بسمه تعالی

دانشکده فنی و مهندسی علی آباد کتول

گروه مهندسی شیمی

دستور کار آزمایشگاه مکانیک سیالات

تهیه و تنظیم: وجیهه جعفری (کارشناس آزمایشگاه)

دستورالعمل کلی

مواردی که برای تهیه‌ی گزارشکار آزمایشگاه مکانیک سیالات بایستی مدنظر قرار دهید به شرح ذیل است. به‌علاوه در ادامه محاسبات و پرسش‌های مربوط به هر آزمایش ذکر شده است، لطفا توجه فرمایید. در ضمن دقت نمایید ممکن است برخی اطلاعات و داده‌های حاصل از آزمایشات در محاسبات مورد استفاده قرار نگیرد.

هر گزارشکار بایستی موارد ذیل را در بر داشته باشد:

- عنوان آزمایش
- اعضای گروه و شماره دانشجویی
- ذکر نویسنده و تاریخ تحویل گزارشکار
- مقدمه مختصر
- شرح مختصری از روش کار با دستگاه
- محاسبات

لطفا قبل از انجام محاسبات مربوط به هر آزمایش، ابتدا هدف آزمایش را نوشته و سپس داده‌هایی که در هنگام انجام آزمایش در آزمایشگاه تهیه کردید را آورده و درنهایت محاسبات مربوطه را بنویسید.

- پاسخ به پرسش‌های آزمایش

دستگاه نمایش تئوری برنولی

هدف

تحقیق در صحت تئوری برنولی درجریان آب از لوله یا مقطع دایروی غیر منشوری

تئوری

اگر یک المان از سیال به طور ds بر روی یک خط جریان ، محدود به صفحه عمود بر خط جریان در نظر گرفته شود ، معادلات پیوستگی و ممنتوم مطابق زیر است. مختصات x و y کارتزین و مختصات s و n قائم و مماس می‌باشند.

معادله برنولی بر مبنای فرض‌های زیر است :

۱. معادله فقط برای سیال ایده‌آل استوار است.

۲. مشتقات جزئی نسبت به زمان صفر یا به عبارتی جریان دائمی (*Steady*) فرض می‌شود.

۳. معادله بر روی یک خط جریان به دست می‌آید.

$$\Sigma F_s = Ma_s$$

$$pdA - \left(p + \frac{\partial p}{\partial s} ds \right) dA - W.\sin\alpha = pdsdAa_s$$

$$w = dsdA$$

$$-\frac{\partial p}{\partial s} - \gamma \sin\alpha = p.a_s \qquad (۱)$$

زمانی که ds به سمت صفر میل می‌کند ، $\sin\alpha$ با مقدار عددی $\frac{\partial Z}{\partial s}$ برابر خواهد شد.

بنابراین :

$$-\frac{\partial P}{\partial s} - \partial \frac{\partial Z}{\partial s} = p.a_s \qquad (۲)$$

اگر شتاب صفر شود خواهیم داشت :

$$\frac{d}{ds}(p + \gamma z) = 0 \qquad (۳)$$

برای سیالات غیرقابل تراکم با جرم مخصوص ثابت و در حرکت یک بعدی ، می‌توان با انتگرال‌گیری از معادله اولر بین دو نقطه غیر مشخص رابطه زیر را به دست آورد.

$$\frac{P_1}{\gamma}+\frac{V_1^2}{2g}+Z_1=\frac{p_2}{\gamma}+\frac{V_2^2}{2g}+Z_2 \quad (۴)$$

چون تقاط ۱ و۲ دو نقطه اختیاری در طول خط جریان می‌باشند ، می‌توان به طور کلی نوشت :

$$\frac{P}{\gamma}+\frac{V^2}{2g}+Z=cte \quad \text{(مقدار ثابت)} \quad (۵)$$

رابطه اخیر برای تمام نقاط بر روی یک خط جریان ، قابل استفاده است. معادله (۴-۵) برای سیال‌های ایده‌آل (بدون لزجت) و جریان یک بعدی غیرچرخشی و نیز غیرقابل تراکم به دست آمده و معادله اصلی کار و انرژی است. رابطه فوق را بین مقادیر فشار ، سرعت و ارتفاع هر نقطه در مایع ، می‌توان به شرح زیر بیان نمود :

در هر نقطه غیر مشخص از هر رشته جریان در یک سیال کامل و غیرقابل تراکم با جریان دائمی که فاقد تبادل حرارت و انرژی مکانیکی با خارج باشد ، جمع مقادیر ارتفاع نمایش دهنده فشار (p/γ) ، سرعت $(V^2/2g)$ و ارتفاع نقطه تا یک سطح مقایسه اختیاری (Z) مقدار ثابتی بنام " ارتفاع کل انرژی " است.

با درنظر گرفتن جریان دو مقطع لوله ، معادله برنولی می تواند به فرم معادله ی (۴) نوشته شود :

برای این دستگاه $Z_1=Z_2$ بوده و $p=\rho gh$ می باشد .

لذا چنانچه تئوری برنولی حاکم باشد:

$$H= h+\frac{V^2}{2g} \quad (۵)$$

بوده و درتمامی مقاطع درطول لوله ثابت خواهد بود. $(Q=V*A)$

شرح دستگاه

دستگاه متشکل از قسمتهای زیر است:

- ونتوری
- لوله های پیزومتریک

- شیر تنظیم دبی
- پمپ باد دستی

راه اندازی دستگاه

در ابتدای آزمایش لازم است که هواگیری از لوله های پیزومتریک انجام شود، به این منظور جریان آب را برقرار کرده و شیر بالای مربوط به هواگیری را باز می کنیم تا جریان ممتد آب برقرار شود، سپس شیر را بسته و جهت پائین آوردن نهایی سطوح ، پمپ دستی درمحل ورودی هوا (جهت افزایش هوای بالای ستون مایع) به کار برده می شود . با تنظیم آب ورودی و شیر کنترل جریان ، سطوح می تواند به فرم مورد لزوم بالا یا پائین برده شود ، به دقت ورودی تغذیه و شیرهای کنترل جریان را جهت فراهم نمودن ترکیب مناسبی از دبی جریان و فشار ، که بزرگترین اختلاف را بین مانومتر حداقل و حداکثر سطح به وجود می آید، تنظیم کنید.

در قرائت سطح هر مانومتر به اشل دقت نمائید .

میله را در سطح مقطع مورد نظر تنظیم کنید و از لوله ی پیزومتریک مربوطه، فشار کل را بخوانید، سپس میله را تا نزدیکی خروجی سه راهی بیرون کشیده و ارتفاع لوله ی پیزومتریک منشعب ار سطح مقطع مورد نظر که معادل فشار استاتیک آن نقطه است را بخوانید.

همین مراحل را برای سطح مقطع های دیگر و در حداقل دو دبی دیگر تکرار کنید.

از طرف دیگر با داشتن قطر داخلی در نقاط مختلف و دبی ورودی که از روتامتر مشخص است فشار دینامیکی به راحتی قابل محاسبه است.

قطرهای داخلی نقاط ۱ تا ۶ :

D1=24 mm
D2=18 mm
D3= 16 mm
D4= 16.75 mm
D5= 18.59 mm
D6= 24 mm

داده ها و محاسبات آزمایش تئوری برنولی:

Q (l/min)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	h_3 (cm)	h_4 (cm)	h_5 (cm)	h_6 (cm)	h_7 (cm)
2							
4							
5							
6							
7							
8							
10							

Q (l/min)	V_1 (m/s)	V_2 (m/s)	V_3 (m/s)	V_4 (m/s)	V_5 (m/s)	V_6 (m/s)
2						
4						
5						
6						
7						
8						
10						

Q (l/min)	H_1 (m)	H_2 (m)	H_3 (m)	H_4 (m)	H_5 (m)	H_6 (m)
2						
4						
5						
6						
7						
8						
10						

درصد خطا نسبت به H_7 محاسبه می شود.

Q (l/min)	E_1 (%)	E_2 (%)	E_3 (%)	E_4 (%)	E_5 (%)	E_6 (%)
2						
4						
5						
6						
7						
8						
10						

دستگاه پمپ‌های سری و موازی

هدف

هدف از این آزمایش به‌دست آوردن منحنی مشخصه یک پمپ و تعیین راندمان پمپ و به‌کار بستن سری و موازی پمپ‌ها و مقایسه آنها با یکدیگر است.

تئوری

پمپ‌ها یکی از متداول‌ترین انواع توربوماشین‌های مصرف‌کننده قدرت می‌باشند که در اکثر سیستم‌های تأسیساتی، آب رسانی، هیدرولیکی و غیره به کار می‌روند. پمپ‌ها باعث افزایش انرژی مایعات می‌گردند.
در پمپ‌ها چگالی سیال ثابت و مقدار آن زیاد است، اختلاف فشار معمولاً قابل ملاحظه است و ساختمان پمپ بایستی محکم باشد. هنگامی که وجود یک پمپ به تنهایی نتواند دبی یا ارتفاع مورد نیاز ایستگاه را تأمین کند از دو یا تعداد بیشتری پمپ در مدار استفاده می‌شود. اتصال پمپ‌ها به یکدیگر و یا نحوه قرارگیری آنها در مدار، به‌طور کلی در دو حالت موازی یا سری صورت می‌گیرد.

به هم پیوستن پمپ‌ها به صورت موازی

در این حالت، دبی کلی ایستگاه از طریق چند پمپ که بصورت موازی به یکدیگر بسته شده‌اند عبور خواهد کرد. نحوه عملکرد این پمپ‌ها شبیه مدارهای الکتریکی در حالت موازی می‌باشد. به این صورت که دبی کلی ایستگاه از جمع دبی‌های عبوری از هر پمپ به‌دست می‌آید و ارتفاع تولیدی تمامی آنها نیز با یکدیگر مساوی است. به‌هم پیوستن پمپ‌ها به صورت موازی بر نقطه کار هر یک از پمپ‌ها اثر می‌گذارد.
برای بدست آوردن منحنی مشخصه مجموعه، باید دبی‌های هر یک را در ازای ارتفاع ثابت با یکدیگر جمع و نقاط حاصل را به هم متصل نمود.
محل تلاقی مدار با منحنی بدست آمده نقطه کار سیستم را تعیین می‌کند (Q,H_P). برای مشخص کردن نقطه کار هریک از پمپ‌ها، باید از محل دو منحنی، خطی موازی با محور Qها رسم شود. پمپ‌ها معمولاً به نحوی انتخاب می‌شوند که در حوالی نقطه راندمان ماکزیمم خود کار کنند.

ارتفاع کل رامی‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$H_{total}=[\frac{(P_{d2}-P_{s1})}{\rho g}+\frac{(P_{d1}-P_{s2})}{\rho g}]/2 \quad (۱)$$

P_d و P_S به ترتیب فشار استاتیکی در دهانه‌های خروجی و ورودی پمپ‌ها می‌باشند.

هنگامی‌که پمپ‌های (A) و (B)، هر یک به‌تنهایی درمدار قرار گیرند دبی تولیدی توسط آنها به ترتیب Q_1 و Q_2 خواهد بود.

موازی بستن دو یا تعداد بیشتری پمپ در یک مدار، هنگامی صورت می‌گیرد که در ازای دبی مورد احتیاج، اندازه پمپ انتخابی بزرگ شود که در این صورت با تقسیم دبی بین دو یا چند پمپ می‌توان در یک ارتفاع ثابت، پمپ‌هایی با اندازه کوچک‌تر انتخاب نمود؛ با افزایش تعداد پمپ‌ها کارایی دستگاه بهتر می‌شود.

در به‌هم بستن پمپ‌ها بصورت موازی باید به نکات ذیل توجه کرد:

۱. استفاده از پمپ‌های یکسان برای بستن (درصورت استفاده از پمپ‌های غیر یکسان باید از شیر یک طرفه در مسیر بعد از هر پمپ استفاده شود.)
۲. در به هم بستن پمپ‌های موازی باید سعی شود که مقاومت دینامیکی مدار حتی‌الامکان کم باشد زیرا همان‌گونه که از شکل (۱) مشاهده می‌شود هرچه شیب منحنی مشخصه مدار بیشتر باشد دبی تولیدی مجموعه پمپ‌ها کاهش یافته و در این صورت موازی بستن پمپ‌ها تأثیر چندانی نخواهد داشت.
۳. همانطور که گفته شد، دبی تولیدی هر یک از پمپ‌ها در حالت موازی، کمتر از دبی تولیدی آنها درحالتی است که به تنهایی در مدار قرار گیرند. بنابراین وقتی یکی از پمپ ها از کار بیفتد و از مدار خارج شود دبی تولیدی پمپ‌ها افزایش پیدا می‌کند.

به هم پیوستن پمپ‌ها به صورت سری:

به هم پیوستن پمپ‌ها به صورت سری در یک مدار برای بالا بردن فشار تولیدی در ازای یک دبی معین صورت می‌گیرد. دراین حالت، دبی کلی ایستگاه از پمپ‌های متعدد که بصورت سری قرار گرفته‌اند گذشته و

فشار آن در هر مرحله افزایش می‌یابد. در این‌جا نحوه عملکرد پمپ‌ها همانند مدارهای الکتریکی در حالت سری است برای ترسیم منحنی مشخصه مجموعه پمپ‌ها در حالت سری، باید به ازای یک دبی معین ارتفاع‌های متناظر را با یکدیگر جمع و نقاط بدست آمده را به هم متصل نمود.

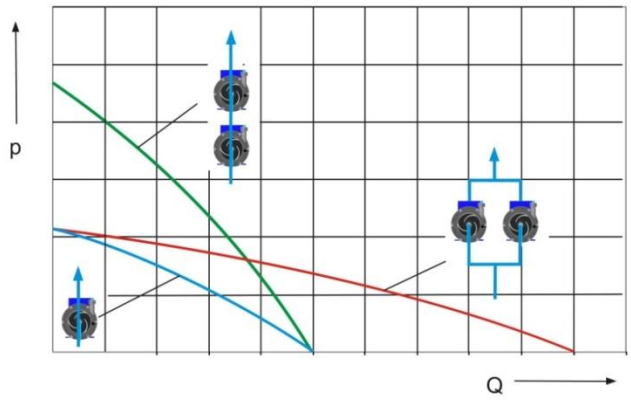
در به هم پیوستن پمپ‌ها بصورت سری باید به نکات زیر توجه کرد:

۱. به علت آن‌که سیال به هنگام ورود به دومین پمپ سری، دارای فشار بیشتری است فشار در پوسته و محفظه آب‌بندی این پمپ بیشتر می‌باشد؛ از این رو پمپ نیاز به آب‌بندی مناسب‌تری دارد و همچنین فشار داخل آن نباید از فشار آزمایش پوسته پمپ بالاتر رود.

۲. در حالتی که دو پمپ یکسان با یکدیگر به‌صورت سری بسته شوند ارتفاع کل، دو برابر ارتفاع هر یک از پمپ‌ها خواهد بود اما دراین مورد نیاز ارتفاع تولیدی مجموعه دو پمپ، کمتر از دو برابر ارتفاع تولید یک پمپ، در حالتی است که به‌تنهایی در مدار قرار گیرد.

۳. بهتر است درسری بستن از پمپ‌های یکسان استفاده شود، در حالت سری ارتفاع کل را می‌توان از روابط ذیل بدست آورد.

$$H_{total}=[\frac{(P_{d2}-P_{s2})}{\rho g}+\frac{(P_{d1}-P_{s1})}{\rho g}] \quad (۲)$$



شکل (۱) منحنی عملکرد دو پمپ به صورت سری و موازی

به هم پیوستن پمپ‌ها به صورت تکی:

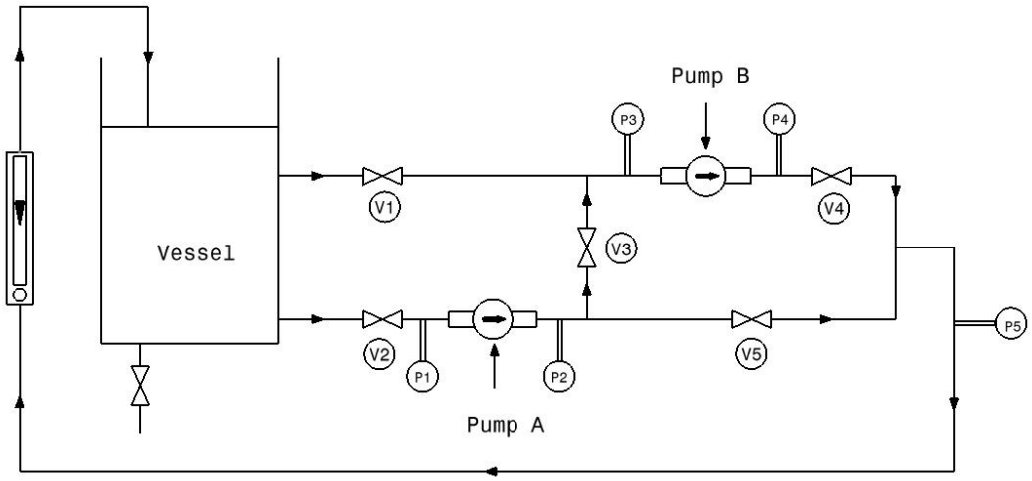
$$H_{total}=\frac{(\Delta P)}{\rho g}$$

شرح دستگاه

دستگاه مورد آزمایش از یک مخزن تشکیل شده که این مخزن تحت مدار لوله‌کشی به پمپ متصل است. در مدار لوله‌کشی ۵ شیر تعبیه شده است که بوسیله شیرهای موجود می‌توان سیتم لوله‌کشی را طوری تغییر داد که پمپ‌ها به صورت سری، موازی یا تک پمپ عمل کنند.

اگر شیر ۳ را بسته و بقیه شیرها را باز نگه داریم پمپ‌ها به صورت موازی در مدار قرار می‌گیرند. اگر شیر ۵ و ۱ را بسته بقیه شیرها را باز نگه داریم پمپ‌ها به صورت سری در مدار قرار می‌گیرند.

از دیگر اجزا دستگاه مورد آزمایش، فشارسنج است که قبل و بعد از هر پمپ و در محل خروجی نهایی نصب می‌شود و همچنین یک روتامتر در انتهای مسیر لوله‌کشی جهت اندازه‌گیری دبی قرار گرفته است.



شکل(۲) دیاگرام دستگاه

راه‌اندازی دستگاه

دستگاه را روشن می‌کنیم و در سه مرحله زیرآزمایش را انجام می‌دهیم:

الف) پمپ A را روشن کرده و پمپ B را در وضعیت خاموش قرار دهید. شیر ۱ و ۳ و۴ را بسته و شیر ۲ و ۵ را در حالت باز قرار دهید. منحنی مشخصه (Q-h) را برای این حالت رسم کنید.

ب) هر دو پمپ A و B را روشن کنید و پمپ‌ها را در حالت موازی قرار دهید. برای این کار شیر ۳ را بسته و بقیه شیرها را در حالت باز قرار دهید. منحنی مشخصه را برای این حالت رسم کنید.

ج) اینک پمپ‌های A و B را در حالت سری قرار دهید بدین ترتیب که:

شیر ۱ و ۵ را بسته و بقیه شیرها را باز نگه دارید و باز هم منحنی مشخصه را رسم کنید.

۱- منحنی مشخصه پمپ‌ها را در حالت‌های مختلف رسم و با هم مقایسه کنید.

۲- راندمان پمپ را در حالت‌های مختلف به‌دست آورید و با یکدیگر مقایسه کنید.

$$R=\frac{\rho g H Q}{VI} * 100$$

۳- جهت انتخاب پمپ‌ها به چه مشخصاتی باید توجه نمود؟

داده ها و محاسبات آزمایش پمپ ها:

نحوه اتصال پمپ ها	Q (l/min)	P_{s1} (……..) (ورودی پمپ ۱)	P_{s2} (……..) (ورودی پمپ ۲)	P_{d1} (……..) (خروجی پمپ ۱)	P_{d2} (……..) (خروجی پمپ ۲)	V (v)	I (A)	H (m)	R
تکی	10								
	15								
	18								
	20								
سری	10								
	15								
	18								
	20								
موازی	10								
	15								
	18								
	20								

افت فشار در سیستم لوله‌کشی

هدف

هدف از این آزمایش تعیین افت فشار در لوله‌های متفاوت و در اجزای متفاوت یک سیستم لوله‌کشی (مانند زانویی، انواع شیر، سیفون و تغییرات ناگهانی سطح مقطع لوله و...) و بدست آوردن ضریب اصطکاک مربوط به اتصالات، تعیین رابطه‌ای بین افت انرژی و سرعت می‌باشد. بررسی تغییرات ضریب اصطکاک با عدد رینولدز، ضریب افت با انرژی جنبشی از مسائلی است که در این آزمایش مورد توجه می‌باشد.

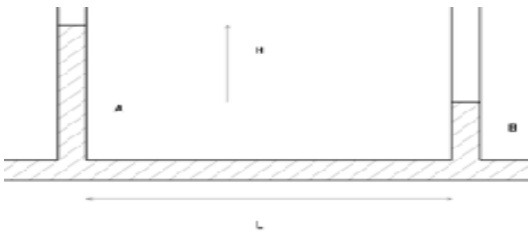
تئوری

یکی از مسائل مهم در مکانیک سیالات محاسبه و تخمین افت فشار در سیستم های لوله کشی می باشد. دستگاه افت فشار شامل چندین لوله و یک سری اتصالات می باشد و با این دستگاه قادر خواهیم بود تا افت انرژی را در قسمتهای مختلف اندازه گیری نماییم.

افت فشار ایجاد شده در سیستم‌های لوله‌کشی را می‌توان به دو بخش افت‌های اصلی و افت‌های فرعی تقسیم نمود. افت اصلی مربوط به اصطکاک سیال در طول سیستم لوله‌کشی است و افت‌های فرعی مربوط به اجزایی نظیر: زانو، شیر، تغییر ناگهانی سطح مقطع لوله و... می باشد که سبب تغییر شکل خطوط جریان می‌شود.

افت اصلی

افت انرژی در اثر اصطکاک در داخل یک لوله مستقیم به صورت کاهش فشار ظاهر می‌شود. اگر جریان مایعی از لوله شکل (۱) عبور کند اختلاف ارتفاع سطوح مایع (h)در پیزومترهای Aو B معرف انرژی اصطکاکی یا افت فشار (به ازای واحد وزن سیال جاری) می‌باشد. نظر به اینکه افت فشار به ازای واحد وزن سیال دارای بعد طول است به آن افت هد یا افت ارتفاع هم میگویند.



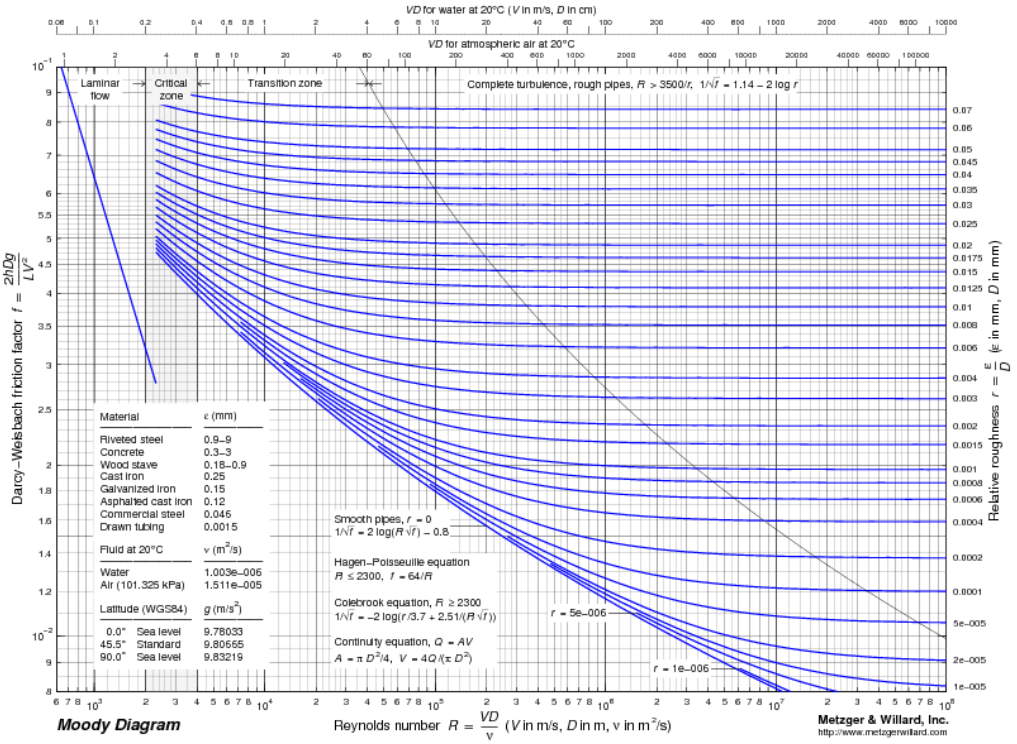
شکل(۱) افت فشار در طول لوله

اتلاف انرژی به دلیل اصطکاک را برای **لوله ای با قطر ثابت**، میتوان با رابطه زیر محاسبه کرد:

$$\frac{\Delta h}{L} = \frac{f}{D}\frac{V^2}{2g} \qquad (۱)$$

(Q=V*A)

ضریب اصطکاک f برای جریانهای آرام و برای جریانهای متلاطم برحسب اینکه لوله به صورت صاف، کاملاً زبر و یا بین دو حالت عمل کند، متفاوت است. F هنگامی که لوله به صورت صاف، عمل می‌کند تابعی از Re، زمانی که به صورت کاملاً زبر عمل می‌کند تابعی از زبری نسبی (ε/d) و در فاصله این دو حالت تابعی از هر دو عامل Reو (ε/d)می‌باشد. برای محاسبه مقدارf میتوان از نمودار مودی (شکل(۲)) یا معادلات تجربی ارائه شده استفاده نمود. مقدار εبرای لوله‌های متفاوت در کتاب‌های مرجع لوله‌کشی داده شده است.



شکل(۲) نمودار مودی

افت فرعی یا اتلافات موضعی انرژی

۱. افت انرژی در اثر تغییر ناگهانی سطح مقطع لوله

اگر سطح مقطع یک کانال ناگهان بزرگ شود، خطوط جریان سیال از دیواره جدا شده و به صورت یک جت وارد بخش بزرگتر می‌شوند. سپس این جت منبسط شده و کل سطح مقطع مجرای بزرگتر را پر می‌کند. فضای بین جت منبسط شده و دیواره مجرا از سیالی پر می‌شود که حرکت گردابی دارد و مشخصه جدایش لایه مرزی است. در این حالت اصطکاک قابل ملاحظه‌ای در این فضا ایجاد می‌شود.

۲. انبساط و انقباض ناگهانی

اگر افت انرژی در طول L از لوله برابر با Δh_f باشد و از افت انرژی جنبشی در قسمت با قطر بزرگتر صرفنظر شود با نوشتن رابطه برنولی بین دو پیزومتر نشان داده شده در شکل (۱) می‌توان افت جزئی را از رابطه زیر بدست آورد.

$$\Delta h_L = P_1 - P_2 + ({}^{1}/_{2}\,\rho(V_1^2 - V_2^2) \qquad (۲)$$

در روابط فوق u سرعت جریان درقسمت باریکتر لوله و$(P_1 - P_2)$ اختلاف ارتفاع پیزومترهای ورودی و خروجیمیباشد.

در عمل افت انرژی جزئی برای اتصالات از رابطه (۳) بدست می آید.

$$\Delta h_L = K_e \frac{V^2}{2} \qquad (۳)$$

که در آن K_e ضریب افت انبساط نامیده می‌شود.

و ضریب جریان در تغییر ناگهانی مساحت از نمودار مربوطه در کتب سیالات قابل قرائت است.

۳. افت انرژی در زانوها و خمها

اگر در دو نقطه از مسیر لوله‌ها که بین آنها زانویی یا خم وجود داشته باشد دو پیزومتر نصب شود اختلاف ارتفاعی که توسط دو پیزومتر مشخص می‌شود مربوط به دو عامل است یکی افت انرژی طولی و

دیگری افت جزئی در اثر زانویی. اگر افت انرژی طولی بین دو نقطه Δh_f و افت جزئی Δh_b و اختلاف ارتفاع پیزومترها $\Delta h'$ باشد رابطه (۵) بین دو نقطه برقرار است.

$$\Delta h_{\mathrm{b}} = \Delta \mathrm{h}' - \Delta h_{\mathrm{f}} \qquad (۵)$$

در عمل افت انرژی جزئی زانوئی را از رابطه (۶) بدست می‌آورند.

$$\Delta h_b = K_f \frac{u^2}{2} \qquad (۶)$$

که در آن K_f ضریب افت و ثابت می‌باشد. مقدار ضریب افت زانویی یا خم به نسبت شعاع زانویی (r) و به قطر لوله (d) بستگی دارد.

در این آزمایش دو زانویی ¼" به صورت سری مورد تست قرار می گیرند و از افت لوله ی بین آنها می توان صرفه نظر کرد.

۴. افت انرژی در شیرها

اتصالات و شیرها، خطوط جریان معمولی را مختل کرده و سبب ایجاد اصطکاک می‌شوند. در یک خط لوله کوتاه با اتصالات زیاد، افت اصطکاک ناشی از اتصالات ممکن است بیشتر از افت اصطکاک خود لوله باشد. افت انرژی جزئی در اتصالات و شیرها بستگی به نوع ساختمان آن دارد و از رابطه زیر بدست می آید.

$$\Delta h = k_f V^2/2 \qquad (۷)$$

$$\Delta p = \rho g \Delta h$$

سرعت متوسط در لوله‌ای است که به اتصال u ختم میشود.مقدار K_f در شیرها ثابت نمی‌باشد بلکه به نوع شیر ، شرکت سازنده و مقدار باز بودن آن بستگی دارد.

در این دستگاه دو شیر از نوع گلاب ولو و بال ولو ¼" مورد تست قرار می گیرد.

برای یافتن مقادیر ضرایب افت K_f. به کتب مرجع مراجعه نمایید.

جدول ۱) k برخی شیر و اتصالات

Table 1. Range of Head-loss Coefficients (K) for Water Flowing Through Various Fittings			
Fitting Description	**K Value**	**Fitting Description**	**K value**
Globe valve, fully open	3 – 8	Square-edged inlet (from tank)	0.5
Ball valve, fully open	0.04 – 0.1	Bell-mouth inlet	0.05
Check valve, fully open	2	Discharge into tank	1
Gate valve, fully open	0.03 – 0.2	Standard elbow	0.2 – 0.3
Butterfly valve, fully open	0.5 – 2	Long radius elbow	<0.1 – 0.3

شرح دستگاه

دستگاه شامل بخش های زیر است:

۱. مخزن ذخیره آب

۲. پمپ

۳. روتامتر

۴. شامل انواع گوناگون شیرها از قبیل Globe valve و Bull valve...

۵. شامل انواع گوناگون اتصالات از قبیل انبساط، زانویی و...

۶. لوله با قطرهای داخلی متفاوت(لوله ¼" با قطر داخلی 10.4میلی متر و لوله1/2" با قطر داخلی 13.7 میلی متر و لوله 1/8" با قطر داخلی 5.7 میلی متر)

۷. اختلاف فشار دو سر هریک از اجزا سیستم توسط یک گیج فشار تفاضلی قرائت می شود و فشار هر نقطه از سیستم توسط یک کوئیک کوپلینگ و لوله پنوماتیک به ورودی های گیج فشار دیفرانسیلی منتقل می شود.

راه اندازی دستگاه

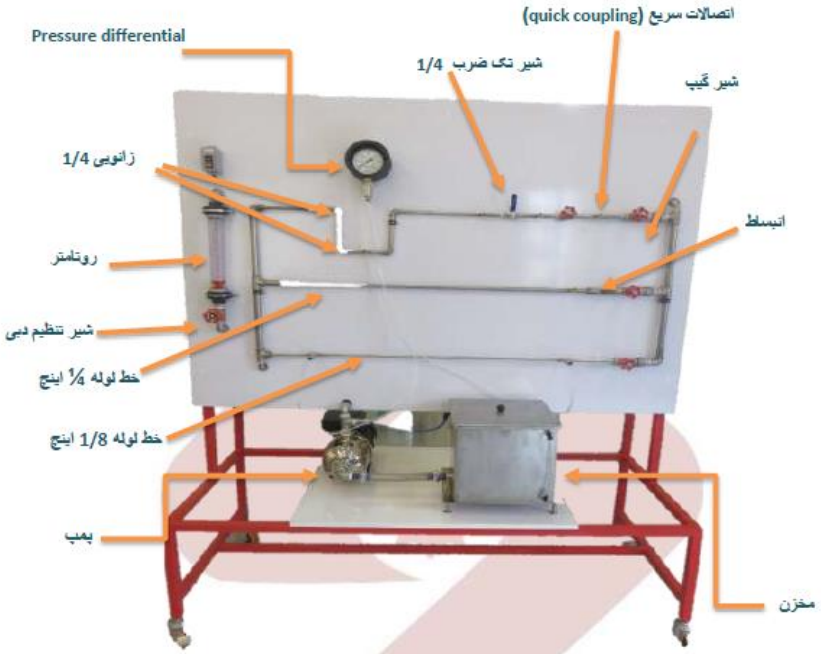
قبل از شروع آزمایش دستگاه باید هواگیری شود.برای انجام هواگیری کلیه شیرها را باز و پمپ را روشن کنید. اجازه دهید برای دقایقی آب درون کل خط جریان یابد. پس از اطمینان از جریان آب در مسیر

لوله‌کشی و پرشدن کل مسیر جریان، برای خواندن افت فشار ایجادی در تک تک اجزای مسیر، مراحل زیر را دنبال نمایید.

- قسمتی از مسیر لوله‌کشی را که قصد دارید افت فشار ایجادی در آن را مشاهده نمایید انتخاب نمایید و گلاب ولو مربوطه به خط لوله آنرا باز کنید و شیرهای دو مسیر دیگر را ببندید.
- لوله های مربوط به گیج فشار تفاضلی را با توجه به فشار کمتر و بیشتر به قبل و بعد قسمت مورد آزمایش متصل کنید.(برای اتصال نرگی و مادگی کوئیک کوپلینگ ها به هم، می بایست قطعه ی میانی قسمت مادگی را به سمت عقب بکشید.)
- به منظور هواگیری از لوله های شفاف، آنها را از ورودی گیج فشار جدا کرده و زمانی که جریان یکنواخت برقرار شد دوباره به گیج فشار متصل کنید. (جهت جازدن شیلنگهای پنوماتیکی کافی است شیلنگ را فشار دهند، اما جهت بیرون آوردن آن باید ابتدا سر مشکی رنگ شیلنگ را به سمت پایین فشار داده و سپس شلنگ را بیرون کشید.)
- گیج فشار تفاضلی را هم سطح قطعه ی مورد نظر گرفته و اختلاف فشار را قرائت کنید.
- این کار را برای سایر اجزای مسیر تکرارکنید.

نکته:

- در دبی های کم شیر by pass را نیمه باز گذاشته تا به پمپ فشار وارد نشود. با افزایش دبی به تدریج شیر by pass را ببندید.
- برای مقایسه ی مقادیر تجربی و تئوری دقت کنید که تغییر واحدهای لازم انجام گیرد.



نمایی از دستگاه افت فشار در لوله و اتصالات

داده ها و محاسبات آزمایش افت فشار در سیستم لوله کشی:

نوع اتصال	Q (l/h)	ΔP (…….)	K یا f	نوع اتصال	Q (l/h)	ΔP (…….)	K یا f
زانویی ۹۰°	۲۵۰			خط لوله ۱/۴ اینچ	۵۰۰		
	۳۰۰				۶۰۰		
	۳۵۰				۷۰۰		
	۴۰۰				۸۰۰		
Check valve	۳۰۰			انبساط ناگهانی	۴۰۰		
	۳۵۰				۴۵۰		
	۴۰۰				۵۰۰		
	۴۵۰				۵۵۰		
Globe valve	۳۵۰			خط لوله ۱/۸ اینچ	۷۰۰		
	۴۰۰				۷۵۰		
	۴۵۰				۸۰۰		
	۵۰۰				۸۵۰		

نمودار f و k را بر حسب دبی برای اتصالات و خطوط لوله رسم کنید.

جریان مایعات از اوریفیس (تخلیه روزنه)

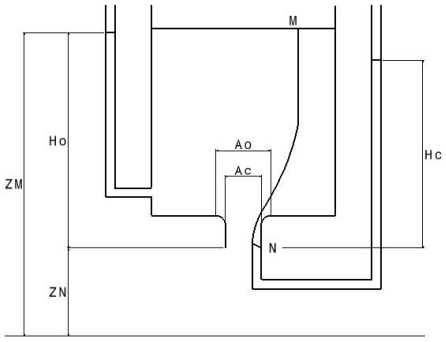
هدف

مشاهده چگونگی تخلیه مایعات از یک روزنه مدور (اوریفیس) و میزان افت فشار مایعات هنگام عبور از این روزنه و تعیین ضرایب تخلیه، سرعت و سطح مقطع جریان می‌باشد. همچنین زمان لازم برای تخلیه طبیعی یک مخزن از یک روزنه با زمان تئوریک آن مقایسه می‌شود.

تئوری

در هنگام عبور سیال از یک حفره و یا یک لبه تیز در اثر فشردگی سطح مقطع جریان، مقدار واقعی شدت جریان کمتر از مقدار تئوریک آن بوده به طوری که مقدار تئوریک شدت جریان برابر است با سرعت خروجی سیال از روزنه ضربدر مقدار سطح مقطع روزنه ولی چون طبق شکل (۵-۱) سطح مقطع خروجی سیال کمتر از سطح مقطع روزنه می‌باشد، مقدار دبی واقعی کمتر از مقدار دبی تئوری می‌باشد. این اختلاف نه تنها بواسطه افت انرژی بلکه بیشتر بخاطر انقباض سطح مقطع جریان می‌باشد.

به کمترین مقطع جریان، مقطع فشرده یا اصطلاحاً Vena contraction (انقباض ونا) می‌گویند.



شکل (۱): عبور سیال از حفره

در شکل (۱) اساس عبور جریان یک مخزن از روزنه نشان داده شده است. اگر H_0 ارتفاع آب در مخزن از مقطع فشرده باشد با نوشتن معادله برنولی بین دو نقطه در سطح آزاد (M) و مقطع فشرده (N) به صورت زیر بیان می‌شود.

$$\frac{U_M^2}{2g}+\frac{PM}{\gamma}+Z_M=\frac{U_N^2}{2g}+\frac{PN}{\gamma}+Z_N \qquad (۱)$$

با صرف‌نظر کردن از سرعت نقطه M و مساوی بودن فشار دو نقطه M و N معادله فوق به صورت زیر بدست می‌آید:

$$Z_M-Z_N=\frac{U_N^2}{2g}=H_O \qquad V_O=\sqrt{2gH_O} \qquad (۲)$$

اگر به کمک لوله پیتوت هد کلی جریان در مقطع فشرده (H_c) خوانده شود، سرعت واقعی برابر است با:

$$\frac{U^2M}{2g}=H_C \quad V_c=\sqrt{2gH_c} \qquad (۳)$$

به طوری که مقدار ($H_O - H_C$) معرف مقدار افت فشار می‌باشد.

طبق تعریف نسبت سرعت واقعی به سرعت ایده‌آل را ضریب سرعت نامیده و با C_V نشان می‌دهند:

$$C_V=V_C/V_O=\sqrt{H_C/H_O} \qquad (۴)$$

همچنین نسبت سطح مقطع فشرده جریان به سطح مقطع روزنه را ضریب سطح نامیده با C_C نشان می‌دهند:

$$Cc=A_c/A_0=D_c^2/D_0^2 \qquad (۵)$$

با توجه به روابط فوق مشخص می‌شود که دبی واقعی برابر $\mathbf{V_cA_c}$ است(دبی روتامتر) و از دبی تئوری $Q=V_0A_0=A_0\sqrt{2gH_0}$ کمتر می‌باشد. نسبت دبی واقعی به دبی تئوری را ضریب تخلیه می‌نامند و با C_d نشان می‌دهند:

(۶)

$$C_d=Q_c/Q_0=V_cA_c/V_0A_0$$

واضح است که:

$$C_d=C_c.C_v \qquad (۷)$$

شرح دستگاه:

دستگاه از یک مخزن استوانه‌ای با قطر 200mm با دو لوله ی پیزومتر یکی برای تعیین H_0 و دیگری برای تعیین Hc تشکیل شده است. یک لوله سرریز جهت تخلیه آب اضافی در مخزن قرار داده شده است، صفحات اوریفیس درسه هندسه ی متفاوت می‌باشند که قطر روزنه‌های آنها برابر 16mm است. برای انجام آزمایش می‌توان هرکدام از این صفحات را در زیر دستگاه نصب کرد و نحوه جریان مایع را از درون صفحات گوناگون مشاهده کرد.

روش انجام آزمایش:

آزمایش روزنه به ترتیب در مراحل زیر انجام می‌شود:

الف: اندازه‌گیری ضرایب C_d،C_c،C_v در ارتفاع ثابت آب

ب: اندازه‌گیری ضریب تخلیه C_d در ارتفاعات مختلف

الف: برای انجام مرحله اول آزمایش شیر کنترل جریان آب، روتامتر را طوری باز می‌کنیم تا ارتفاع آب در مخزن، بالاتر از ورودی آب و پایین تر از سرریز قرار گیرد و ثابت بماند. با اندازه‌گیری دبی واقعی توسط روتامتر و ارتفاع آب مخزن (H_0) و داشتن قطر روزنه می‌توان ضریب تخلیه را از رابطه (۶) بدست آورد.

برای تعیین C_v می‌بایست توسط لوله پیتوت مقدار H_c را قرائت نمود و با داشتن H_0 از رابطه (۴) استفاده نمود. برای تعیین ضریب سطح (C_c) توسط تیغه‌ای لبه تیز در زیر مخزن قطر آب خروجی از مخزن را در مقطع فشرده تعیین نموده و از رابطه (۵) استفاده می‌شود . لازم به ذکر است مجموعه‌ای که به‌وسیله آن می‌توان قطر آب خروجی را اندازه گرفت طوری طراحی شده که با هردور پیچش شفت، تیغه به اندازه mm ۱/۷۵ پیشروی دارد.

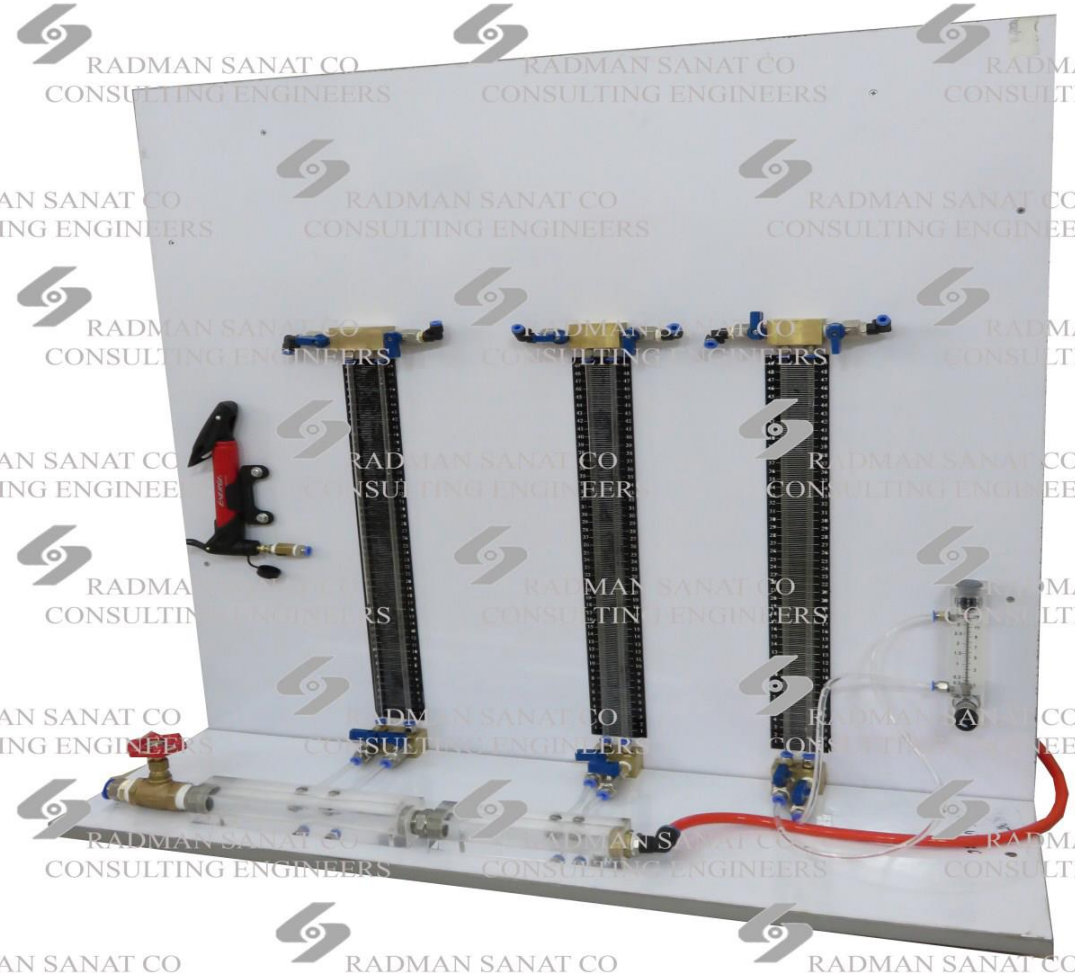
ب: برای انجام مرحله دوم شیر کنترل جریان را کمی می‌بندیم تا آب در ارتفاع پایین قرار گیرد. بعد از مدتی که آب در ارتفاع مورد نظر قرار گرفت میزان دبی را تنظیم می کنیم تا ارتفاع آب ثابت بماند و داده ها را یادداشت می‌کنیم. با داشتن دبی واقعی و ارتفاع متناظر می‌توان ضریب تخلیه را در هر ارتفاع بدست آورد.

ضرایب تخلیه (C_d) ، سرعت (C_v) و سطح (C_c) را در مرحله اول، بدست آورید و با یکدیگر مقایسه کنید.صحت تبعیت این ضرایب از رابطه (۷) را بررسی کنید.

داده ها و محاسبات آزمایش تخلیه روزنه:

نوع صفحه اریفیس	Q (l/min)	H_0 (cm)	H_c (cm)	C_v
1	10			
	15			
	20			
	25			
2	10			
	15			
	20			
	25			
3	10			
	15			
	20			
	25			
4	10			
	15			
	20			
	25			

دبی سنجی



RADMAN SANAT CO CONSULTING ENGINEERS

هدف

نمایش عملکرد وتوصیف سه نوع اساسی از دبی سنجها

تئوری

در دستگاه ها و سیستم های مختلف اعم ازباز و بسته که به نوعی با جریان سیال در ارتباط هستند، عموما" لازم است که میزان سیال عبوری از یک محل اندازه گیری شود. اندازه گیری میزان جریان آب، نفت و گاز در لوله ها یا کانال ها را می‌توان به عنوان نمونه های بارز برشمرد.

روش های متنوعی جهت اندازه گیری شدت جریان سیال یا دبی وجود دارد. شاید بتوان گفت که ساده‌ترین راه اندازه‌گیری دبی، سنجش حجم یا وزن سیال عبوری در مدت زمان مشخص است که روش اول را دبی سنجی حجمی و روش دوم را دبی سنجی وزنی می‌نامیم. در دبی سنج های حجمی و وزنی مدت زمان لازم برای پر شدن ظرفی با حجم یا وزن مشخص اندازه گیری می شود و با استفاده از روابط زیر میزان دبی محاسبه می‌شود:

$$Q = \frac{w/\rho g}{t} \quad or \quad Q = \frac{V}{t} \qquad (۱)$$

در روابط فوق، t زمان پر شدن ظرف، V حجم سیال پرشده داخل ظرف، w وزن سیال پر شده داخل ظرف و ρوزن مخصوص سیال و Q دبی جریان می باشد.

در این آزمایش با سه وسیله مختلف اندازه گیری شدت جریان در لوله ها آشنا می شویم. این وسایل عبارتند از: ونتوری متر ، روزنه (Orifice) و دوارسنج (Rotameter).

جهت محاسبه دبی از روش های مذکور در فوق از حل هم زمان معادلات انرژی و پیوستگی استفاده می کنیم. اگر رابطه برنولی را با فرض عدم تلفات انرژی بین دو مقطع متوالی ۱ و ۲ بنویسیم خواهیم داشت:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \qquad (۲)$$

رابطه پیوستگی بین دو مقطع 1 و 2 نیز به صورت زیر می باشد:

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2 \qquad (۳)$$

با ترکیب دو رابطه (۱-۴) و (۳-۴) خواهیم داشت:

$$Q=\left[\frac{2gA_2^2}{1-(A_2/A_1)^2}(Z_1+\frac{p_1}{\gamma}-Z_2-\frac{p_2}{\gamma})\right]^{\frac{1}{2}}=\left[\frac{2gA_2^2(h_1-h_2)}{1-(A_2/A_1)^2}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (۴)$$

در رابطه فوق h مقدار ارتفاع نظیر فشار نسبت به سطح مبنا می‌باشد. ($h = Z - p / \gamma$) که مقدار نسبی آن از لوله پیزومتر قابل خواندن است.

برای ونتوریمتر و صفحه روزنه (اریفیس) معادله اساسی برنولی به فرم زیر ساده سازی می گردد :

$$Q=C_d*A_2\sqrt{\frac{2g|H_1-H_2|}{1-\left(\frac{A2}{A1}\right)^4}}$$

A1=4.52*10^-4

A2=1.13*10^-4

برای ونتوریمتر و روزنه مقادیر زیر قابل کابرد می باشد :

برای ونتوریمتر $C_D=0.65$

برای صفحه روزنه $C_D=0.6$

شرح دستگاه

دستگاه متشکل از قسمتهای زیر است:

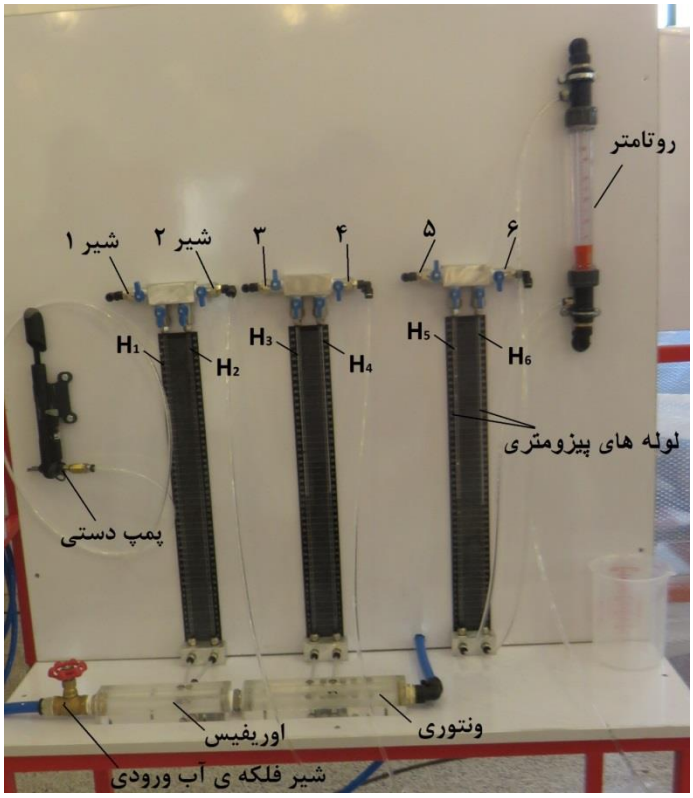
- ونتوری

صفحه روزنه

شیر کنترل جریان

لوله های پیزومتریک

پمپ باد دستی



شکل (۱)

راه اندازی دستگاه

پس از اطمینان از اتصال مناسب شیلنگ ورودی دستگاه به آب شهری و خروجی آن بـه فاضـلاب شـهری ، جهت هواگیری قسمت اوریفیس، ابتدا شیر فلکه ی کنترل کننده ی جریان ورودی را باز می کنیم و سـپس شیر شماره ی ۱ (سمت راست که در بالای لوله های پیزومتری و متصل به شمش آلومینیومی)، را باز مـی کنیم تا جریان ممتد آب خارج شود، شیر را بسته و عملیات هواگیری به پایان می رسد.

در مرحله ی بعد به تنظیم فشار هوای روی سطح آب درون لوله هـای پیزومتـری مـی پـردازیم. بـرای ایـن منظور ابتدا پمپ دستی را به شیر ۲ (سمت چپ بالای لوله های پیزومتری)، متصل می کنیم و شـیر را بـاز کرده و بعد از باز کردن ضامن پشت پمپ دستی، به آرامی هوا را پمپ می کنیم تا هر دو سـطح آب در لولـه های پیزومتری قابل خواندن شوند. سپس شیر را بسته و پمپ را جدا می کنیم.

در مرحله ی بعد در حالی که هر دوشیر بالایی بسته هستند، دبی آب عبوری را به وسیله ی شیر فلکه ی ورودی کنترل کننده ی جریان تنظیم می کنیم تا روتامتر اعداد مورد نظر را نشان دهد که در جدول نیز به پیوست آورده شده است.

در مرحله ی آخر ارتفاع آب در لوله های پیزومتری را خوانده و با استفاده از اختلاف ارتفاع آب محاسبات را انجام می دهیم. مراحل بالا را با استفاده از شیرهای ۳و ۴ برای ونتوری و شیرهای۵ و ۶ برای روتامتر و در دبی های مختلف مجدادا تکرار کنید.

داده ها و محاسبات آزمایش اندازه گیری دبی

ونتوری						**اریفیس**						**روتامتر**			
Q (l/h)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH	Q	E	Q (l/h)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH	Q	E	Q (l/h)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH
60						60						60			
80						80						80			
100						100						100			
120						120						120			
140						140						140			
160						160						160			
180						180						180			
200						200						200			
220						220						220			
240						240						240			
260						260						260			
280						280						280			
300						300						300			
320						320						320			
340						340						340			
360						360						360			
380						380						380			
400						400						400			

قرائت مربوط به صفحه روزنه(اوریفیس) : مانومترهای شماره ۱و ۲(H_1 و H_2 مربوط به ارتفاع آب در لوله ی پیزومتری قبل و در گلوگاه اوریفیس)

قرائت مربوط به ونتوریمتر : مانومترهای شماره ۳ و ۴ (H_3 و H_4 مربوط به ارتفاع آب در لوله ی پیزومتری قبل و در گلوگاه ونتوری متر)

قرائت مربوط به روتامتر : مانومترهای شماره ۵ و۶ (H_5 و H_6 مربوط به ارتفاع آب در لوله ی پیزومتری قبل و بعد از روتامتر)

(شماره ی مانومتر ها در شکل (۱) مشخص است.)

از قرائتهای حاصل در مورد ونتوریمتر و صفحه روزنه دبی جریان را با استفاده از معادلات و به ازای C_d مربوطه به دست آورید. مقادیر محاسبه شده را با قرائت مربوط به روتامتر مقایسه کنید .

افت در هر وسیله اندازه گیری را در ارتباط با دبی عبوری مقایسه کنید. (دقت کنید که افت در ونتوریمتر و صفحه روزنه با ارتفاع نظیر سرعت میتواند مرتبط باشد.) مقدار درصد خطای دبی محاسباتی را نسبت به دبی آزمایشگاهی حساب کنید.

نمودار ΔH را برحسب دبی آزمایشگاهی برای ونتوری، اریفیس و روتامتر رسم کنید.

داده های فنی :

برای ونتوریمتر:

قطربالادست : ۲۴ میلی متر

قطرگلوگاه : ۱۶میلیمتر

زاویه بالادست : ۲۱درجه

زاویه پایین دست : ۷درجه

برای صفحه روزنه :

قطربالادست : ۲۴میلی متر

قطرروزنه : ۱۲میلی متر

رینولدز

هدف

بررسی نوع حرکت سیال و تعیین نواحی آرام،گذرا وآشفته برای جریان داخل لوله.

تئوری

یکی از انواع تقسیم‌بندی جریان، بر مبنای حرکت لایه‌های سیال می‌باشد که بر این اساس سه نوع رژیم جریان، قابل تفکیک است:

- جریان آرام
- جریان گذرا
- جریان آشفته

در جریان آرام حرکت سیال در حرکت لایه‌ها خلاصه می‌شود. در این جریان هر لایه به نرمی روی لایه مجاور خود می‌لغزد و مبادله مومنتوم در سطوح لایه‌های مختلف توسط ملکول‌ها صورت می‌گیرد. در جریان آشفته حرکات بسیار نامنظم ذرات با تبادل شدید مومنتوم در جهت عمود بر حرکت مشاهده می‌شود. در این جریان کار انتقال مومنتوم از لایه‌ای به لایه دیگر توسط توده ذرات صورت می‌گیرد. این توده ذرات را گردابه می‌نامند. در واقع در حالت آشفته حرکت ذرات به حرکت ملکول‌ها اضافه می‌شود. حالت گذرا مرز بین این دو حالت است. تشخیص ماهیت جریان اولین بار توسط ازبورن رینولدز انجام گرفت. او عددی به همین نام را برای تفکیک جریان‌ها از یکدیگر تعریف نمود. عدد رینولدز بنا به تعریف حاصل تقسیم دو نیرو است، نیروی اینرسی و نیروی لزجت.

$$R_e=\frac{F_\rho}{F_\mu}=\frac{\rho V^2}{\mu\frac{V}{L}}=\frac{\rho VL}{\mu} \qquad (1)$$

در این معادله، ρ دانسته سیال، μ ویسکوزیته سیال، V سرعت متوسط سیال و L طول مشخصه می‌باشد. بنابراین باید انتظار داشته باشیم وقتی نیروی اینرسی بیشتر شود، تلاطم و بی‌نظمی نیز در جریان بیشتر شده و جریان به سمت حالت آشفته پیش رود. عدد رینولدز در لوله‌ای با قطر D که سیالی با سرعت متوسط V، ویسکوزیته دینامیکی μ و دانسیته ρ در آن جریان دارد، عبارتست از:

$$R_e = \frac{\rho V D}{\mu} \quad (۲)$$

تعیین رژیم جریان در یک مقطع ثابت و مشخص و در دمایی معین با توجه به محدوده‌ای که عدد رینولدز در آن قرار گرفته، صورت می‌پذیرد. محدوده‌های رژیم جریان برای لوله به شرح زیراست:

جریان آرام $Re \leq 2300$

جریان گذرا $2300 \leq Re \leq 4500$

جریان آشفته $Re \geq 4500$

شرح دستگاه

دستگاه از بخش های زیر تشکیل شده است:

۱. مخزن اصلی دستگاه
۲. لوله پلکسی گلاس شفاف
۳. دکانتور
۴. لوله مویین انتقال ماده رنگی
۵. شیر کنترل کننده دبی جریان که در انتهای لوله شفاف قرار دارد.
۶. لوله سرریز جهت انتقال سیال از مخزن اصلی
۷. قیف درون محفظه ی پلکسی جهت ایجاد جریان یکنواخت در لوله شیشه ای
۸. ساچمه های شیشه ای جهت دمپ کردن تلاطم آب ورودی به محفظه

در دستگاه رینولدز آب از طریق شیلنگ متصل به آب شهری وارد مخزن اصلی می‌شود. لوله سرریز، مایع را (جهت ثابت ماندن سطح آن در مخـزن اصلی) به فاضلاب هدایت می‌کند. در زیر مخزن اصلی لوله‌ای شفاف تعبیه شده و ماده رنگی از دکانتور به واسطه لوله مویین به آن تزریق میشود. با تنظیم شیر کنترل جریان می‌توان آزمایش را در دبی‌های مختلف تکرار کرد.

به طورکلی اساس کار این دستگاه بدین صورت است که با تنظیم دبی‌های مختلف که سرعت‌های مختلف را نتیجه می‌دهد می‌توان آرام یا مغشوش بودن جریان را که وابسته به عدد رینولدز است مشاهده کرد. در واقع

در دبی‌های پایین (سرعتهای پایین = رینولدزهای پایین) خطوط جریان که با تزریق ماده رنگی قابل مشاهده‌اند به صورت خطوطی موازی‌اند و هر چه دبی را افزایش دهیم این خطوط نامنظم‌تر و در نهایت کاملاً مغشوش می‌شوند.

شکل(۱) نمایی از دستگاه

راه اندازی دستگاه

۱. از وجود رنگدانه (جوهر) در دکانتور مطمئن شوید و شیر انتهای دکانتور را کاملا ببندید.

۲. شیر کنترل کننده دبی جریان را که در انتهای لوله ی شفاف قرار دارد کاملاً ببندید.

۳. شیلنگ مربوط به ورودی آب دستگاه را به آب شهری وصل کرده و شیر مربوطه را باز کنید. صبر کنید تا برگشت از سرریز آغاز گردد. از ثابت ماندن سطح سیال مطمئن شوید.

۴. شیر کنترل کننده دبی جریان را که در انتهای لوله شفاف قرار دارد به میزان کمی باز کنید.

۵. شیر مربوط به دکانتور را به میزان مناسبی باز کنید.

۶. با استفاده از شیر کنترل کننده دبی جریان، جوهر را به صورت متمایز از آب در آورید. (به صورت ریسمانی در آب)

۷. توسط بشر و کرنومتر دبی آب را اندازه‌گیری کنید.

۸. با اندازه‌گیری دبی، سرعت و عدد رینولدز را به دست آورید.

۹. آزمایش را برای حداقل دو دبی دیگر تکرار کنید.

۱۰. صحت روابط زیر را بررسی کنید؛

جریان آرام $Re \leq 2300$

جریان گذرا $2300 \leq Re \leq 4500$

جریان آشفته $4500 \leq Re$

توجه: چند قطره از رنگدانه (جوهر) را در نیم لیتر آب ریخته تا محلول رنگی رقیقی بدست آید و آن را در دکانتور بریزید.

محاسبات

با استفاده از دبی اندازه گیری شده در آزمایش و با توجه به معادله زیر می توان سرعت آب، V، رابرحسب $\frac{m}{s}$ محاسبه نمود.

$$Q = V.A \qquad (۳)$$

در این معادله :

Q: دبی حجمی سیال بر حسب $\frac{m^3}{s}$ $(Q=\frac{\text{حجم}}{\text{زمان}})$

V:سرعت سیال

A: سطح مقطع داخلی لوله شفاف

قطر داخلی لوله شفاف برابر ۱۶ mm می‌باشد. با داشتن سرعت آب، قطر لوله و ویسکوزیته آب، محاسبه عدد رینولدز با استفاده از معادله (۲) امکان‌پذیر می‌باشد.

دادها و محاسبات آزمایش عدد رینولدز:

V (ml)	t (s)	نوع جریان (شهودی)	Re	V (ml)	t (s)	نوع جریان (شهودی)	Re

دستگاه ضربه جت

هدف

بررسی نیروی حاصل از برخورد جت‌آب به صفحات تخت و مخروطی شکل و مقایسه آن با روابط تغییر مومنتوم. (روابط تئوری)

تئوری

به حرکت سریع آب جت‌آب گویند. در طبیعت از این پدیده استفاده‌های زیادی می‌توان کرد بطور مثال با استفاده از نیروی حاصل از برخورد جت‌آب به یک صفحه یا تیغه، می‌توان چرخ توربین آبی را چرخاند که این چرخش حاصل از تغییرات مومنتم آب است.

وقتی که جریان دائمی یک جت‌آب به یک صفحه صلب برخورد می‌کند، لایه‌های آب روی سطح صلب حرکت کرده و مماس به انتهای سطح، صفحه را ترک می‌کنند. وقتی که جهت اولیه و نهایی سیال، سرعت‌های ورودی و خروجی مشخص باشد، می‌توان توسط معادله مومنتوم مقدار نیروی وارده حاصل از جت‌آب را محاسبه کرد.

دراین آزمایش سعی برآن است که ضربه جت‌آب را در حالت‌های مختلف به‌دست آوریم که در هر یک از این حالت‌ها θ (زاویه جریان خروجی) متفاوت است و همین عامل سبب می‌شود که برای مقاطع متفاوت نیروی ضربه متفاوتی داشته باشیم.

نیرو = دبی جرمی × تغییرات سرعت (۱)

$$F = \dot{m}\Delta V$$

$$\dot{m}=\rho\dot{Q}$$

$$V_n = \dot{Q}/A$$

در روابط بالا:

F: نیروی حاصل از ضربه جت

$\dot{m}$: دبی جرمی

ΔV: تغییرات سرعت

ρ: چگالی مایع

$\dot{Q}$: دبی حجمی

V_n: سرعت مایع در لحظه خروج از نازل

A: مساحت مقطع خروجی نازل می‌باشد.

سرعت جت‌آب را می‌توان با اندازه‌گیری دبی حجمی (دبی خوانده شده از روتامتر) و سطح مقطع خروجی نازل بدست آورد. به هرکمتر از سرعت نازل مانع بالاتر است سرعت ضربه برخورد نازل پایین‌تر و حال چون به طوری که: (به علت تبدیل انرژی جنبشی به پتانسیل) است،

$V_1^2 = V_n^2 - 2gh$

V_1: سرعت برخورد آب با مانع

h: فاصله مانع تا محل خروجی نازل

۱- ضربه جت روی مانع تخت:

این مانع به صورت دیسکی به قطر ۶۰ میلی متر می باشد. در مانع تخت $\theta=90$ بنابراین $\cos(\theta)=0$

و لذا:

(۲)

$F=\rho\dot{Q}V_1$

نکته: روش ایجاد مانع مسطح در جلوی آب برای پخش آب و استهلاک انرژی استفاده می‌شود، البته قابل ذکر است که این نوع موانع برای دبی‌های زیاد به علت فرسایش بالا و ضریب بازدهی کم، کمتر استفاده می‌شوند.

۲- ضربه جت روی مانع مخروطی:

در مانع مخروطی $\theta = 45$ بنابراین $\cos(\theta) = 0.7071$ و لذا:

(۳)

$$F=\rho\dot{Q}V_1(0.7071)+\rho\dot{Q}V_n$$

شرح دستگاه

این دستگاه شامل یک مخزن استوانه‌ای شفاف است که درون آن یک نازل بصورت عمودی قرار دارد. آب با دبی کنترل شده به درون نازل پمپاژ شده و جت‌آب بوجود آمده در خروجی نازل به صفحات تست برخورد می‌کند. نیروی وارد بر صفحات تست با استفاده از مکانیزمی که بالای مخزن قرار دارد اندازه‌گیری می‌شود.

به طور کلی دستگاه شامل قسمت‌های زیر می‌باشد:

- محفظه شفاف به حجم ۱۱ لیتر
- صفحات تست تخت و مخروطی
- نازل که بصورت عمودی داخل استوانه شفاف قرار دارد.
- وزنه جهت تنظیم نیروی ضربه جت آب
- مکانیزم اعمال نیرو
- مخزن تأمین آب دستگاه
- روتامتر
- پمپ
- سیستم تخلیه

راه‌اندازی دستگاه

در ابتدا مانع تخت را در داخل دستگاه نصب نمایید. قبل از قرار دادن وزنه مبنای صفر شاخص را تنظیم کنید. سپس وزنه مناسب (مثلاً ۲۵ گرمی) را روی قسمت مربوطه قرار دهید. حال شیر تنظیم دبی را به

آرامی باز کرده تا شاخص به تعادل (همان محل صفر قبلی) برگردد. این مراحل را برای وزنـه هـای ۵۰ و ۷۵ گرمی هم تکرار و نتایج را یادداشت کنید.

مراحل بالا را برای مانع مخروطی نیز تکرار کنید.

دبی سیال را جهت انجام محاسبات مربوط به اندازه‌گیری سرعت سیال خروجی از نازل با استفاده از روتـامتر مربوط به مجموعه تامین آب سیستم در هر مرحله از آزمایش خوانده و یادداشت کنید.

محاسبات و جداول

بعضی از مشخصات لازم جهت انجام محاسبات به قرار زیر است :

- قطر دهانه نازل d=10mm
- در حالت مبنای صفر شاخص فاصله مانع تخت تا دهانه نازل h= 20 mm و فاصله انتهای مانع مخروطی تا دهانه نازل h= 24 mm
- دقت شود جهت انجام محاسبات نیرویی لازم جهت غلبه بر وزن میله و صفحات تخت و یا مخروطی از نتایج بدست آمده از آزمایش کسر شود. (مطابق جدول(۱) و جدول (۲).)

داده‌های خامی را که پس از انجام آزمایش به دست آوردید در جداول ذیل یادداشت کنید:

داده های آزمایش ضربه جت:

صفحه تخت				صفحه مخروطی			
F (N)	Q (l/min)	F (N)	Q (l/min)	F (N)	Q (l/min)	F (N)	Q (l/min)
0.25		1.75		0.25		1.75	
0.50		2.00		0.50		2.00	
0.75		2.25		0.75		2.25	
1.00		2.50		1.00		2.50	
1.25		2.75		1.25		2.75	
1.50		3.00		1.50		3.00	

محاسبات آزمایش برای مانع تخت:

F (N)	$\dot{Q}\ (\frac{m^3}{s})$	$V_n(\frac{m}{s})$	$V_1(\frac{m}{s})$	$\rho(\frac{kg}{m^3})$	$F=\rho\dot{Q}V_1 - 0.35$

محاسبات آزمایش برای مانع مخروطی:

F(N)	$\dot{Q}\ (\frac{m^3}{s})$	$V_n(\frac{m}{s})$	$V_1(\frac{m}{s})$	$\rho(\frac{kg}{m^3})$	$F=\rho\dot{Q}V_1(0.7071) + \rho\dot{Q}V_n - 0.4$

کاویتاسیون

هدف:

بررسی و مطالعه پدیده کاویتاسیون در مجرای ونتوری و رسم منحنی های افت فشار.

تئوری:

چنانچه فشار استاتیک در نقطه ای از مجرای عبور یک سیال به حد فشار بخار سیال در درجه حرارت مایع برسد، در این صورت قسمتی از سیال به بخار تبدیل می‌شود و همراه جریان حمل می‌گردد. اگر حبابها به نقطه ای بالاتر برسند، حبابهای گاز به سرعت از بین می روند و دوباره تبدیل به مایع می‌شوند که این تولید و انهدام حبابها اثرات نامطلوبی در سیستمهای هیدرولیکی به جا می‌گذارد.

با صرفنظر از افتها و با استفاده از رابطه برنولی در یک مجرای عبور سیال، مقدار هد کل برابر مجموع هد ارتفاع، هد فشار استاتیک و هد دینامیک بوده و عددی ثابت است. در صورتی که روی خط جریان با عواملی مانند افزایش ارتفاع، افزایش سرعت سیال و ... هد ارتفاع یا هد دینامیک و یا هر دو افزایش یابند چون کل هد ثابت است بنابراین هد فشار استاتیک کاهش می‌یابد و این کاهش فشار تا حد فشار بخار، مجاز است. ولی کاهش بیشتر آن سبب بروز کاویتاسیون می‌شود.

کاویتاسیون در تجهیزات هیدرولیکی که مسئله جدایی سیال در آنها مطرح است نیز ممکن است پدید آید. در پدیده کاویتاسیون تولید حبابهای گاز مشکلی ایجاد نمی کند بلکه انهدام حبابها است که باعث ایجاد اثرات نامطلوب و خرابی در سیستم می‌گردد، به طوری که فشارهای موضعی شدید ایجاد کرده و باعث خوردگی (erosion) و کنده شدن ذرات جداره (pitting) می‌شود.

به طور کلی اثرات نامطلوب ناشی از بروز کاویتاسیون به شرح زیر است:

۱. خوردگی و کندگی
۲. ایجاد ارتعاش در سیستم
۳. ایجاد سر و صدا
۴. کاهش راندمان حجمی و به تبع آن راندمان کلی سیستم

شرح دستگاه

این دستگاه مجهزبه

- شیر کنترل دبی جریان
- گیج‌های اندازه‌گیری فشار
- سیستم کاهش‌دهنده فشار
- روتامتر جهت اندازه گیری دبی

و نیز اریفیس‌متر شفاف می‌باشد.

روش انجام آزمایش:

دستگاه آزمایش به صورت شماتیک از یک ونتوری شفاف با مقطع دایره ای تشکیل یافته است که به وسیله شیر کنترل جریان دبی جریان عبوری از آن قابل تنظیم است. پدیده کاویتاسیون به صورت تشکیل حباب های کوچک قابل مشاهده است. جهت انجام آزمایش ورودی خط لوله را به آب شهر وصل نموده وبا تنظیم شیر ورودی دبی تقریبی مربوط به شروع پدیده کاویتاسیون را یافته و داده های آزمایش را که شامل فشار ورودی لوله و فشار گلوگاه می باشد، در دبی های پایین و بالاتر نسبت به دبی تقریبی ثبت می کنیم.

در نهایت درجه حرارت اب را اندازه می گیریم، مساحت سطح مقطع ورودی و خروجی و سطح مقطع گلوگاه را نیز باید مشخص نماییم.

D_1 *:16 mm*

$\boldsymbol{D_2}$ *: 4.5 mm*

$\boldsymbol{A_1}$ **: 200.96** $\boldsymbol{mm^2}$

$\boldsymbol{A_2}$ **: 15.89** $\boldsymbol{mm^2}$

با داشتن میزان دبی جریان سرعت سیال ورودی به لوله قابل محاسبه است.

محاسبات

عدد کاویتاسیون:

عدد بدون بعدی را که بیانگر جوشش ناشی از جریان مایع باشد را عدد کاویتاسیون می نامند.

$$CA = \frac{p_a - p_b}{1/2\rho V^2}$$

که در آن P_a و P_b به ترتیب فشار مطلق گلوگاه و فشار بخار سیال بر حسب پاسکال در دمای آزمایش است که از جداول ترمودینامیکی مربوط به بخار آب تعیین می گردد.

V نشان دهنده سرعت سیال در گلوگاه است که با توجه به دبی عبوری و مساحت گلوگاه قابل محاسبه می باشد (V=Q/A).

در دبی های مختلف عدد کاویتاسیون را بدست آورده، زمانی که عدد کاویتاسیون زیر 0.15 تا 0.2 باشد شروع کاویتاسیون خواهد بود و در مینیموم عدد کاویتاسیون، ماکزیموم کاویتاسیون اتفاق می افتد.

داده ها و محاسبات آزمایش بررسی پدیده کاویتاسیون:

Q (l/h)	P (.....)	P_a (.....)	T (°C)	وضعیت کاویتاسیون (شهودی)	P_b (.....)	V	CA
400							
600							
800							
900							
1000							
1200							
1400							
1500							
1600							
1800							

- منحنی های افت فشار دو سر ونتوری، فشار مطلق گلوگاه ونتوری، سرعت سیال و عدد کاویتاسیون را بر حسب دبی رسم کنید.

دستگاه مرکز فشار هیدرواستاتیکی

هدف

هدف از این آزمایش تعیین مرکز فشار سطح در حالت مستغرق و نیمه مستغرق در سیال تراکم ناپذیر ساکن و مقایسه نیروی هیدرواستاتیک تئوری و تجربی میباشد.

تئوری

به نقطهای که برآیند نیروهای فشاری از طرف سیال بر یک صفحه از آن نقطه عبور کند، مرکز فشار گفته میشود. برای طراحی یک سازه، یافتن مرکز فشار حاصل از سیال بر آن سازه لازم است. به عنوان مثال برای کنترل پایداری یک سد لازم است مقدار، جهت و محل اثر نیروهای وارد از آب به سد محاسبه شود. سطحی که فشار آب بر آن وارد میشود ممکن است صاف یا منحنی باشد. در این آزمایش به مطالعه مرکز فشار سطح صاف، در دو حالتی که این سطح به صورت کامل یا ناقص درسیال غوطه ور است، می پردازیم.

همانطور که میدانید هرچه ارتفاع ستون سیال بیشتر باشد فشار وارد بر جسم غوطه ور نیز بیشتر بوده و رابطه مستقیم با آن دارد بطوری که :

$$h = p \qquad (1)$$

که P فشار حاصل از ستون مایع و hارتفاع سطح مایع تا جسم غوطه ر است.مایعات مختلف دارای فشارهای مختلف با یک ارتفاع ثابت هستندو دلیل آن اختلاف در وزن مخصوص آنهاست که رابطه آن به شرح ذیل می باشد.

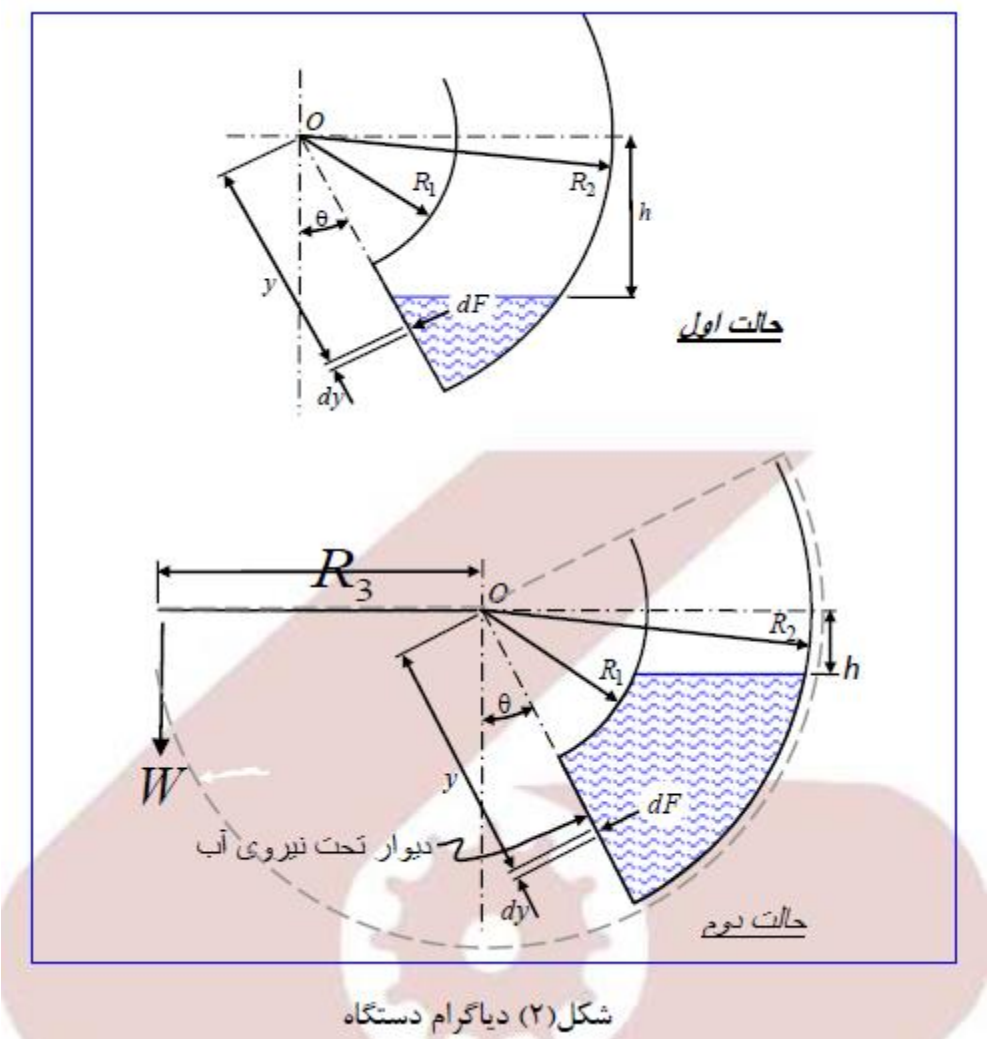
$$p = \gamma h \qquad (2)$$

که γ وزن مخصوص سیال به واحد N/m^3 است.

شرح دستگاه

دستگاه حاضر از یک ظرف شیشه ای اندازه یک چهارم استوانه که در آن آب ریخته میشود تشکیل شده که محور مرکزی ظرف منطبق بر محور اتکا (نقطه o)میباشد. شعاع داخلی R_1 ظرف شیشه ای ۱۰۰ میلی متر و شعاع بیرونی R_2 ظرف ۲۰۰ ملی متر است.در جهت مخالف ظرف شیشه ایی از یک آویز جهت اعمال نیرو از طریق وزنه استفاده شده به طوری که می توان گشتاور حاصل از نیروی وارد بر دیواره را حول محور اتکا،

توسط وزنه و بازوی دستگاه به دست آورد(فاصله بازوی محل اعمال نیرو تا محوراتکا R_3 ، ۲۰۰ میلیمتر است). ارتفاع آب داخل دستگاه از روی صفحه مدرج دستگاه قابل اندازه گیری می باشد.



شکل(۲) دیاگرام دستگاه

با توجه به شکل و دیاگرام از دستگاه آزمایشگاهی اختلاف نیروdF بر روی سطح دیواره تحت نیروی آب dA=Bdy (B عرض ظرف شیشه ای می باشد) به صورت زیر بدست می آید.

$$dF = \rho g(y\cos(\theta)-h)dA = \rho gB(y\cos(\theta)-h)dy \quad (۳)$$

و گشتاور حاصل از این نیرو حول نقطه O:

$$dM = \rho gB(y\cos(\theta)-h)ydy \quad (۴)$$

معادله فوق را در دو حالت بررسی می کنیم.

حالت اول: قمستی از دیواره تحت نیروی آب غوطه ور باشد (زاویه صفر درجه)

با انتگرال گیری از dF:

$$F = \rho gB\int_{h/\cos(\theta)}^{R_2}(y\cos(\theta)-h)dy = \rho gB\left[\cos(\theta)\frac{y^2}{2}-hy\right]_{h/\cos(\theta)}^{R_2}$$
$$= \rho gB\left[\left(\cos(\theta)\frac{{R_2}^2}{2}-hR_2\right)-\left(\cos(\theta)\frac{h^2}{2\cos^2(\theta)}-\frac{h^2}{\cos(\theta)}\right)\right]$$
$$F = \rho gB\left[\cos(\theta)\frac{{R_2}^2}{2}-hR_2+\frac{h^2}{2\cos(\theta)}\right] \quad (۵)$$

مشابه حالت قبل با انتگرال گیری در بازه مشخص شده گشتاور هم برای این حالت بدست می آید.

$$M = \rho gB\int_{h/\cos(\theta)}^{R_2}(y\cos(\theta)-h)ydy = \rho gB\left[\cos(\theta)\frac{y^3}{3}-h\frac{y^2}{2}\right]_{h/\cos(\theta)}^{R_2}$$
$$= \rho gB\left[\left(\cos(\theta)\frac{{R_2}^3}{3}-h\frac{{R_2}^2}{2}\right)-\left(\cos(\theta)\frac{h^3}{3\cos^3(\theta)}-h\frac{h^2}{2\cos^2(\theta)}\right)\right] \quad (۶)$$
$$M = \rho gB\left[\cos(\theta)\frac{{R_2}^3}{3}-h\frac{{R_2}^2}{2}+\frac{h^3}{6\cos^2(\theta)}\right]$$

حالت دوم:دیواره تحت نیروی آب کاملا غوطه ور باشد (زاویه ۳۰ درجه)

با انتگرال گیری از معادله ۳ و ۴ در بازه R_1 و R_2 نیروی وارد بر دیواره و گشتاور وارد بر نقطه O بدست می آید.

$$F = \rho gB\int_{R_1}^{R_2}(y\cos(\theta)-h)dy = \rho gB\left[\cos(\theta)\frac{y^2}{2}-hy\right]_{R_1}^{R_2}$$
$$= \rho gB\left[\left(\cos(\theta)\frac{{R_2}^2}{2}-hR_2\right)-\left(\cos(\theta)\frac{{R_1}^2}{2}-hR_1\right)\right] \quad (۷)$$
$$= \rho gB\left[\frac{\cos(\theta)}{2}\left({R_2}^2-{R_1}^2\right)-h(R_2-R_1)\right]$$
$$F = \rho gB(R_2-R_1)\left[\frac{\cos(\theta)}{2}(R_2+R_1)-h\right]$$

$$M = \rho g B \int_{R_1}^{R_2} (y\cos(\theta) - h) y dy = \rho g B \left[\cos(\theta) \frac{y^3}{3} - h \frac{y^2}{2} \right]_{R_1}^{R_2}$$
$$= \rho g B \left[\left(\cos(\theta) \frac{{R_2}^3}{3} - h \frac{{R_2}^2}{2} \right) - \left(\cos(\theta) \frac{{R_1}^3}{3} - h \frac{{R_1}^2}{2} \right) \right]$$
$$M = \rho g B \left[\left(\frac{\cos(\theta)}{3} \left({R_2}^3 - {R_1}^3 \right) \right) - \frac{h}{2} \left({R_2}^2 - {R_1}^2 \right) \right] \quad (۸)$$

با تقسیم کردن گشتاور به نیرو، موقعیت مرکز فشار بدست می آید.

اجزای دستگاه

۱. مخزن ربع دایره
۲. مخزن تعادل
۳. نخ آویز
۴. وزنه نیوتنی
۵. قلاب آویز
۶. صفحه ی شیشه ای مدرج

روش انجام آزمایش

بعد از آماده شدن دستگاه، آویز را متصل می کنیم و وزنه ۲,۲۵ نیوتن را در مخزن کوچک میانی قرار داده تا صفحه مستغرق در وضعیت افقی(مماس با خط نشانه ۵۰)قرارگیرد.

لازم است که مخزن شیشه ای تمیز باشد تا اشل پشتی قابل خواندن باشد.

یک وزنه 0.5نیوتنی به آویز اضافه کنید، سپس درون مخزن ربع دایره آب ریخته تا وضعیت تعادل برقرار گردد و ارتفاع را یادداشت کنید.

این کار را برای تمام وزنه ها انجام دهید..

هردو مخزن را خالی کرده و آزمایش را برای حالت تعادل ۳۰ درجه تکرار کنید. این بار روی خط ۳۰ درجه مخزن را تنظیم کنید.(با قرار دادن وزنه ۵,۷۵ نیوتنی در مخزن کوچک میانی) مراحل انجام آزمایش مشابه

حالت قبل است.بعد از اتمام آزمایش گشتاورهای بدست آمده از وزنه ها را با جواب های حالت محاسباتی مقایسه میکنیم.گشتاور ایجاد شده توسط وزنه ها از رابطه زیر بدست می آید.

$$M' = W * R_3 \qquad (9)$$

که W وزن وزنه ها می باشد. مشخصات دستگاه را که در ذیل آمده است یادداشت کنید:

R_1: شعاع داخلی ربع دایره ۱۰۰ میلیمتر

R_2: شعاع خارجی ربع دایره ۲۰۰ میلیمتر

R_3: بازوی تعادل ۲۰۰ میلیمتر

B: عرض ربع دایره ۹۳ میلیمتر

داده های آزمایش مرکز فشار هیدرواستاتیکی:

Θ = 0 °						Θ = 30 °					
F (N)	h (cm)	F	M	M'	E	F (N)	h (cm)	F	M	M'	E
0.25						0.25					
0.50						0.50					
0.75						0.75					
1.00						1.00					
1.25						1.25					
1.50						1.50					
1.75						1.75					
2.00						2.00					
2.25						2.25					
2.50						2.50					
2.75						2.75					
3.00						3.00					