



گروه مهندسی بهداشت محیط

دستورالعمل آزمایش ونتوریمتر

هدف آزمایش:

- بررسی عملکرد ونتوریمتر به عنوان دستگاه اندازه گیری دبی.
- محاسبه دبی جریان، افت فشار و ضریب دبی

مواد و تجهیزات مورد نیاز:

- ونتوریمتر متصل به یک سیستم لوله کشی
- فلومتر استاندارد برای مقایسه
- مانومتر یا فشارسنج های تفاضلی متصل به ونتوریمتر
- میز هیدرولیکی
- ابزار اندازه گیری (خط کش، کرونومتر)
- مخزن جمع آوری آب (اختیاری برای اندازه گیری دبی)

مراحل آزمایش:

الف) آماده سازی تجهیزات:

ونتوریمتر را در مسیر جریان لوله نصب کنید. مطمئن شوید که هیچ نشتی در سیستم وجود ندارد.

ب) تنظیم جریان:

منبع آب را روشن کنید و جریان را در کمترین مقدار تنظیم نمایید. اطمینان حاصل کنید که جریان به صورت پایدار و یکنواخت از ونتوری متر عبور می کند.

پ) جمع آوری داده ها:

فشار: اختلاف فشار بین مقاطع ورودی (گلوگاه) و خروجی ونتوری متر را از روی مانومتر بخوانید و یادداشت کنید.

دبی: با استفاده از فلومتر یا روش حجمی، دبی جریان را اندازه گیری کنید.

قطرها: قطر داخلی لوله ورودی و گلوگاه ونتوری متر را اندازه گیری کنید، یا از روی اطلاعات ونتوریمتر یادداشت کنید.

جریان ورودی را افزایش دهید و مراحل فوق را برای چندین دبی مختلف تکرار کنید.

تحلیل داده ها:

با استفاده از روابط ارائه شده ضریب دبی برای ونتوریمتر را محاسبه نمایید

نتیجه گیری:

بررسی کنید آیا دبی اندازه گیری شده با دبی تئوری همخوانی دارد. عوامل مؤثر بر انحراف ضریب دبی، مانند زبری لوله، افت انرژی و دمای سیال، را تحلیل کنید. تأثیر نسبت قطر ها بر عملکرد ونتوری متر را بررسی کنید.

موارد ایمنی:

- از نشت آب در محل مانومتر یا لوله کشی جلوگیری کنید.
- هنگام تنظیم جریان، از تغییرات ناگهانی جلوگیری کنید.
- پس از اتمام آزمایش، تجهیزات را تمیز کرده و سیستم را خاموش کنید.



گروه مهندسی بهداشت محیط

دستورالعمل آزمایش اوریفیس

هدف آزمایش:

- تعیین ضریب تخلیه، ضریب سرعت و ضریب انقباض برای جریان عبوری از اوریفیس.
- بررسی رابطه بین جریان، افت انرژی، و ابعاد اوریفیس.

مواد و تجهیزات مورد نیاز:

- دستگاه اوریفیس متصل به میز هیدرولیکی
- مانومتر یا فشارسنج برای اندازه گیری افت فشار
- ابزار اندازه گیری دبی (فلومتر یا مخزن حجمی)
- خط کش یا سطح سنج برای اندازه گیری ارتفاع آب
- ابزار اندازه گیری ابعاد اوریفیس (مانند کولیس)

مراحل آزمایش:

الف) آماده سازی تجهیزات:

دستگاه اوریفیس را در مسیر جریان آب متصل کنید. مطمئن شوید که هیچ نشتی در سیستم وجود ندارد. ارتفاع آب در مخزن را برای ایجاد جریان پایدار تنظیم کنید.

ب) اجرای آزمایش:

۱. تنظیم جریان ورودی:

دبی آب ورودی را تنظیم کرده و سطح آب مخزن را در یک مقدار مشخص ثابت نگه دارید.

۲. اندازه گیری داده ها:

ارتفاع آب: سطح آب بالادست را نسبت به مرکز اوریفیس اندازه گیری کنید.

دبی جریان: با استفاده از فلومتر یا روش حجمی، دبی را اندازه گیری کنید.

فشار: اختلاف فشار بین بالادست و پایین‌دست را از روی مانومتر بخوانید.

قطر اوریفیس: قطر داخلی اوریفیس و قطر مخزن را اندازه‌گیری کنید.

۳. تکرار آزمایش:

جریان ورودی را برای چندین ارتفاع مختلف تکرار کرده و داده‌های مربوطه را ثبت کنید.

تحلیل داده‌ها:

از روابط تئوری اوریفیس‌ها استفاده کنید.

نتیجه‌گیری:

مقایسه دبی اندازه‌گیری‌شده و تئوری برای تعیین دقت روابط تئوری.

تحلیل عوامل مؤثر بر ضریب تخلیه، مانند زبری اوریفیس یا شرایط جریان.

بررسی همخوانی داده‌های به‌دست‌آمده با تئوری جریان سیالات.

موارد ایمنی:

اطمینان حاصل کنید که هیچ نشستی در سیستم وجود ندارد.

از تغییر ناگهانی جریان جلوگیری کنید تا از فشار بیش‌ازحد در سیستم جلوگیری شود.

پس از اتمام آزمایش، تجهیزات را شسته و در جای خود قرار دهید.



گروه مهندسی بهداشت محیط

دستورالعمل آزمایش پرش هیدرولیکی

هدف آزمایش:

مطالعه پدیده پرش هیدرولیکی، بررسی تغییرات عمق جریان پیش و پس از پرش، و تعیین انرژی‌های قبل و بعد از پرش هیدرولیکی.

وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

- کانال آزمایشگاهی (با کف صاف و شیب کم)
- مخزن آب و پمپ
- شیر تنظیم دبی
- ابزار اندازه‌گیری عمق آب (پیزومتر یا خط‌کش)
- سرریز یا مانع برای ایجاد پرش
- کرنومتر
- وسایل اندازه‌گیری دبی (مانند فلومتر یا ظروف مدرج)

روش انجام آزمایش:

آماده‌سازی تجهیزات:

کانال آزمایش را بررسی کنید و از تمیز بودن کف و شفافیت دیواره‌ها اطمینان حاصل کنید. مخزن آب را پر کرده و پمپ را روشن کنید تا جریان آب وارد کانال شود.

تنظیم جریان:

با استفاده از شیر تنظیم دبی، جریان ورودی به کانال را کنترل کنید.

دبی را به گونه‌ای تنظیم کنید که جریان به صورت فوق بحرانی وارد کانال شود (سرعت جریان بالا و عمق کم).

ایجاد پرش هیدرولیکی:

مانعی مانند سرریز یا دریچه در مسیر جریان قرار دهید تا پرش هیدرولیکی ایجاد شود. پرش باید به وضوح در طول کانال مشاهده شود.

اندازه‌گیری‌ها:

عمق جریان را قبل و بعد از پرش (h_1 و h_2) با استفاده از ابزار اندازه‌گیری ثبت کنید.
سرعت جریان قبل از پرش را با استفاده از رابطه دبی و سطح مقطع کانال محاسبه کنید.
عدد فرود و انرژی جریان را قبل و بعد از پرش از پرش با استفاده از روابط مربوطه محاسبه کنید.

تکرار آزمایش:

دبی جریان را تغییر دهید و آزمایش را برای شرایط مختلف تکرار کنید.

نتایج:

- تغییرات عمق جریان قبل و بعد از پرش را بررسی کنید.
- مقادیر عدد فرود و افت انرژی را ثبت کنید.

نکات ایمنی و ملاحظات:

از تلاطم بیش از حد در کانال جلوگیری کنید تا اندازه‌گیری‌ها دقیق باشند.

پس از هر آزمایش، کانال را تخلیه کرده و تمیز کنید.

اطمینان حاصل کنید که تجهیزات در شرایط ایمن و مناسب قرار دارند.

نتیجه‌گیری:

ارتباط بین دبی، عدد فرود، و عمق‌های قبل و بعد از پرش را تحلیل کنید.

میزان افت انرژی و اهمیت آن در طراحی سازه‌های هیدرولیکی را بررسی کنید



گروه مهندسی بهداشت محیط

دستورالعمل آزمایش رینولدز

هدف آزمایش:

تعیین نوع جریان (لامینار، انتقالی یا توربولانس) و مشاهده رفتار جریان سیال با استفاده از عدد رینولدز.

وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

- دستگاه آزمایش رینولدز (شامل لوله شفاف و منبع جریان)
- مخزن آب
- رنگ خوراکی یا محلول رنگی
- شیر کنترل جریان
- کرنومتر
- متر یا ابزار اندازه‌گیری ابعاد لوله

روش انجام آزمایش:

مخزن دستگاه را با آب پر کنید. لوله آزمایش را بررسی کنید تا تمیز و شفاف باشد. شیر کنترل جریان را در حالت بسته قرار دهید. جریان آب را به آرامی باز کنید تا یک جریان ثابت و یکنواخت در لوله ایجاد شود. رنگ خوراکی یا محلول رنگی را با استفاده از یک سرنگ یا نازل مخصوص در مرکز جریان وارد کنید. دقت کنید رنگ به آرامی و بدون تلاطم وارد جریان شود. به الگوی حرکت رنگ در لوله توجه کنید:

اگر رنگ به صورت مستقیم و منظم حرکت کند: جریان لامینار است.

اگر رنگ در برخی نقاط پراکنده شود: جریان در ناحیه انتقالی است.

اگر رنگ به شدت نامنظم و آشفته شود: جریان توربولانس است.

اندازه‌گیری و محاسبات:

دبی جریان را با اندازه‌گیری حجم آب جمع‌شده در مدت زمان مشخص محاسبه کنید. سرعت جریان را محاسبه کنید. سپس عدد رینولدز را از روی رابطه مربوطه محاسبه نمایید.

تکرار آزمایش:

جریان را در مقادیر مختلف دبی تنظیم کنید و آزمایش را تکرار کنید تا رفتار جریان در شرایط مختلف بررسی شود.

نتایج:

مقادیر محاسبه شده عدد رینولدز را ثبت کنید.

نوع جریان را بر اساس عدد رینولدز طبقه بندی کنید.

نکات ایمنی و ملاحظات:

از ریختن رنگ یا آب به اطراف خودداری کنید.

پس از انجام آزمایش، تجهیزات را کاملاً تمیز کنید.

در هنگام انجام آزمایش، به رفتار جریان و تغییرات ناگهانی توجه کنید.



گروه مهندسی بهداشت محیط

دستورالعمل آزمایش سرریز لبه پهن

هدف آزمایش:

مطالعه عملکرد سرریز لبه پهن، تعیین دبی جریان عبوری از سرریز، و بررسی تأثیر پارامترهایی مانند ارتفاع جریان و هندسه سرریز بر دبی عبوری.

وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

۱. کانال آزمایشگاهی با سرریز لبه پهن
۲. مخزن آب و پمپ
۳. شیر تنظیم دبی
۴. ابزار اندازه‌گیری عمق آب (خط‌کش، پیزومتر یا گیج سطح)
۵. وسایل اندازه‌گیری دبی (مانند فلومتر یا ظرف مدرج و کرنومتر)
۶. متر یا خط‌کش برای اندازه‌گیری ابعاد سرریز
۷. کرنومتر

روش انجام آزمایش:

۱. آماده سازی تجهیزات:

- کانال آزمایشگاهی و سرریز لبه پهن را تمیز کنید و از قرارگیری درست سرریز در کانال اطمینان حاصل کنید.

- مخزن آب را پر کنید و پمپ را روشن کنید.

۲. تنظیم جریان:

- دبی آب را با استفاده از شیر تنظیم کنترل کنید تا جریان یکنواخت و آرام از روی سرریز عبور کند.

- ارتفاع جریان بالادست (h) را در فاصله مشخصی از سرریز اندازه گیری کنید (معمولاً فاصله ای برابر ۳ تا ۴ برابر ارتفاع سرریز).

۳. اندازه گیری ها:

- ارتفاع جریان بالادست (h) را با استفاده از ابزار اندازه گیری ثبت کنید.

- دبی جریان عبوری (Q) را با استفاده از فلومتر یا جمع آوری آب در مدت زمان مشخص و محاسبه حجم اندازه گیری کنید.

- ابعاد سرریز (عرض b) و ارتفاع p) را با متر یا خط کش اندازه گیری کنید.

۴. محاسبات دبی تئوری:

دبی تئوری سرریز لبه پهن را با استفاده از رابطه زیر محاسبه کنید:

]

$$Q = C_d \cdot b \cdot h^{3/2} \cdot \sqrt{2g}$$

[

که در آن:

– Q : دبی عبوری

– C_d : ضریب دبی (بسته به شرایط جریان و هندسه سرریز)

– b : عرض سرریز

– h : ارتفاع جریان بالادست

– g : شتاب گرانش

۵. تکرار آزمایش:

– دبی را تغییر دهید و مقادیر جدید ارتفاع جریان، دبی عبوری و سایر پارامترها را

اندازه‌گیری کنید.

– داده‌های به‌دست‌آمده را ثبت کنید.

نتایج:

- داده‌های اندازه‌گیری شده (ارتفاع جریان، دبی عبوری و ...) را در جدول ثبت کنید.
- نمودار (Q) در مقابل $(h^{3/2})$ را رسم کنید و صحت رابطه تئوری را بررسی کنید.
- ضریب دبی (C_d) را از مقایسه داده‌های تجربی و تئوری به دست آورید.

نکات ایمنی و ملاحظات:

۱. اطمینان حاصل کنید که جریان در کانال به صورت یکنواخت و آرام باشد.
۲. از تجهیزات اندازه‌گیری به دقت استفاده کنید و خطای احتمالی را به حداقل برسانید.
۳. پس از اتمام آزمایش، کانال و سرریز را تمیز کنید.

نتیجه‌گیری:

- رابطه بین دبی و ارتفاع جریان بالادست را تحلیل کنید.
- تأثیر پارامترهایی مانند عرض سرریز و ارتفاع جریان بر عملکرد سرریز را بررسی کنید.
- صحت و دقت مدل تئوری را با داده‌های تجربی مقایسه کنید.



گروه مهندسی بهداشت محیط

دستورالعمل آزمایش سرریز های مثلثی و مستطیلی

هدف آزمایش:

بررسی رفتار جریان آب از سرریزهای مثلثی و مستطیلی و تعیین ضریب دبی (Cd) برای هر نوع سرریز.

مواد و تجهیزات مورد نیاز:

- میز هیدرولیکی
- سرریز مثلثی (V-notch)
- سرریز مستطیلی
- فلومتر برای اندازه گیری دبی
- ابزار اندازه گیری سطح آب (مانند خط کش یا سطح سنج)
- کرومومتر

مراحل انجام آزمایش:

الف) آماده سازی تجهیزات:

سرریزها را به ترتیب در مکان مشخص در میز هیدرولیکی نصب کنید. مطمئن شوید که آب بدون نشتی به کانال وارد و از سرریزها عبور می کند. سطح کانال را تراز کنید تا جریان یکنواخت ایجاد شود.

ب) اجرای آزمایش برای هر سرریز:

۱. تنظیم جریان ورودی:

دبی آب ورودی را با تنظیم شیر کنترل کنید و دبی اولیه (کمترین جریان) را تنظیم نمایید.

۲. اندازه گیری سطح آب و دبی:

سطح آب: ارتفاع آب بالادست سرریز (h) را از کف یا لب سرریز اندازه گیری کنید.

دبی: از فلومتر یا روش حجمی (اندازه گیری زمان پر شدن یک حجم مشخص) برای تعیین دبی استفاده کنید.

۳. تکرار مراحل:

جریان ورودی را به تدریج افزایش دهید و مراحل بالا را برای چندین مقدار دبی و ارتفاع تکرار کنید.

برای هر دبی، اندازه‌گیری‌ها را حداقل سه بار انجام دهید و میانگین بگیرید.

پ) یادداشت‌برداری و مستندسازی:

تمامی داده‌های مربوط به ارتفاع آب، دبی، و مشخصات سرریز را یادداشت کنید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها:

از روابط تئوری سرریزها استفاده کنید.

نتیجه‌گیری:

نمودار دبی بر حسب ارتفاع را برای هر دو نوع سرریز رسم کنید. تأثیر شکل سرریز بر جریان آب را بررسی کنید. عوامل مؤثر بر ضریب دبی (مانند زبری و عمق جریان) را تحلیل کنید.

موارد ایمنی:

اطمینان حاصل کنید که هیچ نشستی در سیستم وجود ندارد.

هنگام کار با تجهیزات هیدرولیکی از ابزارهای حفاظتی استفاده کنید.

پس از اتمام آزمایش، تجهیزات را تمیز کرده و در جای خود قرار دهید.



گروه مهندسی بهداشت محیط

دستورالعمل آزمایش ضربه قوچ

هدف آزمایش:

بررسی پدیده ضربه قوچ (Water Hammer)، تحلیل تغییرات فشار ناشی از بسته شدن ناگهانی شیر و محاسبه پارامترهای مرتبط با آن.

وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

- دستگاه آزمایش ضربه قوچ (شامل لوله انتقال آب، مخزن آب، شیر سریع، و گیج فشار)
- مخزن آب و پمپ
- شیر کنترل جریان
- گیج‌های فشار یا سنسور فشار قابل اتصال
- کرنومتر برای ثبت زمان
- خط کش یا ابزار اندازه‌گیری طول لوله

روش انجام آزمایش:

آماده‌سازی تجهیزات:

دستگاه آزمایش را روی سطح صاف و تراز قرار دهید.

مخزن میز هیدرولیکی را پر کرده و پمپ را روشن کنید تا آب وارد لوله شود.

از عملکرد درست گیج‌های فشار اطمینان حاصل کنید.

تنظیم جریان:

با استفاده از شیر کنترل جریان، دبی ثابتی در لوله برقرار کنید.

اطمینان حاصل کنید که جریان به حالت پایدار رسیده است.

ایجاد ضربه قوچ:

شیر سریع (در انتهای لوله) را به سرعت ببندید تا پدیده ضربه قوچ ایجاد شود.

در لحظه بسته شدن شیر، فشار لحظه‌ای در لوله را با استفاده از گیج فشار یا سنسور فشار ثبت کنید.

اندازه‌گیری فشار:

مقادیر فشار ماکزیمم و مینیمم را از گیج فشار یا نمودارهای ثبت‌شده استخراج کنید.

تعداد نوسانات فشار و مدت‌زمان لازم برای بازگشت جریان به حالت پایدار را ثبت کنید.

محاسبات تئوری:

فشار ناشی از ضربه قوچ را با استفاده از رابطه مربوطه محاسبه کنید.

تکرار آزمایش:

دبی جریان، طول لوله یا جنس لوله را تغییر دهید و آزمایش را تکرار کنید.

مقادیر فشار و زمان نوسانات را در شرایط مختلف ثبت کنید.

نتایج:

فشارهای ثبت‌شده تجربی را با مقادیر تئوری مقایسه کنید.

تأثیر عواملی مانند سرعت جریان، طول لوله، و جنس لوله بر شدت ضربه قوچ را تحلیل کنید.

نمودار تغییرات فشار بر حسب زمان را ترسیم کنید.

نکات ایمنی و ملاحظات:

از بسته شدن ناگهانی شیر در دبی‌های بالا جلوگیری کنید تا آسیب به لوله‌ها و تجهیزات به حداقل برسد.

اطمینان حاصل کنید که لوله‌ها و اتصالات دستگاه در شرایط مناسبی هستند و نشتی ندارند.

پس از انجام آزمایش، تجهیزات را تخلیه و تمیز کنید.



گروه مهندسی بهداشت محیط

دستورالعمل آزمایش مرکز فشار

هدف آزمایش:

تعیین مرکز فشار یک سطح غوطه‌ور در سیال و مقایسه آن با مقادیر تئوری.

وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

- دستگاه آزمایش مرکز فشار (شامل مخزن آب، صفحه مسطح و بازوی چرخشی)
- مخزن آب و پمپ
- ابزار اندازه‌گیری عمق آب (خط‌کش یا گیج سطح)
- وزنه‌های کالیبره شده
- تراز برای تنظیم دستگاه

روش انجام آزمایش:

آماده‌سازی تجهیزات:

دستگاه آزمایش را روی سطح صاف و تراز قرار دهید. مخزن آب دستگاه را تا سطح موردنظر پر کنید و از نصب صحیح صفحه مسطح اطمینان حاصل کنید. صفحه مسطح را در حالت عمودی یا زاویه‌دار نسبت به سطح آب تنظیم کنید (بسته به هدف آزمایش). اطمینان حاصل کنید که صفحه به صورت کامل در آب غوطه‌ور است.

اندازه‌گیری‌های اولیه:

ارتفاع آب را از سطح آزاد آب تا بالای صفحه مسطح با خط‌کش یا گیج سطح اندازه‌گیری کنید.

ابعاد صفحه (عرض و ارتفاع) را با دقت اندازه‌گیری کنید.

وزنه‌های کالیبره شده را به بازوی چرخشی دستگاه متصل کنید تا سیستم به تعادل برسد. محل وزنه‌ها و بازوی چرخشی را برای رسیدن به تعادل دقیق تنظیم کنید.

محاسبات تئوری مرکز فشار:

مرکز فشار را با استفاده از فرمول مربوطه محاسبه کنید.

اندازه‌گیری مرکز فشار تجربی:

فاصله مرکز فشار را با توجه به موقعیت وزنه‌ها و بازوی چرخشی دستگاه به صورت تجربی تعیین کنید.

تکرار آزمایش:

ارتفاع آب یا زاویه صفحه را تغییر دهید و آزمایش را برای شرایط مختلف تکرار کنید. داده‌های به‌دست‌آمده را ثبت کنید.

نتایج:

- مقادیر تجربی و تئوری مرکز فشار را در جدول ثبت کنید.
- اختلاف بین مقادیر تئوری و تجربی را محاسبه و تحلیل کنید.
- تأثیر تغییرات ارتفاع آب و زاویه صفحه بر مرکز فشار را بررسی کنید.

نکات ایمنی و ملاحظات:

- از ریختن آب به اطراف دستگاه جلوگیری کنید.
- اطمینان حاصل کنید که دستگاه به درستی تراز شده است.
- وزنه‌ها را با دقت جابه‌جا کنید تا از آسیب به دستگاه یا افراد جلوگیری شود.