

## شبیه‌سازی جریان عبوری از شیر پروانه‌ای با استفاده از نرم افزار فلوئنت

### (مطالعه موردی: سد تنگویی به گل گهر سیرجان)

مجتبی ابراهیمی\*<sup>۱</sup> و رضا محمد پور<sup>۲</sup>

(۱) دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب و سازه های هیدرولیکی، واحد استهبان، دانشگاه آزاد اسلامی، استهبان، ایران.

(۲) استادیار و عضو هیات علمی، واحد استهبان، دانشگاه آزاد اسلامی، استهبان، ایران.

\* نویسنده مسئول: Mece\_85@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۲۷

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۲۰

#### چکیده

در سیستم‌های انتقال آب، شیرها یکی از مهم‌ترین اجزا هستند که به‌عنوان واحد ایمنی و همچنین کنترل‌کننده جریان (قطع و وصل جریان و تنظیم مقدار جریان عبوری) در آرایش بندی‌های مربوط به خطوط انتقال آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تحقیق با توجه به وجود حوضچه‌های متعدد در خط لوله انتقال آب سد تنگویی به شرکت صنعتی و معدنی گل‌گهر سیرجان پروانه‌ای مورد استفاده در این حوضچه‌ها با استفاده از نرم‌افزار فلوئنت مورد شبیه‌سازی قرار گرفته است. شرایط شبیه‌سازی در این تحقیق به این شرح می‌باشد: مدل استفاده شده در شبیه‌سازی مدل  $k-\epsilon$  در حالت Standard است، به‌منظور بررسی اثر دیواره‌ها تابع Standard Wall Function برای تمامی حالات، انتخاب روش PISO برای کوپل فشار-سرعت و روش Standard برای گسسته‌سازی ترم فشار و برای گسسته‌سازی ممنتوم، روش Power Law، و شرط مرز ورودی در ورودی لوله برابر فشار ورودی معادل ۱۴ بار انتخاب شد. خصوصیات جریان مانند سرعت، فشار و آشفتگی در حالت‌های بازشدگی مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج جریان نشان می‌دهد که سرعت در محل دریچه‌ها هنگام باز و بسته شدن دریچه افزایش می‌یابد در بررسی فشار نیز مشاهده شد با بسته شدن شیرها فشار در محل دریچه شیرها کاهش می‌یابد. همچنین مشاهده شد فشار پشت دریچه در دو حالت منفی می‌شود. نتایج حاصل از بررسی تلاطم نشان داد بیش‌ترین تلاطم را در شیر پروانه‌ای در بازشدگی ۷۰ درجه می‌توان مشاهده کرد. در دبی مشخص و ثابت در دو شیرهای پروانه‌ای، برای بدست آوردن بهترین شرایط مرزی، انواع شرایط مرزی جریان ورودی و خروجی استفاده شد. مرزهای ورودی شامل مرز فشار ورودی ۱ و مرز سرعت ورودی ۲ می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: شیر پروانه‌ای، دریچه شیر، مدل‌سازی عددی، مدل  $k-\epsilon$  و تلاطم.

<sup>۱</sup>- Pressure inlet

<sup>۲</sup>-Velocity inlet

## مقدمه

آب از دیرباز و از بدو پیدایش حیات، نقش اساسی در ادامه زندگی و طبیعتاً در موجودیت انسان ایفا کرده است در ایران توزیع ناهمگون زمانی- مکانی بارش و رواناب موجب شده است تا حوضه‌های آبخیز مختلف از لحاظ شرایط منابع آب وضعیت‌های متفاوتی داشته باشند، در سیستم‌های انتقال آب، یکی از مهم‌ترین اجزا که به‌عنوان واحد ایمنی و همچنین کنترل کننده جریان (قطع و وصل جریان و تنظیم مقدار جریان عبوری) در آرایش بندی‌های مربوط به خطوط انتقال آب مورد استفاده قرار می‌گیرد شیرها می‌باشد که در بررسی آن‌ها در سیستم انتقال آب می‌توان شیرهای مختلفی را با توجه به شرایط هیدرولیکی و فیزیکی مورد توجه قرار داد. شیرهای پروانه‌ای در زمره شیرهای قطع و وصل و شیرهای تنظیم-کننده جریان محسوب می‌شوند که امروزه به‌دلیل سبکی وزن، اندازه کوچک و فشرده و راندمان بالا محبوبیت زیادی در سیستم‌های آبرسانی دارند. اما این نوع شیرها مستعد ایجاد لرزش در جریان بوده و در صورت تنظیم نامناسب زاویه بازشدگی ممکن است آسیب جبران ناپذیری به دیسک آن‌ها وارد شود. از آنجایی که کاربرد این شیرها در سیستم‌های انتقال آب بسیار زیاد است، بنابراین این نیاز احساس می‌شود که علاوه بر مطالعات آزمایشگاهی، مطالعات عددی نیز بر روی این شیرها صورت بگیرد. حامد شعلائی در سال ۱۳۹۳ در مقاله‌ای با عنوان بررسی تاثیر پارامترهای جریان در شیرهای پروانه‌ای در بازشدگی‌های مختلف بر فرآیند کاویتاسیون جریان عبوری از شیرهای پروانه‌ای در حالت‌های بازشدگی مختلف را به صورت مدل تکفازی و دوفازی شبیه سازی کرد و مشاهده شد که هم‌نواپی مناسبی بین نتایج عددی دوفازی با داده‌های آزمایشگاهی وجود دارد. با توجه به اینکه خط لوله انتقال آب سد تنگ‌ئیه به شرکت صنعتی و معدنی گل گهر سیرجان تقریباً در یک سوم ابتدایی مسیر به طول ۲۸ کیلومتر دارای شیب نسبتاً زیادی بوده و پس از ورود به محدوده شهر سیرجان تدریجاً شیب آن کاهش یافته و در ابتدای کیلومتر ۳۶+۰۰، با توجه به ورود خط لوله به کفه نمکی خیرآباد سیرجان شیب آن به‌دلیل کاهش بسیار زیاد شیب زمین طبیعی (اختلاف ارتفاع بسیار کم تراز زمین طبیعی در نقطه کیلومتر ۳۶+۰۰ و نقطه کیلومتر ۰۰+۰۰) بسیار کاهش یافته و این موضوع اهمیت مطلب استفاده از حوضچه‌ها به عنوان قطع و وصل و تنظیم جریان را نشان می‌دهد. با توجه به مطالب ذکر شده پیرامون رفتار شیرهای پروانه‌ای در برابر جریان عبوری از خود و با بررسی سرعت و فشار سیال در نقاط مختلف شیر و بررسی نتایج برداری حاصل از حل مسئله می‌توان از نتایج حاصله جهت طراحی کاربردی و بهینه حوضچه‌های شیر در خطوط انتقال آب با قطرهای مختلف لوله استفاده کرد. در بررسی شیرها در سیستم انتقال آب می‌توان شیرهای مختلفی را با توجه به شرایط هیدرولیکی و فیزیکی مورد استفاده قرار داد.

## مواد و روش‌ها

شیر پروانه‌ای دارای ساختمانی ساده و بهترین نوع شیر برای جریان‌های زیاد است. بندآور آن به صورت صفحه دایره‌ای شکل است که از بالا به ساقه و دسته شیر متصل است و از پایین بوسیله یک پاشنه به بدنه وصل شده است. به طوریکه بندآور می‌تواند حول این پاشنه حرکت کرده و جریان سیال را قطع و یا از شیر عبور دهد. موقعی که بندآور موازی جریان قرار می‌گیرد حداکثر مقدار سیال از شیر عبور می‌کند. بهره‌برداری از شیرهای پروانه‌ای بزرگ به وسیله نیروی برق و استفاده از چرخ دنده‌ها و یا هیدرولیک صورت می‌گیرد. (شکل ۱)



شکل ۱: شیر پروانه‌ای

شیر همانند آریفیس قابل کنترلی است که، سطح باز بودن آن قابل تنظیم است. بنابراین افت فشار و هد در شیر با سرعت جریان مطابق معادله زیر تغییر می‌کند:

$$v \propto (\Delta h)^{\frac{1}{2}}$$

$$v \propto (\Delta p)^{\frac{1}{2}}$$

رابطه ۱:

که  $v$  سرعت جریان،  $\Delta h$  افت ارتفاعی و  $\Delta p$  افت فشار می‌باشد. برای هر موقعیتی از شیر، بر اساس مقاومت تعیین شده به طور تجربی یا توسط پارامترهای جریان، ارتباط عددی بین جریان و مقاومت جریان وجود دارد. پارامترهای تعیین شده عبارتند از ضریب مقاومت  $\zeta$  و ضرایب  $K_v$ ,  $C_v$  و  $A_v$  (بر اساس سیستم واحدها) (Ellis and Maualla, 1984) ارتباط ضریب مقاومت  $\zeta$  به صورت تلفات اصطکاک یک شیر در خط لوله با هد سرعت یا فشار توسط معادله زیر تعریف می‌شود:

$$\Delta h = \zeta \frac{v^2}{2g}$$

$$\Delta p = \zeta \frac{v^2 \rho}{2}$$

رابطه ۲:

$$\text{or } \Delta p = \zeta \frac{v^2 \rho}{2g}$$

در این رابطه  $\rho$  جرم مخصوص سیال و  $g$  شتاب ثقل می‌باشد. معادله فوق برای جریان تک فاز مایعات نیوتنی و برای هر دو نوع جریان یکنواخت و متلاطم صادق است. این معادله برای جریان گاز با عدد ماخ<sup>۳</sup> کم نیز بکار می‌رود. همان طوری که عدد ماخ در ورودی شیر به  $0/2$  نزدیک می‌شود، اثر تراکم‌پذیری قابل توجه‌تر می‌شود اما بعید است که تا عدد ماخ  $0/5$  قابل توجه باشد. (AWWA, 2001)

## فرضیات

در این مقاله این موارد مفروض می‌باشند: معادلات ناویر استوکس، معادلات حاکم در جریان لوله بوده و با حل آن‌ها امکان شبیه‌سازی الگوی جریان پیرامون این سازه فراهم می‌باشد. در خط لوله انتقال آب، شبیه‌سازی جریان به صورت تک فازی صورت می‌گیرد. فرض بر این است مدل‌های آشفتگی دو معادله ای  $k-\epsilon$  (Standard) با توجه به پارامترهای آشفتگی که در محاسبه دخالت می‌دهد برای مدل کردن جریان تحت فشار در اطراف شیرها در خط لوله انتقال بهترین جواب را می‌دهد. با توجه به نوع سازه و جریان در داخل آن فرض بر این است تابع Standard Wall Function به‌عنوان تابع اثر دیواره برای مدل‌سازی جواب‌های بهتری را ارائه می‌دهد. سائز شیر پروانه ای مطابق با خط لوله اصلی پروژه و به قطر  $700$  میلی‌متر در نظر گرفته شده است. با توجه به نقشه‌های اجرایی پروژه در این تحقیق هندسه‌ای مانند هندسه مورد استفاده شده در کار تحقیقاتی در نرم‌افزار Gambit تولید و تمامی شرایط مانند شرایط پروژه در نرم‌افزار Fluent تنظیم می‌شود. در شبیه‌سازی عددی از روش احجام محدود برای گسسته‌سازی معادلات سه بعدی ناویر استوکس استفاده شده و روش حجم سیال (VOF) (Volume of Fluid) و مدل‌های آرام (Laminar) و متلاطم (Turbulent) به-کار برده خواهد شد. پس از فراخوانی شبکه محاسباتی و وارد نمودن اطلاعات مورد نیاز در نرم‌افزار Fluent، گام زمانی مناسب برای شبیه‌سازی انتخاب می‌شود. اجرای شبیه‌سازی در نرم‌افزار تا زمانی ادامه می‌یابد که جریان به حالت کاملاً توسعه یافته ایجاد شود و شرایط جریان، تغییر ننماید. نتایج حاصل از شبیه‌سازی عبارتست از، سرعت در اطراف شیرها، فشار در محل قرارگیری شیرها میزان اغتشاش ایجاد شده در شیرها. این نتایج مابین شیرهای کشویی و پروانه‌ای مقایسه می‌شود. به‌طور کل می‌توان روند کار را به‌صورت زیر نشان داد: تهیه یک یا چند حالت مختلف با هندسه محیط و جریان مشخص، ترسیم هندسه محیط جریان در نرم‌افزار Gambit و ایجاد شبکه محاسباتی، عمل شرایط مرزی و اولیه مناسب در نرم‌افزار Gambit و تصحیح و ویرایش دوباره آنها در نرم‌افزار Fluent، حل جریان در شرایط آرام، حل جریان در شرایط متلاطم با استفاده از مدل تلاطم دو معادله‌ای و بررسی الگوی جریان پیرامون این سازه.

<sup>۳</sup>Mach Number

## بهترین شرایط مرزی

تمامی دیوارهای لوله و همچنین شیر از نوع شرط مرزی دیوار انتخاب شدند. به منظور بررسی اثر دیواره‌ها تابع برای تمامی حالات مد نظر مطابق (جدول ۱) قرار گرفته شد.

جدول ۱: چگونگی شرایط مرزی

شرایط مرزی	آیتم مورد نظر
۱۴ بار	فشار در مقطع ورودی لوله
متقارن	تقارن
صفر	اصطکاک سطح لوله
صفر	اصطکاک دیسک شیر
صفر	سرعت در نزدیک دیواره
فشار اتمسفر	فشار در مقطع خروجی لوله
صفر	سرعت در جهت $y$
Standard Wall Function	دیواره
K-Epsilon Standard	مدل آشفتگی

جدول ۲: مشخصات حالت‌های شبیه‌سازی شده

مدل	درجه چرخش دیسک شیر	طول لوله پایین دست و بالادست (m)	نوع شیر	شماره حالت
K-ε Standard	۱۵ درجه	۳	پروانه‌ای	۱
K-ε-Standard	۳۰ درجه	۳	پروانه‌ای	۲
K-ε-Standard	۴۵ درجه	۳	پروانه‌ای	۳
K-ε-Standard	۶۰ درجه	۳	پروانه‌ای	۴
K-ε-Standard	۷۰ درجه	۳	پروانه‌ای	۵
K-ε-Standard	۷۵ درجه	۳	پروانه‌ای	۶
K-ε-Standard	۸۰ درجه	۳	پروانه‌ای	۷
K-ε-Standard	۸۵ درجه	۳	پروانه‌ای	۸
K-ε-Standard	۹۰ درجه	۳	پروانه‌ای	۹

### ویژگی‌های سرعت و ضریب جریان

Dawdy, Sharara و Hassan در سال ۲۰۱۳ در مقاله ای با عنوان مطالعه عددی جریان تراکم ناپذیر عبوری از شیر پروانه ای با استفاده از CFD نتایج حاصل از بررسی شیر پروانه ای تحت جریان تراکم ناپذیر را با استفاده از نرم افزار Fluent CFD گزارش کرده است، در این تحقیق ضریب جریان و ضریب جریان هیدرودینامیکی با زاویه های بازشدگی مختلف بررسی شده است که در طی این تحقیق افت فشار و ضریب جریان در سراسر دریچه بررسی و مشخص شد که این متغیرها به طور مستقیم وابسته به زاویه بازشدگی شیر پروانه ای هستند. (Dawdy, Sharara, 2013)

با توجه به کاهش سطح مقطع در زمانی که دریچه بسته می‌شود سرعت جریان افزایش می‌یابد. از اینرو سرعت متوسط جریان در حالات مختلف بازشدگی دریچه در (جدول ۳) ارائه شده است.

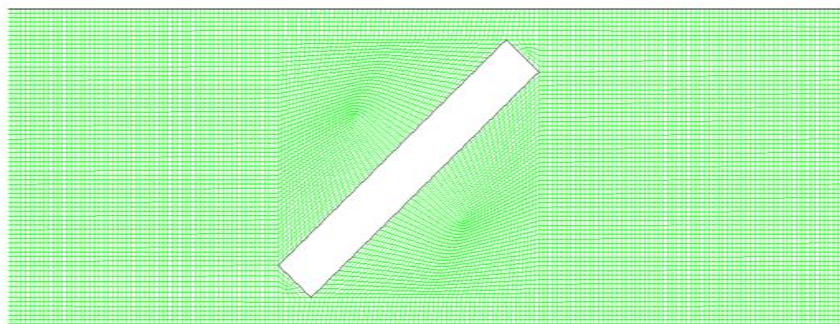
جدول ۳: سرعت متوسط جریان در حالات مختلف بازشدگی دریچه‌ها

سرعت (متر بر ثانیه)	مقدار بازشدگی
۴۴/۳	بازشدگی ۸ سانتی متری یا چرخش ۳۰ درجه
۳۹/۸	بازشدگی ۲۰ سانتی متری یا چرخش ۴۵ درجه
۳۳/۴	بازشدگی ۳۲ سانتی متری یا چرخش ۶۰ درجه
۲۸/۱	بازشدگی ۴۴ سانتی متری یا چرخش ۷۰ درجه
۲۲/۶	بازشدگی ۵۰ سانتی متری یا چرخش ۷۵ درجه
۱۸/۷	بازشدگی ۵۶ سانتی متری یا چرخش ۸۰ درجه
۱۱/۹	بازشدگی ۶۲ سانتی متری یا چرخش ۸۵ درجه
۵/۶	بازشدگی ۷۰ سانتی متری یا چرخش ۹۰ درجه

در شیر پروانه‌ای از آنجایی که شیر پروانه‌ای در حالت کاملاً باز به اندازه ضخامت شیر در مسیر جریان وجود دارد از اینرو مساحت مقطع لوله که جریان از آن عبور می‌کند کم شده و این عامل باعث می‌شود که سرعت زیاد شود.

### مش بندی

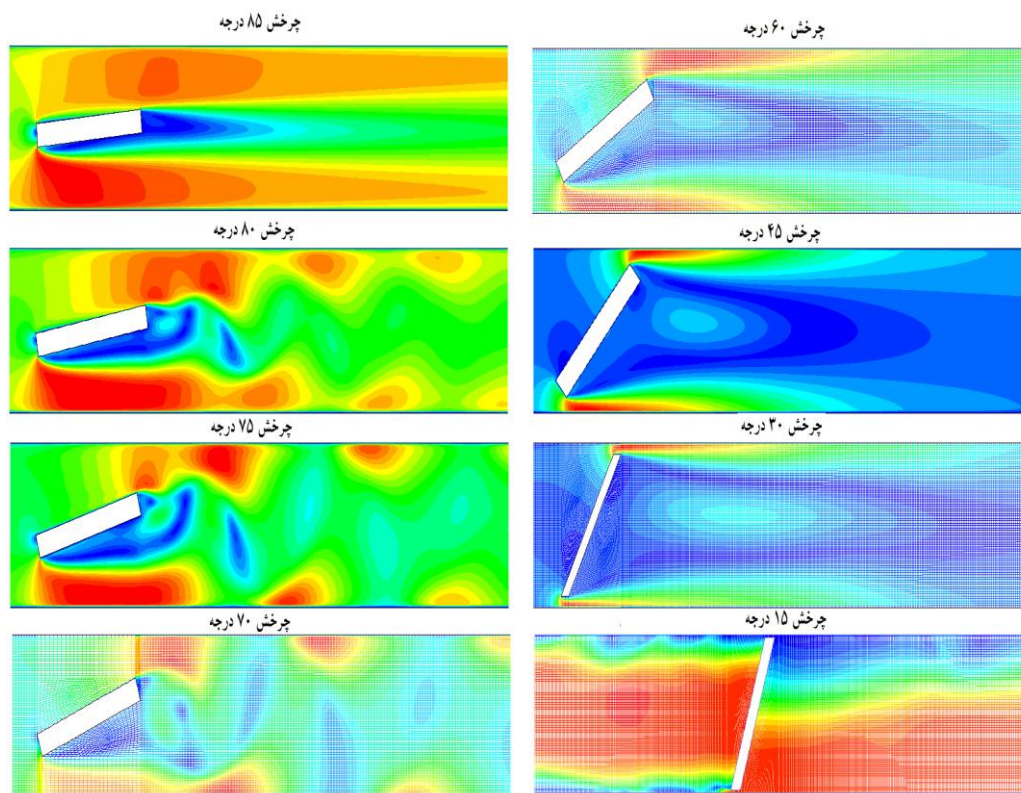
شبکه محاسباتی از نظر تعداد شبکه به سه دسته تقسیم می‌گردند. شبکه محاسباتی درشت به تعداد سلول‌های محاسباتی کمتر از ۱۰۰ هزار، شبکه محاسباتی متوسط، به تعداد سلول‌های محاسباتی بین ۱۰۰ - ۵۰۰ هزار شبکه و شبکه محاسباتی ریز به شبکه محاسباتی بالای ۵۰۰ هزار سلول در هندسه جریان، گفته می‌شود. که در این تحقیق از شبکه محاسباتی ریز استفاده شده است (شکل ۲) (احمدی و ابراهیمی، ۱۳۹۵).



شکل ۲: نمونه‌ای از شبکه محاسباتی شیر پروانه‌ای تولید شده همراه با ریز و درشت شدن شبکه‌ها

در شیرهای پروانه‌ای با بسته شدن شیر سرعت جریان زیاد شده و نحوه توزیع سرعت شیر تغییر می‌کند. بسته شدن

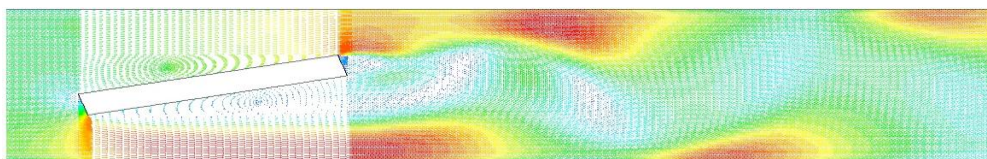
شیر باعث می‌شود اختلاف سرعت در محل شیر و در داخل لوله بسار زیاد شود (شکل ۳).



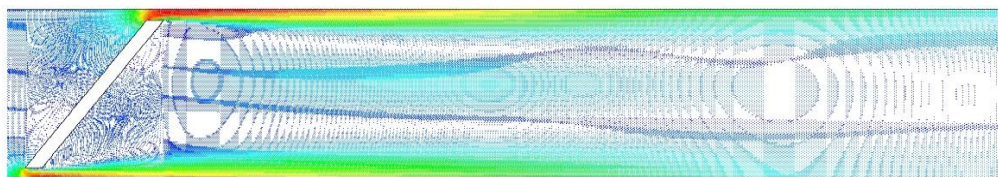
شکل ۳: توزیع سرعت جریان در انواع بازشدگی‌های شیر پروانه‌ای

در (شکل ۳) در چرخش ۱۵ درجه از آنجایی که سطح بازشدگی بسیار اندک است آشفتگی جریان بسیار شدید می‌باشد. از اینرو مدل  $\epsilon$ - $k$  قادر به شبیه‌سازی این جریان نمی‌باشد و می‌بایست برای شبیه‌سازی این جریان از مدل‌های پنج معادله‌ای آشفته استفاده کرد (Sollie and Danson, 1999). از طرف دیگر در شیرهای پروانه‌ای همان‌طور که در (شکل ۳) مشاهده می‌شود در حالت چرخش ۷۵ و ۷۰ درجه اختلاط جریان بسیار زیاد بوده و تعداد گردابه‌های تولید شده در بعد

از شیر نیز به شدت افزایش یافته است. با بسته شدن دریچه روند این اختلاط جریان و تشکیل گردابه‌ها کم‌تر می‌شود. دلیل این پدیده این است که در یه باز شدگی (چرخش ۷۵ و ۷۰ درجه) از آن جایی که از دو طرف دریچه جریان به صورت آشفته خارج می‌شود و این باز شدگی به صورتی است که این دو جریان از دو طرف در بعد از دریچه با هم برخورد می‌کنند باعث یک آشفتگی بیشتر و اختلاط بیشتری در جریان می‌شوند (شکل ۴). اما با بسته شدن شدن دریچه (۶۰، ۴۵ و ۳۰ درجه) از آن جایی که جریان خروجی از دو سمت دریچه بعد از دریچه به دلیل فاصله زیادشان برخوردی ندارند آشفتگی کمتر می‌شود (شکل ۵).



شکل ۴: برخورد جریان دو طرف دریچه پروانه‌ای و گردابه‌های جریان بعد از دریچه (۷۵ درجه چرخش)



شکل ۵: جریان عبوری دو طرف دریچه پروانه‌ای و آشفتگی در جریان بعد از دریچه (۳۰ درجه چرخش)

همان‌طور در شکل می‌بینید در حالتی که باز شدگی در دو سمت دریچه کم باشد یک گردابه بزرگ بعد از دریچه ایجاد می‌شود. اما در حالت باز شدگی‌های متوسط با توجه به شرایطی که گفته شده اختلاط جریان دو طرف باز شدگی باعث تولید گردابه‌های متعددی در پایین دست شیر می‌شود (Weerachai.Ch.P, 2007).

### خصوصیات فشار در جریان

در بررسی فشار در جریان عبوری از شیرها باید به این نکته اشاره کرد که با کاهش مقطع در جریان از آنجایی سرعت جریان افزایش می‌یابد فشار جریان کاهش پیدا کرده که این کاهش فشار در مواقعی باعث کاویتاسیون در جریان می‌شود. در جدول ۴ تغییرات فشار در جریان برای حالات مختلف شیر کشویی و پروانه‌ای ارائه شده است.



جدول ۴: متوسط فشار جریان در حالات مختلف بازشدگی دریچه‌ها

مقدار بازشدگی	فشار شیر پروانه ای (پاسکال)
چرخش ۱۵ درجه	-
چرخش ۳۰ درجه	۱۸۰۰۰۰
چرخش ۴۵ درجه	۲۶۰۰۰۰
چرخش ۶۰ درجه	۳۲۰۰۰۰
چرخش ۷۰ درجه	۳۸۰۰۰۰
چرخش ۷۵ درجه	۴۴۰۰۰۰
چرخش ۸۰ درجه	۶۷۰۰۰۰
چرخش ۸۵ درجه	۸۲۰۰۰۰
چرخش ۹۰ درجه	۹۸۰۰۰۰

همانطور که نتایج نشان می‌دهد فشار در شرایط مختلف بازشدگی شیر پروانه‌ای با یکدیگر تفاوت دارد که این تفاوت ناشی از وجود ضخامت دیسک شیر پروانه‌ای در جریان می‌باشد. فشار در شیر پروانه‌ای در زمان بازشدگی کامل شیر ۹۸۰ کیلوپاسکال شده است.

#### ویژگی‌های آشفته‌گی در جریان

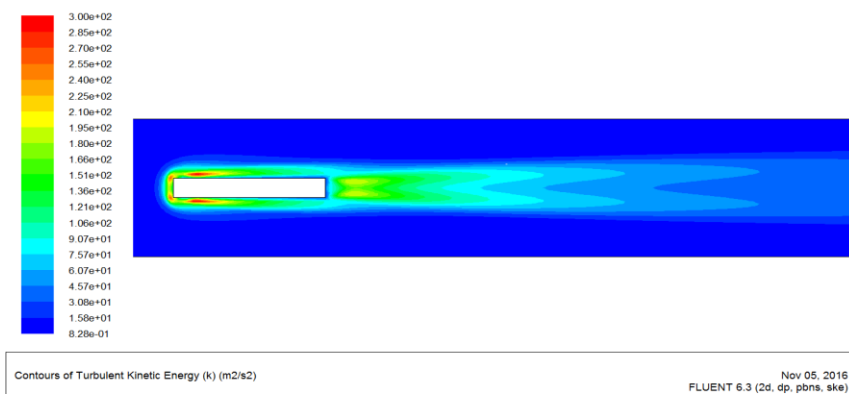
در بررسی ویژگی‌های آشفته‌گی جریان یا همان تلاطم پارامتر  $k$  که انرژی سینماتیکی تلاطم است مورد بررسی قرار گرفت. این پارامتر مستقیماً توسط نرم‌افزار فلوئنت بدست می‌آید. بیشترین مقدار تلاطم جریان در (جدول ۵) برای حالات مختلف پروانه‌ای ارائه شده است.

جدول ۵: بیشترین تلاطم جریان در حالات مختلف بازشدگی دریچه‌ها

مقدار بازشدگی	بیشترین تلاطم شیر پروانه ای (متر بر مجذور ثانیه)
چرخش ۱۵ درجه	-
چرخش ۳۰ درجه	۳۰۸
چرخش ۴۵ درجه	۴۲۳
چرخش ۶۰ درجه	۴۱۵
چرخش ۷۰ درجه	۴۹۰
چرخش ۷۵ درجه	۳۹۷
چرخش ۸۰ درجه	۴۴۰
چرخش ۸۵ درجه	۴۵۲
چرخش ۹۰ درجه	۳۰۰

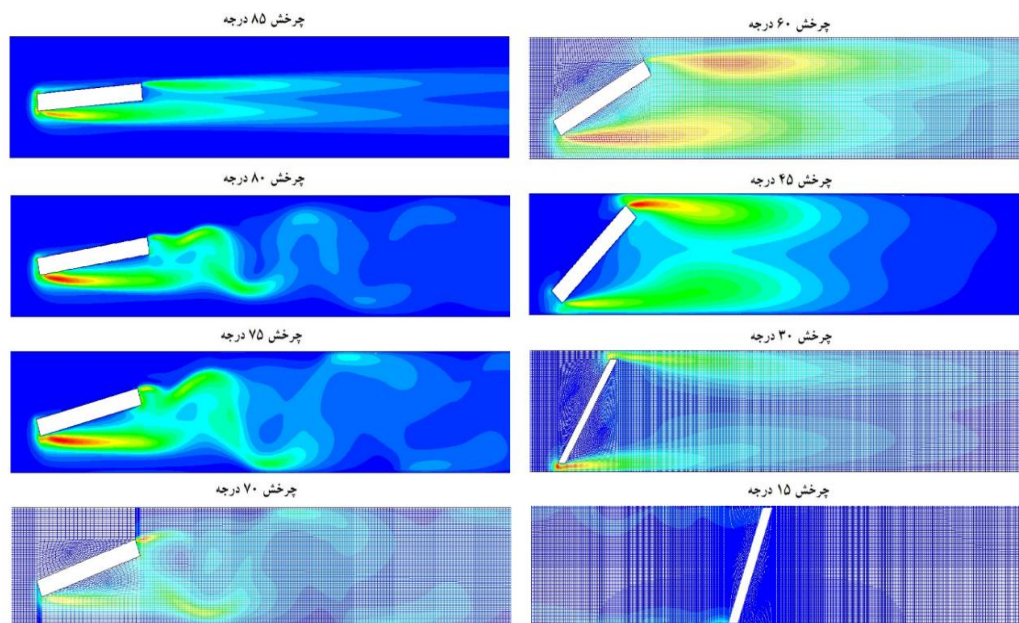
در شیر پروانه‌ای از آنجایی که بدنه دریچه شیر در مرکز لوله قرار دارد پارامتر آشفته‌گی در این حالت زمانی که شیر کاملاً باز است برابر ۳۰۰ می‌باشد، که مقدار نسبتاً زیادی به حساب می‌آید. این مقدار در محل برخورد و دیواره بدنه دریچه شیر به

دلیل نوسانات نامنظم و ناپایدار جریان، عبور و برخورد جریان با سطح دیسک شیر و ایجاد خاصیت پخش شونده قوی توسط جریان‌های گردابه‌ای ایجاد شده رخ داده است (شکل ۶).



شکل ۶: بررسی تغییرات پارامتر تلاطم در شیر پروانه ای (بازشدگی کامل)

همچنین از شکل ۶ مشاهده می‌شود که این تلاطم به پایین دست شیر در پشت آن هم کشیده شده است و تا طولی در پایین دست ادامه خواهد داشت. در بررسی تلاطم در شیر پروانه‌ای نیز مشاهده شد که بیشترین تلاطم موجود در حالتی است که چرخش شیر ۷۰ درجه است (به دلیل وجود جریان گردابه ای در پایین دست) که مقدار پارامتر تلاطم در این حالات ۴۹۰ مترمربع بر مجذور ثانیه می‌باشد. همچنین کمترین مقدار مربوط به زمانی است که دریچه به بیشترین حد بسته بودن خود نزدیک می‌شود که دلیل مقدار کم آشفتگی نزدیک بودن سرعت جریان به مقدار ماکزیمم خود است. در (شکل ۷) برای تمامی حالات شیر پروانه‌ای تغییرات تلاطم محاسبه شده است.



شکل ۷: بررسی تغییرات تلاطم در شیرهای پروانه‌ای

## نتیجه گیری

در این تحقیق جریان در اطراف شیر پروانه‌ای در حالات مختلف بازشدگی با استفاده از نرم‌افزار فلونت شبیه‌سازی گردیده است. خصوصیات جریان مانند سرعت، فشار و آشفتگی در حالت‌های بازشدگی مشابه با یکدیگر مقایسه گردیده شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان داد در شیر پروانه‌ای بسته شدن شیر باعث می‌شود اختلاف سرعت در محل شیر و در داخل لوله بسیار زیاد شود. این افزایش شدت به‌خاطر این است که جریان از دو سطح باز عبور کرده که هر یک نصف مساحت بازشدگی مقطع را دارند. در حالت چرخش ۷۵ و ۷۰ درجه اختلاط جریان بسیار زیاد بوده و تعداد گردابه‌های تولید شده در بعد از شیر نیز به شدت افزایش یافته است. با بسته شدن دریچه روند این اختلاط جریان و تشکیل گردابه‌ها کم‌تر می‌شود. دلیل این پدیده این است که در یه باز شدگی (چرخش ۷۵ و ۷۰ درجه) از آنجایی که از دوطرف دریچه جریان به صورت آشفته خارج می‌شود و این بازشدگی به‌صورتی است که این دو جریان از دو طرف در بعد دریچه با هم برخورد می‌کنند باعث یک آشفتگی بیشتر و اختلاط بیش‌تری در جریان می‌شوند. در بررسی تلاطم در شیر پروانه‌ای نیز مشاهده شد که بیش‌ترین تلاطم موجود در حالتی است که چرخش شیر ۷۰ درجه است که مقدار پارامتر تلاطم در این حالات ۴۹۰ مترمربع بر مجذور ثانیه می‌باشد. همچنین کم‌ترین مقدار مربوط به زمانی است که دریچه به بیش‌ترین حد بستگی خود نزدیک می‌شود.

## سپاسگزاری

این طرح با حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی - واحد استهبان به انجام رسیده است، لذا نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند قسمت پژوهشی و مالی این واحد دانشگاهی تشکر و قدردانی کنند.

## منابع

احمدی، م. م. و ابراهیمی، م. (۱۳۹۵). شبیه‌سازی جریان عبوری از شیر پروانه‌ای. همایش ملی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول.

**American Water Works Association, (AWWA). (2001).** Butterfly valves Torque, head loss cavitation, Technical Report M49, American Water Works Association.

**Ellis, J. and Mualla, W. (1984).** Behavior of Safty Butterfly Valves, Water Power And Dam Construction, 121, pp: 26-31.

**Dawy, A., Sharara, A. and Hassanm, aA. (2013).** A Numerical Investigation Of The Incompressible Flow Throught A Butterfly Valve Using CFD.

---

**Sollie, C. and Danson, F. (1999).** Torque Action On A Butterfly Valve. Comparison And Choice Of A Torque Coefficient, Journal Of Fluids Engineering, 121, pp: 914-917.