مجله پژوهش و کاربرد در مکانیک دوره ۱۳ شماره ۱ سال ۱۴۰۲ (۲۰۲۳) ۵-۱

بررسی آزمایشگاهی نیروهای آئرودینامیکی وارد بر یک جسم پرنده در دوحالت بدون ملخ و با ملخ

حسین افشار ، بهزاد شادی وند

۱-گروه مکانیک، واحدتهران شرق، دانشگاه آزاداسلامی، تهران، ایران

۲-کارشناس ارشد مهندسی مکانیک

چکیده

این تحقیق در دو بخش انجام شده است. نخست نیروهای آیرودینامیکی حول یک جسم پرنده در پرواز نزدیک سطح بررسی شد. برای این کار ابتدا مدل نوعی جسم پرنده با استفاده از نرم افزار مربوطه طراحی و سپس توسط پرینتر سه بعدی ساخته شد. برای انجام تستهای تونل باد یک پایه مدرج با قابلیت تنظیم در ارتفاع های مختلف درون تونل نصب و مدل جسم پرنده بر روی آن قرار داده شد. با استفاده از چند رشته نخ نامرئی جسم به یک نیروسنج با دقت ۰.۱ نیوتن متصل شد. با استفاده از تونل باد نبروهای وارد بر جسم بدیت آمد و با آنالیز ابعادی ضرایب آئرودینامیکی و نسبتهای لیفت به دراگ برای پرنده مد نظر در ارتفاع های مختلف محاسبه گردید. .نتایج به دست آمده در این بخش حاکی از آن بود که با افزایش فاصله از سطح زمین، نسبت برآ به پساکاهش می‌یابد. در بخش دوم دو ملخ دوپره و چهار پره بر روی جسم پرنده نصب و میزان نیروی ایجاد شده با خواندن نیروسنج اندازه گیری شد. در انتها ارتباط بین میزان نیروی تراست ایجاد شده و میزان چرخش پره های ملخ در هر دقیقه بررسی گردید. نتایج حاصل در این بخش نشان داد زمانی که ملخ چهار پره بر روی پرنده نصب است در مقایسه با زمانی که ملخ دو پره بر روی آن نصب شده است نیروی پیشرانش بیشتری ایجاد می شود.

کلمات کلیدی:

جسم پرنده_ اثر سطح_ تونل باد_ضرایب آیرودینامیکی-نیروس تراست

مقدمه

پس از جنگ جهانی دوم و همزمان با گسترش حمل و نقل در جهان نیاز به استفاده از شناورهای تندرو جهت انتقال بار با سرعت بالا احساس شد. به همین سبب مطالعات در این زمینه گسترش یافت. پس از بررسی های به عمل آمده مشخص شد که پرندگان در زمان خستگی تمایل به پرواز در نزدیک سطح زمین دارند. همچنین برخی پرندگان از جمله مرغ‌های دریایی، پلیکان‌ها، مرغابی‌ها، اردک‌ها، قوها و دیگر پرندگان مشابه تمایل دارند تا همواره در ارتفاع خیلی پایین و نزدیک به سطح آب پرواز کنند. با مطالعات بیشتر مشخص شد که این پرندگان از پدیده‌ای فیزیکی

موسوم به اثر سطح بهره می برند. دلیل این موضوع این است که سرعت پرواز پرندگان در نزدیک سطح به دلیل کاهش نیروی پسای القایی و در نتیجه کاهش نیروی مقاومت هوا افزایش چشم‌گیری پیدا می‌کند. در نهایت انسان نیز از این خاصیت جهت طراحی شناورهای اثر سطح استفاده نمود. شناورهای معمولی صرفاً از نیروهای هیدرواستاتیکی استفاده می‌نمایند، لیکن شناورهای اثر سطح از ترکیب نیروهای هیدرواستاتیکی و آیرودینامیکی بهره می‌برند و به همین دلیل این شناورها از دیگر انواع دارای کارایی بالاتری هستند. از جمله مهمترین شناورهای اثر سطحی می‌توان به قایق پرنده اشاره نمود.

این نوع پرنده وسیله ای با کاربردهای نظامی و تفریحی است که افزون بر شناوری در آب، قابلیت پرواز در ارتفاعات نزدیک سطح را نیز دارا می باشد. هنگام پرواز جسم پرنده در نزدیک سطح، پسای القایی کاهش یافته و هوا به شکل یک بالشتک در زیر بالهای جسم پرنده جمع می شود که این موارد باعث افزایش نسبت برآ به پسا می شود. افشاروعلیشاهی بااستفاده ازدینامیک سیالات محاسباتی جریان حول قایق پرنده را با حدود ۵/۵ میلیون سلول حل نمودند. نتیجه این بود که با افزایش فاصله از سطح، نسبت برآ به پسا کاهش خواهد یافت[۱]. لی وهمکاران بهینه سازی شکل مقطع بال جسم نزدیک به سطح را باروش دینامیک سیالات محاسباتی مورد بررسی قراردادند[۲]. آبراموفسکی با بررسی عددی ایرفویل روی سطح نشان داد که ضریب برآ در اثر سطح نسبت به خارج از اثر سطح به میزان ۴۰ درصد افزایش می یابد[۳]. در بخش نخست این پژوهش نیز با انجام آزمایش‌های تونل باد، نیروها و ضرائب آئرودینامیکی در پرواز نزدیک سطح برای نوعی جسم پرنده به دست آمده و نتایج به صورت مقایسه‌ای در ارتفاعات مختلف ارائه گردید. سپس با استفاده از آنالیز ابعادی و روابط مربوط به ضرایب پسا و برآ که در زیر آمده اند محاسبات مربوطه انجام شد:

$$c_d = \frac{2d}{\rho s v^2}$$

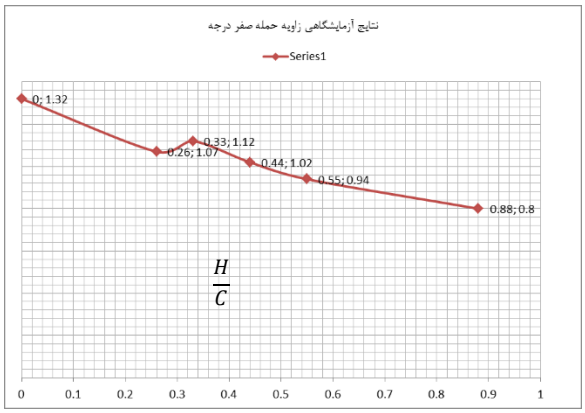
$$c_l = \frac{2l}{\rho s v^2}$$

یک پایه داخل تونل باد مادون صوت با سرعت بیشینه ۲۰متر بر ثانیه قرار داده شد. سپس یک نیروسنج در حالت افقی به پایه ذکر شده متصل شد. همچنین با چند رشته نخ نامریی نیروسنج به بدنه مدل متصل شد. از طرفی جسم پرنده بر روی یک پایه مدرج در ارتفاعات مختلف نصب شد تا تاثیر ارتفاع مورد بررسی قرار گیرد. در هر مرحله و پیش از خواندن عدد نیروسنج، با یک دستگاه سرعت سنج میزان سرعت تونل باد اندازه گیری و ثبت شد. نحوه استقرار جسم پرنده درون تونل باد در شکل۱ نشان داده شده است. در نهایت سرعتهای جریان باد تونل بر حسب متر بر ثانیه و همچنین میزان نیروی خوانده شده از نیروسنج بر حسب نیوتن ثبت و با استفاده از روابط یاد شده ضرایب آئرودینامیکی محاسبه شد.

شکل۱- نحوه استقرار مدل برای آزمایش اثر سطح

شکل۲-نمایش بلند شدن جسم پرنده درون تونل باد

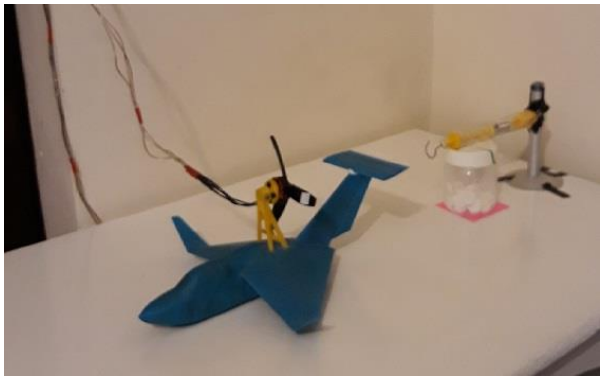
لازم به ذکر است که جسم پرنده در ۶ ارتفاع مختلف شامل هم سطح با زمین، ۳/۵ سانتیمتری، ۴/۴ سانتیمتری، ۶سانتیمتری، ۷/۵ سانتیمتری و ۱۲ سانتیمتری از سطح زمین قرار داده شد تا اثر سطح بررسی گردد. در انتها برای رسم نمودار نتایج، بر روی محور افقی ارتفاع به صورت نسبت$\frac{H}{C}$ لحاظ شد که H بیانگر ارتفاع از سطح و C بیانگر طول وتر ریشه بال است که دارای مقدار ثابت ۱۳/۵ سانتیمتر می‌باشد. همچنین در راستای محور عمودی نیز نسبت ضرایب آیرودینامیکی لیفت به دراگ قید شده است.



شکل ۳- نتایج آزمایشگاهی در زاویه حمله صفر درجه

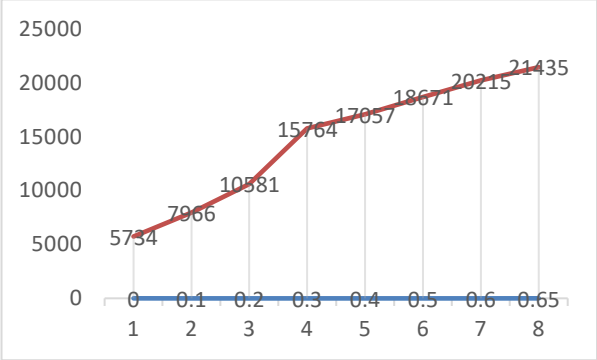
در بخش دوم در آغاز بر روی بدنه جسم یک پایه برای نصب موتور قرار داده شد. سپس یک موتور براشلس بر روی پایه نصب شد. از سوی دیگر یک پایه جهت اتصال نیروسنج به آن بر روی میز کارنصب شد. سپس نیروسنج به آن متصل و با نخ نیروسنج به جسم پرنده متصل شد. لازم به ذکر است که در این حالت نیروسنج به پشت جسم متصل

گردید. در نهایت دو ملخ دو پره و چهار پره بر روی موتور کار گذاشته شد. در هر دو حالت زاویه ملخ با سطح افق صفر درجه بود. شکل۴بیانگر شرایط آزمایش در حالت جدید می باشد.

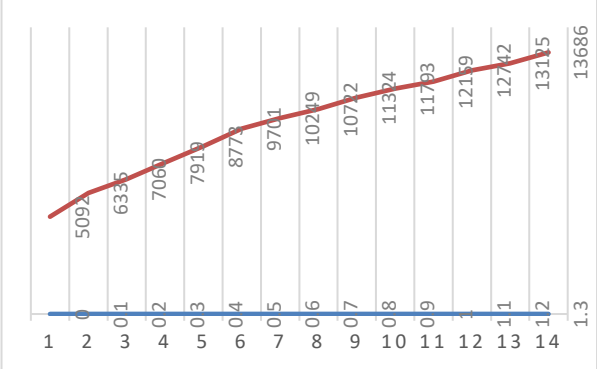


شکل۴-نحوه اتصال جسم پرنده با ملخ به نیروسنج

نتایج حاصل به شکل نمودارهای زیر به دست آمد. در این نمودارها محور عمودی بیانگر میزان چرخش ملخ بر حسب دور در دقیقه (rpm) و محور افقی بیانگر میزان نیروی تراست حاصله بر حسب نیوتن می باشد.



شکل۵-نمودار نیروی تراست وrpm ملخ دوپره



شکل ۶- نمودار نیروی تراست وrpm ملخ ۴پره

بررسی نتایج

نتایج مربوط به اثر سطح در شکل ۳ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می شود با افزایش ارتفاع از سطح زمین نسبت برآ به پسا کاهش می‌یابد .به عبارت دیگر با افزایشH/C این مقدار روند کاهشی دارد تا اینکه جسم به $\frac{H}{C}=0.33$برسد. در این نقطه که به نظر می‌رسد نقطه بهینه برای پرواز جسم پرنده مد نظر است، مجدداً راندمان آئرودینامیکی به حداکثر نسبی می رسد لیکن از این نقطه به بعد با افزایش فاصله از سطح، روند کاهشی نسبت برآ به پسا ادامه یافته و هنگامیکه جسم در خارج از محدوده اثر سطح قرار می‌گیرد($\frac{H}{C}=0.88$)این نسبت به کمترین مقدار خود می‌رسد.

در بخش دوم نیز در هردو حالت ملخهای دوپره و چهار پره با افزایش میزان چرخش ملخ، نیروی تراست بیشتری تولید می کنند که امری بدیهی است. از مقایسه دو نمودار چنین بر می آید که با وجود چرخش ملخ دو پره به میزان تقریبا دو برابر ملخ چهار پره، توان تولید نیروی تراستی به میزان نصف ملخ چهار پره را دارد. به عبارت دیگر موتور الکتریکی در بالاترین حد خود ملخ دوپره را به میزانی بالغ بر ۲۱۰۰۰دور در دقیقه به چرخش درآورد در حالیکه میزان چرخش بیشینه ملخ چهار پره با همین موتور حدود ۱۳۷۰۰ دور در دقیقه بود. با وجود این میزان نیروی تراست ایجاد شده توسط ملخ چهار پره در بالاترین حد چرخش خود حدود دو برابر نیروی تراست ایجاد شده توسط ملخ دو پره در بالاترین میزان چرخش خود است.

نتیجه گیری

در بخش نخست می توان نتیجه گرفت که با کاهش ارتفاع جسم پرنده از سطح، راندمان آئرودینامیکی افزایش می‌یابد. این موضوع ناشی از پدیده اثر سطح و کاهش پسای القایی می‌باشد. همچنین نتایج آزمایش فوق حاکی از آن است که در ارتفاعی بالای سطح زمین برای هر جسم پرنده نقطه بهینه ای وجود دارد که در آن نقطه جسم پرنده بیشترین راندمان آئرودینامیکی را دارد و در مدل مورد نظر این فاصله ۰/۳۳ طول وتر از سطح زمین بدست آمد. در بخش دوم نیز می توان استنباط کرد که در هردو حالت با افزایش میزان چرخش ملخ نیروی تراست افزایش می یابد. با وجود این ملخ دو پره توان چرخش بیشتری نسبت به ملخ چهار پره دارد که این موضوع به نیروی درگ مربوط می باشد. از طرفی میزان نیروی تراست حاصل شده در ملخ چهار پره در حالت بیشینه حدود دو برابر ملخ دوپره می باشد.

مراجع منتخب

[۱]A Study of Winglet and Aerodynamic Interferences in 3-D Viscous Flow around a Flying-Boat in Ground Effect, H. Afshar, M.M. Alishahi, Journal of applied sciences, 9 (20), pp.3752-3757, 2009

[۲]Aerodynamicanalysisandmulti-objectiveoptimizationofwings in groundeffect, S.H.Lee, J.Lee, Ocean Engineering,68, pp.1–13, 2013

[۳]Numerical investigation of airfoil in ground proximity, Tomasz abramowski, Journal of theoretical and applied mechanics, 45,2,pp.425-436, 2007