دانشکده فنی و مهندسی گلپایگان

دستور کار:

آزمایشگاه مکانیک سیالات

بهار 92

نام آزمایش:ونتوری متر(تحقیق در رابطه برنولی)

هدف آزمایش:

- بررسی رابطه برنولی به وسیله اندازه گیری سرعت و فشار در مقاطع مختلف یک ونتوری افقی و مقایسه آن با حالت تئوری
- محاسبه Q و C_V در هدهای مختلف و بدست آوردن رابطه بین این خواص و هد فشاری

تئوری آزمایش:

در انجام این آزمایش فرضیات زیر را در نظر می گیریم:

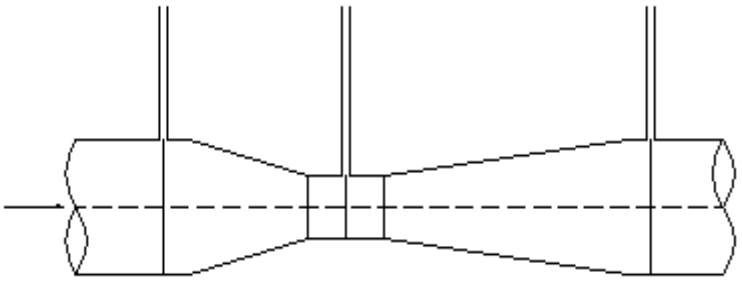
1-جریان پایا است.

2-جریان تراکم ناپذیر است.

3-جریان بدون اصطکاک است.

4-جریان در طول یک خط جریان حرکت می کند.

در شکل زیر نمایی از یک ونتوری افقی که در یک آزمایش به کار رفته است نشان داده شده است.



شکل-1

در روابط زیر نویس 1 برای مانومتر مقطع A است و زیر نویس 2 مربوط به مانومتر مقطع D می باشد.

برای جریان در داخل ونتوری متر رابطه برنولی به شکل زیر است:

در این رابطه فرضیات زیر استوار است:

1-سیال تراکم ناپذیر است.

2-جریان یکنواخت است.

3-معادله در طول یک خط جریان به دست آمده است.

4-جریان بدون اصطکاک است.

5-کار روی سیستم انجام نمی شود.

$$\frac{u_i^2}{2g} + \mathrm{h}_1 = \frac{u_2^2}{2\mathrm{g}} + h_2 = \frac{\mathrm{u}_\mathrm{n}^2}{2\mathrm{g}} + h_\mathrm{n} \qquad (1)$$

که g شتاب گرانش و u_n سرعت و h_n ارتفاع مانومتر در مقطع n ام می باشد.معادله پیوستگی بیان می کند:

$$Q=\text{constant}=u_1a_1=u_2a_2=u_na_n(2)$$

که Q دبی حجمی و a مساحت سطح مقطع می باشد.با حل معادله پیوستگی برای u1 و قرار دادن آن در معادله برنولی داریم:

(3)

$$\frac{u_2^2}{2\mathrm{g}}(\frac{a_2}{a_1})^2 + h1 = \frac{u_2^2}{2\mathrm{g}} + h_2$$

با حل کردن برای u داریم:

(4)

$$\mathrm{u}_2 = [\frac{2\mathrm{g}(\mathrm{h}_1 - \mathrm{h}_2)}{1 - (\frac{\mathrm{a}_2}{\mathrm{a}_1})^2}]^{\frac{1}{2}}$$

با توجه:

$Q=u_2a_2$ پس داریم:

(5)

$$\mathrm{Q}_{\text{تئوری}} = a_2[\frac{2\mathrm{g}(\mathrm{h}_1 - \mathrm{h}_2)}{1 - (\frac{\mathrm{a}_2}{\mathrm{a}_1})^2}]^{\frac{1}{2}}$$

معادلات بدست آمده تنها برای حالت ایده آل معتبر است یعنی زمانی که از اثرات لزجت چشم پوشی شود.بنابر این مقدار Q بدست آمده از حاالت واقعی مقداری کمتر از مقدار تئوری است.می توان ضریبی به صورت تجربی تعریف کرد که اثرات و لزجت را نشان دهد.

(6)

$$\mathrm{Q}_{\text{عملی}} = c_v a_2[\frac{2\mathrm{g}(\mathrm{h}_1 - \mathrm{h}_2)}{1 - (\frac{\mathrm{a}_2}{\mathrm{a}_1})^2}]^{\frac{1}{2}}$$

مقدار Q که به صورت آزمایشگاهی بدست می آید برابر معادلات بالا است.که از این طریق می توان مقدار cv که به آن ضریب تخلیه می گویند را محاسبه کرد.(بطور مثال بین 0.99 و 0.9)

(7)

$$Q_{\text{عملی}} = c_\mathrm{v}\mathrm{Q}_{\text{تئوری}}$$

و بالاخره برای توزیع فشار واقعی (هد فشار)در طول لوله واگرا-همگرا از معادله برنولی داریم:

(8)

$$h_{\mathrm{n}} - \mathrm{h}_1 = \frac{u_1^2 - u_n^2}{2\mathrm{g}}$$

در معادله 8 از مقادیر ارتفاع ثبت شده استفاده می شود.(سمت چپ معادله)

می توان توزیع فشار ایده آل را به صورت کسری از هد سرعتی در گلوگاه ونتوری متر بیان کرد:

(با ترکیب رابطه 2 با 8)

(9)

$$h_{\mathrm{n}} - h_1 = \left[\left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2 - \left(\frac{a_2}{a_n}\right)^2\right]\left(\frac{u_{2,ideal}^2}{2g}\right)$$

با استفاده از رابطه پیوستگی داریم:

$$u_{2,\mathrm{ideal}} = \frac{Q_c}{a_2}$$

روابط مهم:

$$Q\left(\frac{m^3}{s}\right) = A.V = \frac{\dot{m}}{\rho}$$

$\dot{m}$نرخ جریان جرمی $\dot{m} = \frac{mass}{time}$

تصحیح رابطه برنولی به خاطر وجود اصطکاک:

اثر اصطکاک به صورت کاهش انرژی مکانیکی در یک سیال نمایان می شود.اساس قانون بقای انرژی ،مقداری حرارت معادل کاهش انرژی مکانیکی تولید می شود.اصطکاک سیال می تواند به عنوان هر نوع تبدیل انرژی مکانیکی به حرارتی در جریان سیال تعریف شود.

برای سیالات تراکم ناپذیررابطه برنولی با افزودن یک جمله به سمت راست معادله 3تصحیح می شود.

$$\frac{P_a}{\rho_{\mathrm{g}}} + z_{\mathrm{a}} + \alpha_{\mathrm{a}}\frac{\mathrm{v}_{\mathrm{a}}^2}{2\mathrm{g}} = \frac{P_b}{\rho_{\mathrm{g}}} + z_{\mathrm{b}} + \alpha_b\frac{V_b^2}{2\mathrm{g}} + h_f$$

که h_fافت انرژی به ازاء واحد وزن سیال می باشد.

شرح دستگاه و روش انجام آزمایش:

نمای کلی دستگاه در شکل زیر نشان داده شده است:

برای انجام آزمایش مراحل زیر را دنبال کنید:

1-از این که دستگاه هوا گیری شده است اطمینان حاصل کنید(در غیر این صورت توسط مسئول آزمایشگاه این کار انجام شود.)

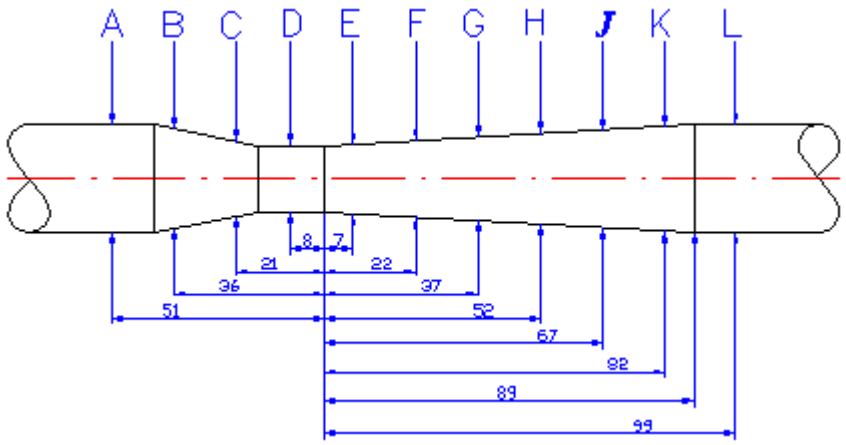
2-دستگاه را روشن کنید

3-شیر بعد ونتوری را به طور کامل باز کنید و با استفاده از شیر روی بدنه میز هیدرولیکی دبی را تغییر دهید.

4-در صورت امکان 10دبی متفاوت ایجاد کنید و دبی را اندازه گیری کنید و برابر هر دبی مقدار ارتفاع آب در پیزومتر ها را یادداشت کنید.(h_1-h_n)

برای انجام محاسبات به مشخصات زیر نیاز دارید:

Piezometer Tube No.n	Diameter
A(1)	26.00
B	24
C	18.40
D	16.00
E	16.80
F	18.47
G	20.16
H	21.84
J	23.53
K	25.21
L	26



خواسته ها و سوالات آزمایش:

1-با استفاده از مقادیر h_1 و h_2 و مقادیر تئوری و عملی Q (دبی جریان)بدست آمده از 10 تکرار مقدار cv(ضریب تخلیه)را برای هر تکرار بدست آورید.

توجه داشته باشید که به علت خطاها مقدار cv ممکن است از 1 بزرگ تر باشد بنابراین مقدار متوسط را محاسبه کنید.

2-نمودار $(h_1-h_2)^{1/2}$ را بر حسب Q برای ونتوری متر رسم کنید.

3-نمودار cv را بر حسب Q برای ونتوری متر رسم کنید.

4-نمودار توزیع فشار ایده آل واقعی (فشار هد)بر حسب فاصله را از ورودی A تا L رسم کنید.(برای مثال اگر n=b باشد معادله توزیع فشار واقعی h_b-h_1 می باشد و توزیع فشار ایده آلبه صورت $\left[\left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2-\left(\frac{a_2}{a_b}\right)^2\right]\left(\frac{u_{2,ideal}^2}{2g}\right)$ می باشد.

5-اگر دستگاه طراز نباشد لوله های پیزومتری بصورت مایل قرار میگیرند و خطایی ثابت در قرائت (h_1-h_4)به وجود می آید.اثر این خطا در نتایج بدست آمده چیست؟؟

6-در حالت شیب دار بودن ونتوری رابطه ای برای تعیین دبی حجمی بدست آورید.

7- در هر دبی مقدار$\frac{p_1}{\rho}, \frac{v^2}{2g}$و در نتیجه ارتفاع کل را در پیزومتر شماره 1 بدست آورید.

8-با استفاده از تئوری آزمایش و نتیجه قسمت (1)$\frac{V_n^2}{2g}, \frac{v_n^2}{2g}$برای مقاطع دیگر ونتوری متر محاسبه کنید.

نام آزمایش: برخورد جت آب به اجسام

هدف آزمایش:

- تعیین نیروی تولید شده توسط جت آب زمانی آن به صفحه صاف و یک نیمکره برخورد می کند.
- مقایسه نتایج بدست آمده تجربی با مقادیر تئوری محاسبه شده از طریق ممنتوم جت

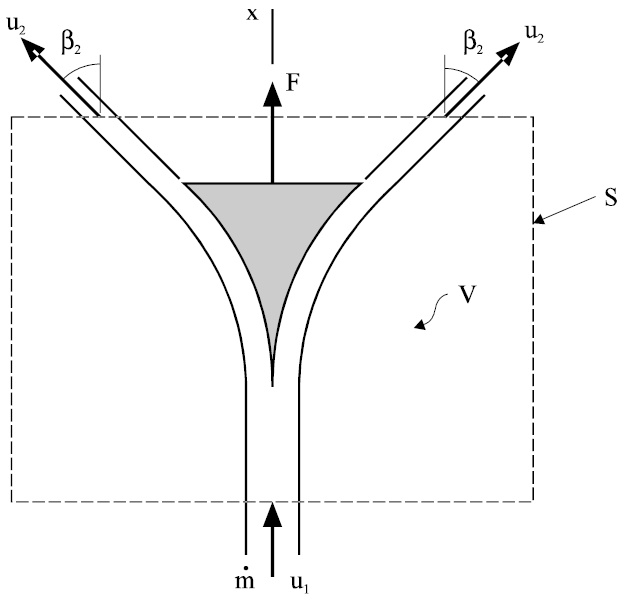
تئوری آزمایش:

مقدمه:

سالهای زیادی مهندسین راههایی برای استفاده نیرویی که از جت سیال در برخورد با یک مانع و انحراف آن بدست می آید را در حال کشف بودند.برای مثال در توربین پلتون که برای که برای ایجاد پودر استفاده می شده است و یا توربین های ضربه ای که در مرحله اول یا در بعضی مواقع در مرحله دوم یک توربین بخار استفاده می شود.مردان آتش نشان نیز از انرژی جنبشی ذخیره شده در یک جت آب برای خاموش کردن آتش در ارتفاعات استفاده می کنند.هم چنین جت های سیال در صنعت برای برش فلزات استفاده می شود.

هدف از این آزمایش شبیه سازی جت آب در برخورد با مانع های مختلف است که نتایج به دست آمده به صورت تجربی با حالت تئوری که از طریق استفاده از برنولی و ممنتوم بدست می آیند مقایسه می شوند.

وقتی یک جت آب به مانعی برخورد می کند و امتداد سرعت آن تغییر می کند،طبق رابطه مومنتوم خطی نیرویی به مانع وارد می شود . شکل زیر را در نظر بگیرید:



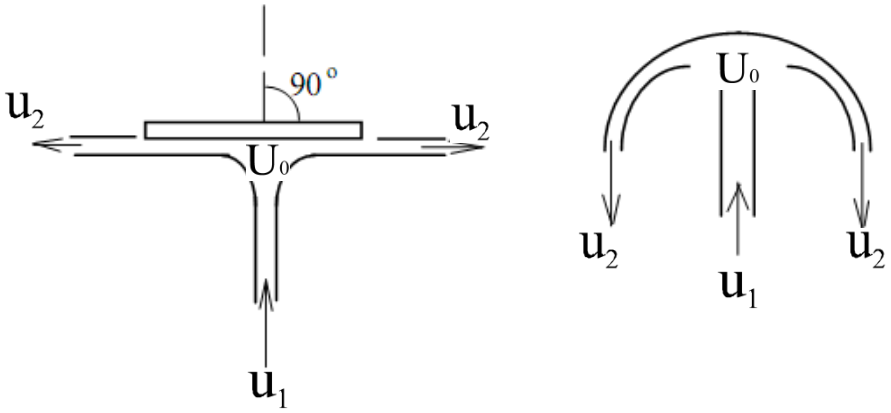
شکل-1

در نظر بگیرید که نرخ جریان جرمی جت آب $\dot{m}$ باشد. حجم کنترل v را در نظر بگیرید که توسط سطح کنترلی که مانع را در بر گرفته احاطه شده است.سرعت جت که وارد حجم کنترل می شود u_1 در جهت x می باشد.جت آب پس از برخورد به صفحه منحرف می شود به طوری که با سرعت u_2 و زاویه β_2 (نسبت به محور x) حجم کنترل را ترک می کند .فشار روی سطح جت،فشار اتمسفر می باشد.با صرف نظر از اثر جاذبه،تغییر جهت جت فقط مربوط به نیروی ایجاد شده از طریق فشار و تنش برشی در سطح مانع می باشد.اگر نیروی جت در جهت x با Fj نامگذاری شود بنابراین معادله ممنتوم در جهت x عبارتست از:

$$F_j=\dot{m}(u_2\cos\beta_2-u_1)$$

نیروی F وارد به سطح مانع برابر با Fj و در خلاف جهت آن می باشد.بنابراین:

$$F_j=\dot{m}(u_1-u_2\cos\beta_2)$$



شکل-2

برخورد جت آب به مانع صاف:

در این حالت مطابق با شکل الف$\beta_2=90^0$بنابراین$\cos\beta_2=0$پس داریم:

$$F=\dot{m}u_1$$

که نیروی وارد بر سطح مانع است که مستقل از u_2 می باشد.

برخورد جت آب به مانع نیم کره ای:

در این حالت مطابق با شکل ب $\beta_2=180^o$بنابراین$\cos\beta_2=-1$و داریم:

$$F=\dot{m}(u_1+u_2)$$

اگر از تغییرات سرعت افزایش جت آب و افت سرعت به علت اصطکاک روی سطح مانع چشم پوشی کنیم می توانیم فرض کنیم $u_1=u_2$ بنابراین:

$F=2\dot{m}u_1$

که ماکزیمم مقدار نیرویی است که روی سطح نیمکره میتواند وارد شود.این مقدار 2 برابر مقداری است که برای برخورد جت به مانع مسطح محاسبه شد.

با مراجعه به شکل1نرخ ممنتوم ورودی به حجم کنترل$\dot{m}u_1$می باشد و اگر آنرا نرخ جریان ممنتوم در جت آب در نظر بگیریم و آن را با J نشان دهیم داریم:

$J=\dot{m}u_1$

بنابراین برای مانع مسطح داریم:

$F=J$

و برای مانع نیمکره داریم:

$F=2J$

در سیستم SI واحد های $\dot{m}$ و u عبارتند از:

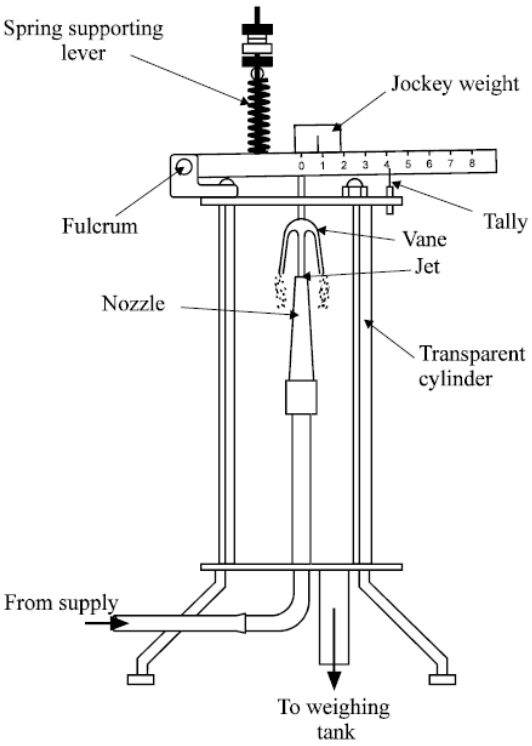
$\dot{m}$ [kg/s] , u[m/s]

بنابراین واحد F عبارتست از:

m[kg/s].[m/s] or $[kgm/s^2]$ or [N]

شرح دستگاه و روش انجام آزمایش:

در شکل زیر نمایی از دستگاه را مشاهده می کنید:



شکل-3

برای انجام آزمایش فرضیات زیر را در نظر می گیریم:

1-جریان پایا.

2-سیال تراکم ناپذیر.

3-جریان یکنواخت.

4-جریان بدون اصطکاک.

5-نیروهای حجمی وجود ندارد.

مانع مسطح یا نیمکره ای در امتداد عمود بر مسیر حرکت در داخل ظرفی استوانه ای و شفاف قرار میگیرد.جت آب پس از برخورد به مانع تعادل آن را به هم می زند توسط جابجا کردن وزنه ای که روی تیر وجود دارد می توان تعادل را برقرار کرد.وضعیت تعادل توسط یک شاقول متصل به اهرم معلوم می شود.

برای انجام آزمایش مراحل زیر را دنبال کنید:

1- مانع مورد نظر (مانع فنجانی یا مسطح) را با استفاده از آچار مناسب در داخل دستگاه نصب نمایید.

2- با استفاده از وزنه ای که بر روی اهرم سوار است دستگاه را تراز می کنیم به گونه ای که اهرم در حالت تعادل کاملا″ افقی باشد (با تنظیم شیارهای حک شده روی شاهین)

3- دبی را به میزان حداکثر افزایش داده و آن را اندازه می گیریم.

4- بعد از تنظیم دستگاه و کامل باز نمودن شیر خروجی پمپ جت آب با حداکثر دبی خود با مانع برخورد می کند اهرم را از وضعیت تعادل اولیه خود خارج می کند.برای اینکه اهرم دوباره به حالت تعادل برسد وزنه روی اهرم را جابجا کرده و موقعیت شیار نشانگر وزنه را بر روی اهرم یادداشت می کنیم.

5- دبی را مقداری کاهش داده ، آن را اندازه می گیریم و گام چهارم را انجام می دهیم.

6- گام های 3و4و5 را برای مانع مسطح و فنجانی تکرار می کنیم به صورتی که برای هر مانع 6 بار اندازه گیری دبی Q و فاصله L_w شده باشد

داده برداری مشاهدات و نتایج:

داده آزمایش را در جدولی مطابق با جدول زیر بنویسید:

تکرار	دبی	فاصله	حجم	زمان
اول				
دوم				
سوم				
چهارم				
پنجم				
ششم				

همانطور که در تئوری آزمایش توضیح داده شد،برای نیروی تئوری وارد بر تیر داریم:

مانع مسطح $\longrightarrow F_t=mu_1$

مانع نیمکره $\longrightarrow F_t=2mu_1$

برای تعیین در آزمایش به شکل زیر عمل می کنیم:

اگر فاصله نازل تا مانع را با h نشان دهیم داریم:

$u_1^2-u_0^2=-2gh$

که u_1 سرعت برخورد جت آب به مانع می باشد و u_0سرعت خروجی از نازل که به طریق زیر محاسبه میشود :

$$Q = U_0 A \Rightarrow U_0 = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

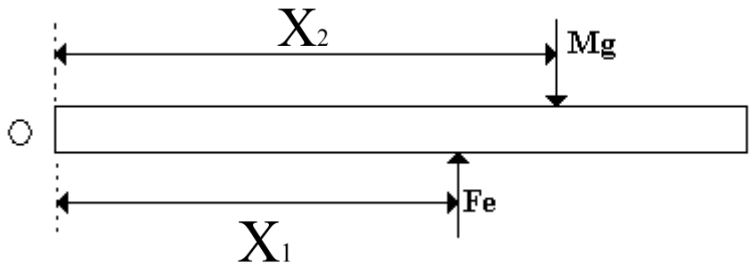
که d قطر دهانه نازل می باشد و برابر 7mm است.

مقدار h برای حال مانع مسطح 32mm و برای مانع نیمکره 37mm می باشد.

حال با داشتن u_1 و مقدار Q و به دنبال آن $\dot{m}$ میتوان مقدار نیروی تئوری را در هر حالت بدست آورد.

برای تعیین نیروی عملی (Fe) به شکل زیر عمل می کنیم:

با استفاده از وزن وزنه روی تیر و Feاعمالی به تیر داریم:



شکل-4

$$\sum m_0 = 0 \longrightarrow mgx_2 = F_e x_1 \longrightarrow F_e = mg\frac{x_2}{x_1}$$

در این رابطه x_1 فاصله مانع از لولا می باشد که در این دستگاه برابر 130mm است.(x_1=130mm)

و مقدار x_2 نیز فاصله وزنه متعادل کننده از لولا است که می بایستی ازروی قسمت مدرج بدست آورید.

جرم وزنه متعدل کننده متحرک برابر با 340 grمی باشد.

پس با داشتم پارامترهای رابطه Fe می توان نیروی تجربی وارد بر تیر را محاسبه کرد.

حال با داشتن Fe و F_t می توان درصد خطا را با استفاده از رابطه زیر بدست آوریم:

$$\%Error = \left(\frac{F_t - F_e}{F_t}\right) * 100$$

خواسته های آزمایش:

موارد زیر را یک بار برای حالت مانع مسطح و یک بار برای مانع نیمکره محاسبه کنید:

1-نتایج حاصل از آزمایش را شامل دبی (حجم و زمان)و تغییر مکان وزنه تعادلی متحرک را به صورت رسم جدول کامل کنید.

2-مقدار Fe را برای هر دبی بدست آورید.

3-مقدار F_t را برای هر دبی محاسبه کنید.

4-نمودار Fe را برحسب f_t رسم کنید و بهترین خط را بر آن فیت کنید(رگرسیون خطی انجام دهید)اگر نمودار از مبدا نگذرد چه دلیلی برای آن دارید؟

5-درصد خطا را برای هر دبی محاسبه کنید.

6-نقش نیروهای اصطکاک را در نتیجه آزمایش بررسی نمایید.

7-با توجه به آزمایشات انجام شده کدام یک از حالت های مانع مسطح و نیمکره را برای توربین ها پیشنهاد می کنید؟علت را توضیح دهید.

سوالات کلی:

1-همانطور فرض شد سرعت در تمام سطح مقطع یکسان است.جریان ممنتوم جت در صورت صادق نبودن چنین فرضی چگونه تحت تاثیر قرار می گرفت؟

فرض کنید که یک جت آب با سطح مقطع A وجود دارد به طوریکه سرعت در یک نیمه $0.5u_1$ است و در نیمه دیگر $1.5u_1$ است.برای نرخ جریان جرمی داریم:

$$\dot{m} = \rho u_1 A$$

نشان دهید که نرخ جریان مومنتوم جت به صورت زیر است:

$$J=1.25mu_1$$

که 25% بیشتر از حالتی است که سرعت یکنواخت فرض شده بود.

2-در مورد نتایج و منابع خطا در آزمایش بحث کنید.

نام آزمایش:وسایل اندازه گیری دبی

هدف آزمایش :

- آشنایی با روش های متداول اندازه گیری شدت جریان یا دبی در لوله ها- اندازه گیری با استفاده از ونتوری ، اریفیس و رتامتر و مقایسه آنها با یکدیگر
- به دست آوردن ضرایب تخلیه و افت انرژی برای هر کدام از وسایل اندازه گیری دبی

تئوری آزمایش :

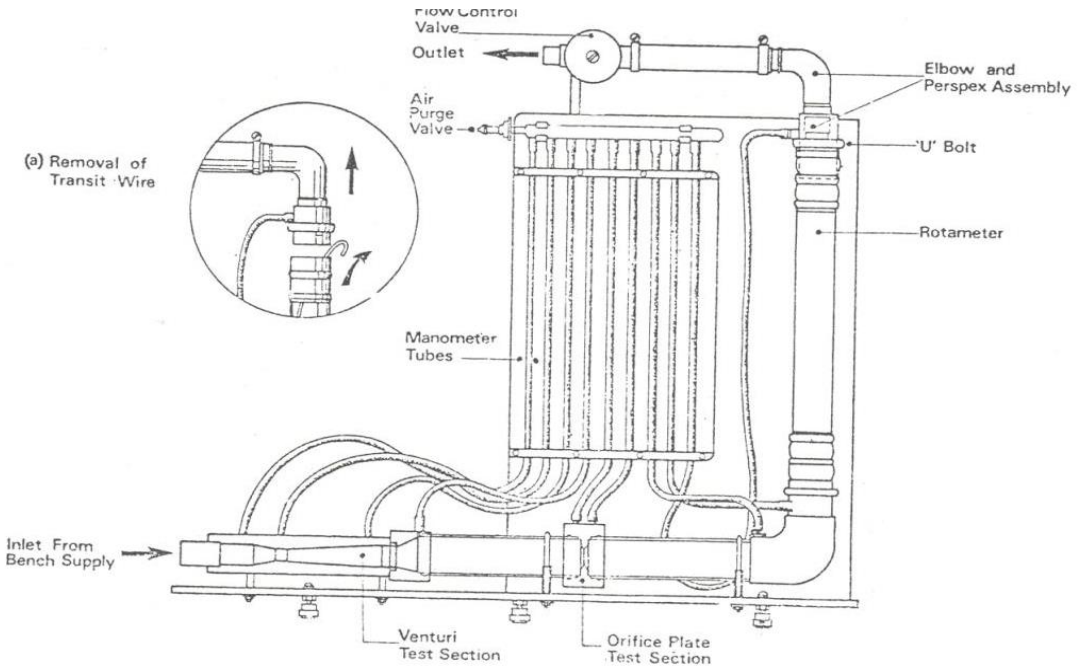
در دستگاه ها و سیستم های مختلف اعم ازباز و بسته که به نوعی با جریان سیال در ارتباط هستند، عموماً لازم است که میزان سیال عبوری از یک محل اندازه گیری شود. اندازه گیری میزان جریان آب، نفت و گاز در لوله ها یا کانال ها را می توان به عنوان نمونه های بارز برشمرد.

روش های متنوعی جهت اندازه گیری شدت جریان سیال یا دبی وجود دارد. شاید بتوان گفت که ساده ترین راه اندازه گیری 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 می نامیم. 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 می شود:

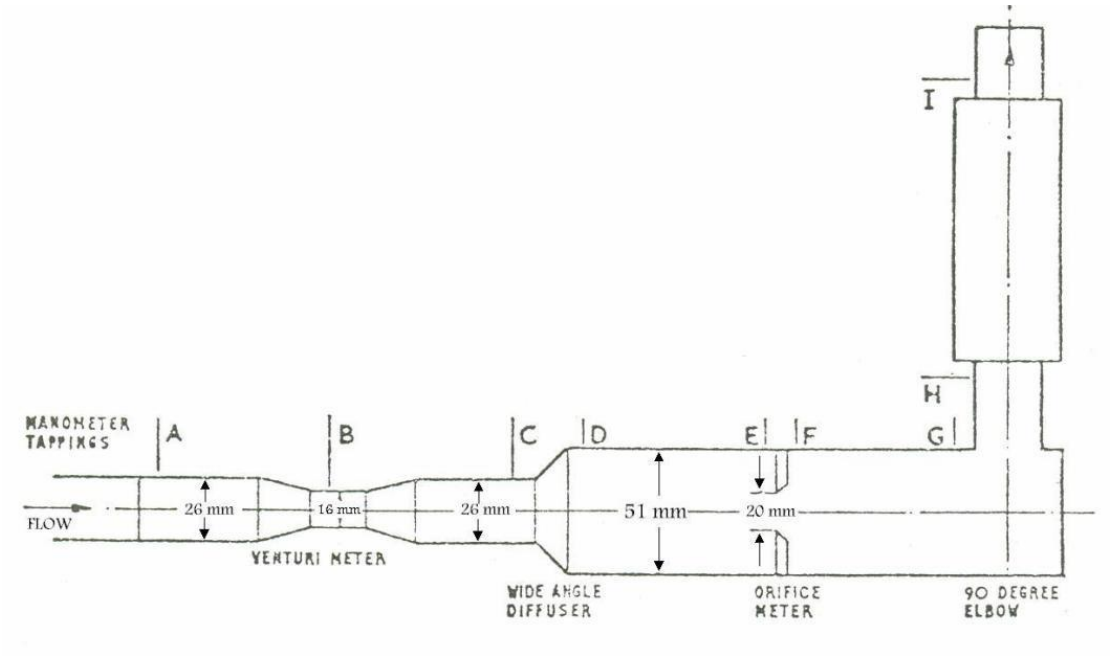
$$Q = \frac{w/\rho g}{t} \quad or \quad Q = \frac{V}{t} \qquad (1)$$

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

در این آزمایش با پنج وسیله مختلف اندازه گیری شدت جریان در لوله ها آشنا می شویم. این وسایل عبارتند از: ونتوری متر، پخش کننده (Diffuser) یا بازشدگی، روزنه (Orifice)، زانویی یا خم (Bend or Elbow)، و دوارسنج (Rotameter). در شکل(1) مشخصات وسیله آزمایشی به صورت شماتیک ارائه گردیده است.



شکل (1-a)



شکل (1-b)

جهت محاسبه دبی از چهار روش اول 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 1و2 بنویسیم (بعنوان مثال بین مقطع A و B در شکل (1) خواهیم داشت:

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

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

$$Q=A_1V_1=A_2V_2 \qquad (3)$$

با ترکیب دو رابطه (2) و (3) خواهیم داشت:

$$Q=\left[\frac{2gA_2^2}{1-(A_2/A_1)^2}(Z_1+\frac{p_1}{\gamma}-Z_2-\frac{p_2}{\gamma})\right]^{\frac{1}{2}}=\left[\frac{2gA_2^2(h_1-h_2)}{1-(A_2/A_1)^2}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (4)$$

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

تئوری مربوط به افت انرژی در هر قسمت و تعیین ضرایب افت :

در روزنه و خم، مقدار تلفات انرژی قابل توجه بوده و اگر ار آن صرفنظر شود خطای قابل ملاحظه ای در اندازه گیری بوجود می آید. به منظور کاربردی نمودن رابطه (4) در عمل از ضریب تصحیح استفاده می شود که برای هر یک از دستگاه ها با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$K = \frac{Q_m}{Q_c} \qquad (5)$$

که در آن Q_c دبی محاسبه شده از رابطه (11-4) و Q_m دبی اندازه گیری شده واقعی می باشد. مقدار K عموماً تابع شکل و مشخصات دستگاه و میزان دبی و مشخصات سیال عبوری است.

به کمک رابطه برنولی می توان مقدار افت انرژی در هر قسمت را محاسبه نمود. از طرف دیگر معمولاً افت انرژی را بصورت مضربی از انرژی جنبشی ورودی به آن قسمت به صورت رابطه (11-6) نشان میدهد.

$$\Delta H_{mn} = K\frac{V_m^{\,2}}{2g} \qquad (6)$$

حال با تعیین افت انرژی و انرژی جنبشی ورودی می توان ضریب افت (K) هر قسمت رابه کمک روابط زیر بدست آورد.

الف- ونتوری متر :

به کمک رابطه برنولی و با صرفنظر کردن از افت انرژی بین مقاطع ورودی و گلوگاه ونتوری میتوان رابطه (11-7) را جهت محاسبه دبی در ونتوری بکار برد.

$$Q = A_B V_B = A_B\sqrt{\frac{2g(h_A - h_B)}{1-(A_B/A_A)^2}} \qquad (7)$$

که در آن A_A و A_B به ترتیب سطح مقطع A و B و همچنین h_A و h_B ارتفاع آب در لوله های پیزومتری می باشد.
نظر به اینکه قطر ونتوری در مقاطع ورودی و خروجی آن برابر است، لذا افت انرژی آن از رابطه (11-8) بدست می آید.

$$\Delta H_{AC} = h_A - h_C \qquad (8)$$

از طرف دیگر با توجه به رابطه پیوستگی بین مقاطع ورودی و گلوگاه ونتوری و رابطه برنولی و معلوم بودن نسبت سطوح دو مقطع که برابر با 0.38 است (قطر ورودی ونتوری 26 میلیمتر و قطر گلوگاه ونتوری 16 میلیمتر است) انرژی جنبشی ورودی محاسبه می گردد.

$$\frac{V_A^{\,2}}{2g} = 0.168(h_A - h_B) \qquad (9)$$

به کمک روابط (11-8) و (11-9) میتوان ضریب افت انرژی ونتوری را از رابطه (11-6) بدست آورد.

ب- دیفیوزر (انبساط مخروطی) :

به کمک معادله برنولی افت انرژی در انبساط مخروطی از رابطه (11-10) قابل محاسبه است.

$$\Delta H_{CD} = (h_C - h_D) + \frac{V_C^{\,2}}{2g}(1-\frac{1}{16}) \qquad (10)$$

ضمناً بعلت مساوی بودن قطر ورودی و خروجی، انرژی جنبشی آنها هم یکسان است. پس به سهولت می توان ضریب افت آن را از رابطه (6) بدست آورد.

$$K = \frac{\Delta H_{CD}}{V_C{}^2 / 2g} \qquad (11)$$

ج- اوریفیس متر :

به علت شکل خاص اوریفیس متر که بین مقاطع F و E نصب شده است افت انرژی جزئی نیست و نمی توان در بکاربردن رابطه برنولی از آن صرفنظر نمود. نظر به اینکه اختلاف ارتفاع پیزومترهای E و F خود ناشی از افت انرژی بین این مقاطع هم می باشد. لذا می توان به کمک رابطه برنولی نتیجه گرفت که :

$$Q = A_F V_F = K A_F \sqrt{\frac{2g(h_E - h_F)}{1-(A_F / A_E)^2}} \qquad (12)$$

در آن K به نام ضریب تخلیه دستگاه می باشد و برای اوریفیس خاص نصب شده روی دستگاه مقدار آن برابر با 0.601 می باشد.

با توجه به نسبت قطر ورودی اوریفیس متر به ونتوری متر که تقریباً عدد 2 است می توان دریافت که انرژی جنبشی ورودی آن $\frac{1}{16}$ انرژی جنبشی ورودی به ونتوری متر است. ضمناً افت انرژی در اوریفیس متر از رابطه (11-13) محاسبه می شود.

$$\Delta H_{EF} = h_E - h_F \qquad (13)$$

حال با تعیین این مقادیر میتوان ضریب افت انرژی در اوریفیس متر را بدست آورد.

د – زانوئی 90 درجه :

به کمک رابطه برنولی بین نقاط Gو H (ورودی و خروجی زانوئی و همچنین رابطه تعادلی در لوله های پیزومتری- فشار در روی سطح مایع در لوله های G و H یکسان است)، می توان افت انرژی در زانوئی با قطر تبدیلی را از رابطه (14) بدست آورد.

$$\Delta H_{GH} = (h_G - h_H) + \frac{V_G{}^2}{2g}(1 - \frac{1}{16}) \qquad (14)$$

ضمناً انرژی جنبشی ورودی به زانوئی $\frac{1}{16}$ انرژی جنبشی ورودی به ونتوری است.

ه – روتامتر :

دوارسنج از یک لوله شفاف با قطر متغیر و وزنه ای مخروطی شکل در داخل آن تشکیل شده است. وقتی سیال جریان ندارد وزنه مخروطی در پایین ترین وضعیت قرار داشته و هیچگونه فاصله بین وزنه و جداره های لوله وجود ندارد. هنگامی که جریان سیال برقرار است در اثر نیروی وارده و لزوم وجود راهی جهت عبور آب، وزنه مخروطی به سمت بالا حرکت می کند. وزنه تا جایی بالا می رود که نیروهای وزن، شناوری و نیروی ناشی از حرکت سیال با یکدیگر در حالت تعادل باشند. نیروی وارده به وزنه در اثر جریان آب را نیروی دراگ نامیده شده و به صورت زیر نمایش داده می شود:

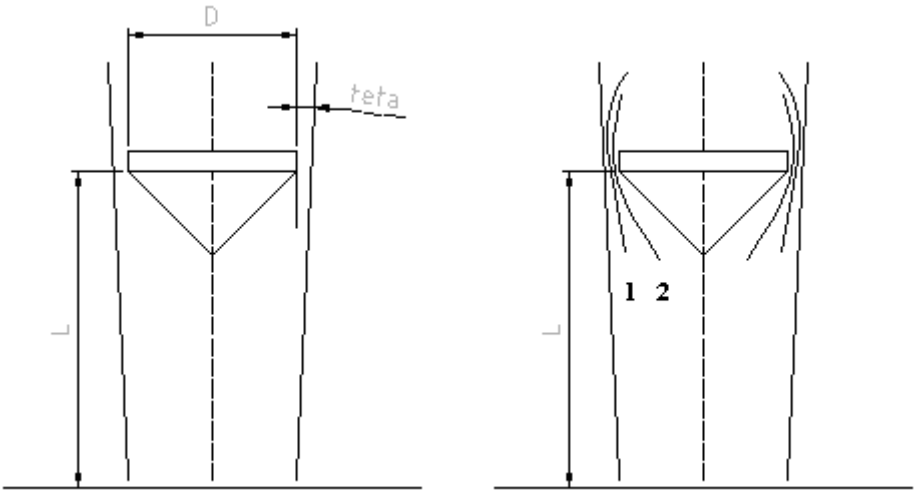
$$F_D = C_D A \frac{\rho V^2}{2} \qquad (15)$$

که در آن C_D ضریب کشش (Drag Coefficient)، ρ چگالی، A سطح مقطع وزنه در مقابل آب و V سرعت متوسط سیال است. نیروی وزن و نیروی شناوری مقداری ثابت و تابع جنس و شکل وزنه می باشد. پس از ساخت دوارسنج ها، آنها را مدرج کرده و در کارخانه کالیبره (یا واسنجی) می کنند. بدین معنی که دبی جریان را با وسیله مطمئن دیگری اندازه گیری کرده و برای هر ارتفاع از وزنه عدد مربوطه را یادداشت می کنند. نتایج نهایی به صورت نمودارهایی مطابق شکل 3 ارائه می گردد. طبیعتا" نمودار مربوط به هر دستگاه باید به صورت مستقل تهیه شود. شکل 3 مربوط به دستگاه این آزمایش می باشد.

با انتخاب حجم کنترلی مطابق شکل (2) که شامل مخروط شناور باشد وبا به کاربردن رابطه برنولی و تغییرات مقدار حرکت بین مقاطع 1 و 2 می توان نتیجه گرفت که افت انرژی بین این دو مقطع مقداری است ثابت و به L (محل قرارگرفتن شناور) بستگی ندارد. از طرف دیگر چون این افت به سرعت سیال در اطراف شناور بستگی دارد پس می توان نتیجه گرفت که سرعت سیال در اطراف شناور هم ثابت است. اگر مقدار سرعت سیال را با V و سطح مقطع گذر سیال را با A_f نشان دهیم میتوان مقدار دبی سیال را از رابطه (11-16) که در آن θ بر حسب رادیان است بدست آورد.

$$Q = A_f . V = \pi D_f L \theta V \qquad (16)$$

$$Q = (\pi D_f \theta V) L$$



شکل (2)

مشاهده می شود که مقدار دبی در روتامتر به L به صورت خطی بستگی دارد.

افت انرژی در روتامتر از رابطه (11-17) قابل مقایسه است.

$$\Delta H_{HI} = h_H - h_I \qquad (17)$$

همانطور که قبلاً ذکر شد با یک نظر اجمالی در نتایج آزمایش می توان دریافت که افت انرژی در روتامتر مستقل از دبی است و مقدار ثابتی می باشد.

با توجه به قطر ورودی روتامتر می توان دریافت که انرژی جنبشی ورودی آن برابر با انرژی جنبشی ورودی ونتوری متر است.

روش انجام آزمایش :

1- قبل از شروع آزمایش و اندازه گیری دقت کنید که هیچ حباب هوایی در داخل دستگاه آزمایش و پیزومترها نباشد. در صورت وجود حباب، شیرهای ابتدا و انتهای دستگاه را کاملاً″ باز کنید تا حباب ها به همراه جریان خارج شوند. همچنین می توان با بازکردن پیچ بالای پیزومترها حباب ها را خارج کرد. جهت تسریع در خروج حباب ها به آرامی ضرباتی با انگشت به قسمت های مختلف دستگاه بزنید.

برخی از ابعاد لازم جهت انجام محاسبات در شکل (1) درج شده است.

2- پس از آماده شدن، پمپ دستگاه را روشن کرده و شیر دو طرف را کاملاً″ باز نمایید و برای دبی حداکثر ارتفاع آب در پیزومترهای A تا I (شکل1) و ارتفاع مخروط دوارسنج(یعنی ارتفاع سطح بالای مخروط) را قرائت نموده، یادداشت کنید. ارتفاع آب در کلیه پیزومترها باید در محدوده مدرج شده واقع شوند. دبی جریان را به طریقه حجمی نیز اندازه بگیرید.(توسط میز آزمایشگاهی)

با یادداشت نمودن ارتفاع پیزومترها و مقیاس روتامتر و تعیین دبی توسط میز آزمایشگاهی می توان ضرایب افت هر قسمت ونتوری، دیفیوزر، اوریفیس، زانوئی و روتامتر را تعیین نمود.

3- جهت تعیین تغییرات این ضرایب با دبی بهتر است با کم کردن دبی توسط شیر خروجی دستگاه، آزمایش را در ده مرحله انجام داده و جدول (1) را تکمیل نمایید.

4- برای دستگاه های ونتوری متر، پخش کننده، روزنه و خم، اختلاف تراز آب در پیزومترهای دوطرف دستگاه، دبی محاسباتی و ضریب تصحیح دبی را برای هر یک از دبی ها محاسبه و در جدول ثبت کنید. در این جدول h_1 و h_2 تراز آب در نقاط 1 و 2 در دو طرف هر وسیله بوده که به ترتیب زیر قرائت می شوند:

- برای ونتوری متر در نقاط A و B

- برای پخش کننده در نقاط C و D

- برای روزنه در نقاط F و E (تذکر: برای نقطه E سطح مقطع کل لوله و برای قسمت F سطح مقطع قسمت تنگ شده روزنه را در نظر بگیرید.)

- برای خم در نقاط H و G

در جدول فوق Q_m دبی اندازه گیری شده به طریقه وزنی یا حجمی و Q_c دبی محاسبه شده با استفاده از رابطه (4) می باشد.

5- جدولی مشابه جدول بالا که حاوی یک ستون دیگر به عنوان " ارتفاع مخروط در دوارسنج (mm)" باشد، تهیه و نتایج و قرائت ها و محاسبات دوارسنج را در آن ثبت کنید.

6- منحنی های زیر را ترسیم کنید:

- منحنی تغییرات $\Delta h - Q_m$ و $K - Q_m$ و بهترین خط برازش داده شده بر آنها، برای هر وسیله در یک صفحه

- منحنی تغییرات $\Delta h - Q_m$ کلیه وسایل در یک صفحه

- منحنی تغییرات $K - Q_m$ کلیه وسایل در یک صفحه

- منحنی تغییرات $\left(\frac{\Delta h}{V^2/2g}\right) - Q_m$ کلیه وسایل در یک صفحه

- منحنی تغییرات $Q_c - Q_m$ و بهترین خط برازش داده شده بر آنها، برای هر وسیله در یک صفحه

- منحنی تغییرات $Q_c - Q_m$ برای کلیه وسایل در یک صفحه

7- نتیجه گیری و برداشت شخصی خود را در کنار هر یک از منحنی های ترسیم شده یادداشت کنید.

8- بعد از انجام آزمایش و تکمیل محاسبات جدول، تغییرات دبی جرمی بدست آمده توسط میز آزمایشگاهی را بر حسب دبی جرمی بدست آمده از ونتوری متر، اوریفیس متر و رتامتر تماماً در روی مقیاس 1 رسم نمائید نتیجه ای که از این نمودار بدست می آورید ذکر نمائید. نصب هر سه وسیله دبی سنج را در تاسیسات هیدرولیکی مقایسه کنید.

9-مقدار ضریب سرریز را حساب کرده و منحنی تغییرات دبی و ضریب c را بر حسب ارتفاع پشت سرریز

رسم نمایید.

10- مزایا و معایب هر یک از روش های اندازه گیری دبی که در این آزمایش با آن آشنا شدیم چیست؟ (به طور نسبی)

11- چرا هرچه دبی بیشتر می شود وزنه روتامتر بالاتر می رود؟

12- چرا افت فشار در روتامتر تقریباً ثابت است؟

نام آزمایش: عدد رینولدز

هدف :

هدف از انجام این آزمایش بررسی نوع حرکت سیال و تعیین محدوده هر یک از نواحی حرکت سیال است.

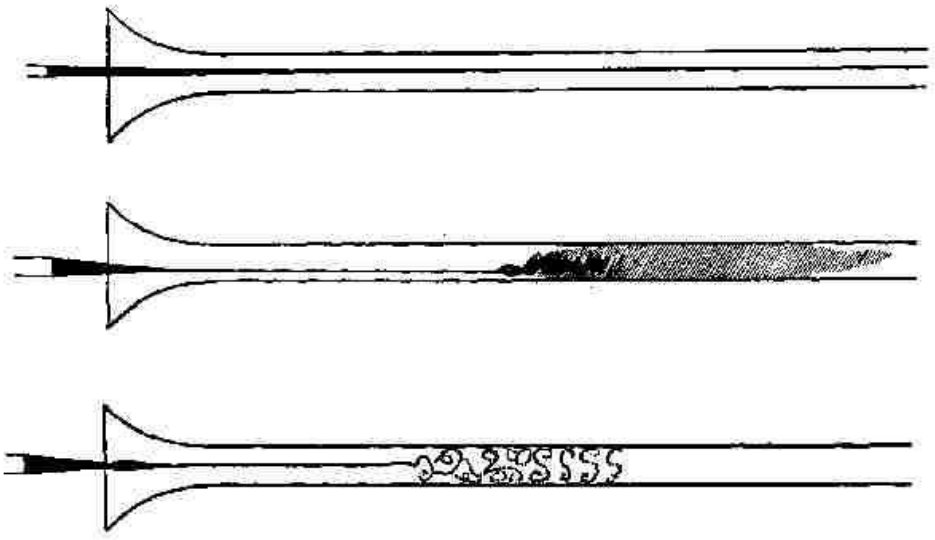
تئوری :

یکی از انواع تقسیم بندی جریان، حرکت لایه ها می باشد که بر اساس سه نوع جریان، قابل تفکیک است:

- جریان آرام (Laminar)
- جریان انتقالی (Transition)
- جریان آشفته (Turbulent)

در جریان آرام حرکت سیال در حرکت لایه ها خلاصه می شود. در این جریان هر لایه به نرمی روی لایه مجاور خود می لغزد. مبادله ممنتوم در سطوح لایه های مختلف توسط مولکول ها صورت می گیرد. در جریان آشفته حرکات بسیار نامنظم ذرات با تبادل شدید مومنتوم در جهت عمود برحرکت مشاهده می شود.در این جریان کار انتقال ممنتوم از لایه ای به لایه دیگر توسط توده ذرات صورت می گیرد و در واقع حرکت ذرات به حرکت مولکول ها اضافه می شود. حالت گذرا مرز بین این دو حالت است .

دستگاه طوری ساخته شده است که توسط آن می توان جریان مایع را دریک لوله بطورکامل مشاهده کرد و محاسبات لازم نوع جریان را تعیین نمود . در شکل زیر نمونه از رفتار های مختلف جریان را مشاهده می کنید:



شکل - 1

تشخیص ماهیت جریان اولین بار توسط رینولدز انجام گرفت. او عددی به همین نام را برای تفکیک جریان ها از یکدیگر تعریف نمود. عدد رینولدز بنا به تعریف حاصل تقسیم دو نیرو است، نیروی اینرسی و نیروی لزجت.

$$\mathrm{Re} = \frac{F_\rho}{F_\mu} = \frac{\rho V^2}{\mu \frac{V}{L}} = \frac{\rho V L}{\mu}$$

ρ : دانسیته سیال

μ : ویسکوزیته

V: سرعت متوسط سیال

L: طول مشخصه

بنابراین باید انتظار داشته باشیم وقتی نیروهای اینرسی بیشتر شود، تلاطم و بی نظمی در جریان بیشتر شده، جریان به سمت حالت آشفته پیش رود.

عدد رینولدز در یک لوله با قطر D که سیالی باسرعت متوسط V و ویسکوزیته دینامیکی μ و دانسیته ρ در آن جریان دارد ،عبارتست از :

$$R_e = \frac{\rho.V.D}{\mu}$$

μ : $\frac{kg}{m.s}$ ویسکوزیته دینامیکی

$\rho : \frac{kg}{m^3}$

$$R_e = \frac{V.D}{\upsilon}$$

υ : $m^2.\sec^{-1}$ ویسکوزیته سینماتیکی

D: (m)

V: $\left(m/s\right)$

پارامتر تعیین کننده در نوع رژیم جریان، محدوده عدد رینولدز است که به شکل مجرای عبور جریان بستگی دارد. به عنوان مثال محدوده جریان آرام

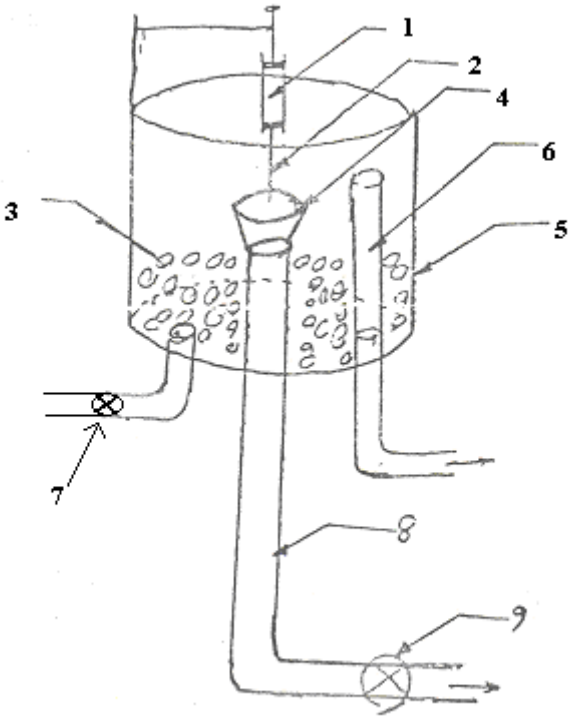
داخل لوله: Re< 2300

جریان بین دو صفحه : Re < 1000

جریان در کانال باز: Re < 500

شرح دستگاه :

دستگاه مطابق شکل از بخش های زیر تشکیل شده است :



شکل - 2

شکل -3

1- مخزن مایع رنگی(سرنگ)

2- سوزن انتقال مایع رنگی

3- گلوله های آرام کننده جریان

4- قیف ورودی مایع

5- مخزن اصلی مایع

6- سر ریز

7- شیر کنترل دبی

دستگاه آزمایش از یک مخزن استوانه ای شیشه ای تشکیل شده است. آب از طریق لوله ای که به پایین مخزن متصل است وارد آن می شود و پس از ورود به بستری از گلوله برخورد کرده، سرعت آن یک نواخت می شود. یک لوله سرریز، سطح آب استوانه ای را ثابت نگاه می دارد. لوله خروجی در مرکز مخزن و زیر آن قرار دارد و با کاهش تدریجی مقطع در ورودی، امکان عبور سیال، هرچه آرام تر میسر می شود. لوله ای که به مخزن کوچک جوهر متصل است از بالا وارد مخزن

می شود. با تنظیم شیر کنترل دبی می توان در انتهای لوله خروجی سرعت سیال را تغییر داد و رفتار ماده جوهر را همراه با جریان سیال در سرعت های مختلف بررسی کرد.

توسط این دستگاه می توان مایع رنگی (1) راتوسط یک سوزن (2) در یک لوله شیشه ای (8) هدایت کرد و به وسیله شیر (9) میزان دبی را تغییر داد .

گلوله های آرام کننده جهت جلوگیری از اغتشاش آب ورودی به مخزن می باشند و قیف نیز آرام کننده جریان ورودی به شیشه است .

روش انجام آزمایش :

1- آب ورودی به سیستم را باز نمائید تا برگشت از سرریز آغاز گردد (دقت کنید که شیر پایین دستگاه بسته باشد).

2- شیر پایین دستگاه را کمی باز کنید.

3- از وجود رنگ دانه (جوهر) در مخزن آن مطمئن شوید.

4- توسط تغییر دبی با شیر پایینی جریان جوهر را به صورت متمایز از آب در آورید. (به صورت ریسمانی در آب)

5- توسط بشر و کرنومتر دبی آب را اندازه گیری کنید.

6- در نقطه ای که جریان از حالت آرام به وضعیت انتقالی (Transition) می رسد و همچنین در نقطه ای که از حالت انتقالی به حالت آشفته می رسد، دبی جریان را به دست آورید.

7- اعمال فوق را این بار از حالت آشفته به انتقالی و آرام تکرار کنید و دبی جریان را به دست آورید.

8- یک قطره جوهر داخل ستون آب بیاندازید و به آرامی آن را پراکنده کنید. سپس شیر خروجی را به آرامی اندکی باز کنید و شکل توزیع سرعت (Velocity Distribution) را در مقطع لوله مشاهده کنید.

9- دمای آب مخزن را اندازه گیری کنید.

داده برداری،مشاهدات و نتایج :

دراین آزمایش قطر لوله آزمایش D = 13(mm) (میلی متر) می باشد .همچنین داریم :

$Q = V.A$ دبی حجمی جریان. A سطح مقطع لوله است.بنابراین هرگاه توسط یک کرنومتر و یک بشر دبی جریان راتعیین کنیم، خواهیم داشت:

$$Q = \frac{V(m^3)}{t(\sec)}$$

می توان توسط رابطه فوق سرعت جریان سیال (V) بر حسب $m/\sec$ را تعیین نمود .

درجدول خواص فیزیکی آب موجود درگزارش کارخود می توان مقادیر υ (ویسکوزیته سینماتیک) را در دماهای گوناگون آب یافت .

با جایگزینی V , D در رابطه (2) می توان مقدار R_e رامحاسبه نمود .

خواسته های آزمایش:

1- عدد رینولدز را درهر حالت به دست آورید(سعی کنید از مقطع لوله عکس بگیرید)
2- رینولدز و رینولدز بحرانی را تعریف کنید و مقادیر رینولدز بحرانی را به دست آورید.
3- معادله توزیع سرعت جریان آرام را در یک لوله از راه تئوری به دست آورید.
4- توزیع سرعت را در جریان آرام و درهم با هم مقایسه کنید.
5- درارتباط با خطاهای آزمایش بحث کنید .

نام آزمایش:توربین پلتون

هدف آزمایش:

- بررسی و مطالعه توربین آبی پلتون
- تحقیق در مورد بازده توربین پلتون با نرخ های متفاوت جریان و سرعت چرخشی

تئوری آزمایش:

مقدمه:

توربین ها انرژی سیال را به کار مکانیکی تبدیل می کنند . به طور کلی توربین ها بر اساس سیال عامل به دو گروه توربین های بخاری و گازی و توربین های آبی تقسیم می کنند . از انواع توربین های آبی می توان به توربین پلتون ، فرانسیس و کاپلان اشاره کرد.

توربین های آبی را نیز در یک دسته بندی به شکل زیر تعریف می کنند:

Turbine :

-impulse (ضربه ای):pelton (high head & low flow)

-reaction(عکس العملی): francis& Kaplan (low head& high flow)

در توربین آبی پلتون بخشی از انرژی جنبشی مربوط به جت سیال که سرعت بالایی دارد به کار مکانیکی تبدیل میشودکه به شفت منتقل می گردد و مابقی از طریق اصطکاک سیال از بین میرود و بخشی نیز به عنوان انرژی جنبشی سیال که بخش کاسه مانند را ترک میکند ذخیره می شود.

برای تعیین اینکه کدام یک از توربین ها برای هدف مورد نظر کارایی بهتری دارد پارامتری به نام سرعت ویژه به شکل زیر تعریف میشود:

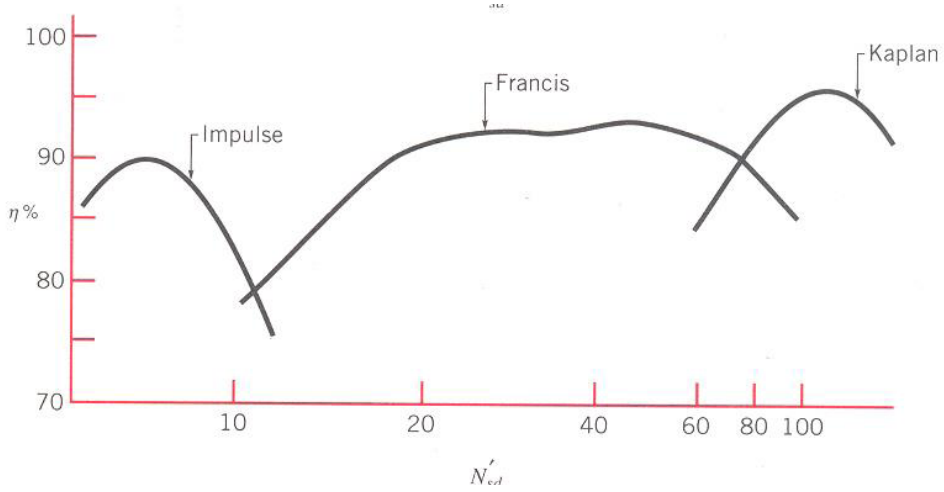
$$N_s{}' = \omega\sqrt{\frac{(\dot{w}_{shaft})/\rho}{(gh_t)^{5/4}}} \qquad \text{or} \qquad N_{sd}{}' = \frac{\omega(rpm)\sqrt{\dot{w}_{shaft}(bhp)}}{{h_t}^{5/4}(ft)}$$

با توجه به عدد بدست آمده از سرعت ویژه داریم :

If $N_{sd}{}' < 10 \rightarrow pelton\ impulse$

If $10 < N_{sd}{}' < 80 \rightarrow francis$

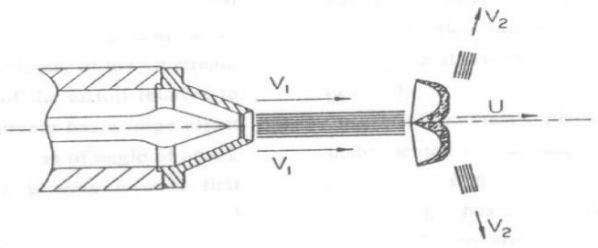
If $80 < N_{sd}{}' \rightarrow kaplan$

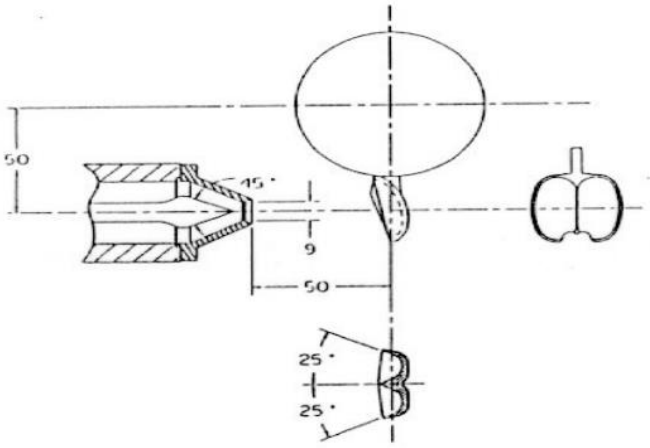


تحلیل یک توربین پلتون :

حجم کنترل :

فرض که چرخ پلتون با سرعت زاویه ای ω در خلاف جهت عقربه های ساعت در حال حرکت است . در این حالت یک حجم کنترل که همراه با پره با سرعت ثابت حرکت می کند را در نظر می گیریم:



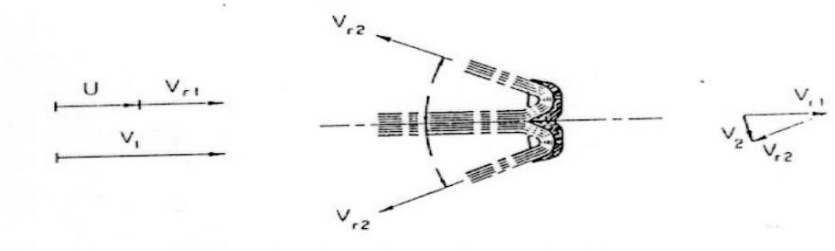


سرعت جت نسبت به پره به صورت زیر داده می شود:

$$V_{r1} = V_1 - u$$

$$V_{r1} = V_1 - \omega R$$

که R شعاع چرخ پلتون می باشد .



از انجای که جت سیال به فشار اتمسفر تحویل داده می شود مقدار جت کمی کمتر از مقاومت اصطکاکی است که با تعریف K_1 ، ضریب مقاومت اصطکاکی داریم :

$$|V_{r2}| = k_1 V_{r1}$$

جت آب به گونه ای منحرف می شود که جهت خروجی با راستای جت ورودی زاویه θ را دارد .

تغیرات سرعت نسبی چرخ پلتون عبارت خواهد بود از :

$$= V_{r1}(1 + k_1 \cos\theta)$$
$$= (V_1 - u)(1 + k_1 \cos\theta)$$

که میتوان به صورت زیر نوشت:

$$\Delta V_r = (V_1 - u)(1 + C)$$

جریان خروجی از نازل:

جریان خروجی از نازل (دبی Q) در ارتفاع H و فشار P به صورت زیر داده می شود :

$$H = \frac{p}{\rho g}$$

$$Q = A_n V_1$$

که A_n سطح خروجی نازل می باشد . اما :

$$V_1 = C_v \sqrt{2gH}$$

پس:

که C_v ضریب تخلیه نازل میباشد.

توان خروجی:

با استفاده از معادله نیرو - مومنتم نیروی وارد بر پرده عبارت است از :

$$F = \rho Q \Delta V_r$$

گشتاور اعمالی روی شفت توربین پلتون به صورت زیر داده می شود :

$$\tau = FR$$
$$= \rho Q \Delta V_r R$$

بنا بر این توان خروجی عبارت است از :

$$W_{\text{out}} = \tau\omega$$

با جایگذاری برای ΔV_r داریم:

$$W_{\text{out}} = \rho QU\,(V_1 - u)(1 + k_1 \cos\theta)$$

بازده:

توان هیدرولیکی ورودی W_{in} به چرخ پلتون و در نتیجه فشار ورودی و نرخ جریان میباشد:

$$W_{\text{in}} = PQ$$
$$= \rho gHQ$$

بنابر این بازده توربین پلتون عبارت است از:

$$\eta = \frac{W_{out}}{W_{in}}$$
$$= \frac{u\Delta V}{gH}$$

شرح دستگاه و روش آزمایش :

نمایی از دستگاه را در شکل زیر مشاهده می کنید:

در این آزمایش دبی ثابت از جریان را در نظر می گیریم و کم کم بار ترمزی را از صفر تا بار ماکزیمم زیاد می کنیم. سرعت متاثر از ضریب اصطکاک ها بین نوار و پولی شفت می باشد و گشتاور ایجاد شده با دانستن نیروی به کار گرفته شده و سرعت چرخ قابل محاسبه است . آزمایش را میتوان برای دو نرخ جریان متفاوت انجام داد (دو فشار متفاوت).

مراحل زیر را برای انجام آزمایش دنبال کنید:

1-نیروسنج را در حالت صفر قرار دهید

2- نوار و وزنه ها برای اعمال نیرو را آماده کنید

3- پمپ دستگاه را روشن کنید

4- شیر ورودی نازل را به طور کامل باز کنید

5- شیر ورودی دستگاه (خروج پمپ) را به طور آهسته تا انتها باز کنید

6- وزن وزنه ها و نیروی که نیروسنج نشان می دهد را یادداشت کنید

7-سرعت شفت را بر اساس rpm از روی دستگاه یادداشت کنید

8- وزنه های دیگری نیز به تدریج اضافه کنید و اطلاعات را یادداشت کنید تا زمانی که محور شفت از حرکت باز ایستد

9- دبی جریان را با استفاده از نیروی هیدرولیکی اندازه گیری کنید

10- حال فشار پشت نازل در مقداری کمتری قرار دهید و مراحل 1 تا 9 را تکرار کنید

داده برداری نتایج:

اطلاعات خود را در برگه ای مطابق شکل ثبت کنید:

فشار ورودی P(bar).....

هد ورودی H(m).....

حجم آب جمع شده V(lit).....

زمان t(s).....

توان ورودی W_{in}(watt).....

درصد خطا بازده	η_{th} (تئوری)	$W_{out,theory}$	$\tau_{theory} = \tau_t$	η_m	$W_{out,m}$	$\tau_{m(n,m)}$	rpm	کشش نیرو سنجg	وزن g

هد ورودی ، مقدار Q و و توان ورودی را محاسبه کنید:

$$H = \frac{P(bar)}{\rho g} * 10^5$$

$$\text{where }: \rho = 1000 \ {}^{kg}/_{m^3}$$

$$g = 9.81 \ {}^{m}/_{S^2}$$

$$\mathrm{Q} = \frac{\text{volume}}{\mathrm{t}} \left[\frac{lit}{sec}\right]$$

$$W_{in} = \frac{(P * 10^5)(\mathrm{Q} * 10^{-3})}{60} \ watt$$

برای محاسبه گشتاور اعمالی و توان خروجی $W_{out,m}$ و بازده واقعی η_m داریم:

$$\tau_{\mathrm{m}} = \frac{(\mathrm{W} - \mathrm{S})}{1000} * (\mathrm{gR_d})$$

که W وزن وزنه ها میباشد(g)

وS عددی که نیرو سنج نشان میدهد(g)

R_d شعاع چرخی که باند روی آن قرار می گیرد که برابر است با :0.022 m

$$\mathrm{W_{out,m}} = \frac{\tau_{\mathrm{m}} \omega 2\pi}{60} \ watt$$

$$\eta_m = \frac{\mathrm{W_{out,m}}}{W_{in}}$$

محاسبه گشتاور خروجی توان خروجی و بازده تئوری داریم :

$$\tau_{\mathrm{theory}} = \frac{(\rho \mathrm{Q} * 10^{-3})}{60} * \left(\mathrm{C_v}\sqrt{2\mathrm{gH}} - \frac{\omega \mathrm{R} 2\pi}{60}\right)(1 + K_1 \cos\theta)R$$

که در آن:

$K_1 = 0.8$

$\theta = 25°$

$$\mathrm{W_{out,t}} = \frac{\tau_t 2\pi\omega(\mathrm{rpm})}{60}\ watt$$

$$\eta_t = \frac{\mathrm{W_{out,t}}}{W_{in}}$$

برای نسبت سرعت داریم:

$$\frac{\mathrm{U}}{V_1} = \frac{\omega R}{\mathrm{C}_v\sqrt{2gH}} * \frac{2\pi}{60}\ watt$$

where :$R = 9\ cm$ (چرخ شعاع)

C_v =محاسبه می شود

خواسته های آزمایش:

1- نمودار توان عملی را بر حسب سرعت چرخ (دور)برای دو حالت فشار پشت نازل رسم کنید و با هم مقایسه کنید

2- نمدار بازده عملی را بر حسب سرعت چرخ (دور) برای دو حالت مختلف فشار پشت نازل رسم کنید و با هم مقایسه کنید.

3-در مورد کارایی چرخ پلتون در دبی های مختلف و سرعت های چرخشی مختلف بحث کنید.

4- ثابت کنید راندمان ماکزیمم تئوریک یک پره توربین پلتون عبارت است از :

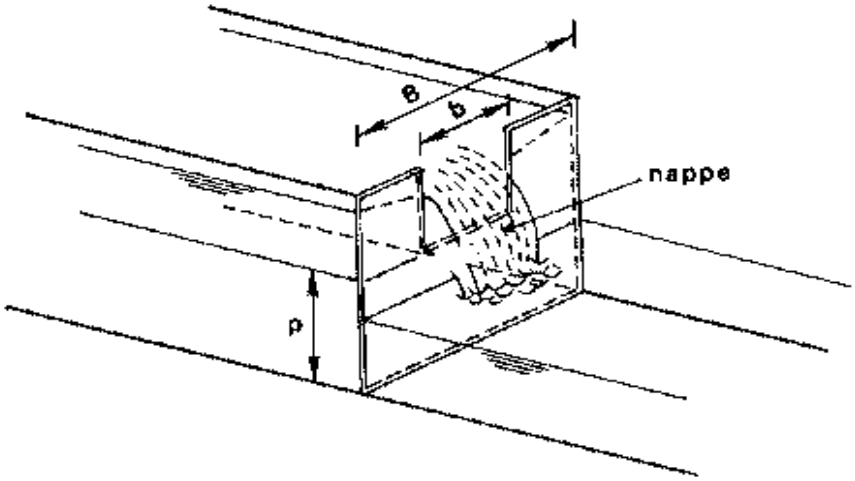
$$\eta_{max} = \frac{1}{2}(1 - \cos\theta)$$

5- منابع احتمالی خطا را نام ببرید و در مورد اصلاح آنها بحث کنید

نام آزمایش : سر ریز ها

هدف آزمایش:

بررسی میزان دبی سرریز ها با اشکال مختلف و پیدا نمودن رابطه تجربی بین دبی جریان و بار عبوری از روی سرریز و همچین ببرسی ضریب تخلیه سرریز ها (C_d)



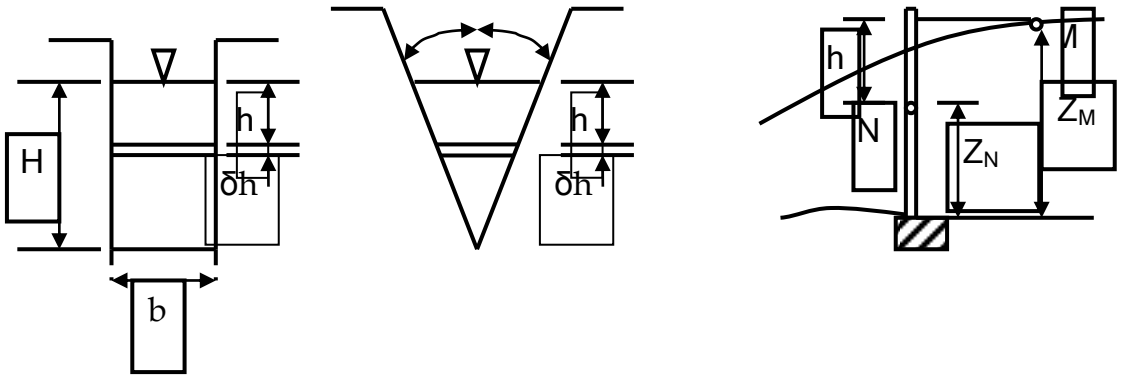
تئوری آزمایش:

مقدمه :

سر ریز ها ساختاری سیل آسا دارند که در مسیر جریان در یک کانال بصورت عمود بر جریان قرار می گیرد . به طور طبیعی سرریز ها را به دو دسته سر ریز های لبه تیز و لبه پهن ، دسته بندی میکنند . که در این آزمایش تنها به بررسی سرریز های لبه تیز می پردازیم. دو نوع مختلف از سرریز ها معرفی خواهند شد :

1- سرریز های V شکل

2- سرریز های مستطیلی



برای یافتن مشخصات جریان روی سرریز ها میتوان از رابطه برنولی استفاده کرد . اگر رابطه برنولی بین نقطه M بالا دست و نقطه N در روی سرریز نوشته شود ، با صرف نظر از افت انرژی خواهیم داشت :

$$\frac{V_m^2}{2g} + Z_m + \frac{P_m}{\gamma} = \frac{V_n^2}{2g} + Z_n + \frac{P_n}{\gamma} + h_L$$

که در این رابطه V سرعت متوسط در مقطع ، P فشار هیدرواستاتیک و Z تراز کف کانال می باشد. به علت اینکه جریان قبل از سرریز زیر بحرانی است می توانیم از سرعت در M صرف نظر کنیم:

$$V_{\mathrm{m}} = \sqrt{2\mathrm{gh}}$$

در مسیر مستطیلی با در نظر گرفتن المانی با مساحت dA که $\mathrm{dA=b.dh}$ می باشد:

$$\mathrm{dQ_t = V.\,dA = b.\sqrt{2gh}.\,dh}$$

$$Q_t = \int_0^H b.\sqrt{2gh}\,.dh = b\sqrt{2g}\int_0^H h^{1/2}dh = \frac{2}{3}b\sqrt{2g}H^{3/2} \rightarrow\ Q_t = \frac{2}{3}b\sqrt{2g}H^{3/2}$$

در سرریز مثلثی با زاویه 2Θ داریم :

$$Q_t = 2(H-h)\tan\theta\, dh$$

$$\rightarrow Q_t = V_0 dA = (2(H-h)\tan\theta)\sqrt{2gh}\, dh$$

$$Q_t = \int_0^H \sqrt{2gh}[2(H-h)\tan\theta]\, dh = \int_0^H 2\sqrt{gh}\tan\theta\, h^{\frac{1}{2}}(H-h)dh$$

$$= 2\sqrt{2g}\tan\theta\, H^{5/2}$$

به علت انقباض سطح قطع خروجی از سرریز و عوامل دیگر مقدار تجربی دبی کمتر از مقدار تئوری آن است ، لذا در عمل دبی واقعی از ضرب دبی تئوری در ضریب تخلیه $\mathrm{C_d}$بدست می آید:

$$Q_{\mathrm{exprimental}} = \mathrm{Q_e} = \frac{\mathrm{C_d}2}{3}\sqrt{2g}\, bH^{2/3}$$ مستطیلی

$$\mathrm{Q_e} = \mathrm{C_d}\frac{8}{15}\sqrt{2g}\, bH^{5/3}$$ مثلثی

به طور کلی در وسایل اندازه گیری دبی توسط سرریز ها رابطه تغییرات دبی بر حسب ارتفاع را به صورت زیر نشان میدهد :

$$Q = KH^n$$

که در آن K وn در محدوده ی عملی برای هر سرریز خاص مقدار ثابتی است . با گرفتن لگاریتم از طرفین رابطه فوق داریم :

$$\log Q = \log K + n\log H$$

به کمک ترسیم نمودار log Q بر حسب log H میتوان مقادیر K و n تجربی را برای هر سرریز بدست آورد . (ضریب $\mathrm{C_d}$ در K اعمال شده است)

شرح دستگاه و روش آزمایش:

در شکل زیر نمایی از دستگاه را مشاهده می کنید:

دستگاه آزمایش در حالت کلی از یک میز هیدرولیکی ، سرریز لبه تیز و ارتفاع سنج تشکیل می شود. پس از نصب سرریز در محل انتهای مسیر میز هیدرولیکی ، نوک ارتفاع سنج را با تاج سرریز صفر می نماییم .

مراحل زیر را انجام می دهیم :

1- با روشن شدن پمپ میز هیدرولیکی ، شیر آب را به اندازه ای باز می کنیم که سطح آب کاملا مماس بر تاج سرریز گردد . ارتفاع آب را با استفاده از ارتفاع سنج اندازه گیری می کنیم . سپس شیر آب را کاملا می بندیم.
2- حال شیر آب را کاملا باز می کنیم و عدد مربوط به سطح آب را دوباره از روی ارتفاع سنج یادداشت می کنیم .
3- دبی جریان عبوری را اندازه گیری می کنیم .(از فرمول های گفته شده در بالا دبی جریان را به صورت تئوری بدست آورید و با استفاده از مانونتری که روی میز است و نیز کرنومتر ، دبی جریان را محاسبه کنید)
4- با کاهش جریان توسط شیر آب مراحل اندازه گیری دبی را برای چندین مرحله تکرار می کنیم.

داده برداری ، مشاهده نتایج :

برای ثبت داده ها جدولی مطابق با جدول شکل زیر تشکیل دهید :

نوع سریز همراه با مشخصات:.....

تکرار	V	T	Q_e	H

جدول 1

با استفاده از رابطه :

$$Q_e = \frac{V}{t}\left[\frac{lit}{min}\right]$$

می توان دبی تجربی را بدست آورد و با استفاده از روابط معرفی شده در قسمت تئوری آزمایش می توان مقدار C_d را محاسبه کرد. مقدار Q_t از روابط بدست می آیند.

خواسته های آزمایش :

1- جدولی مطابق با جدول 1 تنظیم کنید و با استفاده از روابط تعریف مقدار C_d(ضریب تخلیه) را محاسبه کنید.

2- مقادیر تجربی دبی (Q_e) را بر حسب ارتفاع آب از لبه سرریز (H) بر روی محور های مختصات رسم کنید.

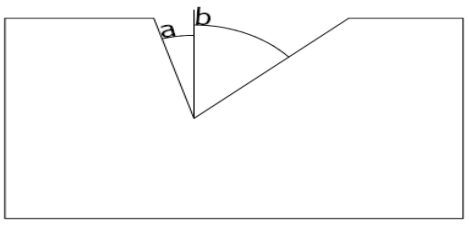
3-نمودار $\log Q_e$ و $\log H$ را رسم کنید و به کمک آن K و n را بدست آورید.

(توجه : شیب این نمودار برابر n و قطع آن با محور $\log Q_e$برابر با $\log K$ میباشد)

4- تغیرات دبی تجربی (Q_e)را بر حسب C_d (ضریب تخلیه) بررسی کنید. و نمودار ان را رسم کنید.

5-آیا نقاط $\log Q_e$ و $\log H$ روی یک خط مستقیم قرار دارند؟ اگر جواب منفی است علت را بیان کنید.

6-رابطه جهت محاسبه دبی بر حسب ارتفاع از تاج سرریز غیر مشخص شکل زیر را بدست آورید.



7- در رابطه با خطا در آزمایش بحث کنید.

نام آزمایش: اصطکاک در لوله ها

هدف آزمایش :

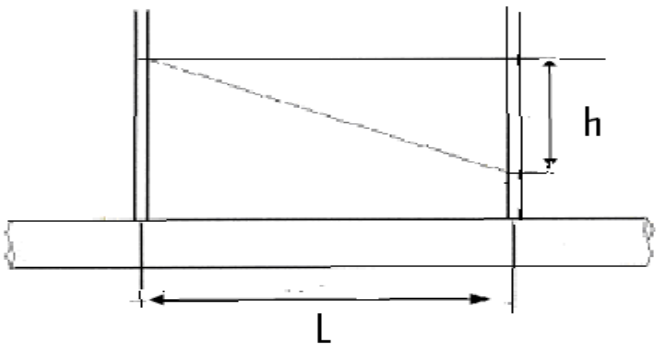
هدف ازاین آزمایش بررسی قوانین موجود در مورد مقاومت اصطکاکی در مقابل حرکت سیال بر حسب نوع جریان می باشد . همچنین می توان توسط معادله پواسلی(Hagen-poiseuille) برای جریان آرام (لایه ای) ضریب ویسکوزیته و توسط رابطه دارسی ضریب اصطکاک را تعیین نمود .

تئوری آزمایش :

افت انرژی در اثر اصطکاک در داخل یک لوله مستقیم بصورت کاهش فشار ظاهر می شود. اگر جریان مایعی از لوله شکل (1)عبور کند اختلاف ارتفاع سطوح مایعات (h) در پیزومتر های A و B معرف افت انرژی اصطکاکی یا افت فشار (به ازاء واحد وزن سیال جاری) می باشد .

نظر به اینکه بعد افت فشار به ازاء واحد وزن سیال دارای بعد طول است به آن افت هد یا افت ارتفاع هم می گویند.

$$h = h_1 - h_2$$



شکل (1) افت فشار درطول L

برای جریان آرام در لوله داریم:

$$h / L = 32\mu u / \rho g D^2 \qquad (1)$$

μ ویسکوزیته

u سرعت متوسط سیال در داخل لوله

ρ دانسیته سیال

D قطر لوله

$$\mathrm{Re} = \rho u d / \mu \qquad (2)$$

$$h / L = \left(\frac{64}{\mathrm{Re}}\right) \times \left(\frac{u^2}{2gD}\right) \qquad (3)$$

برای جریان آشفته از رابطه دارسی استفاده می شود:

$$h / L = \left(\frac{f}{D}\right) \times \left(\frac{u^2}{2g}\right) \qquad (4)$$

f ضریب اصطکاک لوله

مقدار f برای جریان آرام تنها به Re بستگی دارد.

$$f = 64 / \mathrm{Re} \qquad (5)$$

f در جریان آشفته تابعی است از زبری نسبی داخلی لوله و عدد رینولدز جریان

$$f = F(\mathrm{Re}, \varepsilon / d) \qquad (6)$$

Colbrook Equation:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 2Log\left(e/d + \frac{9.28}{\mathrm{Re}\sqrt{f}} \right) \qquad (7)$$

Re <2100	laminar
2100 <Re <5000	transition
5000<Re	turbulent

برای لوله های صاف در صورتی که عدد رینولدز بین 5×10^4 تا 10^6 باشد می توان از معادله تجربی زیر برای محاسبه f استفاده نمود.

$$f = \frac{0.046}{\mathrm{Re}^{0.2}} \qquad (8)$$

درعمل رابطه h/L بر حسب سرعت را بصورت رابطه زیر نشان می دهند که k و n برای یک جریان و لوله معین ثابت می باشد .

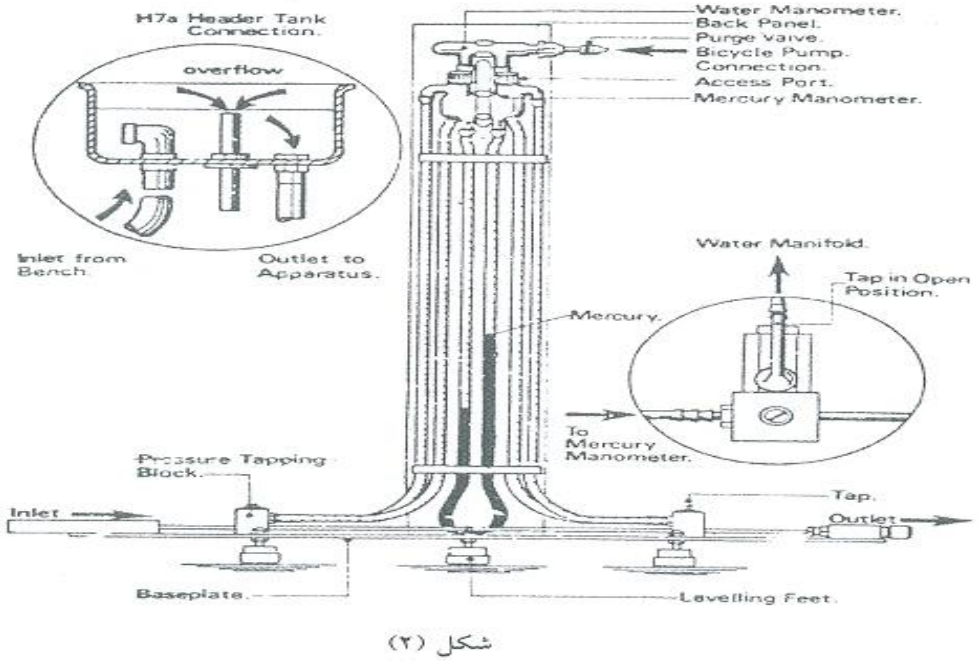
$$h/L = Ku^n \qquad (9)$$

مقدار n در ناحیه جریان آشفته بین 1.7 تا 2 می باشد .

شرح دستگاه :

شکل (2) شمای دستگاه مورد آزمایش را نشان می دهد. توسط مانومترهای تفاضلی جیوه ای و آبی روی دستگاه می توان افت فشار بین دونقطه ازیک لوله مستقیم بطول730 میلیمتر ، قطر اسمی 4 میلیمتر را اندازه گرفت.

واضح است که در افت فشار های کم (معمولاً جریان آرام) از مانومتر تفاضلی آبی و درافت فشارهای زیاد (معمولاً جریان آشفته) از مانومتر های تفاضلی جیوه ای استفاده می شود . برای اندازه گیری دبی آب درلوله از یک ظرف مدرج و کرونومتر استفاده می شود. تغییرات دبی توسط یک شیر سوزنی در قسمت خروجی لوله انجام می گیرد . برای برقراری جریان (معمولا) آرام از تانک آب درارتفاع ثابت استفاده می شود و برای برقراری جریان (معمولاً) آشفته خروجی پمپ را مستقیماً به لوله اصلی وصل می کنند .



شکل (۲)

شکل (2) شمای دستگاه اصطکاک در لوله ها

روش آزمایش:

قبل از شروع آزمایش ابتدا می بایست دستگاه را هوا گیری نمود این کار توسط تکنسین آزمایشگاه صورت خواهد گرفت.سپس آزمایش را در دو مرحله (که دریکی معمولاً جریان آرام است و دردیگری معمولاً جریان آشفته) انجام می دهیم .

برای انجام مرحله اول آزمایش خروجی پمپ میز آزمایشگاهی را به تانک آب در ارتفاع ثابت وصل می نماییم و سپس توسط لوله ای که درزیر این تانک قرار دارد آب را بداخل لوله مورد آزمایش هدایت می کنیم. توسط مانومتر تفاضلی آبی می توان افت فشار (افت هد) را قرائت نموده و نتیجه را یادداشت کرد . توسط بستن تدریجی شیرسوزنی در انتهای لوله این مرحله از آزمایش رابرای چند دبی مختلف انجام دهید. اندازه گیری دبی در هر مرحله توسط ظرف مدرج و کرونومتر انجام می گیرد.

برای انجام مرحله دوم آزمایش خروجی پمپ را مستقیم به لوله اصلی وصل می کنیم .نظر به اینکه در چنین حالتی فشار خروجی پمپ درلوله مورد آزمایش اثر دارد لذا معمولاً جریان آشفته برقرار می شود. دراین مرحله چون افت فشار زیادتر است از مانومتر تفاضلی جیوه ای برای تعیین آن استفاده می شود. توسط بستن تدریجی شیر سوزنی مستقر در انتهای لوله این مرحله از آزمایش را برای چند دبی مختلف انجام دهید مقدار دبی را می توان با استفاده از ظرف مدرج و کرونومتر تعیین نمود . لازم است که درطول آزمایش دمای متوسط آب را اندازه گیری شود .

نتایج و محاسبات :

نظر به اینکه افت فشار اندازه گیری شده در مرحله دوم آزمایش بر حسب میلی متر جیوه است لذا می بایست تفاضل ارتفاع مانومترها $(h_1 - h_2)$ در عدد13.55 ضرب گردد تا به میلی متر آب تبدیل گردد .

1.مقدار ضریب اصطکاک (f) را از رابطه دارسی بدست آورید. مقادیر f بدست آمده از رابطه دارسی را بر حسب عدد رینولدز (Re) رسم نمایید .به کمک نمودار زبری نسبی را بدست آورید.

2.تغیرات log h/L را بر حسب log u رسم کنید و مقدار n رابدست آورید.

3.به کمک رابطه poiseuille مقدار ضریب ویسکوزیته را بدست آوریدو با مقدار بدست آمده از نمودار 3 مقایسه کنید.

4.برای هر لوله از معادله colbrook زبری نسبی را بدست آورید و با داشتن d زبری مطلق را حساب کنید.