

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی

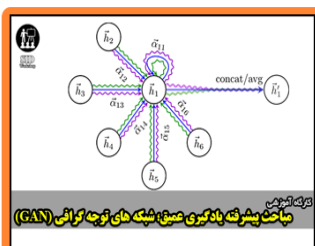


عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



تازه آموزش
مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (GAN)

مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



تازه آموزش
آموزش استفاده از وب آو ساینس

کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی

بررسی تجربی اثرات سیم اغتشاش ساز بر روی مشخصه های دنباله

ایرفویل متقارن و سیلندر دایره ای

مهدی کرمی^۱، امیر بک خوشنویس^۲

گروه مکانیک، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه حکیم سبزواری

چکیده

در این تحقیق اثر نصب سیم اغتشاش ساز بر روی پارامترهای جریان دنباله ایرفویل متقارن و سیلندر دایره ای در عدد رینولدز ۳۷۸۰ برای ایرفویل و عدد رینولدز ۳۰۰۰۰ برای سیلندر به صورت تجربی بررسی شده است. قطر سیم های استفاده شده برابر ۰.۵، ۱.۵، ۱.۵ mm می باشند. سیم در ماکزیمم ضخامت ایرفویل NACA0012 و در سیلندر دایره ای در زوایای $\alpha = 14, 40$ نصب گردیده، و قطر آن برای بدست آوردن جریان های اغتشاشی مختلف تغییر کرده است. توان تولیدی برای هر کدام از آزمایشات یکسان و سیال هوا با سرعت ۲۰ متر بر ثانیه مورد آزمایش قرار گرفته است. این مطالعه نشان می دهد عرض و قله (کمینه سرعت) پروفیل های سرعت، با افزایش قطر سیم برای ایرفویل و سیلندر افزایش یافته است. نصب سیم با قطرهای مختلف بر روی ضخامت بیشینه ایرفویل باعث کاهش تقریباً یک نواخت سرعت دنباله می شود که این روند تا ایستگاه پایانی ادامه دارد ولی در مورد سیلندر دایره ای افزایش قطر سیم باعث کاهش سرعت دنباله تا ایستگاه مشخصی شده که با پایان این محدوده روند تغییرات سرعت عوض، و افزایش قطر سیم باعث افزایش سرعت دنباله می شود که با پیشروی در ایستگاه های بعدی مشاهده می شود که این روند دوباره کاهش پیدا کرده است. یا به عبارتی پارامتر تفاضل سرعت دارای روند کاهشی-افزایشی-کاهشی می باشد. در نتیجه می توان بیان کرد که نصب سیم اغتشاش ساز بر روی سیلندر می توان تا محدوده خاصی از اطراف سیلندر باعث بهبود روند تغییرات دنباله شود. همچنین آزمایشات نشان می دهد مقادیر قله کاهش سرعت w_0 در سیلندر با سیم اغتشاش ساز در مقایسه با یک سیلندر صاف عموماً کاهش یافته است.

واژه های کلیدی: جریان سنج سیم داغ - سیم اغتشاش ساز - دنباله - ایرفویل NACA0012 - سیلندر دایره ای.

مقدمه

مطالعه جریان دارای اصطکاک و تراکم ناپذیر حول ایرفویل از مسائل کلاسیک و مهم مکانیک سیالات بشمار می آید. جریان روی سیلندر به صورت عملی با بسیری از کاربردهای مهندسی همچون وسایل نقلیه، پل ها و ساختمان ها و سایر ساختارهای مهندسی درگیر می باشد. دنباله جریان سیلندر می تواند باعث نیروهای ناپایایی گردد که توانایی زیادی برای تخریب تمام ساختارهای بدنه ای دارد. علت تحقیقات بر روی این گونه پیکربندی ناشی از علاقه به فهم بارهای روی ساختارها با توجه به حرکت سیال و کنترل بیشتر جریان سیال برای کاهش نیروی سیالی که سبب تخریب ساختارها تحت شرایط نامطلوب می گردد، می باشد. از آنجایی که روش های تئوری و محاسبات هنوز با طراحی عملی مهندسی فاصله دارد، از روش های تجربی استفاده می کنند که یکی از این روش ها تونل باد است که اغلب تنها روشی می باشد که برای تعیین درست پارامترهای جریان بویژه پسی مدل ها 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] و ... را نام برد. برای کنترل جریان عبوری از روی سیلندر و دنباله آن می توان از روش های 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 استفاده کرد.

بررسی جریان حول ایرفویل و تاثیر عوامل موثر بر روی آن از سال ها قبل مورد توجه محققان بوده است. ژانگ (Zhang) و لیگرانی (Ligrani) [۴] اثرات زبری و اغتشاشات ورودی را بر روی دنباله ایرفویل در سرعت های مادون صوت به صورت تجربی مطالعه نمودند، و از این مطالعه نتیجه گرفتند که 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 ای بدون بعد کاهش می یابد و همچنین اغتشاشات ورودی جریان اثرات کمتری در سرعت دنباله دارد.

تایمر (Timmer) و رویج (Rooij) [۵] در سال ۲۰۰۳ در تونل باد، به بررسی تجربی اثرات سیم اغتشاش ساز نصب شده روی دماغه ایرفویل DU 93-W-210 پرداختند. قطر سیم ها ۱.۲ mm و ۲ mm و عدد رینولدز در تحقیق آنها $10^6 \times 2$ انتخاب شده است. آنها سیم ها را در موقعیت $C_l = 1\%$ ، $C_l = 0.5\%$ ، $C_l = 0.25\%$ ، $C_l = 0\%$ سطح فشار ایرفویل نصب کردند. نتایج تحقیق آنها نشان می دهد استفاده از سیم به قطر ۲ mm که در $C_l = 0.25\%$ نصب شده است، 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.

فرودونویج (Freudenreich) و همکاران [۶] توسط تونل باد و روش های عددی به بررسی اثرات رینولدز در محدوده $10^6 \times 10 - 10^6$ و زبری، روی ایرفویل DU97-300 که کاربرد در توربین های بادی دارد، پرداختند. آنها در بحث استفاده از زیر کننده ها، که شامل سیم اغتشاش ساز و نوار زیگزال بود، مشاهده کردند که 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 $(C_l/C_{l0})_{max}$ می گردد. فکودوم (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 نشان دادند سیم مورد نظر، بدون افزایش ضریب پسا عامل بهبود زاویه استال در ایرفویل می باشد. از طرف دیگر در زوایای حمله بزرگتر برای ایرفویل بدون سیم، شاهد جدایش جریان بزرگتری هستیم که استفاده از سیم این فرآیند را محدود می سازد، و باعث افزایش نیروی برآ و کارایی ایرفویل می گردد.

در ماکزیمم ضخامت ایرفویل به گونه‌ای که یکی در سطح بالایی و دیگری در سطح پایینی باشد نصب کرده، و برای سیلندر دو سیم به قطر mm ۰.۵ را به گونه‌ای که نسبت به افق دارای زاویه ۴۰ و ۱۴۰ می‌باشند روی سیلندر نصب شده، سپس ایرفویل و سیلندر را در محفظه تونل قرار داده و ایستگاه‌های مورد نظر را اندازه‌گیری می‌کنیم. نمودارهای مورد نظر برای ایرفویل و سیلندر مجهز به سیم اغتشاش‌ساز شامل نمودارهای مربوط به سرعت متوسط خواهد بود. در مرحله سوم نیز سیم به قطر mm ۱ را در همان موقعیت قبلی برای ایرفویل و سیلندر نصب کرده و اندازه‌گیری‌ها را در تونل باد برای سرعت ۲۰ m/s انجام داده می‌شود. در مرحله چهارم نیز همین روند را برای سیم mm ۱.۵ انجام شده است.

اعتبار سنجی

برای اعتبار سنجی کار حاضر به مقایسه پروفیل سرعت در رینولدز ۳۰۰۰۰ با نصب یک سیم در زاویه صفر درجه بر روی سیلندر می‌پردازیم که نتایج حاضر تطابق خوبی را با کار نبریز (Nebres) و بیتیل (Batil) [۱۰] در شکل ۴ نشان می‌دهد.

بحث و نتایج

در شکل ۵a پروفیل‌های سرعت بی‌بعد مربوط به ایرفویل صاف و ایرفویل دو سیمه با سه قطر سیم مختلف مشاهده می‌گردد که در امتداد x/c صرف نظر از قطر سیم‌ها، دهانه دنباله و همچنین قله نمودارها (مینیمم سرعت در دنباله) به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد و همچنین در یک ایستگاه خاص هر چه قطر سیم‌ها بیشتر گردد دهانه دنباله افزایش می‌یابد و یا به عبارتی باعث نفوذ برش در طبقات بالایی سیال عامل می‌گردد. همچنین با افزایش قطر سیم‌ها، قله دنباله در ایستگاه خاص به صورت جزئی افزایش پیدا می‌کند. از طرف دیگر با پیشروی در امتداد x/c دنباله همچنان متقارن باقی مانده و تاثیرات در محدوده دنباله می‌باشد. سرعت بدون بعد شده در خارج از دامنه‌ی دنباله برای هر چهار مرحله یکی می‌باشد.

در شکل ۵b پروفیل‌های سرعت بی‌بعد مربوط به سیلندر صاف و سیلندر دو سیمه با سه قطر سیم مختلف مشاهده می‌گردد که با افزایش فاصله از مدل در امتداد x/d ، توزیع جریان یکنواخت‌تر می‌شود. در ایستگاه اول (دقیقا پشت مدل) به دلیل کم بودن فشار، اختلاف فشار زیاد با جریان پتانسیل بوجود می‌آید. در این حالت تغییرات سرعت از دنباله به جریان پتانسیل در بالا و پایین مدل شدید است. به عبارت دیگر سرعت در بالا و پایین مدل گرادیان شدیدی پیدا می‌کند و U/U_{ref} از حدود ۰.۲ تا ۱.۳ تغییر می‌کند U_{ref} سرعت جریان آزاد یا سرعت مرجع است. به تدریج با دور شدن از مدل این گرادیان از بین می‌رود.

در نمودار کاهش سرعت شکل ۶a شاهد اختلاف مقداری بین مقادیر ایرفویل مجهز به سیم اغتشاش‌ساز با ایرفویل بدون سیم می‌باشیم. این مطلب خود را در موقعیت $x/c = ۰.۵$ نشان می‌دهد. ولی مقادیر مربوط به ایرفویل با سیم اغتشاش‌ساز، تفاوت چشمگیری ندارند، و می‌توان از روی نمودار فهمید که شیب نمودارها تقریباً با هم برابر می‌باشد، یا به عبارتی دیگر می‌توان گفت آهنگ کاهش سرعت مربوط به ۴ حالت با هم برابر می‌باشد، و فقط تفاوت آنها در شیب نمودارشان می‌باشد. همچنین از ظاهر نمودارها مشاهده می‌گردد که با پیشروی به ایستگاه‌های جلوتر شیب نمودارهای مربوط کاهش می‌یابد.

یکی دیگر از زمینه‌هایی که سیم اغتشاش‌ساز در آن به کار می‌رود سیلندرها می‌باشند، به گونه‌ای که در این موضوع، مطالعه اساسی توسط فیک (Fage) و ورسیب (Wrsap) [۸] انجام شده است. آنها دو سیم اغتشاش‌ساز در موقعیت زاویه‌ای ۶۵ درجه را به صورت متقارن بر روی سطح سیلندر قرار دادند و اثرات سیم اغتشاش‌ساز را بر روی کاهش نیروی پسا در بازه انتقال رینولدز بررسی کردند.

نبریسکا (James) و بیتیل (Truong) [۹] تحقیقاتی را بر روی سیلندر مجهز به سیم اغتشاش‌ساز انجام دادند و اثرات نصب سیم در زاویه ۱۸۰-۰ سیلندر را بر روی مشخصه‌های جریان و ضریب پسا و برآ و همچنین عدد استروهل، بررسی کردند. آنها نشان دادند ضرایب و مشخصه‌های جریان در بازه‌های زاویه‌ای معین مربوط به نصب سیم روی سیلندر تغییرات خاصی می‌کند. به گونه‌ای که در این بازه‌های مشخص عدد استروهل و ضریب پسا روند معکوس هم را دنبال می‌کنند.

هدف این تحقیق بررسی اثرات نصب سیم اغتشاش‌ساز و همچنین قطر آن بر روی مشخصه‌های دنباله ایرفویل متقارن و سیلندر دایره‌ای می‌باشد، به گونه‌ای که روند تغییر پروفیل‌های سرعت بررسی و مقایسه می‌گردد. این تحقیق اطلاعات جدیدی را در مورد مقایسه تاثیر سیم اغتشاش‌ساز بر روی دنباله ایرفویل NACA0012 و سیلندر دایره‌ای جمع‌آوری و با هم مقایسه کرده است.

شرایط آزمایش

دستگاه تونل باد ساخت شرکت فرانسجش صبا مورد آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده که از نوع دمنده، مدار باز و دارای اتاقک آزمایشی از جنس پلکسی گلاس با طول ۱۶۸، عرض و ارتفاع ۴۰ سانتیمتر می‌باشد. به منظور اندازه‌گیری سرعت در دنباله از یک سرعت سنج سیم داغ یک بعدی که از جنس تنگستن ۵ میکرون که توسط مکانیزم انتقال دهنده پراپ که دارای سه موتور پله‌ای که قادر به حرکت در سه جهت با دقت ۰.۱ میلیمتر می‌باشد استفاده شده است. کنترل حرکت مکانیزم انتقال دهنده پراپ توسط نرم افزار مربوطه و از طریق درگاه سریال رایانه انجام می‌شود. سرعت تونل باد را با کنترل دورفن تعبیه شده در آن می‌توان از ۰-۳۰ متر بر ثانیه تغییر داد.

در این تحقیق توان تولیدی برای هر کدام از آزمایشات یکسان انتخاب شده است. سیال هوا با سرعت ۲۰ متر بر ثانیه مورد آزمایش قرار گرفته است. در شکل ۲ داده برداری برای ایرفویل در ایستگاه‌های $x/c = ۰.۵, ۱.۵, ۲.۰$ ، و برای سیلندر در ایستگاه‌های $x/d = ۰.۲۵, ۱.۵, ۱.۰$ نشان داده شده است، که x فاصله از لبه فرار ایرفویل و سیلندر، c وتر ایرفویل و d قطر سیلندر می‌باشد. پارامتر کاهش سرعت W_0 و نصف دنباله در نصف عرض $b_{1/2}$ در شکل ۳ نشان داده شده است. پارامتر کاهش سرعت از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$W_{01} = \frac{U_{oc} - U_{1m}}{U_{oc}} \quad (1)$$

این آزمایشات در چهار مرحله انجام شده که به صورت زیر است:

مرحله‌ی اول نصب ایرفویل و سیلندر بدون سیم اغتشاش‌ساز در اتاقک آزمایش است که سرعت جریان آزاد ۲۰ متر بر ثانیه و شدت اغتشاشی ۰.۱ درصد اندازه‌گیری شده است. با توجه به شکل ۵ می‌توان نتیجه گرفت که به علت تقارن ایرفویل و سیلندر سرعت در خارج از دنباله متقارن می‌باشد که این امر صحیح قرار گرفتن ایرفویل و سیلندر در تونل باد را نشان می‌دهد. در مرحله‌ی دوم، دو سیم به قطر mm ۰.۵ و طول mm ۳۰۰ را

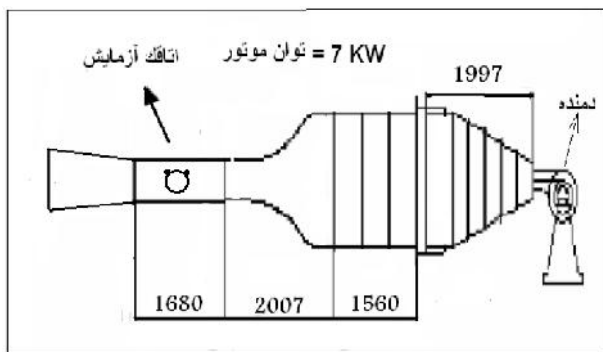
اغتشاش‌ساز بر روی سیلندر می‌توان تا محدوده خاصی از اطراف سیلندر باعث بهبود روند تغییرات دنباله شود.

- برای سیلندر از $x/d=5$ به بعد بیشترین W_0 و $b_{1/2}$ به ترتیب مربوط به سیلندر صاف و سیلندر با قطر سیم ۱.۵ میلی‌متر می‌باشد.

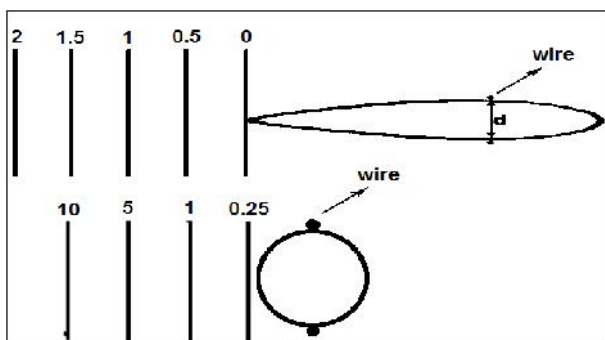
- مقادیر قله کاهش سرعت W_0 در سیلندر با سیم اغتشاش‌ساز در مقایسه با یک سیلندر صاف عموماً کاهش یافته است.

- در ایرفویل و سیلندر با ادامه جریان درامتداد x/c و x/d دنباله همچنان متقارن باقی مانده و تاثیرات در محدوده دنباله می‌باشد و سرعت در خارج از دامنه دنباله برای هر چهار ایستگاه داده برداری شده برای ایرفویل و سیلندر یکسان است.

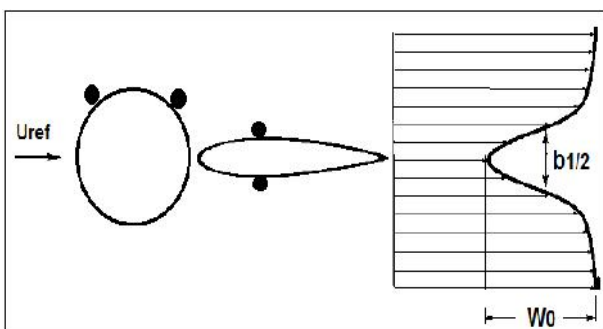
شکل‌ها و نمودارها



شکل ۱- نمای کلی از تونل باد



شکل ۲- مدل و ایستگاه‌های مختلف برای اندازه‌گیری سرعت



شکل ۳- پارامتر کاهش سرعت W_0 و نصف دهانه دنباله در نصف عرض $b_{1/2}$

در نمودار کاهش سرعت شکل ۶b برای سیلندر مجهز به سیم اغتشاش‌ساز می‌توان گفت تا ایستگاه $x/d=5$ قله پروفیل‌های سرعت (کمینه سرعت موجود در دنباله W_0) کاهش پیدا کرده و از این ایستگاه تا ایستگاه $x/d=10$ افزایش پیدا کرده سپس از ایستگاه $x/d=10$ به بعد باز کاهش پیدا می‌کند، یا به عبارتی پارامتر تفاضل سرعت دارای روند کاهش-افزایشی-کاهش می‌باشد.

با مقایسه دو نمودار ۶a و ۶b می‌توان نتیجه گرفت که نصب سیم با قطرهای مختلف بر روی ضخامت بیشینه ایرفویل باعث کاهش تقریباً یک نواخت سرعت دنباله می‌شود که این روند تا ایستگاه پایانی ادامه دارد ولی در مورد سیلندر دایره‌ای افزایش قطر سیم باعث کاهش سرعت دنباله تا ایستگاه مشخصی شده که با پایان این محدوده روند تغییرات سرعت عوض و افزایش قطر سیم باعث افزایش سرعت دنباله می‌شود که با پیشروی در ایستگاه‌های بعدی مشاهده می‌شود که این روند دوباره کاهش پیدا کرده است. در نتیجه می‌توان بیان کرد که نصب سیم اغتشاش‌ساز بر روی سیلندر می‌توان تا محدوده خاصی از اطراف سیلندر باعث بهبود روند تغییرات دنباله شود.

در نمودار ۷a در امتداد x/c بالاتر نصف دهانه دنباله در نصف عمق $b_{1/2}$ افزایش می‌یابد و با افزایش قطر سیم‌های نصب شده روی ماکزیمم ضخامت ایرفویل در یک ایستگاه خاص دهانه دنباله و همچنین قله نمودارهای پروفیل سرعت (کمینه سرعت دنباله) افزایش پیدا می‌کند. همچنین با پیشروی به ایستگاه‌های جلوتر دیده می‌شود که کمترین مقدار قله سرعت (بیشترین مقدار سرعت در دنباله) و نصف دهانه در نصف عمق مربوط به سیلندر دو سیمه با قطر سیم ۱ mm می‌باشد. برای سیلندر در نمودار ۷b و ۶b آشکار است که از $x/d=5$ به بعد بیشترین W_0 و $b_{1/2}$ به ترتیب مربوط به سیلندر صاف و سیلندر با قطر سیم ۱.۵ میلی‌متر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به مباحث عنوان شده می‌توان نتایج زیر را از آزمایش‌های انجام شده گرفت:

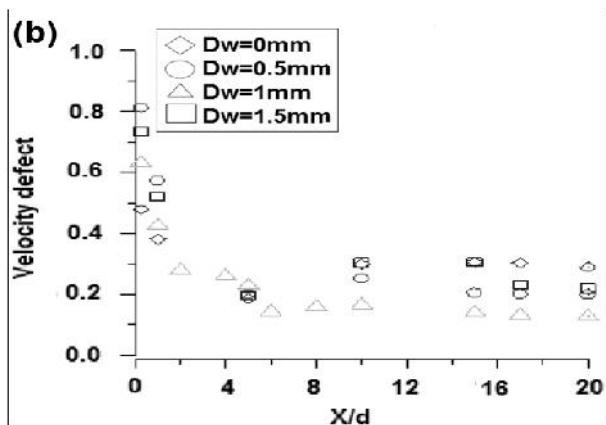
- نمودار سرعت متوسط به موقعیت داده برداری نسبت به ایرفویل و سیلندر وابسته است.

- پروفیل‌های سرعت متوسط به علت تقارن ایرفویل و سیلندر متقارن می‌باشند.

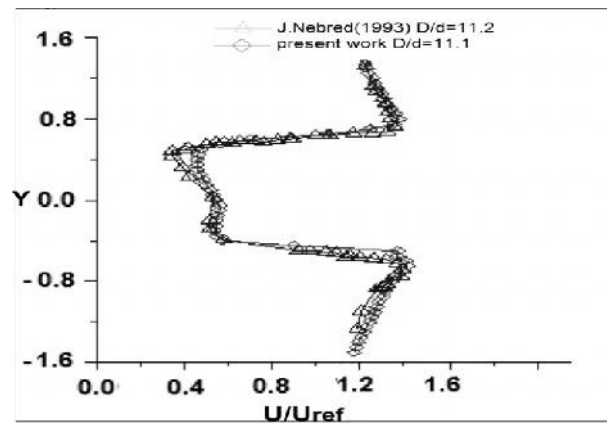
- نتایج برای ایرفویل با صرف نظر از قطر سیم‌ها نشان می‌دهد که در امتداد x/c ، دهانه دنباله و همچنین قله نمودارها (مینیمم سرعت در دنباله) به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد و همچنین در یک ایستگاه خاص هر چه قطر سیم‌ها بیشتر گردد دهانه دنباله افزایش می‌یابد.

- نتایج برای سیلندر با صرف نظر از قطر سیم‌ها در امتداد x/d نشان می‌دهد که روند تغییرات قله پروفیل سرعت W_0 و تغییرات نصف دهانه در نصف عمق به ترتیب کاهش-افزایشی-کاهش می‌باشد.

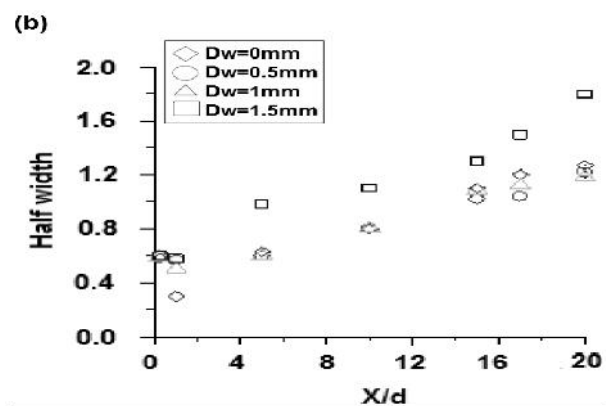
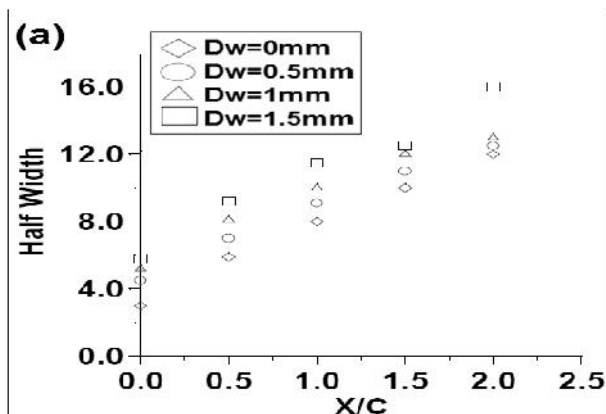
- نصب سیم با قطرهای مختلف بر روی ضخامت بیشینه ایرفویل باعث کاهش تقریباً یک نواخت سرعت دنباله شده، که این روند تا ایستگاه پایانی ادامه دارد ولی در مورد سیلندر دایره‌ای افزایش قطر سیم باعث کاهش سرعت دنباله تا ایستگاه مشخصی شده که با پایان این محدوده روند تغییرات سرعت عوض و افزایش قطر سیم باعث افزایش سرعت دنباله شده است. با پیشروی در ایستگاه‌های بعدی مشاهده می‌شود که این روند دوباره کاهش پیدا کرده است. در نتیجه می‌توان بیان کرد که نصب سیم



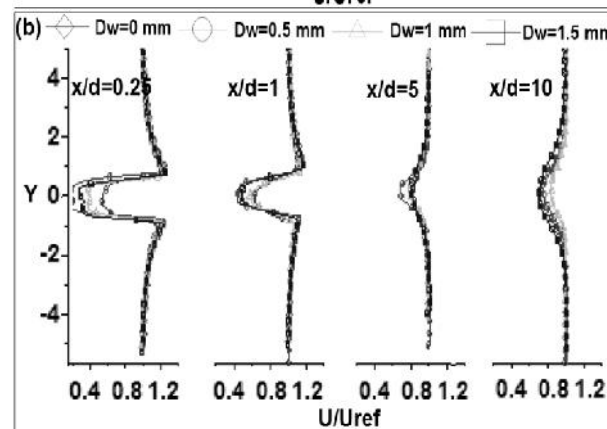
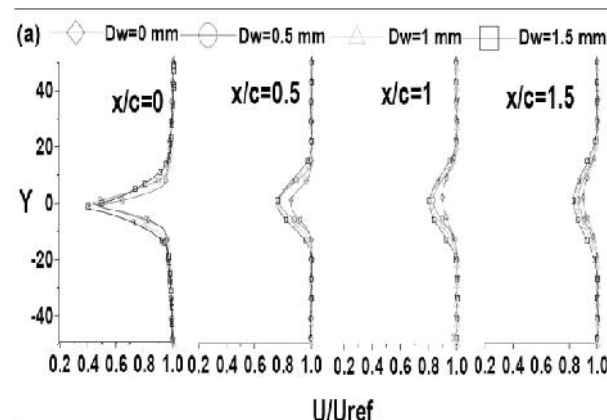
شکل ۶- نمودار تغییر سرعت (W_0) ایرفویل (a) و سیلندر (b) در ایستگاه‌های مختلف



شکل ۴- مقایسه پروفیل سرعت، زاویه نصب سیم در صفر درجه بر روی سیلندر



شکل ۷- نمودار تغییرات نصف دنباله در نصف عمق (b) ایرفویل (a) و سیلندر (b) در ایستگاه‌های مختلف



شکل ۵- نمودار سرعت بدون بعد برای ایرفویل (a) و سیلندر (b) بدون سیم اغتشاش‌ساز و با سیم اغتشاش‌ساز در قطرهای ۰.۵، ۱، ۱.۵ mm در سرعت ۲۰ متر بر ثانیه

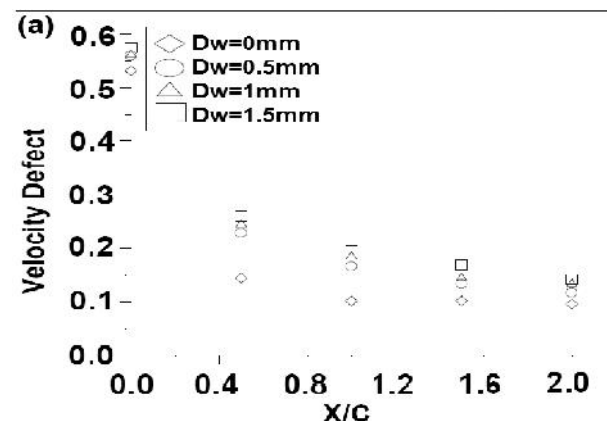
مراجع

[۱] دکتر محمدعلی اردکانی، جریان سنج سیم داغ، چاپ اول، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۸۵

[2] Norberg C, "Effect of Reynolds number and a low intensity freestream turbulence on the flow around circular cylinder", *Chalmers university of technology*, 1987.

[3] H. Utsunomiya, F. Nagao, Y. Ueno, M. Noda, "Basic study of blockage effects on bluff bodies", *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics* 247_256, 1993.

[4] Qiang Zhang, Phillip M. Ligrani, "Wake turbulence structure downstream of a cambered airfoil in transonic: Effect of surface roughness and freestream turbulence intensity", *Interantional Journal of Rotating Machinery*, Pages 1_12, 2006



- [5] W.A. Timmer and R.P.J.O.M. van Rooij, "SUMMARY OF THE DELFT UNIVERSITY WIND TURBINE DEDICATED AIRFOILS ", *AIAA-2003-0352*.
- [6] K.Freudenreich, K.Kaiser, A.P.Schaffarczyk, H.Winkler, B.Stahl, "Reynolds Number and Roughness Effect on Thick Airfoil for Wind Turbines", *Wind engineering, Volume 28*, No. 5, 2004.
- [7] Keiko Fukudome, Masashi Watanabe, Akiyoshi Iida, Akisato Mizuno, " Separation Control of High Angle of Attack Airfoil for Vertical Axis Wind Turbines", *AI AA*, Vol .39, No.9, September 2001.
- [8] Fage, A. and Warsap, J. H., 1929, "The Effects Turbulence and Surface Roughness on the Drag of a Circular Cylinder," *Aeronautical Research Council Reports and Memoranda No. 1283*, pp. 1-14.
- [9] James, D. F. and Truong, Q. T., 1972, "Wind Load on a Cylinder with a Span wise Protrusion," *Journal of the Engineering Mechanics Division*. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 98, pp. 1573-1589.
- [10] Nebres, J. and Batill, S., 1993, "Flow about a Circular Cylinder with a Single Large-Scale Surface Perturbation," *Experiments in Fluids*, Vol. 15, pp. 369-379.

SID



سرویس های
ویژه



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی

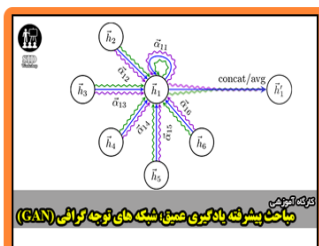


عضویت در
خبرنامه



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی