

فهرست دستورالعمل دستگاه

- 1 هدف
- 1 مقدمه
- 1 شرح دستگاه
- 2 ابعاد و اندازه های مورد نیاز

تأیید شده است

هدف

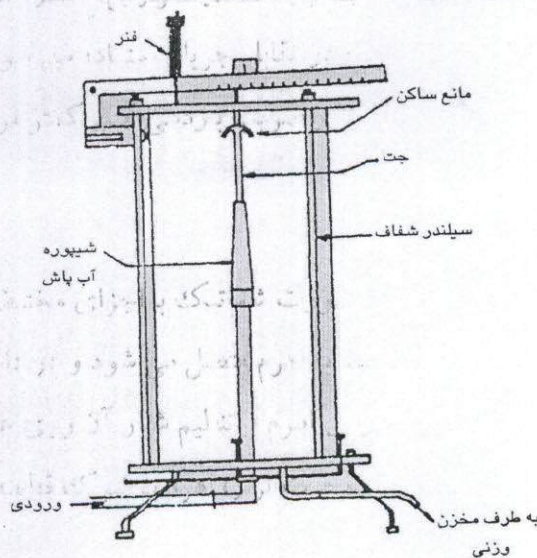
بررسی نیروی وارد توسط جت آب به موانع ساکن (سطح صاف یا نیمکره) و مقایسه آن با قوانین ممتوم.

مقدمه

از مسائل مطرح در دینامیک سیالات، بررسی نیروی ناشی از برخورد سیال متحرک به موانع می باشد. جت آب معمولاً برای ایجاد کار مکانیکی مورد استفاده قرار می گیرد. از جمله موارد کاربرد این پدیده، استفاده از انرژی سیال تحت فشار برای تولید انرژی مکانیکی و الکتریکی است که به عنوان مثال می توان به کاربرد آن در توربین های آبی (سدها) و توربین های بخار (نیروگاه های حرارتی) اشاره نمود. در برخی از نقاط نیز برای پخش و مستهلک نمودن انرژی از مانع سطح در مقابل جریان استفاده می شود. قابل توجه است که این نوع موانع برای دبی های زیاد به دلیل فرسایش بالا و ضریب بازدهی کم، کمتر مورد استفاده قرار می گیرد.

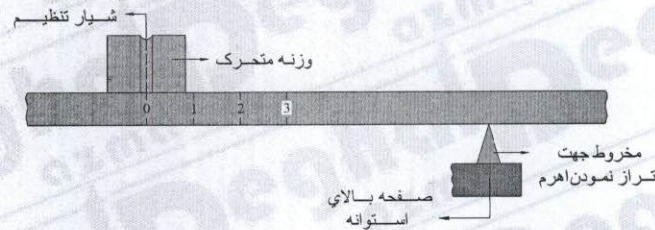
شرح دستگاه

در شکل (1) نمونه ای از وسیله آزمایش به صورت شماتیک با اجزای مختلف آن نشان داده شده است. مانع مسطح یا نیمکره در امتداد عمود بر مسیر جت به اهرم متصل می شود و در داخل ظرفی استوانه ای و شفاف قرار می گیرد. پس از قرار دادن وزنه متحرک روی اهرم و تنظیم شیار آن روی عدد صفر، به وسیله مهره تنظیم بالای فنر و یک تراز، اهرم تراز می شود. در حالت تراز، اهرم با نوک قطعه مخروطی شکل نصب شده در قسمت بالای استوانه شیشه ای مماس است.



شکل 1: طرح شماتیک دستگاه جت آب

جت آب پس از برخورد با مانع، تعادل آن را برهم می زند. با جابجا کردن وزنه متحرک بر روی اهرم، می توان مجددا مانع را در حالت اولیه متعادل نمود. برای دبی های کم از وزنه کوچکتر و برای دبی های زیاد از وزنه بزرگتر استفاده نمایید. دبی آب خروجی از دهانه شیپوره توسط روتامتر اندازه گیری می شود.



شکل 2: نحوه تراز نمودن اهرم

ابعاد و اندازه های مورد نیاز

تعدادی از مشخصات مورد لزوم دستگاه جهت انجام محاسبات عبارتند از:

1. جرم وزنه های متحرک : 200 gr , 100 gr
2. قطر دهانه شیپوره آب پاش : 5 mm
3. فاصله مرکز مانع تا دهانه شیپوره : 6 cm
4. فاصله مرکز مانع تا نقطه اتكاء اهرم (لولا) : 13.6 cm
5. قطر داخلی مانع نیمکره : 50 mm

فهرست دستور آزمایش ها

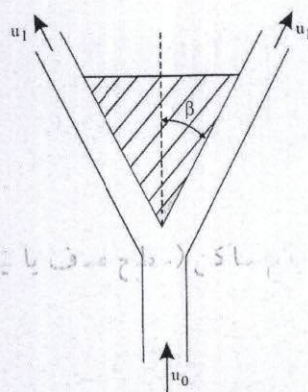
- 1 هدف
- 1 تئوری
- 3 روش انجام آزمایش
- 4 محاسبات آزمایش
- 5 خواسته ها

هدف

بررسی نیروی وارد توسط جت آب به موانع ساکن (سطح صاف یا نیمکره) و مقایسه آن با قوانین ممتوم.

تئوری

مطابق شکل (1)، پره متعارفی را در نظر می گیریم که در آن جت آب با دبی جرمی Q_w برحسب (kg/s) و با سرعت u_0 برحسب (m/s) به آن برخورد کرده و به اندازه β تغییر جهت می دهد.



دبی جرمی از حاصلضرب دبی حجمی در جرم مخصوص سیال به دست می آید:

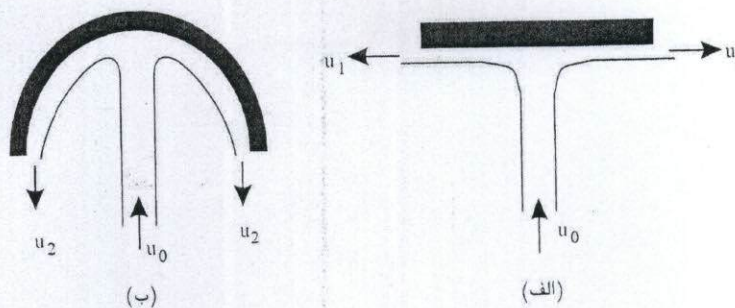
$$Q_w = \rho Q$$

با توجه به قوانین مکانیک سیالات می توان گفت، اندازه حرکت ورودی در جهت x برابر است با $\rho Q u_0$ برحسب (kgm/s^2) همچنین مقدار اندازم حرکت خروجی پس از پره در جهت x برابر است با $\rho Q u_1 \cos \beta$. با توجه به قوانین بقای اندازه حرکت داریم:

تغییر اندازه حرکت در امتداد x = نیروی وارده در جهت x

$$F = \rho Q(u_0 - u_1 \cos \beta) \quad (N)$$

لذا با داشتن مقادیر و جهت های سرعت ورودی و خروجی می توان نیروی وارد بر جسم از طرف سیال را محاسبه کرد.



شکل (2)

الف) برخورد جت آب به پره مسطح

در صورتی که سطح مانع در برابر جریان آب، مسطح و عمود بر محور x مطابق شکل 2 باشد، داریم:

$$\beta = 90^\circ \Rightarrow \cos \beta = 0$$

و رابطه به این صورت خواهد بود:

$$F_c = \rho Q u_0$$

در برخی از نقاط برای پخش و مستهلک نمودن انرژی از مانع سطح در مقابل جریان استفاده می شود که نیروی وارد به مانع از رابطه بالا قابل محاسبه است. قابل توجه است که این نوع موانع برای دبی های زیاد به دلیل فرسایش بالا و ضریب بازدهی کم، کمتر مورد استفاده قرار می گیرد.

ب) برخورد جت آب به پره کروی

در صورتیکه سطح مانع در برابر جریان آب مطابق شکل (2) به صورت یک کره توخالی (فنجانی شکل) باشد زاویه خروج آب برابر $\beta = 180^\circ$ بوده و خواهیم داشت:

$$\beta = 180 \Rightarrow \cos \beta = -1$$

بنابراین رابطه به این صورت خواهد بود:

$$F_c = \rho Q(u_0 + u_1)$$

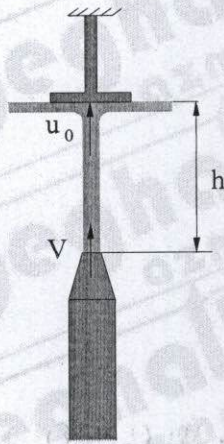
اگر از اختلاف فشار پیزومتریک و اختلاف ارتفاع صرف نظر کنیم، خواهیم داشت:

$$u_0 = u_1$$

$$F_c = 2\rho Q u_0$$

ج) محاسبه سرعت جریان در نقطه برخورد به صفحه

هرگاه V سرعت در خروجی شیپوره و u_0 سرعت در نقطه برخورد به صفحه باشد (شکل 3)؛ با نوشتن معادله برنولی بین نقاط 1 و 2 واقع بر خروجی شیپوره و نقطه برخورد جت به مانع، خواهیم داشت:



شکل (3)

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{u_0^2}{2g} + z_2$$

$$0 + \frac{V^2}{2g} + 0 = 0 + \frac{u_0^2}{2g} + h$$

$$\Rightarrow u_0^2 = V^2 - 2gh$$

$$\Rightarrow u_0 = \sqrt{V^2 - 2gh}$$

با توجه به اینکه $Q = AV$ می باشد، با خواندن Q از روی روتامتر تعبیه شده بر روی دستگاه و با توجه به معلوم بودن سطح مقطع خروجی شیپوره، می توان V را بدست آورد و از رابطه فوق u_0 را محاسبه نمود.

روش انجام آزمایش

مانع مسطح را در محل مخصوص روی اهرم ببندید. بعد از تراز کردن دستگاه، شیر خروجی پمپ را به طور کامل باز کنید. جت آب با حداکثر دبی خود با مانع برخورد می کند و اهرم را از وضعیت تعادل اولیه خود خارج می کند.

با جابجا کردن وزنه متحرک، مجدداً اهرم را در وضعیت اولیه قرار دهید. مقدار دبی و فاصله وزنه متحرک تا لولای اهرم را اندازه گرفته و در جدول (1)، یادداشت نمایید. این مرحله از آزمایش را برای دبی های مختلف انجام دهید.

بعد از انجام آزمایش بر روی مانع اول، شیر خروجی پمپ را بسته، مانع را از روی اهرم باز نمایید. مانع دوم (نیکره) را به آن متصل نموده و آزمایش را با آن تکرار و نتایج را در جدول (1)، یادداشت نمایید.

جدول (1)

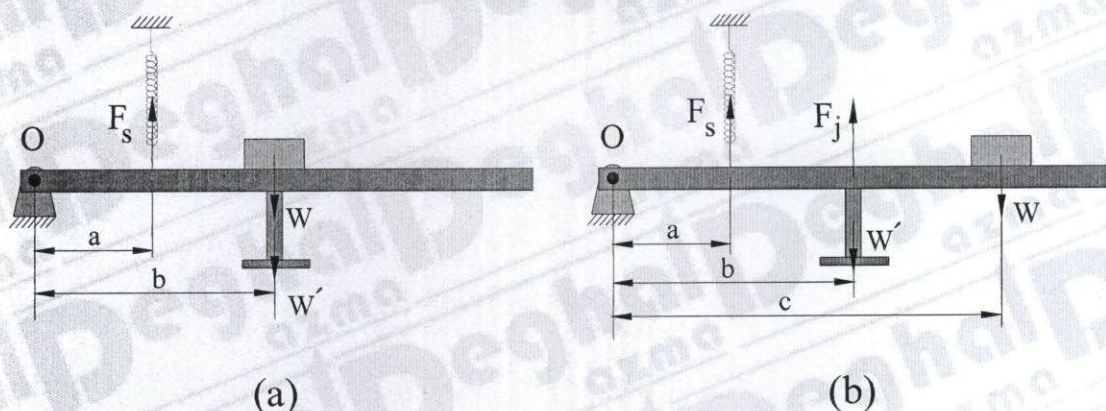
نوع مانع	$Q(\text{lit/s})$	فاصله وزنه از محل نصب مانع $X(\text{mm})$	$F(N)$ تجربی	$F(N)$ تئوری
مسطح				
نیم کره				

محاسبات آزمایش

شکل (a-4) اهرم دستگاه را در حالت تراز قبل از روشن شدن پمپ و برقراری جریان نشان می دهد. با نوشتن رابطه تعادل گشتاور نیروها حول نقطه O (لولا)، خواهیم داشت:

$$\sum M_O = 0 \Rightarrow aF_s - bW - bW' = 0 \Rightarrow aF_s = bW + bW' \quad (*)$$

در رابطه فوق W وزن وزنه تعادل و W' وزنه مانع می باشد. ابعاد a , b و c نیز در شکل نشان داده شده اند.



شکل 4: نمایش نیروهای وارد بر اهرم

در شکل (b-4)، بارهای وارده بر اهرم را در حالت تراز پس از برقراری جریان مشاهده می کنید. نیروی جت آب با F_j نشان داده شده است. در حالت تراز در هر دو حالت میزان باز شدگی فنر یکسان است. در نتیجه نیروی فنر (F_s) معادله تعادل گشتاور نیروها حول نقطه O به صورت زیر است:

$$\sum M_O = 0 \Rightarrow aF_s - bW' + bF_j - cW = 0 \Rightarrow F_j = \frac{(c-b)W}{b}$$

$$(*) \rightarrow aF_s = bW + bW'$$

همان $(c-b)$ فاصله وزنه از محل نصب مانع می باشد که به وسیله خط کش نصب شده روی اهرم به دست می آید.

خواسته ها

1. مقادیر نیروی تجربی و نیروی تئوری روی هر مانع را بدست آورید و پس از مقایسه علل اختلاف را بیان کنید.
2. تغییرات نیروی تجربی و تئوری بر حسب دبی را روی یک نمودار رسم کنید. اگر نمودار تغییرات رسم شده از مبدا نگذرد، چه دلیلی برای آن دارید؟
3. نقش نیروهای اصطکاکی را در هر دو مورد مانع بررسی کنید.

4. در صورتیکه جت آب در جهت قائم بدون انحراف، ولی مانع مسطح نسبت به افق به میزان 1 درجه انحراف داشته باشد، تاثیر آن بر روی نیروی تئوری وارد بر مانع سطح چقدر می باشد؟
5. در صورتیکه جت آب در هنگام برخورد با مانع مسطح نسبت به امتداد قائم به اندازه 1 درجه انحراف داشته باشد، مقدار نیروی تئوری وارد بر صفحه مسطح چه تغییری می کند؟

بدون انحراف، ولی مانع مسطح نسبت به افق

نیروی تئوری، آب بر مانع مسطح چقدر می باشد؟

درجه انحراف، نسبت به امتداد قائم به اندازه 1

مقدار نیروی تئوری وارد بر صفحه مسطح چه تغییری می کند؟