



مکانیک سیالات و هیدرولیک

مؤلفان:

مهندس امین اله زارعی

دکتر ادريس بذرافشان

مهندس حامد بیگلری

مهندس راضیه خاکسفیدی



URL: www.khaniran.com

عنوان و نام پدیدآور : مکانیک سیالات و هیدرولیک / مؤلفان امین‌اله زارعی... [و دیگران].

مشخصات نشر : تهران: خانیان، ۱۳۹۶.

مشخصات ظاهری : ۴۳۸ ص.: مصور، جدول، نمودار.

شابک : 978-600-7988-26-8 وضعیت فهرست نویسی : فیبا

یادداشت : مؤلفان امین‌اله زارعی، ادريس بذرافشان، حامد بیگلری، راضیه خاکسفیدی.

موضوع : سیالات -- مکانیک -- راهنمای آموزشی (عالی)

موضوع : Fluid mechanics -- Study and teaching (Higher)

موضوع : سیالات -- مکانیک -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)

موضوع : Fluid mechanics -- Problems, exercises, etc. (Higher)

موضوع : هیدرولیک موضوع : Hydraulics

موضوع : هیدرولیک -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)

موضوع : Hydraulics-- Problems, exercises, etc.(Higher)

شناسه افزوده : زارعی سنگانی، امین‌اله، ۱۳۶۶ - رده بندی کنگره : ۱۳۹۶TA۳۵۷ / م

رده بندی دیویی : ۱۰۶/۶۲۰ شماره کتابشناسی ملی : ۴۷۸۴۴۸۴

نام کتاب:

مکانیک سیالات و هیدرولیک

بر اساس سرفصل‌های مهندسی بهداشت محیط

مؤلفان: مهندس امین‌اله زارعی، نوبت چاپ: اول

دکتر ادريس بذرافشان، مهندس حامد

بیگلری، مهندس راضیه خاکسفیدی

ناشر: انتشارات خانیان تاریخ نشر: ۱۳۹۶

شابک: ۶۰۰-۹۷۸-۲۶-۷۹۸۸-۸ تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

ISBN : 978-600-7988-26-8 قیمت: ۳۴۰۰۰۰ ریال

دفتر تولید و پخش: تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر شمالی، ابتدای خیابان

نصرت، کوچه باغ نو، کوچه داوود آبادی شرقی، پلاک ۴، زنگ اول

همراه: ۰۹۱۲۱۹۹۹۱۲۰ (مدیر فروش) تلفکس: ۶۶۹۵۰۷۷۲

تلفن: ۶۶۹۶۵۳۹۶-۶۶۹۳۹۷۶۴-۶۶۹۵۰۷۷۲ (کد تهران ۰۲۱)

فروشگاه اینترنتی: www.khaniranshop.com

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است.

متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فهرست مطالب

فصل اول: کمیات و خواص سیالات

۲	مقدمه
۲	۱-۱. انواع حالت‌های ماده
۲	۲-۱. سیال
۲	۱-۲. تفاوت میان سیالات و جامدات
۴	۳-۱. شاخه‌های مکانیک سیالات
۴	۴-۱. انواع سیالات
۵	۱-۴-۱. خواص مایعات
۵	۲-۴-۱. خواص گازها
۵	۵-۱. مفهوم پیوستگی سیال (فرض پیوستگی)
۷	۶-۱. کمیت یا چندی
۷	۱-۶-۱. کمیت‌های اصلی و کمیت‌های فرعی
۷	۲-۶-۱. کمیت‌های نرده‌ای و کمیت‌های برداری
۸	۷-۱. ابعاد
۹	۸-۱. اصل همگنی ابعاد
۹	۹-۱. یکا یا واحد
۹	۱-۹-۱. دستگاه بین‌المللی آحاد (SI)
۱۲	۲-۹-۱. سیستم ($C.G.S$)
۱۲	۳-۹-۱. سیستم انگلیسی وزنی (BG)
۱۳	۴-۹-۱. سیستم انگلیسی مهندسی (EE)
۱۴	۱۰-۱. تبدیل واحد
۱۴	۱۱-۱. پیشوندها
۱۶	۱۲-۱. خواص سیال و خواص جریان
۱۷	۱-۱۲-۱. خواص سیالات
۱۸	۱۳-۱. دما
۱۸	۱-۱۳-۱. درجه سانتیگراد ($^{\circ}C$)
۱۸	۲-۱۳-۱. درجه فارنهایت ($^{\circ}F$)

۱۹	۱-۱۳-۳. درجه کلوین ($^{\circ}K$)
۱۹	۱-۱۳-۴. تبدیل واحدهای دما به یکدیگر
۲۰	۱-۱۴-۱. جرم حجمی (جرم مخصوص، چگالی، دانسیته)
۲۰	۱-۱۴-۱. تغییرات چگالی
۲۱	۱-۱۵-۱. حجم مخصوص
۲۳	۱-۱۶-۱. وزن مخصوص
۲۵	۱-۱۷-۱. جرم یا وزن مخصوص نسبی
۲۷	۱-۱۸-۱. تراکم‌پذیری سیالات
۲۷	۱-۱۸-۱. سیالات تراکم ناپذیر
۲۸	۱-۱۸-۲. سیالات تراکم پذیر
۲۸	۱-۱۸-۳. سنجش قابلیت تراکم سیالات
۳۳	۱-۱۹-۱. لزجت (ویسکوزیته یا گرانروی)
۳۴	۱-۲۰-۲. تنش برشی
۳۴	۱-۲۱-۲. مثال کلاسیک جریان بین دو صفحه موازی (قانون لزجت نیوتن)
۳۷	۱-۲۲-۲. ضریب لزجت دینامیکی یا لزجت مطلق
۳۸	۱-۲۳-۲. لزجت سینماتیک
۴۲	۱-۲۴-۲. عوامل مؤثر بر ویسکوزیته
۴۲	۱-۲۴-۱. اثر فشار بر روی لزجت
۴۲	۱-۲۴-۲. اثر دما بر روی لزجت
۴۴	۱-۲۵-۲. اندازه‌گیری ویسکوزیته
۴۴	۱-۲۵-۱. لزجت سنج چرخشی
۴۵	۱-۲۵-۲. لزجت سنج سقوطی
۴۶	۱-۲۵-۳. لزجت سنج تخلیه‌ای
۴۷	۱-۲۶-۲. مسائل مطرح شده در قانون لزجت نیوتن
۴۷	۱-۲۶-۱. حرکت یک صفحه روی سیال
۴۸	۱-۲۶-۲. حرکت یک صفحه بین دو سیال
۴۹	۱-۲۶-۳. حرکت یک جسم روی سطح شیب‌دار
۵۰	۱-۲۷-۲. تقسیم‌بندی سیالات
۵۰	۱-۲۷-۱. سیال ایده آل
۵۱	۱-۲۷-۲. سیال حقیقی
۵۴	۱-۲۸-۲. کشش سطحی

۵۵	۲۹-۱. کاربردهای کشش سطحی
۵۵	۲۹-۱-۱. محاسبه فشار نسبی داخلی در قطره
۵۷	۲۹-۱-۲. محاسبه فشار نسبی داخلی در حباب
۵۸	۲۹-۱-۳. محاسبه فشار نسبی داخلی در جت مایع
۵۹	۲۹-۱-۴. خاصیت موینگی
۶۱	۳۰-۱. فشار بخار (PV)
۶۲	۳۱-۱. خلأ زایی (کاویتاسیون)

فصل دوم: استاتیک سیالات

۶۶	مقدمه
۶۶	۱-۲. مفهوم فشار
۶۷	۲-۲. فشار در مایعات و گازها:
۶۷	۱-۲-۱. مایعات
۶۸	۲-۲-۲. گازها
۶۸	۳-۲. تعاریف و اصطلاحات
۶۸	۳-۲-۱. فشار اتمسفر
۶۸	۳-۲-۲. فشار نسبی
۶۹	۳-۲-۳. فشار مطلق
۶۹	۳-۲-۴. فشار خلأ
۷۰	۴-۲. توزیع فشار در یک سیال ساکن
۷۱	۵-۲. معادله کلی فشار در سیالات
۷۲	۵-۲-۱. نیروی فشاری وارد بر حجم المان
۷۴	۵-۲-۲. نیروی گرانش سیال بر واحد حجم المان
۷۴	۵-۲-۳. نیروی اصطکاک بر واحد حجم المان
۷۵	۶-۲. تغییرات فشار در سیال ساکن
۷۶	۷-۲. محاسبه فشار برای سیال تراکم ناپذیر (مایعات)
۷۹	۸-۲. قانون ظروف مرتبطه
۷۹	۹-۲. قانون پاسکال
۸۰	۹-۲-۱. جک هیدرولیکی
۸۲	۱۰-۲. اندازه‌گیری فشار
۸۲	۱۰-۲-۱. بارومتر جیوه‌ای

۸۵	۲-۱۰-۲. مانومتر
۸۵	۲-۱۰-۳. پیزومتر
۸۶	۲-۱۰-۴. مانومتر U شکل
۸۷	۲-۱۱. روش محاسبه فشار در مانومترها
۸۸	۲-۱۰-۵. مانومتر تفاضلی
۹۰	۲-۱۰-۶. مانومتر شیب‌دار
۹۱	۲-۱۲. دستگاه‌های مکانیکی و الکترونیکی اندازه‌گیری فشار
۹۱	۲-۱۱-۱. فشارسنج بوردن
۹۲	۲-۱۱-۲. بارومتر انروید

فصل سوم: نیروی هیدرواستاتیک وارد بر سطوح

۱۰۲	مقدمه
۱۰۲	۳-۱. نیروی هیدرواستاتیکی وارد بر سطوح
۱۰۲	۳-۲. نیروهای هیدرواستاتیکی وارد بر سطوح مسطح افقی
۱۰۳	۳-۳. نیروی هیدرواستاتیکی وارد بر سطوح مسطح شیب‌دار (مایل)
۱۰۵	۳-۴. محاسبه موقعیت مرکز فشار در سطوح شیب‌دار
۱۰۵	۳-۴-۱. محاسبه موقعیت مرکز فشار نسبت به محور X (فاصله مرکز فشار تا سطح آزاد سیال)
۱۰۸	۳-۴-۲. محاسبه موقعیت مرکز فشار نسبت به محور Y
۱۱۰	۳-۵. نیروی هیدرواستاتیکی وارد بر سطوح قائم
۱۱۳	۳-۶. تعیین نیروی هیدرواستاتیک وارد بر سطوح و مرکز فشار آن با استفاده از منشور فشار
۱۱۶	۳-۷. تعیین نیروی هیدرواستاتیک وارد بر سطوح منحنی
۱۱۷	۳-۷-۱. مؤلفه‌های افقی و عمودی وارد بر سطوح منحنی
۱۱۸	۳-۷-۲. محاسبه موقعیت مرکز فشار در سطوح منحنی
۱۱۹	۳-۸. نیروی هیدرواستاتیک در سیال چندلایه‌ای

فصل چهارم: تعادل اجسام مستغرق و شناور

۱۳۸	مقدمه
۱۳۸	۴-۱. نیروی شناوری یا نیروی ارشمیدس
۱۴۱	۴-۱-۱. حالت شناوری
۱۴۲	۴-۱-۲. حالت غوطه‌وری

۱۴۳	۳-۱-۴. حالت تهنشینی
۱۴۴	۲-۴. مرکز شناوری
۱۴۶	۳-۴. پایداری
۱۴۷	۱-۳-۴. معیار پایداری اجسام غوطه‌ور
۱۴۷	۲-۳-۴. مرکز متاسانتریک و ارتفاع متاسانتریک
۱۴۸	۳-۳-۴. معیار پایداری اجسام شناور

فصل پنجم: تعادل نسی

۱۶۲	مقدمه
۱۶۳	۱-۵. حرکت مستقیم‌الخط ظرف حاوی مایع
۱۶۴	۱-۱-۵. حرکت مستقیم‌الخط در راستای افق
۱۶۷	۲-۱-۵. حرکت مستقیم‌الخط در راستای قائم
۱۶۹	۲-۵. حرکت دورانی ظرف حاوی مایع
۱۶۹	۱-۲-۵. حرکت دورانی یکنواخت حول محور قائم
۱۷۲	۲-۲-۵. حرکت دورانی یکنواخت حول محور افقی
۱۷۳	۳-۲-۵. حرکت دورانی یکنواخت ظرف پر از مایع (بسته)

فصل ششم: جریان سیال، مفاهیم و معادلات اساسی

۱۸۸	مقدمه
۱۸۸	۱-۶. جریان سیال
۱۸۸	۱-۱-۶. جریان یکنواخت و غیریکنواخت
۱۹۰	۲-۱-۶. جریان دائمی (پایدار) و غیر دائمی (ناپایدار)
۱۹۱	۳-۱-۶. جریان تراکم پذیر و تراکم ناپذیر
۱۹۲	۴-۱-۶. جریان چرخشی و غیر چرخشی
۱۹۳	۵-۱-۶. تقسیم‌بندی جریان بر اساس بعد
۱۹۳	۶-۱-۶. جریان آرام یا آشفته
۱۹۴	۲-۶. خط جریان، مسیر جریان، خط تمایل
۱۹۵	۳-۶. خطوط پتانسیل یا خطوط هم‌پتانسیل
۱۹۶	۴-۶. شبکه جریان
۱۹۶	۵-۶. روش‌های تحلیل جریان سیال

۱۹۶	۶-۶. بررسی حرکت سیال
۱۹۷	۶-۷. سیستم و حجم کنترل
۱۹۷	۶-۸. جرم مشخص (سیستم)
۱۹۷	۶-۹. حجم کنترل (حجم مشخص)
۱۹۸	۶-۱۰. معادلات اساسی مکانیک سیالات
۱۹۸	۶-۱۱. قانون بقای جرم (پیوستگی)
۱۹۸	۶-۱۱-۱. دبی یا شدت جریان
۲۰۱	۶-۱۲. معادله اندازه حرکت یا مومنوم (قانون دوم نیوتن)
۲۰۳	۶-۱۲-۱. محاسب نیروی وارد شده از طرف یک جت آب به صفحه
۲۰۴	۶-۱۳. قانون بقای انرژی یا قانون اول ترمودینامیک
۲۰۵	۶-۱۳-۱. انرژی ناشی از ارتفاع سیال (انرژی پتانسیل)
۲۰۵	۶-۱۳-۲. انرژی فشاری
۲۰۵	۶-۱۳-۳. انرژی جنبشی
۲۰۶	۶-۱۴. معادله برنولی
۲۰۷	۶-۱۴-۱. معادله برنولی برای سیالات ایده آل
۲۰۸	۶-۱۴-۲. معادله برنولی برای سیالات حقیقی
۲۱۱	۶-۱۵. تغییرات انرژی سیستم هیدرولیکی
۲۱۵	۶-۱۶. تأثیر ماشین‌های هیدرولیکی بر شیب خط انرژی
۲۱۶	۶-۱۶-۱. محاسبه توان و راندمان پمپ و توربین
۲۱۷	۶-۱۷. کاربردهای رابطه برنولی (وسایل اندازه‌گیری جریان)
۲۱۷	۶-۱۷-۱. حرکت مایع از اوریفیس (دریچه یا روزنه)
۲۲۷	۶-۱۷-۲. ارتفاع صعود مایع پس از خارج شدن از لوله
۲۲۹	۶-۱۷-۳. ونتوری
۲۳۱	۶-۱۷-۴. لوله پیتوت
۲۳۳	۶-۱۷-۵. سیفون
۲۳۸	۶-۱۷-۶. آب‌بند
۲۴۰	۶-۱۷-۷. تغییر مقطع جریان

فصل هفتم: حرکت سیالات در لوله‌ها و مجاری تحت فشار

۲۴۸	مقدمه
۲۴۸	۷-۱. جریان سیال لزج

۲۴۸	۲-۷. انواع جریان در لوله‌ها
۲۴۸	۱-۲-۷. تقسیم‌بندی جریان بر اساس وسعت میدان جریان
۲۴۹	۲-۲-۷. تقسیم‌بندی جریان بر اساس چگونگی حرکت لایه‌های سیال
۲۵۰	۳-۷. معیار آرام یا آشفته بودن جریان
۲۵۶	۴-۷. ناحیه ورودی
۲۵۹	۵-۷. طول ناحیه ورودی هیدرودینامیکی
۲۶۰	۶-۷. فشار و تنش برشی در لوله‌ها:
۲۶۳	۷-۷. جریان لایه‌ای کاملاً توسعه‌یافته در لوله مدور
۲۶۷	۸-۷. محاسبه افت فشار در لوله مدور
۲۶۸	۹-۷. محاسبه افت فشار اصطکاکی
۲۶۸	۱-۹-۷. معادله دارسی-وایزباخ
۲۷۸	۲-۹-۷. معادلات تجربی برای محاسبه افت اصطکاکی
۲۸۹	۱۰-۷. تأثیر زمان در ضریب اصطکاک
۲۹۰	۱۱-۷. رابطه بین قطر لوله و افت ناشی از اصطکاک
۲۹۱	۱۲-۷. محاسبه افت موضعی
۲۹۵	۱-۱۲-۷. افت موضعی در اثر انبساط ناگهانی مقطع
۲۹۵	۲-۱۲-۷. افت موضعی در اثر خروج سیال از لوله به مخزن
۲۹۶	۳-۱۲-۷. افت موضعی در اثر انقباض ناگهانی مقطع
۳۰۱	۴-۱۲-۷. طول معادل
۳۰۱	۱۳-۷. جریان در مجاری غیر دایره‌ای
۳۰۴	۱۴-۷. استفاده از قطر مؤثر
۳۰۶	۱۵-۷. اتصال لوله‌ها
۳۰۶	۱-۱۵-۷. لوله‌های سری (متوالی)
۳۰۷	۲-۱۵-۷. لوله‌های موازی
۳۰۷	۳-۱۵-۷. قطر معادل در لوله‌های موازی و سری
۳۰۸	۴-۱۵-۷. سیستم چند لوله‌ای حلقه‌ای

فصل هشتم: حرکت سیالات در کانالها و مجاری باز

۳۱۶	مقدمه
۳۱۶	۱-۸. تفاوت جریان در کانالهای باز با جریان در مجاری تحت فشار
۳۱۷	۲-۸. انواع کانالهای باز

۳۱۷	۸-۲-۱. کانالهای طبیعی یا مصنوعی
۳۱۷	۸-۲-۲. تقسیم‌بندی کانالها بر اساس تغییر سطح بستر
۳۱۷	۸-۲-۳. تقسیم‌بندی کانالها بر اساس وضعیت پوشش
۳۱۸	۸-۲-۴. تقسیم‌بندی کانالها بر اساس کاربرد آنها
۳۱۸	۸-۳. تقسیم‌بندی کانالها بر اساس شکل مقطع
۳۱۹	۸-۴. مشخصات هندسی کانالهای باز
۳۲۲	۸-۵. طبقه‌بندی جریان در کانالهای باز
۳۲۲	۸-۵-۱. جریان پایا (دائمی) و ناپایا (غیر دائمی)
۳۲۲	۸-۵-۲. جریان یکنواخت و غیریکنواخت (متغیر)
۳۲۴	۸-۵-۳. جریان همگن یا لایه بندی شده
۳۲۴	۸-۶. نیروهای وارد بر سیال و تعیین رژیم جریان در کانالهای باز
۳۲۴	۸-۶-۱. اثر نیروی اینرسی و لزجت
۳۲۵	۸-۶-۲. اثر نیروی اینرسی و نیروی وزن
۳۲۶	۸-۷. سرعت موج سطحی
۳۲۶	۸-۸. تقسیم‌بندی انواع جریان بر مبنای عدد فرود
۳۲۸	۸-۹. تعیین رژیم جریان در کانالهای باز
۳۲۹	۸-۱۰. انرژی سیستم در جریان آزاد
۳۳۱	۸-۱۱. انرژی ویژه (E)
۳۳۳	۸-۱۲. محاسبه عمق بحرانی و انرژی مخصوص حداقل
۳۳۴	۸-۱۲-۱. پارامترهای بحرانی جریان و انرژی مخصوص حداقل برای کانال مستطیلی شکل
۳۳۴	۸-۱۲-۲. عمق بحرانی، سرعت بحرانی و انرژی مخصوص حداقل برای کانال مثلثی شکل
۳۳۵	۸-۱۲-۳. عمق بحرانی، سرعت بحرانی و انرژی مخصوص حداقل برای کانال دوزنقه‌ای و دایره‌ای شکل
۳۳۷	۸-۱۲-۴. محاسبه عمق بحرانی برای مقاطع نامشخص
۳۳۷	۸-۱۳. بررسی جریان کانال با عمق یکنواخت
۳۳۸	۸-۱۳-۱. تنش برشی در کانالهای باز
۳۳۹	۸-۱۳-۲. توزیع سرعت در جریان یکنواخت
۳۴۰	۸-۱۳-۳. معادله شزی
۳۴۲	۸-۱۳-۴. رابطه مانینگ
۳۴۴	۸-۱۴. محاسبه شیب بحرانی در کانال
۳۴۴	۸-۱۴-۱. کانال با مقطع مستطیلی
۳۴۴	۸-۱۴-۲. کانال با مقطع غیر مستطیلی

۳۴۵	۸-۱۵. بهترین مقطع هیدرولیکی
۳۴۵	۸-۱۵-۱. کانال مستطیلی
۳۴۶	۸-۱۵-۲. کانال مثلثی
۳۴۶	۸-۱۵-۳. کانال دوزنقه‌ای
۳۴۶	۸-۱۵-۴. کانال دایره‌ای و نیم‌دایره
۳۴۷	۸-۱۶. جریان کانال با عمق متغیر
۳۴۷	۸-۱۷. جریان متغیر تدریجی
۳۴۸	۸-۱۸. جریان متغیر سریع
۳۴۸	۸-۱۹. پرش هیدرولیک
۳۵۱	۸-۲۰. سرریزها
۳۵۲	۸-۲۰-۱. سرریز لبه تیز
۳۵۷	۸-۲۰-۲. سرریز لبه پهن
۳۵۹	۸-۲۱. دریچه‌های آبگیر

فصل نهم: پمپ و پمپاژ

۳۷۸	مقدمه
۳۷۸	۹-۱. تعریف پمپ
۳۷۸	۹-۲. تقسیم‌بندی پمپ‌ها
۳۷۹	۹-۳. تقسیم‌بندی پمپ‌ها بر اساس نوع استفاده آن‌ها
۳۷۹	۹-۴. تقسیم‌بندی پمپ‌ها بر اساس نحوه انتقال انرژی به سیال
۳۸۰	۹-۴-۱. پمپ‌های دینامیکی
۳۸۲	۹-۴-۲. پمپ‌های جابجایی مثبت
۳۸۵	۹-۵. پمپ‌های سانتریفیوژ
۳۸۵	۹-۶. کاربرد پمپ‌های سانتریفیوژ
۳۸۶	۹-۷. مزایای پمپ‌های سانتریفیوژ
۳۸۶	۹-۸. معایب پمپ‌های سانتریفیوژ
۳۸۷	۹-۹. اجزای اصلی پمپ‌های سانتریفیوژ
۳۸۷	۹-۱۰. بدنه یا پوسته پمپ
۳۸۸	۹-۱۱. پروانه یا چرخ
۳۸۹	۹-۱۲. ساختمان چرخ در پمپ‌های سانتریفیوژ
۳۸۹	۹-۱۲-۱. تقسیم‌بندی پروانه‌ها بر اساس مسیر عبور سیال نسبت به محور پمپ

۳۹۱	۲-۱۲-۹. تقسیم‌بندی پروانه‌ها بر اساس چگونگی پوشش اطراف آن
۳۹۳	۳-۱۲-۹. تقسیم‌بندی پمپ‌ها بر اساس نحوه مکش
۳۹۴	۱۳-۹. محور پمپ
۳۹۴	۱۴-۹. اجزای فرعی پمپ‌های سانتریفیوژ
۳۹۴	۱-۱۴-۹. محفظه آب‌بندی
۳۹۵	۱۵-۹. نوارهای آب‌بندی و یا آب‌بندهای نوع مکانیکی
۳۹۵	۱۶-۹. انواع نوارهای آب‌بندی متداول
۳۹۵	۱-۱۶-۹. نوارهای آب‌بندی با الیاف گیاهی
۳۹۵	۲-۱۶-۹. نوارهای آب‌بندی آزیستی
۳۹۶	۳-۱۶-۹. نوارهای آب‌بندی (PTFE)
۳۹۶	۴-۱۶-۹. نوارهای آب‌بندی گرافیتی
۳۹۶	۱۷-۹. آب‌بندهای مکانیکی
۳۹۷	۱-۱۷-۹. انواع آب‌بندهای مکانیکی
۳۹۷	۲-۱۷-۹. مصالح مورد استفاده در آب‌بندهای مکانیکی
۳۹۷	۱۸-۹. حلقه‌های منفذ دار یا رینگ خنک کاری
۳۹۸	۱۹-۹. بوش روی محور
۳۹۸	۲۰-۹. یاتاقان‌ها
۳۹۸	۱-۲۰-۹. انواع یاتاقان‌ها
۳۹۹	۲۱-۹. حلقه‌های سایش
۳۹۹	۲۲-۹. مشخصه‌های عملکرد پمپ‌های سانتریفیوژ
۳۹۹	۱-۲۲-۹. دبی حجمی (آهنگ جریان)
۴۰۰	۲-۲۲-۹. ارتفاع کل دینامیک یا (TDH)
۴۰۲	۳-۲۲-۹. توان مصرفی و توان مفید پمپ
۴۰۳	۴-۲۲-۹. اندمان پمپ
۴۰۴	۵-۲۲-۹. ارتفاع مثبت خالص مکش (NPSH)
۴۰۶	۶-۲۲-۹. اقدامات لازم برای کاهش NPSH
۴۰۶	۷-۲۲-۹. اقدامات لازم برای بالا بردن (NPSH)
۴۰۶	۸-۲۲-۹. محاسبه ارتفاع مکش ماکزیمم
۴۰۷	۲۳-۹. کاویتاسیون
۴۰۸	۲۴-۹. منحنی مشخصه پمپ
۴۱۰	۲۵-۹. نقطه عملکرد پمپ