

محاسبه تنش های رینولدز در جریان پشت (دنباله) و روی یک استوانه با مقطع مستطیلی با استفاده از روش ورتکس های تصادفی

محسن کهرم

دانشیار دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

صندوق پستی ۱۱۱۱ - ۹۱۷۵۵

E-mail: kahrom_m@yahoo.com

بهرروز ظفرمند

استادیار علمی - صنعتی مجتمع عالی آموزشی پژوهشی

صنعت آب و برق خراسان مشهد - صندوق پستی ۴۳۵ - ۹۱۷۳۵

E:mail: bzafarmand1@yahoo.com

چکیده: بطور کلی جریان آشفته علاوه بر داشتن ماهیت سه بعدی، طبیعت نوسانی وابسته به زمان را نیز داراست طبیعتی که حل معادلات حاکم بر این جریان را با مشکل روبرو می سازد. اگر چه روابط مربوط به متوسط زمانی متغیرها برای حالت ها و هندسه های خاص می تواند کاربرد داشته باشد اما از عمومیت زیادی برخوردار نیستند. به عنوان مثال جریان بر روی یک مانع و تشکیل گردابه ها در پشت جسم^۱، طبیعتکاملاً^۲ وابسته به زمان داشته که با مدل های معمول توربولانس که بر اساس متوسط های زمانی عمل می کنند قابل توجیه نمی باشند و درست به همین خاطر برای بررسی این نوع جریان ها باید به تجربه و اندازه گیری روی آورده و یا باید از حل مستقیم معادلات حرکت استفاده نمود که خود پیچیدگی های فراوان دارد. یکی از مدل های موجود که می تواند معادلات ناویر-استوکس را بصورت تابعی از زمان حل نماید روش ورتکس های تصادفی^۳ است. در این روش چون میدان سرعت بطور لحظه ای محاسبه می شود می توان از آن برای جریان درهم که طبیعت وابسته به زمان دارد استفاده نمود. در این روش معادله ورتیسسته بدست آمده از معادلات ناویر-استوکس در دو مرحله جابجایی و پخش حل می شوند. در این تحقیق جریان با سرعت بالا بر روی یک مانع مستطیلی بررسی گردید. پس از محاسبه میدان سرعت لحظه ای و متوسط گیری زمانی، سرعت های متوسط و نوسان های سرعت و تانسور تنش های رینولدز با نتایج تجربی بدست آمده لین و ردی^۳ [۳] و همچنین لین، ایناو، ردی و پارک^۴ [۴] برای عدد رینولدز $Re = 22000$ مقایسه شدند. بزرگ بودن عناصر تانسور رینولدز به معنی بالا بودن شدت توربولانس و ناچیز بودن آن ها به معنی آرام بودن جریان در یک نقطه می باشد. بنابراین می توان آرام یا درهم بودن جریان را در هندسه های پیچیده برای یک عدد رینولدز، مشخص و معلوم نمود. همچنین با رسم لحظه ای توزیع میدان گردابه ها و خطوط جریان نمایش زیبای گردابه ها^۱ در منطقه پشت جسم (دنباله)^۵ قابل مشاهده می شود.

واژه های کلیدی: جریان درهم - جریان بر روی مانع مستطیلی - ورتکس های تصادفی

۱. مقدمه

تشکیل گردابه های کوچک و بزرگ در اطراف اجسام، جدایی جریان و محل شروع آن نقش تعیین کننده ای بر میدان های سرعت، فشار، درجه حرارت و... دارد. لذا بررسی و مطالعه این گردابه ها از اهمیت زیادی برخوردار است.

¹ Vortex Shedding
² Random Vortex Method
³ Lyn, & Rodi
⁴ Lyn, Einav, Rodi, & Park
⁵ Wake

گردابه های بوجود آمده و رها شده در جریان یکی از شاخص های مهم جریان در هم می باشد. حتی در جریان های ساده مانند جریان داخل یک کانال، اگر چه گردابه های با ساختمان های بزرگ وجود ندارند ولی گردابه ها با مقیاس های کوچک توربولانس موجودند که در پس جریان متوسط زمانی مخفی هستند.

در سال های اخیر تحقیقات گسترده ای بر روی این نوع جریان ها انجام گرفته که اساس اکثر تحقیقات مبتنی بر تجربه می باشد. در حوزه محاسبات نیز روش های مختلفی ارائه شده است.

روش عددی ورتکس های تصادفی جهت حل معادلات حرکت دو بعدی و تابع زمان سیالات غیر قابل تراکم در جریانهای آرام و درهم بخدمت گرفته می شود. در این روش با صفر نمودن سرعت مماسی بر روی دیواره ها، تعدادی ورتکس با سیرکولاسیون محدود بوجود می آیند. محاسبات در زمانهای مختلف با حل معادله انتقال ورتیسیتیه در دو مرحله جابجایی و پخش انجام می گیرد. میدان سرعت لحظه ای نیز با انتگرال گیری از معادله پیوستگی و معادله مربوط به تعریف ورتیسیتیه حاصل می گردد و در نهایت میدان فشار لحظه ای نیز می تواند از حل معادله پواسونی که فشار را به مشتقات سرعت لحظه ای ربط می دهد، بدست آید.

۲. معادلات حاکم

معادله پیوستگی و معادلات حرکت دو بعدی و تابع زمان بصورت زیر هستند:

$$\nabla \cdot U = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} + U \cdot \nabla U = -\nabla P + \frac{1}{\text{Re}} \nabla^2 U \quad (2)$$

که $U(u, v)$ و $X = (x, y)$ بترتیب بردار سرعت و بردار موقعیت هستند که توسط یک سرعت مرجع U_0 و یک طول مرجع H بی بعد شده اند. τ زمان بی بعد شده، P فشار بی بعد شده، $\text{Re} = \frac{\rho U_0 H}{\mu}$ عدد رینولدز، ρ چگالی و μ لزجت سیال می باشد.

شرایط مرزی عبارتند از: $U = (0, 0)$ بر روی دیواره ها و $U = (1, 0)$ سرعت در بالا دست جریان. شرط اولیه نیز عبارتست از جریان پتانسیل و غیر لزج در تمام میدان. معادله انتقال ورتیسیتیه در دو بعد بصورت زیر است:

$$\frac{\partial \omega}{\partial \tau} + U \cdot \nabla \omega = \frac{1}{\text{Re}} \nabla^2 \omega \quad (3)$$

در این روش، معادله فوق در دو مرحله جابجایی و پخش حل می شود. در مرحله جابجایی تعداد زیادی ورتکس (که در واقع توزیع ω هستند) دارای حرکت لاگرانژی بوده و بر روی یکدیگر سرعت القاء می کنند. اگر N تعداد ورتکس ها، $W = u + iv$ سرعت مختلط، $z = x + iy$ موقعیت هر ورتکس ($i = \sqrt{-1}$) باشد، سرعت القاء شده از سوی ورتکس ها بر روی ورتکس j ام از رابطه زیر بدست می آید: [۱ - ۲ - ۵ - ۶].

$$\overline{W}(z_j) = \sum_{i=1, i \neq j}^N \frac{-i\Gamma_i |z_j - z_i|}{2\pi \text{Max}(|z_j - z_i|, \delta)} \frac{1}{z_j - z_i} \quad (4)$$

که \bar{W} مزدوج سرعت، δ شعاع و Γ_i سیرکلاسیون هر ورتکس می باشد. برای صفر کردن سرعت عمودی بر روی دیواره، از انتقال همدیس شوارتز - کریستوفل استفاده می شود. این انتقال قسمت روی جسم را به نیم صفحه بالایی صفحه انتقال (t) نقش می کند و برای از بین بردن سرعت قائم القاء شده توسط ورتکس ها، از تصویر ورتکس استفاده می شود که مولفه قائم سرعت موجود بر روی دیواره را از بین می برد. اگر U_s سرعت مماسی بر روی دیواره باشد، سیر کولاسیون مورد نیاز جهت از بین بردن این سرعت، عبارتست از:

$$\Gamma = -\oint U_s \cdot ds \quad (5)$$

که S جهت مماس بر سطح است. بدین ترتیب ورتکس ها بخاطر صفر شدن سرعت لغزشی روی دیواره، بوجود می آیند و توسط پخش از دیواره جدا شده و وارد جریان اصلی می شوند و در مرحله بعد توسط پخش و توسط جابجایی (معادله ۴) به حرکت خود ادامه می دهند.

دومین گام انتقال ورتیسسته با جابجایی تصادفی ورتکس ها بر اساس یک متغیر تصادفی گوسی انجام می گیرد. حل مرحله پخش انتقال ورتیسسته عبارتست از دو جابجایی عمود بر هم که در واقع متغیرهای تصادفی با توزیع گوسی، مقدار متوسط صفر و انحراف از معیار $\sqrt{\frac{2\Delta\tau}{\text{Re}}}$ هستند که $\Delta\tau$ گام زمانی محاسبه می باشد. بنابراین اگر $Z_j(\tau)$ موقعیت ورتکس j ام در زمان τ باشد، موقعیت آن در زمان $\tau + \Delta\tau$ از رابطه زیر بدست می آید:

$$z_j(\tau + \Delta\tau) = z_j(\tau) + W\Delta\tau + \eta_j \quad (6)$$

که $\eta_j = \eta_x + i\eta_y$ ، η_x و η_y متغیرهای تصادفی گوسی هستند. مزدوج سرعت W از رابطه زیر بدست می آید:

$$\bar{W}(z_j) = \left[\sum_{i=1, i \neq j}^N W(t_j, t_i) - \sum_{i=1}^N W(t_j, \bar{t}_i) + W_p(t_j) \right] F(t_j) \quad (7)$$

جمله اول این رابطه، مجموعه سرعت های القاء شده توسط ورتکس ها، جمله دوم مجموعه سرعت های القاء شده توسط تصاویر ورتکس ها بر روی ورتکس j ام، جمله سوم سرعت پتانسیل عبوری از نقطه z_j و $F(t_j)$ تابع انتقال شوارتز کریستوفل می باشد [۶-۵-۲].

۳. مشخصات هندسه مورد بررسی

لین و ردی [۳]، و لین، ایناو، ردی و پارک [۴]، به منظور اندازه گیری میدان سرعت متوسط و نوسان های سرعت از یک سیلندر با مقطع مربعی به ابعاد $392 \times 40 \times 40$ میلیمتر مکعب استفاده نمودند که داخل یک کانال آب با مقطع 392×560 میلیمتر مربع و سرعت جریان آزاد 0.54 متر بر ثانیه قرار داشت. لذا عدد رینولدز بر مبنای ضلع مربع و سرعت جریان آزاد آب، حدود 22000 می باشد.

اندازه گیری توسط لیزر داپلر انجام و سرعت های متوسط در دو جهت \bar{u} و \bar{v} و تنش های رینولدز u'^2 ، v'^2 و $u'v'$ اندازه گیری و ثبت گردیدند.

تردید در صحت این نتایج تجربی برای سرعت‌های متوسط \bar{u} ، \bar{v} و تنش‌های متوسط عمودی $\overline{u'^2}$ و $\overline{v'^2}$ حدود ۵ درصد و برای تنش‌های توربولانس $\overline{u'v'}$ بین ۱۵ تا ۲۵ درصد اظهار شده است. به منظور مقایسه نتایج بدست آمده از مدل با نتایج تجربی فوق یک مقطع مربعی با ابعاد (۴۰×۴۰) میلی متر مربع و عدد رینولدز ۲۲۰۰۰ در نظر گرفته شد. تابع انتقال شوارتز- کریستوفل این هندسه به صورت زیر است:

$$F(t) = \frac{dt}{dz} = \sqrt{\frac{t^2 - b^2}{t^2 - c^2}} \quad (۸)$$

که b و c ثابت‌هایی هستند که از روابط زیر بدست می‌آیند:

$$\frac{f\left(\frac{c}{b}\right)}{f\left(\frac{\sqrt{b^2 - c^2}}{b}\right)} = \frac{l}{h} \quad \frac{l}{b} = f\left(\frac{c}{b}\right) \quad (۹)$$

که:

$$f(\alpha) = \alpha^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos^2(\phi) d\phi}{\sqrt{1 - \alpha^2 \sin^2 \phi}} \quad (۱۰)$$

h و l به ترتیب طول و عرض مستطیل می‌باشند. در این روابط $z = x + iy$ نقطه‌ای در صفحه فیزیکی، و t نقطه مختلط متناظر z در صفحه انتقال می‌باشد. بر اساس این انتقال، صفحه فیزیکی z به نیم صفحه بالایی صفحه t نقش می‌گردد که سرعت پتانسیل در این صفحه یکنواخت و به موازات آن می‌باشد. شکل ۱ هندسه مورد نظر در صفحه فیزیکی z و صفحه انتقال t را نشان می‌دهد که جریان پتانسیل بر روی صفحات نمایش داده شده است.

محاسبه با یک جریان پتانسیل بر روی مستطیل آغاز و با ارضاء شرایط عدم لغزشی بر روی دیواره‌ها، ورتکس‌ها تولید و به میدان جریان راه می‌یابند. پس از آنکه تعداد ورتکس‌ها در میدان فیزیک به مقدار ثابتی رسید می‌توان سرعت در هر نقطه از جریان را از رابطه‌ای مشابه رابطه (۷) (بدون محدودیت $j \neq i$ در جمله اول) بدست آورد. چنین میدان سرعتی، لحظه‌ای است و برای بدست آوردن سرعت متوسط باید در چندین گام زمانی محاسبه را تکرار و سپس متوسط گیری نمود. پس از بدست آوردن سرعت متوسط می‌توان نوسان‌های سرعت یعنی u' و v' آنگاه عناصر تنش تانسور رینولدز $\overline{u'v'}$ ، $\overline{u'^2}$ و $\overline{v'^2}$ را بدست آورد.

برای حصول به یک نتیجه دقیق باید تعداد ورتکس‌ها در دامنه فیزیک زیاد باشد به همین خاطر مقدار سیرکلاسیون اختصاص داده شده به هر ورتکس $\Gamma_m = 0.005$ در نظر گرفته شد. همچنین گام زمانی $\Delta\tau$ در این روش نقش اساسی دارد. هرچه مقدار آن کمتر باشد جواب دقیق‌تر خواهد بود. $\Delta\tau$ بین 0.001 و 0.01 نتایج خوبی دارد.

اگرچه Γ_m و $\Delta\tau$ کوچک‌تر، جواب‌های دقیق‌تر را به دنبال دارد اما تعداد ورتکس‌ها ی موجود در قلمروی فیزیکی افزایش یافته و زمان اجرای برنامه زیاد خواهد شد. بعنوان مثال زمان اجرای یک بار برنامه بر اساس $\Gamma_m = 0.005$ و $\Delta\tau = 0.005$ ، ۲۴ ساعت بر روی رایانه پنتیوم ۴ می‌باشد.

۴. بررسی نتایج

همان طور که گفته شد شکل ۱ صفحه فیزیکی Z با مختصات بخدمت گرفته شده و صفحه انتقال t را با حضور جریان پتانسیل (به عنوان مثال) نشان می دهد. نقاط A, B, C در صفحه فیزیک و نقاط متناظر آن ها a, b, c در صفحه انتقال نیز نشان داده شده اند.

شکل ۲ توزیع لحظه ای گردابه ها (ورتکس ها) را در دو زمان مختلف نشان می دهد. موقعیت هر ورتکس با یک نقطه مشخص شده است. با مشاهده این گونه شکل ها، تولید گردابه های بزرگ و کوچک سیال نمایان می گردد. از آنجا که توزیع سرعت سیال نتیجه حرکت این گونه ورتکس ها بوده (القای سرعت توسط ورتکس ها) و حرکت این ورتکس ها نیز در زمان های مختلف کاملاً غیر همسان است، بار دیگر وابستگی سرعت ها و دیگر متغیرهای حرکت به زمان آشکار می شود.

شکل ۳ توزیع سرعت لحظه ای و خطوط جریان را در سه زمان مختلف ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ پای زمانی نشان می دهد. دیده می شود که توزیع سرعت در اطراف استوانه در زمان های مختلف کاملاً متفاوت است. دو منحنی آخر این شکل، توزیع سرعت متوسط زمانی و خطوط جریان مربوطه را نشان می دهد. متوسط گیری بر روی ۶۰۰ پای زمانی انجام گرفته است. اضافه می نماید که برای رسم خطوط جریان بر اساس تعریف تابع جریان و از رابطه $(\psi = \int u dy)$ استفاده شده است. روی جسم $\psi = 0$ است. بدیهی است که تابع جریان بدست آمده از این رابطه نیز لحظه ای است.

شکل ۴ پروفیل های سرعت متوسط طولی \bar{u} را در ۱۲ مقطع مختلف از $X^* = 0$ تا $X^* = 1/375$ نشان می دهد که با نتایج تجربی (*) (لین و ردی [۳]، و لین، اینانو، ردی و پارک [۴] مقایسه شده است.

شکل ۵ پروفیل های سرعت متوسط عرضی \bar{v} را در همان مقاطع و همراه با نتایج تجربی (*) نشان می دهد.

در شکل ۶ تغییرات انحراف از معیار نوسانات سرعت طولی $\sqrt{u'^2}$ و مقایسه آن با نتایج تجربی (*) آمده است که آن را با u' نمایش داده ایم. شکل ۷ نیز تغییرات انحراف از معیار نوسانات سرعت عرضی $\sqrt{v'^2}$ و مقایسه آن با نتایج تجربی (*) را نشان می دهد که آن را با v' نمایش داده ایم. شکل ۸ تغییرات $(u'v')$ را در همان ۱۲ مقطع و مقایسه آن با نتایج تجربی (*) نشان می دهد.

در کلیه موارد مقایسه نتایج حاصل از مدل با نتایج تجربی بسیار خوب و کاملاً قابل قبول بنظر می رسد.

از نکات قابل توجه، محاسبه مربوط به \bar{v} است که برای بدست آوردن مقدار دقیق آن نیاز به گام زمانی خیلی کوچک بود که این خود مستلزم طولانی تر شدن زمان اجرای برنامه گردید.

با توجه به قابلیت برنامه نوشته شده به راحتی می توان جریان بر روی استوانه با مقطع مستطیلی را برای اعداد رینولدز مختلف و همچنین برای نسبت های متفاوت طول به عرض بررسی نمود، به همین خاطر و فقط به عنوان ذکر مثال برای حالت نسبت طول به عرض برابر یک و عدد رینولدز ۱۰۰ برنامه اجرا گردید: در شکل ۹ دیده می شود که در زمان های مختلف این توزیع ها تقریباً مشابه هستند. و منطقه چرخشی سیال بعد از مانع، تقریباً در لحظات مختلف دارای شکل و فرم یکسانی است و به عبارت دیگر بین میدان سرعت لحظه ای و میدان سرعت متوسط تفاوت زیادی وجود ندارد و در واقع نوسان های سرعت ناچیز هستند. با مشاهده تغییرات v'^2 ، u'^2 و $u'v'$ در می یابیم که علیرغم منطقه بزرگ چرخشی در پشت مانع به علت کوچک بودن تنش های رینولدز جریان را می توان آرام قلمداد نمود. نوسان ها را به علت ناچیز بودن رسم نکرده ایم.

۵. نتیجه گیری و پیشنهادات

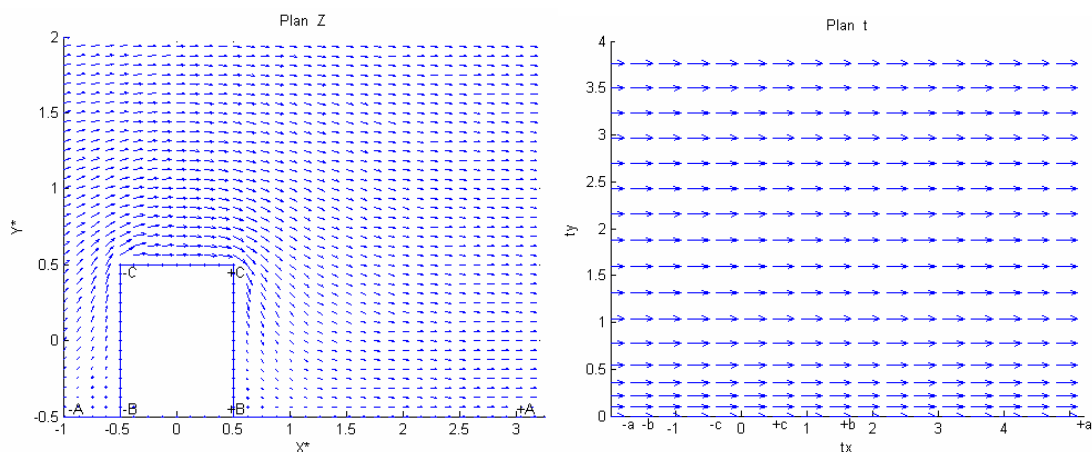
طبیعت وابسته به زمان بودن جریان درهم، مستلزم انتخاب یک مدل ریاضی وابسته به زمان برای این نوع جریان می باشد که در این جا از روش ورتکس های تصادفی استفاده شده است. این روش مبتنی بر مفاهیم فیزیکی جریان سیال می باشد. جریان بر روی یک استوانه با مقطع مستطیلی بررسی گردید، سرعت های متوسط و عناصر تانسور تنش رینولدز محاسبه و با نتایج تجربی در عدد رینولدز ۲۲۰۰۰ مقایسه گردیدند که نتایج بسیار رضایت بخش بود که نشان دهنده قابلیت بیش بینی بسیار بالای این روش در هندسه های پیچیده است. همچنین محاسبه خطوط جریان و رسم آنها مناطق بزرگ چرخشی

سیال را به راحتی قابل مشاهده می نماید. از آنجا که در این روش در هر گام زمانی توزیع سرعت لحظه ای محاسبه می شود از این روش برای جریان های دوفازی مانند حرکت حباب ها در یک میدان سیال می توان استفاده نمود. برای محاسبه مسیر حرکت هر حباب باید سرعت لحظه ای و مشتقات سرعت لحظه ای جریان مایع در نقطه حضور حباب معلوم باشد که با این روش به آسانی این امر میسر خواهد بود.

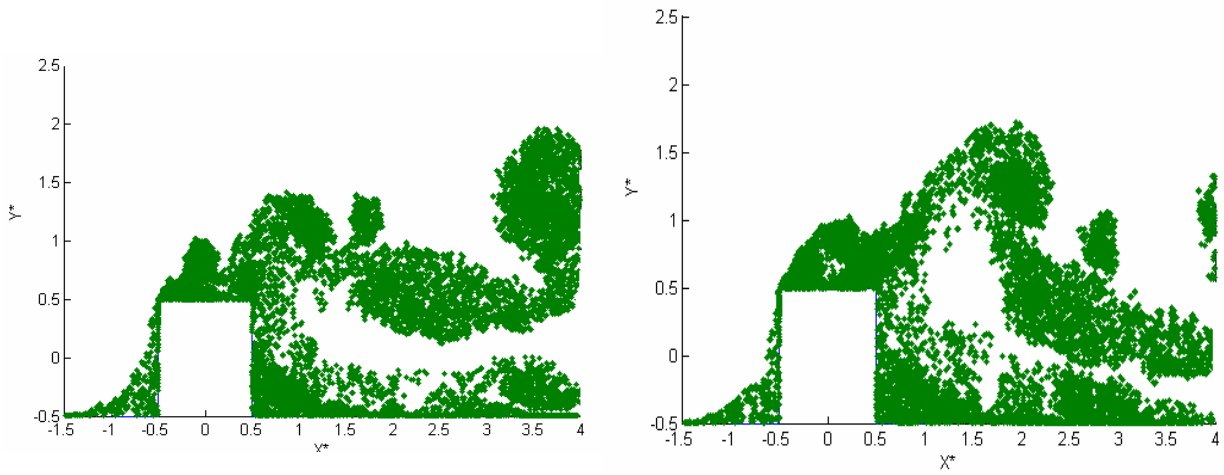
۶. مراجع

- [1] Chorin A.J. , Bernard P. , ” Discretization of a vortex sheet with an example of rool-up ” , Journal of computational physics , Vol.13, PP.423-428, 1973
- [2] Zafarmand.B, “Simulation Numerique des Ecoulements Turbulents et a Bulles dans un Canal simple et dans un Te par la Methode des Vortex Aleatoires”.These de Docteur de l’I.N.P.L. France. 1996
- [3] LYN, D.A.,RODI, W. “The Flapping Shear Layer Formed by the flow Separation from the Forward Corner of a Squar Cylinder”. J.Fluid Mech. 267,353, 1994
- [4] LYN,D.A.EINAV,S.,RODI,W.,PARK,J.H. ” A Laser Doppler Velocimeter Study of Ensemble Averaged Characteristic of the Turbulent Near Wake of a Squar Cylinder”. J.Fluid Mech. 304,28, 1995
- [۵] ظفرمند بهروز، "شبه سازی جریان های آرام ودرهم در داخل کانال های ساده و پیچیده با روش ورتکس های تصادفی." ۱۳۷۸. ششمین کنفرانس دینامیک شاره ها، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- [۶] ظفرمند بهروز. کهرم محسن. طوسی محمد رضا، "شبه سازی جریان های آرام ودرهم در داخل کانال با انبساط ناگهانی با روش ورتکس های تصادفی." ۱۳۸۰. نهمین کنفرانس دینامیک شاره ها، دانشگاه گیلان.

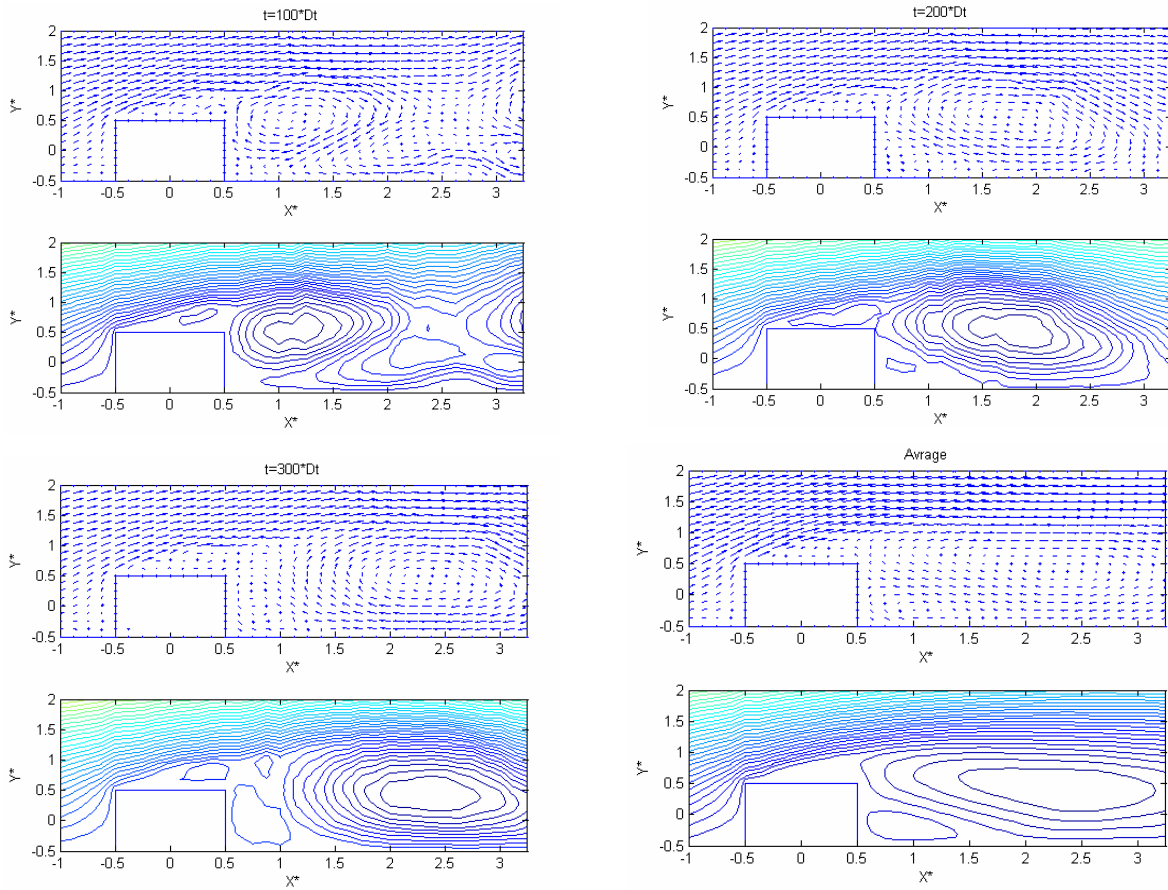
۷. شکل ها و منحنی ها



شکل ۱. نمایش هندسه جریان با مختصات بخدمت گرفته شده و صفحه انتقال با حضور جریان پتانسیل در دو صفحه

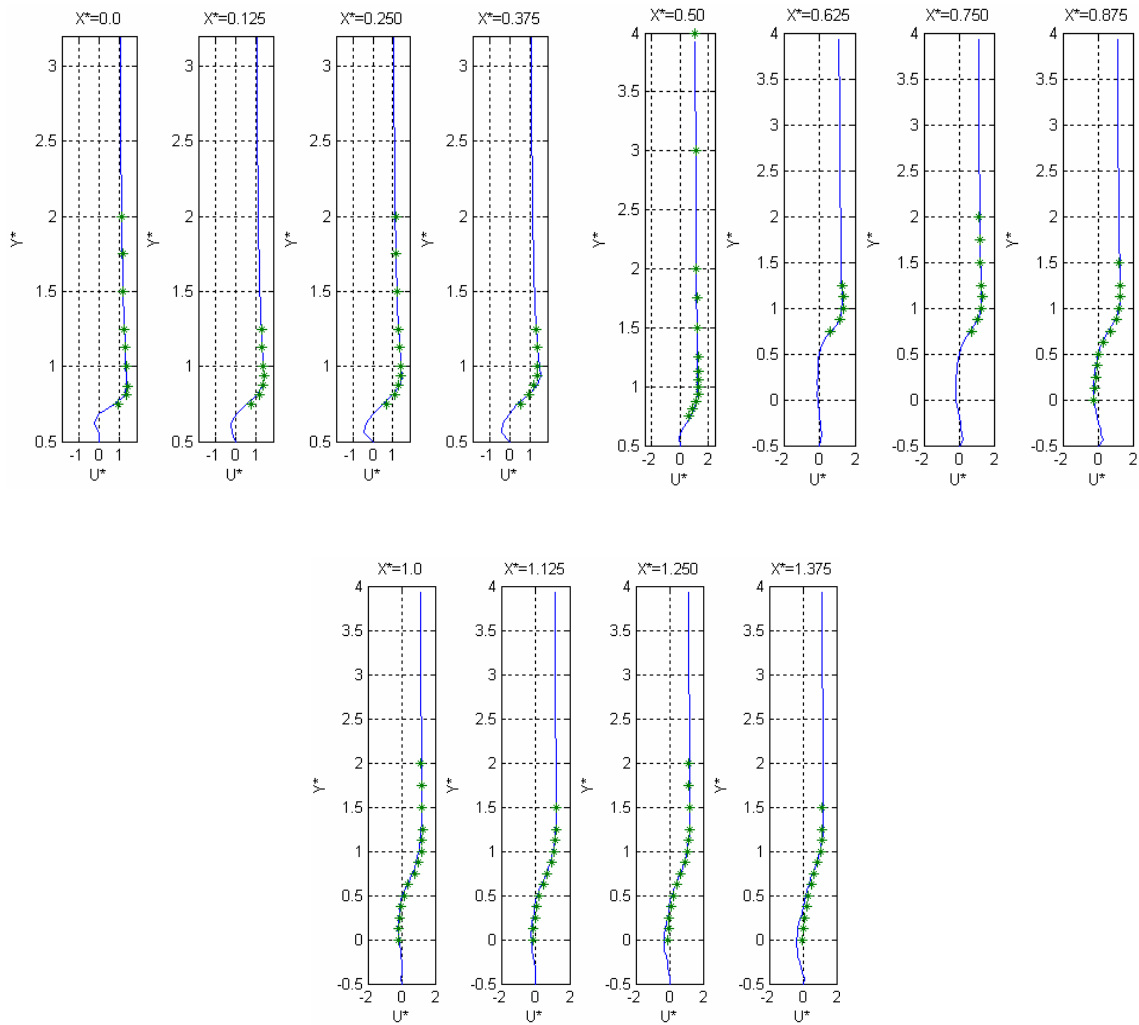


شکل ۲. توزیع لحظه ای ورتکس ها در دو زمان مختلف با $Re=22000$

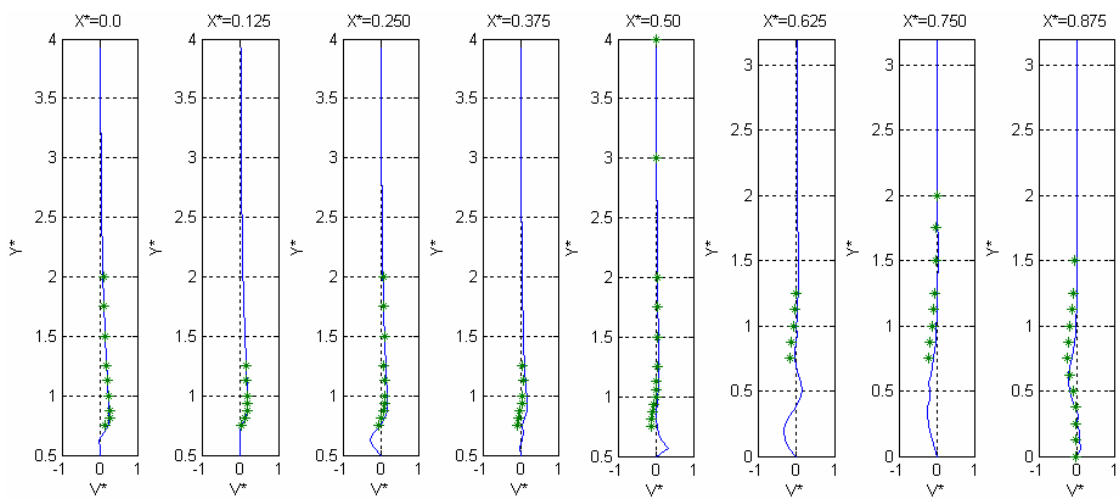


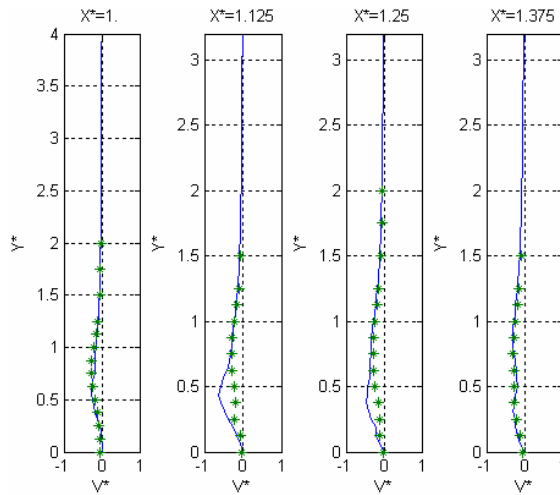
شکل ۳. توزیع سرعت لحظه ای و خطوط جریان در سه زمان مختلف و توزیع سرعت متوسط زمانی و خطوط جریان مربوطه (۲)

منحني پایین سمت راست) با $Re= 22000$

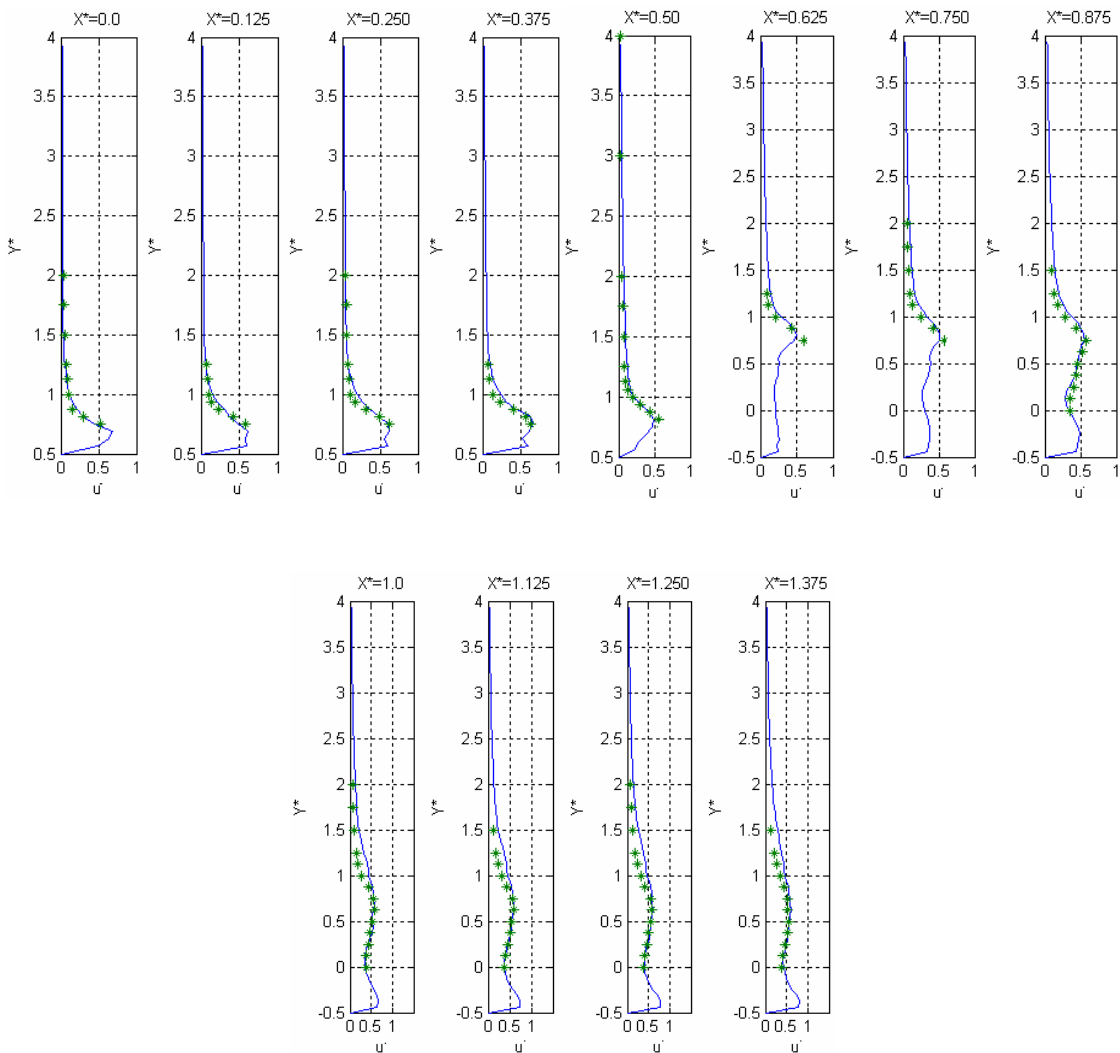


شکل ۴. پروفیل های سرعت طولی متوسط \bar{u} در ۱۲ مقطع مختلف و مقایسه آن با نتایج تجربی (*) با $Re = 22000$



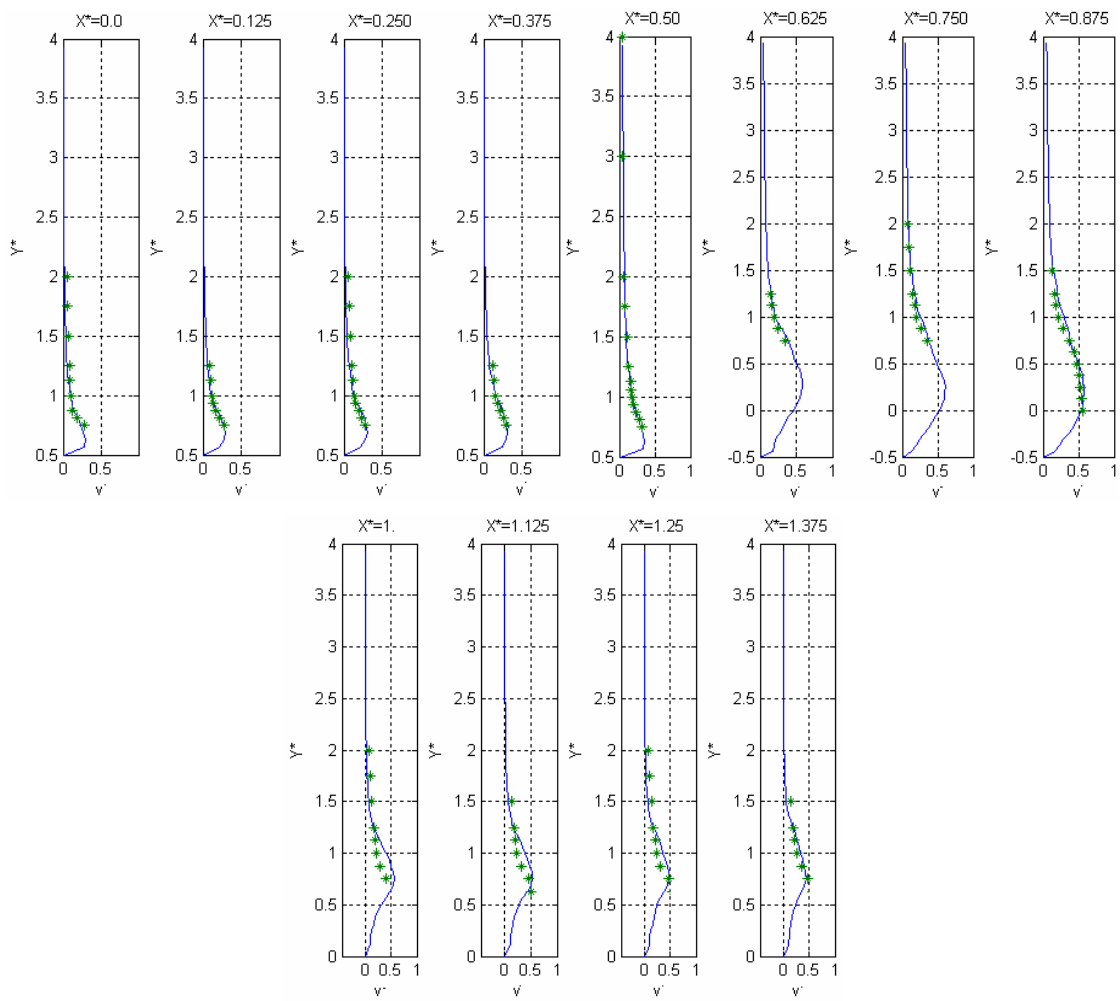


شکل ۵. پروفیل های سرعت عرضی متوسط \bar{V} در ۱۲ مقطع مختلف و مقایسه آن با نتایج تجربی (*) به ازای $Re = 22000$



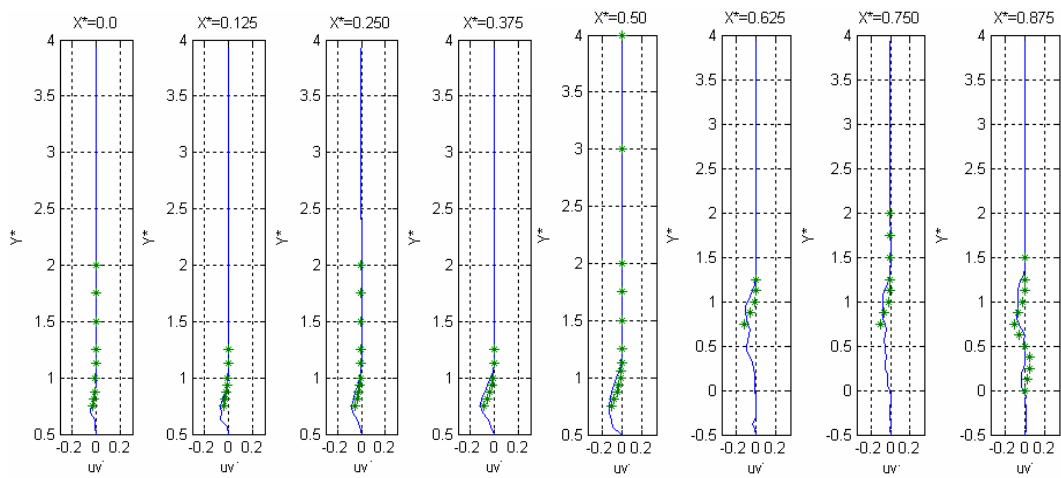
شکل ۶. تغییرات انحراف از معیار نوسان های سرعت طولی $\sqrt{u'^2}$ در مقاطع مختلف و مقایسه آنها با نتایج تجربی (*) به ازای

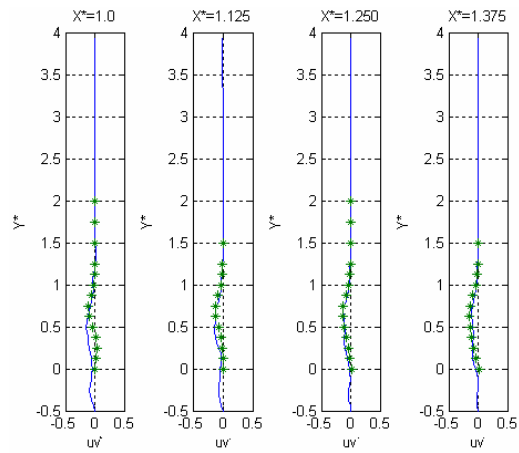
$$Re = 22000$$



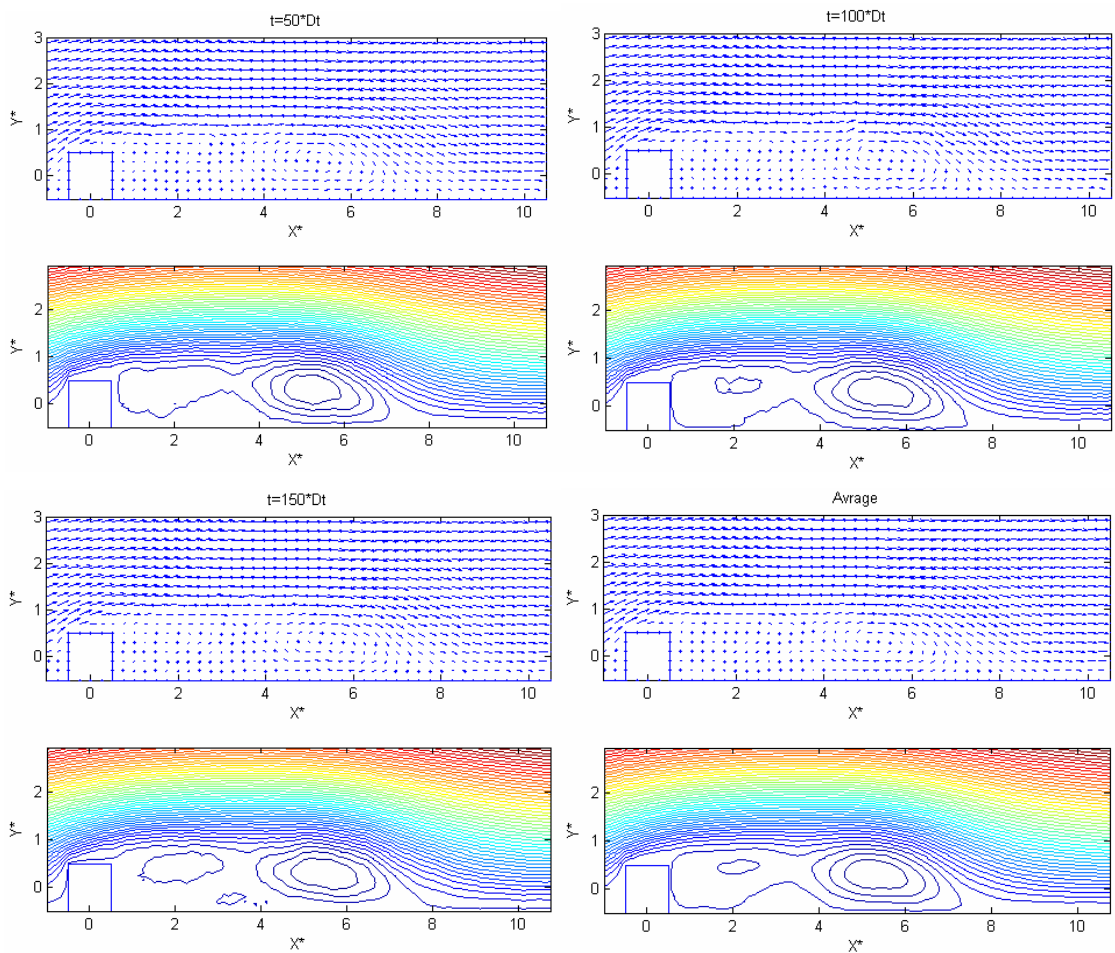
شکل ۷. تغییرات انحراف از معیار نوسان های سرعت عرضی $\sqrt{v'^2}$ در مقاطع مختلف و مقایسه آنها با نتایج تجربی (*) به ازای

$$Re = 22000$$





شکل ۸. تغییرات در همان مقاطع و مقایسه آنها با نتایج تجربی (*) به ازای $Re = 22000$



شکل ۹- توزیع سرعت لحظه ای و خطوط جریان در سه زمان مختلف و توزیع سرعت متوسط زمانی و خطوط جریان مربوطه (۲)

منحنی پایین سمت راست) به ازای $Re = 100$

A numerically Simulation of Turbulent Flow and Calculating Reynolds stress over and behind a Rectangular Cylinder by Random Vortex Method

Kahrom- Mohsen

Professor –Ferdowssi University
Mashhad- p.o.Box 91775-1111
E-mail: kahrom_m@yahoo.com

Zafarmand- Behrooz

Assistant professor-Khorasan
Water&Power Institute
Mashhad-p.o.Box 91735-435
E-mail:bzafarmand1@yahoo.com

ABSTRACT:

This work deals with numerical simulation of turbulent flows using the vortex blob method. The flow under consideration is a turbulent flow over and behind a rectangular cylinder. Due to fluctuating nature of turbulent flows, they have to be simulated as time dependent as is considered in our random vortex method. In this method, transport equation of vorticity is solved at two steps, convection and diffusion. The velocity field obtained by this method is instantaneous.

Instantaneous velocity, average velocity, velocity fluctuations causes of Reynolds stress, stream lines which put into evidence the recirculation zones, have been determined. Also with tracing the vorticity (vortex) distribution, demonstration and evolution of Vortex Shedding have been visualized.

The results that obtained have been compared with the experimental data of Lyn & Rodi [3] and Lyn, Einav, Rodi & Park [4] for Reynolds number equal to 22000.

The comparison is fully satisfactory.

Key word:

Turbulence 2D- Flow over and behind rectangular cylinder -Reynolds Stress -Random Vortex Method