

# آزمایشگاه هیدرولیک

## فعالیت‌ها:

- ۱- طبقه‌بندی و تشخیص انواع جریان
- ۲- کاربرد اصل انرژی در کانال‌های باز
- ۳- کاربرد اصل اندازه حرکت در کانال‌های باز
- ۴- جریان یکنواخت در کانال‌های باز
- ۵- نیمرخ‌های مختلف در جریان متغیر تدریجی

تهیه‌کننده: سیدمحمد هادی مشکاتی

## نکات مهم در خصوص انجام آزمایشات و ارائه گزارش

برای ارزیابی مطلوب‌تر لازم است دانشجویان گرامی به نکات ذیل توجه نمایند:

- ۱- گزارش آزمایشات شامل نتایج ۵ فعالیتی که توضیح آنها در ادامه ارائه خواهد شد، لازم است بصورت گروهی ارائه شود و نیازی به ارائه گزارش جداگانه برای افراد یک گروه نیست. نتایج هر فعالیت نیز شامل اندازه‌گیری‌ها، محاسبات و نتایج، تحلیل‌ها و پاسخ به سوالات می‌باشد.
- ۲- هر یک از اعضای هر گروه موظف است قبل از حضور در آزمایشگاه مطالب تئوری و عملی مربوطه را کاملاً مطالعه نماید و در صورت نیاز با توجه مراجع اشاره‌شده در انتهای هر فعالیت، دانش خود را در این خصوص تکمیل نماید.
- ۳- لیست افراد هر گروه به همراه نتایج خام هر آزمایش (اندازه‌گیری‌ها) روی یک برگ (یا بیشتر) یادداشت شود و به امضای مسوول آزمایشگاه رسیده و در نهایت ضمیمه گزارش و تحویل گردد.
- ۴- غیبت دانشجو در آزمایشگاه به منزله نمره صفر برای این بخش از درس خواهد بود.
- ۵- نحوه ارزیابی گزارش بصورت زیر می‌باشد:
  - مرتب‌نویسی (۱۰ درصد): گزارش باید در کاغذهای یکسان نوشته شود و روی جلد آن مشخصات لازم (اسامی افراد گروه و غیره) نوشته شود. تا حد امکان خط‌خوردگی نداشته و نمودارها و سایر متن گزارش بصورت مرتب ارائه گردد. همچنین گزارش دارای صفحه‌بندی و فهرست باشد.
  - شرح و هدف آزمایش (۱۰ درصد): هدف از هر فعالیت و مطالب تئوری آن میبایست در حداکثر دو صفحه بطور خلاصه ذکر گردد. همچنین شرح مختصری از روش هر آزمایش بیان گردد.
  - نتایج و تحلیل (۵۰ درصد): نتایج شامل جداول، نمودارها و سایر موارد باید بصورت کامل و مرتب ارائه گردد. همچنین برای هر جدول یک سطر نمونه محاسبات آورده شود. همچنین عکس‌های درخواستی از کیفیت مناسبی برخوردار باشد و مفاهیم مربوطه را بخوبی بتواند انتقال دهد.
  - پاسخ به سوالات (۲۵ درصد): سوالات مربوطه با توجه به منابع درس هیدرولیک کانال‌های باز با جزئیات لازم پاسخ داده شود.
  - حضور (۵ درصد)
- ۶- با توجه به اینکه در بسیاری از آزمایشات، انتخاب شرایط آزمایش (همچون دبی جریان، شیب و غیره) به انتخاب دانشجو واگذار شده است و احتمال یکی‌شدن اعداد مربوطه در گروه‌های مختلف بسیار بعید است، لذا با تخلفاتی همچون کپی‌برداری گروه‌ها از یکدیگر بصورت کسر نمره از طرفین برخورد خواهد شد.

## ۱- طبقه‌بندی و تشخیص انواع جریان

- شرح روش آزمایش:

- محاسبه اعداد فرود و رینولدز جریان: پس از روشن کردن پمپ، شیر دستگاه را طوری تنظیم نمایید که دبی موردنظر حاصل گردد. بعد از ثابت شدن شرایط جریان، عمق را در میانه کانال اندازه‌گیری نموده و به‌مراه دبی یادداشت نمایید.
- سرعت موج سطحی: یک دریچه را در میانه کانال قرار دهید. با توجه به اینکه جریان در بالادست و پایین‌دست دریچه به ترتیب زیربحرانی و فوق‌بحرانی می‌باشد، شرایط موج سطحی را در هر دو سمت بررسی نمایید. همچنین عمق جریان در بالادست و پایین‌دست را جهت محاسبه سرعت موج سطحی اندازه‌گیری نمایید. همچنین از شکل‌گیری و عدم شکل‌گیری موج در دو طرف دریچه تصاویر مناسبی تهیه نمایید.
- توجه نمایید برای محاسبات سرعت جریان لازم است سطح مقطع جریان محاسبه گردد، بنابراین عرض مسیر جریان (داخل به داخل کانال) را اندازه‌گیری نمایید. عرض کانال در سایر فعالیت‌های آتی نیز کاربرد وسیعی دارد.

- نتایج و محاسبات:

- ۱-۱- برای ۳ دبی مختلف (در حدود ۵۰، ۳۵، ۲۰) با توجه به عمق اندازه‌گیری شده موارد زیر را بررسی و محاسبه نمایید.
- ۱-۱-۱. با توجه به عمق‌های اندازه‌گیری شده جدول زیر را کامل نموده و عدد فرود و رینولدز جریان را محاسبه کنید.

جدول ۱- محاسبات شرایط جریان در شیب ثابت و دبی متغیر

| Q              | y | A | V | P | R | D | Fr | Re |
|----------------|---|---|---|---|---|---|----|----|
| Q <sub>1</sub> |   |   |   |   |   |   |    |    |
| Q <sub>2</sub> |   |   |   |   |   |   |    |    |
| Q <sub>3</sub> |   |   |   |   |   |   |    |    |

- ۱-۱-۲. مقدار دبی لازم جهت شکل‌گیری جریان لایه‌ای در هریک از اعماق اندازه‌گیری شده
- ۱-۱-۳. مقدار عمق لازم جهت شکل‌گیری جریان لایه‌ای در هریک از دبی‌های جریان
- ۱-۱-۴. تعیین رژیم جریان و تحلیل دو بند قبل در این خصوص
- ۱-۲- برای یک دبی خاص با قراردادن دریچه در میانه کانال و اندازه‌گیری عمق جریان موارد زیر را بررسی، محاسبه، تحلیل و ارائه نمایید.
- ۱-۲-۱. سرعت موج سطحی در بالادست و پایین‌دست دریچه

- ۱-۲-۲. محاسبه سرعت جریان و مقایسه آن با سرعت موج سطحی (بند قبل) و بررسی عدد فرود به کمک آن در دو طرف دریچه
- ۱-۲-۳. ارائه تصاویری از نحوه حرکت و پیشروی موج سطحی به سمت بالادست در هردو طرف دریچه

• سوالات:

- ۱-۱- برای یک دبی خاص، در صورتیکه در دو تست مختلف از آب گرم و آب سرد استفاده شود کدامیک زودتر به نقطه بحرانی (تبدیل جریان لایه‌ای به آشفته) می‌رسد؟ چرا؟
- ۱-۲- در صورتیکه در بازدید از یک رودخانه بخواهید نوع جریان (زیربحرانی یا فوق‌بحرانی) را بدون ابزارهای اندازه‌گیری تعیین کنید چگونه عمل می‌نمایید؟ توضیح دهید.
- ۱-۳- برای هر یک از ۴ حالت رژیم جریان (زیربحرانی-آرام، زیربحرانی-آشفته، فوق‌بحرانی-آرام، فوق‌بحرانی-آشفته)، مثال (یا در صورت امکان مثال‌هایی) از جریان‌های طبیعی و واقعی ذکر نمایید.
- مرجع جهت مباحث تکمیلی: مطالب فصل اول و علی‌الخصوص مثال‌های ۱-۱، ۱-۲ و ۱-۹ از کتاب هیدرولیک کانال‌های باز (دکتر حسینی و دکتر ابریشمی)

## ۲- کاربرد اصل انرژی در کانال‌های باز

### • شرح روش آزمایش:

- شیب کانال را بصورت افقی تنظیم نموده و یک دریچه را در میانه آن قرار دهید. دبی جریان را در حالت حداکثر تنظیم نموده و مقدار آنرا یادداشت و گزارش نمایید. ابتدا عمق جریان در بالادست و پایین‌دست دریچه (در نقاط مناسب) اندازه‌گیری نمایید.
- مانعی در بالادست دریچه در کانال قرار داده و پس از پایدار شدن شرایط جریان، عمق جریان را بر روی آن و همچنین در بالادست و پایین‌دست آن اندازه‌گیری نمایید. این روند را برای پایین‌دست دریچه نیز تکرار نمایید. لازم به توجه است که با توجه به کم‌بودن عمق جریان در پایین‌دست دریچه و نبود مانع مناسب می‌توانید از سرریزها (ورقه‌های موجود) استفاده نموده بطوریکه آنها را در کف کانال قرار دهید. همچنین از تاثیر مانع (پله) بر افزایش یا کاهش تراز آب در جریان بالادست و پایین‌دست دریچه، تصاویر مناسبی تهیه نمایید.

### • نتایج و محاسبات:

#### ۱-۲- بررسی شرایط جریان و محاسبه عمق بحرانی:

۱-۲-۱. مقدار عمق بحرانی را با توجه به مستطیلی بودن کانال برای دبی انتخاب‌شده، محاسبه نمایید. همچنین مقدار عمق بحرانی را با توجه به نمودار ۱-۲ (در صفحه ۱۰۰ کتاب) نیز بدست آورده و با این مقدار تطبیق دهید.

۱-۲-۲. شرایط جریان (زیربحرانی یا فوق‌بحرانی) را در بالادست و پایین‌دست دریچه با توجه به عمق جریان اندازه‌گیری‌شده ( $Y_1$  و  $Y_2$ ) در آنها و عمق بحرانی ( $Y_c$ ) محاسبه‌شده در بند قبل تحلیل نمایید.

۱-۲-۳. مقدار انرژی مخصوص در بالادست و پایین‌دست دریچه و همچنین مقدار انرژی مخصوص مینیمم را محاسبه نموده و به کمک آن نمودار انرژی مخصوص را رسم نمایید.

#### ۲-۲- بررسی تأثیر پله بر روی جریان زیربحرانی (بالادست دریچه):

۲-۲-۱. با توجه به شکل‌گیری عمق بحرانی روی پله، عمق اندازه‌گیری‌شده را با مقدار محاسبه‌شده در بند قبل مقایسه نمایید.

۲-۲-۲. انرژی مخصوص را در بالادست پله و روی آن محاسبه نموده و تفاوت آنها را با مقدار  $\Delta Z$  مقایسه و تحلیل نمایید.

۲-۲-۳. انرژی مخصوص را در بالادست و پایین‌دست پله محاسبه نموده و یکسان بودن آنها را بررسی نمایید. تفاوت‌های بوجود آمده را تحلیل نمایید.

۲-۲-۴. اعماق متناوب مربوط به این پله را بر نمودار انرژی مخصوص نشان داده و به کمک آن عملکرد پله را بر روی جریان زیربحرانی تحلیل نمایید. همچنین تصویر تهیه شده از پروفیل سطح آب را در این خصوص ارائه نمایید.

۲-۳-۳. بررسی تأثیر پله بر روی جریان فوق بحرانی (پایین دست دریچه):  
۲-۳-۱. انرژی مخصوص را در بالادست و روی مانع (پله) محاسبه نموده و تفاوت آنها را با مقدار  $\Delta Z$  تا حد امکان مقایسه و تحلیل نمایید.

۲-۳-۲. اعماق متناوب مربوط به این پله را بر نمودار انرژی مخصوص نشان داده و به کمک آن عملکرد پله را بر روی جریان زیربحرانی تحلیل نمایید. همچنین تصویر تهیه شده از پروفیل سطح آب را در این خصوص ارائه نمایید.

• سوالات:

۲-۱-۱. در صورتیکه بخواهیم دریچه را به مقداری باز نماییم که عمقی معادل دو برابر عمق اندازه گیری شده در پایین دست جریان ( $2y_2$ ) شکل بگیرد، آیا از نظر معادلات حاکم امکان رخداد چنین جریانی وجود دارد؟ عمق متناوب مربوط به این حالت (عمق بالادست دریچه) را محاسبه نمایید.

۲-۲-۲. چرا با قرار دادن مانع (پله) در مقابل جریان در بالادست دریچه (جریان زیربحرانی)، عمق شکل گرفته روی پله به میزان عمق بحرانی می باشد و پروفیلی مشابه با شکل ۲-۱۰ (در صفحه ۸۰ کتاب) رخ می دهد؟ در صورتیکه میخواستیم برای شرایط حاکم بر جریان (دبی و اعماق بالادست و پایین دست دریچه) چنین عمقی شکل نگیرد و پروفیلی مشابه با شکل ۲-۹ (در صفحه ۷۸ کتاب) رخ دهد حداکثر ارتفاع پله چه مقدار میتواند باشد؟

۲-۳-۳. می دانیم با قرارگیری دریچه در مسیر جریان (زیربحرانی یا فوق بحرانی) با هر شیب دلخواه (تند، ملایم و غیره) لزوماً در بالادست و پایین دست دریچه به ترتیب جریان زیربحرانی و فوق بحرانی شکل می گیرد. صحت این مطلب را با نمودار انرژی مخصوص ثابت نمایید.

۲-۴-۲. فرض کنید بجای کانال مستطیلی بکار رفته در آزمایشگاه از یک کانال دوزنقه ای با همان عرض کف (۷ سانتی متر) و  $z=1$  استفاده شود و سایر شرایط (دبی جریان، ارتفاع مانع و غیره)، مشابه آزمایشگاه باشد. در صورتیکه عمق قبل از مانع (پله) دقیقاً همان عمق اندازه گیری شده قبل (کانال مستطیلی) باشد، ابتدا عمق بحرانی را با توجه به نمودار ۲-۱ بدست آورده و سپس عمق جریان روی مانع را با توجه به معادلات انرژی مخصوص محاسبه نمایید.

• مرجع جهت مباحث تکمیلی: مطالب فصل دوم و علی الخصوص مثال های ۲-۲، ۲-۳، ۲-۸، ۲-۱۴ و ۲-۱۷ از کتاب هیدرولیک کانال های باز (دکتر حسینی و دکتر ابریشمی)

### ۳- کاربرد اصل اندازه حرکت در کانال‌های باز

- شرح روش آزمایش:

- ابتدا شیب کانال را بصورت افقی تنظیم نمایید. دبی جریان را در حالت حداکثر تنظیم نموده و مقدار آنرا یادداشت و گزارش نمایید. یک دریچه در انتهای کانال (جهت تنظیم عمق ثانویه پرش) و یک دریچه در میانه کانال (جهت تنظیم عمق اولیه پرش) قرار دهید. بازشدگی دریچه‌ها را طوری تنظیم کنید تا پرش هیدرولیکی در بین دو دریچه شکل گیرد (از حالت تثبیت‌شده پرش تصویری تهیه نمایید). عمق جریان را قبل و بعد از پرش به‌مراه طول پرش اندازه‌گیری نمایید. همچنین شرایط دریچه اول (بالادست پرش) شامل عمق جریان در بالادست دریچه، میزان بازشدگی و عمق جریان در مقطع انقباض را برای محاسبات نیروی وارد بر دریچه اندازه‌گیری نمایید.
- شرایط بازشدگی دریچه‌های فوق‌الذکر را بگونه‌ای تغییر دهید تا پرش مستغرق شکل گیرد<sup>۱</sup>. مجدداً عمق پایین‌دست پرش (عمق ثانویه پرش) را اندازه‌گیری نمایید. در صورتیکه عمق بالادست دریچه اول تغییر نموده است، این عمق را نیز اندازه‌گیری نمایید. همچنین عمق جریان در محل انقباض (اندکی پایین‌تر از دریچه) را برای حالت پرش مستغرق اندازه‌گیری نمایید.

- نتایج و محاسبات:

- ۳-۱- مشخصات پرش هیدرولیکی:

- ۳-۱-۱. با توجه به عمق اولیه پرش و رابطه آن با عمق ثانویه در کانال‌های مستطیلی، مقدار عمق ثانویه پرش را محاسبه نموده و با مقدار اندازه‌گیری‌شده مقایسه نمایید.
- ۳-۱-۲. مقدار استهلاک انرژی را در پرش محاسبه نمایید.
- ۳-۱-۳. با توجه به رابطه تجربی  $L_j = 6(y_2 - y_1)$  مقدار طول پرش را محاسبه نموده و با مقدار اندازه‌گیری‌شده مقایسه نمایید. در این رابطه پارامترهای  $L_j$ ،  $y_1$  و  $y_2$  بترتیب طول، عمق پایین‌دست و عمق بالادست پرش می‌باشند.

- ۳-۲- کاربرد نیروی مخصوص:

- ۳-۲-۱. نیروی مخصوص را برای اعماق مزدوج (عمق‌های اولیه و ثانویه پرش) و عمق بحرانی محاسبه نموده و به کمک آن نمودار نیروی مخصوص را در مقابل عمق رسم نمایید.
- ۳-۲-۲. با توجه به عمق جریان اندازه‌گیری‌شده در بالادست و پایین‌دست دریچه اول و محاسبات نیروی مخصوص، مقدار نیروی وارد بر دریچه را محاسبه نمایید.

۱- کم‌نمودن بازشدگی دریچه پایین‌دست و افزایش عمق ثانویه پرش سبب حرکت پرش به سمت بالادست شده و در نهایت با رسیدن پرش به دریچه بالادست، پرش مستغرق شکل خواهد گرفت.

۳-۲-۳. با توجه به عمق جریان اندازه‌گیری شده در مقطع انقباض و بالادست، مقدار افت انرژی موضعی جریان آب از زیر دریچه تا محل انقباض را محاسبه نمایید.  
۳-۲-۴. با صرف نظر کردن از اصطکاک، مقدار عمق جریان در محل انقباض را برای حالت پرش مستغرق محاسبه نموده و با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه نمایید.

• سوالات:

- ۴-۱- پرش هیدرولیکی را تعریف نموده و فواید و مضرات آن را توضیح دهید.
- ۴-۲- تغییر محل پرش هیدرولیکی نسبت به مقطع انقباض و حرکت آن به سمت بالادست (مستغرق شدن پرش) و یا پایین دست به چه علت می‌باشد؟ این روند را بر روی منحنی نیروی مخصوص بطور شماتیک نشان دهید.
- ۴-۳- با فرض آنکه عمق جریان درست در قبل از دریچه معادل عمق اندازه‌گیری شده برای بالادست دریچه باشد و توزیع هیدرواستاتیک فشار روی دریچه، مقدار نیرو وارد بر دریچه را محاسبه نموده و با مقدار محاسبه شده قبلی مقایسه نمایید. علت اختلاف این دو مقدار چیست؟
- ۴-۴- با توجه به منحنی انرژی مخصوص، مقدار افت انرژی در پرش هیدرولیکی چگونه محاسبه می‌شود؟

- مرجع جهت مباحث تکمیلی: مطالب فصل سوم و علی‌الخصوص مثال‌های ۳-۳ و ۳-۹ از کتاب هیدرولیک کانال‌های باز (دکتر حسینی و دکتر ابریشمی)



#### ۴- جریان یکنواخت در کانال‌های باز

• شرح روش آزمایش:

- ابتدا شیب کانال را بصورت ملایم (کمتر از  $\frac{1}{300}$ ) تنظیم نمایید. دستگاه را روشن و شیر کنترل را باز کرده تا جریان حداکثر از کانال عبور نماید. یک دریچه در انتهای کانال طوری قرار دهید تا جریان یکنواخت در سراسر کانال تشکیل گردد. بدین منظور مقدار بازشدگی دریچه را طوری تنظیم نمایید تا عمق جریان در ابتدای یک متری کانال و در بالادست دریچه برابر شود. سپس عمق جریان را در سه مقطع دیگر بین ابتدا و انتهای کانال اندازه‌گیری نمایید. عمق نرمال جریان میانگین ۵ عمق اندازه‌گیری شده می‌باشد. این آزمایش را برای ۴ دبی انجام دهید. بدین ترتیب عمق نرمال برای ۴ دبی بدست خواهد آمد.

- برای دبی حداکثر مراحل مذکور در بند قبل را علاوه بر شیب فوق‌الذکر برای ۳ شیب دیگر نیز تکرار نمایید. بدین ترتیب عمق نرمال برای ۴ شیب (در دبی حداکثر) بدست خواهد آمد. در هریک از این موارد، شیب کانال را میتوان از افت سطح آب ساکن در طول مشخصی از کانال بدست آورد.

• نتایج و محاسبات:

۴-۱- ضرایب مقاومت جریان:

۴-۱-۱. با استفاده از جداولی مشابه جدول ذیل پارامترهای لازم را برای هر دو سری آزمایش محاسبه نمایید.

جدول ۱- محاسبات شرایط جریان در شیب ثابت و دبی متغیر

| Q              | y | V | R | Re | Fr | $\sqrt{RS}$ | $R^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}$ |
|----------------|---|---|---|----|----|-------------|----------------------------------|
| Q <sub>1</sub> |   |   |   |    |    |             |                                  |
| Q <sub>2</sub> |   |   |   |    |    |             |                                  |
| Q <sub>3</sub> |   |   |   |    |    |             |                                  |
| Q <sub>4</sub> |   |   |   |    |    |             |                                  |

جدول ۲- محاسبات شرایط جریان در دبی ثابت (دبی حداکثر) و شیب متغیر

| S              | y | V | R | Re | Fr | $\sqrt{RS}$ | $R^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}$ |
|----------------|---|---|---|----|----|-------------|----------------------------------|
| S <sub>1</sub> |   |   |   |    |    |             |                                  |
| S <sub>2</sub> |   |   |   |    |    |             |                                  |
| S <sub>3</sub> |   |   |   |    |    |             |                                  |
| S <sub>4</sub> |   |   |   |    |    |             |                                  |

۴-۱-۲. با استفاده از نتایج جداول فوق نمودار تغییرات سرعت (محور قائم) را در مقابل  $\sqrt{RS}$  (محور افقی) رسم نمایید و از آنجا مقدار ضریب شزی متوسط را در سیستم متریک محاسبه نمایید.

۴-۱-۳. با استفاده از نتایج جداول فوق نمودار تغییرات سرعت (محور قائم) را در مقابل  $R^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}$  (محور افقی) رسم نمایید و از آنجا مقدار ضریب مانینگ متوسط را در سیستم متریک محاسبه نمایید. مقدار بدست آمده را با مقدار اعلام شده برای مجاری صاف شیشه‌ای (جدول ۳-۴ کتاب) مقایسه نمایید.

۴-۱-۴. با استفاده از ضریب شزی بدست آمده مقدار اصطکاک دارسی ویسیاخ ( $f$ ) را محاسبه نمایید. این ضریب را برای یک لوله صاف از روی دیاگرام مودی برای عدد رینولدز جریان (پس از تبدیل برای لوله) بدست آورده و با مقدار فوق مقایسه نمایید.

۴-۱-۵. ضریب شزی را با استفاده از گانگلیت کاتر برای یک شیب از موارد جدول ۲ محاسبه کرده و با مقدار قبلی مقایسه نمایید.

۴-۲- شیب بحرانی:

۴-۲-۱. برای هر یک از آزمایش‌های انجام شده مقدار شیب بحرانی را محاسبه نمایید.

۴-۲-۲. نمودار دبی در مقابل شیب بحرانی را رسم نموده و شرایط جریان در هر یک از آزمایشات را به کمک آن تحلیل نمایید.

۴-۲-۳. شیب کانال و رژیم جریان (زیر بحرانی یا فوق بحرانی) را برای هر یک از آزمایشات تعیین کنید.

• سوالات:

۴-۱-۱. عمق نرمال را تعریف نمایید و با در نظر گرفتن یک مقطع طولی در جریان یکنواخت رابطه شزی را بدست آورید.

۴-۲- چرا در دو حالت جریان در یک کانال افقی و جریان در کانال بدون اصطکاک امکان شکل‌گیری جریان یکنواخت وجود ندارد؟

۴-۳- در صورتیکه بخواهیم کانال آزمایشگاه بصورت بهترین مقطع هیدرولیکی عمل نماید، عمق جریان را تعیین نمایید. همچنین برای یکی از شیب‌های اندازه‌گیری شده، دبی را طوری تعیین نمایید که عمق نرمال جریان در آن شرایط بهترین مقطع هیدرولیکی را ارضاء نماید.

• مرجع جهت مباحث تکمیلی: مطالب فصل چهارم و علی‌الخصوص مثال‌های ۴-۲ و ۴-۷ از کتاب هیدرولیک کانال‌های باز (دکتر حسینی و دکتر ابریشمی)

## ۵- نیمرخ‌های مختلف در جریان متغیر تدریجی

### • شرح روش آزمایش:

- در یک کانال باز برای هر شیب دلخواه، جریان متغیر تدریجی حالت نرمال مشخص و معلومی دارد، لیکن با برهم‌زدن شرایط نرمال جریان بوسیله ابزارها و تجهیزات مختلف (همچون دریچه، مانع و تغییر شیب کف)، اینبار جریان دست به کار شده و برای رسیدن به حالت پایدار شکل‌های مختلفی را بخود می‌گیرد. این شکل‌ها که نیمرخ‌های جریان نام دارند وابسته به شرایط مختلف حاکم بر جریان می‌باشند.

- نیمرخ‌های مختلف: پس از روشن کردن دستگاه، شیر کنترل را باز کرده تا جریان حداکثر از کانال عبور نماید. به کمک تغییر شیب کف کانال و ابزارهایی همچون مانع (پله) و دریچه (بالادست، پایین دست و یا هردو) سعی نمایید تا نیمرخ‌های مختلف را ایجاد کنید. این موارد را تا حصول شرایط پایدار جریان و شکل‌گیری نیمرخ‌های S1، S2، S3 و در صورت امکان M1، M2، M3 و A2، A3 تکرار نموده و از هر پروفیل عکس مناسبی تهیه نمایید. لازم بذکر است قبل از شروع آزمایش بایستی مقدار شیب بحرانی را با توجه مقدار دبی و ضریب مانینگ (بدست‌آمده از فعالیت شماره ۴) محاسبه نموده و با توجه به آن شیب‌های تند و ملایم را انتخاب نمایید.

- محاسبات نیمرخ S1: ابتدا کانال را در شیب معمولی (که علی‌القاعده تند خواهد بود) قرار داده و دبی را بصورت حداکثر تنظیم نمایید. یک مانع در مقابل جریان (که بلندتر از عمق بحرانی است) قرار دهید. با توجه به لزوم شکل‌گیری پروفیل S1 در بالادست مانع، پرش هیدرولیکی شکل خواهد گرفت (مشابه مثال ۶-۱ کتاب). عمق جریان را قبل و بعد از پرش و روی مانع (ابتدای مانع) اندازه‌گیری کنید. عمق جریان در یک نقطه شاخص در میانه پروفیل S1 را (که از این پس آنرا نقطه A می‌نامیم) اندازه‌گیری نمایید. همچنین فاصله نقطه A تا مانع و همچنین طول پروفیل S1 و طول پرش را با استفاده از متر نصب‌شده در لبه کانال قرائت کنید. از نیمرخ شکل گرفته تصویر مناسبی تهیه نمایید. پس از اتمام آزمایش همانطور که قبلاً بیان شد با بستن انتهای کانال و ایجاد آب ساکن، شیب کف کانال را محاسبه نمایید.

### • نتایج و محاسبات:

#### ۵-۱- نیمرخ‌های مختلف:

۵-۱-۱. عمق نرمال و بحرانی را برای هریک از شیب‌های بکار رفته (شیب کانال) محاسبه

نمایید. همچنین شیب بحرانی را با توجه به دبی جریان محاسبه کنید.

۵-۱-۲. عکس‌های برداشت‌شده از نیمرخ‌های مختلف را به همراه توجیه علمی و با توجه به

عمق‌های نرمال و بحرانی در کانال تشریح نمایید.

- ۲-۵- محاسبات نقطه کنترل در پروفیل S1:
- ۱-۲-۵. عمق بحرانی و نرمال را در کانال محاسبه نموده و نوع شیب را تعیین نمایید.
- ۲-۲-۵. نیمرخ جریان متغیر تدریجی (در حالت قرارگیری مانع در مسیر جریان) را با استفاده از مباحث تئوری ترسیم نموده و با تصویر برداشت شده از جریان مقایسه نمایید.
- ۳-۲-۵. با استفاده از رابطه پرش هیدرولیکی و عمق جریان در بالادست پرش، عمق ثانویه پرش را محاسبه نمایید. همچنین طول پرش را با رابطه تجربی مقایسه نمایید.
- ۳-۵- محاسبات نیمرخ S1 به روش گام به گام مستقیم:
- ۱-۳-۵. با استفاده از روش گام به گام و بکارگیری عمق جریان روی مانع و نقطه A، فاصله نقطه A تا مانع را با یک گام محاسبه نمایید و با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه کنید.
- ۲-۳-۵. با استفاده از روش گام به گام و بکارگیری عمق ثانویه پرش و عمق جریان در نقطه A، فاصله نقطه A تا موقعیت پرش را با یک گام محاسبه نمایید و با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه کنید.
- ۴-۵- محاسبات نیمرخ S1 به روش اولر:
- ۱-۴-۵. با استفاده از روش اولر و بکارگیری عمق جریان روی مانع و فاصله نقطه A تا مانع، مقدار عمق جریان در نقطه A را محاسبه نمایید (در صورت لزوم محاسبات را تا رسیدن به همگرایی کامل تکرار کنید) و با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه کنید.
- ۲-۴-۵. با استفاده از روش اولر و بکارگیری عمق جریان بعد از پرش (عمق ثانویه پرش) و فاصله نقطه A تا پرش، مقدار عمق جریان در نقطه A را محاسبه نمایید (در صورت لزوم محاسبات را تا رسیدن به همگرایی کامل تکرار کنید) و با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه کنید.
- ۵-۵- محاسبات نیمرخ S1 به روش انتگرال‌گیری مستقیم:
- ۱-۵-۵. مقادیر نمای هیدرولیکی اول و دوم مقطع مورد آزمایش را محاسبه نمایید.
- ۲-۵-۵. فعالیت بند ۱-۳-۵ را با استفاده از روش بختف-چاو انجام دهید.
- ۳-۵-۵. محاسبات بند ۲-۴-۵ را با استفاده از روش برس تکرار نمایید. دقت این روش با روش بختف-چاو را مقایسه کنید.
- ۴-۵-۵. فعالیت بند ۲-۳-۵ را با استفاده از روش بختف-چاو انجام دهید.

- مرجع جهت مباحث تکمیلی: مطالب فصل پنجم و ششم و علی‌الخصوص مثال‌های ۱-۵، ۱-۶، ۲-۶، ۷-۶ و ۹-۶ از کتاب هیدرولیک کانال‌های باز (دکتر حسینی و دکتر ابریشمی)