

آزمایش اندازه گیری دبی در لوله

هدف

آشنایی با روش های متداول اندازه گیری شدت جریان یا دبی در لوله ها

تئوری

در دستگاهها و سیستم های مختلف بسته و باز که به نوعی با جریان سیال در ارتباط هستند، عموماً لازم است که میزان سیال عبوری از یک محل را اندازه بگیریم. اندازه گیری میزان جریان آب، نفت و گاز در لوله ها و کانالها را بعنوان نمونه های بارز می توان بر شمرد.

روشهای متنوعی جهت اندازه گیری شدت جریان سیال یا دبی وجود دارد. شاید بتوان 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 ساده ترین روشهای دبی سنجی 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 می توان دبی را محاسبه کرد:

$$Q = \frac{W/\gamma}{t} \quad \text{یا} \quad Q = \frac{\Omega}{t} \quad (1)$$

در روابط فوق ♦ زمان پرشدن ظرف، Ω حجم آب پر شده داخل ظرف، Φ وزن آب پر شده داخل ظرف، γ وزن مخصوص سیال و $\rightarrow$ دبی جریان می باشد.

در این آزمایش با چند وسیله مختلف اندازه گیری شدت جریان در لوله ها آشنا می شویم. این وسایل عبارتند از:

- ونتوری متر
- پخش کننده یا باز شدگی
- روزنه
- زانویی یا خم
- جریان سنج مدور یا دوار سنج

جهت محاسبه دبی در چهار روش اول مذکور در فوق از حل همزمان 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:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

رابطه پیوستگی بین دو مقطع ۱ و ۲ نیز بصورت زیر می باشد:

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2$$

با ترکیب دو رابطه فوق خواهیم داشت:

$$Q = \left[\frac{2gA_2^2}{1 - (A_2/A_1)^2} \left(Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} - Z_2 - \frac{P_2}{\gamma} \right) \right]^{1/2} = \left[\frac{2gA_2^2(h_1 - h_2)}{1 - (A_2/A_1)^2} \right]^{1/2}$$

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 قرائت است. در ونتوری متر قطر لوله در نقاط ابتدا و انتها معلوم بوده و برای هر دبی اختلاف ارتفاع نظیر فشار هیدروستاتیک $(h_1 - h_2)$ اندازه گیری می شود. لذا با استفاده از رابطه فوق می توان دبی را بدست آورد. روشن است که بعلت صرف نظر کردن از تلفات انرژی دبی بدست آمده را با مقدار واقعی کمی تفاوت خواهد داشت.

به منظور کاربردی بودن رابطه فوق در عمل از ضریب تصحیح استفاده می شود که برای هر یک از دستگاهها با استفاده از رابطه:

$$K = Q_m / Q_c$$

قابل محاسبه است که در آن Q_m دبی محاسبه شده و Q_c دبی اندازه گیری شده واقعی می باشد. مقدار $\odot$ عموماً تابع شکل و مشخصات دستگاه و میزان دبی و مشخصات سیال عبوری است.

دوار سنج 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 پائینترین وضعیت قرار داشته و هیچگونه فاصله بین وزنه و

جدارهای لوله وجود ندارد. هنگامی که جریان سیال بر قرار 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 نیروی وزن، نیروی شناوری و نیروی ناشی از حرکت سیال با یکدیگر در حالت تعادل قرار بگیرند. یعنی:

$$F_D = C_D A \frac{\rho V^2}{2}$$

که در آن C_D نیروی کشش، ρ ضریب کشش، ρ چگالی، A سطح مقطع وزنه در مقابل آب و V سرعت متوسط سیال است. نیروی وزن و نیروی شناوری مقداری است ثابت و تابع جنس و شکل وزنه می باشد. پس از ساخت، دوار سنج ها را مدرج کرده و در کارخانه کالیبره (یا واسنجی) می کنند. بدین معنی که دبی را با وسایل مطمئن دیگری اندازه گیری کرده و برای هر ارتفاع از وزنه عدد مربوط را یادداشت می کنند. نتایج نهایی به صورت نمودار هایی ارائه می گردد. طبیعتاً نمودار مربوط به هر دستگاه باید بصورت مستقل تهیه شود.

پاسخ به سئوالات

۱. با توجه به توضیحات رابطه دبی، چرا پیزومتر ها ارتفاع نظیر فشار را به صورت نسبی می دهد؟

پاسخ:

این موضوع بدین دلیل این است که مبنا انتخاب $\star$ همواره دلخواه است. بنابراین بنا به اینکه ما چه ترازوی را مبنای کار قرار دهیم باید عددی را از عدد قرائت شده کم و یا به آن زیاد کنیم. البته چیزی که در این جا اهمیت دارد اختلاف دو مقدار خوانده شده است و چون لوله ها افقی هستند پس هر ترازوی را که مبنا قرار دهیم فرقی ندارد. چون نهایتا با یکدیگر حذف می شوند و تاثیری نمیگذارند.

۲. مزایا و معایب هر یک از روشهای اندازه گیری دبی که در این آزمایش با آن آشنا شدیم

چیست؟

پاسخ:

ونتوری متر مشکل خاصی ندارد هر چند کمی افت انرژی دارد.

پخش کننده یا باز شدگی باعث افت شدید انرژی می شود که این موضوع از مقادیر بدست آمده برای ضریب تصحیح، ☺، کاملاً قابل مشاهده است.

روزنه باعث می شود که بعد از روزنه کمی جریان آشفته شود و مقداری از جریان به صورت چرخشی در پشت روزنه بوجود آید

زانویی یا خم نیز باعث افت انرژی می شود. البته این مقدار افت انرژی به اندازه پخش کننده نیست

دوار سنج نیز کمی تقریب دارد از جمله اینکه کمی وزنه نوسان می کند و مانع از قرائت صحیح عدد می شود. ولی در مجموع دبی را با آن راحتتر می توان اندازه گرفت.

۳. چرا هرچه دبی بیشتر می شود وزنه دوارسنج بالاتر می رود؟

پاسخ:

بدهی است که هر چه دبی بیشتر شود چون سطح مقطع لوله ثابت است پس سرعت بیشتر شده که این افزایش سرعت همانطور که از فرمول پیدا است باعث افزایش نیروی کشش می شود که این موضوع نیز باعث بالاتر رفتن وزنه می شود.

۴. چرا افت فشار در دوارسنج تقریباً ثابت است؟

پاسخ:

به دلیل اینکه وزنه دوار سنج در هر ارتفاعی که قرار بگیرد شرایط مقطع یکسان باقی می ماند. لذا افت نیز ثابت باقی می ماند.