بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تربیت معلم سبزوار
معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی
مدیریت تحصیلات تکمیلی

سوگند نامه دانش آموختگان دانشگاه تربیت معلم سبزوار

به نام خداوند جان و خرد کزین برتر اندیشه بر نگذرد

اینک که به خواست آفریدگار پاک ، کوشش خویش و بهره گیری از دانش استادان و سرمایه های مادی و معنوی این مرز و بوم، توشه ای از دانش و خرد گردآورده ام، در پیشگاه خداوند بزرگ سوگند یاد می کنم که در به کارگیری دانش خویش، همواره بر راه راست ودرست گام بردارم. خداوند بزرگ، شما شاهدان، دانشجویان و دیگر حاضران را به عنوان داورانی امین گواه می گیرم که ازهمه دانش و توان خود برای گسترش مرزهای دانش بهره گیرم و از هیچ کوششی برای تبدیل جهان به جایی بهتر برای زیستن، دریغ نورزم. پیمان می بندم که همواره کرامت انسانی را در نظر داشته باشم و همنوعان خود را در هر زمان و مکان تا سر حد امکان یاری دهم. سوگند می خورم که در به کارگیری دانش خویش به کاری که با راه و رسم انسانی، آیین پرهیزگاری، شرافت و اصول اخلاقی برخاسته از ادیان بزرگ الهی، به ویژه دین مبین اسلام، مباینت دارد دست نیازم. همچنین در سایه اصول جهان شمول انسانی و اسلامی، پیمان می بندم از هیچ کوششی برای آبادانی و سرافرازی میهن و هم میهنانم فروگذاری نکنم و خداوند بزرگ را به یاری طلبم تا همواره در پیشگاه او و در برابر وجدان بیدار خویش و ملت سرافراز ، بر این پیمان تا ابد استوار بمانم.

نام و نام خانوادگی وامضای دانشجو مسعود پدرام

دانشگاه تربیت معلم سبزوار

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی

بررسی تجربی اثرات سیم اغتشاش ساز بر روی دنباله سیلندر دایره ای

استاد راهنما :

دکتر عبد الامیر بک خوشنویس

نگارش :

مسعود پدرام

اسفند ۹۰

امیر المومنین، علی علیه السلام(ع): هر کس حرفی را به من بیاموزد من را بنده خود کرده است.

تقدیم به مادرم، نماد فداکاری و سرچشمه محبت

تقدیم به پدرم، نماد صلابت و مهر ورزی

تقدیم به همسرم، مایه آرامشم

فرم چکیده‌ی پایان‌نامه‌ی دوره‌ی تحصیلات تکمیلی

دفتر مدیریت تحصیلات تکمیلی

نام خانوادگی دانشجو: پدرام	**نام:** مسعود	**ش دانشجویی:** ۸۸۱۳۸۰۱۰۱۲
استاد راهنما: دکتر عبدالامیر بک خوشنویس	**استاد مشاور:** ---------	
دانشکده: فنی و مهندسی	**رشته:** مهندسی مکانیک	**گرایش:** تبدیل انرژی
مقطع: کارشناسی ارشد	**تاریخ دفاع:۹۰/۱۲/۶**	**تعداد صفحات:۱۰۲**

عنوان پایان‌نامه: بررسی تجربی اثرات سیم اغتشاش ساز بر روی دنباله سیلندر دایره ای

کلیدواژه‌ها: سیلندر ، ایرفویل NACA0012، سرعت متوسط، شدت اغتشاشات، ضریب پسا، سیم اغتشاش ساز

چکیده

یک تحقیق تجربی بر روی پارامترهای جریانی دنباله ایرفویلNACA0012، اعم از سرعت متوسط و شدت اغتشاشات، با سیم و بدون سیم اغتشاش ساز که در ماکزیمم ضخامت ایرفویل نصب گردیده، انجام شده است. عدد رینولدز مبتنی بر ماکزیمم ضخامت ایرفویل ۳۷۸۰ می باشد. برای یک ایرفویل ثابت، سیم ها باعث افزایش چشمگیری در قله سرعت متوسط (W_0) و ضریب پسا می گردد. از طرف دیگر تحقیقات تجربی بر روی دنباله سیلندر با دو سیم و چهار سیم که در زوایای $\alpha = 40^o, 140^o$ برای سیلندر دو سیمه و زوایای $\alpha = 40^o, 140^o, 220^o, 320^o$ برای سیلندر چهار سیمه نصب شده و از نقطه سکون جلویی اندازه گیری می گردد و عدد رینولدز Re =15000, 30000 می باشد، صورت گرفته است. قطر سیمها برابر0.5, 1, 1.5mm می باشد. اثرات سیم اغتشاش ساز بر روی کاهش ضریب پسا، پروفیل های سرعت متوسط و تفاضل سرعت و نصف دهانه، پروفیل های شدت اغتشاشات،عدد اشتروهال و ماکزیمم فرکانس مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می

دهد یک حالت بهینه ای وجود دارد که درآن ضریب پسای عامل بر روی سیلندر تماما به مقداری کمتر از ضریب پسای سیلندر صاف می رسد. در حالت بهینه، برای سیلندر ۴سیمه با سه قطر متفاوت سیم و Re= 30000 ضریب پسای سیلندر کاهش پیدا می کند. نتایج نشان می دهد زمانی که از سیلندر دور می شویم، روند تغییرات قله سرعت متوسط (w_0) و قله پروفیل اغتشاشات به ترتیب کاهشی-افزایشی-کاهشی و افزایشی-کاهشی می باشد. همچنین آزمایشات نشان می دهد با یک سیلندر صاف عموما مقادیر قله پروفیل اغتشاشات و کاهش سرعت (W_0) در مقایسه با مقادیر سیلندر با اغتشاش ساز افزایش یافته است. از طرف دیگر تغییرات ضریب پسا و سایر پارامتر ها، تابعی از قطر سیم و تعداد سیم و عدد رینولدز می باشد. با این وجود زمانی که عدد رینولدز افزایش می یابد ماکزیمم فرکانس افزایش می یابد.

امضای استاد راهنما

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

فصل دوم: مروری بر کارهای گذشته ۵

فصل سوم: تجهیزات آزمایشگاهی ۹

۳-۱) تونل باد ۱۰

۳-۲) مکانیزم جابجا کننده ۱۲

۳-۳) مدل آزمایش ۱۳

۳-۴) دستگاه جریان سنج سیم داغ ۱۳

۳-۵) پراب سیم داغ ۱۴

۳-۵-۱) سنسور سیم داغ ۱۴

۳-۵-۲) سنسور فیلم داغ ۱۵

۳-۶) مدار الکترونیکی دستگاه جریان سنج سیم داغ ۱۵

۳-۶-۱) مدار الکترونیکی جریان ثابت ۱۶

۳-۶-۲) مدار الکترونیکی ولتاژ ثابت ۱۶

۳-۶-۳) مدار الکترونیکی دما ثابت ۱۶

۳-۷)تطبیق دهنده سیگنال ۱۸

۳-۸)جمع آوری و دریافت داده ها ۱۸

۳-۱۰-۱) تنظیم سخت افزار جریان سنج سیم داغ ۲۰

۳-۱۰-۲) کالیبراسیون دستگاه جریان سنج سیم داغ ۲۰

۳-۱۱) اثر دما بر اندازه گیری سرعت..... ۲۲

فصل چهارم: تئوری مسئله و معادلات حاکم ۲۳

۴-۱) مقدمه..... ۲۴

۴-۲) معادلات حاکم بر جریان مغشوش..... ۲۴

۴-۳) ضریب پسا ۲۷

۴-۴) روش تحلیلی محاسبه ضریب پسا ۲۹

۴-۵) روش آزمایشگاهی محاسبه ضریب پسا..... ۳۰

۴-۵-۱) وارد کردن اثرات اغتشاشی جریان در معادله آزمایشگاهی ضریب پسا ۳۴

فصل پنجم :تحلیل داده ها..... ۳۶

۵-۱) بررسی تجربی اثرات سیم اغتشاش ساز بر روی مشخصه های دنباله یک ایرفویل متقارن. ۳۷

۵-۲) بررسی تجربی اثرات سیم اغتشاش ساز بر روی مشخصه های دنباله یک سیلندر دایره ای..... ۴۴

۵-۳) بررسی تجربی آشفتگی دنباله پشت یک سیلندر دایره ای تحت تاثیر سیم اغتشاش ساز..... ۷۲

۵-۴) محاسبه ضریب پسای سیلندر مجهز به سیم اغتشاش ساز با استفاده از اندازه گیری ممنتوم..... ۹۲

۵-۵) بحث و بررسی..... ۹۷

فصل ششم :نتیجه گیری..... ۹۹

ارائه پیشنهادات..... ۱۰۱

مراجع..... ۱۰۲

لیست مقالات استخراج شده از پایان نامه..... ۱۰۶

چکیده انگلیسی

نماد ها:

$\%Tu$	شدت اغتشاشات جریان سیال
Cd	ضریب پسا
p_t	فشار کلی
p_s	فشار استاتیک
$.q$	فشار دینامیک
$\bar{q}$	فشار دینامیک متوسط
Re	عدد رینولدز
c	طول وتر ایرفویل
x	فاصله از لبه فرار ایرفویل
u,v,w	مولفه های سرعت
u',v',w'	مولفه های اغتشاشی سرعت
U_∞, U_{ref}	سرعت جریان آزاد
$\frac{U}{U_{ref}}$	نسبت سرعت متوسط به سرعت جریان آزاد
D_w	قطر سیمها به میلیمتر

فصل اول

مقدمه

مقدمه:

آیرودینامیک، شاخه ای از دینامیک گاز ها و در حالت کلی تر دینامیک سیالات است که به بررسی رفتار جریان هوا و اثرات آن بر اجسام متحرک می پردازد. منظور از حل یک مساله آیرودینامیکی، محاسبه میدان سرعت، فشار و دمای هوا در اطراف یک جسم است. برای این منظور باید معادله های حاکم بر جریان سیال را حل نموده و سپس به کمک حل بدست آمده می توان نیرو ها و گشتاور های وارد بر جسم را محاسبه نمود. مساله های آیرودینامیکی را می توان از جنبه های مختلف طبقه بندی نمود.

یک طبقه بندی معمول براساس الگوی جریان هوا است. اگر مساله ی آیرودینامیکی مربوط به جریان هوا در اطراف یک جسم باشد به آن آیرودینامیک بیرونی و اگر مربوط به جریان هوا داخل یک محیط بسته باشد به آن آیرودینامیک درونی گفته می شود. مثال آیرودینامیک بیرونی، جریان هوا در اطراف یک هواپیما و مثال آیرودینامیک درونی، جریان هوا داخل یک موتور جت یا تونل باد است.

روش دوم طبقه بندی براساس چگالی هوا است. اگر چگالی جریان هوا در همه ی نقاط میدان سیال ثابت باشد و با زمان تغییر نکند، جریان تراکم ناپذیر و در غیر اینصورت جریان را تراکم پذیر می نامند. جریان هایی با عدد ماخ کمتر از ۰.۳ را تراکم ناپذیر و بیشتر از آن را تراکم پذیر فرض می کنند.

روش سوم طبقه بندی مساله های آیرودینامیکی براساس عدد ماخ جریان هوا است. اگر عدد ماخ کوچکتر از یک باشد جریان فرو صوتی، اگر نزدیک یک باشد جریان هماصوتی، و اگر بزرگتر از یک و کوچکتر از پنج باشد جریان زبر صوتی، و اگر بزرگتر از پنج باشد جریان مافوق صوتی می نامند.

روش چهارم طبقه بندی براساس گرانروی هواست. اگر ضریب گرانروی ناچیز فرض شود جریان غیر لزج بوده و در غیر اینصورت لزج می نامند.

در روش تجربی اثر جریان هوا بر روی اجسام را می توان به دو صورت مطالعه و بررسی نمود: ۱- اجسام را در هوای ساکن به حرکت در آورده و مطالعات لازم را انجام داد (نظیر پرواز آزاد). ۲- اجسام و یا مدل آنها را در جریان هوا قرار داده و مشخصات آیرودینامیکی آنها را مطالعه نمود. روش اول روش مستقیم بوده که انجام آن پر هزینه و مشکل است و روش دوم روش غیر مستقیم است که نسبت به روش مستقیم کم هزینه تر است

و در ضمن می توان اجزای مدل را نیز به صورت جداگانه آزمایش نمود. در روش غیر مستقیم از تونل باد به طور موفقیت آمیزی برای اندازه گیری نیروها و مشخصات جریان هوا استفاده می شود.

مطالعه ی تاثیر آیرودینامیکی سیم اغتشاش ساز قرار گرفته بر روی سیلندر از لحاظ بنیادی و عملی اهمیت خاصی دارد.

صورت مسئله در این تحقیق به این صورت می باشد که در دستگاه تونل باد یک سیلندر دایره ای را قرار داده و سپس با استفاده از سیم اغتشاش ساز که در زوایای خاصی بر روی سیلندر نصب می شود به بررسی دنباله حاصل در پشت سیلندر می پردازیم. طبیعی است استفاده از سیم اغتشاش ساز در زوایای مختلف باعث تغییر در دنباله سیلندر گردیده و ضرایب پسای متفاوتی را برای هر زاویه نصب خاص خواهیم داشت. تعیین اثرات دنباله حاصل از استفاده سیم اغتشاش ساز همراه سیلندر از اهمیت خاصی برخوردار است که توسط روشهای عددی و تجربی انجام می پذیرد. در روشهای عددی با استفاده از شبیه سازی و حل معادله های حاکم بر جریان سیال نظیر معادله های پیوستگی، اندازه حرکت و انرژی را در شرایط مختلف بدست آورده و با توجه به نتایج بدست آمده ، سیستم های مورد نظر طراحی و یا بهینه می شوند. در روشهای تجربی با استفاده از تجهیزاتی نظیر تونل باد ، مدل را در شرایط آزمایش قرار داده و بااستفاده از دستگاههای اندازه گیری، کمیتهای مختلف جریان سیال اندازه گیری شده در نتیجه می توان پدیده های فیزیکی را درک و سیستم های سیالاتی را طراحی و بهینه نمودکه ما در این تحقیق از روش آزمایشگاهی استفاده می نماییم. اجسام bluff body مخصوصا سیلندرهای دایروی درتوربوماشینها و ساختمان های بلند مورد استفاده قرار می گیرند. استفاده عملی از سیلندر دایره ای مستلزم بررسی دقیق آزمایشگاهی می باشد. این نتایج در تونل های باد با حساسیت های متفاوت قابل دستیابی است. به منظور طراحی بهینه و مطلوب سیلندر دایره ای نیاز به آن است که دنباله سیلندر را شناخته واین پارامترها را بررسی کنیم. که اینها همه ضرورت انجام پروژه حاضر و کاربرد نتایج آن را در طراحی سیلندر را می رساند.

جریان روی سیلندر به صورت عملی با بسیاری از کاربردهای مهندسی همچون وسایل نقلیه، پل ها و ساختمان ها و سایر ساختارهای مهندسی در گیر می باشد. دنباله جریان سیلندر می تواند باعث نیروهای ناپایایی گردد که توانایی زیادی برای تخریب تمام ساختارهای بدنه ای می باشد. علت تحقیقات بر روی این گونه پیکر بندی

ناشی از علاقه به فهم بارهای روی ساختارها با توجه به حرکت سیال و کنترل بیشتر جریان سیال برای کاهش نیروی سیال که باعث تخریب ساختارهای تحت شرایط نامطلوب ویژه می گردد، می باشد، به همین منظور در این تحقیق به بررسی دنباله پشت سیلندر می پردازیم.

نیروهای سیال و عدد استروهال فاکتورهای مهمی در طراحی الگوی ساختمان ها و سایر ساختار های مهندسی می باشد، که استفاده از سیم اغتشاش ساز به صورت چشمگیری الگو های جریانی سیلندر را تحت تاثیر خود قرار داده و باعث تغییرات مهمی در نیروهای ثابت و نوساسی عامل بر روی سیلندر می گردد. سیم اغتشاش ساز برای کاهش نیروی وارده از سوی جریان روی سیلندر استفاده می گردد. مکانیزم کاهش نیرو توسط سیم اغتشاش ساز به این گونه است که این سیم با تبدیل جریان زیر بحرانی به یک جریان انتقالی طبیعی، و یا به یک جریان بحرانی باعث کاهش نیروی عامل بر روی سیلندر می گردد.

فصل دوم

مروری بر کارهای گذشته

مطالعه جریان دارای اصطکاک و تراکم ناپذیر حول ایرفویل از مسائل کلاسیک و مهم مکانیک سیالات بشمار می آید. از آنجایی که روشهای تئوری و محاسبات هنوز با طراحی عملی مهندسی فاصله دارد از روش تجربی استفاده می کنند که یکی از این روشها تونل باد است که اغلب تنها روشی است که برای تعیین درست پارامترهای جریان بویژه درگ مدلها به کار می رود[۱]. عوامل متعددی بر مشخصه های دنباله تاثیر گذار هستند که از آن جمله می توان عدد رینولدز [۲] نسبت انسداد [۳] زبری سطح [۴] و ... را نام برد که در قسمتی از این تحقیق، دنباله ایرفویل با توجه به نصب سیم اغتشاش ساز بررسی شده و نتایج بدست آمده با یکدیگر مقایسه شده است. از نتایج بررسی این تحقیق می توان در طراحی آیرودینامیک هواپیما استفاده نمود. بررسی جریان حول ایرفویل و تاثیر عوامل موثر بر روی آن از سالها قبل مورد توجه محققان بوده است. ژانگ (Zhang) و لیگرانی (Ligrani)[4] اثرات زبری و اغتشاشات ورودی را بر روی دنباله ایرفویل درسرعتهای مادون صوت به صورت تجربی مطالعه نمودند، و از این مطالعه نتیجه گرفتند زمانی که زبری سطح افزایش می یابد تمامی نمودارهای دنباله اعم از سرعت متوسط و شدت اغتشاشات بطور قابل ملاحظه ای گسترش می یابند و فرکانس گردابه ی بدون بعد کاهش می یابد و همچنین اغتشاشات ورودی جریان اثرات کمتری در سرعت دنباله دارد. نمودار دنباله وابستگی قابل ملاحظه ای نسبت به زبری سطح دارد ولی نسبت به شدت اغتشاشات ورودی حساسیت کمتری دارد. تیمر (Timmer) و رویژ (Rooij) [5] در سال ۲۰۰۳ به بررسی تجربی اثرات سیم اغتشاش ساز نصب شده روی دماغه ایرفویل DU 93-W-210 در تونل باد پرداختند. سیم استفاده شده دارای قطر 1.2 mmو 2 mm و عدد رینولدز در تحقیق آنها 2×10^6انتخاب شده بود. آنها سیم ها را در موقعیت $0\%c, 0.25\%c, 0.5\%c, 1\%c$ سطح فشار ایرفویل نصب کردند. نتایج تحقیق آنها نشان می دهد استفاده از سیم به قطر 2mm که در 0.25%c نصب شده بود، تاثیر بسزایی در افزایش ظرفیت ماکزیمم لیفت ایرفویل دارد. در صورتی که سیم نازکتر در موقعیت مذکور تاثیر چندانی از خود نشان نمی دهد، و سطح بازدارندگی عریضی را از خود به جا می گذارد.

فردنریخ (Freudenreich) و همکاران [6] به بررسی اثرات رینولدز $10^6-10\times10^6$و زبری ، روی ایرفویل DU97-300 که کاربرد در توربین های بادی دارد، توسط تونل باد و روشهای عددی پرداختند. آنها، مشاهده کردند سیم اغتشاش ساز نصب شده در x/c=0.3 از دماغه ایرفویل به صورت جزئی باعث افزایش بیشینه ضریب برآ نسبت به ایرفویل صاف می گردد. همچنین باعث کاهش $(C_l/C_d)_{max}$ می گردد. فوکودومه (Fukudome) و همکاران [۷] با استفاده از سیم اغتشاش ساز به بررسی کارایی ایرفویل متقارن NACA0018 پرداختند. آنها با نصب سیم مورد نظر در دماغه ایرفویل، نشان دادند که استفاده از سیم

اغتشاش ساز، ضریب برآ را در زوایای حمله بزرگتر، افزایش می دهد. همچنین سیم بدون افزایش ضریب پسا عامل بهبود زاویه استال در ایرفویل می گردد. اما در زوایای حمله بزرگتر برای ایرفویل بدون سیم، شاهد جدایش جریان بزرگتری هستیم که با استفاده از سیم این فرآیند محدود می گردد، وباعث افزایش نیروی برآ و کارایی ایرفویل می شود. هوبر (Huber) ومولر (Mueller) [8] نیز در آزمایشات خود نشان دادند که اثرات سیم اغتشاش ساز در موقعیت ماکزیمم ضخامت ایرفویل Wortmann FX 63-137، تاثیرات مضر برای ماکزیمم لیفت را محدود می کند.آنها نشان دادند قرار گرفتن سیم در این موقعیت می تواند منجر به کاهش ضریب پسای مینیمم شود. همچنین در سال ۲۰۰۳، خوشنویس [۹] به بررسی دنباله یک ایرفویل متقارن درون یک کانال/دیفیوزر مستقیم و کانال/دیفیوزر خمیده پرداخت.

یکی از اساسی ترین زمینه های استفاده سیم اغتشاش ساز که اکثر حجم تحقیق و کار آزمایشگاهی ما را به خود اختصاص می دهد سیلندر ها می باشندوقتی سیالی در حال عبور از روی یک ساختار مهندسی همچون سیلندر می باشد، باعث اعمال نیروهای ثابت و نوسانی بر پیکره مجموعه می گردد، به گونه ای که روشهای متعددی برای کاهش نیروهای سیالی عامل بر روی یک ساختار توسط زدراکوویچ [10]بررسی شده است. همچنین برای کنترل جریان عبوری از روی سیلندر و دنباله آن می توان از روشهای مختلفی همانند تغییرات سطحی سیلندر همچون نصب سیم اغتشاش ساز، نصب فین، ایجاد شیار روی سطح و یا استفاده از یک صفحه نازک که در موقعیت جریان بالا دستی سیلندر نصب می گردد و...[11,12,13,14] استفاده کرد که در این تحقیق دنباله سیلندر با توجه به نصب سیم اغتشاش ساز بررسی گردیده و نتایج بدست آمده با یکدیگر مقایسه شده است.

در این موضوع مطالعه اساسی توسط فیگ (Fage) و وارسپ (Warsap) (1929) [14] انجام شده است. آنها دو سیم اغتشاش ساز در موقعیت زاویه ای 65 درجه را به صورت متقارن بر روی سطح سیلندر قرار دادند و اثرات اغتشاش ساز را بر روی کاهش نیروی پسا در بازه انتقال رینولدز بررسی کردند. آنها اثرات تغییر زاویه را بر روی کاهش نیروی پسا بررسی نکردند. جیمز(James) و ترانگ (Truong) (1972) [15] و همچنین ایگاراشی (Igarashi) (1986) [16] تحقیق آزمایشگاهی را بر روی اثرات قطرهای مختلف و موقعیت های مختلف سیم اغتشاش ساز برای جریان عبوری از روی سیلندر در بازه رینولدزی، 10^4-10^5 با قطر سیم اغتشاش ساز d=0.6%D -6.3%D بررسی کردند. آنها مشاهده نمودند که استفاده از سیم اغتشاش ساز با قطر نسبی بزرگتر، گذار را در رینولدز های پایین تر محقق می سازد و همچنین با افزایش قطر سیم محل بهینه نصب سیم اغتشاش ساز با هدف کاهش نیروی پسا به طرف نقطه سکون حرکت می کند. نبراسکا

(Nebraska) و باتیل (Batill) (1993) [17] تحقیقاتی را بر روی سیلندر مجهز به سیم اغتشاش ساز و اثرات آن بر روی مشخصه های جریان و ضریب پسا و ضریب برآ و همچنین عدد استروهال را در زاویه نصب 0-180 روی سیلندر بررسی کردند. آنها نشان دادند ضرایب و مشخصه های جریان در بازه های زاویه ای معین مربوط به نصب سیم روی سیلندر، تغییرات خاصی می کند. به گونه ای در این بازه های مشخص عدد اشتروهال و ضریب پسا روند معکوس هم را دنبال می کنند. همچنین، پیرسی (Pearcey) و همکاران [18] نشان دادند برای تبدیل جریان رینولدز پایین به جریان بحرانی باید قطر سیمها کاملا بزرگ باشد. تحقیقاتی نیز برای اثرات میله اغتشاش ساز بر روی نیرو های سیالی نوسانی انجام شده است. هاور (Hover) و همکاران [19] یک سری مطالعاتی را بر روی اثرات برآمدگی و اتصالات روی سیلندر تحت عنوان سیم اغتشاش ساز، متصل شده بر سیلندر صاف را در یک جریان پایا بررسی نمودند. دراین تحقیق در رینولدز حدود 46000 تاثیر سیمها بر مشخصات دنباله، بارهای ناشی از گردابه ها و همچنین ارتعاشات بررسی می گردد. آنها دریافتند که برای یک سیلندر ثابت اثرات سیم اغتشاش ساز باعث کاهش چشمگیر نیروی برآ و نیروی پسا می گردد. در سال ۱۹۸۸ رامبرگ (Romberg) و پاپ (Popp) [20] اثرات سیم اغتشاش ساز را بر روی رفتار ناپایدار یک سیلندر انعطاف پذیر نصب شده در یک مجموعه ۱۸ الی ۲۰ تایی سیلندر را بررسی کردند. عالم (Alam) و همکاران [21] یک تحقیق تجربی را بر روی اثرات استفاده از سیم اغتشاش ساز برای نیرو های سیال پایا و نوسانی عامل بر روی سیلندر تنها و چندین سیلندر را بررسی نمودند. آنها به این نتیجه رسیدند زمانی که موقعیت زاویه ای سیم (α) تغییر می کند سه رژیم جریانی برای سیلندر مجهز به سیم اغتشاش ساز به وجود می آید.

همچنین در سال ۲۰۰۷، ژو (Zhou) و همکاران [22] یک تحقیق عددی در این زمینه انجام دادند. آنها در مقایسه اثرات رینولدز مشاهده کردند با افزایش رینولدز زاویه بهینه نصب سیم برای کاهش ضریب پسا به طرف نقطه سکون جریان حول سیلندر حرکت می کند. در تحقیق دیگر که آیبا (Aiba)و همکاران [23] انجام دادند اثرات سیم اغتشاش ساز را بر روی انتقال حرارت یک سیلندر بررسی نمودند. سیم به صورت ثابت بر روی سیلندر نصب شده بود و جریان سیال با رینولدز های مختلف از روی سیلندر عبور می کرد. آنها نتیجه گرفتند انتقال حرارت از سیلندر با عرض دنباله سیلندر ارتباط تنگاتنگی دارد. همچنین در سال 2010، عالم (Alam) و همکاران [24] با نصب سیم اغتشاش ساز در بازه ی زاویه ای مشخص به صورت متقارن بر روی سیلندر به بررسی پارامتر های جریان پرداختند. آنها در این تحقیق شاهد 5 رژیم جریانی عبوری از روی سیلندر با تغییر موقعیت زاویه ای سیم اغتشاش ساز بودند، که هر یک از پارامتر ها ی جریان با روند خاص خود تغییر می کند.

فصل سوم

تجهیزات آزمایشگاهی

برای انجام کلیه آزمایشات انجام شده در این تحقیق، از لوازم و تجهیزات آزمایشگاه تونل باد دانشگاه تربیت معلم سبزوار استفاده شده است. تجهیزات استفاده شده در این آزمایشها را می‌توان به بخشهای مهم زیر تقسیم کرد:

۳-۱) تونل باد

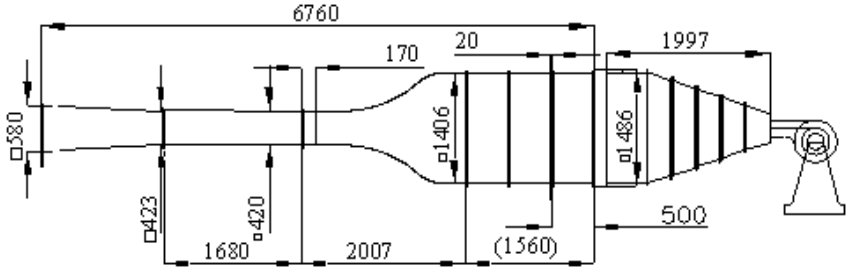
تونل باد یک وسیله آزمایشگاهی است که توانایی تولید جریان هوا در اتمسفر را دارد. به علت انجام آزمایشهای ساده و اقتصادی بر روی نمونه‌های تولید شده، تونل باد یکی از مهمترین وسائل طراحان در زمینه آیرودینامیک و ساخت هواپیما است. تونلهای باد را می‌توان از لحاظ سرعت جریان هوا، ابعاد و معیارهای دیگر تقسیم‌بندی کرد. سرعت در تونل باد مادون صوت با جریان تراکم‌ناپذیر محدوده عدد ماخ (۰/۳-۰)، تونل باد مادون‌صوت با جریان تراکم‌پذیر محدوده عدد ماخ (۰/۷-۰/۳)، تونل باد حوالی صوت محدوده عدد ماخ (۱/۳-۰/۷)، تونل باد مافوق صوت محدوده عدد ماخ (۵-۱/۳) و تونل باد ماورای صوت محدوده عدد ماخ (۱۰-۵) را داراست. با توجه به بازه سرعت جریان سیال مورد نظر برای کالیبراسیون دستگاه جریان‌سنج سیم داغ، می‌توان از تونل باد با بازه‌های مختلف سرعت استفاده نمود. از آنجایی که تونل باد مورد استفاده در این تحقیق قادر به تولید جریان حداکثر ۳۰ متر بر ثانیه می‌باشد.

تونل باد با سرعت کم از لحاظ مسیر جریان هوا به دو گروه تونل باد مداربار و مداربسته تقسیم‌بندی می‌شود. اساس یک دستگاه تونل باد مدار باز دمنده به این صورت است که جریان هوا توسط فن و از طریق دیفیوزر زاویه باز وارد اتاق آرامش می‌شود. این اتاقک شامل توری و شبکه‌های لانه زنبوری برای یکنواخت کردن و کم کردن اغتشاشات جریان ورودی است. سپس جریان هوا از طریق نازلی که سطح مقطع آن به تدریج کاهش می‌یابد، وارد اتاق آزمون می‌شود. اتاق آزمون مکانی است که در آن جریان سیال به صورت دلخواه و مطلوب است و می‌توان مدلها را در آن مورد آزمایش قرار داد

تونل باد مادون صوت مورد استفاده در این تحقیق، از نوع دمشی با مقطع آزمون ۴۰×۴۰ سانتیمتر مربع و طول محفظه آزمون ۱۶۸ سانتیمتر می‌باشد[1]. همچنین با تغییر فرکانس موتور این تونل می‌توان سرعت جریان داخل تونل باد را از ۰ تا ۳۰ متر بر ثانیه تغییر داد که در عمل می‌توان در محدوده سرعت ۲۸-۵ متر بر ثانیه نتایج درستی از آزمایشها گرفت. برای سرعتهای کمتر از این بازه سرعت ورودی و لوله پیتوت دارای دقت لازم نخواهد بود و جریان یکنواختی نخواهیم داشت و در سرعتهای بزرگتر (در صورت دستیابی به آن) لرزش پراب

زیاد بوده و دقت دستگاه کاهش می‌یابد. نمایی از تونل باد مورد استفاده در این تحقیق در شکل(۳-۱) آمده است.

شکل(۳-۱): نمایی از تونل باد استفاده شده در این تحقیق



شکل(۳-۲): شکل شماتیک تونل باد استفاده شده در این تحقیق