شرکت پیشرو اندیشه صنعت

آزمایشگاه مکانیک سیالات

کاتالوگ کلی

فهرست مطالب

فصل اول: دستگاه بررسی پدیده کاویتاسیون در پمپ ها ۹
بخش اول: تئوری دستگاه بررسی پدیده کاویتاسیون در پمپ ها ۱۰
مقدمه ۱۰
پمپ ۱۰
انواع پمپ‌ها ۱۰
توربو پمپ‌ها ۱۱
مزایا و معایب استفاده از پمپ سانتریفوژ ۱۷
نظریه پمپ‌های سانتریفوژ ۱۸
قدرت مورد نیاز ۱۹
ارتفاع مکش و حفره زایی ۱۹
رابطه های هد – جریان برای پمپ ایده ال ۲۳
رابطه هد – کار در پمپ ایده ال ۲۴
عملکرد واقعی پمپ سانتریفوژ ۲۴
اتلاف هد ۲۴
مشخصه های عملکرد ۲۵
قدرت مصرفی ۲۶
بازده ۲۶
منحنی های مشخصه ۲۶
قوانین تشابه ۲۷
نابالانسی در پمپ‌های سانتریفوژ ۲۸
دلایل بروز نابالانسی ۲۸
کاویتاسیون ۲۸
کاویتاسیون در پمپ‌ها و پروانه ها ۲۹
کاویتاسیون در مکش ۲۹
کاویتاسیون در خروجی ۲۹
کاویتاسیون تبخیری (نارسایی NPSHa) ۳۰
کاویتاسیون از نوع مکش ۳۱
معایب کاویتاسیون ۳۱
مزایای کاویتاسیون ۳۲
بخش دوم: نحوه انجام آزمایشها در دستگاه بررسی کاویتاسیون در پمپ‌ها ۳۳
شرح دستگاه ۳۳
شرح قطعات ۳۳

عکس دستگاه ۳۴
مراحل انجام آزمایشات ۳۴
آزمایش اول : مشاهدهٔ پدیده کاویتاسیون ۳۴
آزمایش دوم: رسم منحنی مشخصه پمپ ۳۴

فصل دوم: دستگاه اریفیس متر ۳۸
بخش اول: تئوری دستگاه اریفیس متر ۳۹
اصول اندازه گیری جریان توسط اریفیس متر ۳۹
جریان سنج های جابجایی مثبت ۳۹
جریان سنج های استنتاجی ۳۹
اریفیس متر چیست؟ ۴۰
اریفیس متر چگونه کار می کند؟ ۴۱
تاریخچه اندازه گیری جریان با اریفیس متر ۴۱
معادلات اریفیس متر ۴۲
بخش دوم: نحوه انجام آزمایش ها در اریفیس متر ۴۴
شرح دستگاه ۴۴
شکل دستگاه ۴۴
شرح قطعات ۴۵
مراحل انجام آزمایشات ۴۵
آزمایش اول: سیستم تک اریفیس ۴۵
آزمایش دوم: سیستم دو اریفیس (ترکیبی) ۴۶

فصل سوم: دستگاه بررسی افت فشار و ضریب اصطکاک لوله ها و اتصالات در سیالات ۴۸
بخش اول: تئوری بررسی افت فشار و ضریب اصطکاک لوله ها و اتصالات در سیالات ۴۹
تئوری ۴۹
اصطکاک جداری و تنش برشی در لوله ها ۵۰
رابطه بین اصطکاک جداری و تنش برشی ۵۱
ضریب اصطکاک ۵۱
روابط بین پارامترهای اصطکاک جداری ۵۲
معادله هاگن - پوازیل ۵۲
اثر زبری ۵۳
اصطکاک ناشی از تغییر سرعت یا تغییر جهت ۵۴
اتلاف اصطکاک ناشی از انبساط ناگهانی مقطع عرضی ۵۴
اتلاف اصطکاکی ناشی از انقباض ناگهانی مقطع عرضی ۵۵
اثر اتصالات و شیرها ۵۶

ونتوری متر ۵۷
اریفیس متر ۶۰
بخش دوم: نحوه انجام آزمایش ها در دستگاه اندازه گیری افت فشار و ضریب اصطکاک لوله ها و اتصالات در سیالات ۶۳
شرح دستگاه ۶۳
شکل دستگاه ۶۴
مراحل انجام آزمایشات ۶۴
آزمایش اول: اندازه گیری افت فشار در لوله های سه گانه صاف ۶۴
آزمایش دوم: تعیین ضریب اصطکاک لوله های سه گانه صاف ۶۵
آزمایش سوم: تعیین ضریب اصطکاک لوله زبر (شماره ۴) ۶۶
آزمایش چهارم: بررسی افت فشار در سیفون، انقباض و انبساط ناگهانی ۶۶
آزمایش پنجم: بررسی افت فشار در اتصالات، اریفیس متر و ونتوری متر ۶۷

فصل چهارم: دستگاه اندازه گیری عدد رینولدز ۶۹
بخش اول: تئوری دستگاه اندازه گیری عدد رینولدز ۷۰
بخش دوم: نحوه انجام آزمایش ها در دستگاه اندازه گیری عدد رینولدز ۷۲
شرح دستگاه ۷۲
شکل دستگاه ۷۲
دیاگرام دستگاه ۷۳
شرح قطعات ۷۳
مراحل انجام آزمایشات ۷۴
آزمایش اول: اندازه گیری عدد رینولدز ۷۴

فصل پنجم: دستگاه بررسی پمپ های سری و موازی ۷۸
بخش اول: تئوری دستگاه بررسی پمپ های سری و موازی ۷۹
نظریه پمپ های سانتریفوژ ۸۰
رابطه های هد – جریان برای پمپ ایده ال ۸۲
رابطه هد – کار در پمپ ایده ال ۸۳
عملکرد واقعی پمپ سانتریفوژ ۸۳
اتلاف هد ۸۴
مشخصه های عملکرد ۸۴
قدرت مصرفی ۸۵
بازده ۸۵
منحنی های مشخصه ۸۵
قوانین تشابه ۸۶

سیستم های چند پمپی ۸۷
پمپ های با منحنی مشخصه مشابه در سیستم موازی ۸۷
پمپ های با منحنی مشخصه مشابه در سیستم سری ۸۸
بخش دوم: نحوه انجام آزمایش ها در دستگاه پمپ های سری و موازی ۸۹
شرح دستگاه ۸۹
شکل دستگاه ۸۹
دیاگرام دستگاه ۹۰
شرح قطعات ۹۰
مراحل انجام آزمایشات ۹۱
آزمایش اول: بدست آوردن منحنی مشخصه تک پمپ ۹۱
آزمایش دوم: بدست آوردن منحنی مشخصه مجموعه پمپ های سری ۹۳
آزمایش سوم: بدست آوردن منحنی مشخصه مجموعه پمپ های موازی ۹۴
آزمایش چهارم: بازده پمپ در سه حالت تک ، سری و موازی ۹۵

فصل ششم: دستگاه ونتوری متر ۹۶
بخش اول: تئوری دستگاه ونتوری متر ۹۷
هد کل ۱۰۰
فشار پیزومتریک و هد پیزومتریک ۱۰۰
بخش دوم: نحوه انجام آزمایش ها در ونتوری متر ۱۰۱

فصل هفتم: دستگاه تعیین مرکز فشار ۱۰۴
بخش اول: تئوری دستگاه مرکز فشار ۱۰۵
بخش دوم: نحوه انجام آزمایش ها در تعیین مرکز فشار ۱۰۸

فصل هشتم: دستگاه ورتکس پیوسته و اجباری ۱۱۰
بخش اول: تئوری دستگاه ورتکس پیوسته ۱۱۱
مقدمه ۱۱۱
تئوری جریان های ورتکسی ۱۱۱
بخش دوم: نحوه انجام آزمایشها در دستگاه ورتکس پیوسته ۱۱۵
شرح دستگاه ۱۱۵
شرح قطعات ۱۱۵
مراحل انجام آزمایشات ۱۱۶
آزمایش اول : رسم منحنی پارابولیک سطح سیال (ورتکس اجباری) ۱۱۶
آزمایش دوم: بررسی سرعت چرخش ورتکس ۱۱۷
آزمایش سوم: بررسی منحنی ورتکس آزاد (پیوسته) ۱۱۸

فصل نهم: دستگاه بررسی سرریزها ۱۱۹
بخش اول: تئوری دستگاه بررسی سرریزها ۱۲۰
مقدمه ۱۲۰
انواع سرریزها ۱۲۰
محاسبه جریان در سرریز ۱۲۹
بخش دوم: نحوه انجام آزمایش ها در سرریز ۱۳۰
شرح دستگاه ۱۳۰
شرح قطعات ۱۳۰
مراحل انجام آزمایشات ۱۳۰

فصل دهم: دستگاه ضربه جت ۱۳۲
بخش دوم: نحوه انجام آزمایش ها در دستگاه ضربه جت ۱۳۷
شرح دستگاه ۱۳۷
مراحل انجام آزمایشات ۱۳۸

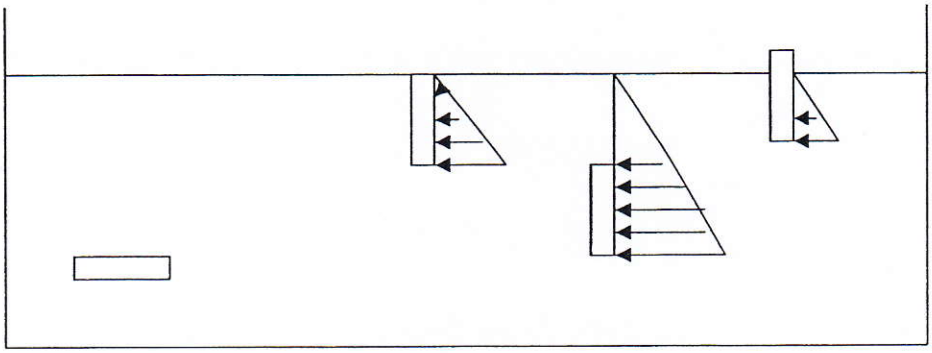
فصل هفتم:

دستگاه مرکز فشار

بخش اول: تئوری دستگاه مرکز فشار

زمانیکه یک سیال جسمی را در بر می گیرد به واسطه فشار خود بر جسم نیرو وارد می کند. در گازها تقریبا فشار در همه نقاط ثابت است و مقدار نیرو برابر مقدار فشار در سطح خواهد شد. ولی در سیالات بسته به حالت قرار گرفتن جسم این فشار تغییر می کند.

یک سطح با مقطع مستطیلی را در نظر بگیرید که در حالت های مختلف نشان داده شده در زیر در یک سیال ساکن قرار دارد.



(الف) (ب) (ج) (د)

در حالت الف سیالی به ارتفاع h از سطح قرار دارد و فشار $p = \gamma h$ را بر سطح اعمال می کند و نیروی وارده بر سطح برابر است با F = P.h که با توجه به یکنواختی توزیع فشار در مرکز سطح اعمال می شود.

در حالت (ب) فشار متوسط برابر است با $p = \gamma.h_c$ که h_c فاصله قائم مرکز سطح تا سطح آزاد مایع می باشد و نیروی وارده از حاصلضرب سطح در مقدار این فشار به دست می اید. موضوع مهم، به دست آوردن محل اثر این نیرو می باشد که به آن مرکز فشار می‌گوئیم و بر اساس روابط زیر مکان آن به دست می آید.

مختصات مرکز فشار $cp(X_{cp}, Y_{cp})$

$$y_{cp} = \bar{y} + \frac{I_G}{\bar{y}.A}$$

$$x_{cp} = \bar{x} + \frac{(I_{xy})_G}{\bar{y}.A}$$

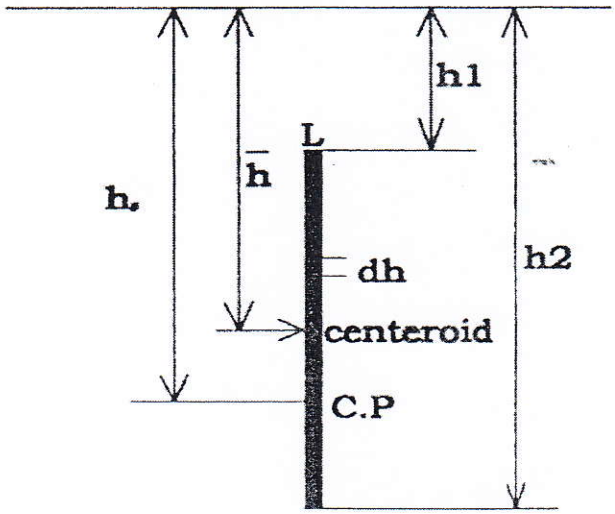
در سطوح متقارن نسبت به یک محور، I_{xy} صفر است پس مرکز فشار از لحاظ قرار گیری روی محور x دقیقاً روی خط عمودی گذرنده از مرکز سطح قرار خواهد گرفت. همچنین فاصله قائم بین مرکز فشار تا مرکز سطح برابر جمله دوم رابطه y است که با توجه به مثبت بود کلیه پارامترهای آن، مقدار مثبتی خواهد بود. لذا با توجه به اینکه مرجع سنجش y سطح سیال فرض شده است مرکز فشار همواره پایین تر از مرکز سطح قرار می گیرد. در حالت سوم و چهارم نیز از این روابط استفاده می شود با این توضیح که در حالت (د) سطح موثر در مسئله سطح داخل سیال است.

تئوری : مرکز فشار

دستگاه مرکز فشار برای تعریف فشار استاتیکی اعمال شده توسط سیال بر یک سطح غوطه ور و مقایسه محل و مقدار نیروی اندازه گیری شده با حالت تئوری، طراحی شده است. از جمله قابلیت های این دستگاه، اندازه گیری مرکز فشار برای سطح کاملا غوطه ور و یا شناور و مقایسه آن با مرکز فشار تئوری است.

در یک سیال ساکن فشار هر نقطه متناسب است با فاصله قائم آن نقطه تا سطح آزاد سیال یعنی

$$\frac{dp}{dz} = -\frac{\rho g}{g_c}$$



صفحه LL' به مساحت A که در شکل بالا نشان داده شده است را در نظر بگیرید. فاصله مرکز سطح این صفحه تا سطح آزاد مایع $\bar{h}$ می باشد. نیروی dF وارد بر المانی به سطح dA به فاصله h از سطح آزاد مایع از رابطه زیر بدست می آید.

$$dF = PdA = \frac{\rho g h dA}{g_c}$$

نیروی کل وارد بر سطح A با انتگرال گیری از dF بدست می آید.

$$F = \frac{\rho g}{g_c}\int hdA$$

بنا به تعریف

$$\bar{h} = \frac{1}{A}\int hdA$$

که $\bar{h}$ فاصله مرکز سطح تا سطح مایع است. مرکز سطح یک جسم تنها به شکل هندسی آن بستگی دارد. بنابراین نیروی وارد بر سطح A از رابطه زیر بدست می آید.

$$F = \frac{\rho g}{g_c} A\bar{h}$$

چون مایع در حالت سکون است، هیچ تنش برشی موجود نیست و جهت نیروی F عمود بر صفحه LL' خواهد بود و نقطه اثر آن را می توان از تساوی گشتاور نیروی F حول نقطه با مجموع گشتاورهای نیروهای dF حول همان نقطه مطابق رابطه زیر بدست آورد.

$$Fh_p = \int hdF$$

که در این رابطه h فاصله نیروی df تا سطح آزاد مایع و h_p مرکز فشار یعنی فاصله نقطه اثر نیروی F تا سطح آزاد مایع است.

$$h_p = \frac{1}{F\int h.(PdA)}$$

اگر المانی با ضخامت dh برای صفحه با عرض w در نظر گرفته شود مقدار dA برابر خواهد بود با:

$$dA = wdh$$

$$A = w(h_2 - h_1)$$

$$h_p = \frac{g_c \int \frac{\rho g h}{g_c} hwdh}{\rho g \bar{h} A}$$

$$h_p = w\int \frac{h^2}{\bar{h}A} dh$$

$$h_p = \frac{w({h_2}^3 - {h_1}^3)}{\bar{h}A}$$

$$h_p = {h_2}^2 + {h_1}^2 + \frac{h_1 h_2}{3\bar{h}A}$$

بخش دوم: نحوه انجام آزمایش ها در تعیین مرکز فشار

شرح دستگاه

دستگاه مذکور از قسمت های زیر تشکیل شده است:

۱- مخزن ربع دایره: این مخزن با مقطع ربع حلقه بوده که دارای ضخامت ثابت می باشد و از جنس پلگسی گلس شفاف است. این مخزن روی یک صفحه سوار شده است به طوری که قادر به دوران روی یک سطح صاف و صیغلی می باشد.

۲- مخزن تعادل: در سمت دیگر صفحه دایره ای، مخزن کوچکی قرار دارد که به مخزن تعادل موسوم است.

۳- اشل: صفحه آلومینیومی عمودی روی پایه دستگاه قرار گرفته و میزان ارتفاع را می توان بوسیله خطوط روی آن تعیین کرد.

۴- نقاله: روی مخزن شیشه ای در قسمت مخزن ربع زاویه های مختلف از ۰ تا ۳۰ درجه بوسیله آن مشخص شده است.

۵- نخ آویز: به مخزن تعادل وصل شده و وزنه های تعادل روی آن قرار می گیرند.

۶- آویز بدنه: به انتهای مخزن تعادل وصل می شود.

۷- تراز: جهت تراز کردن صفحه و دستگاه به کار می رود.

۸- صفحه غلتشی: صفحه شیشه ای که مخازن روی آن قرار گرفته و به راحتی دوران می کند.

۹- پایه ها: جهت تراز کردن دستگاه به کار می رود.

دستگاه به گونه ای طراحی شده است که محور های کناره های ربع دایره استوانه ای منطبق بر مرکز دوران مجموعه می باشند. از این رو فشار سیال بر این سطوح هیچگونه گشتاوری حول مرکز ایجاد نمی کند و گشتاور موجود تنها ناشی از نیروی وارد بر سطح مسطح رینگ می باشد. به وسیله وزنه هایی که روی آویز قرار می گیرند می توان گشتاور موجود را اندازه گیری کرد.

روش انجام کار:

با توجه به حساسیت دستگاه لازم است در طول مدت آزمایش جوانب احتیاط کاملاً رعایت گردد. ابتدا به آرامی مخزن شیشه ای را از صفحه پشتی جدا کرده و لبه های دورانی آن را کاملاً تمیز نموده و روی صفحه دورانی قرار می دهیم. دقت شود که خطوط اشل پشتی و خطوط روی مخزن منطبق باشد. باید خط صفر اشل پشتی از مرکز دوران گذشته و منطبق با خط صفر روی مخزن باشد در صورت عدم تطابق به مسئول آزمایشگاه اطلاع دهید. صفحه پایه را به وسیله چرخاندن پایه های پیچی تراز نمایید.

بعد از آماده شدن دستگاه، آویز را به نخ متصل می کنیم. به آرامی در مخزن تنظیم آب ریخته تا صفحه مستغرق در وضعیت قائم (صفر درجه) قرار گیرد. در این موقعیت نقاله روی خط صفر اشل پشتی قرار دارد. لازم است مخزن شیشه ای تمیز بوده تا اشل پشتی قابل خواندن باشد.

یک وزنه ۲۰ گرمی به آویز اضافه نمایید. سپس درون مخزن ربع دایره ای آب ریخته تا وضعیت تعادل صفر درجه برقرار گردد. شرایط را تثبیت کرده و ارتفاع آب را یادداشت نمایید. این کار را برای تمام وزنه ها انجام دهید. هر دو مخزن را خالی نموده و آزمایش را برای حالت تعادل ۱۰ درجه تکرار کنید. این بار خط ۱۰ درجه مخزن را تنظیم نمایید. مراحل آزمایش مشابه حالت قبل است. پس از اتمام آزمایش مشخصات دستگاه را که در زیر آمده است یادداشت نمایید:

شعاع داخلی ربع دایره (R_1) =

شعاع خارجی ربع دایره (R_2) =

عرض ربع دایره (B) =

محاسبات:

الف: صفحه کاملاً مستغرق است.

$$m = \frac{w \times 9.81 \times R_3}{1000} = \frac{w \times B \times \cos\theta (R_2^3 - R_1^3)}{3} - \frac{w \times B \times (R_2^2 - R_1^2) \times h}{2}$$

معادله فوق رابطه خطی بین h و m را نشان می دهد که ضرایب زاویه آن برابر

$$- \frac{w \times B \times (R_2^2 - R_1^2)}{2}$$

می باشد.

با رسم این خط و اندازه گیری ضریب زاویه می توان w را مشخص نمود.

$$m + \frac{w \times B \times R_2^2 \times h}{2} = \frac{w \times B \times \sec^2\theta \times h^3}{6} - \frac{w \times B \times \cos\theta \times R_2^3}{3}$$

فصل ششم:

دستگاه ونتوری متر

بخش اول: تئوری دستگاه ونتوری متر

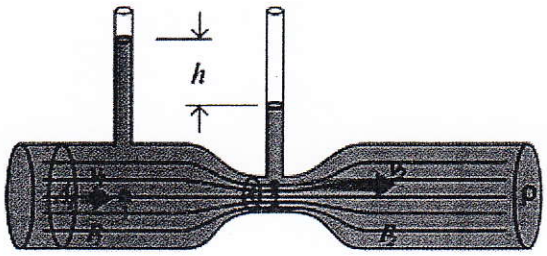
در این آزمایش سه هدف اصلی دنبال می شود:

۱- بررسی جریان سیال درون ونتوری متر

۲- بررسی افت فشار جریان درون ونتوری متر

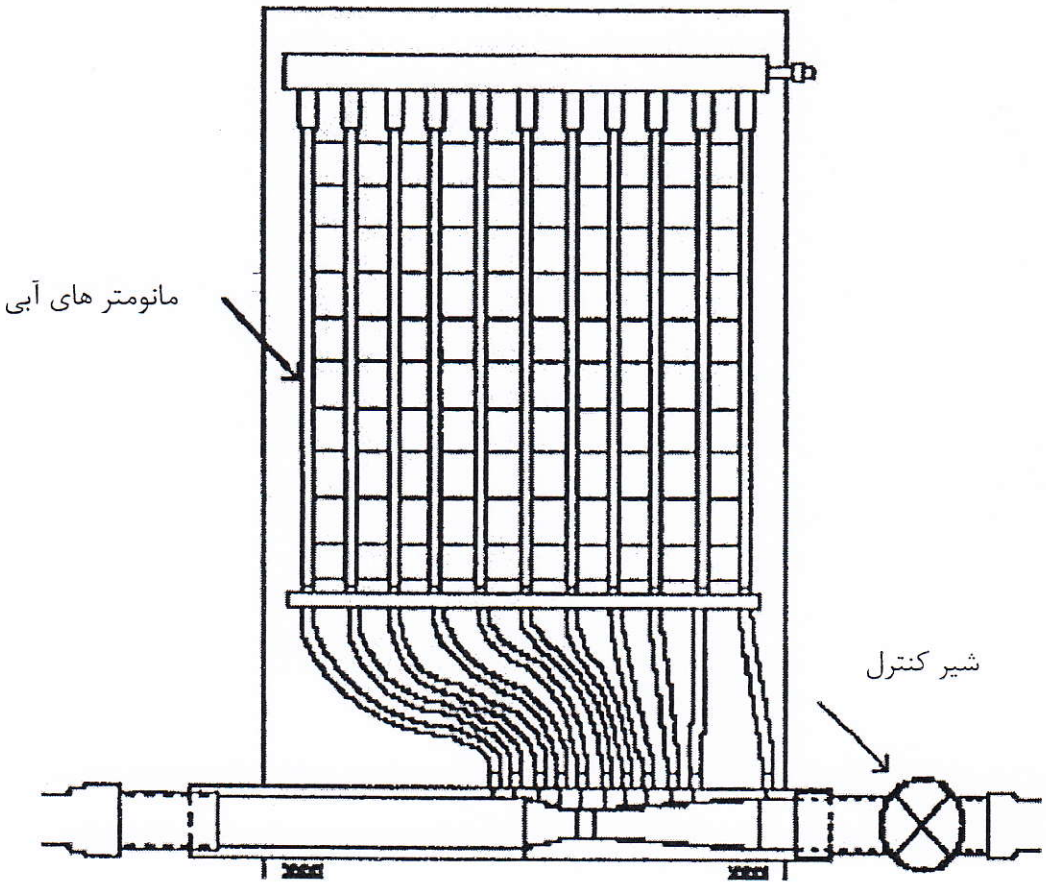
۳- مقایسه شدت جریان تجربی بدست آمده با شدت جریان حاصل از فرمول های تئوری

ونتوری متر شامل لوله ای است با سطح مقطع متغیر که همانند شکل ۴۸ دارای یک گلوگاه می باشد که کمترین قطر را دارد و ابتدا و انتهای آن دارای سطح مقطع مساوی می باشند. ونتوری متر از جمله تجهیزاتی است که جهت بررسی قانون برنولی استفاده می گردد.



شکل ۴۸. ونتوری متر

با توجه به قانون پیوستگی با گذر جریان از این لوله با کاهش سطح، سرعت جریان افزایش می یابد و بنابراین مطابق با قانون بقای انرژی فشار آن باید کاهش یابد . افزایش سرعت باعث افزایش انرژی جنبشی می شود که این افزایش با کاهش فشار امکان پذیر می گردد . این قانون به افتخار فیزیکدان ایتالیایی جیووانی باتیستا ونتوری ، قانون ونتوری نامیده شده است. از این قانون جهت کنترل مقدار دبی آب یا دیگر سیالات در هنگام عبور از شیر ها و دیگر اتصالات استفاده می شود. با داشتن دبی جریان و سطح مقطع قسمت های مختلف ونتوری متر می توان اختلاف فشار بین هر دو نقطه را محاسبه نمود. نمای کلی از دستگاه در شکل ۴۹ نشان داده شده است.



شکل ۴۹. نمای کلی دستگاه ونتوری متر

ونتوری متر در سطح مقطع های مختلف به مانومتر ها متصل شده است و می توان فشار هر بخش را به کمک آنها محاسبه نمود.

معادله برنولی را بین هر دو نقطه از ونتوری متر می توان نوشت. برای مثال معادله برنولی بین دهانه ورودی (نقطه ۱) با هر کدام از نقاط متصل به مانومتر (نقطه n) به صورت زیر نوشته می شود:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_n + \frac{V_n^2}{2g} \qquad (1)$$

در این آزمایش سیال به صورت افقی جریان دارد و در نتیجه اختلاف ارتفاع بین قسمت های مختلف وجود ندارد. بنابر این معادله (۱) را به صورت زیر بازنویسی می کنیم:

$$\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_n}{\gamma} = \frac{V_n^2 - V_1^2}{2g} \qquad (2)$$

با در نظر گرفتن این رابطه بین نقطه اول و نقطه nام که $V_1A_1 = V_nA_n$ و با جاگذاری آن در معادله (۲) خواهیم داشت:

$$\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_n}{\gamma} = \frac{V_n^2}{2g}\left[1 - \left(\frac{A_n}{A_1}\right)^2\right] \qquad (3)$$

بنابراین سرعت در بخش n از معادله زیر بدست می آید:

$$V_n = \sqrt{\frac{\frac{2g}{\gamma}(P_1 - P_n)}{\left[1 - \left(\frac{A_n}{A_1}\right)^2\right]}} \qquad (4)$$

و همچنین دبی جریان ،Q، از رابطه زیر:

$$Q = A_nV_n = A_n\sqrt{\frac{\frac{2g}{\gamma}(P_1 - P_n)}{\left[1 - \left(\frac{A_n}{A_1}\right)^2\right]}} \qquad (5)$$

به طور کلی هنگام استفاده از ونتوری متر برای محاسبه دبی جریان از اختلاف فشار بین دهانه ورودی و گلوگاه که در این دستگاه نقطه چهارم (n=4) می باشد. استفاده می گردد. معادله (۵) دبی را بدون در نظر گرفتن افت انرژی در طول ونتوری متر محاسبه می کند که برای تصحیح آن سمت راست معادله (۵) را در یک ضریب تصحیح به نام ضریب ونتوری که با C_v نشان می دهند ضرب می کنیم:

$$Q = C_vA_nV_n = C_vA_n\sqrt{\frac{\frac{2g}{\gamma}(P_1 - P_n)}{\left[1 - \left(\frac{A_n}{A_1}\right)^2\right]}} \qquad (6)$$

که در آن $0 < C_v < 1$

اکنون فشار را در هر بخش به وسیله مانومتر های آبلی مرتبط به آن می خوانیم. اختلاف فشار بین دو قسمت $(P_1 - P_4)$ برابر است با $\gamma(h_1 - h_4)$ که h ارتفاع ستون آب در مانومتر می باشد و در نتیجه معادله (۶) را به صورت زیر می توان نوشت:

$$Q = C_vA_4\sqrt{\frac{2g(h_1 - h_4)}{\left[1 - \left(\frac{A_4}{A_1}\right)^2\right]}} \qquad (7)$$

هد کل

هد کلی جریان، H، از رابطه زیر بدست می آید که h ارتفاع ستون مانومتر آبی می باشد.

$$H = \frac{P}{\gamma} + z + \frac{V^2}{2g} = h + z + \frac{V^2}{2g} \qquad (8)$$

اگر رابطه برنولی را برای تمام بخش های ونتوری متر محاسبه کنیم هد کل برای همه آنها باید عددی یکسان بدست آید اما در عمل بین آنها اختلاف مشاهده می شود که بدلیل افت انرژی در طول مسیر است مه باعث افت هد می شود.در این آزمایش برای هر قسمت هد کل را محاسبه می کنیم و افت هد را بین بخش های مختلف بررسی می کنیم.

فشار پیزومتریک و هد پیزومتریک

فشار پیزومتریک، P^*، از رابطه $P^* = P + \gamma \cdot z$ بدست می آید که z ارتفاع نقطه مورد نظر از یک مبدا مشخص می باشد. در نتیجه هد پیزومتریک، h^*، نیز برابر است با $h^* = \frac{P^*}{\gamma} = \frac{P}{\gamma} + z$.

در صورتی که ونتوری متر مورد نظر به صورت افقی نصب نشده باشد نیز معادلات (۱) تا (۷) صادق می باشد و دبی به کمک معادله (۷) بدست می آید با این تفاوت که $(h_1 - h_4)$ اختلاف هد پیزومتریک بین نقاط ۲ و ۵ یعنی نقطه ورودی و نقطه گلوگاه می باشد.

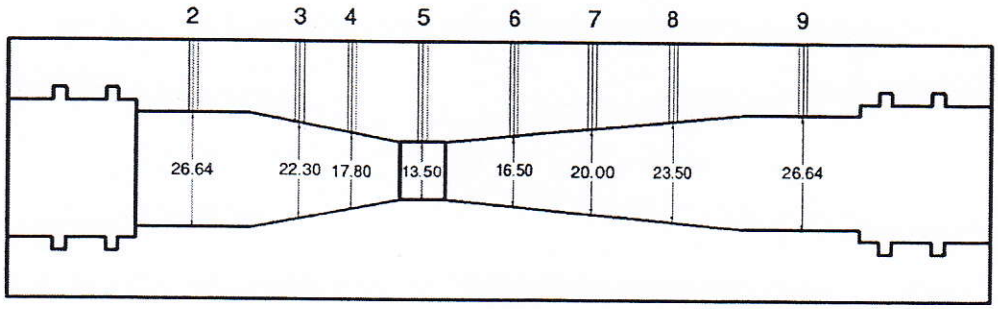
بخش دوم: نحوه انجام آزمایش ها در ونتوری متر

همانطور که در بخش تئوری بیان شد هدف از این آزمایش بررسی جریان سیال درون ونتوری متر، بررسی افت فشار جریان درون ونتوری متر و محاسبه جریان توسط ونتوری متر می باشد.

در جریان این آزمایش قصد داریم چند حالت مختلف شیر تنظیم که هر کدام معادل با داشتن یک دبی خاص می باشد را در نظر بگیریم و با استفاده از اختلاف ارتفاع های مشاهده شده، جدول مربوط به آزمایش را تکمیل نموده و با توجه به این اطلاعات دبی را از فرمول های تئوری استخراج کرده و با دبی اصلی که روتامتر نشان می دهد مقایسه نموده و از این طریق ضریب تخلیه ونتوری را محاسبه کنیم.

همانگونه که در بخش تئوری نیز بیان شد بطور کلی برای محاسبه جریان از اطلاعات بدست آمده از دو مانومتر متصل به مقطع ورودی (n=2) و گلوگاه (n=5) استفاده می کنیم. در جدول مربوط به این آزمایش پنج حالت برای شیر کنترل در نظر گرفته شده است که این پنج حالت هر کدام معادل با میزان جریان خاصی می باشد که می توانید با تنظیم روتامتر بر روی اعداد مختلف درج شده روی آن آزمایش را انجام دهید.

پس از ثابت شدن ارتفاع سیال درون مانومتر ها و هواگیری ارتفاع سیال را در مانومتر های شماره ۲ و ۵ به کمک صفحه مدرج خوانده و در جدول وارد نمایید. قطر مقطع ورودی و گلوگاه در شکل ۵۰ داده شده است که به کمک آنها می توانید سطح مقطع را محاسبه نموده و توسط معادله شماره ۷ – بخش تئوری- شدت جریان را محاسبه نموده و با شدت جریان مشاهده شده بر روی روتامتر مقایسه کنید. به کمک این دو شدت جریان – نسبت شدت جریان مشاهده شده به شدت جریان تئوریک - می توان ضریب تخلیه ونتوری را محاسبه نمود. در شکل زیر قطر سطوح مختلف ونتوری داده شده است.



شکل ۵۰. قطر مقاطع مختلف لوله ونتوری

پس از تکمیل اطلاعات مربوط به حالت اول، شیر تنظیم جریان را بیشتر باز می کنیم و ونتوری متر را در حالت دوم قرار می دهیم و پس از ثابت شدن ارتفاع مانومتر ها و هواگیری مراحل قبل را برای این حالت نیز انجام می دهیم. و به همین ترتیب تمامی پنج حالت را آزمایش نموده و در جدول وارد می نماییم.

همانطور که عنوان شد برای محاسبه شدت جریان از اطلاعات مربوط به مقطع ورودی و گلوگاه استفاده می شود اما از آنجا که معادله برنولی برای هر دو نقطه از جریان صدق می کند می توان شدت جریان را از اطلاعات هر دو مقطع وتنوری متر بدست آورد. در این مرحله شدت جریان تنظیم شده توسط شیر کنترل را ثابت نگه می داریم و اختلاف ارتفاع بین مقاطع مختلف ونتوری متر را با گلوگاه در نظر گرفته و شدت جریان مربوط به هر کدام را بدست آورده و در جدول شماره ۱۸ وارد نمایید. شدت جریانی که روتامتر نشان می دهد بر حسب لیتر بر ساعت است که برای انجام محاسبات باید آن را به واحد متر مکعب بر ثانیه تبدیل نموده و در جدول یادداشت نمایید. در این آزمایش هد کل را نیز به کمک معادله شماره ۸ برای مقاطع مختلف محاسبه نموده و در ستون آخر همین جدول وارد می نماییم. دقت داشته باشید که برای محاسبه سرعت از دبی مشاهده شده استفاده نمایید.

جدول 18

حالت شیر تنظیم	شماره مقاطع	ارتفاع مانومتر (m)	قطر (m)	دبی محاسبه شده (m^3/s)	دبی مشاهده شده (m^3/s)	ضریب تخلیه C_v
۱	۲					
	۵					
۲	۲					
	۵					
۳	۲					
	۵					
۴	۲					
	۵					
۵	۲					
	۵					

دبی مشاهده شده (m^3/s) ---------- = Q

جدول 19

هد کل H	سرعت (m/s)	ضریب تخلیه C_v	دبی محاسبه شده (m^3/s)	اختلاف ارتفاع با گلوگاه $(h_n - h_4)$	ارتفاع مانومتر (m)	قطر (m)	شماره مقطع
						۰/۰۲۷	۱
							۲
							۳
							۴
							۵
							۶
							۷
							۸
							۹
						۰/۰۲۷	۱۰