

بررسی تجربی آیرودینامیکی مدل ورودی هوای دوقلو با انجام تستهای استاتیکی

ارسلان فجر^۴

محمود مانی^۲ و اصغر فضلی^۳

قاسم بهفرشاد^۱

۳ و ۴- پژوهشکده هوایی سازمان صنایع هوایی

۳و۲- دانشگاه صنعتی امیر کبیر
دانشکده مهندسی هوا فضا

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات،
دانشکده مهندسی مکانیک و هوافضا،
گروه مهندسی هوافضا

چکیده

ورودی هوا یکی از اجزای اصلی سیستم پیش رانش در انواع وسایل پرنده موتوردار است که وظیفه ی تحویل جریان آزاد به صورت یکنواخت و با سرعت مناسب به موتور را بر عهده دارد. ورودی هوا نقش بسیار مؤثری در افزایش کارایی و عملکرد وسیله پرنده دارد و برخلاف سادگی شکل ظاهری آن، طراحی و ساخت آن دارای پیچیدگی های زیادی می باشد. در این تحقیق، رفتار یک دهانه ی دوقلو تحت تأثیر تستهای استاتیکی مورد بررسی قرار گرفته است. عبارت دهانه های دوقلو به یک زوج دهانه اطلاق می شود که در ریشه های بال یا در دوطرف بدنه قرار داشته و تنها یک موتور را از طریق یک کانال مشترک تغذیه می نمایند. بمنظور بررسی عملکرد مجرای ورودی هوای مورد بررسی در شرایط استاتیکی، یک مدل در مقیاس مناسب از مجرا ساخته شده و تستهای استاتیکی بر روی آن انجام شده است. نقاط اندازه گیری فشار در مقاطع مختلف به تعداد کافی تعبیه شده و بنابراین، نتایج بدست آمده از دقت خوبی برخوردار می باشند. تستهای استاتیکی (زمینی) برای مقادیر مختلف دبی مکشی موتور انجام شده و نمودارهای توزیع فشار استاتیک در چهار دیوار اصلی مجرا تا محل اتصال دو کانال به همدیگر ارائه شده است. همچنین، در قسمت انتهایی مجرا توزیع فشار استاتیک و فشار کل اندازه گیری شده و نتایج حاصل آورده شده است. نتایج حاصل از تست های انجام شده، نشان داده که افت فشار کل در طول ورودی هوا در حد قابل قبولی می باشد.

واژه های کلیدی : ورودی هوا، فشار استاتیک، سنسور فشار، مجرای ورودی هوای دوقلو

Experimental Investigation of Aerodynamics of an Integrated Air Using Static Tests, Intake Model

Gh. Behfarshad¹

M. Mani² and A. Fazli³

A. Ghajar⁴

1- Areospace Eng. Group Mech. Aerospace Eng. Dep't. Science and Research Branch Islamic Azad Univ.

2,3- Aerospace Eng. Dep't. Amir- kabir Univ. Tech.

4- Air Research Center Air Industry Org.

ABSTRACT

Air intake is one of the most important elements of the propulsion system in different air vehicles. It has the duty of delivering uniform air flow with suitable speed to the engine. Air intake also plays an essential role in enhancing the performance of the air vehicles. Unlike the simplicity of its shape, its design and construction is complicated. In this research, the behavior of an integrated air intake was investigated static tests. Integrated air intakes are those two ducts situated on both sides of the fuselage and feed only one engine. For investigating the aerodynamic performance of this air intake in static positions, suitable scaled model has been made. A large number of pressure taps have been instanced in different sections to ensure reliable results. The tests were carried out a National Wind Tunnel. Different static (ground) tests in various mass flow rates of engine were conducted and the static pressure distribution diagrams of the four main walls to the point of the duct junction were presented. Moreover, static and total pressures were also measured at the duct exit. The results showed that the total pressure loss along the duct is acceptable.

^۱ استادیار (نویسنده پاسخگو): behfarshad@srbiau.ac.ir

^۲ استاد

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد

^۴ کارشناس ارشد

Keywords: Integrated Air Itake, Static Pressure, Pressure Sensors

۱- مقدمه

از آنجا که ورودی هوا ابزاری جهت تنفس موتور هواپیما می باشد، لازم است به گونه ای طراحی گردد که جریان ورودی به کمپرسور تا حد ممکن زیر صوت، آرام و پایدار باشد [۲۱]. با طراحی خوب می توان میزان اغتشاشات و آشفتگی هوای وارد شده به موتور هواپیما را کاهش داد [۳] و بازیافت فشار کل در طول ورودی هوا را بیشینه نمود که هدف نهایی از بهینه سازی، رسیدن به این ویژگیها می باشد [۴]. لذا بهبود شدت آشفتگی، کم شدن اغتشاشات جریان و افزایش بازیافت فشار از نتایج بهینه سازی در ورودی هوا است.

پدیده های مختلفی در آیرودینامیک ورودی هوا وجود دارد که بسیاری از آنها مانند اثرات لزجت و لایه مرزی، اغتشاش، جدایش جریان و غیره کاملاً شناخته شده هستند. اما دو پدیده مهم دیگر در این زمینه، یعنی اعوجاج فشار کل و چرخش جریان در مقطع بر اثر نیروی گریز از مرکز نیز مطرح می باشند. وجود تغییرات و عدم یکنواختی فشار کل در هر سطح مقطع دلخواه از یک مجرای ورودی هوا، اعوجاج حالت پایدار نامیده می شود. اما مقدار اعوجاج در سطح مقطع خروجی مجرا (ورود به دهانه ی کمپرسور) بسیار با اهمیت بوده و لازم است تا حد ممکن کمینه گردد. لازم به ذکر است که غیر یکنواختی شعاعی اعوجاج فشار کل همیشه وجود دارد، چرا که حتی در غیاب جدایش جریان، لایه مرزی روی دیواره ها باعث این غیر یکنواختی خواهد شد. لذا معمولاً از اعوجاج در راستای شعاعی صرف نظر می شود، ولی در راستای محیطی، اعوجاج فشار کل باید مورد بررسی قرار گیرد. در این تحقیق، آیرودینامیک یک مجرای ورودی هوای دوقلو در مجاورت بدنه بصورت تجربی مورد بررسی قرار گرفته است. در این نوع مجراهای ورودی هوا اتفاقات زیادی بوقوع می پیوندد. به عنوان مثال، اگر در حالت دائمی برای جریان های مساوی در دو کانال به هر دلیل یک اغتشاش کوچک رخ دهد، انتقال جریان در اثر اختلاف فشار در جایی که کانال ها بهم متصل شده اند شاهد افزایش میزان اغتشاش خواهد شد. بنابراین، حالت پایدار اولیه ناپایدار شده و پایداری مجدد و برابری فشار در انتهای دوکانال منجر به تغییر میزان جریان در دو کانال می شود، به طوری که در یک کانال جریان به زیر مقدار بحرانی کاهش

و در کانال دیگر به بالای آن مقدار افزایش می یابد. متوسط فشار کل در حالت تعادلی جدید کمتر از حالت پایدار اولیه است. تأثیر این پدیده بر روی موتور بدین صورت است که هنگامی که نسبت جریانی به زیر مقدار بحرانی کاهش یابد، بازیافت فشاری دهانه به شدت افت می کند. از همه مهمتر اینکه عدم یکنواختی سرعت در ورود به موتور احتمالاً ممکن است به موتور آسیب وارد کند. به علاوه، اگر جریان در بین دوکانال نوسان نماید (همانگونه که در حالت پرواز ناپایا و نزدیک به مقدار بحرانی انتظار می رود) ممکن است باعث ایجاد تغییرات فشاری سریع (اثر باکینک) و ارتعاش هواپیما شود. هدف از انجام این تحقیق، بررسی رفتار مجرای ورودی هوا با انجام تستهای استاتیکی (زمینی) مدل بوده و در ادامه به بحث و بررسی نتایج حاصل از این تستها پرداخته شده است.

۲- مدل مجرای ورودی هوا

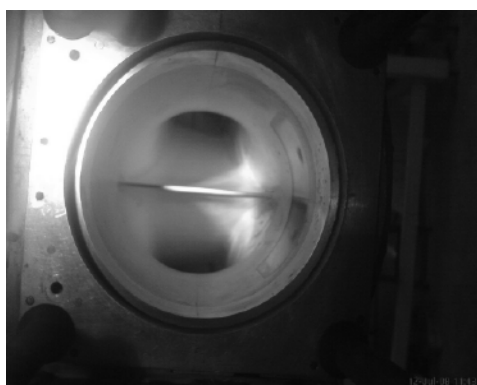
تعیین جزئیات شکل یک مدل، روش نصب آن در تونل، روشهای اندازه گیری و تعیین دامنه ی شرایط تست، موضوع یک برنامه برای تستهای تونل باد می باشد. هدف از انجام تستهای تونل باد می تواند صرفاً دارای ماهیت تحقیقاتی نظری بوده و یا برای تعیین عملکرد یک هواپیمای طراحی شده ی خاص مد نظر باشد. در تست های تحقیقاتی یک دهانه، معمولاً دهانه به صورت مجزا تست می شود و چنانچه دهانه در مجاورت بدنه باشد، دهانه را در کنار شکل ساده ای از بدنه تست می کنند. لازم به ذکر است که اغلب در چیدمان تست یک دهانه، مقداری خطا نسبت به شکل واقعی وجود دارد. اغلب در تحقیقات اولیه، تنها اهداف محدودی مد نظر قرار می گیرند. بعنوان مثال، تغییرات پسا در حالت برای صفر نسبت به نسبت جریانی مختلف و عدد ماخ جریان آزاد در ورودی هوای مورد آزمایش یک مجرای دوقلو (شکلهای ۴ و ۱۱) از این قبیل موارد می باشند. در این آزمایشها، شکل کلی دهانه ی مقطع ورودی مجرا متمایل به مستطیل و به ابعاد $80 \text{ mm} \times 70 \text{ mm}$ (شکلهای ۵ و ۱۲) و مقطع خروجی آن دایروی (شکل ۶) می باشد. مجرا از فلز ساخته شده و طول آن ۶۰۰ میلیمتر و قطر مقطع خروجی ۱۲۵



شکل (۳): نما از روبروی یکی از شاخه های مجرای ورودی هوا.

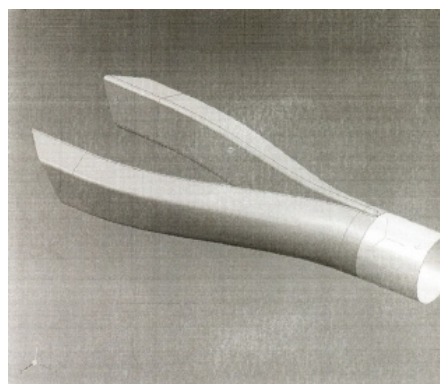


شکل (۴): نمای نصف مجرای ورودی هوا.



شکل (۵): نمای بخش خروجی مجرای ورودی هوای مورد آزمایش.

میلیمتر است. در مقطع خروجی مجرا چنگک اندازه گیری فشار کل (شکل ۷) قرار گرفته است. ۱۶ محل مربوط به اندازه گیری فشار کل بر روی چنگک ایجاد شده است. با چرخاندن چنگک می توان در قطاع های مختلف فشار کل در مقطع خروجی مجرا را اندازه گرفت. برای اندازه گیری فشار کل و فشار استاتیک در لبه ی ورودی مجرا مطابق شکل ۸، از یک قطعه ی جداگانه استفاده شده است، به این معنا که ابتدا بدون جایگذاری این قطعه فشارهای لازم در سایر نقاط اندازه گیری شده، سپس با جایگذاری قطعه ی مزبور فشار استاتیک و فشار کل در لبه ی مجرای ورودی هوا اندازه گیری شده است. به علت زیاد بودن نقاط اندازه گیری فشار، به ناگزیر از قطعه جداگانه ای استفاده شده است.

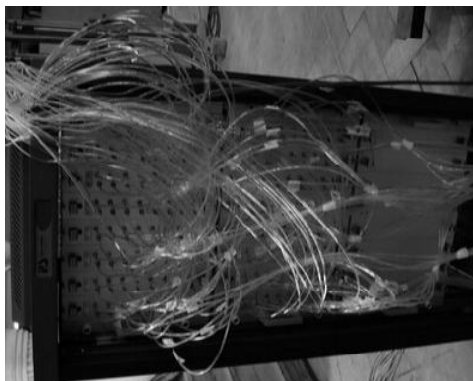


شکل (۱): شکل کلی مجرای ورودی هوای مورد بررسی.



شکل (۲): نمای دهانه مورد بررسی.

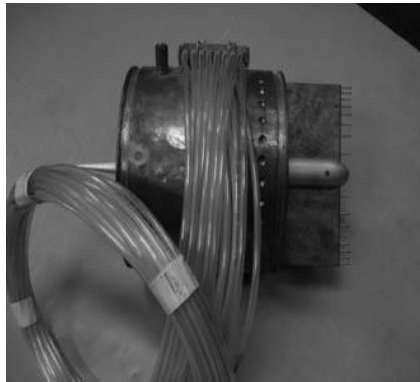
حاوی سنسورهای فشار، فیکسچر نگهدارنده مدل و غیره می باشد. در روی مدل فشار ۷۲ نقطه اندازه گیری شده است. پین های کاشته شده در طول مدل با شیلنگهای فشار مطابق شکل ۹، به دستگاهی که دارای ۱۲۸ عدد سنسور فشار می باشد، متصل شده اند. در هنگام تست، اطلاعات سنسور ها از دستگاه مزبور به دستگاه ثبت اطلاعات ارسال می شود و بدینوسیله مقادیر فشارها به طور همزمان ثبت می گردد. این دستگاه توانایی ثبت ۳۰،۰۰۰ داده در هر ثانیه را برای هر سنسور دارا می باشد. همچنین دستگاه مزبور اطلاعات ۱۳۲ کانال را می تواند به طور همزمان ثبت کند. سنسورهای فشار در لبه های ورودی مجرا و همچنین در ورود به کمپرسور به صورت فشار کل و در بقیه ی نقاط به صورت استاتیک اندازه گیری می کنند. همچنین برای مکش هوا از درون مدل مجرای ورودی هوا، از دو عدد موتور جت استفاده شده که حداکثر دبی مکش آنها ۱،۶۰۰ گرم در ثانیه می باشد.



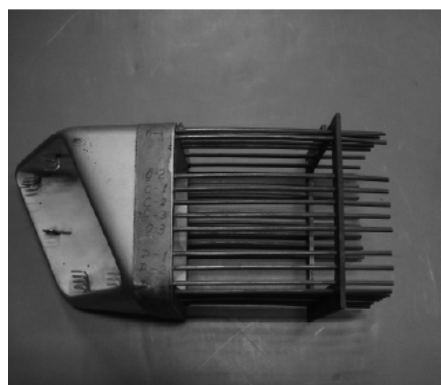
شکل (۹): نمای محل نصب شیلنگها به سنسورهای فشار.

۴- اندازه گیری دبی جریان عبوری از دهانه

اندازه گیری جرم جریان عبوری از کانال دهانه باید دارای حداکثر دقت ممکن باشد [۵]. دقت مورد نیاز و مطلوب در این خصوص ۰/۵٪ می باشد که رسیدن به آن مشکل است. اغلب ۱٪± حاصل می شود و چنانچه جریان به میزان قابل ملاحظه ای غیر یکنواخت باشد، خطاهایی به بزرگی ۱۰٪± نیز غیر عادی نیست. در این خصوص اطلاعات مورد نیاز شامل فشار استاتیکی و فشار کل در مقطع کانال می باشند. در تحقیق حاضر برای اندازه گیری جرم جریان عبوری از کانال، از یک پیتوت برای اندازه گیری فشار کل و فشار استاتیکی یک نقطه از کانال، بعد از خروجی دهانه مطابق شکل (۱۰) استفاده شده است لذا در زمان انجام تست ها، با اندازه گیری فشار کل و فشار استاتیکی مقدار جرم جریان عبوری از کانال بدست می آید.



شکل (۶): مکانیزم چنگک اندازه گیری فشار کل در مقطع دهانه موتور.



شکل (۷): نمای لبه ورودی یکی از شاخه های دهانه.



شکل (۸): نما از روبروی قطعه جدا شونده از مدل برای اندازه گیری فشار کل و فشار استاتیک در لبه ورودی دهانه.

۳- تجهیزات آزمایشگاهی

تجهیزات مورد نیاز و مرتبط با انجام تست های دهانه دوقلو شامل دو عدد موتور جت، لوله های متصل کننده مدل به موتور، دستگاه ثبت کننده اطلاعات، مانومتر ۳۲ شاخه، شیلنگهای فشار، دستگاه

۶- روش انجام آزمایشها

ابتدا دستگاهی که سنسورهای فشار بر روی آن سوار شده به همراه دستگاه ثبت اطلاعات روشن می شوند. دستگاه ثبت اطلاعات را افسست گیری کرده، شیلنگهای اندازه گیری فشار کل و فشار استاتیک که در مقطعی از لوله مکش هوا نصب شده اند به مانومتر متصل کرده و سپس موتورها را روشن و تا گرم شدن موتورها آزمایش انجام نمیشود. پس از گرم شدن موتورها، آنها در رژیم کاری مطلوب قرار داده می شوند. در این حالت توسط دستگاه ثبت اطلاعات، مقادیر فشارهای مد نظر ثبت می گردند. نظر به اینکه دستگاه مزبور در هر ثانیه ۳۰،۰۰۰ داده را برای هر سنسور ثبت می کند، ثبت مقادیر مورد نظر در مدت ۲ الی ۳ ثانیه برای ارزیابی عملکرد ورودی هوا کافی خواهد بود. لازم به ذکر است که برای هر تست مشخص، اطلاعات مربوطه ۳ الی ۴ بار ثبت شده و با همدیگر مقایسه شده اند. برای اطمینان بیشتر می توان از این چند مورد ثبت شده برای یک تست مشخص متوسط گیری نمود. داده ها توسط نرم افزار مخصوص به صورت ولتاژ ثبت می شود و سپس داده به نرم افزار اکسل منتقل شده و با استفاده از اطلاعات ارائه شده توسط سازنده ی سنسورها، مقادیر ولتاژ به فشار تبدیل شده و در نتیجه داده ها قابل استفاده می گردند. البته برای مطمئن شدن از اطلاعات ارائه شده توسط شرکت سازنده ی سنسورها، بهتر است با استفاده از مانومتر اعداد ارائه شده توسط شرکت سازنده را چک نمود. در انجام تستها، با استفاده از یک مانومتر ۳۲ شاخه برای انواع سنسورهای استفاده شده در انجام آزمایشات، اعداد داده شده توسط شرکت سازنده سنسورها چک شدند و خطایی در اعداد ارائه شده مشاهده نشد.

۷- نحوه استفاده از داده های حاصل از انجام تست ها

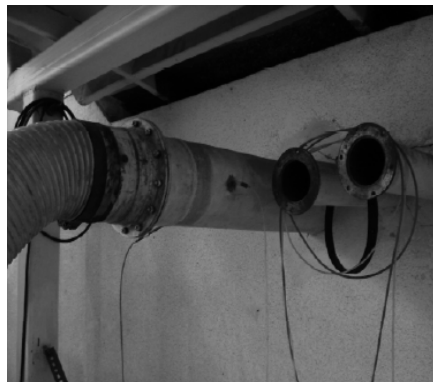
در ترسیم نمودارها

با توجه به اینکه دستگاه ثبت اطلاعات در هر ثانیه برای هر سنسور ۳۰،۰۰۰ داده ثبت و ذخیره می نماید، تعداد داده ها بسیار زیاد بوده و اگر از روش مناسب در استفاده از این داده ها استفاده شود، دقت نتایج بسیار بالا خواهد بود. در این تحقیق از روش متوسط گیری استفاده شده است.

۸- توزیع فشارکل و فشار استاتیک در مقطع

خروجی دهانه

برای بدست آوردن توزیع فشار کل در مقطع ورودی موتور در یک رژیم کاری ثابت و مشخص، چنگک اندازه گیری



شکل (۱۰): قسمتی از لوله مکش هوا توسط موتورها، که شیلنگهای اندازه گیری فشار کل و استاتیک در مقطعی از آن نصب شده است.

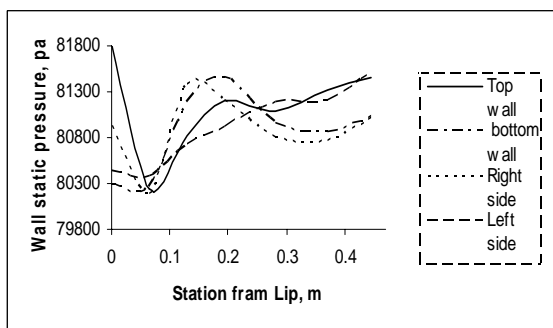
۵- تجهیزات اندازه گیری در مقطع جلوی موتور

یک دستگاه قابل حمل برای اندازه گیری فشار طراحی و ساخته شده است که در شکل ۷ ارائه گردیده است. در این نوع سیستم، مقطع کانال و تجهیزات اندازه گیری در موقعیت جلوی موتور همگی جزء دستگاه اندازه گیری می باشند، بنابراین اندازه این دستگاه مقیاس دهانه را تعیین می کند. در طراحی این سیستم، یک چنگک قابل چرخش که روی آن لوله های پیتوت قرار داده شده، در نظر گرفته شده است. در روی قطر چنگک ۱۶ لوله پیتوت برای اندازه گیری فشار کل وجود دارد. بدین وسیله کل مقطع خروجی جریان هوا از دهانه را پوشش می دهد. چنگک فشار کل بگونه ای طراحی شده که می تواند در حلقه بیرونی (متحرک) که مربوط به مکانیزم چرخش چنگک فشار است، جای گرفته و با چرخش حلقه ی بیرونی بر روی حلقه ثابت داخلی (که بر روی مقطع انتهایی مدل چسباده شده است) قابلیت چرخش به میزان ۱۸۰ درجه را ایجاد نماید و بدین ترتیب، اندازه گیری فشار در تمامی سطح مقطع خروجی مجرا را با کمترین ممانعت در برابر جریان هوا پوشش دهد. در یک رژیم کاری معین موتور، به هنگام انجام تست ها با چرخاندن چنگک و قرار دادن آن در زوایای متفاوت، فشار کل نقاط مورد نظر در مقطع ورودی موتور اندازه گیری شده است [۶-۷]. در این تحقیق چنگک در چهار موقعیت مختلف قرار گرفته است. بنا بر این در یک تست مشخص، فشار کل مربوط به ۶۲ نقطه از مقطع ورودی موتور معین می شوند. بر روی چنگک علاوه بر فشار کل، ۸ محل برای اندازه گیری فشار استاتیک نیز در نظر گرفته شده است. در نتیجه با انجام یک تست مشخص، علاوه بر اینکه فشار استاتیک در طول کانال و فشار کل در لبه ی ورودی دهانه اندازه گیری می شود، فشار ۷۲ نقطه از مقطع ورودی موتور معلوم می گردد.

فشار استاتیک در مقطع ورودی موتور برای دبی مکشی ۹۴۰ گرم بر ثانیه در شکل ۱۲ نشان داده شده است.

۹- توزیع فشار استاتیک در چهار دیواره اصلی ورودی هوا

توزیع فشار استاتیک در امتداد چهار دیوار اصلی مجرای ورودی هوا تا محل رسیدن دو شاخه ی کانال به همدیگر، برای دبی های مختلف موتورها، از طریق متوسط گیری از فشار های ثبت شده، برای نقاط مورد نظر ترسیم شده اند. نتایج حاصل از تست مدل برای دبی ۹۴۰ گرم بر ثانیه و زاویه حمله ی صفر درجه در شکل ۱۳ نشان داده شده است.



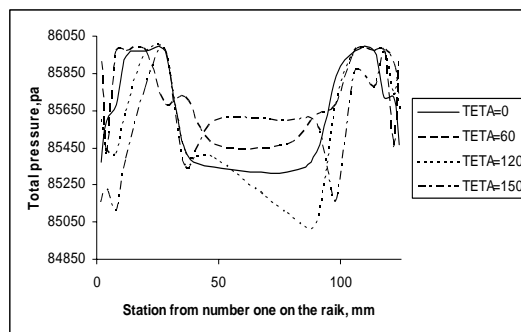
شکل (۱۳): نمودار تغییرات فشار استاتیک در امتداد چهار دیوار اصلی مدل در زاویه حمله صفر درجه.

۱۰- نتیجه گیری

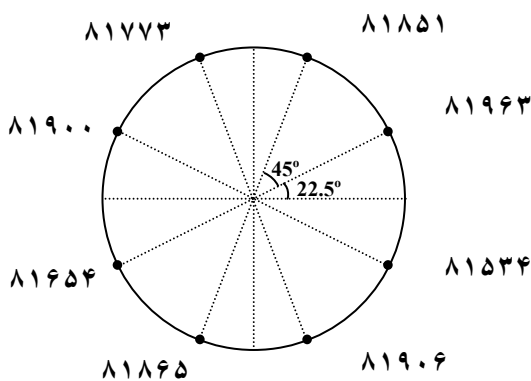
الف- همانطور که در شکل ۱۳ ملاحظه می شود، واگرایی فاحشی در نمودارهای چهار دیوار اصلی ورودی هوای مورد بررسی مشاهده نمی شود و الگوی اصلی تغییرات فشار استاتیک در طول مجرا دچار تغییرات ناگهانی و غیر قابل پیش بینی نشده است. پس می توان نتیجه گرفت که مجرای ورودی هوای مورد بحث از نظر طراحی در این حوزه، از عملکرد و کارایی قابل قبولی برخوردار است.

ب- از آنجا که به طور کلی در مجراهای ورودی هوا، مطلوبترین محل قرارگیری بخش پرفشار جریان بدلیل مکش موتور از مرکز مقطع انتهایی مجرا، ناحیه مرکزی مقطع می باشد و در مجرای ورودی مورد بررسی، بخش پرفشار به صورت یک حلقه بوده و با مقداری فاصله نسبت به مرکز قرار گرفته است، لذا بهتر است در

فشار را در زوایای مورد نظر قرار داده و فشار کل نقاط مورد نظر اندازه گیری شده اند. در یک رژیم کاری مشخص موتور، فشار کل ۶۴ نقطه از مقطع ورودی موتور معین می شود و بدین ترتیب برای دبی های مختلف، توزیع فشار کل در مقطع مزبور ترسیم شده اند. نتایج بدست آمده از تستها برای دبی مکشی ۹۴۰ گرم بر ثانیه در نمودار شکل ۱۱ نشان داده شده است. زاویه صفر درجه مربوط به حالتی است که صفحه ای که نقاط مورد بررسی روی آن قرار گرفته، نسبت به مقطع خروجی مدل در موقعیت عمود قرار گرفته باشد.



شکل (۱۱): نمودار توزیع فشار کل در خروجی ورودی هوا نسبت به قرار گیری چنگک در زوایای مختلف.



شکل (۱۲): توزیع فشار استاتیک بر حسب پاسگال در مقطع خروجی دهانه ورودی هوا.

در اینصورت نقطه ی شماره ی یک در بالای چنگک قرار می گیرد. برای بدست آوردن توزیع فشار کل در مقطع فوق الذکر، ۸ ایستگاه در نظر گرفته شده است که در هنگام انجام تستها، همزمان با سایر نقاط اندازه گیری می شود. توزیع

صورت امکان با تغییراتی در هندسه طرح، بخش پرفشار را به سمت مرکز سوق داد.

ج- با افزایش دبی مکشی موتورها از دهانه ی ورودی هوا، راندمان مجرا کاهش می یابد.

د- با توجه به توزیع فشار در چهار دیوار اصلی دهانه ملاحظه می شود که در همه ی نمودارهای تغییرت فشار استاتیک روی دیواره های اصلی مجرا، یک بخش فشار استاتیک حداقل وجود دارد که در واقع مربوط به گلوگاه مجرا ی ورودی هوا می باشد.

ه- با در نظر گرفتن اینکه در کل مجرا نسبت به مقیاس آن، تعداد نقاط اندازه گیری فشار به اندازه کافی در نظر گرفته شده است و همچنین تمامی نقاط به طور همزمان اندازه گیری می شوند و نیز تعداد داده های ثبت شده برای هر سنسور فشار بسیار زیاد می باشد، می توان نتیجه گرفت که نتایج حاصل از این تستها از دقت خوبی برخوردار است.

مراجع

1. Seddon, J. and Goldsmith, L.E, "Intake Aerodynamics", 2nd Ed., ALAA, Washington D.c, 1999.
2. Prior, B. J. and Hall, C.N., "Subsonic Wind Tunnel Tests of Various Forms of Air Intake Installed in a Fighter-Type Aircraft", Aeronautical Research Council Reports and Memoranda, Ministry of Aviation, London, 1960.
3. Knight, D., "Design Optimization of Air Vehicle Intakes", The State Univ. of New Jersey, MOPTA, 2006.
4. Lakshman, B. and Suryanarayana, G.K, "A Method for Measurement of Massflow Rate Through Supersonic Air-intake Model in Wind Tunnel Tests", National Aerospace Laboratories, Bangalore, India, July, 2000.
5. Tournier, S.E., Paduano, J.D., "Flow Analysis and Control in a Transonic Inlet" Massachusetts Institute of Techn., Cambridge, 1986
6. Bharani, S., Singh, S.N., and Seshadri, V., "Flow Analysis in S-Shaped Diffuser with Circular Coss-Section", Dep,t of Applied Mechanics, I.I.T. Delhi, 2002.
7. بهفرشاد، ق.، محلو، س.، ساداتی، س.ج.، عباسی زاده باغبان، ب.، آذرنیا، ا.ح.، "بررسی تجربی اثرات تغییر زاویه حمله و نصب توری دهانه بر روی رفتار اعوجاج فشار کل در یک ورودی هوای انحنادار موتور"، هفتمین همایش سالیانه (بین المللی) انجمن تهران هوافضای ایران، دانشگاه صنعتی شریف، ۳۰ بهمن - ۲ اسفند، تهران ۱۳۸۶.