش نشان داد که تئوریهای موجود برای بال مانند مدل گردابه و گردش پرنتل کارایی خود را در مورد این ابزراها به هیچ وجه ندارد.

علت کاهش پسای القایی در هنگام استفاده از این ابزارها شکستن گردابه ی نوک بال به گردابه های کوچکتر است، که این گردابه ها خود تا حدودی اثر یکدیگر را خنثی کرده و شعاع کمتری از هوای اطراف تحت اثر گردابه ی بال قرار می گیرد.



تصویر نشان دهنده ی اثر نوک بال چند پر بر کاهش قدرت گردابه های نوک بال و خنثی سازی با اثرات متقابل آن‌ها

بررسی این ابزار در پرواز پرندگان :

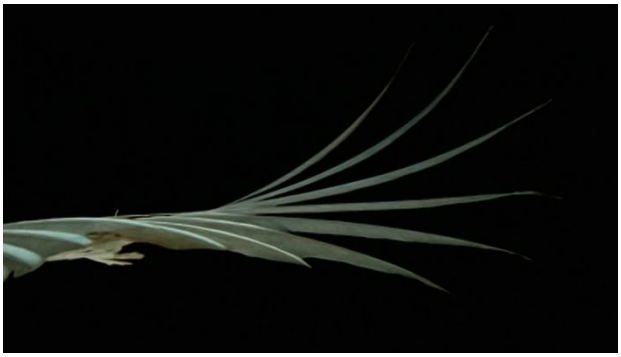
[1] دانشگاه صنعتی شریف دانشجوی کارشناسی رشته مهندسی هوافضا mohsen.bahrami.2006@gmail.com

پارامترهای طراحی نوک بال چند پر :

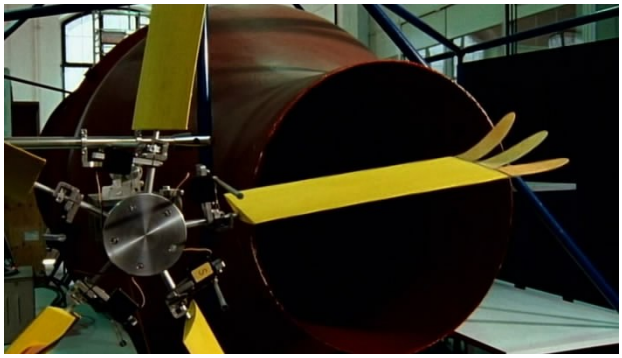
برای طراحی یک نوک بال چند پر شما علاوه بر تعداد پرهای نوک بـال بـرای هر یک از آن‌ها دو متغیر از جنس طول و دو متغیر از جنس زاویه تعریف می شود. متغیرها طولی بی بعد شده نسبت طول و عرض پرها به پهنـای بـال و وتر بال است. همچنین زوایا نیز شامل زاویـه نسـبت بـه بـال و زاویـه حملـه هستند. در فعالیتهای تجربی که تا کنون انجام شده است عمومـا روی تعـداد پرها و نسبت طول آن‌ها به پهنای بال آزمایش انجام شده است.

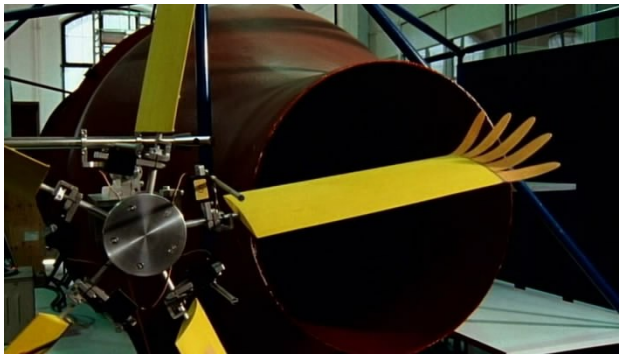
همچنین در این آزمایشها ملاحظه شد که برای استفاده از این اثر در پرندگان هیچ ماهیچه ای به کار نمی‌رود یعنی پرهای نوک بال بـه صـورت خودکـار بـا توجه به رژیم باد بهینه ترین شکل را برای کمترین پسا بـه خـود می‌گیرنـد . برای این تست بال یک پرنده مرده در جلوی تونل باد تست شد کـه بـه طـور خودکار دقیقاً به همان شکل حالت زنده در امد.

در زیر شکل این آزمایش را می بینید.



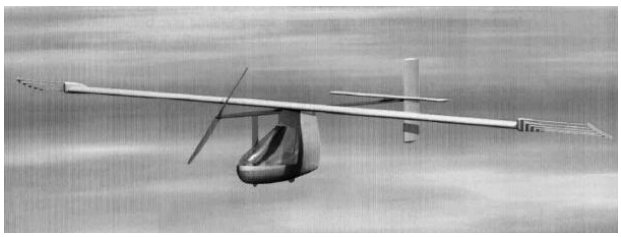
بر همین اساس برای ساخت این ابزار در یک نمـونه تسـت تونـل بـاد از مـواد انعطاف پذیر پلیمری استفاده شد که عموما در دمپایی‌های ابری کاربرد دارند.



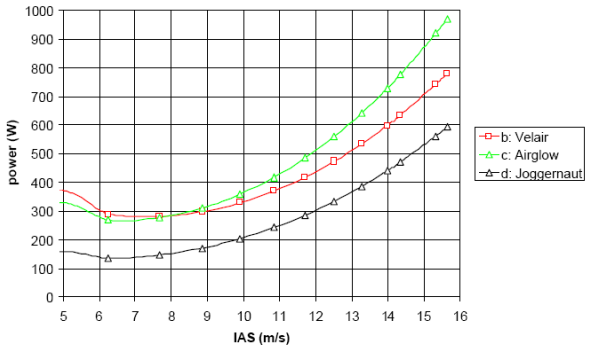


کارهای دکتر لا روچ[۲] در زوریخ سویس درباره نوک بال چند پر :

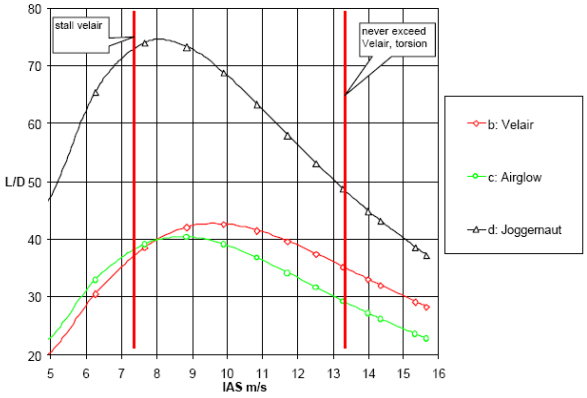
ایشان در ابتدا با استفاده از مدل خطی پرنتل-مانک نتایج بسیار شگفت اوری به دست آورد حدود پنجاه درصد کاهش پسای القایی. بعد هـا در آزمایشـهای تجربی مشخص شد که این کاهش حدود ۵ تا ۱۲ درصد است. البته هنوز جای بسیاری برای کار در حیطه تجربی این ابزارها وجود دارد. در قسمت بعد به علت پیچیده بودن طراحی این ابزارها پرداخته شده است.



شکل ۱۰ یک نمونه طراحی مفهومی هواپیمای نیروی انسانی Wing grid در سویس به نام Joggernaut



شکل .. نتایج به دست آمده به کمک مدل تئوری پرنتل-مانک



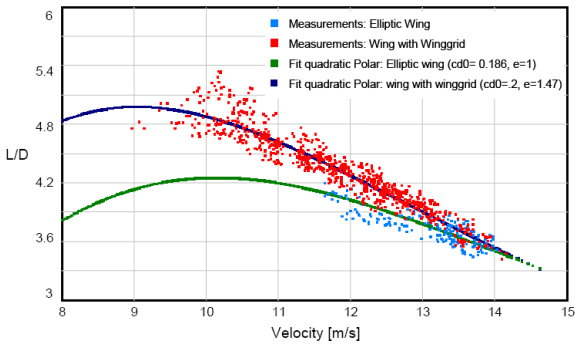
نتایج به دست آمده به کمک مدل تئوری پرنتل-مانک

شکل .. یک هواپیما با نصب نوک بال چند پر جهت تست پروازی

کاربری نوک بال چند پر برای این نوع پرنده :

هواپیماهای نیروی انسانی با توجه به پرواز در سـرعت پـایین بیـن ۲۰ تـا ۴۵ کیلومتر بر ساعت و نزدیک بودن این سرعت به سـرعت پرنـده هـا از قـابلیت بالاتری نسبت به سایر هواپیماها برای استفاده از این ابزارها برخوردارند.

2*U. La Roche* and H.L. La Roche. La Roche Consulting, Zuerich, Switzerland*



شکل .. افزایش اختلاف برای حالت با و بدون نوک بال چند پر با کاهش سرعت

مزایا و معایب نوک بال چند پر :

مزایا :

۱) **کاهش پسای القایی با توجه به اثرات آن روی گردابه نـوک بال**

معایب :

۱) **طراحی پیچیده**

۲) **ساخت پیچیده**

یکی از مشکلاتی که برای کاربرد این ابزارها برای سـرعت هـای بـالاتر وجـود دارد مقاومت لازم سازه ای این ابرازها با توجه به اندازه کوچک آنهاست. تبعـا کوچک بودن آن‌ها کار ساخت آن‌ها را نیز پیچیده‌تر خواهد نمود .

نمودار تغییرات نسبت پسای القایی برای تغییر پارامترهـای مختلـف طراحی:

در برخی از مراجع نمودارهای به دست آمده از آزمایشها برای تعـداد متفـاوت این ابزراها در نوک بال رسم گردیده است که برای نمونه یکی از این نمودارها در ادامه آمده است.

استفاده از نوک بال چند پر Wing-grid برای هواپیمای فراز :

با توجه به کارایی بالای ابزارهای کاهش دهنده‌ی قدرت گردابه نـوک بـال در سرعت های پایین در این هواپیما با توجه به داشتن ۴ نوک بال، از این ابزارها استفاده می شود و پیش بینی می گردد که حدود ۱۰ درصد از پسای القـایی هواپیما با کمک این ابزارها کاسته خواهد شـد (بـرای یـک هواپیمـای سـیل پلین (*sailplane*) در مرجع ۵ این بهینه سازی تا ۱۰ درصد برای حـالت وینگلت (*winglet*) به دسـت آمـده اسـت و ایـن نـتیجه بـرای wing-grid قطعاً بهتر خواهد بود در برخی منابع تا ۵۰ درصد کاهش پسا پیش‌بینی شده است هر چند تخمین مقدار دقیق این کاهش به شـبیه سـازی سـیالاتی نیـاز دارد).

در شکل ۹ نمونه‌هایی از هواپیماهای ساخته شده با این ابزارها را مشاهده می کنید.

شکل ۹ چند نمونه هواپیماهای دارای wing-grid به همراه تصویر یک عقاب در حالت سر خوردن روی هوا

نمونه تست تونل باد در مرجع ..

نتیجه‌گیری :

1. *Bento S. de Mattos ,Considerations about Winglet Design, 21st Applied Aerodynamics Conference ,23-26 June 2003, Orlando, Florida*
2. *Peter Masak ,Winglet desiign for saiilplanes, free flight 2/92*
3. *M. J. Smith,Performance analysis of a wing with multiple winglets,AIAA-2001-2407*
4. JOGGERNAUT,the human powered aircraft for everybody , La Roche Consulting, Heilighüsli 18, 8053 Zürich http://www..
5. *Improving Hang-Glider Maneuverability using Multiple ,Winglets: A Numerical and Experimental Investigation, D. P. Coiro et al,Department of Aerospace engineering, University of Naples "Federico II", 80125, Naples, Italy, 25th AIAA Applied Aerodynamics Conference ,25 - 28 June 2007, Miami, FL*
6. *Induced Drag Reduction using Multiple Winglets, looking beyond the Prandtl-Munk Linear Model, U. La Roche and H.L. La Roche .2nd AIAA Flow Control Conference, 28 June - 1 July 2004, Portland, Oregon*
7. *DESIGN OF MULTIPLE WINGLETS TO IMPROVE TURNING AND SOARING CHARACTERISTICS OF ANGELO D'ARRIGO'S HANGGLIDER: NUMERICAL AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION ,D. P. COIRO, F. NICOLOSI , F. SCHERILLO, U. MAISTO,Aerotecnica Missili e Spazio Vol. 87 2/2008*