

حامدی، محمدحسین

هیدرولیک مجاری باز / تالیف: محمدحسین حامدی. - تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۸۲.
۲ ج. : مصور، جدول، نمودار.
واژه نامه.

۱. آبراهه ها. ۲. هیدرولیک. الف: عنوان.

۹۲۵ / TC

نام کتاب: هیدرولیک مجاری باز (جلد اول)

تالیف: دکتر محمدحسین حامدی (استاد دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی)

ناشر: اندیشه نصیر، تلفن ۰۲۸-۳۳۳۲۸۵۳۵

تاریخ چاپاول: بهار ۱۳۸۲ ۲۰۰۰ نسخه

تاریخ چاپ دوم: پائیز ۱۳۹۴ ۱۰۰۰ نسخه

بهاء: ۳۰۰/۰۰۰ ریال

مرکز پخش: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تلفن ۰۲۱-۸۸۷۷۲۲۷۷

قزوین: مؤسسه‌ی آموزش عالی علامه دهخدا، تلفن ۰۲۸-۳۳۶۵۱۳۹۰

شابک: ۹۶۴-۹۴۸۰۸-۰-۳ (جلد اول)

۸-۵-۹۲۱۲۹-۶۰۰-۹۷۸ (دوره دو جلدی)

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: اندیشه نصیر



فهرست مطالب (جلد اول)

عنوان	صفحه
-------	------

فصل اول مفاهیم اساسی در مجاری باز.....	۱
۱-۱ تعریف آبراهه و مقایسه آن با لوله‌های تحت فشار.....	۲
۲-۱ انواع آبراهه ها.....	۵
۳-۱ مشخصات هندسی مقطع عرضی.....	۱۰
۱-۳-۱ عمق جریان.....	۱۰
۲-۳-۱ سطح مقطع جریان.....	۱۱
۳-۳-۱ پهنای سطحی.....	۱۱
۴-۳-۱ محیط ترشده.....	۱۱
۵-۳-۱ شعاع هیدرولیکی.....	۱۱
۶-۳-۱ عمق هیدرولیکی.....	۱۲
۷-۳-۱ تراز.....	۱۲

۱-۴ توزیع سرعت	۱۲
۱-۴-۱ ضریب تصحیح انرژی جنبشی	۱۵
۱-۴-۲ ضریب تصحیح اندازه حرکت	۱۷
۱-۴-۳ مقادیر ضرایب و	۱۸
۱-۵ توزیع فشار	۲۱
۱-۵-۱ حالت سکون	۲۱
۱-۵-۲ جریان افقی و موازی	۲۲
۱-۵-۳ جریان موازی در آبراهه شیبدار	۲۳
۱-۵-۴ جریان با انحنا	۲۵
۱-۶ انواع جریان در مجاری باز	۳۴
۱-۶-۱ تغییرات عمق آب نسبت به زمان و مکان	۳۴
الف - جریان پابرجا و یکنواخت	۳۴
ب - جریان پابرجا و غیریکنواخت	۳۶
ج - جریان ناپابرجا و یکنواخت	۳۹
د - جریان ناپابرجا و غیریکنواخت	۳۹
۱-۶-۲ تأثیر نیروها بر نوع جریان	۴۰
الف - جریان ورقه‌ای و متلاطم	۴۰
ب - جریان فوق بحرانی، بحرانی و زیر بحرانی	۴۱
تمرین‌ها	۴۶
فصل دوم جریان یکنواخت	۵۳
۱-۲ معادلات سرعت در جریان یکنواخت	۵۴
۱-۱-۲ معادله شزی	۵۴
الف - محاسبه ضریب شزی از رابطه دارسی - ویسباخ	۵۷

ب - محاسبه ضریب شزی از رابطه بازن	۶۰
ج - محاسبه ضریب شزی از رابطه گانگه - کوتر	۶۲
۲- ۱- ۲ معادله مانینگ	۶۴
الف - زبری معادل در مقطع عرضی ناهمگن	۶۵
a - رابطه هورتن - انشتن	۶۶
b - رابطه ک مولهوفر، انشتن و بانکس	۶۷
c - رابطه لوتر	۶۷
d - رابطه کریشنا مورتی و کریستنسن	۶۸
ب - زبری معادل در مقاطع مرکب	۶۸
۲- ۱- ۳ معادله استریکلر	۶۹
۲- ۲ ضرایب انتقال و سطح در جریان یکنواخت	۷۷
۲- ۳ نمای هیدرولیکی در جریان یکنواخت	۷۸
۲- ۴ محاسبه عمق معمولی	۸۳
۲- ۴- ۱ روش جبری	۸۴
۲- ۴- ۲ روش استفاده از منحنی های بی بعد ضریب سطح	۸۴
۲- ۴- ۳ روش ترسیمی	۸۴
۲- ۴- ۴ روش مقایسه با لوله پر از آب	۸۶
۲- ۴- ۵ روش های عددی	۸۶
الف - روش جبری	۸۸
ب - روش استفاده از منحنی های بی بعد ضریب سطح	۸۸
ج - روش ترسیمی	۸۹
د - روش های عددی	۸۹
۲- ۵ جریان یکنواخت در آبراهه با مقطع عرضی مرکب	۹۱

۶-۲ تعیین بهترین مقطع هیدرولیکی ۹۳

۱-۶-۲ مقطع نیم دایره‌ای ۹۴

۲-۶-۲ مقطع ذوزنقه‌ای شکل ۹۵

۳-۶-۲ مقطع مستطیلی شکل ۹۷

۴-۶-۲ مقطع مثلثی شکل ۹۸

۵-۶-۲ مقاطع کاربردی ۹۹

۶-۶-۲ مقطع دایره‌ای بسته ۱۰۱

الف - عمق مربوط به سرعت حداکثر ۱۰۱

ب - عمق مربوط به بده حجمی حداکثر ۱۰۳

تمرین‌ها ۱۱۰

فصل سوم انرژی ویژه، نیروی ویژه و جریان بحرانی ۱۲۰

۱-۳ معادله انرژی ۱۲۱

۲-۳ انرژی ویژه ۱۲۳

۱-۲-۳ منحنی انرژی ویژه ۱۲۵

۲-۲-۳ منحنی بده حجمی ۱۲۹

۳-۳ جریان بحرانی ۱۳۰

۴-۳ نمای هیدرولیکی در جریان بحرانی ۱۳۳

۵-۳ طرز محاسبه عمق بحرانی ۱۳۷

۱-۵-۳ روش جبری ۱۳۷

۲-۵-۳ روش استفاده از منحنی‌های بی بعد ضریب سطح ۱۳۹

۳-۵-۳ روش ترسیمی ۱۴۴

۴-۵-۳ روش استفاده از روابط نیمه تجربی استروب ۱۴۵

۵-۵-۳ روش عددی ۱۴۵

۳-۶ طرز محاسبه عمق بحرانی در مقاطع عرضی مرکب ۱۵۴

۳-۷ نیروی ویژه ۱۵۸

۳-۷-۱ منحنی نیروی ویژه ۱۶۰

۳-۷-۲ منحنی بده حجمی ۱۶۱

۳-۸ پرش هیدرولیکی ۱۶۳

۳-۸-۱ اعماق مزدوج ۱۶۴

۳-۸-۲ افت بار ۱۶۹

۳-۹ منحنی های بی بعد در جریان بحرانی ۱۷۷

۳-۱۰ شیب بحرانی آبراهه ۱۸۱

۳-۱۱ جریان ناشی از برآمدگی کف آبراهه ۱۸۴

۳-۱۲ جریان ناشی از تنگنای موضعی آبراهه ۱۹۲

۳-۱۳ سرعت موج ۲۰۲

تمرین ها ۲۰۶

فصل چهارم - جریان متغیر تدریجی ۲۱۸

۴-۱ معادله دینامیک جریان متغیر تدریجی ۲۱۹

۴-۱-۱ معادله دیفرانسیل جریان متغیر تدریجی ۲۲۰

۴-۱-۲ معادله انتگرالی جریان متغیر تدریجی ۲۲۶

۴-۲ تقسیم بندی شیب طولی آبراهه ۲۲۶

۴-۳ تقسیم بندی نیمرخ طولی سطح آب ۲۲۸

۴-۴ تغییرات عمق آب در آبراهه ۲۳۰

۴-۵ بررسی شکل عمومی نیمرخ های طولی سطح آب ۲۳۳

۴-۶ چند نمونه عملی از نیمرخ های طولی سطح آب ۲۳۴

۴-۶-۱ نیمرخ های طولی از نوع ۲۳۴

۲۳۷	۴-۶-۲ نیمرخ های طولی از نوع
۲۴۰	۴-۶-۵ نیمرخ طولی از نوع
۲۴۰	۴-۷ بررسی کیفی نیمرخ های طولی سطح آب
۲۴۹	۴-۸ نیمرخ های طولی در آبراهه های با مقطع عرضی مرکب
۲۵۷	۴-۹ مطالعه پارامترهای مختلف و اثرات آن ها در ج. م. تدریجی
۲۵۷	۴-۹-۱ عمق مشخصه
۲۵۹	۴-۹-۲ شیب حدّ
۲۶۳	تمرین ها
۲۷۱	فصل پنجم - محاسبات جریان های متغیر تدریجی
۲۷۳	۵-۱ روش عددی پیشرفته
۲۷۳	۵-۱-۱ روش مرحله به مرحله ای مستقیم
۲۷۸	۵-۱-۲ روش مرحله به مرحله ای استاندارد
۲۸۵	۵-۱-۳ روش انتگرال گیری دو نقطه ای گوس - لژاندر
۲۸۹	۵-۱-۴ روش های تک گامی
۲۸۹	الف - روش اولر
۲۹۱	ب - روش اولر پیراسته
۲۹۲	ج - روش اولر تصحیح شده
۲۹۴	د - روش مرتبه چهارم رونگه - کوتا
۲۹۴	۵-۱-۵ روش های پیشگو - اصلاحگر
۲۹۶	۵-۱-۶ پروسه حل هم زمان
۲۹۷	الف - معادلات حاکم
۲۹۹	ب - آبراهه های سری و منفرد
۳۰۵	ج - شبکه آبراهه ها

د- کاربردهای عملی	۳۱۴
۵-۲- روش استفاده از معادله دیفرانسیل جریان متغیر تدریجی	۳۱۴
۵-۲-۱- روش انتگرال‌گیری ترسیمی	۳۱۶
۵-۲-۲- روش انتگرال‌گیری مستقیم برای آبراهه افقی	۳۱۹
۵-۲-۳- روش برس برس	۳۲۱
۵-۲-۴- روش باخمتف	۳۲۶
۵-۲-۵- روش چاو	۳۳۱
۵-۲-۶- روش مینگ له	۳۳۴
۵-۲-۷- روش منوب	۳۳۵
۵-۳- روش استفاده از معادله انتگرالی جریان متغیر تدریجی	۳۳۷
۵-۳-۱- روش اسکوفیه - شاتلن	۳۳۷
۵-۳-۲- روش ازرا	۳۴۰
تمرین‌ها	۳۴۱
فصل ششم - سرریزها	۳۴۷
۶-۱- انواع سرریز از نظر شکل هندسی	۳۴۸
۶-۲- انواع سفره آب در سرریزها	۳۵۰
۶-۳- بده حجمی در سرریز لبه تیز مستطیلی شکل	۳۵۲
۶-۳-۱- بده حجمی در سرریز لبه تیز مستطیلی شکل هم عرض	۳۵۳
۶-۳-۲- بده حجمی در سرریز لبه تیز مستطیلی شکل جمع شده	۳۵۹
۶-۳-۳- کالیبره کردن سرریز مستطیلی شکل	۳۶۴
۶-۳-۴- فرمول‌های تجربی بده حجمی در سرریز مستطیلی شکل ..	۳۶۵
الف - فرمول فرانسیس	۳۶۵
ب - فرمول بازن	۳۶۵

- ج - فرمول ربوک ۳۶۶
- ۴-۶ سرریز لبه تیز مثلثی شکل ۳۷۱
- ۶-۴-۱ بده حجمی در سرریز لبه تیز مثلثی شکل ۳۷۲
- ۶-۴-۲ فرمول‌های تجربی بده حجمی ۳۷۴
- الف - فرمول کیندسواتر ۳۷۴
- ب - فرمول تامسون ۳۷۶
- ج - فرمول هیندریکس ۳۷۷
- د - فرمول کن ۳۷۷
- ۶-۵ بده حجمی در سرریز لبه تیز ذوزنقه‌ای شکل ۳۸۰
- ۶-۶ بده حجمی در سرریز لبه تیز دایروی ۳۸۳
- ۶-۷ بده حجمی در سرریز مستغرق ۳۸۵
- ۶-۸ بده حجمی در سرریز با تابع معینی از $Q(H)$ ۳۸۵
- ۶-۹ بده حجمی در سرریز مورّب ۳۹۱
- ۶-۱۰ بده حجمی در سرریز متمایل ۳۹۲
- ۶-۱۱ سرریز لبه پهن مستطیلی شکل ۳۹۳
- ۶-۱۱-۱ انواع سرریز لبه پهن مستطیلی شکل ۳۹۴
- ۶-۱۱-۲ بده حجمی در سرریز لبه پهن مستطیلی شکل ۳۹۵
- ۶-۱۲ سرریز سدها ۴۰۰
- ۶-۱۲-۱ انواع سرریز سدها ۴۰۰
- ۶-۱۲-۲ سرریز لبه آبریز ۴۰۱
- الف - تاج سرریز ۴۰۱
- ب - جلو سرریز ۴۰۹
- ج - پنجه سرریز ۴۱۱

تمرین ها	۴۲۰
فصل هفتم - پرش هیدرولیکی و طرح حوضچه های آرامش	۴۲۴
۱-۷ انواع پرش هیدرولیکی	۴۲۵
۱-۱-۷ پرش هیدرولیکی موجی	۴۲۵
۲-۱-۷ پرش هیدرولیکی ضعیف	۴۲۶
۳-۱-۷ پرش هیدرولیکی نوسانی	۴۲۶
۴-۱-۷ پرش هیدرولیکی پایدار	۴۲۷
۵-۱-۷ پرش هیدرولیکی قوی	۴۲۷
۲-۷ اعماق مزدوج و اثرات اصطکاک و توزیع سرعت ورودی بر آن	۴۲۷
۱-۲-۷ اثر اصطکاک بر اعماق مزدوج	۴۲۷
۲-۲-۷ اثر توزیع سرعت ورودی بر اعماق مزدوج	۴۳۰
۳-۷ طول پرش هیدرولیکی	۴۳۱
۴-۷ توزیع فشار در پرش هیدرولیکی	۴۳۳
۵-۷ توزیع سرعت در پرش هیدرولیکی	۴۳۵
۶-۷ تعیین محل پرش هیدرولیکی	۴۳۷
۷-۷ رسم نیمرخ طولی پرش هیدرولیکی	۴۴۱
۸-۷ پرش هیدرولیکی در مجاری شیبدار	۴۴۶
۱-۸-۷ طبقه بندی انواع پرش هیدرولیکی	۴۴۷
۲-۸-۷ رابطه بین اعماق مزدوج	۴۴۸
۳-۸-۷ تعیین طول پرش هیدرولیکی	۴۵۱
۹-۷ کنترل پرش هیدرولیکی	۴۵۸
۱-۹-۷ کنترل پرش هیدرولیکی به وسیله سرریز لبه تیز	۴۵۸
۲-۹-۷ کنترل پرش هیدرولیکی به وسیله سرریز لبه پهن	۴۵۹

- ۷-۹-۳ کنترل پرش هیدرولیکی توسط سرریزهای شیب شکن ... ۴۶۰
- ۷-۹-۴ کنترل پرش هیدرولیکی توسط برآمدگی ناگهانی ۴۶۲
- ۷-۹-۵ کنترل پرش هیدرولیکی توسط پایین افتادگی ناگهانی ۴۶۳
- ۷-۱۰ حوضچه های آرامش ۴۶۶
- ۷-۱۰-۱ حوضچه آرامش سن آنتونی فالز ۴۶۷
- ۷-۱۰-۲ حوضچه های آرامش دفتر آبادانی ایالت متحده امریکا ... ۴۶۹
- ۷-۱۰-۳ حوضچه آرامش رینجا - راجو ۴۷۴
- ۷-۱۰-۴ حوضچه آرامش بومیک ۴۷۴
- تمرین ها ۴۷۷

فصل هشتم - تغییرات شیب طولی و مقطع عرضی آبراهه ۴۸۵

- ۸-۱ تغییرات ناگهانی شیب طولی آبراهه ۴۸۶
- ۸-۱-۱ اعماق کنترل ۴۸۷
- ۸-۱-۲ نیمرخ طولی سطح آزاد آب ۴۸۸
- ۸-۲ تغییرات تدریجی شیب طولی آبراهه ۴۹۲
- ۸-۳ کاهش تدریجی مقطع عرضی آبراهه در جریان زیر بحرانی ۵۰۱
- ۸-۳-۱ بررسی کیفی تغییرات عمق آب در تغییر مقطع عرضی ۵۰۱
- ۸-۳-۲ بررسی کمی تغییرات عمق آب در کاهش تدریجی مقطع ... ۵۰۳
- ۸-۴ افزایش تدریجی مقطع عرضی در جریان زیر بحرانی ۵۰۵
- ۸-۵ کاهش یا افزایش ناگهانی مقطع عرضی در جریان زیر بحرانی ۵۰۸
- ۸-۶ چگونگی تشکیل موج در جریان فوق بحرانی؛ موج طولانی با ۵۱۰
- ۸-۷ تغییرات تدریجی دیواره آبراهه؛ امواج با طول کم و ارتفاع زیاد ۵۱۴
- ۸-۷-۱ آبراهه با دیواره مستقیم الخط انحرافی ۵۱۵
- ۸-۷-۲ آبراهه با دیواره منحنی الخط انحرافی ۵۲۰

۵۲۲	۸-۸ جریان در گوشه و موج مورّب
۵۲۲	۸-۸-۱ گوشه محدّب
۵۲۵	۸-۸-۲ گوشه مقعر - موج مورّب
۵۳۱	۸-۹ تداخل و انعکاس موج
۵۳۱	۸-۹-۱ انعکاس یک موج مثبت
۵۳۲	۸-۹-۲ تداخل دو موج مورّب
۵۳۳	۸-۱۰ همگرایی دو موج مورّب
۵۳۴	۸-۱۱ تداخل یک موج مثبت و یک موج منفی
۵۳۵	۸-۱۲ کاهش تدریجی مقطع عرضی در جریان فوق بحرانی
۵۳۵	۸-۱۲-۱ تبدیل با دیواره منحنی
۵۳۶	۸-۱۲-۲ عمل انسداد
۵۳۷	۸-۱۲-۳ تبدیل با دیواره مستقیم
۵۳۹	۸-۱۲-۴ طراحی تبدیل همگرا
۵۴۴	۸-۱۳ افزایش تدریجی مقطع عرضی در جریان فوق بحرانی
۵۴۸	تمرین‌ها
۵۵۴	پیوست ۱. برنامه رایانه ای برای محاسبه ضرایب α و β در آبراهه مستطیلی
۵۵۶	پیوست ۲. برنامه رایانه ای برای محاسبه عمق معمولی
۵۵۸	پیوست ۳. برنامه رایانه ای برای محاسبه انرژی ویژه یا نیروی ویژه
۵۶۲	پیوست ۴. برنامه رایانه ای برای محاسبه عمق بحرانی
۵۶۴	پیوست ۵. برنامه رایانه ای برای رسم نیمرخ طولی سطح آزاد آب
۵۷۹	پیوست ۶. جدول باخمتف - محاسبه تابع $B(\eta, N) = \int \frac{d\eta}{\eta^N - 1}$
۵۹۶	فهرست نمادها
۶۰۱	پاسخ تمرین‌ها

۶۱۴	منابع اصلی مورد استفاده
۶۱۶	واژه نامه فارسی به انگلیسی
۶۳۴	واژه نامه انگلیسی به فارسی
۶۵۲	فهرست راهنما