

# هیدرولیک مجاری باز

مهندس مجید رستمی

نیاز دانش

## گفتار مولف

در سال‌های اخیر پروژه‌های منابع آب و کارهای مهندسی آب به سرعت در تمامی جهان در حال توسعه هستند. علم هیدرولیک مجاری باز برای طراحی اکثر سازه‌های هیدرولیکی لازم بوده و جهشی چشمگیر داشته است. این رشد روز افزون، گسترش علوم جدید و با ارزش را در قالب کتب و دیگر منابع به همراه خواهد داشت و نتیجتاً دانشجویان و علاقه‌مندان بیشتری را سمت این شاخه از مهندسی خواهد کشاند.

این کتاب در زمینه هیدرولیک مجاری باز در ۳ جلد تدوین گردیده و جلد اول برای دانشجویان مقطع کارشناسی، مهندسی و فارغ‌التحصیلان رشته مهندسی عمران یا مهندسی هیدرولیک و دیگر رشته‌های زیر مجموعه علوم آب طرح شده است. جلد دوم دربرگیرنده مطالبی در قالب درس هیدرولیک پیشرفته، مطابق با سرفصل وزارت علوم گردآوری شده همچنین مطالبی از هیدرولیک رسوب و هیدرولیک رودخانه نیز در آن ذکر شده است و دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد رشته‌های مهندسی عمران و علوم آب می‌توانند از آن استفاده کنند. جلد سوم دربرگیرنده مثال‌های متنوع، سوالات تالیفی و حل تمرین‌های کتب مرجع است که مطالب جلد ۱ و ۲ کتاب را پوشش می‌دهد. این مجموعه شامل سوالات آزمون‌های کارشناسی ارشد و دکتری سال‌های اخیر به همراه پاسخ‌های تشریحی نیز می‌باشد.

کتاب حاضر شامل شش فصل است که در فصل اول اصول و مبانی پایه هیدرولیک کاملاً شرح داده شده و در فصل دوم به طور کامل اصل انرژی و کاربردهای آن توضیح داده شده است. در فصل سوم اصل حاکم بر مکانیک سیالات و هیدرولیک مجاری باز، اصل مومنتم به همراه کاربردهای آن تشریح شده و در فصول ۴، ۵ و ۶ به ترتیب اصل مقاومت، جریان یکنواخت و جریان متغیر تدریجی به همراه کلیه نکات این جریانات بیان شده است.

از ویژگی‌های این کتاب گفتاری نرم بوده تا دانشجویان به دور از زبان پیچیده ریاضیات و اصطلاحات ناشناخته علم هیدرولیک بتوانند مفهوم مطالب را درک کنند. دیگر ویژگی کتاب اثبات کامل و با تمام جزئیات عددی روابط هیدرولیکی است که از واگذاری بخشی از مراحل اثبات رابطه به مطالعه‌کننده یا عدم ارائه آن خودداری شده و با بیان کامل روش اثبات، فهم رابطه و چگونگی پدیداری آن را به شکل روابط شناخته شده برای دانشجویان راحت‌تر کرده است.

در تدوین کتاب حاضر از منابع معتبر بین‌المللی همچون کتاب هیدرولیک کانال‌های باز پروفیسور Ven Te Chow، کتاب جریان کانال‌های باز پروفیسور F.M.Henderson و کتاب

هیدرولیک کانالهای باز پروفیسور R.H.French که جز معتبرترین کتب در زمینه هیدرولیک کانال های باز می باشند به همراه تجربیات مولف در زمینه علم هیدرولیک استفاده شده است. در پایان از مدیر مسئول انتشارات نیاز دانش جناب آقای مهندس شیرازی بخاطر همت و تلاش بسیار برای حمایت و فرایند چاپ کتاب در زمانی کوتاه تشکر می نمایم. همچنین از همکاران محترم، دانشجویان، مهندسين و کلیه افرادی که از این کتاب استفاده می کنند در خواست می شود نظرات و پیشنهادات خود را برای هرچه بهتر کردن مفاهیم کتاب برای اینجانب، به آدرس زیر ارسال نمایند.

**M.R.OCHBOOK@GMAIL.COM**

مهندس مجید رستمی

## فهرست مطالب

### فصل اول: اصول و مبانی حاکم بر جریان مجاری باز

۸	۱-۱ تعریف جریان‌های باز
۹	۲-۱ انواع جریان
۹	۱-۲-۱ جریان دائمی- غیردائمی
۱۰	۲-۲-۱ جریان یکنواخت- غیریکنواخت
۱۲	۳-۱ حالت جریان
۱۲	۱-۳-۱ اثر ویسکوزیته
۱۳	۲-۳-۱ اثر ثقل
۱۵	۳-۳-۱ رژیم جریان
۱۶	۴-۱ انواع کانال‌ها
۱۶	۱-۴-۱ انواع کانال‌های مصنوعی
۱۷	۲-۴-۱ انواع مقاطع کانال‌های مصنوعی
۱۸	۳-۴-۱ مشخصات هندسی مقاطع کانال‌های باز
۲۲	۵-۱ توزیع سرعت در مقطع کانال
۲۲	۱-۵-۱ نکاتی پیرامون توزیع سرعت در مقطع کانال
۲۵	۲-۵-۱ ضرایب توزیع سرعت
۲۵	۱-۲-۵-۱ نکاتی پیرامون ضرایب $\alpha$ و $\beta$
۲۷	۶-۱ توزیع فشار در مقطع کانال
۲۸	۱-۶-۱ رابطه فشار هیدرواستاتیک برای هر نقطه در مقطع جریان
۳۰	۷-۱ رابطه پیوستگی در کانال‌های باز

### فصل دوم: اصل انرژی- محاسبات و کاربردها

۳۲	۱-۲ تئوری و مفهوم اصل انرژی
۳۴	۲-۲ معادله انرژی
۳۷	۱-۲-۲ تعیین ضریب تصحیح معادله انرژی
۳۷	۳-۲ انرژی مخصوص
۳۷	۱-۳-۲ مفهوم، تئوری و فرضیات انرژی مخصوص
۳۹	۲-۳-۲ رسم منحنی انرژی مخصوص
۴۱	۳-۳-۲ رابطه بین انرژی مخصوص و پارامترهای جریان
۴۲	۴-۳-۲ کاربردهای انرژی مخصوص

- ۴۲ ..... بررسی وضعیت عمق جریان به هنگام وجود يك مانع در مسیر جریان
- ۴۶ ..... بررسی وضعیت عمق جریان به هنگام وجود يك تنگنا در مسیر جریان
- ۴۹ ..... انرژی مخصوص در کانال‌های غیرمستطیلی
- ۴۹ ..... تعیین شرایط بحرانی و رابطه انرژی مخصوص با شرایط
- ۴۹ ..... شرایط بحرانی
- ۴۹ ..... رابطه انرژی مخصوص با شرایط بحرانی

### فصل سوم : اصل مومنتم - محاسبات و کاربردها

- ۵۱ ..... مفهوم و معادله اصل اندازه حرکت یا مومنتم
- ۵۲ ..... کاربرد های اصل مومنتم
- ۵۳ ..... پرش هیدرولیکی
- ۵۴ ..... کاربرد های پرش هیدرولیکی
- ۵۴ ..... تعیین نیروی مخصوص
- ۵۵ ..... کانال‌های مستطیلی منشوری
- ۵۷ ..... تعیین اعماق مزدوج پرش هیدرولیکی آزاد
- ۵۷ ..... کانال‌های مستطیلی منشوری
- ۵۸ ..... کانال‌های غیر مستطیلی منشوری
- ۶۲ ..... رابطه  $M-y$
- ۶۳ ..... افت انرژی پرش هیدرولیکی آزاد
- ۶۳ ..... افت انرژی در کانال‌های مستطیلی
- ۶۵ ..... افت انرژی در کانال‌های غیرمستطیلی
- ۶۷ ..... طول پرش هیدرولیکی
- ۶۷ ..... کانال‌های مستطیلی منشوری
- ۶۹ ..... کانال‌های غیرمستطیلی منشوری
- ۷۰ ..... پرش هیدرولیکی مستغرق
- ۷۰ ..... عمق استغراق
- ۷۲ ..... طول پرش مستغرق

### فصل چهارم : مقاومت جریان - محاسبات و کاربردها

- ۷۳ ..... مفهوم مقاومت
- ۷۴ ..... معادله مقاومت

۷۶	..... معادله شزی ۳-۴
۷۸	..... بررسی مقدار و رفتار ضریب $C$ در معادله شزی ۱-۳-۴
۸۰	..... معادله مانینگ ۴-۴
۸۲	..... عوامل مؤثر بر ضریب مانینگ ۱-۴-۴
۸۲	..... تعیین مقدار ضریب مانینگ ۲-۴-۴
۸۲	..... تعیین مقدار ضریب مانینگ در کانال‌های منفرد ۱-۲-۴-۴
۸۴	..... تعیین مقدار ضریب مانینگ در کانال‌های مرکب ۲-۲-۴-۴

### فصل پنجم: جریان یکنواخت - محاسبات و کاربردها

۹۱	..... مفهوم جریان یکنواخت ۱-۵
۹۱	..... تکنیک‌های محاسبه عمق نرمال جریان یکنواخت در کانال‌های باز ۲-۵
۹۳	..... محاسبه عمق نرمال جریان یکنواخت با سعی خطا ۱-۲-۵
۹۴	..... محاسبه عمق نرمال جریان یکنواخت با استفاده از گراف ۲-۲-۵
۹۵	..... محاسبه عمق نرمال و بحرانی جریان یکنواخت در کانال‌های باز ۳-۵
۹۷	..... طراحی بهینه سطح مقطع کانال ۴-۵

### فصل ششم: جریان غیریکنواخت - محاسبات و کاربردها

۱۰۱	..... مفهوم جریان غیریکنواخت ۱-۶
۱۰۱	..... تاریخچه و فرضیات جریان متغیر تدریجی ۲-۶
۱۰۳	..... معادله دینامیکی جریان‌های متغیر تدریجی ۳-۶
۱۰۷	..... پروفیل طولی جریان متغیر تدریجی ۴-۶
۱۰۷	..... تفسیر فیزیکی شیب ملایم، تند و نقاط بحرانی اتصال ۱-۴-۶
۱۰۹	..... تعیین پروفیل سطح آب برای کانال‌ها ۲-۴-۶
۱۱۰	..... تعیین پروفیل سطح آب در شیب ملایم ۱-۲-۴-۶
۱۱۲	..... تعیین پروفیل سطح آب در شیب تند ۲-۲-۴-۶
۱۱۳	..... تعیین پروفیل سطح آب در شیب بحرانی ۳-۲-۴-۶
۱۱۴	..... تعیین پروفیل سطح آب در شیب افقی ۴-۲-۴-۶
۱۱۴	..... تعیین پروفیل سطح آب در شیب معکوس ۵-۲-۴-۶
۱۱۷	..... تعیین پروفیل سطح آب برای کانال‌های منشوری با تغییر شیب در طول ۳-۴-۶
۱۲۱	..... پیوست ۱
۱۲۲	..... پیوست ۲

# فصل ۱

## اصول و مبانی حاکم بر جریان مجاری باز

### ۱-۱ تعریف جریان های باز

کانال باز به مجرای گفته می شود که سطحی آزاد به صورت مرز در مواجهه با جو داشته باشد. سطح آزاد لزوماً به سطحی که رابط بین دو سیال با چگالی متفاوت باشد گفته می شود. چگالی یکی از این سیال ها مانند هوا می تواند خیلی کمتر از چگالی مایعاتی مانند آب باشد و فشار در سطح جریان آزاد، ثابت است. در مواردی در کانال های باز حرکت سیال بر اثر تاثیر نیروی ثقل است و توزیع فشار درون سیال هیدرواستاتیک، و جریان اغلب آشفته است. به طور کل جریان های باز، کلیه رودخانه ها، نهر ها، جوی ها و کانال های مصنوعی ساخت بشر را شامل می شود و کاربرد بسیار دارد. جریان اگر به صورت آزاد نباشد، به آن جریان بسته یا تحت فشار می گویند. در جریان های آزاد در یک مرز، سیال با جو در تماس است اما در مجاری بسته سیال با تمام محیط مرز جامد خود در تماس است. این دو جریان از خیلی جهات شبیه هم هستند، اما یک تفاوت مهم دارند، آن هم وجود سطح آزاد در جریان باز می باشد. جریان هایی که دارای مقطع بسته هستند نیز می توانند در شرایطی مانند جریان باز تلقی گردند، کفایت جریان در آنها پر نباشد و تحت فشار اتمسفر قرار گیرند. نمونه این حالت، مجاری بسته فاضلاب است که در بیشتر اوقات نیمه پر هستند و حتی موقع طراحی به عنوان یک مجرای باز طراحی می شوند، گرچه در محیطی بسته مثل لوله هستند.