



## Certificate

7<sup>th</sup> International Conference on  
Research in Engineering, Science and Technology

### Certificate of Oral Presentation

Dear Researcher

Mojtaba Mamourian

This is to certify that the Scientific Paper entitled:

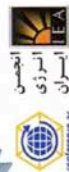
*"Numerical Investigation of the Effect of Positioning and Opening Angle of the Butterfly valves On their vibration levels"*

Has been accepted by the Scientific Committee in the 7<sup>th</sup> International Conference on Research in Engineering, Science and Technology, which was held on March 10, 2018 in Italy - Rome.



Scientific Committee Chairman

Dr. Masoud Alimardani



ایتالیا - رم  
Italy - Rome

www.restconf.com

March 10, 2018 | ۱۹ اسفند ۱۳۹۶

7REST98



## بررسی عددی تاثیر نحوه قرارگیری و زاویه بازشدگی شیرهای پروانه‌ای بر میزان ارتعاش آنها

کامل میلانی شیروان

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی مکانیک  
milani\_kamel@yahoo.com

علمدار بابائی

سرپرست مدیریت عملیات شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی

حسن اسعدی

سرپرست مدیریت پالایشگاه هفتم شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی

مجتبی ماموریان

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی مکانیک

مهناز سپردار

کارشناس واحد مهندسی پالایشگاه هفتم شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی

رضا رزمجو

کارشناس واحد آنالیز پالایشگاه هفتم شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی

### چکیده

در این کار به بررسی عددی دو شیر پروانه‌ای که بر روی یک خط لوله با دو زانویی  $90^\circ$  قرار گرفته‌اند، پرداخته می‌شود. هدف از اینکار، بررسی و آنالیز میزان ارتعاش تولید شده در شیرهای تحت تاثیر دو پارامتر: نحوه قرارگیری و زاویه بازشدگی شیرهای پروانه‌ای می‌باشد. مطالعه‌ی انجام شده بر روی جریان آشفته و به صورت عددی، دو بعدی، برای سیال کاری آب می‌باشد و از مدل آشفتگی  $k-\epsilon$  استفاده شده است. اینکار به تحلیل ویژگی‌های جریان در نزدیکی شیرها می‌پردازد که این ویژگی‌ها، شامل توزیع فشار و طیف فرکانسی نوسان فشار در پایین دست شیرها می‌باشد. نتایج این شبیه سازی نشان می‌دهد، زمانی که دو شیر در فواصل یکسانی از دو انتهای زانویی قرار دارند؛ کمترین میزان ارتعاش در کمترین مقدار خود است و با افزایش میزان بازشدگی در شیرها، از میزان ارتعاشات بر روی آنها کاسته می‌شود.

**واژگان کلیدی:** آنالیز ارتعاش، شیرهای پروانه‌ای، بررسی عددی، جریان آشفته.



## مقدمه

شیرهای پروانه‌ای به عنوان یکی از رایج‌ترین و در عین حال ساده‌ترین (از لحاظ ساختاری) شیرها شناخته می‌شوند، که کاربردهای فراوانی در واحدهای نفت، گاز و پتروشیمی دارند. ساختمان آن‌ها از سه بخش اصلی شامل نشیمنگاه شیر، یک صفحه مدور که تقریباً در وسط قرار دارد و محور نگهدارنده تشکیل شده است. این صفحه‌ی مدور داخل محفظه‌ای دایره‌ای، حول میله‌ای در حدود ۹۰ درجه قابلیت چرخش دارد و بوسیله اهرمی به قسمت حرکت دهنده شیر متصل می‌باشد. این محرک<sup>۱</sup> به دو صورت دستی یا بوسیله فشار هوا و یا برق قابلیت کار دارد. از مزایای اصلی شیرهای پروانه‌ای کوچک می‌توان به کاربرد آسان، نداشتن قطعات لغزنده و کشویی، کاهش افت فشار، قابلیت کنترل، عدم ترکیب مواد سازنده‌ی صفحه با فرآورده‌های عبورکننده بر روی آن از جمله مواد شیمیایی، سبکی وزن، ارزانی قیمت و تعمیرات ساده‌ی آنها اشاره نمود. ولی نقطه ضعفشان در این نکته می‌باشد که نیازمند به گریسکاری بصورت دوره‌ای می‌باشند. اصولاً شیرهای پروانه‌ای در واحدهایی که فشار حین کار در آن واحد کم باشد کاربرد دارد و از آنجا که افت فشار در این نوع شیرها در حداقل مقدار خود می‌باشد، کاربرد بسیار متداولی دارد. از دیگر ویژگی‌های این شیرها می‌توان به حداکثر رساندن سرعت جریان سیال در حداقل زمان ممکن اشاره نمود. این ویژگی، به خصوص در مورد کنترل فشار سیالات در مخازن یا برج‌های تحت فشار دارای اهمیت می‌باشد. همچنین از این نوع شیرها در انتقال حجم زیاد سیالات استفاده می‌شود. تمامی ویژگی‌های یاد شده برای این نوع شیرها، موجب گردیده است تا همکاری گسترده‌ای بین طراحان شیرهای پروانه‌ای و متخصصان در رشته فلز شناسی و رشته‌های پلاستیک و لاستیک سازی صورت گیرد تا بدینوسیله جنس صفحه‌ی متحرک و نشیمنگاه را تا حد ممکن سبک و قابل ارتجاع بسازند.

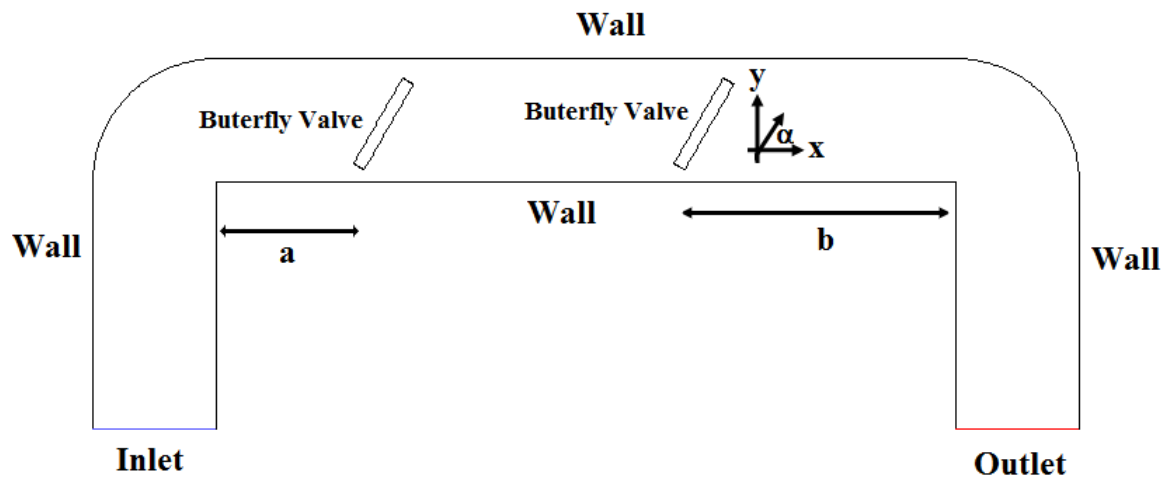
به دلیل مزایای فراوان شیرهای پروانه‌ای در صنایع، مطالعات و تحقیقات بسیاری بر روی شیرهای پروانه‌ای توسط محققین چه به صورت آزمایشگاهی و چه به صورت عددی صورت گرفته است. از آن جمله می‌توان به کارهایی مانند: کیمورا و تاناکا (۱۹۹۵) اشاره نمود که افت فشار موجود در شیرهای پروانه‌ای را به صورت تئوری مورد بررسی قرار گرفته داده‌اند. جیان و همکاران (۲۰۱۰) به مقایسه عملکرد شکل‌های مختلف شیرهای پروانه‌ای پرداخته‌اند. فنگ و همکاران (۲۰۰۹) بر روی شیرهای پروانه‌ای که دو خارج مرکزی دارند، مطالعاتی انجام دادند. آنها در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که این نوع طراحی در شیرها، پاسخ دینامیک آن را بهبود می‌دهد. سونگ و همکاران (۲۰۰۸) بر روی آنالیز ساختاری و افت فشار در شیرهای پروانه‌ای بزرگ مطالعاتی انجام دادند. چیوراپوئک و همکاران (۲۰۱۰) بر روی گردابه‌ها، به عنوان یک منبع اصلی در ارتعاشات صفحه مدور شیرهای پروانه‌ای مطالعاتی انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که این گردابه‌ها در نزدیکی نوک شیرهای پروانه‌ای ایجاد می‌شوند و زمانیکه صفحه‌ی مدور شیر در موقعیت بسته شدن قرار می‌گیرد، این گردابه‌ها افزایش می‌یابند. جریان‌ها در حد صوت در اطراف صفحه مدور شیر پروانه‌ای توسط حسن و همکاران (۲۰۰۹) مورد مطالعه قرار گرفت. در عمل، به دلایل اقتصادی، محدودیت جا و همچنین دسترس پذیری، سیستم لوله کشی ممکن است فشرده گردد و در نتیجه ممکن است شیرها در نزدیکی زانویی‌ها یا یکدیگر قرار گیرند. این عوامل می‌تواند منجر به ایجاد ارتعاشات نامطلوب و ایجاد نوسانات بر روی شیرها گردد. بدین منظور نیاز است تا به بررسی عوامل موثر بر ایجاد ارتعاش بر روی شیرهای پروانه‌ای به عنوان یکی از پرکاربردترین شیرها که در خطوط لوله استفاده می‌گردند؛ پرداخته شود. همانگونه که در بررسی مطالعات گذشته نیز کاملاً مشهود است، تا کنونی مطالعه‌ای در زمینه‌ی تاثیر قرار گیری شیرها و همچنین زاویه بازشدگی شیر بر میزان ارتعاشات شیر، صورت نگرفته است. بدین منظور در کار شبیه سازی حاضر، این موضوع مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

<sup>1</sup> actuator



## شرح مسئله

همانگونه که در شکل شماره ۱، مشاهده می‌شود؛ شماتیک مدل استفاده شده در این شبیه سازی، متشکل از یک لوله با دو زانویی ۹۰ درجه می‌باشد. در این لوله دو شیر پروانه‌ای قرار گرفته اند. فاصله شیر پروانه‌ای شماره ۱ از زانویی ۹۰ درجه برابر با  $a$  و فاصله شیر پروانه‌ای شماره ۲ از زانویی ۹۰ درجه برابر با  $b$  می‌باشد. یکی از پارامترهایی که در این شبیه سازی بر روی آن بحث می‌شود؛ نسبت فاصله  $a$  به  $b$  می‌باشد. به عبارت بهتر در این شبیه سازی دو فاصله متفاوت مورد بررسی قرار می‌گیرد. حالت اول زمانی است که نسبت  $a$  به  $b$  برابر با ۱ ( $a/b=1$ ) می‌باشد. و این نسبت به این معناست که دو شیر در فاصله‌ی یکسانی از دو زانویی در دو انتهای لوله قرار دارند. در حالت دوم نسبت  $a$  به  $b$  کمتر از ۱ ( $a/b<1$ ) می‌باشد. در این حالت دو شیر پروانه‌ای به یکدیگر نزدیکتر شده‌اند.



شکل ۱. شماتیک مدل استفاده شده در شبیه سازی حاضر

## معادلات حاکم و روش حل عددی

در این تحقیق، همانگونه که قبلاً توضیح داده شد یک لوله با دو زانویی ۹۰ درجه و دو شیر پروانه‌ای توسط نرم افزار فلوئنت مورد بررسی قرار می‌گیرد. لذا در این بخش به بیان اجمالی معادلات حاکم و تشریح روش حل آن‌ها در حالت آشفته پرداخته می‌شود. در نرم افزار فلوئنت معادله‌های حاکم برای پیوستگی، مومنوم و پایستگی انرژی با استفاده از روش حجم محدود برای حالت پایا و تراکم ناپذیر حل می‌شوند.

جهت ساده سازی این معادلات فرضیاتی بکار برده می‌شوند که عبارتند از:

- ۱- آب به عنوان به سیال کاری در لوله در نظر گرفته شده و پیوسته، نیوتنی و تراکم ناپذیر فرض می‌شود.
- ۲- جریان دو بعدی فرض می‌شود.
- ۳- خواص ترموفیزیکی آب در محاسبات ثابت فرض می‌شود و در جدول ۱، قابل مشاهده هستند.
- ۴- از تاثیرات تشعشع صرف نظر می‌شود.
- ۵- جریان سیال، توربولنت در نظر گرفته می‌شود.



جدول ۱: خواص ترموفیزیکی آب (۲۰۱۶)

مقدار	پارامتر
۴۱۷۹	گرمای ویژه (J/ kg K)
۰/۰۰۱۰۰۳	لزجت (kg/ m s)
۹۹۷/۱	چگالی (kg/ m <sup>3</sup> )
۰/۶۱۳	ضریب هدایت گرمایی (W/mK)

با توجه به فرضیات بالا معادلات حاکم عبارتند از ((Lauder, Spalding, 1972) and (Versteeg and Malalasekera, 1995)):

معادله پیوستگی:

$$\frac{\partial u_j}{\partial x_j} = 0 \quad (1)$$

معادله مومنتوم:

$$\rho \cdot \frac{\partial (u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial p_i}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right) \quad (2)$$

معادله انرژی:

$$\rho \cdot \frac{\partial (u_j T)}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \frac{\lambda}{c_p} \frac{\partial T}{\partial x_j} \right) \quad (3)$$

مدل k-ε برای شبیه سازی جریان توربولنت در این مقاله مورد استفاده قرار گرفت.

معادله انرژی جنبشی توربولنت:

$$\rho \cdot \frac{\partial (k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k - \rho \varepsilon \quad (4)$$

اتلافات انرژی جنبشی:

$$\rho \cdot \frac{\partial (\varepsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + \frac{C_{1\varepsilon}}{k} G_k - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (5)$$

در این روابط k، بیانگر انرژی جنبشی توربولنت، ε نرخ اتلاف توربولنت، G<sub>k</sub> ترم تولید انرژی جنبشی توربولنت تولید شده بوسیله گرادیانهای سرعت، C<sub>1ε</sub> و C<sub>2ε</sub> ثوابت هستند. σ<sub>k</sub> و σ<sub>ε</sub> اعداد پراختل مربوط به انرژی جنبشی توربولنت و نرخ اتلاف توربولنت هستند، μ<sub>t</sub> به صورت معادله (۶)، تعریف می شود:

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (6)$$

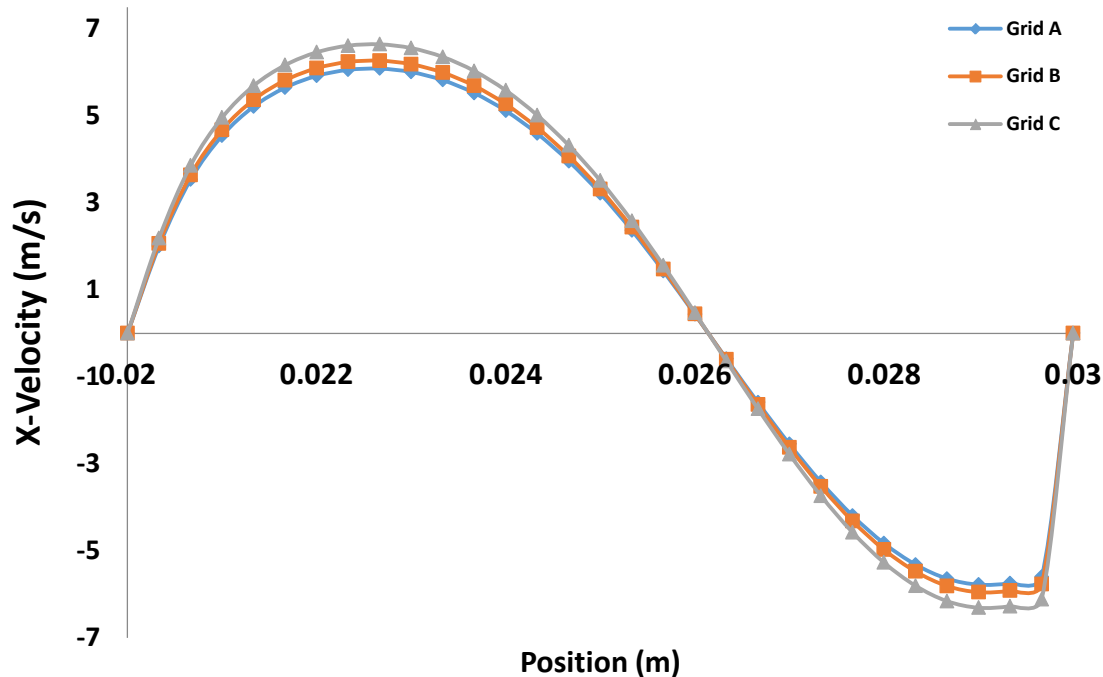
که در این رابطه C<sub>μ</sub> = 0.09، C<sub>1ε</sub> = 1.44، C<sub>2ε</sub> = 1.92، σ<sub>k</sub> = 1.0، σ<sub>ε</sub> = 1.3 و G<sub>k</sub> طبق رابطه (۷)، بدست می آید:

$$G_k = \mu_t \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \quad (7)$$

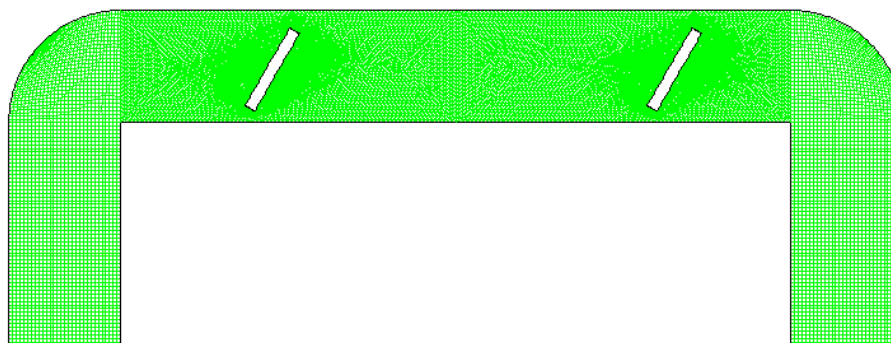
در مطالعه حاضر معادلات حاکم با استفاده از روش حجم محدود به صورت عددی حل می شوند. ترم جابجایی در معادلات حاکم از روش تقریب بالادست مرتبه دوم، گسسته سازی می شود و میدانهای سرعت - فشار با استفاده از الگوریتم سیمپل با یکدیگر کوپل می شوند. شرط همگرایی، مجموع باقیمانده تمامی نقاط شبکه مربوط به معادله پیوستگی کمتر از ۱۰<sup>-۶</sup> لحاظ می شود. در بیان شرایط مرزی برای حل معادلات حاکم، فرض می شود کلیه سطوح دارای شرط عدم لغزش باشند. دمای دیواره ی لوله ها و دماهای شیرها ثابت فرض می شوند و سیال با سرعت یکنواخت به درون لوله وارد می گردد.



برای بررسی استقلال شبکه پارامتر سرعت در راستای محور X مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور سه شبکه A، B و C بررسی شد. نتیجه‌ی این بررسی در شکل ۲ قابل مشاهده می‌باشد. بر اساس نتیجه بدست آمده، شبکه B برای انجام بررسی انتخاب گردید. شماتیک مش مورد استفاده در مطالعه در شکل ۳، قابل مشاهده می‌باشد.

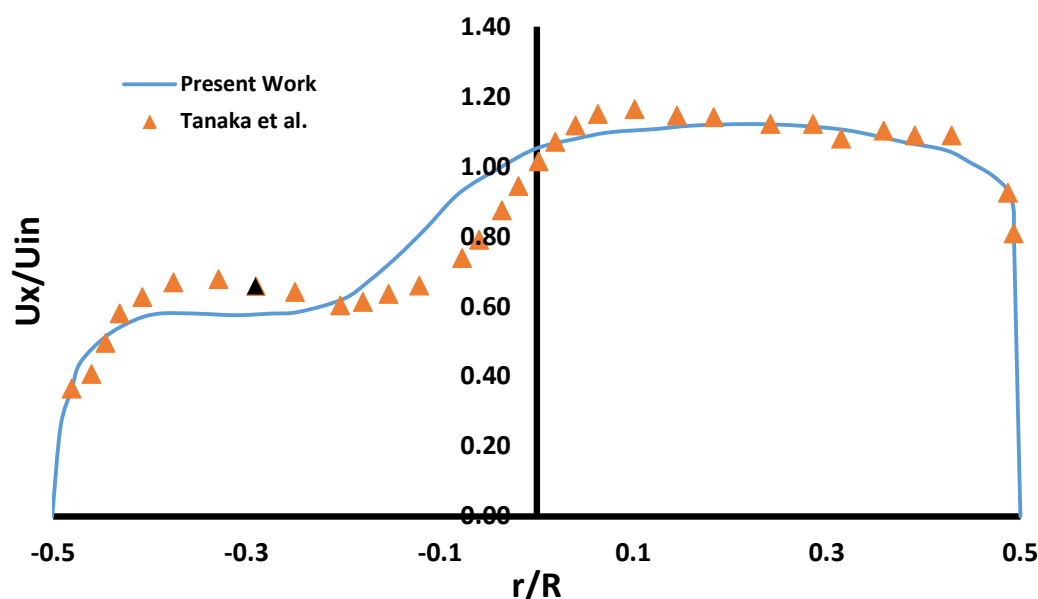


شکل ۲: بررسی استقلال شبکه



شکل ۳: شماتیک مش مورد استفاده در مطالعه

به منظور اعتبار سنجی کار حاضر، نتیجه حاصل از شبیه سازی با کار تاناکا و همکاران (۲۰۰۹) مقایسه گردید. همانگونه در شکل ۴ مشاهده می‌گردد؛ نتایج دارای دقت خوبی می‌باشند.



شکل ۴: اعتبار سنجی کار با مطالعه تانا و همکاران [۱۰]

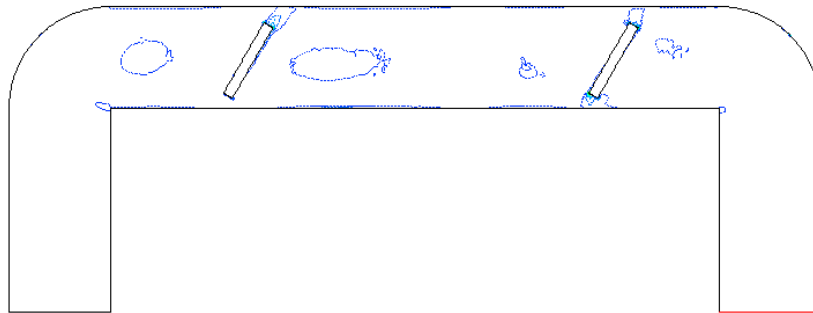
### بررسی نتایج

همانگونه که قبلاً نیز توضیح داده شد، در این شبیه سازی دو پارامتر اصلی فاصله‌ی شیرهای پروانه‌ای از یکدیگر و همچنین زاویه بازشدگی شیرها مورد بررسی قرار می‌گیرند.

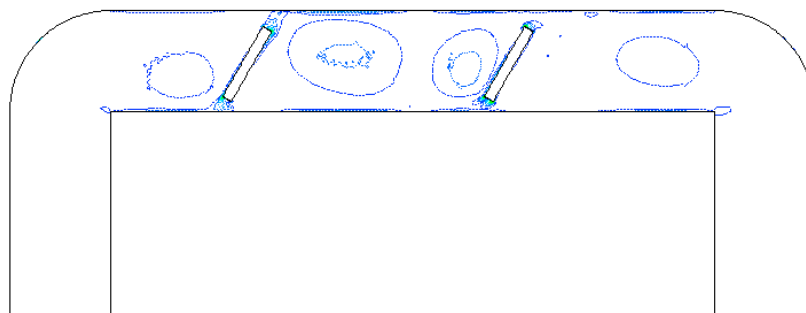
### فاصله‌ی شیرها از یکدیگر

جهت بررسی تاثیر فاصله‌ی شیرها بر ارتعاش بوجود آمده بر روی آن‌ها دو حالت متفاوت مورد بررسی قرار گرفت. در حالت اول نسبت  $a$  به  $b$ ، یعنی فاصله‌ی شیر پروانه‌ای ۱ از شیر پروانه‌ای ۲، برابر با ۱ ( $a/b=1$ ) در نظر گرفته شد. این نسبت به این معناست که دو شیر در فاصله‌ی یکسانی از دو زانویی در دو انتهای لوله قرار دارند. در حالت دوم نسبت  $a$  به  $b$  کمتر از ۱ ( $a/b<1$ ) می‌باشد. در این حالت دو شیر پروانه‌ای به یکدیگر نزدیکتر شده‌اند. در اینجا باید به این نکته توجه شود که زاویه‌ی دو شیر ۱ و ۲، برای بررسی این دو حالت ۳۰ درجه می‌باشد.

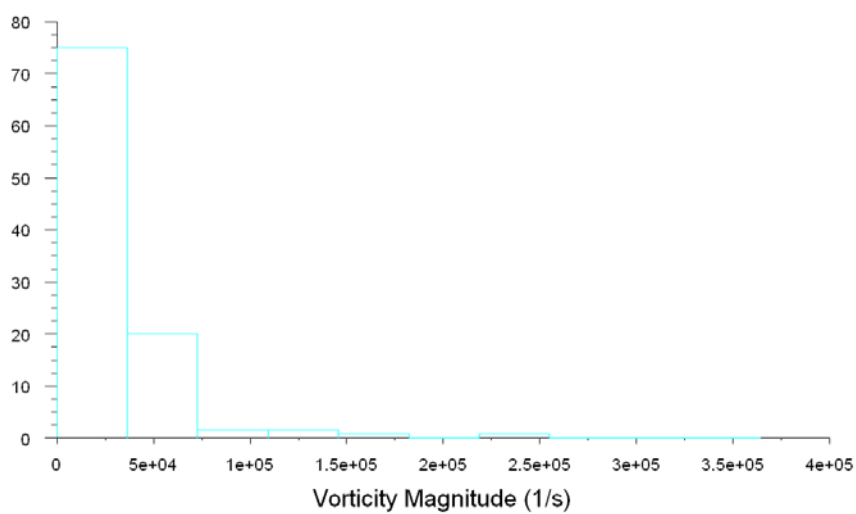
همانگونه که در شکل‌های ۵ و ۶، مشاهده می‌شود؛ هر چه شیرها بهم نزدیکتر شده‌اند بر تعداد گردابه‌ها در اطراف شیرها افزوده شده است. به عبارت بهتر باید اینگونه بیان نمود که دو پارامتر اصلی بر ارتعاش شیرها تاثیر دارد. یکی از این پارامترها تاثیر اغتشاشات ناشی از زانویی بر روی شیرهاست و دیگری تاثیر اغتشاشاتی است که از شیر ۱ بر روی شیر ۲ بوجود می‌آید. با نزدیکتر شدن فاصله‌ی دو شیر، پارامتر دوم یعنی اغتشاشات ناشی از شیر اول بر روی شیر دوم بیشتر شده و در نتیجه ارتعاشات شیر دوم افزایش می‌یابد. این مطلب در نمودارهای هیستوگرام شکل ۷ و ۸ به خوبی قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۵: گردابه‌های ایجاد شده در حالت دوم ( $a/b=1$ )

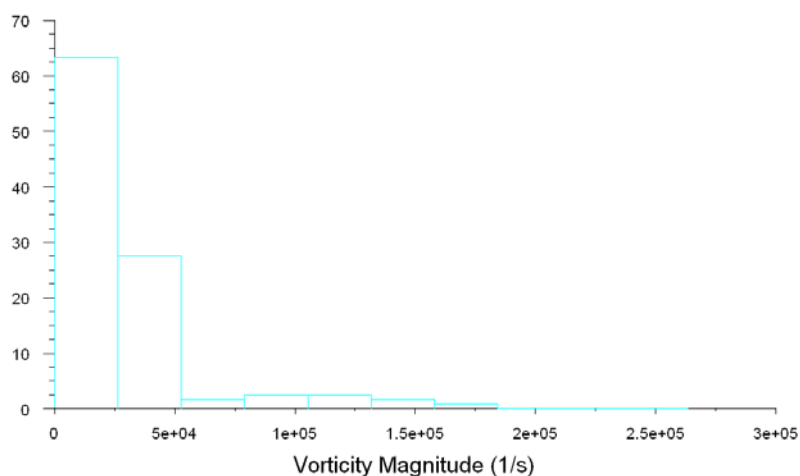


شکل ۶: گردابه‌های ایجاد شده در حالت دوم ( $a/b<1$ )



شکل ۷: نمودار هیستوگرام گردابه‌های ایجاد شده بر روی شبر ۲ در حالت دوم ( $a/b=1$ )

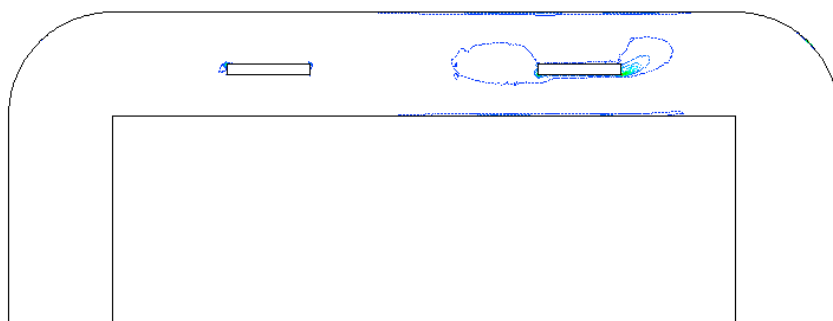




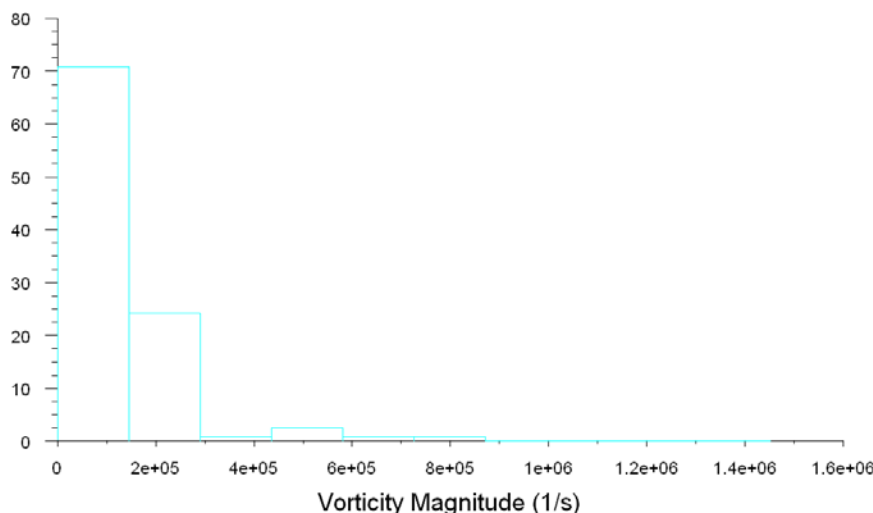
شکل ۸: نمودار هیستوگرام گردابه‌های ایجاد شده بر روی شیر ۲ در حالت دوم ( $a/b < 1$ )

### زاویه‌ی بازشدگی

پارامتر دومی که در این مقاله مورد بررسی قرار می‌گیرد، تاثیر میزان بازشدگی شیرها بر روی میزان اغتشاش ایجاد شده بر روی آنهاست. همانگونه که در شکل ۹ مشهود است؛ با افزایش میزان بازشدگی شیرها از ۳۰ درجه به ۹۰ درجه، از تعداد گردابه‌های ایجاد شده بر روی شیرها کاسته می‌گردد ولی بر قدرت گردابه‌ها افزوده می‌شود. در نتیجه همانگونه که در شکل ۱۰ نیز مشاهده می‌شود هیستوگرام گردابه‌ها بیشتر می‌شود. در نتیجه با افزایش میزان بازشدگی شیرها، بر میزان ارتعاشات آنها افزوده می‌گردد.



شکل ۹: گردابه‌های ایجاد شده بر روی شیرها برای زاویه‌ی بازشدگی ۹۰ درجه



شکل ۱۰: نمودار هیستوگرام گردابه‌های ایجاد شده بر روی شیر ۲، برای زاویه‌ی بازشدگی ۹۰ درجه

### نتیجه گیری

همانگونه که در مقدمه نیز بحث شد، شیرهای پروانه‌ای به عنوان یکی از رایج‌ترین و در عین حال ساده‌ترین (از لحاظ ساختاری) شیرها شناخته می‌شود که کاربردهای فراوانی در واحد های نفت، گاز و پتروشیمی دارند. در عمل، به دلایل اقتصادی، محدودیت جا و دسترس پذیری، سیستم لوله کشی ممکن است فشرده گردد و در نتیجه ممکن است شیرها در نزدیکی زانویی‌ها یا یکدیگر قرار گیرند. این عوامل می‌تواند منجر به ایجاد ارتعاشات نامطلوب و ایجاد نوسانات بر روی شیرها گردد. بدین منظور نیاز است تا به بررسی عوامل موثر بر ایجاد ارتعاش بر روی شیرهای پروانه‌ای به عنوان یکی از پرکاربردترین شیرها که در خطوط لوله استفاده می‌گردند؛ پرداخته شود. در این مقاله به بررسی دو پارامتر مهم، نحوه‌ی قرار گیری شیرها و همچنین زاویه بازشدگی آن‌ها پراخته شد. با بررسی‌های انجام شده در این مقاله نتایج ذیل بدست آمد:

- ۱- دو پارامتر اصلی بر ارتعاش شیرها تاثیر دارد. یکی از این پارامترها تاثیر اغتشاشات ناشی از زانویی بر روی شیرهاست و دیگری تاثیر اغتشاشاتی است که از شیر ۱ بر روی شیر ۲ بوجود می‌آید. با نزدیکتر شدن فاصله‌ی دو شیر پارامتر دوم، یعنی اغتشاشات ناشی از شیر اول بر روی شیر دوم بیشتر شده و در نتیجه ارتعاشات شیر دوم افزایش می‌یابد.
- ۲- با افزایش میزان بازشدگی شیرها از ۳۰ درجه به ۹۰ درجه، از تعداد گردابه‌های ایجاد شده بر روی شیرها کاسته می‌گردد ولی بر قدرت گردابه‌ها افزوده می‌شود. در نتیجه با افزایش میزان بازشدگی شیرها، بر میزان ارتعاشات آن‌ها افزوده می‌گردد.

### منابع

- Chaiworapuek W., Champagne J., Hajemand M.E., Kittichaikan C. (2010). An Investigation of the Water Flow Past the Butterfly Valve. AIP Conference Proceedings, 1225. pp. 249–262.
- Feng W., Xiao G. and Song L. (2009). Numerical Simulation of the Flow Field to the Double Eccentric Butterfly Valve and Performance Prediction. In Power and Energy Engineering Conference. pp. 1-4.
- Hasan A., Mamun M., Matsuo S. and Setoguchi T. (2009). A computational study of transonic moist air flow around a symmetric disk butterfly valve. International Conference on Mechanical Engineering, Dhaka, pp. 1-6.
- Jeon S. Y., Yoon J. Y. and Shin M.S. (2010). Flow characteristics and performance evaluation of butterfly valves using numerical analysis. in 25th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems.
- Launder BE, Spalding DB. (1972). Lectures in mathematical models of turbulence, 1st ed. London: Academic Press.



- Mamourian M., Milani Shirvan K., Ellahi R., Rahimi A.B. (2016). Optimization of mixed convection heat transfer with entropy generation in a wavy surface square lid-driven cavity by means of Taguchi approach. *Int. J. Heat and Mass Transfer*. Vol. 102. pp. 544–554.
- Song X., Wang L., and Park Y. (2008). Fluid and Structural Analysis of Large Butterfly Valve. *AIP Conference Proceedings* 1052, pp. 311.
- Tanaka M.A., Ohshima H., Monji H. (2009). Numerical investigation of flow structure in pipe elbow with large eddy simulation approach, in: *ASME 2009 Pressure Vessels and Piping Conference*. American Society of Mechanical Engineers. pp. 449–458.
- Tanakaand T. and Kimura T. (1995). Hydrodynamic characteristics of a butterfly valve-Prediction of pressure loss characteristic. *ISA Transactions*. pp.319-326.
- Versteeg H.K., Malalasekera W. (1995). *An introduction to computational fluid dynamics: the finite volume method*. 2nd ed. New York: Wiley.