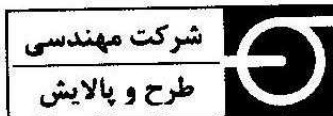


مهندسی کاربردی تجهیزات دوار در صنایع
نفت و گاز

پمپ‌ها

به کوشش بخش تجهیزات دوار شرکت مهندسی طرح و پالایش
مؤلف: علی هادی پور

مدیر گروه مکانیکال و فرایند شرکت مهندسی طرح و پالایش



انتشارات پندار پارس

سرشناسه	هادی پور، علی، ۱۳۵۲ -
عنوان و نام پدیدآور	مهندسی کاربردی تجهیزات دوار در صنایع نفت و گاز؛ پمپ‌ها/ علی هادی پور.؛ بخش تجهیزات دوار شرکت مهندسی طرح و پالایش.
مشخصات نشر	تهران : پندار پارس، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	۳۸۴ ص.؛ مصور، جدول، نمودار.
شابک	978-600-8201-51-9 : ۵۰۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	واژه‌نامه.
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	ماشین‌آلات تلمبه‌زنی
موضوع	Pumping machinery
موضوع	چاه‌های نفت -- پمپ‌ها
موضوع	Oil well pumps
شناسه افزوده	شرکت مهندسی طرح و پالایش
رده بندی کنگره	۱۳ م ۲۹ / ۹۰۰ / TJ
رده بندی دیویی	۷۶۹
شماره کتابشناسی ملی	۹۱۲۵

تهران، خیابان قائم مقام فراهانی، کوچه آزادگان، شماره ۱۳، کد پستی ۱۵۸۶۷۳۵۵۱۴

پست الکترونیک: info@tarhopalay

شرکت مهندسی

طرح و پالایش



نام کتاب	مهندسی کاربردی تجهیزات دوار در صنایع نفت و گاز؛ پمپ‌ها
ناشر	انتشارات پندار پارس، به سفارش شرکت طرح و پالایش
ترجمه و تالیف	علی هادی پور
چاپ نخست	آبان ماه ۹۶
شمارگان	۵۰۰ نسخه
طرح جلد	رامین شکراللهی
لیتوگرافی، چاپ، صحافی	ترام‌سنج، فرشویه، نوری
قیمت	۵۰۰۰۰ تومان
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۸۲۰۱-۵۱-۹

تمامی حقوق اعم از چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس، برای شرکت مهندسی طرح و پالایش محفوظ است

فهرست

۷.....	فصل ۱؛ آشنایی با پمپ‌ها
۷.....	۱-۱- مقدمه
۸.....	۲-۱- تاریخچه پمپ
۹.....	۳-۱- دسته‌بندی پمپ‌ها
۱۱.....	۴-۱- مقدمه‌ای بر پمپ‌های سانتریفیوژ
۱۳.....	۱-۴-۱- دسته‌بندی پمپ‌های سانتریفیوژ
۱۳.....	۱-۴-۱-۱- بر اساس نوع جریان
۱۵.....	۱-۴-۱-۲- بر اساس مکان پروانه
۱۶.....	۱-۴-۱-۳- بر اساس جهت قرارگیری شفت
۱۷.....	۱-۴-۱-۴- بر اساس تعداد مراحل
۱۸.....	۱-۴-۱-۵- بر اساس تکنیک پوسته
۱۹.....	۵-۱- مقدمه‌ای بر پمپ‌های جابجایی مثبت
۱۹.....	۱-۵-۱- پمپ‌های رفت و برگشتی
۱۹.....	۱-۵-۱-۱- پمپ‌های پیستونی و پلانجری
۲۰.....	۱-۵-۱-۲- پمپ‌های دیافراگمی
۲۱.....	۲-۵-۱- پمپ‌های روتاری
۲۲.....	۱-۵-۱-۲- پمپ چرخ‌دنده‌ای
۲۳.....	۲-۵-۱-۲- پمپ لوب
۲۴.....	۳-۵-۱-۲- پمپ پره‌ای
۲۵.....	۴-۵-۱-۲- Progressive Cavity پمپ
۲۶.....	۵-۵-۱-۲- پمپ پیچی

فصل ۲: پمپ‌های سانتریفیوژ ۲۷

۲۷..... ۱-۲- مقدمه

۲۷..... ۲-۲- دسته‌بندی پمپ‌های سانتریفیوژ مطابق با استاندارد API 610

۳۸..... ۳-۲- ساختار و متعلقات پمپ‌های سانتریفیوژ

۳۸..... ۱-۳-۲- اجزای اصلی پمپ

۳۸..... ۱-۱-۳-۲- پسته

۴۳..... ۳-۱-۲- پروانه

۴۸..... ۳-۱-۲- شفت

۴۹..... ۱-۱-۳-۲- رینگ سایشی

۵۰..... ۱-۳-۲- ادوات الانس هیدرولیکی

۵۴..... ۱-۳-۲- ۶-۱- بیرینگ

۶۵..... ۱-۳-۲- ۷-۱- کوپلینگ

۷۰..... ۱-۳-۲- ۸-۱- بیس پلیت

۷۳..... ۲-۳-۲- آب‌بندی

۷۴..... ۱-۲-۳-۲- آب‌بند مکانیکی

۸۳..... ۲-۲-۳-۲- پکینگ

۸۹..... ۳-۳-۲- سیستم‌های محرک پمپ

۸۹..... ۱-۳-۳-۲- موتورهای الکتریکی

۱۰۳..... ۲-۳-۳-۲- موتورهای احتراقی

۱۰۵..... ۳-۳-۳-۲- توربین‌های بخار و گاز

۱۰۹..... ۴-۲- پارامترهای هیدرولیکی

۱۰۹..... ۱-۴-۲- فشار بخار

۱۱۰..... ۲-۴-۲- ویسکوزیته

۱۱۱..... ۳-۴-۲- چگالی ویژه

- ۱۱۱..... ۲-۴-۴- توان هیدرولیکی
- ۱۱۲..... ۲-۴-۵- راندمان
- ۱۱۴..... ۲-۴-۶- سرعت مخصوص
- ۱۱۵..... ۲-۴-۷- سرعت مخصوص مکش
- ۱۱۷..... ۲-۴-۸- هد مکش مثبت خالص
- ۱۲۱..... ۲-۴-۹- منحنی سیستم
- ۱۲۴..... ۲-۴-۱- منحنی پمپ
- ۱۲۵..... ۲-۴-۱- تاثیر سرعت مخصوص بر روی منحنی عملکرد پمپ
- ۱۲۸..... ۲-۴-۱۲- کارکرد پمپ در خارج از محدوده بهینه
- ۱۳۱..... ۲-۴-۱۳- قوانین تشابه
- ۱۳۲..... ۲-۴-۱۴- فاکتورهای اصلاح اسکوزیت
- ۱۴۳..... ۲-۵-۵- شرایط عملکردی پمپ‌های سانتریفیوژ
- ۱۴۳..... ۲-۵-۱- محدوده عملکرد پمپ‌های سانتریفیوژ
- ۱۴۳..... ۲-۵-۱-۱- محدوده مطلوب عملکرد پمپ
- ۱۴۴..... ۲-۵-۱-۲- محدوده مجاز عملکرد پمپ
- ۱۴۷..... ۲-۵-۲- ترکیب سری و موازی پمپ‌ها
- ۱۴۷..... ۲-۵-۱-۲- ترکیب موازی پمپ‌های سانتریفیوژ
- ۱۴۹..... ۲-۵-۲-۲- ترکیب سری پمپ‌های سانتریفیوژ
- ۱۵۰..... ۲-۵-۳- راه‌اندازی پمپ‌های سانتریفیوژ
- ۱۵۴..... ۲-۵-۱-۳- راه‌اندازی با شیر خروجی بسته
- ۱۵۴..... ۲-۵-۲-۳- راه‌اندازی با شیر حداقل دبی باز
- ۱۵۴..... ۲-۵-۳-۳- راه‌اندازی با شیر خروجی باز و شیر یک طرفه
- ۱۵۵..... ۲-۵-۳-۴- راه‌اندازی با شیر خروجی باز
- ۱۵۵..... ۲-۵-۴- تنظیم دبی در پمپ‌های سانتریفیوژ

۱۵۶..... ۲-۵-۴-۱- شیر اختناق

۱۵۸..... ۲-۵-۴-۲- کنترل با استفاده از برگشت جریان

۱۶۰..... ۲-۵-۴-۳- آرایش ترکیبی پمپ‌ها

۱۶۲..... ۲-۵-۴-۴- تیغه پروانه قابل تنظیم

۱۶۳..... ۲-۵-۴-۵- پره راهنما قابل تنظیم

۱۶۴..... ۲-۵-۴-۶- تنظیم سرعت

۱۸۳..... ۲-۵-۴-۷- کاهش قطر پروانه

فصل ۳؛ پمپ‌های جابجایی مثبت..... ۱۸۷

۱۸۷..... ۳-۱- مقدمه

۱۸۹..... ۳-۲- پمپ‌های رفت و برگشتی

۱۹۰..... ۳-۲-۱- پمپ‌های پیستونی

۱۹۰..... ۳-۲-۱-۱- روش کار پمپ پیستونی

۱۹۰..... ۳-۲-۱-۲- پمپ‌های پیستونی محوری با محور خمیده

۱۹۱..... ۳-۲-۱-۳- پمپ‌های پیستونی محوری با صفحه زاویه گیر

۱۹۲..... ۳-۲-۱-۴- پمپ‌های پیستونی شعاعی

۱۹۳..... ۳-۲-۲- پمپ‌های پلانجری

۱۹۶..... ۳-۲-۳- پمپ‌های حجم کنترل

۱۹۷..... ۳-۲-۱- اجزای اصلی پمپ‌های حجم کنترل

۲۰۹..... ۳-۲-۳-۲- منحنی مشخصه پمپ‌های حجم کنترل

۲۱۲..... ۳-۲-۴- ساختار و متعلقات پمپ‌های رفت و برگشتی

۲۲۳..... ۳-۲-۵- تجهیزات جانبی پمپ‌های رفت و برگشتی

۲۲۴..... ۳-۲-۶- عملکرد پمپ‌های رفت و برگشتی

۲۲۹..... ۳-۳- پمپ‌های روتاری

۲۳۳..... ۳-۱-۳- پمپ‌های پره‌ای

۲۳۵	۲-۳-۳- پمپ‌های لوب
۲۳۶	۳-۳-۳- پمپ‌های چرخ‌دنده‌ای
۲۳۷	۱-۳-۳-۲- پمپ‌های چرخ‌دنده‌ای خارجی
۲۳۹	۲-۳-۳-۳- پمپ‌های چرخ‌دنده‌ای داخلی
۲۴۱	۴-۳-۳- پمپ‌های پیچی
۲۴۲	۱-۴-۳-۱- پمپ‌های تک‌پیچی
۲۴۴	۲-۴-۳-۲- پمپ‌های چندپیچی با چرخ‌دنده هم‌زمان‌کننده
۲۴۷	۳-۴-۳-۳- پمپ‌های چندپیچی بدون چرخ‌دنده هم‌زمان‌کننده
۲۴۹	۴-۳-۳-۴- پمپ‌های پیچی

فصل ۴: انتخاب و خرید پمپ

۲۵۵	۱-۴- مقدمه
۲۵۷	۲-۴- فرآیند انتخاب پمپ
۲۵۹	۳-۴- انتخاب پمپ یذکی
۲۶۱	۴-۴- انتخاب متریال
۲۶۷	۵-۴- انتخاب پلان آب‌بند
۲۷۱	۶-۴- تکمیل دیتاشیت
۲۷۶	۷-۴- بسته خرید
۲۸۴	۸-۴- مهندسی خرید
۲۸۵	۱-۸-۴- پیشنهاد
۲۹۱	۲-۸-۴- قرارداد

فصل ۵: آزمون‌های پذیرش هیدرولیکی

۲۹۹	۱-۵- مقدمه
۳۰۰	۲-۵- آزمون‌های پذیرش هیدرولیکی برای پمپ‌های سانتریفیوژ

۳۰۱	 ۵-۲-۱- آزمون عملکردی
۳۱۶	 ۵-۲-۲- آزمون هیدرواستاتیک
۳۱۷	 ۵-۲-۳- آزمون راهاندازی مکانیکی
۳۱۷	 ۵-۲-۴- آزمون NPSH
۳۲۲	 ۵-۲-۵- آزمون کل واحد
۳۲۲	 ۵-۲-۶- آزمون سطح صدا
۳۲۲	 ۵-۲-۷- آزمون تجهیزات جانبی
۳۲۲	 ۵-۲-۸- آزمون رزونانس محفظه بیرینگ
۳۲۳	 ۵-۳-۳- آزمون‌های پذیرش - بدرولیکی برای پمپ‌های جابجایی مثبت
۳۲۴	 ۵-۳-۱- آزمون عملکردی
۳۲۶	 ۵-۳-۲- آزمون هیدرواستاتیک
۳۲۸	 ۵-۳-۳- آزمون راهاندازی مکانیکی
۳۲۸	 ۵-۳-۴- آزمون NFAP/NPSH
۳۲۹	 ۵-۳-۵- آزمون کل واحد
۳۲۹	 ۵-۳-۶- آزمون سطح صدا
۳۲۹	 ۵-۳-۷- آزمون پاسخ گاورنر و سیستم‌های رفع خطای در سرعت بالا
۳۲۹	 ۵-۳-۸- آزمون فشار تخلیه بالا
۳۲۹	 ۵-۳-۹- آزمون پذیرش کارخانه
۳۲۹	 ۵-۳-۱۰- آزمون مکانیکی سیال چندفازی
۳۳۰	 ۵-۳-۱۱- آزمون راهاندازی خشک
۳۳۱	 فصل ۶: نصب و راهاندازی پمپ
۳۳۱	 ۶-۱- مقدمه
۳۳۲	 ۶-۲- باربندی و بالابری
۳۳۳	 ۶-۳- تحویل‌گیری در سایت و محافظت

۳۳۴.....	۴-۶- فونداسیون
۳۳۵.....	۵-۶- گروت ریزی
۳۳۶.....	۶-۶- هم محور سازی شفت ها
۳۴۱.....	۷-۶- شستشو و روانکاری
۳۴۱.....	۸-۶- راه اندازی اولیه و شروع به کار پمپ
۳۴۱.....	۶-۸-۱- راه اندازی اولیه پمپ سانتریفیوژ
۳۴۴.....	۶-۸-۲- راه اندازی اولیه پمپ رفت و برگشتی
۳۴۷.....	۶-۸-۳- راه اندازی اولیه پمپ روتاری
۳۴۹.....	واژه نامه انگلیسی - فارسی
۳۶۵.....	تعاریف و اختصارات
۳۶۷.....	مراجع

پیش گفتار اول

چنانچه پمپ‌ها را به عنوان قلب پنبه واحدهای فرآیندی صنعت نفت تصور نمایم، اهمیت آگاهی و اشراف مهندسين طراح اين صنعت از جمله مهندسين فرآيند، مکانیک، برق، ابزار دقیق و ... به جزئیات دانش فنی این تجهیز کلیدی مشخص تر و ضرورت تنظیم و تدوین کتاب حاضر توجیه می‌شود.

کتاب حاضر به کوشش کارشناسان بخش تجهیزات و شرکت مهندسی طرح و پالایش تهیه شده و امید است بتواند در جهت افزایش توان فنی و مهندسی صنعت نفت کشورمان مورد استفاده مهندسين و متخصصين اين صنعت قرار گیرد.

فرامرز ذوریان

مدیر امور مهندسی و طرح‌ها
شرکت مهندسی طرح و پالایش

پیش گفتار دوم

پمپ‌ها وظیفه انتقال سیال در واحدهای صنعتی را بر عهده دارند و با انتقال انرژی مکانیکی به سیال موجب افزایش سرعت و فشار آن می‌شود. این تجهیزات نقش کلیدی و غیرقابل انکاری در تمامی صنایع از جمله در زمینه نفت و گاز دارند. همگام با پیشرفت علم، امروزه سازندگان مطرح در سرتاسر دنیا سعی دارند تا با استفاده از تکنولوژی‌های نوین محصری به سه از نظر اقتصادی و فنی ارائه نمایند. در کشور ما نیز سازندگان این تجهیزات سعی دارند تا با ساخت محصولی با کیفیت، جایگاه محصولات داخلی را در صنایع مختلف بویژه نفت و گاز و پتروشیمی تثبیت کنند.

پمپ‌ها و به طور کلی تجهیزات دوار از نظر هزینه اولیه و عملیاتی به عنوان پرهزینه‌ترین تجهیزات شناخته می‌شوند. به نحوی که هزینه‌های عملیاتی نظیر انرژی مصرفی و هزینه تعمیر و نگهداری، بخش عظیمی از مخارج سالیانه واحدهای فرایندی را تشکیل می‌دهند. بدیهی است انتخاب صحیح، نصب مناسب و نگهداری مطلوب از این تجهیزات و به طور کلی شناخت درست آن‌ها راجب صرفه‌جویی در هزینه‌ها، افزایش سوددهی واحدها، کاهش خرابی و وقفه‌های احتمالی در تولید و در نتیجه افزایش عمر مفید این تاسیسات می‌شود.

یکی از اصلی‌ترین مشکلاتی که در اکثر صنایع در رابطه با این تجهیزات به چشم می‌خورد سهل‌انگاری در انتخاب، خرید و تست است. بیشتر مواقع پمپ‌ها بر اساس یک سری فرضیات و محاسبات غیر معقول و بدون در نظر گرفتن پیامدهای ممکن انتخاب می‌شوند. از جمله پیامدهای فنی و اقتصادی آن می‌توان به کاهش بازدهی پمپ‌ها، نیاز به تعویض قطعات و عدم تامین فشار کافی با گذشت عمر تجهیز اشاره کرد.

به کوشش بخش تجهیزات دوار شرکت مهندسی طرح و پالایش

وجود اطلاعات مدون در زمینه انواع پمپ‌ها و یک منبع فارسی مطمئن در ارتباط با خرید پمپ‌ها صنعتی می‌تواند تا حد زیادی مشکلات پیش روی مهندسی تجهیزات دوار را از میان بردارد. به همین منظور مجموعه حاضر توسط کارشناسان بخش تجهیزات دوار شرکت مهندسی طرح و پالایش با بهره‌گیری تجارب و دانش مهندسين این رشته و استفاده از استانداردهای معتبر؛ گردآوری و تدوین شده است.

نادر داودی

رئیس امور مهندسی

شرکت مهندسی طرح و پالایش

مقدمه مولف

صنعت نفت و گاز همانند حیات بشر به انتقال سیال وابسته است و انتقال سیال توسط تجهیزات متداول نظیر پمپ و کمپرسور انجام می‌شود. تجهیزات دوار قلب تپنده صنایع نفت و گاز هستند و از نظر وزن عملیاتی و تعداد، حدود ۲۰ درصد از دارایی‌های مجتمع‌های نفت و گاز را تشکیل می‌دهند در حالی که تأثیری معادل با ۸۰ درصد باقیمانده دارند. پس از موتورهای الکتریکی، پمپ‌ها تجهیزاتی با بیشترین دفعات نصب در جهان می‌باشند. تخمین زده می‌شود که امروزه در سراسر کره زمین بیش از ده میلیارد پمپ در صنایع مختلف استفاده می‌شود.

تجهیزات پمپاژ همواره بخش اصلی یک سیستم فرایندی هستند که از کار افتادن آن‌ها منجر به توقف تولید و خاموش شدن تاسیسات مورد نظر می‌شود. بر این اساس شناسایی با طراحی، ساختار، فرایند انتخاب، خرید، نصب و پیش راه‌اندازی به منظور افزایش عمر تجهیزات، کاهش هزینه‌های تعمیرات، کاهش ریسک و بهبود راندمان؛ حائز اهمیت می‌باشد. در همین راستا سرفصل‌های این کتاب تاکید بر مباحثی نظیر ساختار، متعلقات، پارامترهای هیدرولیکی، شرایط عملکردی، انتخاب، خرید، تست، نصب و راه‌اندازی در قالب یک منبع مفید و کاربردی تدوین گردیده است.

در کتاب حاضر تلاش شده است تا با بهره‌گیری از آخرین ویرایش‌های رسمی استانداردهای بین‌المللی (در زمان نگارش کتاب) و کتابچه‌های معتبر تجهیزات دوار در صنعت نفت و گاز، مباحث منتخب و کاربردی به صورت منسجم گردآوری شود. کتاب پیش رو با اهداف کلی نظیر افزایش سطح آگاهی درون سازمانی کارکنان صنعت نفت و گاز، ارتقای سطح دانش کارشناسان، گردآوری شاخص‌های مورد نیاز جهت

به کوشش بخش تجهیزات دوار شرکت مهندسی طرح و پالایش

درک صحیح از پمپ و عملکرد آن و مدون سازی روند انتخاب و خرید پمپ تالیف شده است. مخاطبین این کتاب مهندسین تجهیزات دوار در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی بویژه مهندسان تازه کار و همچنین سایر افراد علاقمند به مطالعه در این زمینه می باشد.

همچنین از کارشناسان محترم بخش تجهیزات دوار شرکت طرح و پالایش آقایان مهندسین شهریار شریعتی، حامد فلاح، دانیال مقربیان، سینا قاسمی مقدم و خانم مهندس آیین طاهری که در تدوین مطالب کتاب همکاری نموده اند، قدردانی می گردد.

در پایان از مدیریت محترم شرکت مهندسی طرح و پالایش به دلیل حمایت های بی دریغ و مساعدت های به عمل آمده و همچنین در جناب آقای مهندس عارف حبیب زاده به جهت ارائه راهنمایی های فنی و کاربردی قدردانی می نماید.

علی هادی پور

معاون گروه مکانیکال و فرایند
شرکت مهندسی طرح و پالایش