جلد ششم

اصول کلی عملیات دریافت، نگهداشت و توزیع فرآورده‌های نفتی

آشنایی با تجهیزات فنی مورد استفاده در انبارهای نفت

تالیف و تدوین: محمدرضا یگانه

اصول کلی عملیات دریافت، نگهداشت و توزیع فرآورده‌های نفتی

۶

آشنایی با تجهیزات فنی مورد استفاده در انبارهای نفت

مهمترین خاستگاه
تجهیزات مورد استفاده در صنعت،
ایده انجام ایمن و سریع فعالیت‌ها دراحجام
بالا بوده است. درصنعت نفت، پمپ‌های آتش نشانی و
دیزل ژنراتورهای اضطراری به‌عنوان تجهیزاتی اطمینان‌بخش،
تداوم عملیاتی چون دریافت، نگهداشت و توزیع فرآورده‌های نفتی را در
فضائی ایمن و آماده برای مواجهه با هرگونه شرایط اضطراری ممکن ساخته‌اند.
اهمیت نقش شیرآلات و تجهیزات خرد و ریزی که شکل‌گیری فرآیندها را ممکن
می‌سازند، کمتر از تجهیزات سنگین درصنعت نیست. هر یک از موارد
پیش‌گفته در ارتباطی تنگاتنگ به لحاظ ایجاد شرایط فنی و
ایمنی، لزوم شناخت و آشنائی با حوزه‌های کاربرد و
نگهداشت خود را گوشزد می‌نمایند.

شرکت ملی پالایش، پخش فرآورده‌های نفتی ایران

بسم الله الرحمن الرحيم

جلد ششم

آشنایی با تجهیزات فنی مورد استفاده در انبارهای نفت

اصول کلی عملیات دریافت، نگهداشت و توزیع فرآورده‌های نفتی

تالیف وتدوین:
محمدرضا یگانه

شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران

تهران خیابان استاد نجات الهی-خیابان ورشو-پلاک۴ تلفن ۸۸۹۰۷۸۸۶

نام کتاب : اصول کلی عملیات دریافت،نگهداشت وتوزیع فرآورده‌های نفتی
جلد ششم: آشنایی با تجهیزات فنی مورد استفاده در انبارهای نفت
تالیف و تدوین: محمدرضا یگانه
طراحی و صفحه‌آرایی: موسسه طرح خوب (پرویز مقدم)
تائید محتوایی: کمیته انتشارات امور آموزش
تیراژ : ۵۰۰ نسخه
نشر: اداره نشر روابط عمومی

حق چاپ محفوظ است

www.niordc.ir

تقدیم به

آنانکه دل در گرو خدمت به میهن عزیز ایران نهادند

مقدمه

شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران، به عنوان یکی از صنایع بزرگ و تاثیرگذار درگسترهٔ صنعت نفت کشور، مسؤولیت خطیر پالایش نفت خام و گردشِ چرخهٔ تأمین، انتقال و توزیع انواع فرآورده‌های نفتی رابر عهده دارد. این شرکت دراسفندماه ۱۳۷۰ براساس سیاست تفکیكِ فعالیت‌های بالادستی و پایین دستی، به عنوان یکی از چهار شرکت اصلی وزارت نفت تاسیس شد و از سال ۱۳۷۱ فعالیت رسمی خود راآغاز کرد. شرکت ملی پالایش و پخش از ابتدای فعالیت خویش تا کنون نظر به نیاز و درخواستِ روزافزون کشور به فرآورده‌های نفتی، پیوسته تلاش خود را در راستای روزآمدی، سامان بخشی و ارتقاء زیرمجموعه‌های خویش، اعم از پالایش، انتقال، و تأمین و توزیع مصروف داشته است.بدیهی است مدیریت و راهبری این مجموعهٔ عظیم، نیازمندِ نیروی انسانیِ خبره، مجرب و متخصص، مجهز به دانش‌های نوین روز و برخورد ار از آخرین دستاوردهای بشری درعرصهٔ فنآوری است.

کمیته انتشارات این شرکت با چنین رویکردی پا به عرصهٔ فعالیت‌های فرهنگی نهاده است. این کمیته ضمن گشودن چترحمایتی بر روی کارکنان صاحب اثر و اهل قلم، همواره می‌کوشد با فراهم نمودن اهرم‌های انگیزشی و استفاده از شیوه‌های ترغیبی و تشویقی از رهگذر چاپ و انتشار کتب و مقالات علمی مرتبط با فعالیت‌های شرکت، به سهم خود در گسترش فرهنگ مطالعه، ایفای نقش کرده و موجبات افزایش دانش تخصصی کارکنان را فراهم آورد. مجموعه ۷ جلدی کتاب حاضر در راستای چنین هدفی تدارك دیده شده و به تمامی علاقه‌مندان گرامی تقدیم می‌شود.

کمیته انتشارات شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی

دیباچه مولف

مستندسازی در فرهنگ شرکت‌های مختلف با توجه به نوع فعالیت و فرآیند کار هر شرکت، تعاریف مختلفی به خود گرفته است. اما نهایتِ همهٔ تعاریف، رسیدن به این مقصود است که مستندسازی کمك به انتقال صحیح دانش و تجربیات به صورت کاملاً غیرسلیقه‌ای نموده و می‌بایست معیارهای فنی و علمی و منطبق با استانداردهای موجود را در بر گیرد. در این راستا هندبوك‌ها و کتاب‌های مرتبط تدوین شده براساس اصول علمی با هدف تهیه اسناد و مدارکی که سیر تکوین و تحقق یك فعالیت از آغاز تا انجام و چگونگی بهره‌برداری و نگهداری از تجهیزات مورد نظر را با تحلیل مربوط نشان دهد، به فضای مستندسازی وارد شده‌اند. این کتاب به منظور آشنایی فنی‌تر با فرآیندهای جاری وعملیات انبارهای نگهداشت و توزیع فرآورده‌های نفتی تهیه و تدوین شده است. مطالب این کتاب، فارغ از محدودیت مکان و زمان، دلالت بر اصول فنی و اجرایی داشته و هر گونه رویکرد و استراتژی بهره‌برداری از انبارهای نفتی را شامل می‌شود. جداول و داده‌های مورد استفاده از مراجع استاندارد اخذ گردیده و مندرجات هر فصل براساس سطوح نیازمندی عملیات مختلف در انبارها، ضمن بهره‌گیری از تجارب مستند، تدوین و ارائه شده است. سطوح توضیح و تشریح موضوعات درحد کفایت درک آن موضوع بوده و از اثبات بنیادین آنها اجتناب و به مراجع مرتبط ارجاع گردیده است. هدف غایی این مجموعه، ایجاد سطحی از آشنایی با موضوعات مرتبط با فعالیت‌های موجود در یك انبار نفت است که جهت رفع نیاز محققان و فعالان این حوزه، در تهیه متون مرتبط و کسب فن مذاکره بوده و هرگونه اقدام عملیاتی و تصمیم‌گیری فنی می‌بایست براساس دستورالعمل‌های ابلاغی از سوی مدیریت هر بخش صورت پذیرد. با امیدِ به مفید واقع شدنِ این مجموعه، خواهشمند است نظرات تصحیحی و تکمیلی خود را به صندوق الکترونیکی my۱۴۵۱@yahoo.com ارسال فرمایید.

محمدرضا یگانه- آذر۹۶

پیشگفتار

از آغاز عصر صنعت تا کنون، تجهیزات ساخته شده حاصل پردازش‌های ذهنی بشر، جهت انجام ایمن و سریع کارها و فعالیت‌ها دراحجام بالا،روندی رو به گسترش و پیشرفت داشته است.دراین میان پاره‌ای از تجهیزات وجود دارند که ضمن حفظ خاستگاه اولیه خود، بلحاظ کارائی و کیفی ارتقاء یافته‌اند اما اصول اولیه حاکم بر طراحی و ساخت آنها همان اصول اولیه پیدایش آنهاست. نمونه بارز این موضوع ، پمپ‌ها و شیرآلات صنعتی هستند. پمپ‌ها همواره درجهت جابجائی سیال‌ها درسالیان متمادی با سطحی از دانش اولیه همواره تولید و به خدمت گرفته شده اند.اما بطور مداوم درجهت کاهش هزینه‌های بکارگیری و حداقل سازی تعمیرات و حتی مخاطرات گوناگون ناشی از کاربردشان، بهبود یافته‌اند. شیرآلات نیز ازاین قاعده مستثنی نیستند. هرچند اصول اولیه ناظر برطراحی و ساخت آنها تغییرچندانی نداشته است، اما تغییرات کیفی درساخت آنها و روش‌های نگهداشت مطلوب از آنها همواره مورد توجه قرار داشته است.درصنعت نفت، پمپ‌های آتش نشانی و دیزل ژنراتورهای اضطراری به‌عنوان تجهیزاتی اطمینان بخش، تداوم عملیاتی چون دریافت، نگهداشت و توزیع فرآورده‌های نفتی را در فضائی ایمن و آماده برای مواجهه با هرگونه شرایط اضطراری ممکن ساخته‌اند. هر یک از موارد پیش گفته در ارتباطی تنگاتنگ به لحاظ ایجاد شرایط فنی و ایمنی، لزوم شناخت و آشنائی با حوزه‌های کاربرد و نگهداشت خود را گوشزد می‌نمایند. در این کتاب سعی گردیده است با توجه به اهمیت تجهیزات یادشده در انبارهای توزیع فرآورده‌های نفتی، به جهت ایجاد سطحی مفید از آشنائی با تجهیزات فنی و مکانیکی مختلف که الزام درنگهداشتی مطلوب مطابق با دستورالعمل‌های سازندگان و طراحان خود دارند، نمونه‌های کاملاً عملی و منطبق بر توصیه‌های استاندارد مرتبط با هر تجهیز به جهت آشنائی با

نگهداشت و ادله استفاده از آن نیز ارائه گردد. ضمن اینکه شناخت بیشتر این تجهیزات، موجبات کاهش خسارات و هزینه‌های تعمیرات و تعویض آنها را نیز فراهم خواهد نمود. هرچند ممکن است پاره‌ای ازاین تجهیزات یاد شده در انبارهای شرکت ملی پخش مورد استفاده واقع نشده باشند، اما رویکردهای آتی ممکن است هرگونه تغییرو بکارگیری تجهیزات مدرن با کارائی‌های مختلف درسیستم‌های موجود را سبب گردد.

فهرست مطالب

- **فصل اول**

پمپ‌ها ۱۹
پمپ‌های سانتریفوژ(گریز از مرکز) ۲۲
اجزای یک پمپ سانتریفیوژ ۲۴
عوامل مهم در انتخاب پمپ ۴۱
راندمان و توان مصرفی پمپ ۴۲
محاسبات عملی راندمان پمپ ۴۵
کاربرد محاسبات راندمان پمپ ۴۶
جریان حجمی یا دبی پمپ ۴۷
سرعت مخصوص ۴۸
افت فشاردر سیستم پمپاژ ۵۰
هد پمپ ۵۱
کاویتاسیون درپمپ‌ها ۵۵
هد مکش مثبت ۵۸
روش‌های ممانعت از کاویتاسیون ۶۱
منحنی عملکرد پمپ ۶۲
منحنی مشخصه پمپ ۶۵
منحنی مصرف یا انرژی ۶۶
منحنی بازده یا بهره‌وری ۶۷
منحنی طول مکش خالص مثبت ۶۸
کاربرد انطباق منحنی‌های پمپ (منحنی عملکرد) ۶۹
تنظیم و همراستایی موتور و پمپ ۷۸
تعمیرات و نگهداری پمپ‌های سانتریفیوژ ۸۳
برنامه‌ها و بازرسی تعمیرات و نگهداری روتین پمپ‌ها ۸۳
بهینه سازی مصرف وکاهش هزینه انرژی درپمپ‌ها ۸۷
روشن نمودن پمپ سانتریفوژ ۹۱
پمپ‌های جابجایی مثبت دوپیچی ۹۴

- **فصل دوم**

شیرها ۹۷

شیرهای تنظیم کننده جریان سیالات در فرآیند ۱۰۰
شیرهای با کاربردجداسازی بخش‌های فرآیند ۱۰۱
شیرهای رهاسازی فشارسیال ۱۰۲
شیرهای تنفسی یا شیرهای رهائی از فشار و خلاء درفازگازی ۱۰۲
شیر قطع و وصل جریان ۱۰۲
شیرهای یکطرفه یا مانع برگشت سیال ۱۰۳
چگونگی اتصال و جنس مواد سازنده شیرها ۱۰۴
نیروی محرکه باز و بسته نمودن شیر ۱۰۴
انواع مختلف شیرها از جنبه مدل وکاربرد ۱۰۷
شیرهای کشویی ۱۰۷
شیرهای کروی ۱۱۱
شیر زاویه‌ای ۱۱۳
شیر دیافراگمی ۱۱۴
شیر پینچ ۱۱۵
شیر استوانه‌ای ۱۱۶
شیر توپی ۱۱۷
شیرهای پروانه ای ۱۱۸
شیر یك طرفه ۱۱۹
شیر یك طرفه لولایی ۱۲۰
شیر یك طرفه فشاری ۱۲۱
شیر یك طرفه پیستونی ۱۲۲
شیر یك طرفه کره ای ۱۲۳
شیرهای یکطرفه دریچه ای ۱۲۴
شیرهای ایمنی فشار ۱۲۵
شیر فشار شکن ۱۲۷
شیرهای کنترل ۱۲۹
انتخاب صحیح شیرهای صنعتی ۱۳۲
نکات نصب شیرها ۱۳۳
دلایل خرابی شیرها ۱۳۴
خرابی سیت (سیل‌های آب بند) ۱۳۴
خرابی اجزای داخلی ولو ۱۳۴
خرابی بدنه ولو یا بادی ولو ۱۳۵
خرابی پکینگ‌ها و گسکت‌ها ۱۳۵
بریده شدن پیچ‌های ولو ۱۳۶

اصول نگهداری شیرها ۱۳۶
نگهداشت شیر یکطرفه ۱۳۷
نگهداشت شیر سوزنی ۱۳۸
نگهداشت شیر فلکه کشویی ۱۳۹
تعمیر شیرها در شرایط عادی و اضطراری ۱۴۰
الزامات برنامه تعمیر شیر در انبارهای نفت درحالت اضطراری ۱۴۱
آب‌بندی شیر روی خط ۱۴۱
روانکاری شیرها ۱۴۱

- **فصل سوم**

فلنج‌ها و گسکت‌ها ۱۴۵
گسکت (درزگیر) ۱۴۷
انواع گسکت براساس جنس سازنده ۱۴۷
گسکت نوع اسپیرال وُند ۱۴۹
گسکت رینگی ۱۵۱
گسکت متال جکت ۱۵۲
گسکت لاستیکی ۱۵۳
انتخاب گسکت مناسب ۱۵۵
دلایل خراب شدن گسکت ۱۵۵
روش شناسائی نوع و مشخصات گسکت ۱۵۷
فلنج ۱۵۸
تقسیم بندی انواع فلنج بر اساس کاربرد ۱۵۸
فلنج گردندار جوشی ۱۵۹
فلنج مسدودکننده ۱۵۹
فلنج سوکت ۱۶۰
فلنج رزوه ای ۱۶۱
فلنج ته بلند ۱۶۱
فلنج اسلیپون ۱۶۲
فلنج لبه روی هم ۱۶۳
فلنج اریفیس ۱۶۳
نحوه درج اطلاعات فنی روی فلنج ۱۶۴
کلاس فلنجها ۱۶۵

- **فصل چهارم**

بوسترپمپ‌های آتش نشانی ۱۶۷
اصول و استانداردهای پمپ‌های آتش نشانی ۱۶۹

بوسترپمپ آتش نشانی ۱۷۱
مهمترین اجزای یک بوستر پمپ آتش نشانی ۱۷۲
پمپ‌های اصلی ۱۷۲
پمپ‌های جاکی(چابک) ۱۷۴
ورودی‌های سیستم بوستر پمپ یا مکش ۱۷۷
لرزه گیرهای بخش ورودی ۱۷۷
خروجی یا دهش پمپ‌های بوستر پمپ ۱۷۸
شیرهای ایزوله و یکطرفه ۱۷۸
الکترو موتورها ۱۸۰
دیزل موتورها ۱۸۱
کوپلینگ ۱۸۲
سوئیچ وترانسمیتر فشار ۱۸۳
تابلوی برق و سیستم کنترل ۱۸۴
تجهیزات سیگنال و آلارم ۱۸۵
اصول اساسی طراحی (انتخاب) و محاسبه بوستر پمپ آتش نشانی ۱۸۵
محاسبه ظرفیت بوسترپمپ‌های آتش نشانی ۱۸۸
بازرسی هفتگی پمپ آتش نشانی ۱۹۱
آزمایش جریان آب کامل ۱۹۳
دستگاه پمپ سیار دیزلی (دیزل تریلر پمپ) آتش نشانی ۱۹۴

- **فصل پنجم**

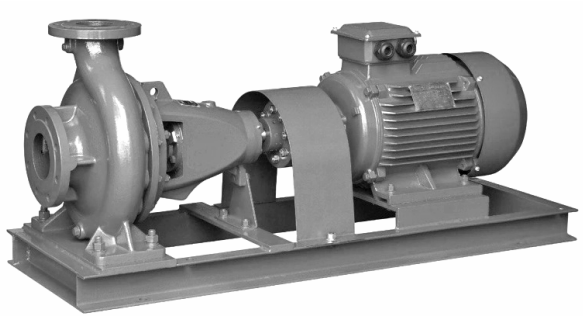
سیستم برق اضطراری ۱۹۵
دیزل ژنراتورها ۱۹۹
اهم اجزاء دیزل ژنراتور ۲۰۰
موتور دیزل ۲۰۰
ژنراتور ۲۰۰
سیستم رگولاتور ولتاژ ۲۰۱
سیستم کنترل دیزل ژنراتور ۲۰۱
بخش کنترل پنل و کلیدهای دستگاه کوپلینگ دیزل ژنراتور ۲۰۲
سیستم خنک کننده ۲۰۲
سیستم روغن ژنراتور ۲۰۳
باتری و سیستم شارژر آن ۲۰۴
شاسی مونتاژ ۲۰۵
فیلتر هوا ۲۰۵
سیستم دود خروجی ژنراتور ۲۰۵

سیستم سوخت ژنراتور ۲۰۵
مهمترین موارد لازم به بررسی در سرویس و نگهداری دیزل ژنراتور ۲۱۱
نکات مهم راه اندازی در فصول سرد ۲۱۴
موارد لزوم توقف اضطراری جهت ایمنی دیزل ژنراتور ۲۱۴
محاسبات انتخاب ژنراتور ۲۱۵
- **ضمیمه ۱**
آحاد تبدیل کمیت‌های فیزیکی مربوط به مایعات ۲۱۸
- **ضمیمه ۲**
تبدیل آحاد مختلف دبی(شدت جریان حجمی) ۲۱۹
- **ضمیمه ۳**
حداقل سایز لوله‌های متصل به بخش‌های مختلف پمپ ۲۲۰
- **ضمیمه ۴**
جداول ابعاد استاندارد فلنج‌های مسدود کننده ۲۲۲
- **ضمیمه ۵**
قطر خارجی و ضخامت لوله‌ها براساس استاندارد ASA ۲۲۷
- **ضمیمه ۶**
تبدیل واحدهای الکتریکی ۲۲۸
- **منابع و مراجع** ۲۲۹

فصل اول

پمپ‌ها

pumps



مهمترین استانداردهای مرتبط با این فصل عبارتند از:

- ANSI /API 610–1995 – Centrifugal Pumps for General Refinery Service
- DIN EN ISO 5199 – Technical specifications for centrifugal pumps
- ASME B73.1–2001 – Specification for Horizontal End Suction Centrifugal Pumps for Chemical Process
- ASME B73.2–2003 – Specifications for Vertical In–Line Centrifugal Pumps for Chemical Process
- BS 5257:1975 – Specification for horizontal end–suction centrifugal pumps (16 bar)

طبق جامع‌ترین تعریفی که اغلب استانداردها و مراجع مرتبط از پمپ نموده‌اند، پمپ دستگاهی است که با افزایش انرژی و درنتیجه افزایش فشار در سیال، سبب جابجائی آن از نقطه‌ای به نقطه دیگر می‌شود. انرژی داده شده به سیال توسط پمپ برای جابجائی، درصورت هم ارتفاع بودن نقاط ابتدا و انتهای مسیر، صرف غلبه براتلاف اصطکاک سیال با لوله ودرصورت تفاوت درارتفاع، صرف تغییر در انرژی پتانسیل یا جابجا نمودن سیال به ارتفاع بالا می‌گردد. بطور کلی پمپ دستگاهی است که با افزودن فشاردر سیال باعث انتقال آن از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر می‌گردد.

پمپ‌ها دارای انواع مختلفی هستند. دسته‌بندی‌های گوناگون، پمپ‌ها را بر پایه ویژگی‌های گوناگون طبقه‌بندی می‌کنند. در یکی از رایج‌ترین این طبقه‌بندی‌ها، بر پایه نحوه انتقال انرژی از پمپ به سیال، پمپ‌ها به دو دسته پمپ‌های دینامیکی و جابجائی مثبت تقسیم می‌شوند.

در پمپ‌های دینامیکی (Dynamic pumps) انتقال انرژی به سیال به طورمداوم است. پمپ‌های دینامیکی نیز خود شامل انواع زیر می‌باشند:

- گریز از مرکزیا شعاعی (Centrifugal)
- جریان محوری (Axial)
- جریان مختلط (Mixed)

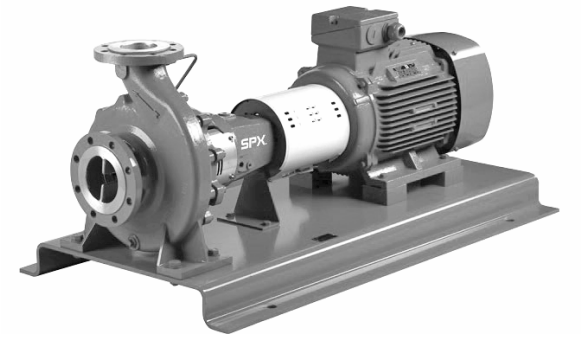
در دسته دوم پمپ‌ها برپایه نحوه انتقال انرژی پمپ‌های جابجایی مثبت انتقال انرژی به سیال به صورت متناوب یا پریودیک صورت می‌پذیرد. انواع پمپ‌های جابجایی مثبت عبارت اند از:

- رفت و برگشتی (Reciprocating)
- دوار (Rotary)

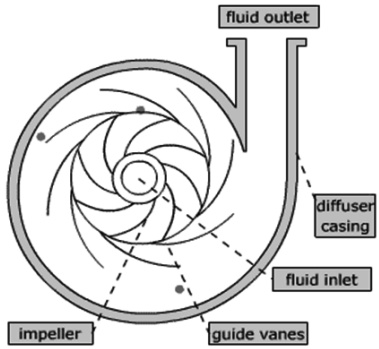
کاربردی‌ترین پمپ‌های دینامیکی در انبارهای فرآورده‌های نفتی نوع جریان شعاعی یا همان گریز از مرکز (Centrifugal) می‌باشندکه در قسمت بارگیری انبارهای نگهداشت فرآورده‌های نفتی به عنوان پمپ بارگیری مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین دردسته پمپ‌های جابجائی مثبت نیز نوع دوپیچی (Rotary Twin Screw) آن که در شاخه دوار این پمپ‌ها قرار می‌گیرد جهت استفاده در بخش تخلیه نفتکش‌های انبار نفت مورد استفاده واقع می‌گردد که در ادامه شرح داده خواهند شد.

پمپ‌های سانتریفوژ(گریز از مرکز)

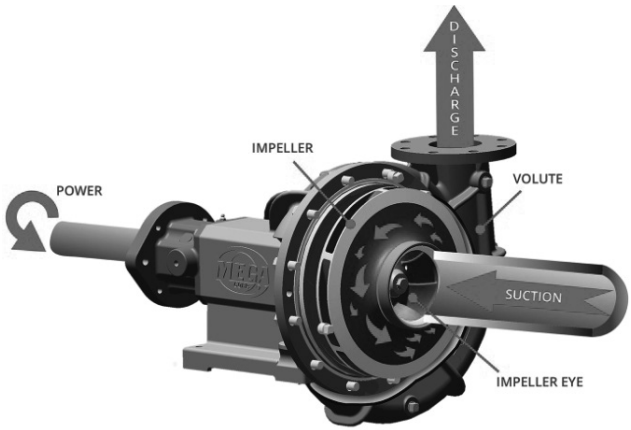
Centrifugal Pump



پمپ‌های گریز از مرکز از پرمصرف‌ترین پمپ‌هائی می‌باشند که در انبارهای نفت بطور فراوان بکار می‌روند.این پمپ‌ها را مطابق توصیه‌های استاندارد API۶۱۰ انتخاب و بکارگیری می‌نمایند. مکانیزم پمپ‌های سانتریفوژ بدین گونه است که به موجب طراحی آن، انرژی از الکترو موتور یا دیزل موتور دوار به سیال انتقال یافته و براساس اصل گریز از مرکز، این انرژی به صورت انرژی جنبشی و در قالب سرعت و درنتیجه، افزایش فشار در سیال ظاهر شده و به صورت نیروهای فشاری، توانایی حمل سیال را در جهت خلاف جاذبه زمین به سمت بالا فراهم می‌نماید.بدین واسطه است که انتقال انرژی از یک پروانه ی دوار به سیال برای تولید فشار و حرکت سیال، همواره با نام نیروی گریز از مرکز در انتقال سیالات توصیف می‌شود (جهت درک بهتر موضوع، به جهت حرکت سیال و جریان آن درون پمپ و جهت چرخش پروانه به تصویر زیر دقت نمائید).بنابراین می‌توان پمپ سانتریفوژ را بدین گونه نیز تعریف نمود که پمپ‌های سانتریفیوژ از جمله ساده‌ترین تجهیزات یک سایت فرآیندی می‌باشند که وظیفه آنها تبدیل انرژی یک دستگاه متحرک اولیه (الکتروموتور یا توربین) ابتدا بصورت سرعت یا انرژی جنبشی و سپس بصورت انرژی فشاری (انرژی پتانسیل ستون سیال)در سیال پمپاژ شونده است. این تغییر در انرژی متاثر از عملکرد دو بخش اصلی پمپ یعنی پروانه(ایمپلر)و پخش‌کننده(دیفیورز) آن می‌باشد.



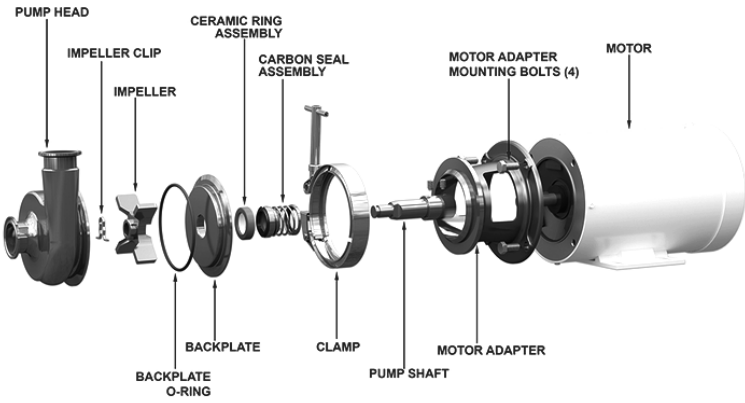
دیفیورز (Diffuser) عبارتست از یک بخش ثابت از پمپ که انرژی جنبشی را بصورت انرژی فشاری سیال در می‌آورد. بطور کلی تبدیل قدرت شفت که همان گشتاور محور است را به فشارسیال، می‌توان کامل‌ترین جمله‌ای دانست که با آن می‌توان این نوع پمپ را توصیف نمود. توجه به تصویر زیر چگونگی این تبدیل را ملموس‌تر خواهد نمود.



در کنار تداوم عملیات و همخوانی با مکانیزم بسیاری از فرآیندها، سادگی ساختمان پمپ، فراهم نمودن دبی یکنواخت و کم بودن هزینه تعمیرات نسبت به پمپ‌های دیگر ،امکان گردش و خراب نشدن پمپ در صورت قطع جریان سیال ورودی برای مدتی معین از مهمترین خصوصیات و مزایای این نوع پمپ است.

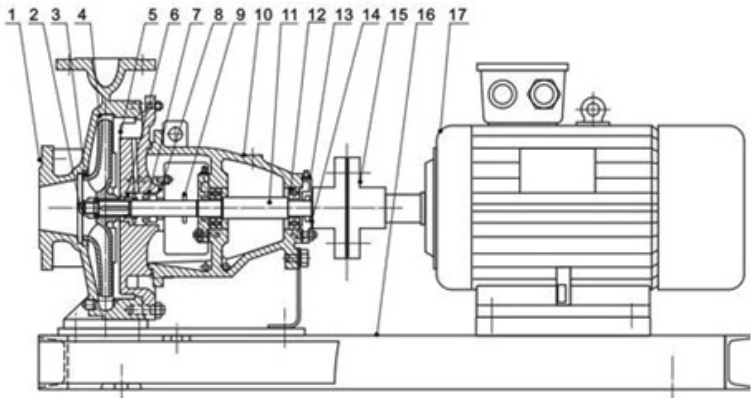
اجزای یک پمپ سانتریفیوژ

Centrifugal Pump Accessories



پمپ‌های سانتریفوژ دارای دو بخش کلی الکترونیک و هیدرولیک هستند که بخش هیدرولیک آنها شامل پوسته و اجزاء دوار است. اجزاء دوار پمپ سانتریفوژ شامل شفت، پروانه و یک سری آب‌بندها و کاهنده‌های اصطکاک بوده که مجموعا این هم بندی، انرژی مکانیکی را به انرژی باسرعت بالای جنبشی تبدیل می‌کند. پوسته پمپ نیز سیال وارد شده از نازل ورودی را به سمت پروانه هدایت می‌کند و سیال خروجی از پروانه‌ها را نیز به سمت نازل خروجی برده و به تبدیل انرژی جنبشی به فشاری نیز کمک می‌نماید. پوسته پمپ تبدیل انرژی جنبشی به فشاری را با کاهش سرعت سیال در محفظه دیفیوزر و حلزونی انجام می‌دهد.

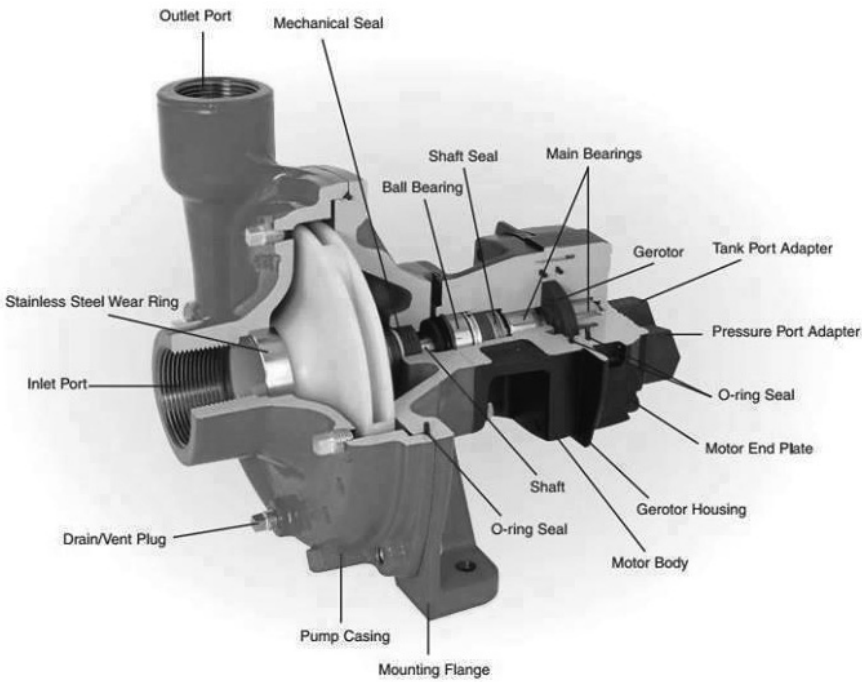
شکل زیرنیز اجزای یك پمپ سانتریفوژ را نشان می‌دهد.



جزئیات نشان داده شده دراین شکل عبارتند از:

۱. پوسته مارپیچ (volute casing)
۲. چرخ دنده پروانه (impeller nut)
۳. رینگ یا یاتاقان فرسودنی (wear ring)
۴. پروانه (impeller)
۵. پوسته پوشش (casing cover)
۶. مفصل محور (shaft sleeve)
۷. درزبند مکانیکی (mechanical seal)
۸. پوشش درزبند (seal cover)
۹. روغن رسان (slinger)
۱۰. محفظه یاتاقان ها (bearing housing)
۱۱. محور (shaft)
۱۲. یاتاقان (bearing)
۱۳. پوشش یاتاقان ها (bearing cover)
۱۴. پایه نگهدارنده (support foot)
۱۵. رابط (coupling)
۱۶. پایه فلزی استیل (steel metal base)
۱۷. موتورالکتریکی (Electric motor)

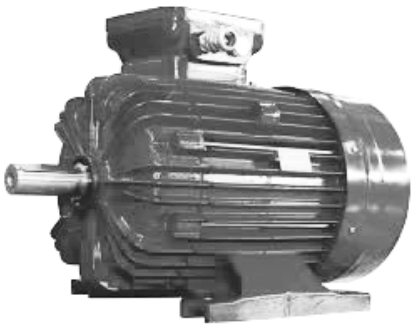
اجزاء پمپ‌های سانتریفوژ بسته به نوع و شرایط سرویس دهی پمپ، از مواد مختلفی به جهت کاربردهای متفاوت ساخته می‌شوند. اکثرا پروانه و بدنه از مواد مقاوم در مقابل خوردگی و سایش ساخته می‌شوند. موادی چون فولاد ضد زنگ، نیکل، لاستیک، پلی پروپیلن در ساختمان همه پمپ‌های سانتریفوژ بکار می‌روند.درشرح اجزاء پمپ، خواهیم دید بسته به وظیفه هر قطعه در پمپ، جنس این اجزاء متفاوت خواهد بود.تصویر زیر نمای برش خورده یک پمپ را با نامگذاری متعلقات آن جهت شرح بیشتر اجزاء نام برده در فوق نشان می‌دهد.



در ادامه به بررسی مهمترین این اجزاء درجهت آشنائی اولیه با آنها پرداخته خواهد شد.

موتور الکتریکی

Electric Motor



محرکه یک پمپ با تبدیل انرژی الکتریکی یا سوخت دیزلی به انرژی گشتاوری چرخشی و اعمال آن به محور پمپ کوپل شده به آن، سبب تبدیل آن انرژی ورودی به انرژی مکانیکی(نوع گشتاور پیچشی) محور پمپ می‌گردد. عموماً در پمپ‌ها از دو محرکه الکتریکی و دیزلی استفاده می‌شود. در بخش بارگیری انبارهای فرآورده‌های نفتی، نوع الکتریکی آن براساس استاندارد بین‌المللی۱-IEC۶۰۰۷۹، انتخاب می‌گردد. با توجه به تقسیم بندی نواحی دراین استاندارد همانند استاندارد NFPA، نوع موتور الکتریکی آسنکرون با ولتاژ متناوب (AC) سه فاز ضد انفجار (Explosion Proof) EX جهت منطقه صفرخطر که ارتباط مستقیم فرآورده با بخش هیدرولیک پمپ مد نظر است، انتخاب می‌گردد. در این استاندارد، حداکثر دمای مجاز گرم شدن الکترو موتور، لقی تجهیزات و نوع و جنس پوشش‌ها و مواد بکار رفته در ساخت پمپ و الکتروموتور و ... جهت تطبیق با استانداردهای هم اجرا با خود ارائه گردیده است.

کوپلینگ پمپ یا رابط

Coupling

کوپلینگ قطعه‌ای فولادی (در پمپ‌های خاصی ازجنس پلی‌آمید نیز ساخته می‌شود) است که وظیفه انتقال گشتاور و دور از محور محرکه یا الکترو موتور(ویا دیزل موتور) به محور پمپ را دارد. در بعضی از پمپ‌ها محور پمپ و موتور یکی می‌باشد و کوپلینگ استفاده نمی شود (پمپ‌های Closed Coupled). کوپلینگ با ساختارهای متفاوتی که مورد طراحی و ساخت قرار گرفته است، می‌تواند موجب از بین بردن نا هم محوری، انتقال بارهای محوری الکترو موتور و پمپ و تنظیم محورهای محرك (الکترو موتور)و متحرك (پمپ)در مقابل سائیدگی باشد.

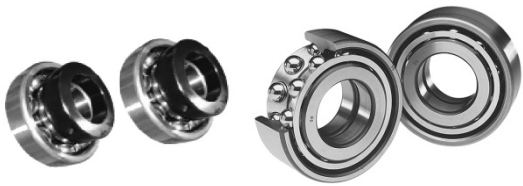
پوسته پمپ

Pump Casing

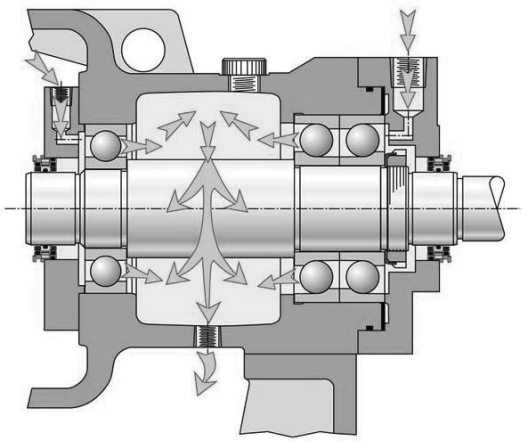
پوسته(Casing)، قطعه‌ای حلزونی شکل عموماً از جنس انواع خاص چدن (Cast Iron) بوده که سیال را داخل پمپ نگه داشته و ضمن تعیین جهت حرکت سیال، نیروهای گریز از مرکزقطعات سیال را به نیروهای جنبشی فشاری در مسیر تبدیل می‌کند. طراحی‌های جدید پوسته به سمت بازده بالای تبدیل انرژی داده شده به نوع فشاری رشد روز افزونی داشته‌اند.

یاتاقان‌ها

Bearings



چرخش محور پمپ با نیروی گشتاوری اعمالی به آن دارای بارهای محوری و شعاعی است. یاتاقان‌هایی که معمولا از جنس فلزات سفید ساخته می‌شوند، در ساختارپمپ به‌عنوان نگهدارنده شفت و روتوردرمرکزاجزاء ثابت پمپ و تحمل بارهای شعاعی و محوری وارد شده برآن است. بارهای شعاعی را یاتاقان‌های شعاعی و بارهای محوری را یاتاقان‌های محوری تحمل می‌نمایند. یاتاقان‌های محوری درعین حال بار شعاعی را نیزتحمل می‌کنند. یاتاقان‌های مابین کوپلینگ و پمپ را به طرف داخل و یاتاقان‌های سمت دیگر را به سمت خارج نام‌گذاری کرده‌اند. بنابراین نامگذاری یاتاقان‌های محوری را در سمت خارج نصب می‌کنند. درشکل زیر سیستم روانکاری یاتاقان‌های یک پمپ نشان داده شده است.



شفت یا محورپمپ

Shaft

انتقال گشتاور وارده، به هنگام راه‌اندازی و عملکرد و همچنین به‌عنوان نشیمنگاه و تکیه‌گاهی برای دیگر قطعات دوار از مهمترین اهداف طراحی و کاربرد شفت در پمپ‌هاست. با توجه به اینکه فرکانس ناشی از چرخش الکترو موتور، سبب خیزش شفت می‌گردد، حداکثر خیز محور یا شفت پمپ در شرایط دورانی شروع تا پایداری چرخش، از حداقل لقی مابین قطعات دوار و ثابت می‌بایست کمترباشد. سه بار(نیرو) اعمالی به شفت شامل گشتاور چرخشی محور، نیرو و گشتاور وزن قطعات، نیروی هیدرولیکی شعاعی می‌بایست درتنظیم محور مورد توجه واقع شوند. محور پمپ می‌بایست تحمل بارهای ضربه ای ناشی از پیچش، عدم پیچش و تنش‌های حرارتی بهنگام سرد و گرم شدن را داشته باشند. شفت پمپ را در دودسته صلب و انعطاف پذیر تقسیم بندی می‌نمایند.شفت صلب، شفتی است که سرعت زاویه‌ای (دور) عملکرد نرمال آن پایین تر از دور بحرانی نخست آن قرار گیرد. اگر دورعملکرد آن بالاتر از اولین دور بحرانی قرار گیرد شفت انعطاف‌پذیر است. معمولا دورعملکرد را در محدوده ۲۰ درصدی دور بحرانی نگه می‌دارند. هنگام راه اندازی و خاموش کردن پمپ می‌بایست خیلی سریع از دور بحرانی عبور نمود.

پروانه

Impeller

منظور از ساختمان هیدرولیکی پمپ، قطعاتی از پمپ است که در تماس با سیال درحال پمپاژ و نحوه چیدمان آنها در کنار یکدیگر می‌باشد. پمپ‌هایی که از لحاظ طبقه بندی پمپ‌ها در یك طبقه می‌باشند (مانند تمامی پمپ‌های سانتریفوژ) معمولاً ساختمان هیدرولیکی مشابهی دارند و تمامی قطعات در تماس با سیال آنها مشابهت زیادی با یکدیگر دارند. پروانه پمپ به عنوان بخشی اساسی از قطعات هیدرولیک پمپ، قسمت متحرك پمپ است که مایع ورودی را به علت داشتن حرکت دورانی به خارج می‌راند. تصویر زیرچند نوع از پروانه‌های پمپ‌های سانتریفوژ را نشان می‌دهد. هر چه تعداد پره‌های پروانه بیشتر باشد کنترل در جهت حرکت سیال بیشتر بوده و تلفات ناشی از جریان‌های گردشی بین پره‌ها کمتر خواهد بود.

در تصویر فوق تعدادی پروانه بسته مشاهده می‌گردد. مشخصه‌های مایع و وجود ذرات جامد، روان بودن و غیرروان بودن مایع وپارامترهایی از این قبیل در استفاده از نوع پروانه باز یا بسته موثر هستند. پروانه‌های باز در پمپ‌های محوری و بسته در پمپ‌های شعاعی بکار می‌روند در صورتی که پمپ‌های سانتریفوژ برای انتقال سیالات حاوی مواد معلق جامد مورد استفاده قرار می‌گیرند، بایستی فاصله بین پره‌ها و دریچه‌ها به اندازه کافی بزرگ باشند تا از خطر مسدود شدن آنها جلوگیری شود.

سیستم آب‌بندی پمپ

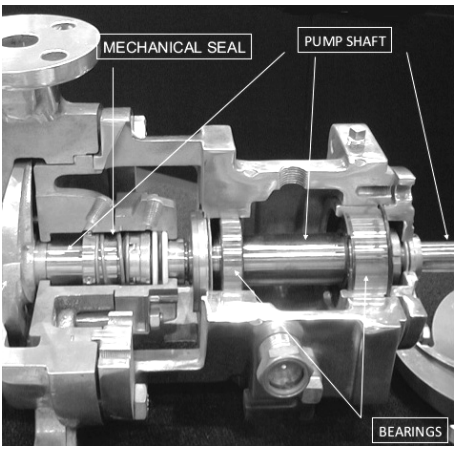
Pump Sealing System

بطور کلی درهر پمپ سه نقطه مهم وجود دارد که در آب‌بندی آن موثر است:

- فضای بین رینگ ثابت و پوسته که توسط گسکت‌ها و اورینگ‌ها صورت می‌گیرد.
- فضای بین رینگ دوار و شفت (غلاف شفت)که توسط رینگ‌هااین آب‌بندی صورت می‌گیرد.
- فضای بین رینگ ثابت و متحرک پمپ که باتماس مستقیم و تنگاتنگ دو رینگ که همواره توسط فنری به به هم فشرده می‌شوند انجام می‌شود.

مکانیکال سیل (آب‌بند)

Mechanical Seal



محفظه مکانیکال سیل پمپ (Stuffing Box) شامل آب‌بندها و اجزاء مربوطه است که برای رسیدن به بازدهی مناسب هیدرولیک پمپ، وجود آب‌بندی کامل و مناسب در این محفظه ضروری است. آب‌بندی بین قطعات در هیدرولیک

بوسیله مکانیکال سیل انجام می‌شود. مکانیکال سیل در محفظه آب‌بند قسمتی است که در حد فاصل بین یاتاقان‌ها و پروانه پمپ قرار گرفته است و وظیفه آن جلوگیری از نشت نمودن سیال تحت پمپاژ ازدرون محفظه پمپ به فضای بیرون آن است. مکانیکال سیل‌ها در انواع مختلفی چون کارتریجی یك و دو مرحله‌ای (single stage and double stage cartridge seal)، آکاردئونی (Bellows)، همراه با فنر موجی (Wave spring seal)، یك فنره و چند فنره (single and multi spring seal) ساخته می‌شوند. اگرچه مکانیکال سیل‌ها در انواع گوناگون ساخته می‌شوند اما اصول کارشان یکسان و دارای یک جزء ثابت و متصل به پوسته و یک جزء دوار متصل به شفت (یا غلاف) می‌باشند ویک فنردو قسمت یاد شده را به یکدیگر نفوذ ناپذیر و محکم می‌نماید. درمکانیکال سیل یک دیافراگم یا رینگ لاستیکی برای حرکت جانبی (مماسی) نیز وجود دارد.

بعضی اوقات قسمت دوار آب‌بند از زغال با روکش فولادی ساخته می‌شود. البته سطح بین رینگ‌های دوار و ثابت، بسیار صیقلی ودر اصل از دو جنس متفاوت سیلیکون و کاربید کربن میباشد. طراحی به گونه‌ای است که لایه‌ای از مایع با خاصیت خنک‌کنندگی و روانکاری اصطکاک را به حداقل می‌رساند. رینگ‌های مکانیکال (سیل رینگ‌ها) در دو وضعیت نسبت به پمپ قرار می‌گیرند که ممکن است رینگ دوار در سمت داخل و به طرف ایمپلر باشد، و یا در قسمت بیرون قرار گرفته و با مایع پمپ شونده تماس نداشته باشد.

اورینگ‌ها

Orings

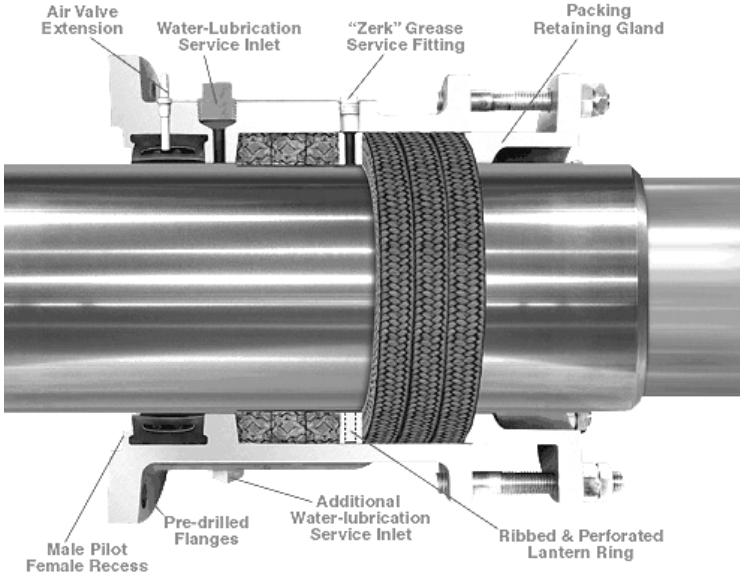
اورینگ، نوعی آب‌بند ازجنس لاستیک مصنوعی به شکل دایره است و معمولی‌ترین آب‌بند مورد استفاده در پمپ‌ها می‌باشد. اورینگ‌ها به‌عنوان هر دو آب‌بند ثابت(استاتیک) و متحرک(دینامیک) استفاده می‌شوند وطرح آن به گونه ای است که برای نصب در شیارها ساخته شده است و هنگام نصب تاحدود ۱۰ الی ۲۰درصد فشرده می‌شود. اورینگ‌ها در مواردی که محل آب‌بندی دارای گوشه و زاویه است استفاده نمی شوند.البته در کاربردهای شبیه اورینگ، این آب‌بندها بصورت گوشه دار نیز می‌توانند ساخته شوندکه در پمپ‌ها کاربردی ندارند. همیشه می‌بایست یک رینگ فیبری درطرف کم فشار اورینگ نصب شود. در صورت استفاده از دو رینگ فیبری اورینگ در وسط آنها قرار می‌گیرد.علاوه برنوع پلیمر بکاررفته درساخت اورینگ، قطر داخلی اورینگ(ID) و ضخامت آن(CS:cross section) دومشخصه کاربردی آنهاست. معمولی‌ترین اورینگ‌ها از پلیمرNBR ساخته شده که محدوده دمایی بین منفی ۳۰ تا مثبت ۱۲۰درجه سانتیگراد را تحمل می‌نماید.

پکینگ کمپرسی

Compression Packing

عملکرد آن بدین صورت است که با پرکردن قسمت‌های ناصاف آب‌بندی را انجام می‌دهد.

جنس این آب‌بند ممکن است فلزی یا غیر فلز باشد. معمولا این آب‌بندها از پلاستیک یا نخ نسوزو یا لاستیک نخ‌دار با روکش فلزی ساخته می‌شوند.نکته مهم اینکه این آب‌بندها برای قسمت‌های با فشار کم بکار میروند.درحقیقت عامل آب‌بندی‌کننده براساس افت فشارسیال در طول شفت می‌باشند. علت اینکه پکینگ‌ها باید دارای خواص پلاستیکی (فرم پذیری) باشنداین است تا مقدارفشردگی روی غلاف‌ها راتنظیم کنند ونیز خواص الاستیک جهت جذب انرژی و آسیب نرساندن به جزء دوار پمپ را داشته باشند و به صورت رینگ‌هایی درداخل محفظه آب‌بندی قرار گیرند. انرژی اصطکاکی(گرما) تولیدشده دراثر گردش شفت از طریق نشت مقدار کمی مایع از پوسته یا توسط محفظه خنک‌کاری پشت آن و یا استفاده از هر دو دفع می‌شود.تصویر زیر برش طولی پکینگ و گلند را دراین آب‌بندی نشان می‌دهد.



پکینگ جنس آزبستوس برای درجه حرارت‌های پایین استفاده میکنند.این پکینگ‌ها قبلا بوسیله گرافیت یا روغن، روغن کاری می‌شوند.پکینگ از جنس فلز یا متالیک نیز برای فشارو دمای بالا استفاده می‌شوند. پکینگ‌های متالیک ترکیبی از فویل فلزی (مس،آلومینیم، بابیت و...) باگرافیت یا مواد چرب‌کننده دیگر می‌باشند. روغنکاری نقش مهمی در این آب‌بند دارد زیرا اگر خشک کار کند روی سطوح تماس با خود خط می‌اندازد.

کاسه نمد

Radial shaft seal

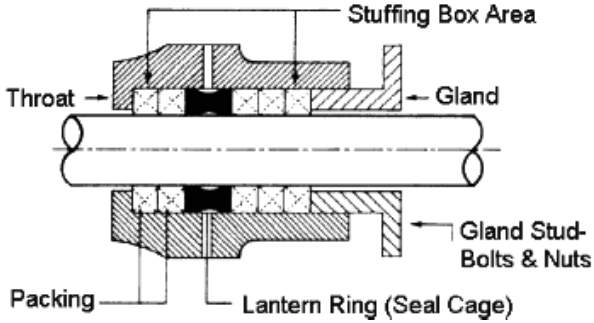
کاسه‌نمدها، در جاهایی که محور(Shaft) ازپوسته پمپ خارج می‌شود نصب می‌گردند. به همین دلیل در همه پمپ‌ها این کاربرد مشاهده نمی‌گردد. همچنین این نوع پمپ‌ها در بخش بارگیری انبارهای فرآورده‌های نفتی جهت بارگیری نفتکش‌ها استفاده نشده‌اند. مکانیزم عملکرد این آب‌بند بدین طریق است که اگرفشار اتمسفر از فشار کاسه‌نمد بالاتر باشد از عبور هوا به داخل و اگر فشار پشت کاسه نمد بالاتر از فشار جو باشد از نشت سیال یا بخار به بیرون جلوگیری می‌کند.

بهترین نوع قابل استفاده برای پمپ یک رینگ فانوسی است که به داخل آن آب تزریق می‌شود. این تزریق آب یا از خروجی خود پمپ تامین می‌شود یا اگر سیال پمپ غیر آب باشد از یک منبع مستقل آب را لوله‌کشی می‌کنند. اگر مایع آب‌بندی‌کننده دارای ذرات جامدی باشد که به غلاف‌های کاسه نمد آسیب برساند بهتر است که سر راه آن فیلتر قرار گیرد. هدف از کاربرد کاسه نمد حفظ سیال داخل سیستم، حفظ انرژی در پمپ، جلوگیری از نفوذ سیال خارجی به سیستم ،جلوگیری از تداخل دو یا چند سیال در داخل سیستم است.

گلند

Gland

در نقطهٔ خروج شفت از محفظه پمپ‌ها، سیال تحت پمپاژ همیشه سعی بر خروج از محفظه دارد. برای جلوگیری از فرار و نشت سیال باید به نحوی آن نقطه را آب‌بندی نمود. گلندها بوش‌های یکپارچه ای هستند، که به منظور سفت کردن پکینگ‌ها جهت آب‌بندی بیشترازآنها برای نقاط یاد شده استفاده می‌شود.



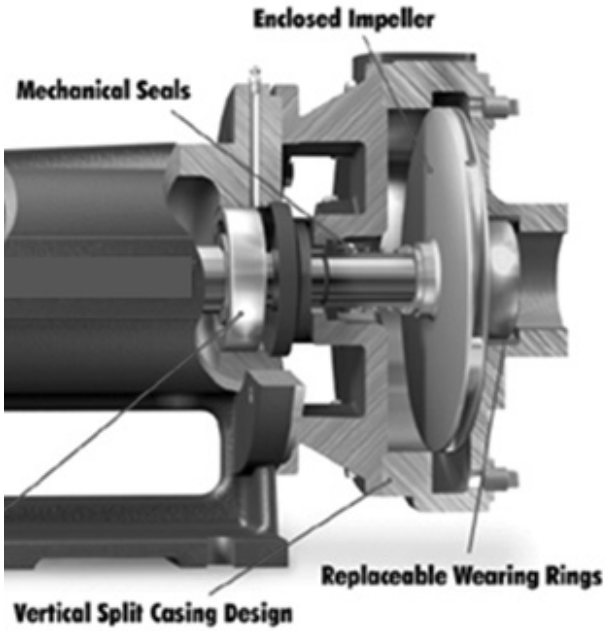
میزان سفت کردن پیچ‌های آن به طورتجربی به اندازه ای است، که مابین اصطکاک، آب‌بندی، روغن کاری و خنک کاری تعادل حفظ شود.

رینگ‌های سایشی

Wearing Ring

رینگ‌های سایشی(Wearing Ring) برای حفاظت از نقاط تماس پروانه با پوسته بکار برده می‌شوند.این رینگ‌ها قابل تعویض بوده و از سایش پروانه یا محفظه جلوگیری می‌کنند. به این دلیل از رینگ‌های سایشی در نواحی که امکان تماس مستقیم پروانه و پوسته با هم وجود دارداستفاده می‌شودکه در صورت فرسایش سطوح تماس،با تعویض رینگ‌ها می‌توان نسبت به تعویض رینگ اقدام نمود و نیاز به تعویض پروانه و پوسته نخواهد بود. مهمترین کاربرد رینگ‌های سایشی پروانه و پوسته، جلوگیری از فرسایش مستقیم این دو قطعه است.

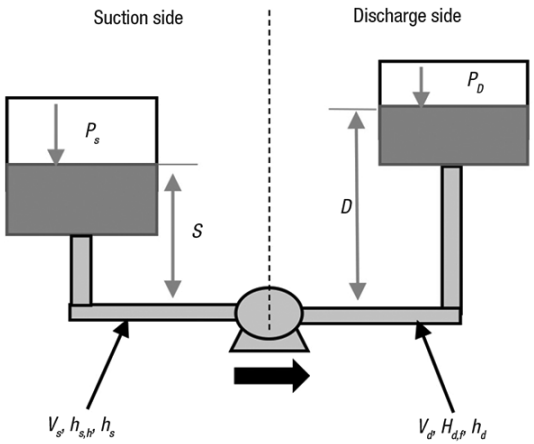
رینگ‌های سایشی استفاده شده در جلوی پروانه امکان بازگشت سیال را از دهانه خروجی پمپ (Discharge) به دهانه مکش (Suction) به حداقل می‌رساند. به پدیده برگشت سیال از دهانه خروجی به دهانه مکش چرخش مجدد ساکشن (Suction Recirculation) اتلاق می‌شود. چون فشار خروجی از فشار مکش بیشتر است،سیال تمایل دارد که از فاصله مابین پروانه وپوسته عبور نموده به دهانه مکش وارد شود. لقی مابین پروانه و پوسته در پشت پروانه باعث جریان یافتن سیال از خروجی به پشت پروانه می‌شود.با تجمع سیال در پشت پروانه،فشار وارد به پشت پروانه(فشار Discharge) از فشاروارد به جلوی پروانه فشار(Suction) بیشتر شده و بنابراین نیروی محوری بر آن وارد خواهد شد.



هر چه این فاصله (Gap) کمتر باشد، میزان تجمع سیال کمتر خواهد بود. برای این منظور در پاره‌ای از موارد در پشت پروانه از رینگ‌های سایشی استفاده می‌شود. بنابراین دلیل دیگر استفاده از رینگ‌های سایشی،حداقل رساندن Gap بین پشت پروانه و پوسته می‌باشد. درتصویر زیر موارد فوق را می‌توان مشاهده نمود.

عوامل مهم در انتخاب پمپ

Pump Selection Factors



از مهمترین عوامل موثردرطراحی یک سیستم پمپاژ ،تعیین ارتفاع و دبی مورد نیازی است که می‌بایست سیستم برای حصول نتایج درآن طراحی گردد. این موارد پیش نیاز ورود به مبحث طراحی پمپ است. پس از مشخص نمودن ارکان این طراحی یعنی پیش نیازهای یاد شده، می‌بایست موارد زیر را به‌عنوان حداقل اطلاعات مورد نیاز برای انتخاب یک پمپ سانتریفوژ دراختیار داشت:

- نوع سیال تحت پمپاژ به لحاظ کلاس ایمنی و خواص شیمیائی آن
- دبی مورد نیازبه‌عنوان هدف اصلی طراحی
- ارتفاع کلی دینامیک بواسطه الزام فرآیند و دسترسی‌ها
- ارتفاع مکشی مثبت خالص در دسترس
- درجه حرارت بهره برداری بواسطه الزام و تحمیل از فرآیند
- چگالی مخصوص به‌عنوان عامل موثرطراحی
- ویسکوزیته سیال تحت پمپاز به‌عنوان عامل موثرطراحی
- تجارب قبلی بهره برداری(عملیاتی) بواسطه الگوهای موجود

در مباحث بعد تاثیر این عوامل را درطراحی و انتخاب نوع سیستم پمپاژ و بررسی عملکرد آن خواهیم دید.

راندمان و توان مصرفی پمپ

Pump Efficiency

راندمان پمپ(Efficiency) به طور کلی نسبت قدرت عملی بدست آمده توسط سیال به توان شفت یا محورپمپ درنظر گرفته می‌شود. بدین مفهوم که میزان راندمان یا همان بازده پمپ (Pump Efficiency)، بیانگر میزان اتلاف انرژی در عمل پمپاژ می‌باشد. بازده يك پمپ بطورکلی به میزان تلرانسها و دقت بکاررفته درساخت، وضعیت مکانیکی اجزاء و بالانس فشار درپمپ بستگی دارد. هرچقدر راندمان پمپ بالاتر باشد اتلاف انرژی کمتری صورت گرفته است. معمولاً راندمان پمپ را به صورت نسبت انرژی تحویل داده شده به سیال به انرژی مصرفی پمپ بیان می‌کنند. انرژی تحویل داده شده به سیال به صورت حاصلضرب دبی در فشار سیال بیان می‌شود. این انرژی (توان) را انرژی هیدرولیکی یا توان هیدرولیکی می‌نامند و با P_H نمایش می‌دهند.

$$P_H = \Delta P.Q \qquad (۱)$$

$$\Delta P = \rho.g.\Delta H \rightarrow \Delta H = \Delta P / \rho.g \qquad (۲)$$

$$(۱), (۲) \rightarrow \quad P_H = \rho.g.\Delta H.Q$$

که درآن پارامترهای موجود در فرمول بصورت ذیل تعریف و معین می‌گردند:

PH: توان هیدرولیکی پمپ(برحسب وات)

ΔP: فشارپمپ یاهمان اختلاف فشارایجادشده درسیال توسط پمپ(برحسب پاسکال)

ρ: چگالی سیال (بر حسب kg/m^3)

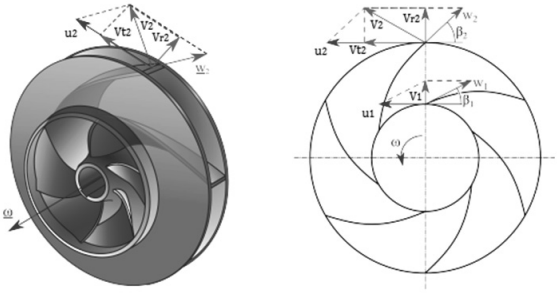
ΔH: هد پمپ یا اختلاف ارتفاع ایجاد شده در سیال توسط پمپ (برحسب متر)

Q: دبی پمپ یاهمان حجم سیال عبوری ازپمپ درواحدزمان برحسب مترمکعب برثانیه

فرمول فوق را به طریق بررسی گشتاور شفت و سرعت زاویه‌ای پروانه ناشی شدن از آن نیز می‌توان بدست آورد. شکل زیر تصویری از تبدیل گشتاور شفت به اسب بخار آب (WHP) و در نتیجه هد پمپ ازطریق تقسیم اسب بخار آب تولیدی بر ρgQ را نشان می‌دهد. همانگونه که در تصویر مشاهده می‌گردد، نتیجه این تلفیقات عبارت است از:

$$\Delta H = P_W / \rho.g.Q$$

که P_H همان P_W یا توان اسب بخارآب یا همان توان هیدرولیکی پمپ است.



Shaft torque:	T_{shaft}	=		$\rho Q(r_2V_{t2} - r_1V_{t1})$
Water horsepower:	P_w	=	$\omega \cdot T_{shaft}$ =	$\rho Q(u_2V_{t2} - u_1V_{t1})$
Pump head:	H	=	$P_w / \rho gQ$ =	$(u_2V_{t2} - u_1V_{t1})/g$

بایستی توجه نمود، یک پمپ نمی‌تواند به طور کامل انرژی جنبشی را به فشار تبدیل کند. زیرا همواره قسمتی از انرژی از داخل و خارج پمپ هدر می‌رود. راندمان یک پمپ در نقطه کاری بیشترین مقدار خورد را دارد که به آن BEP (Best Efficiency Point) گفته می‌شود. واضح است که بیشترین نقطه کاری با کمترین تلفات متناظر است. یعنی به لحاظ تئوری انواع تلفات پمپ عبارتند از:

- تلفات هیدرولیکی : W_H
- تلفات مکانیکی : P_m
- تلفات حجمی : q_V

همچنین ازلحاظ تئوری در فرآیند جریان سیال در پمپ راندمان به سه صورت زیر مشاهده می‌گردد:

- راندمان هیدرولیکی : η_h
- راندمان مکانیکی : η_m
- راندمان حجمی : η_v

بازده هیدرولیکی پمپ

میزان اتلاف هیدرولیکی(W_H) در پمپ عمدتادر اثر اصطکاک بین سیال و جداره پوسته و پره، شتاب، اینرسی وعقب ماندگی سیال واتلاف بواسطه تغییر جهت جریان سیال می‌باشد.راندمان هیدرولیکی طبق رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$\eta_h = w / (w + w_h)$$

که در این رابطه η_h راندمان هیدرولیکی، w کار مخصوص پمپ و W_h کار مخصوص هدر رفته با توجه به اثرات هیدرولیکی می باشد..انتقال انرژی به سیال با بازده ۱۰۰٪ صورت نمی گیرد. بسته به نوع پمپ بازده هیدرولیکی معمولاً از ۶۵٪ تا ۹۵٪ متغیر است.

بازده حجمی پمپ

بازده حجمی که مشخص کننده میزان نشتی درپمپ است و از تقسیم میزان دبی حقیقی پمپ(q) بر دبی تئوری($q + q_v$) که پمپ باید تولید کند بدست می‌آید. با توجه به نشت مایع بین سطوح جانبی پروانه وجدار پوسته و یا از طریق دیگر اجزای پمپ،اتلافات حجمی(q_v)که باعث کاهش راندمان پمپ می‌شود، وجود خواهند داشت.راندمان حجمی طبق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\eta_v = q / (q + q_v)$$

این بازده معیاری از میزان اتلاف انرژی در قطعات هیدرولیکی به خاطر وجود لقی و فضای بین قطعات ثابت و دوار پمپ می‌باشد.

بازده مکانیکی

بازده مکانیکی بیانگر اتلاف انرژی (P_m) در قطعات مکانیکی پمپ مانند یاتاقان‌ها، آببندهای مکانیکی و مانند آن می‌باشد. این انرژی معمولاً به صورت گرما هدر می‌رود. بعبارت دیگر بازده مکانیکی مشخص‌کننده میزان اتلاف انرژی در اثر عواملی مانند اصطکاك دریاتاقان‌ها و اجزای درگیر و همچنین اغتشاش درسیال می‌باشد و برابراست با نسبت قدرت حقیقی داده شده به پمپ، برقدرت تئوری مورد نیاز جهت کار پمپ. راندمان مکانیکی طبق رابطه زیر بدست می‌آید

$$\eta_m = (P - P_m) / P$$

که در این رابطه η_m راندمان مکانیکی، P قدرت انتقالی از موتور به شفت یا محور پمپ و P_m توان از دست رفته در اثر انتقال می‌باشد.

بازده یا راندمان کل پمپ

با توجه به قانون ضرب احتمال‌ها، احتمال تاثیر هر راندمان در راندمان کلی پمپ بین ۰ تا ۱ یا همان صفردرصد تا ۱۰۰ درصد است. لذا راندمان نهایی از حاصل ضرب سه راندمان هیدرولیکی، مکانیکی و حجمی حاصل می‌شود:

$$\eta = \eta_h . \eta_m . \eta_v$$

محاسبات عملی راندمان پمپ

Actual Pump Efficiency

توان آب (Water Horsepower) یا بطور خلاصه WHP، عبارت از اسب بخار تحویل شده به سیال توسط پمپ است و به توان خروجی یا کارمفید انجام شده توسط پمپ موسوم و به نوعی عبارت از توان داده شده به مایع تحت پمپاژ است. BHP نیزتوان اسب بخارترمزی (Brake Horse Power) نیز توان داده شده به شفت پمپ می‌باشد. این دو ترم توسط فرمول‌های زیر تعریف می‌شوند:

برای توان داده شده به شفت یا همان توان داده شده به پمپ برای پمپاژ سیال یا اسب بخارترمزی رابطه زیر برقرار است:

$$BHP = Q.H_T.SpGr / ۳۹۶۰.Eff.$$

که درآن Q ظرفیت برحسب گالن بر دقیقه، H_T اختلاف هد کل برحسب فوت، SpGr وزن مخصوص سیال و Eff. بازده پمپ برحسب درصد می‌باشد. درصورت تغییر واحدهای اندازه گیری عدد مخرج تغییر خواهد نمود. به هرحال این فرمول برای این آحاد بدین صورت نوشته شده است.

به طریق مشابه برای توان داده شده به سیال تحت پمپاژ داریم:

$$WHP = Q.H_T.SpGr / ۳۹۶۰$$

که درآن Q ظرفیت برحسب گالن بر دقیقه، H_T اختلاف هد کل برحسب فوت، Sp.Gr وزن مخصوص سیال می‌باشد.

با توجه به مطالب فوق بازده پمپ عبارتست از نسبت توان داده شده به سیال تقسیم بر توان داده شده به شفت یا محور پمپ:

$$Pump\ Efficiency = WHP / BHP$$

هریک از موارد فوق توسط سازنده برای سیالات با مشخصات معین وزن مخصوص ارائه گردیده و قابل استفاده در محاسبات توان مصرفی است.

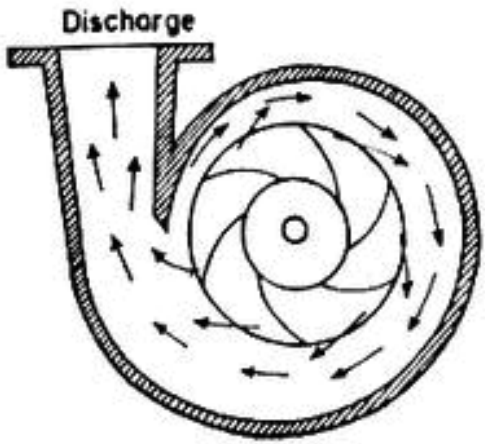
کاربرد محاسبات راندمان پمپ

Pump Efficiency Application

مهمترین کاربرد محاسبات بازده یک پمپ را می‌توان تحقق موازنه انرژی در پمپ و بررسی این موضوع که کاری که پمپ انجام داده است به اندازه انرژی که مصرف کرده است، ارزش اقتصادی دارد یا نه، می‌باشد.در پمپ‌های روتاری و جابجایی مثبت معمولاً بازده پمپ‌ها بیش از ۸۵٪ می‌باشد.یعنی از ۱۰۰واحد انرژی مصرف شده توسط پمپ، ۸۵ واحد تغییر در انرژی سیال یا کارانجام شده صورت پذیرفته است. علت آن است که بازده هیدرولیکی در این پمپ‌ها معمولاً بالا بوده و انتقال انرژی به سیال در این پمپ‌ها با راندمان بالایی انجام می‌گیرد.به عبارت دیگر مکانیزم درونی پمپ سبب تبدیل مقادیر بالائی از انرژی تحویل پمپ شده به انرژی‌های تحویل سیال شده می‌گردد. در پمپ‌های گریز از مرکز به خاطر طبیعت پیچیده حرکت سیال در داخل پروانه و فضاها ولقی‌های مشاهده شده وهمچنین ساختار درونی و قوس‌های مختلف پوسته، بازده هیدرولیکی ممکن است تا ۶۵٪ هم افت پیدا کند. علاوه بر این بازده حجمی نیز در این پمپ‌ها عموماً پایین تر از پمپ جابجایی مثبت می‌باشد.پمپ‌های که توان مصرفی پایینی دارند.معمولاً راندمان کمتری دارند. این امر بالاخص در پمپ‌های سانتریفوژ نمود بیشتری پیدا می‌کند. راندمان این پمپ‌ها ممکن است تا ۱۵٪ نیز کاهش یابد. عموماً بهبود راندمان در پمپ‌ها مستلزم صرف هزینه‌های هنگفت آزمایشگاهی و اصلاح طراحی‌ها می‌باشد. در پمپ‌هایی که توان مصرفی پایینی دارند معمولاً صرف هزینه‌های آزمایشگاهی جهت افزایش راندمان پمپ کاملاً توجیه اقتصادی ندارد و معمولاً سازندگان ترجیح می‌دهند راندمان پمپ‌هایی که توان بالاتری مصرف می‌کنند را بهبود دهند.

جریان حجمی یا دبی پمپ

Pump Flow Rate



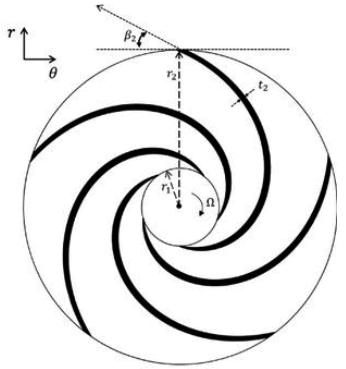
ظرفیت یک پمپ سانتریفوژ بستگی به چگونگی طراحی، سرعت گردش و قطر پروانه، فشار مطلق قسمت مکش، فشار قسمت تخلیه و خواص فیزیکی سیال عبوری از پمپ دارد. یکای دبی بر حسب واحد SI، متر مکعب بر ثانیه m^3/s می‌باشد. واحداندازه‌گیری جریان حجمی بسته به ظرفیت پمپ انتخاب می‌گردد و معمولاً برحسب متر مکعب بر ساعت m^3/hr، گالن بر دقیقه Gpm، لیتر بر ثانیه Lit/sec، لیتر بر ساعت Lit/hr و یا لیتر بر دقیقه Lit/min و ... بیان می‌شود. درصورتیکه ظرفیت یک پمپ معلوم نباشد می‌توان از مشخصات موجود پمپ آن را محاسبه نمود. به‌عنوان یک فرمول ساده، برای مایعات تراکم‌ناپذیر، ظرفیت یا دبی یک پمپ برحسب گالن بردقیقه Gpm را می‌توان ازرابطه زیربدست آورد:

$$Q=۴۴۹V_s.A$$

در آن Q ظرفیت پمپ یا شدت جریان حجمی برحسب فوت مکعب برثانیه، V_s برابرسرعت مخصوص برحسب فوت برثانیه و A سطح مقطع عبورجریان برحسب فوت مربع می‌باشد.

سرعت مخصوص

Specific Speed



این پارامتر تحت موضوع هیدرودینامیک پمپ برررسی می‌گردد. درشرایطی که ابعاد پروانه پمپ به گونه‌ای باشد که بتواند در ازای هد یا فشار جریان یک فوت، به میزان یک گالن دردقیقه انتقال سیال داشته باشد سرعت مخصوص پروانه به‌صورت سرعت انتقال جریان بر دقیقه تعریف می‌شود. این عدد در واقع، شناسه پمپ‌هاست و در حوزه طراحی پمپ‌ها بکار می‌رود. توسط سازندگان، سرعت مخصوص با حد قابل قبولی به صورت نسبت قطر چشمی پروانه D_1 به قطر ماکزیمم پروانه D_2 تعریف می‌گردد.

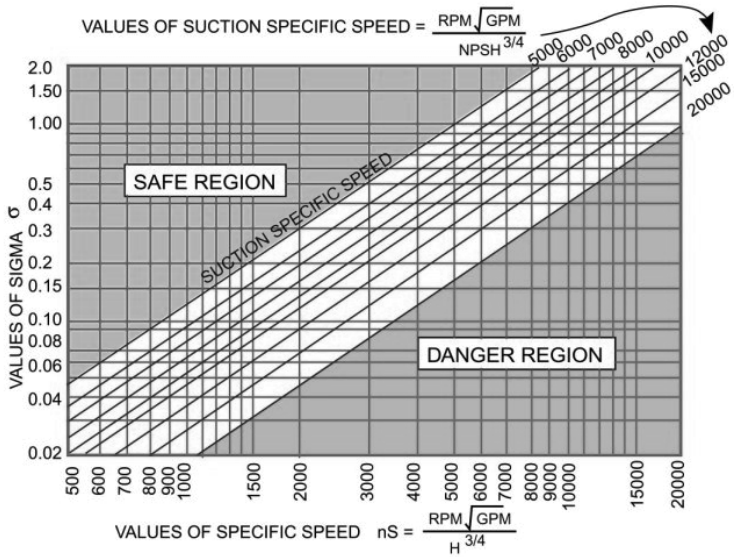
$$N = \text{Specific speed (RPM)} = D_1 / D_2$$

همانگونه که مشاهده می‌گردد سرعت مخصوص پمپ یک عدد بدون بعد بوده و برای طبقه‌بندی پمپ براساس مدل‌ها و مشخصاتشان استفاده می‌شود. با توجه به رابطه فوق هرچه سرعت مخصوص(N) افزایش یابد،قطر چشم پروانه کاهش می‌یابد.سرعت مخصوص خالص مکش(N_S) نیز پارامتری است که برای بررسی کاویتاسیون پمپ بکار می‌رود.با این پارامتر،دوری از پمپ را که درآن کاویتاسیون رخ نمی دهد معلوم می‌کنند.هرچه این سرعت بیشتر باشد،محدوده کاویتاسیون کوچکتر می‌شود.

$$N_s = \frac{N\sqrt{Q}}{NPSH^{0.75}}$$

لذا با قراردادن سرعت مخصوص یا همان دور پمپ یا سرعت دورانی(RPM) و دبی اعلام شده از سوی سازنده(گالن بر دقیقه) و هدمکش مثبت مورد نیازپمپ برای هرمرحله پمپ که توسط سازنده ارائه شده است، سرعت مخصوص مکش و درنتیجه معیاری برای بررسی محدوده رخداد کاویتاسیون بدست می‌آید. با تعریف فاکتور سیگما به فرم زیر، نمودار محدوده کاویتاسیون را برای مقادیر مختلف سرعت مخصوص مکش تولید و ارائه می‌نمایند:

$$\sigma_{inlet} = \frac{P_{inlet} - P_{vap}}{\frac{1}{2}\rho V_{inlet}^2}$$



این نمودار یک نمودار با مفاهیم ارزش تجاری پمپ است که قابلیت‌های سرویس‌دهی پمپ را بدون رخداد کاویتاسیون توصیف می‌نماید. همانگونه که در نمودار فوق مشاهده می‌گردد، به ازای عبارت‌های مختلف سیگما منتج از فشارو سرعت ورود و فشاربخار سیال تحت پمپاژ، محدوده‌های خطر، ایمن و وابسته سرعت مخصوص را توصیف می‌نماید.

افت فشاردر سیستم پمپاژ

Pump System Pressure Loss

به مقدار کاهش فشار سیال در اثراصطکاک و برخورد به هنگام عبور از تجهیزات مقاوم در مسیر عبور جریان مانند لوله‌ها و شیرآلات و زانوها و ... افت فشاراتلاق می‌گردد. بطور کلی درحین پمپاژ دو نوع افت فشار در سیستم قابل بررسی است:

- افت فشار ناشی از اصطکاک
- افت فشار ناشی از اتصالات

دو رابطه اساسی عدد رینولدز و رابطه دارسی ویسباخ جهت محاسبه افت فشار در لوله‌ها پرکاربرد ترین روابط موجود هستند. درصورتیکه l طول لوله و d قطر آن و v سرعت متوسط سیال درلوله و λ ضریب افت در لوله باشد، مطابق رابطه دارسی ویسباخ برای h به‌عنوان افت فشار بواسطه مقاومت لوله در مسیر جریان خواهیم داشت:

$$h=\lambda lv^{2}/2dg$$

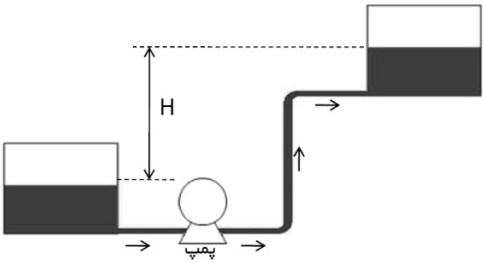
بسته به میزان اغتشاش موجود درسیال درحال جریان، عدد رینولدز مشخص کننده روش محاسبه λ از روابط موجود است(روابطی چون کوناکف، بلازیوس و ...) که با توجه به سرعت متوسط سیال در لوله V و قطر لوله d و ویسکوزیته سیال μ ، عدد رینولدز مشخص شده و روش محاسبه λ را معین خواهد نمود.

$$Re=Vd/\mu$$

همانگونه که بیان گردید، به جز اصطکاک، عوامل دیگری مانند تنگ و گشاد شدن ناگهانی لوله (ردیوسر و اکسپندر)، زانوئی، شیرها و ...نیز باعث افت فشار شده که از جداول و مراجع موجود اثرات جزئی هریک قابل تعیین و استفاده در محاسبات است، اما عمده این محاسبات به افت فشار ناشی از اصطکاک در لوله‌ها بر می‌گردد. برای کسب اطلاعات بیشتر به ضمائم مراجعه نمائید.

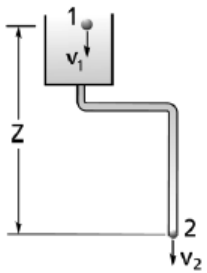
هد پمپ

Pump Head



هد به‌عنوان اختلاف ارتفاع پمپاژ و یا فشار پمپ درنظر گرفته شده است. هر گونه انرژی در رابطه با جریان سیال را با واحد ارتفاع ستون سیال فوت یامتراست بیان می‌نمایند. بیان هد(Head) به‌صورت فوت یا متر معرف این موضوع می‌باشد که پمپ تا چه ارتفاعی سیال را بالا خواهد برد. مثلاً پمپی که هد معادل ۳۰ متر دارد، قادر است سیال را تا ارتفاع حدودی ۳۰ متری بالا ببرد. بیان هد پمپ به صورت متر سیال درك نسبتاً ملموس تری نسبت به بیان هد به صورت فشار دارد. در پمپ‌های روتاری و جابجایی مثبت معمولاً هد پمپ به صورت ماکزیمم فشار قابل ایجاد توسط پمپ بیان می‌شود.بطور کلی هد یک پمپ مولفه‌های مختلفی به شرح زیر دارد که برآیند این مولفه‌ها هدکل پمپ را بدست خواهد داد.

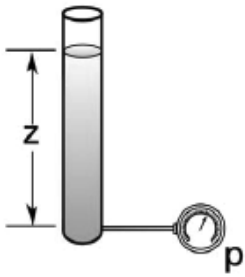
هد انرژی پتانسیل H_p: هد انرژی پتانسیل به انرژی مربوط به فاصله سطح مایع ازسطح مبنا که معمولازمین درنظر گرفته می‌شود.



Potential specific energy = z

Hp = Z

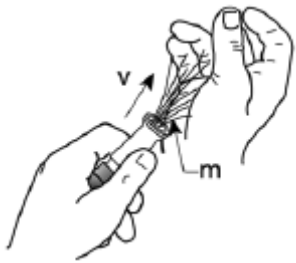
هد استاتیکی H_s: به ارتفاع قائم از خط مرکز پمپ تا سطح آزاد سیالی که پمپاژ می‌شود هد استاتیکی گفته می‌شود که مقدار آن معمولا برحسب فوت سنجیده می‌شود. برای محاسبه آن کافیست از ارتفاع سیال نسبت به یک نقطه مبنا در شرایط قبل و بعد پمپاژ مطلع بود. اختلاف ارتفاع بین قبل و بعد پمپاژ، z، فشاری را بدست خواهد داد(تصویر زیر را ببینید) که با استفاده از آن، از رابطه زیر می‌توان این هد را محاسبه نمود.



$$\text{Pressure specific energy} = P/\gamma$$

$$H_s = P/\gamma$$

هد جنبشی یا دینامیک H_d: برابر است با هد معادلی که سیال برای رسیدن به آن سرعت باید سقوط آزاد داشته باشد. به بیانی دیگر، هد مورد نیاز برای شتاب گرفتن سیال را هد سرعتی می‌گویند. درمخازن مبداء یا مقصد سیال که سطح وسیعی دارند، این هد ممکن است صرفنظر شود.



$$\text{Kinetic specific energy} = V^2/2g$$

$$H_d = V^2/2g$$

هد اصطکاک H_f: افت انرژی ناشی از اصطکاك (هد افت انرژی ناشی از اصطکاك)

همانگونه که در بخش افت فشار بیان گردید، افت اصطکاکی عبارت است از افت فشار سیال به واسطه مقاومت لوله‌ها و اتصالاتی که سیال د ر آن‌ها جریان دارد . در کاربردهای عملی افت اصطکاکی بر مبنای طول معادل لوله برحسب فوت اندازه گیری می‌شود.هد اصطکاکی، مقدار انرژی لازم برای غلبه بر اصطکاك موجود در خط لوله و اتصالات از قبیل شیرزانو، سه راهی و ... است که با H_f نشان داده می‌شود. مقدار H_f به عوامل متعددی چون قطر لوله، زبری لوله ،طول لوله، وزن مخصوص مایع، ویسکزیته مایع و رژیم جریان بستگی دارد.رابطه H_f با دبی به صورت زیر است.

$$H_f = K.Qn$$

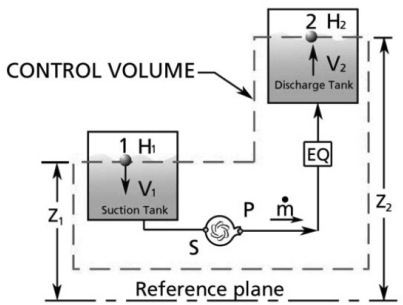
که در آن:

K مقداری ثابت است و به کلیه عوامل بالا جز دبی بستگی دارد. n به رژیم جریان بستگی دارد و مقدار آن عبارتست از:

برای رژیم آرام جریان(رینولدز کوچکتر از ۲۳۰۰) : n=۱

برای رژیم آشفته جریان : ۲ – n=۱٫۸۵

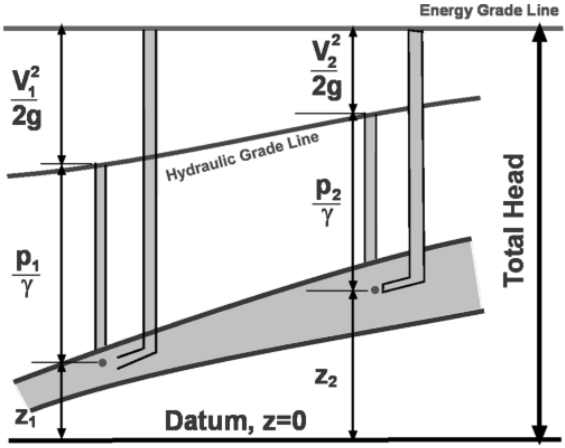
با توجه به مطالب فوق، هد کلی سیستم را می‌بایست با درنظر گرفتن حجم کنترل بین سطح دو سیال ساکشن و دیسشارژ پمپ ضمن به حساب آوردن کلیه اتلافات و توان‌های اضافه شده به سیال بواسطه گشتاور پمپ و ... به شرحی که توضیح داده شددرنظر گرفت. لذا با توجه به یک سیستم پمپاژ نشان داده شده در شکل زیر این محاسبات منجر به تحقق فرمول هد کلی سیستم خواهد شد.



به طریق بسیار ساده، با نوشتن قانون برنولی بین دو نقطه به ارتفاع Z_1 و Z_2 می‌توان هد ناشی از اختلاف فشار دو نقطه یاد شده را بصورت زیر نشان داد:

$$\Delta H_P(ft\ fluid) = (\Delta H_{F1-2} + \Delta H_{EQ1-2}) + \frac{1}{2g}(v_2{}^2 - v_1{}^2) + z_2 + H_2 - (z_1 + H_1)$$

همانطور که نشان داده شده است با بالا رفتن سیال و افزایش ارتفاع Z، مقدار هد استاتیکی P/γ وهدجنبشی یا دینامیک $V^2/2g$ کاهش می‌یابد. در این رابطه هد اصطکاک بصورت مستتر در تغییر پارامترهای یاد شده از وضعیت ۱ به وضعیت ۲ است و این یک رابطه تجربی و کاربردی بدست خواهد داد.



به‌طریق ساده‌تر، هد اصطکاک در هد کلی سیال به صورت مجموع هد فشاری، جنبشی، پتانسیل و هد اصطکاك لحاظ وتعریف می‌شود.

هد اصطکاك + هد پتانسیل + هد جنبشی + هد فشاری =هد کلی سیال

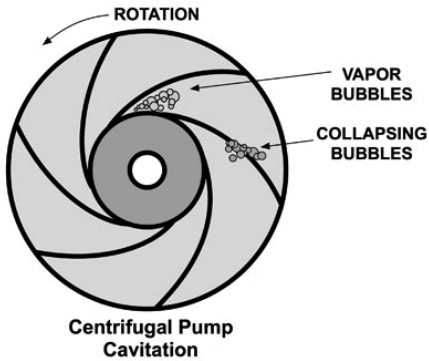
$$H = H_s + H_d + H_p + H_f$$

$$H = P/\gamma + V^2/2g + Z + K.Q^n$$

با محاسبه این هد، انتخاب پمپ میسر خواهد بود.

کاویتاسیون درپمپ‌ها

Pumps Cavitation



پیدایش کاویتاسیون بر این اساس است که هنگامیکه مایع به درون چشم پروانه (مجرای ورود به پروانه) یک پمپ سانتریفیوژ وارد می‌شود، فشارش کاهش می‌یابد. اگر فشار مطلق در مقطع چشم پروانه از فشار بخار مایع در همان درجه حرارت کاری پائین‌تر آید، در آن نقطه شروع به جوشیدن کرده و بطور برق‌آسا تبدیل به بخار می‌شود. وقتی این حباب‌های بخار همراه مایع در امتداد پره‌های پروانه بحرکت در می‌آیند، فشار رفته‌رفته افزایش یافته و این حباب‌ها ترکیده و مجدداً به مایع تبدیل می‌شوند.این پدیده تشکیل و از بین رفتن حباب‌های بخار اصطلاحاً کاویتاسیون (حفره‌زایی) نامیده می‌شود. تشکیل و از بین رفتن تعداد زیادی حباب بر روی یک سطح آزاد، به مرورآنرا در معرض تنش شدید موضعی قرار می‌دهد.

هنگامی که فشار مطلق در ورودی پمپ کمتر یا مساوی فشار بخار مایع می‌شود، مایع موجود درپمپ بخار می‌شود و حباب‌های بخار به همراه جریان سیال به قسمتی از پمپ که دارای فشار بالا است منتقل می‌شوند.در اثر عمل دینامیکی پروانه پمپ،در اثر بالارفتن فشار پمپ این حباب‌ها منفجرمی شوند. تشکیل بخار در مکش پمپ ممکن است باعث گرفتگی و انسداد پمپ گردد و درنتیجه باعث کاهش دبی و فشار خروجی پمپ شود. این پدیده را کاویتاسیون

می‌گویند. کاویتاسیون در پمپ‌ها اثرات بسیار نامطلوبی دارد که از آن جمله می‌توان به ایجاد سرو صدای غیر طبیعی ناشی از ضربات هیدرولیکی و ایجاد لرزش در پمپ‌ها، کاهش راندمان پمپ، نوسانی شدن دبی خروجی، افت فشار در پمپ، صدمات مکانیکی و خوردگی سایشی بر روی سطوح و قطعات داخلی پمپ از جمله پوسته، پروانه و آب‌بندها، اشاره کرد.اکثر سازندگان براساس مطالعات و تحقیقات صورت پذیرفته، دسته بندی عوامل موثر و اثرات منفی کاویتاسیون را بصورت زیر ارائه داده اند:

Factors responsible for cavitation

High impeller speed
Small diameter of suction pipe and inlet of impeller
Too high specific speed
Required NPSH > Available NPSH
High temperature of flowing fluid

The harmful effects of cavitation are:-

Pitting and erosion of surface
Sudden drop in head, efficiency
Noise and vibration.

بنابراین عوامل موثر در ایجاد کاویتاسیون را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- افت فشار بیش از حد در قسمت ورودی پمپ، باعث تبخیر سریع‌تر مایع در این ناحیه شده و شرایط را برای تبخیر و تشکیل حباب زیاد می‌کند.
- بالارفتن دمای پمپ، باعث بالارفتن فشار بخار مایع می‌شود و منجر می‌شود مایع در فشار کمتری تبخیر شود.
- افزایش دبی پمپ به دلیل بالارفتن دور موتور و یا استفاده از پروانه با قطر بیش از حد که موجب کاهش فشار در ورودی پمپ می‌شود.
- تغییر مایع پمپ شونده به دلیل تغییرات شرایط عملیاتی)پمپاژ مایعات سبکتر)
- افزایش هد مکش پمپ
- جهت کنترل پدیده کاویتاسیون وبرقراری شرایط عدم وجود کاویتاسیون از هدمکش مثبت یاNPSH استفاده می‌شود. NPSH حداقل هد(فشار) لازم در قسمت ورودی پمپ است که بتواند:

- افت فشارهای ناشی از اتلاف انرژی را جبران کند.
- اجازه تبخیر شدن مایع در این قسمت را ندهد.
- از نظر ریاضی، خلاصه ترین حالت NPSH به صورت تفاضل فشار مطلق مکش)ورودی(پمپ و فشار بخار مایع در دمای عملکرد پمپ، تقسیم بر شتاب جاذبه ضرب در چگالی تعریف می‌شود:

$$NPSH = (P_{ab.suc.} - P_{vap})/\rho g$$

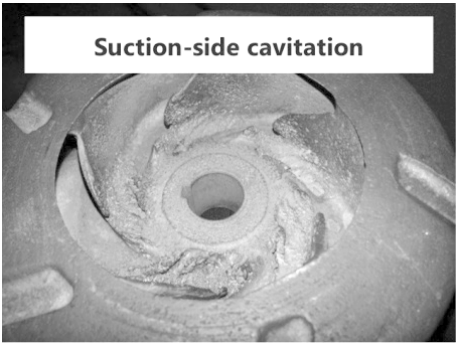
که درآن $P_{ab.suc}$ فشار مطلق در ساکشن پمپ و P_{vap} فشار بخار دردمای پمپ و ρ نیز دانسیته سیال می‌باشد.در صورتی که NPSH منتجه از رابطه خلاصه شده فوق:

کوچکترازصفرباشددرپمپ کاویتاسیون روی خواهدداد NPSH<۰

مساوی صفرباشدپمپ در آستانه کاویتاسیون قرار دارد NPSH=۰

بزرگتر ازصفر باشددر پمپ کاویتاسیون روی نمی دهد NPSH>۰

با توجه به منشاء پدیده کاویتاسیون، در مواقعی که دمای سیال نزدیك نقطه جوش می‌باشد و یا پمپ می‌بایست مکش منفی انجام دهد (سطح فرآورده پایین‌تر از سطح تراز پمپ می‌باشد) و یا به واسطه طولانی بودن خط مکش پمپ و وجود اتصالات متعدد در سمت مکش لوله‌کشی انرژی سیال هنگام ورود به پمپ کم می‌باشد، بررسی پمپ‌ها از نقطه نظر NPSH و کاویتاسیون امری ضروری می‌باشد. همچنین در بعضی از کاربردهای خاص که فشار بخار سیال بالا می‌باشد و یا اصولاً سیال فرار می‌باشد بررسی پدیده کاویتاسیون اجتناب‌ناپذیر است. مهمترین تاثیرات کاویتاسیون برروی پمپ‌ها شامل افت راندمان و خرابی و سرو صدای آزاردهنده پمپ است که مسئله اتلاف انرژی آن نیز بسیار حائز اهمیت است. در واقع کارخانه سازنده پیش‌بینی لازم برای افت از ورود پمپ تا نقطه حداقل فشار در داخل پروانه را انجام داده و جهت مقایسه باشرایط کاربرد پمپ گزارش می‌نماید. تصویر زیر تاثیر پدیده کاویتاسیون را بر پروانه پمپ‌های سانتریفوژ نشان می‌دهد.



خلاصه اینکه در انتخاب پمپ حتماً بایستی دقت شود که $NPSH_r$ (یا همان هد مکش مثبت مورد نیاز) کوچکتر از $NPSH_a$ (هد مکش مثبت موجود)باشدتا انرژی در دسترس سیال در مکش پمپ بیش از انرژی مورد نیاز پمپ در مکش باشد ودر نتیجه سیال هنگام ورود به پمپ بخار نشود. موضوع کاویتاسیون در پمپ‌ها موضوع بسیار مهمی می‌باشد و معمولاً یکی از علل اساسی خرابی در پمپ‌های سانتریفوژ می‌باشد.

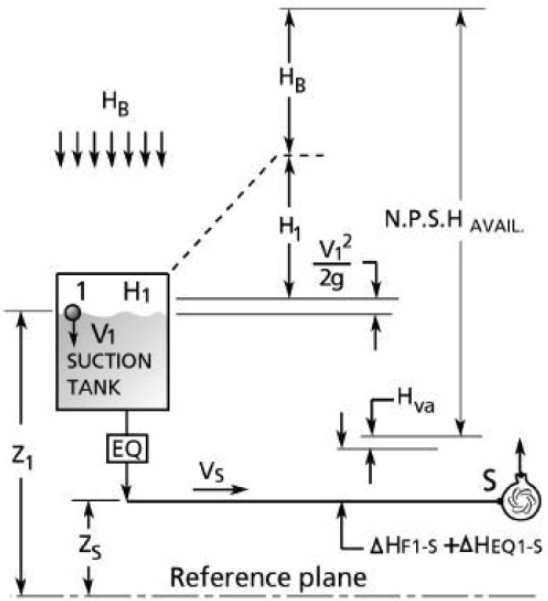
هد مکش مثبت

Net Positive Suction Head

حال که مفهوم کاویتاسیون توضیح داده شد، دلیل بسیار مهم محاسبه هد مکش مثبت را می‌توان درک نمود. عبارت NPSH مخفف (Net Positive Suction Head) به مفهوم هد مکش مثبت است. این هد به‌عنوان بخشی از هد کلی محاسبه شده در قبل است. به طور خلاصه می‌توان گفت مفهوم هد مکش مثبت دانستن و لحاظ نمودن شرایطی است که سیال در لحظه ورود به پمپ چه مقدار انرژی داشته باشد تا بخار نشود. مقدار این انرژی را NPSH نام نهاده‌اند. به بیان واضح‌تر در بررسی NPSH به دنبال این موضوع هستیم که اولا در هنگام مکش پمپ چه مقدار انرژی درسیستم سیال وجود داشته باشد تا بخار نگردد. این مقدار، همان $NPSH_r$ یا NPSH مورد نیاز (required)

می‌باشد. $NPSH_r$ پارامتری است که توسط پمپ ساز گزارش می‌گردد. ثانیا، از سوی دیگر دانستن این موضوع که سیال در هنگام ورود به پمپ چه مقدار انرژی بیشتر از انرژی بخار شدن دارد، پاسخ این سوال همان $NPSH_a$ یا NPSH در دسترس(Availiable) می‌باشد و توسط خریدار می‌بایست برای محل استفاده پمپ، محاسبه و به سازنده گزارش شود.

برای نوشتن رابطه $NPSH_{availible}$، درصورتیکه H_1 ارتفاع سطح مایع درون مخزن، V_1 سرعت پائین آمدن سطح مایع درون مخزن تحت مکش و سایر موارد را بصورت نشان داده شده در شکل لحاظ نمائیم داریم:



$$N.P.S.H._{avail}(ft\ of\ fluid\ absol.) = -(\Delta H_{F1-S} + \Delta H_{EQ1-S}) + \frac{v_1^2}{2g} + (z_1 - z_s + H_1) + H_B - H_{va}$$

امابه طریقی ساده‌تر، $NPSH_a$ بر اساس موقعیت نصب پمپ و شرایط مکش سیال محاسبه می‌شود. هر دو نوع NPSH معمولاً بر حسب متر سیال و یا فوت

سیال بیان می‌شود.

درروش ساده‌تر برای محاسبه $NPSH_a$ ،دانستن و تهیه موارد زیر کافیست:

Hp_s یا هد استاتیک ساکشن که عبارتست از فاصله عمودی بین خط مرکزی چشمی اولین مرحله پروانه پمپ و سطح مایع در طرف ساکشن پمپ. بصورت ارتفاع استاتیکی مکش عبارتست از:

$$Hp_s = P_s.g/\rho$$

Hp_v یا هدمعادل فشاربخاریا به عبارت دیگر فشاربخارمایع دربیشترین دمای پمپاژ که بصورت ارتفاع معادل فشاربخار مایع عبارتست از:

$$Hp_v = P_v.g/\rho$$

H_v یا همان هد معادل سرعت که عبارتست از هد معادل سرعت حرکت سطح مایع در مخزن مکش پمپ است که در مخازن باسطح بزرگ قابل صرفنظر است:

$$H_v = V_1^2/2g$$

Hf_s یا هد اصطکاکی یا به عبارت دیگر مجموع هدر رفت انرژی دربخش ساکشن پمپ:

$$Hf_s = \sum h_L$$

اگر اختلاف ارتفاع مایع تا سطح مکش پمپ را Z در نظر بگیریم درصورتیکه سطح مایع از دهانه پمپ بالاتر باشد علامت Z مثبت و درصورتیکه سطح مایع از دهانه پمپ پائین‌تر باشد علامت Z منفی خواهد بود.

با توجه به موارد فوق و تاثیر هدهای مختلف و برآیند آنها درهد کلی سیستم، برای محاسبه NPSH دردسترس پمپ می‌توان از معادله زیر استفاده نمود:

$$NPSH = P_s.g/\rho - P_v.g/\rho + V_1^2/2g \pm Z - \sum h_L$$

روش‌های ممانعت از کاویتاسیون

قبلا اشاره گردید، ممانعت از کاویتاسیون با کاهش NPSH مورد نیازیک پمپ متناظر می‌باشد. دراین راستا تعدادی از اقداماتی را که می‌توان در جهت کاهش پدیده کاویتاسیون انجام دادمی توان به شرح ذیل بیان نمود:

- **استفاده نمودن از پمپی با سرعت کمتر**

با توجه به ارتباط مستقیم NPSH با سرعت پمپ و همچنین پدیده کاویتاسیون، پمپی با سرعت کمتر نیاز به NPSH کوچکتری خواهد داشت .لذا کاهش NPSH با انتخاب پمپ کم سرعت تر میسر خواهد گردید.

- **استفاده از پمپی دبی پایین تر**

با توجه به ارتباط مستقیم هد پمپ با دبی خروجی آن، انتخاب پمپی کوچکتر با دبی پایین تر نیازمند NPSH کوچکتر و در نتیجه رخداد کاویتاسیون نامحتمل‌تر خواهد شد.

- **استفاده از یک بوستر پمپ**

استفاده ازیک بوستر،قبل از پمپ اصلی مشروط بر هم دبی بودن با پمپ اصلی،سبب نیاز به ارتفاع پایین‌تر ساکشن داشته و بنابراین به NPSH کمتری نیاز خواهد داشت.

- **افزایش سطح چشمی پروانه**

افزایش سطح چشمی پروانه باعث بوجود آمدن اغتشاش بیشتر می‌شود که می‌توان آن را با وارد کردن بازگشت سیال یا جریان مینیمم فلو رفع نمود.

- **استفاده از پروانه دو مکشی**

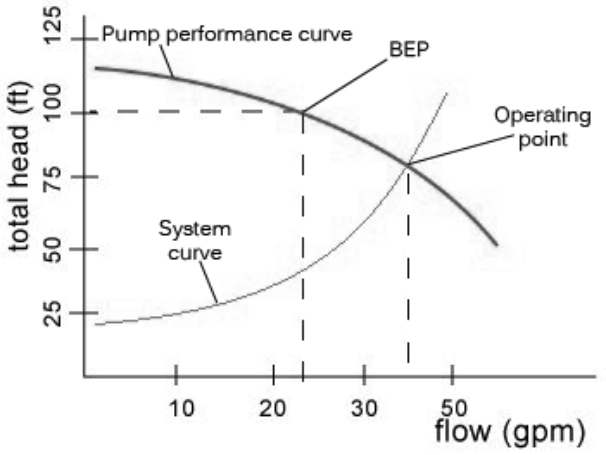
NPSH یک پروانه دو مکشی، تقریباً دارای ٪۶۷مقدار NPSH مورد نیاز یک پروانه یک مکشی با ابعاد برابر است.

نکته مهم دیگر اینکه وقتی سروصدای غیرعادی و ارتعاش زیاد درپمپ شنیده و مشاهده میگردد،دلیل اصلی آنها می‌تواند به علت بازگشت سیال در مکش یا رانش یا ورود هوا در پروانه باشند که لازم است بررسی کامل صورت پذیرد.

منحنی عملکرد پمپ

Pump Performance curve

منحنی عملکرد (performance curve) پمپ‌ها معمولاً نمایشگر گرافیکی عملکرد هیدرولیکی پمپ‌ها می‌باشد. درپمپ‌های سانتریفوژ، منحنی هد-دبی بصورت نزولی بوده ومقدار حداکثر هددرنقطه دبی صفردبی پمپ رخ می‌دهد. منحنی توان-دبی بصورت صعودی می‌باشد،به این ترتیب هرچه آبدهی پمپ افزایش یابد مقدارتوان مصرفی الکتروپمپ نیزافزایش می‌یابد.به هنگام انتخاب الکتروپمپ مناسب استفاده از منحنی راندمان اهمیت زیادی پیدا می‌کند. منحنی راندمان-دبی دارای یک نقطه بیشینه(BEP) است که معمولاً سعی می‌شود نقطه کار پمپ در آن قرار گیرد.



انرژی خروجی کلی ازیک پمپ ،ترکیبی از هد دینامیکی کلی پمپ ونرخ جریان حاصله ازآن بوده وارتباط بین این دو درمنحنی عملکرد پمپ نشان داده می‌شود. برای بیان ساده‌تر این موضوع که چگونه یک منحنی پمپ ترسیم می‌گردد فرض کنید که خروجی یک پمپ سانتریفوژ به داخل یک لوله عمودی مستقیم باشد.

پس از پمپاژ مایع ،نهایتاً مایع در یک سطح حداکثری از لوله قرار گرفته و بیشتر از آن سطح نیز قادر به حرکت نمی‌باشد.این سطح را می‌توان به‌عنوان حداکثر هد تولید شده توسط پمپ فرض کرد. در این نقطه، پمپ به چرخش خود ادامه خواهد داد ولی قادر به فشردن بیشتر مایع وانتقال آن به سطحی بالاتر در لوله نخواهد بود. تحت این شرایط، مایع در داخل پمپ به وضعیت متلاطمی رسیده ولی هیچگونه جریانی از درون پمپ عبور نمی‌کند لذا در این نقطه(هدحداکثر) مقدار نرخ جریان صفر می‌باشد. اگر در این حالت، سوراخ‌هایی بر روی لوله خروجی از پمپ در سطوح پائین‌تر از هد حداکثری آن ایجاد نمائیم خواهیم دید که از میزان هد کاسته خواهد شدودراین شرایط نرخ جریان افزایش خواهد یافت. لازم به ذکر است که این منحنی تا نقطه‌ای که هد صفر شود ادامه پیدا نمی کند و بعبارت دیگر این منحنی هیچگاه کامل نمی‌گردد زیرا یک پمپ سانتریفوژ نمی تواند فراتر از ظرفیت مشخص شده خود عمل کند بنابراین در آن نقطه منحنی ادامه پیدا نکرده و کامل نمی‌گردد.

از سوی دیگر منحنی عملکرد معرف میزان دبی که این پمپ می‌تواند تولید نماید بوده وهمچنین این منحنی بیانگر هد کلی که پمپ می‌تواند به سیستم اضافه نماید نیز می‌باشد.

ترسیم منحنی‌های عملکرد برای پمپ‌های روتاری و جابجایی مثبت معمولاً متداول نیست. عملکرد این پمپ‌ها عموماً به صورت ماکزیمم دبی و ماکزیمم فشار بیان می‌شود. در پمپ‌های سانتریفوژ وضع به کلی متفاوت است. هر چقدر که در پمپ‌های روتاری و جابجایی مثبت سازندگان به اطلاعات کلی بسنده می‌کنند در پمپ‌های سانتریفوژ ارائه منحنی‌های مشخصه دقیق و صحیح متداول می‌باشد.

کارخانه‌های سازنده پمپ‌ها جهت مشخص نمودن شرایط و عملکردهای هر پمپ، منحنی‌های مختلفی را با انجام آزمایش‌های مشخصی به همراه درخواست مشتری ارایه می‌دهند. مسئله مهم کاربردی بودن این نمودارها بعد از خرید و در هنگام بهره‌برداری از آنها می‌باشد. سیال مورد استفاده جهت آزمون و ارائه این منحنی برای پمپ، معمولا آب است. در صورتی که سیال پمپ شونده سیالی با لزجت بالاتر از آب باشد، بایستی با استفاده از ضرایب تصحیح، اصلاحات لازم بر

روی منحنی عملکردی که با آب بدست آمده است، انجام شود.

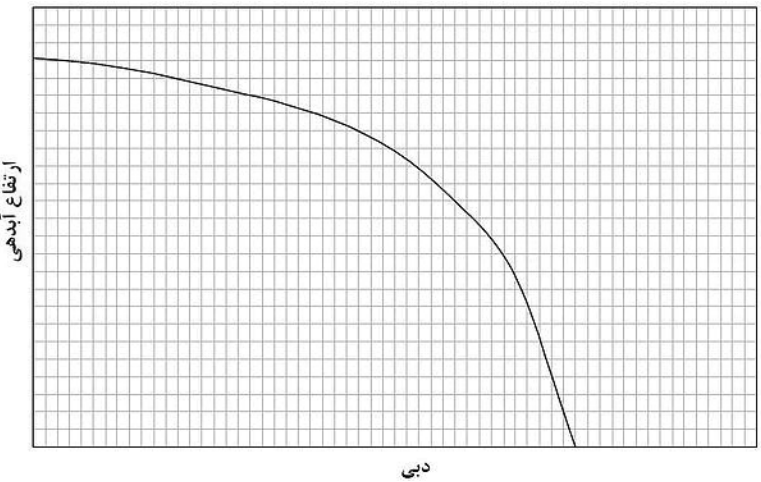
معمولاً منحنی‌های عملکرد پمپ‌ها را در یک دور خاص نمایش می‌دهند (مثلا در ۱۴۵۰ دور بر دقیقه یا ۲۹۰۰ دور بر دقیقه). ترسیم منحنی‌های عملکردی پمپ‌های گردشی و جابجایی مثبت معمولاً متداول نیست. هر پمپ بسته به اینکه در کدامیك از طبقه‌بندی‌های پمپ قرار گیرد منحنی عملکرد مربوط به خود را دارد. اصولاً پمپ‌هایی که در یك طبقه بندی قرار می‌گیرند رفتار مشابهی از منظر منحنی‌های عملکردی دارند. در منحنی‌های عملکرد پمپ‌ها معمولاً مهمترین پارامترهای هیدرولیکی پمپ شامل دبی، هد، راندمان، توان مصرفی و همچنین NPSHr نمایش داده می‌شود که در ذیل به مهمترین آنها اشاره می‌گردد.

در واقع منحنی‌های H-Q، $NPSH_r$– Q، PBHP–Q و η–Q منحنی‌های عملکرد پمپ‌های سانتریفوژ را تشکیل می‌دهند. در بیشتر مواقع منحنی η–Q در منحنی H–Q ادغام می‌شود. در ادامه ۴ نمونه از این منحنی‌های عملکردی معرفی می‌گردند.

منحنی مشخصه پمپ

(H-Q) Curve

شرکت‌های سازنده پمپ، با توجه به مشخصات پمپ از جهت تأمین فشار و دبی و بهره‌وری کارکرد پمپ، منحنی مشخصه پمپ را ارایه می‌کنند تا مصرف‌کنندگان با در نظرگرفتن مشخصات فشار و دبی مورد نیاز خود و منحنی مشخصه پمپ‌ها، پمپ مورد نظر خود را انتخاب نمایند. نمودار زیر نمونه‌ای از منحنی مشخصه یک پمپ را نشان می‌دهد.

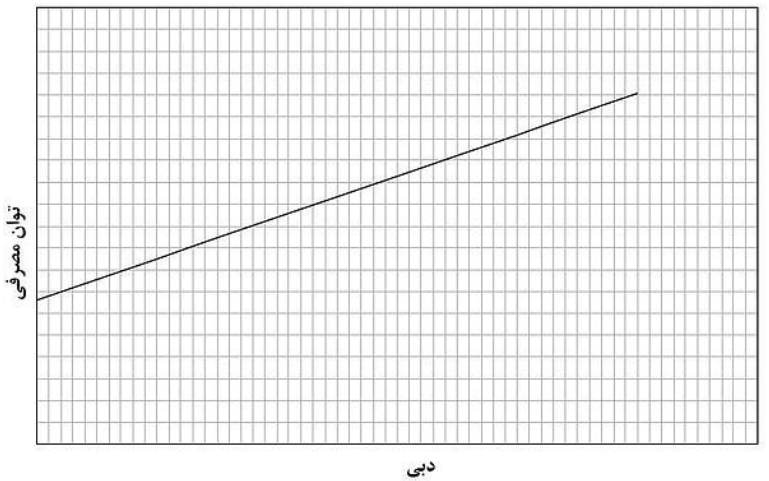


در این شکل محور عمودی ارتفاع آبدهی (فشار بوجود آمده در خروجی پمپ یا همان هد پمپ) و محور افقی دبی پمپ را نشان می‌دهد. همانگونه که از منحنی فوق پیداست با افزایش دبی، میزان ارتفاع آبدهی پمپ کاهش می‌یابد.

منحنی مصرف یا انرژی

(P-Q) Curve

با توجه به الگوی مصرف، دبی و فشار مورد نیاز متناسب با این مصرف، منحنی توان مصرفی پمپ بر حسب دبی ترسیم می‌گردد. به همین دلیل این منحنی را، منحنی مصرف می‌نامند. نمودار زیر نمایانگر این منحنی است.

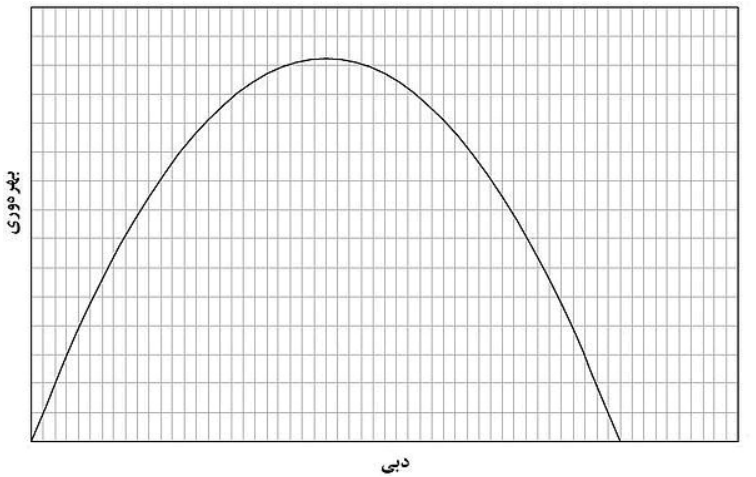


همانگونه که از نمودار فوق پیداست، با افزایش توان مصرفی، می‌توان دبی بیشتری از پمپ دریافت نمود، اما حد اقتصادی بودن این موضوع را منحنی مشخصه پمپ تعیین می‌نماید.نقطه تقاطع منحنی مصرف و منحنی مشخصه پمپ را نقطه کاری می‌نامندکه در نمودار منحنی‌های عملکردی این نقطه را مشخص می‌نمایند.

منحنی بازده یا بهره‌وری

(η-Q) Curve

وقتی سیالی از یک نازل که با زاویه ۴۵ درجه قرار گرفته است، جریان یابد،مسیری را می‌پیماید که شکل این مسیر همان منحنی بهره‌وری است. ابتدا سیال به سمت بالا رفته و به اوج می‌رسد (که به آن، نقطه حداکثر کارایی یا BEP گفته می‌شود) و سپس به سمت پایین می‌آید که شکل سهمی را به وجود می‌آورد.

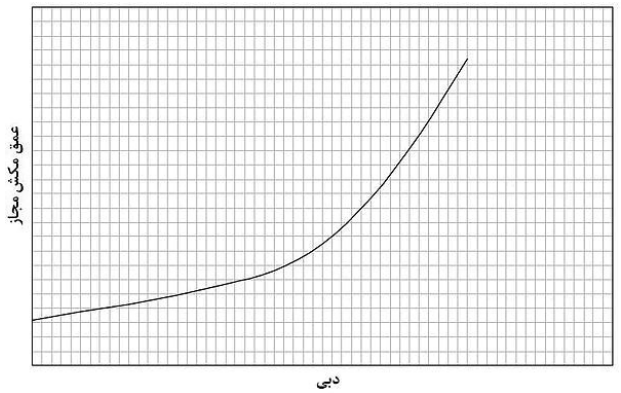


منحنی بهره‌وری می‌تواند در منحنی مشخصه پمپ نیز رسم شود که در این حالت از نقطه حداکثر کارایی، خطی عمودی رسم می‌شود تا منحنی مشخصه پمپ را در نقطه‌ای قطع کند که در آن نقطه بیشترین بهره‌وری پمپ جهت پمپاژ سیال رخ خواهد داد.

منحنی طول مکش خالص مثبت
(NPSH-Q) Curve

همواره باید فشار و دمای ورودی سیال به پمپ مورد توجه قرار گیرد. اگر فشار مطلق در مکش پمپ به فشار بخار سیال، نزدیک شود، پدیده حباب‌زایی یا کاویتاسیون رخ می‌دهد. مقدار فشاری که باید به فشار بخار اضافه گردد تا در سیال حبابهای بخار تشکیل نشود را، عمق مکش درخواستی ($NPSH_r$) گویند. این مقدار جزو مشخصات پمپ است و با سرعت پمپ و دبی عبوری از پمپ متناسب است و توسط سازنده پمپ محاسبه می‌گردد. هنگامی که سیال عبوری از پمپ، سیال با درجه حرارت بالا باشد، عمق مکش درخواستی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. زیرا فشار بخار سیال با افزایش دما، افزایش می‌یابد و طول مکش خالص مثبت مجاز کاهش می‌یابد. اگر طول مکش خالص مثبت مجاز کمتر از عمق مکش درخواستی پمپ شود، حباب‌زایی، سر و صدا، غیریکنواختی جریان و مشکلات مکانیکی ایجاد خواهد شد. بطور تجربی برای جلوگیری از پدیده حباب‌زایی لازم است تا رابطه زیر برقرار باشد:

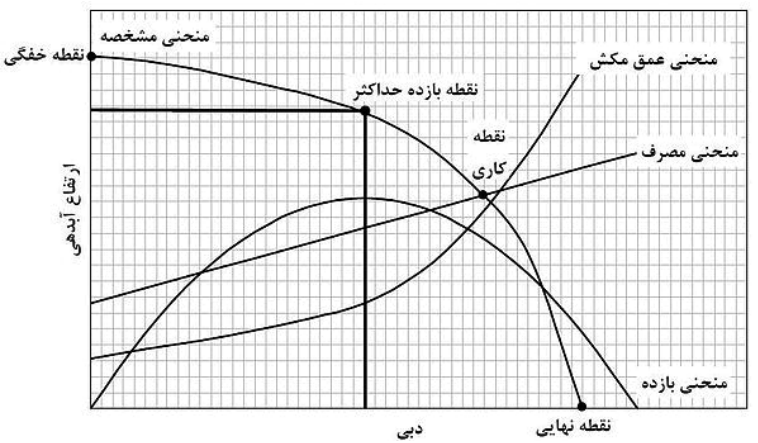
$$NPSH_a > NPSH_r + ۲\ ft$$



همانگونه که از منحنی عمق مکش مشخص است در محدوده‌ای نزدیک به نقطه کارایی حداکثر، شیب منحنی ناگهان به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. یعنی امکان ایجاد پدیده حباب‌زایی به صورت ناگهانی بیشتر می‌شود؛ بنابراین باید دقت نمود که پمپ در ناحیه‌ای قبل از شروع این افزایش انتخاب گردد.

کاربرد انطباق منحنی‌های پمپ (منحنی عملکرد)
Pump Performance Curve Application

برای درک ارتباط و مقایسه چهار منحنی ذکرشده، در نمودار زیر چهار منحنی عملکردی پمپ در یک نمودار بر حسب دبی رسم شده است. یکی از نتایج این نمودار، نقاط تلاقی و مناطقی است که در انتخاب پمپ باید مورد توجه قرار گیرند.یکی از این مناطق مهم، محدوده اطراف نقطه کارایی حداکثر است که پیش از این توضیح داده شد. نقاط تلاقی مهم نیز عبارتند از:



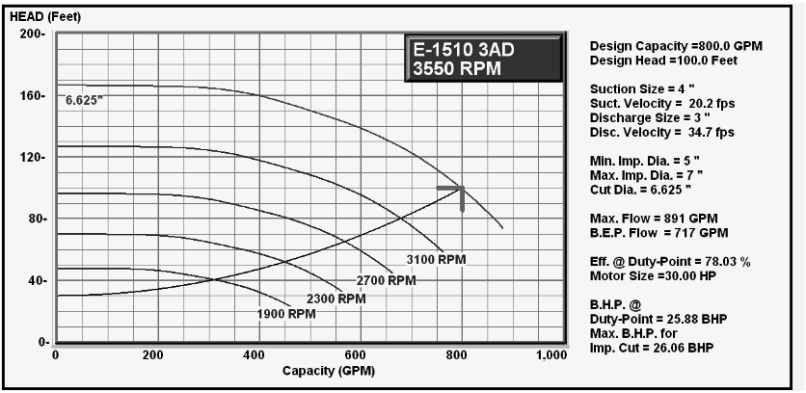
درشکل فوق:

- نقطه حداکثر بازده: بیشترین بهره‌وری پمپ جهت پمپاژ سیال در ابن نقطه رخ می‌دهد. در این نقطه کمترین نیروی شعاعی به پروانه وارد می‌شود و پمپ حداقل ارتعاش و سروصدا را داراست. در هنگام انتخاب پمپ نقطه کاری پمپ باید نزدیک نقطه حداکثر کارایی باشد تا باعث افزایش کارایی پمپ شود.
- نقطه کاری: محل تلاقی منحنی مشخصه با منحنی مصرف است. اهمیت این نقطه بدین سبب است که توصیه می‌شود نقطه کاری نزدیک نقطه حداکثر کارایی باشد، زیرا در صورت دور شدن از این نقطه بازده پمپ کاهش می‌یابد.
- نقطه نهایی پمپ: مقدار دبی در این نقطه بیشترین مقدار است زیرا پمپ

حداکثر میزان توان را مصرف می‌کند و پمپ با سر و صدا و ارتعاش زیاد کار می‌کند.

- نقطه خفگی پمپ: در این نقطه پمپ بیشترین ارتفاع آبدهی را دارا می‌باشد. در نمودار مشخصه پمپ این نقطه محلی است که در آن دبی تقریباً صفر می‌باشد.

همانگونه که قبلا ذکر گردیدمعمولاً منحنی‌های عملکرد پمپ‌ها را در یك دور خاص نمایش می‌دهند (مثلاً دور ۱۴۵۰ در بر دقیقه، ۲۹۰۰ دور بر دقیقه و مانند آن). معمولاً محور xها محور دبی می‌باشد و در محور yها پارامترهایی مانند هد، NPSH، توان مصرفی و بازده پمپ نمایش داده می‌شود. اشکال زیر، منحنی‌های عملکرد یك مدل پمپ را برای دور اسمی ۳۵۵۰ دور بر دقیقه نشان می‌دهند.

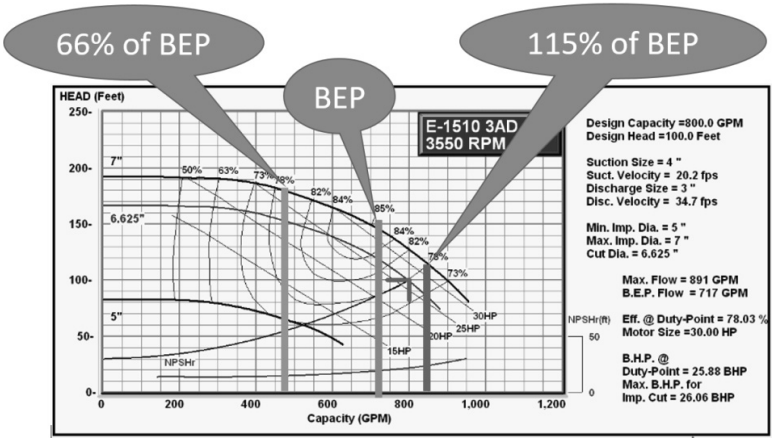


به‌عنوان مثال برای هد۴۰فوت،با ۱۹۰۰دور بردقیقه میزان ۳۰۰ گالن و برای همان هد،با۲۳۰۰دور بر دقیقه،۵۲۵گالن بردقیقه دبی خواهد داشت.

باتوجه به هد طراحی این پمپ، حداکثر دبی قابل حصول از پمپ حدود ۸۰۰ گالن بر دقیقه با داشتن حداکثر ۱۰۰فوت هد می‌باشد. همین هد برای ۳۱۰۰دور در دقیقه موجب کسب ۶۶۰ گالن دبی خروجی پمپ خواهد شد.

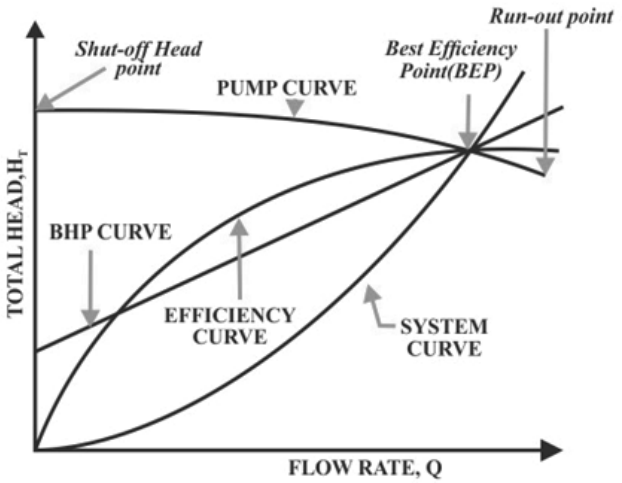
قبلاً بیان گردید، در هنگام انتخاب پمپ می‌بایست دقت شود پمپی انتخاب گردد که نقطه کار آن درشرایط کاری نزدیک به نقطه بهترین راندمان(BEP) قرارگیرد.با توجه به نقطه بهترین راندمان ارائه شده توسط سازنده در نمودار

مربوط به پمپ مورد بحث، یعنی ۷۱۷ گالن بر دقیقه، برای طرحی با هد ۱۵۰فوت بهترین انتخاب برای این پمپ می‌باشد. این بازده با انتخاب بیشترین قطر ایمپلر قابل دستیابی است. نکته قابل توجه دیگر نیز این است که درحالتی که نقطه کار پمپ از نقطه بهترین راندمان فاصله بگیرد عارضه‌های مختلفی برای پمپ بوجود می‌آید که باعث کاهش عمر پمپ یا اختلال درامرپمپاژ خواهدشد.



همانگونه که در شکل مربوط به این پمپ نشان داده شده است، حداقل هد مثبت مکش پمپ می‌بایست ۵۰فوت باشد تا منحنی مربوط به حداقل قطر پروانه را قطع نماید.

با توجه به مطالب فوق، بهترین نقاط کارکرد پمپ را میتوان از بررسی منحنی عملکرد پمپ تشخیص داد. درشکل زیرکه نشان دهنده نمودار عملکرد یک پمپ دریک دور خاص است(این نمودار توسط سازنده پمپ برای هر دور از پمپ جداگانه ارائه می‌گردد)، تقاطع منحنی‌های سیستم و پمپ که درآن هد کلی و جریان حجمی مربوط به هر منحنی با سایر منحنی‌ها یکسان می‌باشد به‌عنوان نقطه BEP یا نقطه بهترین بازده پمپ می‌باشدکه توسط سازنده پمپ این آزمایشات و بررسی‌ها صورت گرفته و به‌عنوان اطلاعات فنی پمپ در اختیار طراح سیستم پمپاژ قرار می‌گیرد.

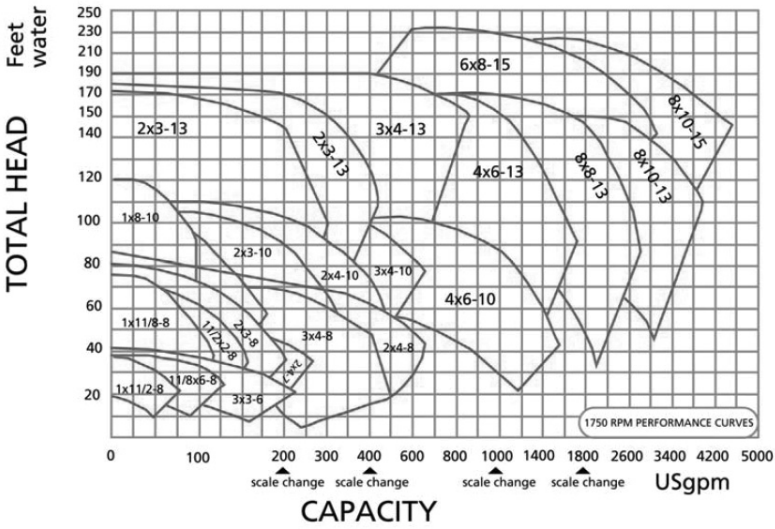


همواره این نکته را می‌بایست به خاطر سپرد که نقطه بهترین بازده پمپ را معیار اولیه انتخاب یک پمپ در نظرگرفت. یک طراح و انتخاب کننده پمپ، جدای از مسائل نوع سیال و خورندگی و ... برای انتخاب پمپ حداقل یک پارامتر را باید لحاظ نماید و سایر پارامترها براساس محدودیت‌های اعمال شده از مشخصات پمپ در دسترس تعیین گردند. به‌عنوان مثال افزایش هد روی منحنی با کاهش دبی همراه است. مگر اینه دور موتور بیشتری انتخاب شود. نقطه بهترین بازده پمپ نقطه بسیار مهمی برای طراح سیستم پمپ است و طراح همواره سعی در انتخاب دبی و هد مناسب فرایند تحت بررسی خود حوالی این نقطه می‌نماید. دراین نقطه حداکثر کارائی و راندمان برای پمپ مشاهده می‌گردد.

دراستاندارد ۶۱۰ API توصیه شده است دبی نقطه کاری بین ۰٫۷ تا ۱٫۱ دبی نقطه BEP باشد.

یکی دیگر از نمودارهائی که سازندگان پمپ در اختیار طراحان سیستم پمپاژ قرار می‌دهند، نمودار کارائی (Performance Curve) است. نمودار کارائی امکان انتخاب اولیه پمپ با استفاده از هد کلی و ظرفیت لازم به پمپاژ توسط آن را فراهم می‌کند. این نمودار جهت یک دور خاص (به‌عنوان مثال دراین نمودار ۱۷۵۰دور بر دقیقه مد نظر است) داده می‌شود که دراین دور برای هدهای مختلف و

ظرفیت‌های مختلف، انتخاب‌های مشخصی را می‌توان داشت. این نمودار به کم کردن انتخاب پمپ‌ها که نیاز سیستم را برآورده می‌کند، کمک می‌نماید.



روند کلی انتخاب به صورت زیر است:

ابتدا جهت انتخاب ازگروه پیشنهاد شده یک نوع پمپ با دور مشخص، ایتدا هد کلی را که پمپ درآن سرویس خواهد داد می‌بایست محاسبه گردد. این هد را همانگونه که قبلا توضیح داده شد می‌بایست از فرمول زیر حساب نمود:

هد اصطکاك + هد پتانسیل + هد جنبشی + هد فشاری =هد کلی سیال

هداصطکاک مربوط به طول لوله برحسب جداول داده شده برحسب سایزآن و هدپتانسیل مربوط به اختلاف سطح نقاط اولیه و پس از پمپاژ سیال و هد جنبشی مربوط به سرعتی که سازنده برای سیال در پمپ بیان نموده است و از روابط ارائه شده در قبل استفاده می‌نمایدو هدفشاری نیز مربوط به فشاری است که توسط سازنده برای پمپ ارائه می‌گردد.

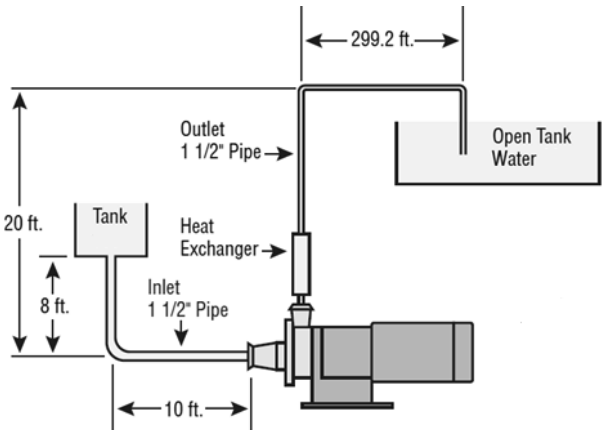
لذا با محاسبه هد کلی سیال و دبی مورد نیاز که هدف ازتهیه پمپ رسیدن به این دبی برای این هد است، دربخش افقی و عمودی نمودار قبلی ،انتخاب سایز پمپ صورت می‌پذیرد. به‌عنوان مثال برای دبی ۱۰۰۰گالن بر دقیقه و ۶۰فوت

هدکلی محاسبه شده، سایززیر بدست می‌آید:

۴×۶-۱۰

مطابق استاندارد ANSI، عدد اول یا ۴ مربوط به دیسشارژ پمپ(Discharg) برحسب اینچ(یا هر واحد دیگری که سازنده درج نماید) و عدد دوم یا ۶ مربوط به ساکشن پمپ(Suction) و عدد سوم یا ۱۰ مربوط به ماکزیمم قطر پروانه (Max Impeller Diameter) می‌باشد. لذا پمپی با این مشخصات می‌تواند هد ودبی مورد نیاز را تامین نماید.

به‌عنوان مثالی از کاربرد بعضی از منحنی‌های معرفی شده، قصد انتخاب یک پمپ ۳۵۰۰ دوردردقیقه از یک سازنده را برای طراحی سیستم پمپاژ خود داریم. برای محاسبه هد کلی سیستم در یک سیستم با دو مخزن روباز بصورت زیر عمل می‌گردد:



کل هد را شامل هد استاتیک، هد ناشی از اختلاف فشار روی دوسطح مایع و هد ناشی از اصطکاک فرض نموده وازهد سرعت بافرض بزرگ بودن سطح مخزن ساکشن و سرعت ناچیز پائین رفتن سطح مایع، صرفنظر می‌کنیم. تخلیه پمپ در طول یک مسیر بیست متری ضمن عبور از یک مبدل حرارتی بصورتی که نشان داده شده است، ضمن مکش از مخزنی به ارتفاع ۸ فوت با دبی مورد نیاز ۵۰ گالن بردقیقه صورت می‌پذیرد. NPSHمورد نیاز نیز توسط سازنده ۳ گزارش شده است.

اختلاف ارتفاع بین مکش (نقطه دسترسی لوله مکش به مایع) و دیسشارژ

(نقطه‌ای که سیال به بالارفتن و غلبه بر جاذبه زمین خاتمه می‌دهد) معادل اختلاف ۲۰ و ۸ فوت بوده که این اختلاف ارتفاع ۱۲ فوتی هد ارتفاع محسوب می‌گردد.

برای محاسبه افت فشار ناشی ازاصطکاک لوله یا هد لازم برای غلبه بر اصطکاک با فرض افت ۰٫۲۵ فوت برای هر فوت از طول لوله خواهیم داشت:

$$(۸ft + ۱۰ ft + ۲۰ ft + ۲۹۹٫۲ ft) = ۳۳۷٫۲ ft$$

$$۳۳۷٫۲ ft * ۰٫۲۵ ft / ft = ۸۴٫۳ ft$$

به فرض هد لازم برای غلبه بر اصطکاک ۳ زانوها نیز معادل ۰٫۶ فوت محاسبه گردد(هرزانو ۰٫۲ فوت هد لازم برای غلبه بر اصطکاک).همچنین برای مبدل حرارتی نیز از سوی سازنده، افت فشار ۳۸٫۱ فوت اعلام گردیده باشد.

درنتیجه مجموع همه هدها معادل ۱۳۵ فوت می‌باشد که به‌عنوان کل افت ناشی از همه ایتم‌های یاد شده می‌باشد.

حال برای ۵۰ گالن دبی مورد نیاز با ۱۳۵ فوت هد، از نمودارهای پمپ‌های ارائه شده از سوی سازندگانی که قصد انتخاب ازآنها را داریم به فرم زیر مدل و قطر پروانه پمپ را انتخاب می‌کنیم.

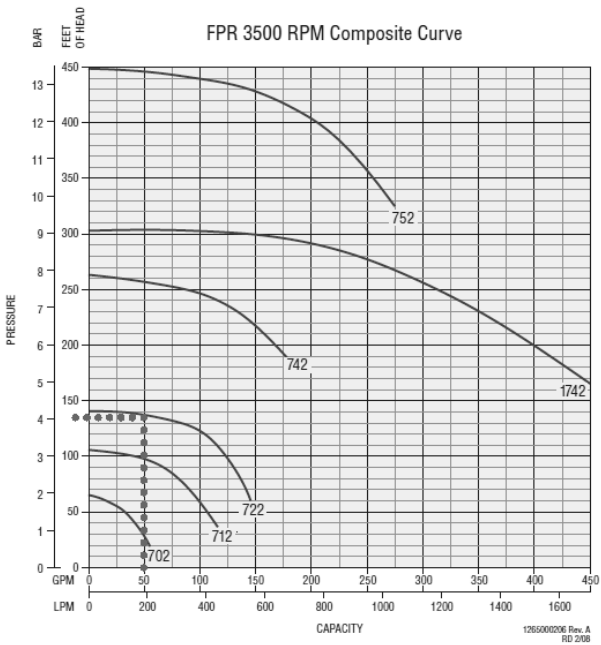
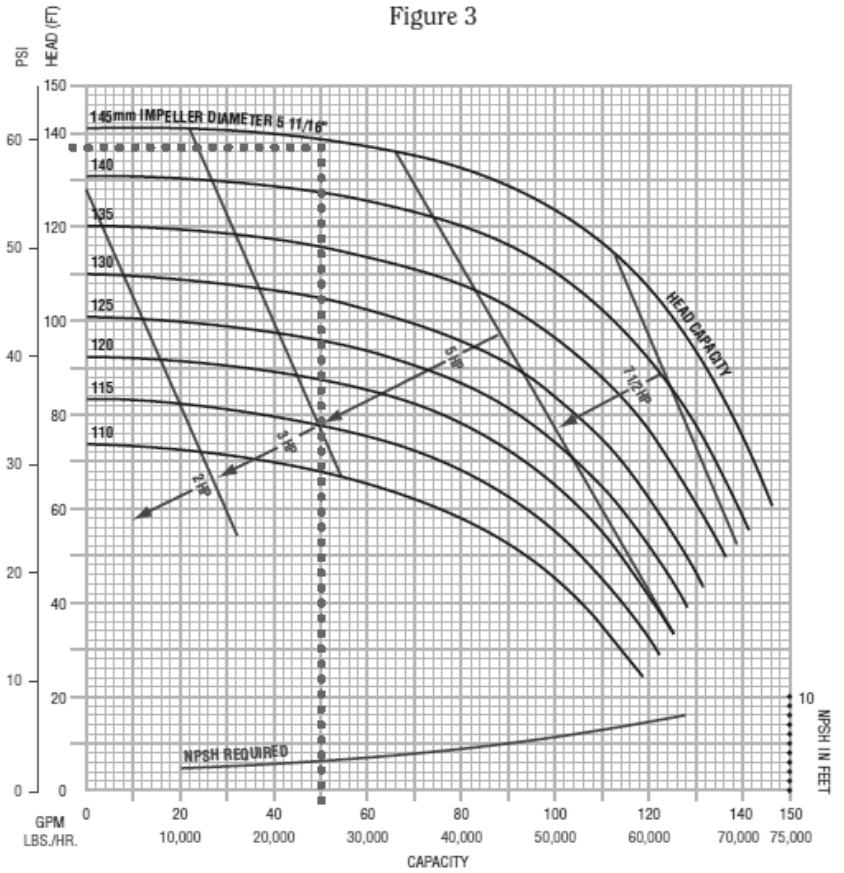


Figure 3



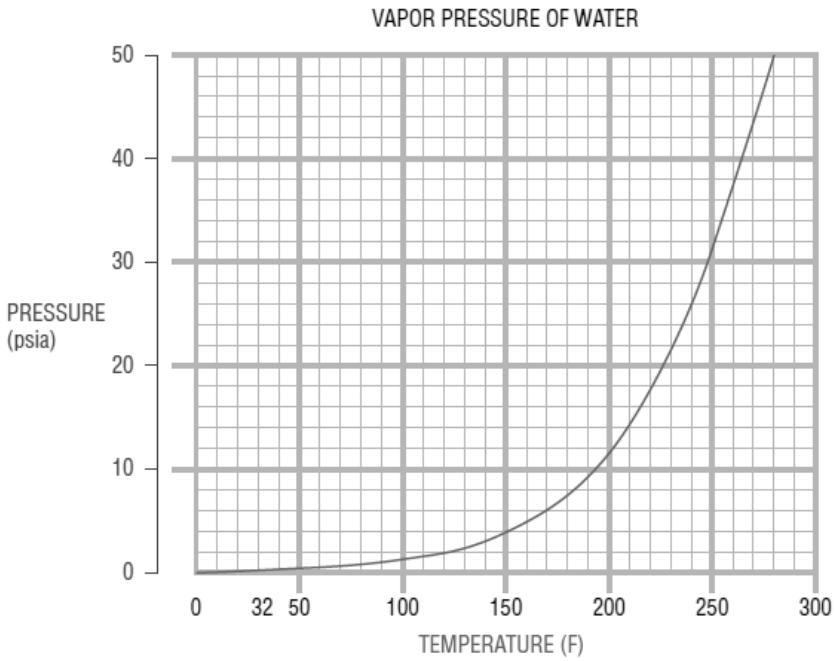
بنابراین پمپ مدل ۷۲۲ با قطر پروانه ۱۳۵ میلیمتر انتخاب می‌گردد.

حال $NPSH_{available}$ یا باید محاسبه نمائیم. سازنده NPSH مورد نیاز را ۳ اعلام نموده است. لذا:

$NPSH_{available}$ =

Physical height of liquid + atmospheric pressure - friction losses - vapor pressure

به فرض سیال قابل پمپ آب با دمای ۱۸۰درجه فارنهایت باشد. باشد. بنابراین فشار بخار آب را دراین دما از منحنی فشار بخار این ماده بدست می‌آوریم:



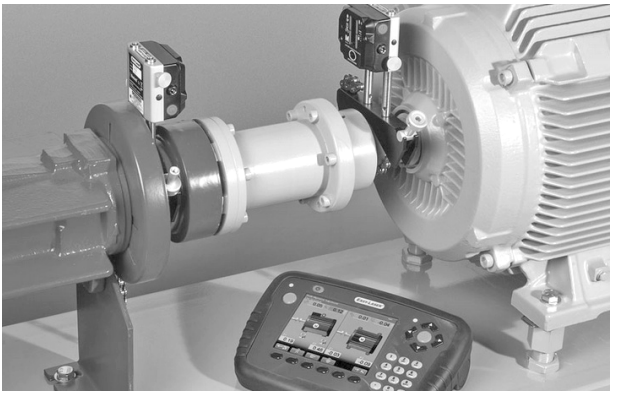
مقدار ۸ فوت تفاوت ارتفاع مایع از مرکز پمپ در بخش ساکشن (Physical height of liquid) و فشار بخار آب دراین دما ۷٫۴۹psia بدست می‌آید که باتقسیم بر۰٫۴۳۳، مقدار هد لازم برای غلبه بر فشاربخارآب حدود ۱۷٫۳ فوت خواهد گردید.مخزن ساکشن،درفشار اتمسفریک و روباز است. لذا یک اتمسفر معادل ۳۳٫۹فوت می‌باشد و ۱۰ فوت لوله ۱۱/۲ اینچ به همراه یک زانو در بخش ساکشن با مقادیر اتلاف بیان شده در ابتدای این محاسبات ۴٫۷ فوت هد را دربخش ساکشن سبب خواهد گردید.

$$NPSH_{available} = ۸\,ft. + ۳۳٫۹\,ft. - ۴٫۷ft. - ۱۷٫۳\,ft. = ۱۹٫۹\,ft.$$

لذا با توجه به بزرگتر بودن NPSH قابل دسترس، پمپ بدون هیچ مشکلی سرویس دهی خواهد داشت.

تنظیم و همراستایی موتور و پمپ

Pump Alignment



یکی از مهمترین مواردی که بر عملکرد صحیح پمپ تاثیر مستقیم دارد همراستائی محور پمپ و محور الکترو موتور است.تنظیم و همراستایی مناسب از جمله اقدامات هنگام نصب و بعد از هرگونه تعمیرات بوده و در طول سال نیز بدلیل کارکرد پمپ این تنظیم به هم می‌خورد. عدم توجه به این موضوع ممکن است باعث خرابی پمپ و یا کاهش عملکرد آن به دلایلی چون ارتعاشات بسیار زیاد و مخرب تجهیزات،خراب شدن سریع مکانیکال سیل و افزایش بار روی یاتاقان‌ها و بالارفتن دمای آنها و ایجاد ضربات اساسی به پمپ و همچنین بالارفتن مصرف انرژی در پمپ شود.

روش‌های همراستایی

Alignment Methods

در عمل جهت سه روش متداول نمایشگر عقربه ای یا ساعت اندازه‌گیری، نمایشگر عقربه ای یا ساعت اندازه گیری معکوس و روش لیزری جهت همراستا نمودن محور پمپ و الکترو موتورآن مورد استفاده واقع می‌گردد:

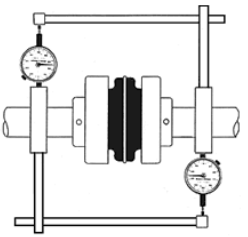
تنظیم با روش نمایشگر عقربه‌ای

Dial Indicator Alignment

دراین روش پلی که، هردو شفت کوپل شده موتور و الکترو موتور را بررسی همراستائی می‌نماید، درگوشه خود حامل دو عقربه درجهت زوایای ۹۰ درجه پایه‌های متصل به محورها بوده و دراین حالت جهت همراستا نمودن دو محور، نیاز به همراستائی پایه‌های پل مذکور دارد.

تنظیم با روش نمایشگر عقربه ای معکوس

Reverse Dial Indicator Alignment



Reverse-Indicator Setup

دراین روش یک ساعت اندازه گیری روی محور موتورالکتریکی و یک ساعت اندازه گیری دیگر روی محور پمپ نصب می‌شود . با گردش محور الکترو موتور و محور پمپ، میزان لنگی بین دو محور قرائت شده و میزان نا همراستائی مشخص

می‌گردد. با قرار دادن یک سری برگه‌ها به نام شیم زیر پایه موتور، این ناهمراستائی رفع شده و پس از همراستا شدن پایه‌ها محکم می‌شوند.

تنظیم با روش لیزر

Laser Alignment

در این روش، با استفاده از نصب یک فرستنده و یک گیرنده روی یک براکت (Bracket: ثابت و تسهیل‌کننده نگهداری سیستم تنظیم شفت) که خود آن روی محور پمپ و الکتروموتور نصب گردیده است، میزان نا همراستائی با توجه به ارقام ناشی از پرتوهای ارسال شده بین این دو قطعه محاسبه شده و درصفحه نمایشگر این وسیله قابل قرائت و تصمیم گیری در شیم گذاری و درنهایت محکم نمودن تجهیزات همراستا شده می‌باشد.

همراستایی محورها در دوحالت گرم و سرد صورت می‌پذیرد.

- همراستایی اولیه (بررسی همراستایی سرد) قبل از کارکرد وقتی پمپ و موتور در دمای محیط کار می‌کنند.
- همراستایی نهایی (بررسی همراستایی گرم) بعد از کارکرد وقتی پمپ و موتور در دمای کاری خود هستند.

بررسی همراستایی اولیه (همراستایی سرد) قبل از گروت‌ریزی شاسی پمپ جهت ایجاد اطمینان از اجرای همراستایی و بعد از گروت‌ریزی شاسی جهت ایجاد اطمینان از اینکه هیچ تغییری حین گروت‌ریزی اتفاق نیفتاده است و

همچنین بعد از اتصال لوله کشی‌ها جهت ایجاد اطمینان از اینکه تنش‌ها و کشش‌های لوله کشی تأثیری بر همراستایی نگذاشته است. اگر همراستایی از بین رفته باشد، باید لوله کشی را مورد بازبینی قرار داد تا هرگونه تنش و کرنش اضافی در فلنج پمپ از بین برود.

بررسی همراستایی نهایی (همراستایی گرم) بعد از اولین راه اندازی جهت ایجاد اطمینان از همراستایی صحیح وقتی پمپ و موتور در دمای کاری خود می‌باشندو به صورت تناوبی جهت این موضوع از دستورالعمل‌های عملکرد واحد (plant) پیروی می‌کند.

نکات اندازه گیری همراستایی

Alignment Measuring Nots

درمراحل اندازه گیری همراستائی پمپ و تنظیم آن نکات زیر را درصورت ناهمراستائی می‌بایست مورد توجه قرار داد:

- فک کوپلینگ پمپ و فک کوپلینگ موتور را حتما باید توام با هم چرخاند. به طوری که میله نمایشگر تنها با یک نقطه از فک کوپلینگ موتور در تماس باشد. این تکنیک از اندازه گیری ناصحیح جلوگیری می‌کند.
- جهت تنظیم، می‌بایست تنها زیر موتور شیم گذاری نمود و یا تنها الکتروموتور را حرکت داد. این تکنیک از ایجاد کرنش در لوله کشی جلوگیری می‌کند.
- می بایست مطمئن شد که پیچ‌های پایه موتور در حین اندازه گیری ساعت محکم بسته شده اند. بستن پیچ‌ها از حرکت الکتروموتور که باعث اندازگیری ناصحیح می‌باشد، جلوگیری می‌کند.
- اطمینان از اینکه که پیچ‌های پایه موتور حین اصلاحات همراستایی باز شده‌اند سبب می‌شود اجازه حرکت به الکتروموتور برای تنظیم داده شود.
- می‌بایست همراستایی را بعد از هرگونه تنظیم مکانیکی مجدداً بررسی نمود. این اقدام هرگونه ناهمراستایی را حین تنظیم اصلاح می‌کند.

مقادیر مجاز ساعت نمایشگر برای بررسی همراستایی بسیارمهم است .مقادیر

مجاز مشخص شده تنها برای دمای کاری اعتبار دارند. برای تنظیم سرد، مقادیر دیگری مجاز خواهند بود. دراین خصوص می‌بایست از تلرانس‌های صحیح استفاده نمود. عدم توجه به این موضوع ممکن است منجر به عدم همراستایی و کاهش قابلیت اعتماد دستگاه گردد.

برای موتورهای الکتریکی، تنظیم همراستایی عمودی موازی اولیه (سرد) محور موتور می‌بایست ۰٫۰۰۲ تا ۰٫۰۰۴ اینچ و یا ۰٫۰۵ تا ۰٫۱ میلیمتر کمتر از محور پمپ باشد.

وقتی برای بررسی همراستایی نهایی از نمایشگر عقربه ای (ساعت نمایشگر) استفاده می‌شود، اگر شرایط زیر اتفاق بیفتد پمپ و موتور به طور صحیح همراستا شده اند:

- انحراف کلی عقربه نمایشگر (total indicator run-out) ماکزیمم ۰٫۰۰۲ اینچ و یا ۰٫۰۵ میلیمتر در دمای کاری باشد.
- تلرانس نمایشگر in/in ۰٫۰۰۰۵ (۰٫۰۱۲۷ mm/mm)، جدایش عقربه در دمای کاری باشد.

بدین معنی که در هر میلیمتر، ماکزیمم انحراف عقربه ۰٫۰۱۲۷ میلیمتر باشد به شرطی که انحراف کلی عقربه نمایشگر از ۰٫۰۵ میلیمتر تجاوز نکند.

تعمیرات و نگهداری پمپ‌های سانتریفیوژ
Centrifugal Pump Maintenance

برنامه نگهداری و تعمیرات پمپ‌ها بسته به اهداف کنترل عملکرد صحیح و ایمن پمپ و یا ممانعت از ورود خسارت به تجهیزات پمپ بواسطه فرسودگی قطعات و یا عملیات و اپراتوری خطا دار، می‌تواند با بررسی ماهانه، سه ماهه و سالیانه و هربرنامه ریزی دوره ای و روزانه دیگری به اجرا درآمده و نتایج مفیدی را در این خصوص حاصل نماید. معمولاً درواحدهای انبار نفت برنامه ریزی کنترل عملیات پمپ‌ها درقالب سه بازه ذیل قابل بازرسی و اجراست:

- بازرسی‌های روتین
- بازرسی‌های سه ماهه
- بازرسی‌های سالیانه

برنامه‌های بازدید دوره ای و روزانه به رفتارهای عملیاتی پمپ درحین فرآیند پمپاژ بستگی بیشتری دارد، اما برنامه‌های بازرسی ماهانه و دراز مدت به سلامت تجهیزات و مکانیک پمپ و نگهداشت فنی پمپ گرایش بیشتری دارد.

برنامه‌ها و بازرسی تعمیرات و نگهداری روتین پمپ‌ها

- در بازرسی‌های روتین پمپ‌ها مهمترین موارد قابل بازرسی شامل آیتم‌های زیر می‌باشد:
- روانکاری یاتاقانها درپمپ‌های با قابلیت روانکاری با روغن‌های روان کننده
- بازبینی محفظه آب‌بند پمپ به جهت عدم نشتی
- بازرسی سطح روغن و شرایط آن را در روغن نمای یاتاقان‌ها (درپمپ‌های شامل این بخش)
- دقت در شنیدن نویز غیر عادی، ارتعاش و تحلیل آنها درصورت مشاهده و شنیدن آن
- بررسی دمای یاتاقانها

- بررسی هرگونه نشتی پمپ و اتصالات به لوله کشی
- بازرسی فشار خروجی پمپ
- عدم نشتی پکینگ‌ها بیش از حد مجاز

بازرسی‌های سه ماهه پمپ‌ها

در بازرسی‌های سه ماهه پمپ‌ها موارد زیر را می‌بایست بررسی نمود:

- اطمینان ازمحکم بودن پیچ‌های فونداسیون و پیچ‌های پایه موتور و پمپ
- تعویض آب‌بند مکانیکی درصورت نیاز
- تعویض روغن پمپ حداقل هر سه ماه یکبار (یا هر ۲۰۰۰ ساعت کارکرد). در شرایط محیطی نامناسب و یا شرایط دیگری که باعث ایجاد آلودگی در روغن می‌شود، زودتر از موعد روغن را باید تعویض نمود.
- تنظیم همراستایی محور الکتروموتور و پمپ درصورت هرگونه تعمیرات یا مشاهده لرزش غیرعادی

بازرسی‌های سالیانه از پمپ

با توجه به تغییرات طولانی مدت موارد زیر، بهتر است حداقل هر سال یکبار این موارد مورد بازرسی قرار گیرند:

- بررسی دبی پمپ
- بررسی فشار پمپ
- بررسی توان مصرفی موتور

بازدیدهای دوره ای از پمپ‌های سانتریفوژ

با توجه به کاربرد بسیارزیاد پمپ‌ها در انبارهای فرآورده‌های نفتی، تدوین چک لیست‌های مناسبی از پارامترهای لازم به کنترل درجهت افزایش طول عمر و آگاهی از وضعیت عملکرد مطلوب آنها لازم به نظر می‌رسد. لذا دراین خصوص بایستی برخی از پارامترهای مربوط به کارکرد پمپ بصورت متناوب کنترل و ثبت شوند. ثبت این پارامترها کمک زیادی به آگاهی از شرایط پمپاژ در طول یک بازه زمانی مشخص می‌کند. در صورت اجرای چنین برنامه‌ای، انحراف پمپ از شرایط کاری مجاز، دراسرع وقت رصد شده و مشکلات احتمالی قبل از بروز اتفاق

نامطلوب برای پمپ قابل شناسایی و برطرف شدن خواهد بود. نکته مهم در تهیه چک لیست‌های مربوط به این بازرسی، استفاده از حدود مجاز تغییرات برای این پارامترها بوده که براساس دستورالعمل‌های سازندگان پمپ و یا شرایط طراحی می‌بایست کنترل شده و مورد تحلیل و عمل قرار گیرد.

رایج‌ترین خرابی‌های پمپ عبارتند ازنشتی از پوسته پمپ، دبی کم، هد تولیدی کم، توان مصرفی بالا که مجموعاً به راندمان پائین پمپ دلالت دارند، سایش تجهیزات دوار ،لرزش زیاد و غیرعادی در پمپ وخراب شدن آب‌بندهای مکانیکی است.

مهمترین پارامترهای قابل کنترل یک پمپ سانتریفوژ را که درحین کارکرد پمپ می‌توان مورد بررسی قرار داد عبارتند از:

- توان و یا آمپرمصرفی
- فشار مکش پمپ
- فشار رانش پمپ
- دبی پمپ
- کنترل مقدار صدا و ارتعاشات پمپ
- کنترل نشتی از پمپ و اتصالات
- مشخصات سیال خروجی از پمپ از نظر دما و ذرات
- کنترل دمای محفظه بیرینگ
- کنترل سطح فرآورده در مخازن مبداء و مقصد

توان و یا آمپرمصرفی : توان پمپ یکی از معمول ترین ومهمترین پارامترهای قابل اندازه گیری، است که می‌توان از روی درجه منصوبه درتابلوی پمپ قرائت کرده و یا به کمک یک آمپرمتر انبری اندازه گیری نمود.مهمترین دلایل آمپر کشیدن بیش از حد مجاز پمپ عبارتند از:

- عدم تنظیم و ناهم محوری در پمپ و الکتروموتور
- بازگردش زیاد نشتی داخلی در فضاهای زیاد از حد درون پمپ
- بالا بودن فشار خروجی پمپ
- پائین بودن ویسکوزیته سیال در حال پمپ

- نیروهای زیاد اصطکاکی دریاتاقان‌ها یا نوارهای سایشی
- سفت بودن زیاد پکینگ‌ها

فشار مکش پمپ: فشار مکش پمپ که با یک مانومتریافشار سنج اندازه‌گیری می‌شود ،برای محاسبه هد ورودی به پمپ و اطمینان از میزان فشار مکش بسیار کاربردی است. در صورتی که فشار مکش پمپ کافی نباشد احتمال رخ دادن پدیده کاویتاسیون و آسیب به پروانه و قطعات داخلی پمپ بالا خواهد رفت.

فشار رانش پمپ : به وسیله فشار سنجی که در قسمت رانش نصب می‌گردد اندازه‌گیری می‌شود. فشار سنج باید در مرکز لوله و بصورت عمود بر لوله نصب گردد. باید توجه داشت در مکان‌هایی که احتمال تجمع حباب‌های هوا یا ته نشین شدن رسوبات وجود دارد فشار سنج نصب نگردد.

دبی پمپ : اندازه گیری دبی پمپ با استفاده از فلومترهای التراسونیک قابل انجام است .همچنین با استفاده از فرمول‌های تجربی که در ابتدای این فصل به آنها اشاره گردید می‌توان دیب پمپ را حساب نمود و محدوده کارکرد پمپ را از روی منحنی عملکرد آن تحلیل نمود. این وضعیت به بهینه سازی مصرف انرژی در پمپ مرتبط است.

کنترل مقدار صدا و ارتعاشات پمپ : این پارامتر جزء کاربردی ترین پارامترهای کنترل یک پمپ است.به واسطه تغییر صدای پمپ و ایجاد لرزش‌های اضافی بر روی بدنه پمپ، بسیاری از مشکلات معمول در این ادوات، قابل شناسایی هستند. لذا اپراتور بایستی در صورت مشاهده چنین شرایطی سریعاً مشکل موجود را قبل از وخیم تر شدن شرایط کاری پمپ شناسایی نماید و تا زمان برطرف نشدن اشکال از کار کردن پمپ جلوگیری نماید.

کنترل نشتی از پمپ و اتصالات : مشاهده نشتی از پمپ معمولا به علت آسیب دیدگی مکانیکال سیل است. اپراتور بازدید کننده می‌بایست در هر بار بازدید از عدم وجود نشتی و چکه نمودن آب در پمپ و لوله‌ها اطمینان حاصل نماید. در صورتی که پمپ از پکینگ برای آب‌بندی استفاده می‌کند، وجود مقداری نشتی

بعلت وجود نشتی مجاز غیر قابل اجتناب است. لازم بذکر است وجود نشتی مجاز در سیستم‌های آب‌بندی با پکینگ باعث خنک کاری رینگ‌های سایشی شده و از معیوب شدن آن‌ها جلوگیری بعمل می‌آورد.

مشخصات سیال خروجی از پمپ از نظر دما و ذرات: باید مطمئن شد سیال داخل پمپ به هنگام کارکردن پمپ مشکلی برای آن ایجاد نمی‌کند. بطور مثال اگر دمای سیال پمپ شونده بیش از حد مجاز پمپ باشد در میان مدت مشکلاتی برای مکانیکال سیل‌ها بوجود خواهد آمد. همچنین در صورت وجود ذرات غیر مجاز در سیال پمپ شونده، صدماتی به پروانه و بدنه داخلی پمپ وارد می‌شود. همچنین سایر مشخصات سیال نظیر PH، میزان کلر و خورندگی نیز باید کنترل شوند.

کنترل دمای محفظه بیرینگ : عوامل متعددی از جمله ناهمراستایی شفت پمپ و موتور، نیروهای هیدرولیکی شعاعی و محوری، کاویتاسیون، خمش شفت و ... باعث ایجاد نیروی اضافی بر روی بیرینگ‌ها می‌شود که این نیروها عملکرد بیرینگ را تحت تاثیر قرار می‌دهند.

کنترل سطح فرآورده در مخازن مبداء و مقصد : سطح فرآورده در مخازن تحت مکش و هدف رانش (در صورت وجود) باید کنترل شود تا ساکشن و یا دیسشارژ پمپ براساس شرایطی که برای آن طراحی شده است سرویس دهی نماید.

بهینه سازی مصرف وکاهش هزینه انرژی درپمپ‌ها

مهمترین شیوه‌های صرفه جویی انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ مانند مجموعه پمپ‌های بخش بارگیری درانبارهای نگهداشت فرآورده‌های عبارتند از :

- **اصلاح و اجرای سیستم هیدرولیکی مناسب**

پایدارترین شرایط سرویس دهی یک پمپ در نقطه بهینه بازدهی (BEP) است که رابطه مستقیم با پارامترهای درنظر گرفته شده در طراحی پمپ دارد.متعادل نمودن نیروهای هیدرولیکی وارد بر پروانه جزء پیشرفت‌های اخیر در طراحی این قطعه بوده است.همچنین کارکرد پمپ دراین نقطه سبب تعادل نیروهای

هیدرولیکی و کنترل برآیند آنها می‌گردد.

- **نگهداری صحیح از پمپ‌ها**

اولین نکته ای که درنگهداری پمپ‌ها مطرح است، انجام روانکاری بخش‌های متحرک پمپ بویژه بیرینگ‌هاست که موجبات کاهش اصطکاک و نیاز کمتر به انرژی جهت غلبه براین عامل ناخواسته را ایجاد می‌نماید.

- **انتخاب صحیح الکتروپمپ**

انتخاب صحیح الکتروپمپ به مفهوم تناسب و تطبیق مشخصه‌های عملکردی الکتروموتور بر مشخصه‌های بار مکانیکی یا همخوانی بین مشخصه‌های موتور و مشخصه‌های بار متصل بر محور موتور می‌باشد. درصورت توان بالاتر الکتروموتور نسبت به بار متصل به محور آن، تلافات انرژی بسیار زیاد خواهد بود.

- **استفاده از الکتروموتور با راندمان بالا**

بهبود در طراحی و افزایش بازده الکتریکی درالکتروموتورهای با راندمان بالا سبب تحمل نمودن عبور جریان بالای لحظه راه اندازی بدون بروز تلافات در این پمپ‌هاست .نیروی گشتاوری ایجاد شده دراین الکتروموتورها ثابت و بدون تغییرات بواسطه نویزهای مختلف بوده و بدین ترتیب جریان عبوری به صورت لحظه ای تغییر نخواهد داشت.

- **استفاده از تجهیزات هوشمند**

تجهیزات هوشمند مانند اینورتر یا کنترل کننده‌های دور موتوربر اساس قوانین Affinity با کاهش دور موتور، مصرف انرژی الکتریکی را کاهش می‌دهند.معمولا به ازاء کاهش هر درصد از دور موتورالکتروپمپ، حدود ۱٫۶ درصد مصرف انرژی کاهش خواهد یافت. تجهیز الکتروموتور پمپ به اینورتر،اساسی ترین تجویزی است که برای کاهش مصرف انرژی دریک پمپ می‌توان داشت.

با توجه به مطالب فوق، بهینه سازی مصرف انرژی و کاهش هزینه انرژی

درپمپ را می‌توان گامی در جهت اقدام در جهت کاهش هزینه‌های چرخه عمر پمپ است.دربسیاری ازپروژه‌ها برای اطمینان ازصحت محاسبات وعملکرد درست طرح،اقدام به انتخاب پمپ بامشخصاتی بالاترازحدنیازمی نمایندوسپس با استفاده ازشیرتنظیم جریان یاخط کنارگذر اقدام به تنظیم هد و دبی می‌نمایند. این مساله جدا از آنکه باعث می‌شود پمپ درنقطه‌ای دورتر ازنقطه بهترین راندمان کارکرده وعمرآن کاهش یابد باعث افزایش فوق العاده هزینه برق مصرفی خواهدگردید.هزینه‌های انرژی و تعمیر و نگهداشت جزء هزینه‌هائی هستند که به طرز بسیار ملموسی هزینه‌های چرخه عمر سیستم پمپاژ را کاهش می‌دهند. مجموع هزینه‌های یک پمپ درطول عمرمفید(Life Cycle Cost)آن بصورت رابطه زیرقابل بیان است:

$$LCC = C_{in} + C_{inst} + C_e + C_{op} + C_{or} + C_{dt} + C_c + C_v$$

پارامترهای مورد اشاره در عبارت فوق عبارتند از:

C_{in}: هزینه‌های اولیه شامل هزینه‌های خرید پمپ، هزینه نقشه‌هاو مدارک همراه پمپ ،هزینه تست و بازرسی پمپ و هزینه قطعات یدکی می‌باشد. این هزینه به طور ملموسی نمی تواند کاهش یابد.زیرا وابسته به نگهداشت پمپ نیز می‌باشد.

C_{inst}: هزینه‌های نصب شامل هزینه حمل پمپ به محل نصب ،هزینه‌های عمرانی، جرثقیل، فونداسیون وهزینه هم محورکردن پمپ وموتورمی باشد.این هزینه درابتدای راه اندازی تاثیر خود را گذاشته و تا پایان چرخه عمر بصورت سرمایه گذاری اولیه تاثیر هزینه شده خود را خواهد گذاشت.

C_e: هزینه‌های مربوط به انرژی می‌باشد.مقداربرق مصرفی الکتروپمپ‌ها وابسته به مقدار راندمان آن می‌باشد.این هزینه نقطه عطفی برای کاهش هزینه‌های مصرفی پمپ است. پیشرفت‌های اخیر در استفاده از تکنولوژی درایوهای سرعت متغیرVSD و اینورتر موجب کاهش هزینه‌های پمپ و تاثیرآن درکاهش هزینه‌های چرخه عمر پمپ شده است.توصیه‌های فعالان توسعه اقتصادی در بخش صنعت، لزوم بذل توجه به این حوزه یعنی کاهش هزینه‌های انرژی را عامل افزایش شاخص سود خدمات و محصولات یا همان

افزایش سودآوری سازمان‌ها مطرح نموده‌اند.

C_{op}: هزینه‌های عملکرد شامل هزینه اپراتور(نظارت وعملکرد)وسیستم‌های مونیتورینگ می‌باشد.این هزینه‌ها با انجام اتوماسیون و تعمیر و نگهداشت مناسب به شدت کاهش می‌یابند.

C_{or}: هزینه‌های تعمیر و نگهداری شامل هزینه مربوط به تعمیرکلی (اورهال) و هزینه قطعات یدکی می‌باشد.یک برنامه منظم و منسجم تعمیر و نگهداشت سیستم‌های پمپاژ شامل روتین‌های هفتگی و ماهانه و فصلی و سالانه، درصورتیکه به بهترین وجه اجرا گردد، به‌عنوان عامل بسیار مهمی در کاهش هزینه‌های چرخه عمر پمپ محسوب می‌گردد.

C_{dt}: هزینه‌های عدم کارکردپمپ بوده وشامل هزینه‌هایی است که به خاطر بوجود آمدن ایراد در عملکردپمپ به مجموعه (کارخانه،سیستم پمپاژو...)وارد می‌آید. هرچند این هزینه مربوط به طراحی بیش از حد لزوم و یا تاثیر تکنولوژی و از چرخه خارج شدن تجهیزات موجود و همچنین توقف‌های مختلف عملیاتی نیز می‌باشد که در خصوص پمپ‌ها، عملکرد ضعیف پمپ نیز می‌تواند موجب تاثیر در افزایش این هزینه نیز باشد.

C_c: هزینه‌های زیست محیطی شامل هزینه‌هایی است که بخاطر ایجادآسیب به آب وخاک، ورود پساب به محیط زیست و...ایجادمی شود.این هزینه‌ها با استفاده از سیستم‌های تخلیه و درین به مخازن اسلوپ و ممانعت از نشتی و سایر مواردی که موجب آلودگی زیست محیطی می‌گرددکاهش خواهد یافت.

C_v: هزینه از رده خارج کردن پمپ پس از طی عمر مفید می‌باشد. این هزینه بواسطه نگهداشت ضعیف می‌تواند سریعتر ایجاد شده و موجب افزایش هزینه‌های چرخه عمر بواسطه کاهش طول چرخه عمر شود.

C_e: هزینه مقدار توان مصرفی الکتروپمپ می‌باشد. طراحی مناسب و استفاده از پمپ دربهترین نقطه بازده از مهمترین عوامل کاهش این هزینه می‌باشند. هرچند عوامل دیگری را دراین خصوص می‌توان برشمرد که درکاهش هزینه‌های ناشی از توان مصرفی پمپ موثر می‌باشند.

روشن نمودن پمپ سانتریفوژ

Pump Starting

گشتاور شروع (Starting torque)، گشتاور منتقل شده توسط کوپلینگ شفت یا محور در طول استارت نمودن یا راه انداختن پمپ برای سرویس دهی یا پمپاژ است. این گشتاوربر اساس نسبت توان و سرعت زاویه ای محاسبه می‌شود و به عنوان یک تابع سرعت چرخشی بیان می‌شود. گشتاور در بار کامل پمپ از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$T = ۳۰P / (\pi n)$$

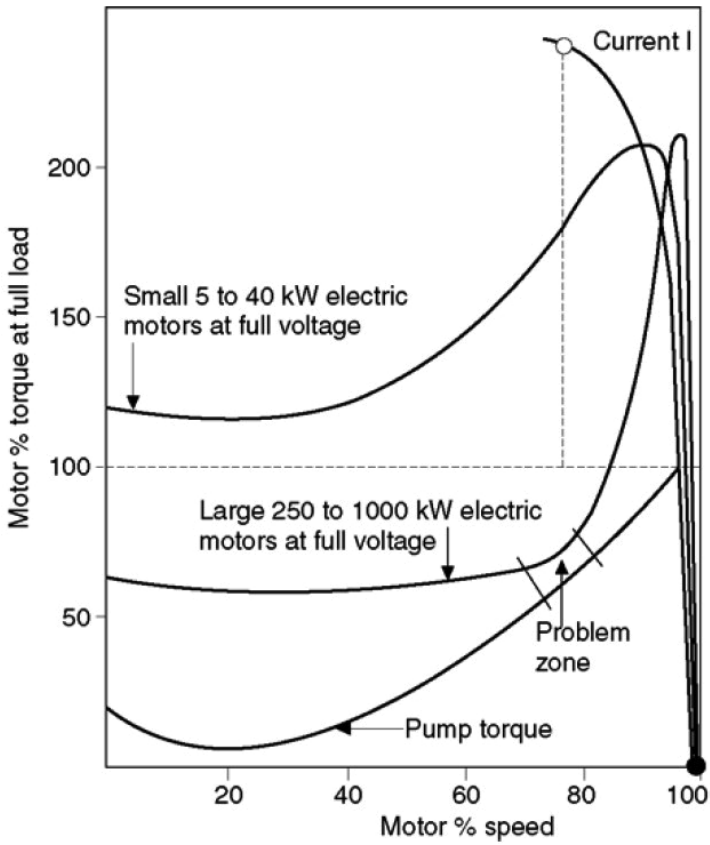
که درآن گشتاور برحسب kN m و p توان مصرفی موتور بر حسب kW و n نیز سرعت پمپ برحسب rpm می‌باشد.

یکی از اقداماتی که برای راه اندازی الکتروپمپ‌های سانتریفوژ مطرح می‌شود بستن شیر دیسشارژ پمپ و سپس باز نمودن آهسته آن می‌باشد. این عملیات درراستای تحقق دو هدف زیر صورت می‌پذیرد:

- جلوگیری از اعمال ضربه قوچ
- جلوگیری از آسیب دیدن الکتروموتور مخصوصا در توان‌های بالا

الکتروموتور هرپمپ باتوجه به طراحی مکانیکی آن دارای گشتاور چرخشی خاص خود است و متفاوت با گشتاور پمپ است. در زمان روش نمودن الکتروپمپ با رسیدن به ۸۰٪ دور نامی الکتروموتور(شکل زیر)، گشتاور راه اندازی آن کاهش پیدا کرده و تقریبا به به گشتاور پمپ می‌رسد . در این حالت گشتاور شتاب دهنده که ناشی از اختلاف بین گشتاور راه اندازی الکتروموتور و پمپ

می‌باشد نزدیک به صفر می‌شود. لذا الکتروموتور برای رسیدن به سرعت نامی خود ممکن است جریان بیشتری کشیده و باعث سوختن و آسیب دیدن استاتور آن شود. تصویر زیر مربوط به منحنی گشتاور موتور در صددرصدلود یا بار کامل نسبت به دور الکتروموتور یا درصد سرعت می‌باشد.



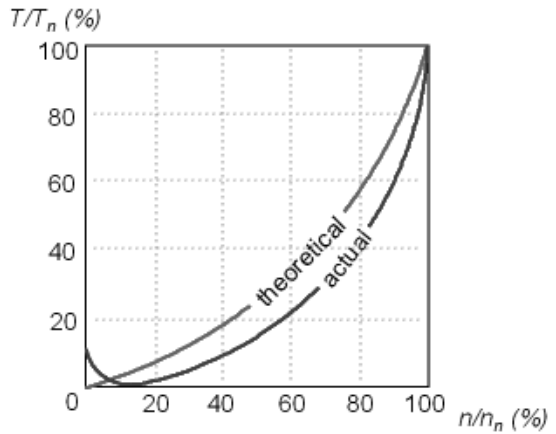
در این حالت اگر شیر خروجی پمپ باز باشد و پمپ سیال را نیز پمپاژ نماید جریان مورد نیاز الکتروموتور افزایش می‌یابد و احتمال آسیب دیدن الکتروموتور افزایش می‌یابد. بنابراین برای کاهش ریسک آسیب به الکتروموتور؛ شیر فلکه خروجی پمپ را بسته تا پمپ در نقطه دبی صفر کار کرده و نیاز به جریان کمتری

داشته باشد. به طور کلی زمان استارت پمپ می‌تواند به دو بخش تقسیم شود:

- زمان رسیدن پمپ به سرعت اسمی
- زمان دستیابی پمپ به حالت شرایط شرایط، یا نقطه سرویس دهی نهائی

برقراری تعادل بین گشتاورهای یاد شده در این دو زمان اساس و مبنای استارت پمپ با شیر دیسشارژ بسته است.

جهت توصیف بیشتر، می‌توان گفت منحنی گشتاور، سرعت یک پمپ گریز از مرکز را مشخص می‌کند. به لحاظ تئوری این منحنی یک سهمی است که از مبدا شروع می‌شود و متناسب با مربع سرعت ادامه می‌یابد.



که درآن $T = k\,n^2$ معادله این سهمی است و T یا گشتاور محور پمپ برحسب $(Nm, lb_f ft)$ و $k = constant$ و n نیز سرعت پمپ برحسب rpm است.

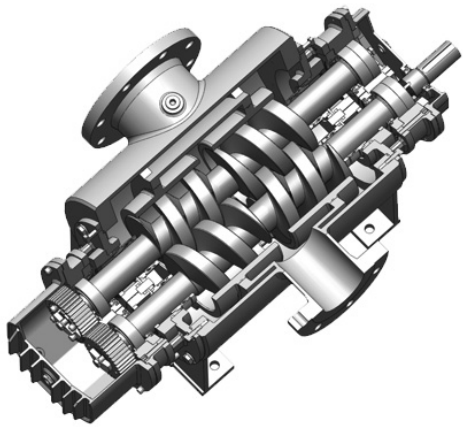
دراستارت پمپ با شیر خروجی بسته، گشتاور محور پمپ به میزان ۳۰ تا ۵۰٪ گشتاور اسمی مربوط به دور یا سرعت کامل چرخش محور پمپ است.

پمپ‌های جابجایی مثبت دوپیچی

Rotary Twin Screw

پمپ‌های جابجایی مثبت دوپیچی (Rotary Twin Screw) ازنوع پمپ‌های جابه‌جایی مثبت روتاری (rotary positive displacement pumps) هستند که جریان از میان قطعات پمپ به شکل محوری (axial flow) عبور می‌کند. در یک پمپ اسکرو، سیال از بین رزوه‌های پیچ‌هایی که بر روی یک و یا چند روتور قرار دارند حرکت می‌کند. وقتی که پیچ‌ها می‌چرخند و با هم درگیر می‌شوند، سیال به صورت محوری حرکت می‌کند. دلیل انتخاب پمپ‌های پیچی دربخش تخلیه نفتکش‌های انبار نگهداشت و توزیع فرآورده‌های نفتی، این مورد است که دراین پمپ‌ها درصورتیکه فرآورده نفتی با حتی ۵۰ درصد هوا وارد ساکشن پمپ شود،

پدیده کاویتاسیون رخ نداده و پمپاژ فرآورده تخلیه شده از نفتکش تا اتمام حجم فرآورده درون مخزن نفتکش تداوم خواهد یافت .با توجه به طبیعت تغییر ارتفاع و فشارفرآورده درمخزن نفتکش و شرایط غیر پایدار آن ازجهت سطح و ارتفاع و فشار درساکشن پمپ، این پمپ‌ها کاربرد زیادی دراین خصوص یافته اند. همانگونه که از شکل زیر نیز پیداست، درپمپ‌های دنده ای که شامل دو چرخ دنده ساده هستند و یکی از آنها به وسیله عامل محرک مثل موتور به گردش در آمده و چرخ دنده دیگر را بر می‌گرداند .



در پمپ‌های دنده‌ای میزان سیال را به سادگی و تنها با تغییر سرعت گردش محور می‌توان تغییر داد.

چون قطعات متحرک این پمپ‌ها دارای اینرسی نسبی کمی می‌باشند لذا این پمپ‌ها می‌توانند با سرعت بیشتری نسبت به سایر پمپ‌های دوار ویا رفت وبرگشتی به چرخش نمایند.پمپ‌های اسکرو همانند سایر پمپ‌های جابجایی مثبت بصورت خود راه‌انداز (Self-Priming) بوده ومشخصات و ویژگی‌های جریان تحویلی آن کاملاً مستقل از فشار بوده و سیالی که قرار است پمپاژ گردد باید دارای ویسکوزیته کافی باشد. درکاربردهای یاد شده، این پمپ‌ها مطابق API ۶۷۶ و API ۶۱۰ ساخته و تحت بازرسی واقع می‌گردند.

فصل دوم

شیرها
VALVES

استانداردهای مرتبط با این فصل عبارتند از:

- ANSI Valve Standards:An Overview of American National Standards Institute – ANSI – valve standards
- API Valve Standards:An overview of the American Petroleum Institute – API – valves standards
- BS – British Standard Valves :An overview of British – BS – valve standards.
- Chinese Valve Standards:Chinese standards for steel, cast iron and metal valves.
- ISO 5752 – DN 3202. metal valves for use in flanged pipe systems.

شیر (ولو)

Valve

مهمترین استفاده شیرها درصنعت، قطع یا برقراری جریان سیال در درون لوله می‌باشد . اولین ابزاری که درصورت عملکرد صحیح آن، کنترل مطلوبی را بر فرآیند اعمال می‌نماید، شیر بکار رفته در خطوط لوله انبارهای نفت است. یك شیر ایده آل شیری است که سیال را با کمترین مقاومت و ایجاد کمترین افت فشار از خود عبور داده و در هنگام لزوم از عبور دادن سیال از داخل خود جلوگیری کند. گاهی اوقات شیرها برای تنظیم جریان سیال نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند که این عمل با تغییر مسیر حرکت درون شیر و با ایجاد اندکی مقاومت درون آن صورت می‌پذیرد. در برخی مواقع نیز با استفاده از مکانیزمی طراحی شده، شیرها به طور اتوماتیك باز و بسته می‌شوند و از بروز اتفاقات جلوگیری می‌کنند.

بطور کلی درانبارهای فرآورده‌های نفتی مانند بسیاری از صنایع دیگر، شیر وسیله‌ای است که برای مهار کردن جریان خروجی از مخازن و نگهداری فرآورده‌های نفتی درآنها و همچنین جهت مهارفشار فرآورده‌های نفتی در خطوط لوله ارتباطی بین پمپ‌ها و سایر تجهیزات ارتباطی به کار می‌رود.وظایف اصلی شیرهای استفاده شده در انبار نفت عبارتند از:

- قطع و وصل کامل جریان بین مخازن و بخش پمپاژ
- جلوگیری ازتداخل وامتزاج انواع فرآورده‌های نفتی درمسیرهای مختلف
- تنظیم عبور مقدار مورد نیاز فرآورده‌های نفتی جهت کنترل بهتر و دقیق تر عملیات بارگیری و تخلیه
- تنظیم و کنترل مقدار و فشار فرآورده‌های نفتی جهت تنظیم فشار پمپ‌ها و عملکرد مطلوب آنها
- کنترل و ایمن نگه داشتن مخازن ازجهت کنترل فشار بخارات و تنفس صحیح مخزن و ...
- تخلیه خطوط جهت عملیات شناسائی و کنترل فرآیند و فلشینگ مسیر و ...
- هواگیری مسیرها جهت عملکرد صحیح پمپاژ
- و.....

بطور کلی شیرها را بر مبنای وظایف عملیاتی آنها در فرآیندهای مختلف می‌توان به ۵ دسته زیر تقسیم نمود.

- شیرهای تنظیم کننده جریان سیالات در فرآیند (Regulation valve)
- شیرهای با کاربردجداسازی بخش‌های فرآیند(Isolation)
- شیرهای یکطرفه یا مانع برگشت سیال(Non – return valve)
- شیرهای رهاسازی فشار(Pressure relief valve)
- شیرهای قطع و وصل جریان(On /Off Valve)

درادامه هر یک از این دسته‌ها توضیح داده خواهند شد.

شیرهای تنظیم کننده جریان سیالات در فرآیند

Regulation & Throttle valve

این گونه شیرها جهت تنظیم جریان و به عبارت دیگر کم و زیاد نمودن جریان سیال بکار میروند. این شیرها با توجه به ساختار داخلی خود، اگر در حالت نیمه باز قرار گیرد آسیب زیادی نمی بینند و مقاومت بیشتری در مقابل برخورد سیال عبوری از خود نشان می‌دهند.شیرهایی که به‌عنوان کنترل ولو (Control Valve) در صنایع مختلف بکار می‌روند از این دسته از شیرها تشکیل شده اند که با بکارگیری یک عملگر و یک کنترلر، بصورت یک شیر کنترلی در آمده و با توجه به شرایط موجود در حلقه‌های کنترلی، در یک وضعیت خاص قرار میگیرد که الزاماً باز یا بسته کامل نیست. شیرهای Globe وPinch و Butterfly و Piston از این دسته هستند و در تاسیسات و سرویسهای مختلفی بکار میروند که در زیر برخی از آنها را مشاهده می‌کنید . البته لازم به توضیح است که از این دسته شیرها برای قطع و وصل جریان نیز می‌توان استفاده کرد .

شیرهای تنظیم کننده جریان سیالات در فرآیند (Regulation valve)درسطح وسیعی برای تنظیم جریان سیالات در فرآیندهای مختلف مورد استفاده قرار میگیرند. درنوع کنترلی این نوع شیرها، عملیات تنظیم نمودن جریان بواسطه افزایش یا کاهش جریان عبوری از شیر در پاسخ به سیگنال‌های فشار، جریان، یا دمای کنترل کننده جریان (Controler) انجام می‌شود. درنوع دستی این شیرها، بوسیله اپراتور، تنظیم دستی میزان بازشدگی شیرصورت می‌پذیرد. این دسته

شیرها(تنظیم کننده جریان) شامل موارد زیر می‌باشند.

- Globe valve
- Needle valve
- Piston valve
- Diaphragm valve
- Pinch valve
- Butterfly valve

هریک از شیرهای فوق شرح داده خواهند شد.

شیرهای با کاربردجداسازی بخش‌های فرآیند

Isolation valve

شیرهای با کاربردجداسازی بخش‌های فرآیند(Isolation) دسته دیگری از شیرها هستندکه برای متوقف نمودن جریان و یا ایزوله کردن بخشی از سیستم از بخش بالادست به کار می‌روند.عملیات کنترل فشار و سطح بخش‌های فرآیند بالاخص در راه اندازی‌ها و اغتشاشات فرآیند بوسیله این شیرها کنترل و به پایداری می‌رسد.

این دسته از شیرها ضمن ایجاد حداقل مقاومت دربرابر جریان در حالت کاملا باز و ارائه ویژگیهای قطع کامل جریان در حالت کاملا بسته است، قابلیت‌های زیادی را جهت کاربرد خود فراهم نموده‌اند ودرانبارهای فرآورده‌های نفتی بسیار استفاده گردیده‌اند. این دسته شیرها (با کاربردجداسازی بخش‌های فرآیند) شامل موارد زیر می‌باشند.

- Gate valve
- Ball valve
- Plug valve
- Diaphragm valve
- Butterfly valve
- Pinch valve
- Piston valve

هر یک از شیرهای فوق شرح داده خواهند شد.

شیرهای رهاسازی فشارسیال

Pressure relief valve

شیرهای رهائی از فشار (Pressure relief valve) دسته‌ای از شیرها هستند که برای محافظت لوله‌ها، مخازن و دستگاه و تجهیزات در برابر افزایش فشارمایع جاری در سیستم بیشتر از فشار طراحی استفاده می‌گردند. دراین شیرها، دیسک شیر بر روی نشیمنگاه آن با استفاده از یک فنر فشرده، نیرویی برابر فشار حداکثر قابل تعریف برای مخزن یا دستگاه اعمال میکند. هنگامی که نیروی اعمال شده ازسوی سیال درون مخزن یا تجهیز مورد نظر روی دیسک شیر افزایش می‌یابد شیر ضمن جمع شدن بیشترفنر، اتوماتیک وار باز شده تا ضمن تخلیه مازاد سیال، افزایش فشار را کاهش دهد.

شیرهای تنفسی یا شیرهای رهائی از فشار و خلاء درفازگازی

Pressure/vacuum relief valve

شیرهای رهائی از فشار و خلاء درفازگازی(Pressure /vacuum relief valve) را نیزجزء دسته شیرهای خودعملگر(Self Operation) و دو مکانیزمه درنظر می‌گیرند . این دسته از شیرها به جهت ممانعت از افزایش فشار فاز گازی سیالات ضمن تخلیه آن با فشردن دیسک و جداسازی آن از روی نشیمنگاه شیر به سمت خروج از مخزن و یا مکش دیسک از روی نشیمنگاه بواسطه کاهش فشار مخزن یا تجهیز نسبت به بیرون مخزن یا تجهیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

شیر قطع و وصل جریان

On/Off Valve

بیشتر شیرهایی که در صنایع مختلف بکار می‌روند به منظور باز یا بسته کردن مسیر سیال در جریان بوده و شیر را در حالت بازکامل یا بسته کامل قرار می‌دهیم. نوع کانال جریان آنها معمولا Straight Way بوده و در مقابل عبور جریان مقاومت کمتری از خود نشان میدهند . با توجه به ساختار داخلی و نوع المانهای آببند

کننده نباید این شیرها را در حالت نیمه باز قرار داد زیرا با انجام این عمل آسیب جدی با مجرابند و نیز نشیمن آن وارد خواهد شد و بدین ترتیب عمر بهره برداری آن شدیدا کاهش خواهد یافت.

شیرهای توپی، سماوری و دروازه ای در این دسته قرار می‌گیرند.

شیرهای یکطرفه یا مانع برگشت سیال

Non- Return Valve

این شیر همانگونه که از نام آن پیداست، از باز پس زدن جریان در یك لوله جلوگیری می‌نماید.به عبارت دیگر سیال فقط از یك طرف آن می‌تواند وارد شود ومسیر برگشت سیال از طریق شیر غیر ممکن است.این شیرها در طراحی‌های مختلف مورد ساخت واقع گردیده اند که در بخش چک ولو که نام دیگری برای این دسته شیرهاست شرح داده خواهد شد.

چگونگی اتصال و جنس مواد سازنده شیرها

محل اتصال تمامی شیرهای اشاره شده درفوق به سیستم لوله و تجهیزات فرآیند می‌توانند به صورت دو سر رزوه(Screwed ends)، دوسر فلنج دار(Flanged ends) یا ... باشند.این شیرها بسته به نوع مواد و سیال فرآیندی و توان و تحمل فشار سیستم و... از موادی مانند چدن(Cast Iron)، برنج(Bronze)،کربن استیل(Carbon Steel)، استنلس استیل(Stainless Steel) و آلیاژهای کربن استیل(Alloy Carbon Steel) و ... ساخته می‌شوند. براساس نوع کاربرد شیر، جنس ماده سازنده شیر انتخاب می‌گردد. درانبارهای نگهداشت فرآورده‌های نفتی، با توجه به استفاده شیر در مسیرهای عبور هیدروکربن‌ها و همچنین آب کولینک مخازن و ... بسته به نوع سیالی که از شیر عبور می‌کند ویا محیطی که شیر در آن قرار دارد، بدنه و دیگر اجزای آنرا از فولاد کربنی، فولاد آلیاژی، فولاد زنگ نزن(Stainless Steel) می‌سازند.

نیروی محرکه باز و بسته نمودن شیر

بطور کلی مکانیزم حرکت ساقه و یا بستن دیسک و دریچه این شرها، حرکت خطی(Linear motion)، حرکت چرخشی(Rotary motion) و یا چرخش چارکی یا ربع چرخشی(Quarter turn) می‌باشد.اجرای این مکانیزم‌ها درشیرها با استفاده از کاربرد نیروهای محرکه متفاوتی درانبارهای نفت صورت می‌پذیرد:

شیرهای دستی(Manual Valves) که با نیروی دست اپراتورهای انسانی باز و بسته می‌شوند. این نوع شیرها بیشتر در خطوط ارتباطی مخازن و ورودی و خروجی پمپ‌ها و نقاطی که نیاز به قطع ارتباط موقتی و یا طولانی مدت دارند، استفاده می‌گردند.بیشترین نوع این شیرها، همانگونه که بعدا شرح داده خواهد گردید، دو نوع دروازه ای و توپی می‌باشد.تصویر یک شیر دروازه ای دستی در زیر مشاهده می‌گردد.

شیرهای خودکار یا کنترل ولو (control valves) که با نیروی ناشی از الکتریسیته، هوا، مایعات و گازهای کنترل شونده به‌عنوان عملگر یا همان جانشین شدن به جای اپراتور انسانی ،کار می‌کنند. یک کنترل ولو می‌تواندمستقیما تحت فشار سیالی که درحال کنترل آن است باز و بسته شود(مانند شیر تنفسی مخزن) و یا ممکن است تحت سیگنال الکتریکی بخش دیگری از فرآیند انبار عمل نماید(باز شدن شیرپاشش پودر آتش‌نشانی مخزن دراثر سیگنال تشخیص دهنده آتش) و یا براثر هرگونه نیروی اعمالی تعریف شده دیگر کنترل گردد.تصویر زیر نمونه ای از یک کنترل ولو نوع کروی (Globe)را نشان می‌دهد.

شیرهای خودکار عمل‌کننده با استفاده از نیروی برق (Electric Motor Operated Valves) توام با قابلیت عملیات دستی (به تصویر زیر توجه نمائید)و یا مکانیزم ناشی از رفتار سیال و شرایط فرآیند (مانند چک ولو) کار می‌کنند.

انواع مختلف شیرها از جنبه مدل وکاربرد

بسته به نوع وظایفی را که یک شیر درعملیات بارگیری و تخلیه و نگهداشت فرآورده‌های نفتی درمخازن انبار نفت به عهده دارد، نوع ساختار و مدل طراحی شده آن انتخاب و تعبیه می‌گردد.

شیرهائی مانند نوع کشوئی یا دروازه ای جهت بستن کامل یا باز بودن کامل مسیرجریان فرآورده به مخزن و شیرهای مشابه عمل نوع توپی جهت تنظیم جریان خروجی ازپمپ و حفظ عملیات پایدار تخلیه و بارگیری و نوعی از شیرها مانند چک ولوها جهت افزایش ایمنی عملیات یا تحقق فرآیند پمپاژ و عدم ورود فرآورده به پمپ یدک آماده بکار و ... بکار می‌روند.

با توجه به توضیحات یاد شده، ضمن توجه به نحوه سرویس دهی و محدودیت‌ها و توانائی‌های هر شیر در کاربرد ان می‌توان دلایل کاربرد و شرایط حاکم بر محل کاربرد شیر را تشریح نمود.

تعدادی از کاربردی‌ترین شیرها در انبارهای فرآورده‌های نفتی بر اساس محدودیت‌های لحاظ شده در طراحی و کاربرد آنها درذیل شرح داده خواهند شد.

شیرهای کشویی

Gate Valves

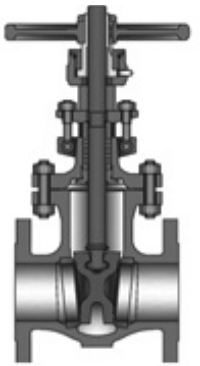
عملکرد شیرهای دروازه‌های به منظور قطع کامل جریان یا بازنمودن کامل مسیرجریان مدنظر قرار می‌گیرد. بدین معنی که این نوع شیرها یا باید در حالت کاملاً بسته باشند و یا در حالت کاملاً بازقرار گیرند و برای عملکرد در حالت نیمه باز طراحی نگردیده اند. دلیل این موضوع، سائیدگی بخشی ازکشوئی آنها در مواجهه باجریان است. حرکت سریع و اغتشاش ناشی ازحرکت سیال دراطراف دیسک، و

همچنین برخورد احتمالی ذرات موجود درون سیال به دیسک، در شرایط نیمه بسته شیر، موجب سایش و دیسک ونشیمن گاه شیر خواهد شد.

بدلیل زمانبری باز و بسته کردن شیرهای دروازه ای معمولاً در مواردی که نیاز به باز و بسته شدن سریع شیر باشد، از آنها استفاده نمی گردد.

از مهمترین خصوصیات این شیرها، کم بودن افت فشار در طول آن می‌باشد. به همین دلیل درطول مسیر لوله‌های طویل از این شیرها استفاده می‌نمایند. این شیرها به دلیل طراحی و ساخت آسان آن و عدم نیاز به تکنولوژی پیشرفته برای ساخت، یکی از پرکاربردترین شیرها هستند. این شیرها در حالت باز، آشفتگی کمی را در مسیر ایجاد کرده و همچنین افت فشار ایجادی آنها قابل توجه نیست. این شیرها در مکانهایی استفاده می‌شود که از شیر به ندرت استفاده شده و در صورت نیاز بتوان جریان را کاملاً مسدود کرد. از این نوع شیرها نمی توان در مسیرهایی که نیاز به کنترل دقیق است استفاده کرد زیرا ساختار شیر اجازه کنترل دقیق را به اپراتور و فرآیند تحت کنترل اور را نمی دهد. مزیت عمده این شیرها این است که در حالت کاملاً باز افت فشار کمی ایجاد کرده و در حالت کاملاً بسته به خوبی می‌تواند از عبور جریان جلوگیری کند. نوعی ازاین شیرها که به نام سطوح موازی دیسک (Parallel) موسوم است ،بر اساس استفاده از يك دیسك تخت دروازه ای که در بین دو نشیمنگاه موازی قرار گرفته سرویس دهی می‌نماید. به عبارتی با توجه به ساختار خود ،جریان را به دو جریان بالادست و پائین دست مبدل می‌نماید. نشیمنگاه دروازه این شیرها دارای يك لبه تیز در قسمت پائین خود می‌باشد که برای برش واز بین بردن ذرات جامد ورودی به شیر طراحی شده است.شکل زیر نمونه‌ای از این نوع شیر را نشان می‌دهد.

نوع دیگر شیرهای دورازه ای، شیرهای با دروازه گوه ای شکل می‌باشند . همانگونه که در شکل زیر مشاهده می‌گردد، دراین نوع از ولوها از دو نشیمنگاه مورب ویک دروازه یا کشوئی مورب استفاده می‌گردد.



این شیر، امکان بسته شدن در حال shut off یا اضطرار را داشته و با نیروهای موتور الکتریکی سلونوئیدی و یا موتورسریع و ...نیز مونتاژ ومورد استفاده قرار می‌گیرند.

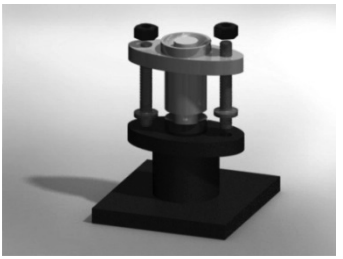
جهت این شیر با توجه به کاربرد بسیار آن درانبارهای فرآورده‌های نفتی توضیحات تکمیلی در خصوص ساختار آن ارائه می‌گردد.هنگامی که کشو یا بند آور و یا دروازه (gate) آن کاملا به بالا هدایت شود(شیرکاملا باز شود)، به نوعی شیر از مسیر جریان سیال خارج گردیده و در نتیجه هیچ مقاومتی در مقابل عبور جریان ندارد.

درصورتیکه دروازه یا کشو به پایین ترین محل خود هدایت شده باشد، سیال بعلت تغییر مسیر و برخورد وتصادم با کشو دستخوش تلاطم گشته و افت فشار در طرفین شیر حادث می‌گردد.

طرفین ورود و خروج سیال به این شیر فلنج گونه بوده که بسته به سایز فلنج خط لوله متصل شونده به آن انتخاب و برای جلوگیری از نشتی بین فلنج لوله و فلنج شیر، لائی آب‌بندی یا گسکت (Gasket) گذاری شده(درفصول بعد شرح داده خواهد شد) و بوسیله پیچ و مهره (Nut & Bolt) ثابت و محکم می‌گردد.

ساقه این شیر (Stem) میله بلند و باریکی است که از یک طرف به فلکه دست (Hand Wheel) و ازطرف دیگر به کشویی (Gate) متصل می‌باشد. درتصویر زیر تعدادی از ساقه‌های مربوط به این نوع شیر نشان داده شده است.

ساقه متصل به کشوی شیر از جعبه‌ای به نام (Stuffing Box) عبور می‌کند. همانگونه که درتصوی زیر نشان داده شده است، جعبه یاد شده ضمن جلوگیری از لغزش ساقه شیر، با استفاده از آب‌بندهای متناسب با جنس فرآورده‌های نفتی(عدم تاثیر فرآورده‌های نفتی روی آن‌ها)، آببندی شده و مانع از خروج فرآورده از فاصله بین ساقه و جعبه می‌شوند.

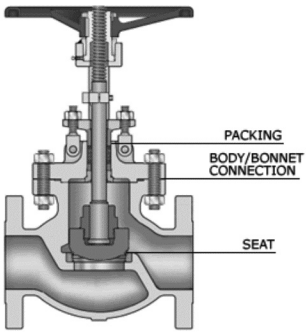


از معایب این شیرها می‌توان از استعداد آنها برای ایجاد لرزش در مسیر جریان را نام برد؛ همچنین در وضعیت‌های اضطراری نمی توان عمل باز و بسته کردن را به سرعت انجام داد. برای شیرهای بزرگ در صورت عدم وجود سیستم‌های هیدرولیکی نیروی زیادی برای تنظیم جریان لازم است.

شیرهای کروی

Globe Valves

نام این شیر بواسطه شکل ظاهری بدنه آن که کروی شکل است انتخاب گردیده است . ساختار داخلی آن به گونه‌ای است که سیال از نقطه ورود به شیر تا خروج از آن ۱۸۰ درجه تغییر جهت می‌دهد . ساختمان دریچه و نشیمنگاه آن طوری است که کوچکترین بازشدگی شیر، تماس آنها را با یکدیگر قطع می‌کند .به همین دلیل باز نبودن کامل شیر کروی موجب فرسودگی آن نمی‌شود. این ساختار شیر سبب گردیده است که از آن بتوان برای تنظیم و کنترل جریان استفاده کرد. متناسب نمودن تعداد دور دسته شیر با حجم خروجی سیال از شیر، کار تنظیم و به خاطر سپاری مقدار جریان را برای اپراتور و امکان تنظیم دستی درموقعیت مورد نظر را به سادگی فراهم می‌نماید. جهت درک بهتر کارکرد این نوع شیر، برش عرضی آن در شکل زیر نشان داده شده است.



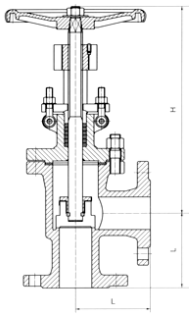
از مشخصات شیرهای کروی می‌توان به تغییرجهت جریان سیال به اندازه ۱۸۰درجه اشاره نمود.این تغییر جهت جریان درسیال ایجاد تلاطم نموده و تلاطم و ایجاد شده سبب افزایش افت فشار خروجی نسبت به ورودی شیر می‌گردد.بواسطه مکانیزم یاد شده، در شیر کروی افت فشار بیشتر از شیر کشویی می‌باشد. همچنین در شیر کروی به محض قطع اتصال صفحه انتهایی ساقه و نشیمنگاه شیر، سیال بطور کامل جریان یافته و بواسطه جریان یکنواخت از دورتا دور صفحه، در شیر کروی فرسودگی ناشی از اصطکاک خیلی کمتر از شیر کشویی می‌باشد. بطور کلی در مورد شیرهای کروی باید گفت که این نوع شیر برای کنترل سیال طراحی شده است و بعلت تغییر ناگهانی مسیر سیال، باز کردن و بستن شیر، خیلی سریعتر انجام می‌شود .بدین مفهوم که مقاومت سیال در مقابل بسته شدن شیر تعدیل می‌شود. ازخصوصیات مهم این شیرها در حوزه تعمیر و نگهداشت این است که تعمیرات این شیرها آسان بوده، به طوری که تعمیر آنها بدون خارج کردن آنها از مسیر خطوط لوله نیز امکان پذیر می‌باشد . جنس این شیرها اغلب از نیکل یا فولاد زنگ نزن می‌باشد.

توجه به این نکته ضروری است که این شیرها در محل‌هایی استفاده می‌شوند که نیاز به باز و بسته کردن جریان به طور دائم وجود دارد . این شیرها افت فشار زیادی را در مسیر جریان ایجاد می‌کنند، به همین دلیل توصیه شده که در جاهایی که افت فشار مطلوب نیست از این شیرها استفاده نشود.درشیرهای کوچک فقط چند دورچرخش با نیروی نسبتاً کم توسط دست لازم است که شیر را از حالت کاملاً باز به حالت کاملاً بسته یا برعکس تبدیل کند. در شیرهای بزرگ برای چرخاندن دسته شیر احتیاج به نیروی بیشتری متناسب با ظرفیت شیر وجود دارد.

شیر زاویه‌ای

Angle Valve

شیر زاویه‌ای، یکی از انواع شیرهای کروی با ساختار زاویه ای می‌باشد که در آن تغییر جهت سیال کمتر از شیر کروی معمولی است. بنابراین تلاطم سیال در شیر کروی زاویه ای کمتر از شیر کروی معمولی است. به عبارتی این نوع شیر همان شیر کروی است، با این تفاوت که به جای ۱۸۰ درجه، یك زاویه ۹۰ (زوایای کمتر نیز ساخته شده است) درجه بین ورودی و خروجی آن وجود دارد. درتصویر زیر زاویه تغییر مسیر سیال جهت مقایسه با شیر کروی شرح داده شده در قبل نشان داده شده است.

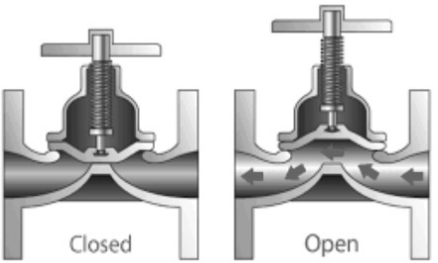


با توجه به اینکه این نوع شیر نسبت به شیر کروی افت فشار کمتری ایجاد می‌کند، در مواقعی که شرایط و قدرت ضعیف مانور نصب لازم می‌نماید از جای نصب کمتر و نیازمندی اتصالات کمتری برخوردار است. کاربرد این شیر به‌عنوان عامل تنظیم جریان بیشتر به چشم می‌خورد.

شیر دیافراگمی

Diaphragm valve

همانگونه که در شکل‌های زیر دیده می‌شود، این شیر دارای قسمت دیافراگم مانند و متحرکی است که با حرکت به طرف بالا و پایین می‌تواند مسیر جریان را باز و بسته کند.

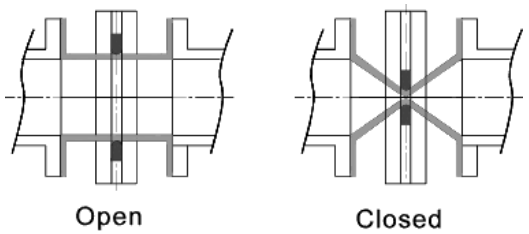


به دلیل اینکه می‌توان دیافراگم شیر را طوری طراحی کرد که سیال با هیچ یك از قطعات مکانیکی شیر تماس پیدا نکند، این نوع از شیرها در مکان‌هایی که هدف ازکاربرد آن، کنترل نمودن یك سیال خورنده باشد کاربردهای وسیعی یافته‌اند. از این شیرها برای تنظیم سیالاتی که دارای ذرات ریز معلق هستند نیز استفاده می‌گردد.

شیر پینچ

Pinch valve

مکانیزم درونی تنظیم جریان سیال در این نوع شیرها بدین صورت است که ساختار درونی آن‌ها دارای بخش انعطاف پذیری شبیه به یك لوله پلیمری است که با فشردن این لوله، میزان بازشدگی مسیر جریان کنترل می‌شود.



از نظر طراحی و ساخت، شیرهای پینچ آسان‌ترین نوع شیرها و همچنین از نظر قیمت، جزء ارزانترین شیرها محسوب می‌گردند.

کاربرد وسیع آنها در صنعت برای کنترل جریان‌هایی با ذرات معلق زیاد است. استفاده دیگر این شیرها در مکان‌هایی است که خورندگی و یا آلودگی سیال می‌تواند مشکل‌ساز باشد.

از مزایای این شیرها کم بودن افت فشار آن است که به واسطه طراحی ساده آن مزیت مهمی محسوب می‌شود. از جمله صنایعی که از این نوع شیرها استفاده می‌کنند می‌توان به صنایعی اشاره کرد که با پسابهای غلیظ ارتباط دارند.

شیر استوانه‌ای

Plug Valve

شیرهای استوانه‌ای جزء اولین شیرهای طراحی شده جهت کاربردهای مختلف می‌باشند. این شیر متشکل از یك استوانه چرخنده می‌باشد که در جهت عمود بر محور سوراخ شده و با چرخاندن ربع دور از حالت کاملاً باز به حالت کاملاً بسته تغییر وضعیت می‌دهد. سرعت عمل باز و بسته نمودن این شیر، کاربردآن را در نقاطی از فرآیند که ایمنی بالا را طلب می‌نماید توسعه داده است.

این نوع از شیرها افت فشار کمی را در مسیر جریان ایجاد می‌کنند و عیب عمده آنها این است که قادر به تنظیم دقیق جریان نیستند و تنها برای باز و بسته کردن مسیر جریان کارائی مناسب دارند. مهمترین مزیت این شیرها را در سرعت عمل آنها برای باز و بسته کردن جریان می‌توان خلاصه کرد.

شیر توپی

Ball Valve

در شیرهای توپی که گاهی ازآنها به نام شیرهای ضربه ای نیزیاد می‌شود، جریان سیال از میان سوراخ یك ساچمه یا گوی کروی که در نشیمنگاه ثابت کروی کاملا صیقلی شده ای قرار دارد , عبور می‌کند . برای باز و بسته کردن این نوع شیرها نیز مانند شیرهای سماوری فقط گردش ۹۰ درجه ای دسته آن کافی است .

شیرهای توپی مقاومت کمی در برابر جریان سیال ایجاد می‌کنند. همانگونه که در تصویر زیر دیده می‌شود، اساس کار این نوع شیرها شبیه شیرهای استوانه‌ای است و تنها تفاوت آنها در این موضوع است که درشیرهای استوانه‌ای از یك استوانه سوراخدار برای تنظیم جریان استفاده می‌شود ولی در شیرهای توپی با استفاده از یك گوی سوراخ دار این کار صورت می‌پذیرد.

در این شیر نیز با چرخش ۹۰ درجه دسته شیر می‌توان شیر را از حالت کاملاً باز به حالت کاملاً بسته و بالعکس تبدیل کرد. از مزایای عمده این نوع شیر علاوه بر سریع بودن، این است که نیاز به روانکاری نداشته و به طور مطلوبی می‌تواند از نشت سیال بین طرفین شیر در حالت بسته و همچنین از محل اتصالات ساقه شیر جلوگیری کند.

شیرهای پروانه‌ای

Butterfly Valves

شیرهای پروانه‌ای یکی از ساده‌ترین و پرکاربردترین شیرها است که کاربرد آن‌ها در واحدهای نفتی بسیار به چشم می‌خورد. ساختمان آنها از یک بدنه معمولی و یک صفحه مدور که تقریبا در وسط قرار داردتشکیل گردیده است. این صفحه مدور بوسیله اهرمی به بخش حرکت‌دهنده شیر وصل شده و حول این اهرم به اندازه زاویه ۹۰ درجه گردش می‌کند.محرک این شیرمی تواند بصورت دستی یا بوسیله فشار هوا و یا برق باشد . شیرهای پروانه ای کوچک را در اندازه‌های مختلفی می‌سازند. بعضی از آنها را در موارد خاصی بوسیله فلکه دستی که به میله گرداننده صفحه وصل می‌باشد و مکانیزم آن در یک جعبه چرخ دنده قرار دارد مجهز می‌کنند تا چنانچه اگر گرداننده اصلی که هوا یا هیدرولیک می‌باشد از کار بیفتد بتوانند با آزاد کردن آن از دنده یاد شده، با اهرم یا فلکه دستی اپراتوری شیر را در دست گیرند.

کاربرد شیرهای پروانه ای در واحدهایی که فشار آنها حین کار کم باشد بعلت حداقل بودن افت فشار بسیار متداول می‌باشد. ویژگی دیگر این شیرها به حداکثر رساندن سرعت جریان سیال در حداقل زمان و حرکت شیر می‌باشد مخصوصا درمورد کنترل فشار سیالات در مخازن یا برج‌های تحت فشار، همچنین این نوع شیرها در صورت نیاز به حجم زیاد انتقال سیالات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شیر یك طرفه

Check valve

همانگونه که قبلا بیان گردید، این شیر همانگونه که از نام آن پیداست، از باز پس زدن جریان در یك لوله جلوگیری می‌نماید.به عبارت دیگر سیال فقط از یك طرف آن می‌تواند وارد شود ومسیر برگشت سیال از طریق شیر غیر ممکن است. در سایر شیرها محل ورود سیال ازلحاظ ساختاری محدودنیست(ممکن است مجاز نباشد) و می‌تواند از دو طرف آن ورود سیال صورت پذیرد. شیرهای یك طرفه در ۴ طرح اساسی به نام:

- شیر یك طرفه لولایی Swing check valve
- شیر یك طرفه فشاری Lift check valve
- شیر یك طرفه پیستونی One-way piston valve
- شیر یك طرفه کره ای One Way Spherical Valve

ساخته می‌شود که در ادامه هر یک شرح داده خواهند شد.

شیر یك طرفه لولایی

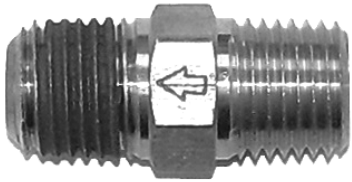
Swing Check Valve

این شیر کاربردی بیشتر از سایر خانواده خود نشان داده است. ساختار این شیردارای بدنه و درپوشی است که درون آن دیسکی که ممکن است منفرد یا زوج باشد بوسیله پین مخصوصی به بدنه آن لولا گردیده و آویزان می‌باشد. در نوع دوتایی آن این پین بین دو دیسك قرار دارد.

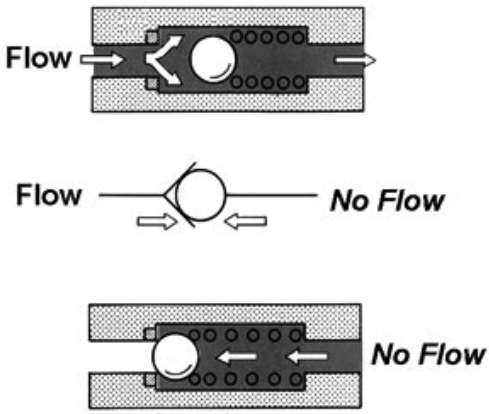
جریان سیال در موقع ورود دیسك را به طرف مسیر خود بلند کرده و از اطراف آن عبور می‌کند و درموقع قطع جریان دیسك به نشیمنگاه چسبیده و اجازه برگشت به سیال را نمی‌دهد.

شیر یك طرفه فشاری

One-Way Pressure Valve



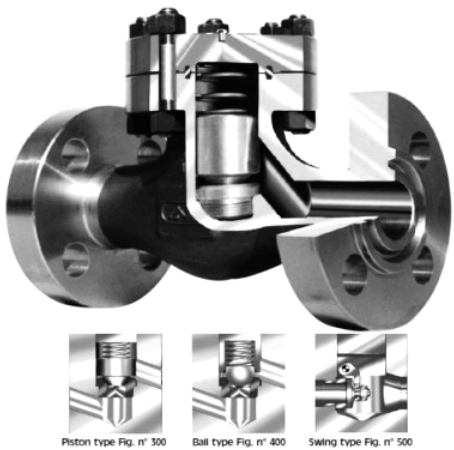
در این نوع شیر یك طرفه، جریان یافتن سیال باعث بازشدن شیر گردیده و عدم جریان سیال باعث بسته شدن شیر به واسطه فشار فنر باز شده در جهت مخالف جریان می‌گردد. از انواع شیرهای یك طرفه فشاری می‌توان شیر یك طرفه پیستونی وشیر یك طرفه کروی را نام برد. درشکل زیر مکانیسم یک شیر یک طرفه نوع فشاری کروی نشان داده شده است.



شیر یك طرفه پیستونی

One-Way Piston Valve

در یک شیر یك طرفه پیستونی، جریان یافتن سیال باعث بالارفتن پیستون در اثر فشار وارده برسطح آن به سمت بالا گردیده ومسیر عبور جریان را باز می‌نماید. در زمان قطع جریان، فنر با بازشدگی خود سبب برگشت پیستون به مجرا و مسدود نمودن مسیر در جهت عکس شده و پیستون به طرف پائین آمده و مانع از برگشت سیال به طرف ورودی می‌شود. این شیر با توجه به طراحی خود از اطمینان بالائی جهت ممانعت از عبور سیال در مواقع لزوم برخوردار است.



این نوع شیر به همراه شیر ساچمه‌ای و زاویه‌دار جهت جلوگیری از پدیده لرزش در اثر فشار در مسیر خطوط لوله برده می‌شود.

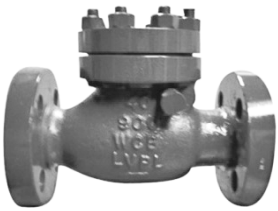
شیر یك طرفه کره‌ای

One Way Spherical Valve

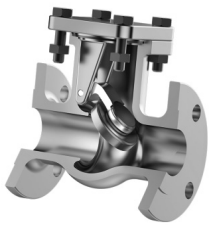
این نوع شیر یك طرفه در دو نوع کره‌ای افقی وعمودی وجود دارد. در نوع عمودی مسیر جریان بصورت مستقیم است و بیشتر در جاهائیکه قطع جریان به صورت فوری لازم باشد بکار می‌رود. نحوه کار این نوع شیر بدین صورت است که سیال در مسیر ورودی، یك کره را در داخل خود معلق نگهداشته و سیال از اطراف آن به طرف دیگر شیر می‌رود و وقتی که جریان سیال برعکس شود کره مورد نظر در نشیمنگاه خود نشسته که مانع از عبور سیال به طرف ورودی می‌شود. یکی از مزایای این نوع شیر یك طرفه استفاده ازآنها در سیالاتی است که ویسکوزیته آنها بسیار زیاد است.

شیرهای یکطرفه دریچه ای

Non Return or Check Valves



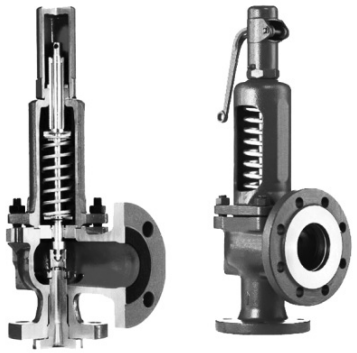
بطور کلی از شیرهای یکطرفه دریچه‌ای برای جلوگیری از بازگشت سیالات ارسال شده به سمت مقاصد عملیاتی استفاده می‌گردد. در صنعت نفت و سیستم‌های نفتی به‌عنوان یک مثال، شیر یکطرفه را روی لوله خروجی پمپ قرار می‌دهند که پس از انتقال مقدار لازم مواد نفتی و خاموش شدن عادی یا اضطراری تلمبه مواد ارسال شده نتواند به مسیر اول برگردد، زیرا در اثر برگشت موادعلاوه بر هدر رفتن انرژی مصرف شده برای ارسال، فشار تلمبه‌های فعال موازی و یدکی آن پمپ، سیستم پمپاژ را مختل می‌نماید. مکانیزم این شیر به این صورت می‌باشد که فشار مایع دریچه شیر را بلند نموده و از زیر و اطراف آن عبور می‌کند تا زمانی که فشار زیر دریچه بیشتر از فشار روی آن باشد شیر باز می‌ماند و عبور مایع ادامه می‌یابد. تصویر زیر نمای برش خورده طولی این نوع شیر را جهت درک بهتر مکانیزم عمل آن نشان می‌دهد.



نکته مهم در این مکانیزم عملکرد این است که اگر به هر علتی فشار زیر دریچه کمتر از فشار روی آن شود وزن خود دریچه و فشار موادی که قصد برگشتن دارند باعث بسته شدن شیر و جلوگیری از برگشت مواد می‌شود.

شیرهای ایمنی فشار

Pressure Safety Valves



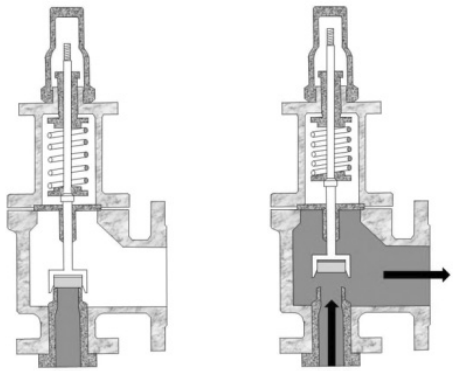
شیر ایمنی فشار شیری است که با بالا رفتن فشار از یک حد معیین باز شده و اقدام به تخلیه فشار اضافی می‌نماید و بعد از اتمام مجدداً بسته شده و فشار تنظیمی قبلی خود را حفظ می‌کند.شیرهای تخلیه فشار ابزاری هستند که به منظور جلوگیری از افزایش فشار سیال در یک مخزن یا سیستم بکار گرفته می‌شود تا از بروز حوادث یا وضعیت‌های نامطلوب و خطرناک غیرمنظور، پیشگیری نماید.

از ابزار تخلیه فشار ممکن است بصورت معکوس نیز استفاده گردد. در این شرایط در واقع از ایجاد خلاء بیش از حد مطلوب پیشگیری می‌گردد. معمولاً از اصطلاحات شیر اطمینان و شیرهای تخلیه‌کننده فشار به جای یکدیگر نیز استفاده می‌گردد. شکل ظاهری و کاری که در هر دو نوع شیر انجام می‌دهند، یکسان است و هدف اصلی آن محدود کردن مقدار فشار یک مایع، بخار یا گاز از طریق تخلیه کردن قسمتی از آن سیال می‌باشد.

فرق آنها این است که شیر اطمینان برای هوا و بخار استفاده می‌شود اما شیر تخلیه فشار برای مایعات بکار می‌رود. مشخصه این شیرها باز و بسته شدن سریع آنهاست. این شیر فلکه‌ها باید با دقت درست شود و شرایطی در نظر گرفته شود تا بالاترین سطح اطمینان را داشته باشد و بدون نیاز به نیروی انسانی عمل کند

وعملکردی کاملا اتوماتیک داشته و شرایط غیر منتظره و نامطلوب سیستم باعث از بین رفتن کارایی شیر فلکه نگردد.

شیرهایی که روی منابع و دستگاه‌های محتوی مایع نصب می‌شوند بنام Relief Valve نامیده می‌شوند. مفهوم این عبارت، شیر تخلیه و آزادسازی سیستم از فشار مایع است. این شیر یک شیر تخلیه فشار است که متناسب با اختلاف فشار سیستم با فشار لازم برای بازشدگی آن (جمع شدن فنر) باز شده و مختص سرویس‌های مایع می‌باشد.



Relief Valve Closed Relief Valve Relieving

شیرهایی که بر روی منابع و دستگاه‌های محتوی گاز و مایع نصب می‌شوند نیز Safety Relief Valve نامیده می‌شوند. مکانیزم کاری این شیرها نیز همانند دو شیر قبلی براساس اختلاف فشار فاز گاز یا مایع زیر شیر با فشار تنظیم شده برای باز شدن شیر استوار است.

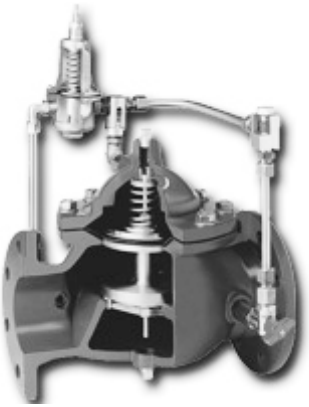
از مهمترین موارد نگهداشت و اطمینان از سرویس‌دهی این شیرها، کالیبراسیون آنهاست. با توجه به تغییر خواص فلزی فنر و تجهیزات شیر اطمینان بدلیل در معرض بودن فشار و دمای بالا، لزوم انجام کالیبراسیون این شیرها بصورت دوره‌ای مطرح می‌گردد.

شیر فشارشکن

Pressure Reducing Valve

شیر فشارشکن نوعی از انواع از شیرهای صنعتی است که جهت تنظیم، کاهش و ثابت نگه داشتن فشار خروجی (پس از شیر) در خطوط مختلف حتی در صورت ایجاد نوسان در فشار ورودی مورد استفاده قرار می‌گیرند. شیرهای اطمینان با عبور دادن سیال تحت فشار از یک مسیر جانبی، فشار موجود در سیستم را رها می‌کنند. این شیرها به گونه‌ای طراحی یا تنظیم شده‌اند که در یک فشار از قبل تعیین شده، عمل می‌کنند و از مخزن‌های تحت فشار و سایر تجهیزات سیستم که در معرض فشار هستند، در برابر فشار بیش از حد مجاز محافظت می‌کنند. با تنظیم فشار بر روی پیلوت شیر فشارشکن فشارخروجی به‌صورت اتوماتیک کاهش یافته وثابت می‌ماند و تغییرات دبی و فشار در ورودی شیر تا ثیری در فشار خروجی شیر ندارد. موارد کاربرد شیرهای فشار شکن بیشتر در تنظیم دقیق فشار، محافظت از خط انتقال در زمان عدم مصرف سیال می‌باشد. شیر فشارشکن یا شیر تنظیم‌کننده فشار را می‌توان یك شیر تمام خود کار (شبه اتوماتیک)نامید، زیرا برای انجام تغییرات و تقلیل فشار دارای ساختمانی مخصوص است که این

عمل را بدون انتقال انرژی انجام می‌دهد. این شیرها یك پیچ مخصوص تنظیم فشار دارد که به وسیله آن فشار خروجی شیر تنظیم می‌شود.



همان طور که در شکل پیدا است، باید یك صافی به شیر فشار شکن متصل نمود تا مواد خارجی احتمالی باعث خرابی مکانیزم داخلی این شیر نشود.

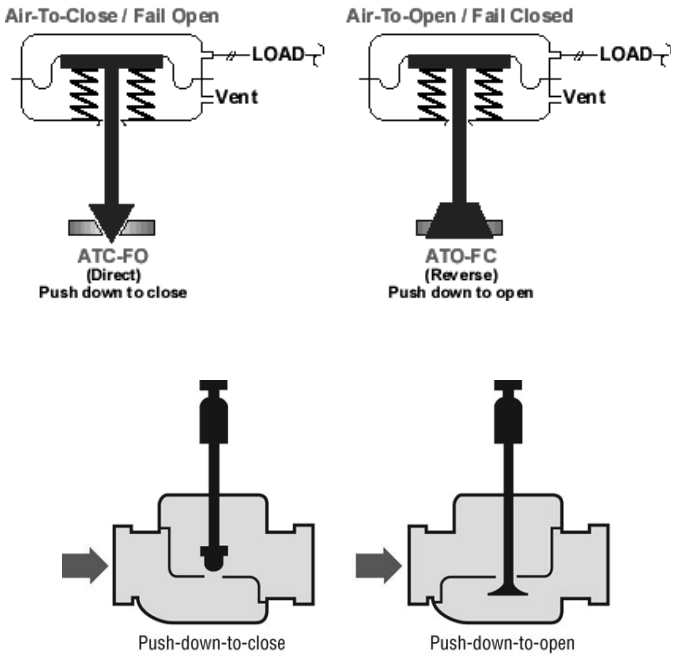
شیرهای کنترل

Control Valves

کنترل ولوها، همانگونه که از نام آنها پیداست، جهت کنترل جریان سیال در مسیر عبور آن قرار داده می‌شوند. این شیر به طور اتوماتیك ومعمولا با فشار هوا کار می‌کند . در موقع لزوم مانند قطع هوا یا شرایط عملیاتی خاص (بای پاس نمودن کنترل) می‌توان آنرا با دست باز و بسته نمود و بدیهی است که در این حالت دیگر شیر کنترل نخواهد بود وبه مثابه یك شیر معمولی است. این شیر با توجه به موقعیت محل و اینکه چه چیزی را بایستی کنترل کند بطور اتوماتیك باز و بسته می‌شود و در حقیقت با توجه به عامل دیگری که می‌بایست کنترل شود و مداوم با شیر کنترل در رابطه است، تعیین محل شیر صورت می‌گیرد. معمولاً این شیر برای کنترل فشار، دبی و یا سطح مایع در یك ظرف مورد استفاده قرار می‌گیرد و نسبت به تغییرات آنها نیز باز وبسته می‌گردد. از این شیر نمونه‌های مختلفی وجود دارد که از لحاظ عملکرد یکی می‌باشند و فقط از لحاظ ساختمان با یکدیگر تفاوت دارند.دو نمونه از شیرهای کنترل که با هوا کار می‌کنند عبارتند از:

- شیرهایی که با قطع جریان هوا بسته می‌شود (Air to Open)
- شیرهایی که با قطع جریان هوا باز می‌شود (Air to Close)

شرح هر یک از دو نوع مکانیزم اشاره شده درفوق را می‌توان در تصاویر زیر مشاهده نمود.



دستگاه‌های محرکه برای شیر خودکار (Operation Automation) و شیرهای فرمان از راه دور(Automatic Remote Operation) باعث حرکت خطی یا دورانی (بطور ساده یا مرکب) می‌شود که می‌توان این حرکات را به کمک وسایل مکانیکی به یکدیگر تبدیل کرد.

انواع مختلف دستگاه محرکه (اعم از ساده یا پیچیده) با کمک نیروی هوای فشرده یا آب یا الکتریسیته با استفاده از دو نیروی مختلف با در کنترل، سیستم محرکه شیر بکار می‌رود.

هوای فشرده با کمک دیافراگم و فنر یا با استفاده از پیستون به شرح زیر برای حرکت ساده به کار می‌رود.

در مورد استفاده از دیافراگم و فنر،شیر دیافراگمی مجهز به یک دیافراگم می‌باشد که از جنس لاستیک و در داخل بدنه قرار دارد هوای فشرده روی دیافراگم فشار آورده و متعاقبا باعث فشرده شدن فنر و حرکت ساقه می‌شود.

با تعویض فنر می‌توان با همان شرایط قبلی فشار و حرکت جدیدی روی ساقه بدست آورد.

در مورد استفاده از پیستون، طرز کار دستگاه بدین ترتیب است که فشار هوا در هر طرف روی پیستونی که در سیلندر حرکت می‌کند وارد شده که متعاقبا باعث حرکت ساقه می‌شود با نصب دستگاهی به نام پاسیونر می‌توان راندمان دستگاه را بالا برد محرک‌های هیدرولیکی بواسطه قدرت زیادی که دارند می‌توانند در مورد ساقه‌هایی که وزن سنگینی دارند مورد استفاده قرار گیرند.

محرک‌های برقی برای کنترل دستگاه از راه دور بکار می‌روند. در این مورد شیرهای صنعتی با محرک دستی نیز مجهز است که در صورت نبودن برق، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

بنابراین یکی از مسائلی که در انتخاب شیرهای صنعتی موثر است سیستم محرکه یا (Unite Actuating) می‌باشد و سیستم محرکه ممکن است مکانیکی، هیدرولیکی و یا بوسیله برق یا هوا باشد. محرک (Actuator) قسمتی از شیر خودکار است که فرمان‌های دریافتی از سیستم محرکه را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند و موجب باز و بسته شدن شیر می‌شود.

ابتدایی‌ترین وسیله محرک انتخابی، اپراتوری بوسیله دست می‌باشد که با کمک دسته اهرمی یا پیچشی بطور مستقیم یا غیر مستقیم روی شیرهای صنعتی عمل می‌کند. فرمان‌های برقی بعلت هزینه بالای دستگاه‌های برقی برای فرآیندهای ساده معمول نیستند و از فرمان‌های هیدرولیکی نیز موقعی استفاده می‌شود که یا دسترسی به هوای خشک و فشرده نباشد و یا اینکه درجه حرارت محیط آنقدر پائین باشد که آب موجود در هوا یخ بزند و منجر به مسدود شدن مسیرهای موین هوا گردد، ولی بطور کلی فرمان‌های هوایی بیشتر از دو نوع دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند زیرا با دستگاه خشک‌کننده هوا(Air dryer)می‌توان هوا را به حد کافی خشک کرد که آب موجود در هوا یخ نزند. محرک‌ها انواع مختلفی دارند که معروفترین آنها عبارتند از:

- محرک دیافراگمی(Diaphragm Actuator)
- محرک پیستونی(Piston Actuator)
- محرک دستی(Manual Actuator)

انتخاب صحیح شیرهای صنعتی

Valve Selection

بطور کلی با به‌عنوان یک قاعده فنی، در انتخاب شیرها با توجه به مشخصات سیال می‌بایست شیری را انتخاب نمود که بتواند در مقابل سائیدگی (Erosion) و خورندگی (Corosion) و سایر مشخصات سیال مقاومت کند.سیال‌ها به انواع مختلف گاز، بخار، مایع تقسیم می‌شوند و درجه اغتشاش جریان، حجم، غلظت، سرعت، فشار، درجه حرارت و بالاخره سایر مشخصات سیال و همچنین جنس قطعات شیر انتخاب شده می‌تواند درصورت عدم دقت موجبات بروز مشکل در سیستم‌های کاربردیافته را فراهم نماید. چند پارامتر اساسی در خصوص انتخاب شیرهای صنعتی بسیار حائز اهمیت می‌باشد عبارتند از:

- جایگاه ولو درنقشه فرآیندی و لوله کشی
- نوع کاری که ولو باید انجام دهد
- حجم تحت عمل ولو
- درجه حرارت و فشاری که ولو درآن می‌بایست سرویس دهی نماید
- مواد سازنده بواسطه تاثیرات شیمیائی
- سیستم به کاراندازی ولو بواسطه موقعیت و اندازه ولو و مخاطرات احتمالی

شیرهای کشویی به هیچ عنوان برای کنترل مناسب نیستند و صرفا می‌توانند به عنوان شیرهای قطع و وصل مورد استفاده قرار گیرند . یعنی این شیرها یا باید تمام باز باشند و یا تمام بسته، چون منحنی مشخصات این شیرها به گونه‌ای است که تا ۹۰ درصد مسافت حرکتی دیسك شیر، تغییرات بسیار اندکی در بده و فشار ایجاد کرده ولی در ۱۰ درصد انتهایی تغییرات شدیدی ایجاد می‌کنند. در این حالت کنترل باید در مقاطع عبور خیلی کوچك در داخل شیر انجام شود و این موضوع باعث افزایش سرعت جریان شده و ایجاد جت سیال می‌کند که نشیمن‌های آببندی کننده شیر را که اغلب از جنس برنج خیلی نرم هستند سریعا از بین می‌برد. در شیرهای پروانه‌ای نیز همین جت سیال پس از مدتی به سطح آببندی شیر صدمه می‌زند.

مکانیزم آببندی شیرهای کشویی بر مبنای تماس دو سطح گوه مانند دیسك

و نشیمن آببندی در انتهای مسافت حرکتی دیسك شیر است. بدین معنی که دیسك در حالت‌هایی که تماما بسته نیست در داخل شیر حالت لقی دارد . این حالت لقی باعث می‌شود که در اثر عبور جریان سیال، دیسك شیر دائما در حال ارتعاش بوده و باعث تخریب قطعات داخلی شیر می‌شود. برای کنترل فشار یا بده باید از شیرهایی با مکانیزم پیستونی استفاده کرد . این شیرها عبارتند از شیرهای بشقابی مخصوص کنترل بده و فشار و یا شیرهای سوزنی.

شیرهای سوزنی بسیار گران هستند و معمولا در جاهایی که توجیه اقتصادی داشته باشند از آنها استفاده می‌شود.

نکات نصب شیرها

شیرآلاتی که برحسب شرایط به طور صحیح انتخاب و نصب شده و به طور منظم تعمیر و نگهداری شوند، سالیان طولانی بدون مشکل کارآیی خواهند داشت. بدین منظور راهنمایی سازندگان را در مورد نصب، نگهداری و تعمیر هر نوع شیر باید مد نظر قرار داد. اطلاعات زیر به منظور راهنمایی‌های اساسی آورده شده‌اند:

- حتی‌الامکان شیرها باید در مکانی نصب گردند که فضای کافی اطراف آن وجود داشته باشد تا تعمیر آن‌ها به سهولت انجام پذیرد.
- باید دقت نمود تا اولا بارهای ناخواسته به شیر اعمال نشوند، ثانیا شیرها در جهت صحیح جریان نصب شوند.
- تذکر: در استفاده از آچار باید از آچار مخصوص برای لوله و شیر که دندانه‌های آن تخت شده باشد استفاده نمود.
- حتی الامکان شیرها باید در مکانی نصب گردند تا تمام گرد و خاکی که در شیر هنگام انبارداری جمع شده است قبل از نصب شیر پاك شود. پاکیزگی را هنگام نصب شیر باید حفظ نمود، زیرا وجود گرد و خاك و ذرات ساییده شده موجب خرابی نشیمنگاه و عملکرد شیر می‌شود.
- به منظور تسهیل در امر نظافت و پاکی، کارخانجات سازنده باید پوشش‌های مناسب روی قسمت‌های انتهایی باز شیرها قرار دهند.

در مورد شیرهایی که از طریق جوش دادن در خطوط لوله قرار می‌گیرند باید توجه داشت که عمل جوشکاری با دقت انجام گیرد تا این که تغییر شکل و پیچ خوردگی

قابل ملاحظه ای ایجاد نشود . ذرات جوشکاری که در محل بجا می‌ماند برای کارآیی شیرآلات مضر و خطرناك بوده و لذا باید آثار باقیمانده جوشکاری از بین بروند.

دلایل خرابی شیرها

- خرابی سیت
- خرابی اجزای داخلی شیر
- خرابی بدنه شیر
- خرابی پکینگ‌ها و گسکت‌ها
- بریده شدن پیچ‌های ولو

خرابی سیت (سیل‌های آب‌بند)

سیت‌ها یا رینگ‌های آب‌بند (seal ring) محل نشیمنگاه را برای دیسک مهیا می‌کنند. در بعضی از طراحی‌ها بدنه برای اینکه به عنوان سیت مورد استفاده قرار گیرد ماشین‌کاری می‌شود. در این مواقع دیگر نیازی به استفاده از seal ring نیست. در تعدادی دیگر از طراحی‌ها، seal ring ها ماشین‌کاری می‌شوند و به وسیله پیچ (threaded) یا جوش به بدنه وصل می‌شوند و با این کار سطح نشیمنگاه مهیا می‌شود. برای افزایش مقاومت سایشی seal ring ها، سطحی که در تماس است توسط جوش‌کاری و ماشین‌کاری، سخت‌کاری می‌شود. یک سطح خوب برای سیت در مواقعی که ولو بسته است بسیار ضروری است تا بتواند آب‌بندی را به خوبی انجام دهد Seal ringها معمولاً به‌عنوان اجزایی که در مقابل فشار محافظ ولو هستند شناخته نمی‌شوند. چون ضخامت بدنه به اندازه‌ای است که بدون در نظر ضخامت seal ring نیز بتواند در برابر فشارها مقاوم باشد.

خرابی اجزای داخلی ولو (دیسک، سیت و استم)

در اثر جریان متلاطم سیال (آشفتگی) در داخل ولو، دمای سیال و شرایط محیطی سیال، خوردگی در سیت و دیسک متداول است. در صورتیکه این خوردگی‌ها کم باشد به کمک عملیاتی تحت عنوان لپینگ (دستی یا دستگاه)

می‌توان آنها را پولیش داد و به سطح صاف و صیقل دست یافت. اما در صورتیکه مقدار خوردگیها زیاد باشد به کمک جوشکاری و تراشکاری (عملیات ماشین کاری) به سطوح صیقل دست پیدا می‌کنیم.خوردگی شدید در سیت گیت ولو ۸ اینچ کلاس ۶۰۰ در اثر فشار زیاد و دمای بسیار بالای سیال شفت اصلی شیر یا استم یکی از قسمتهای آسیب پذیر در ولوها می‌باشد . معمولاً اثرات مخرب محیطی و نیز خوردگی داخل شیر، منجر به آسیب دیدن شیر و درست عمل نکردن شفت آن می‌شود.خرابی شدید در پلاگ ولو در اثرسرعت زیاد سیال (جت کردن) جوشکاری و تراشکاری جهت تعمیر این پلاگ الزامی است.

خرابی بدنه ولو یا بادی ولو

قسمت بعدی هر شیر که دچار خرابی می‌شود، بدنه شیر می‌باشد . در صورتی که اجزاء بدنه شیر آسیب جدی ندیده باشد می‌توان با اصلاحات کوچک بدنه را تعمیر کرد ولی در صورت آسیب دیدگی زیاد، می‌توان از خود بدنه یک مدل برای ریخته گری تهیه کرد و شیر مجدداً ریخته گری شده و بعد از ماشین کاری تحویل کارفرما می‌شود.

خرابی پکینگ‌ها و گسکت‌ها

در اکثر ولوها از پکینگ برای جلوگیری از نشتی ناشی از فضای موجود بین بونت(Bonnet) و استم(Stem) استفاده می‌کنند. پکینگ معمولا دارای مواد الیافی و یا مواد ترکیبی مانند تفلون هستند که این امر باعث ایجاد آب‌بندی بین قطعات داخلی و خارجی ولو می‌شود. پکینگ ولو باید به درستی و دقت فشرده شود تا هم از اتلاف سیال جلوگیری کند و هم باعث آسیب دیدن ساقه شیر نشود. اگر پکینگ بیش از اندازه شل و سست باشد باعث نشتی در ولو می‌شود که این از لحاظ ایمنی یک خطر است. اگر پکینگ زیادی سفت باشد باعث سخت‌تر شدن حرکت می‌شود و همچنین ممکن است به خرابی استم نیز منجر شود.به منظور جلوگیری از نشتی، در محل ورود استم به بانت ، لازم است در فاصله بین استم و بانت تمهیداتی اتخاذ شود. با قرار دادن Gasket در این قسمت ضمن اینکه استم قادر به حرکت می‌باشد، آب‌بندی نیز انجام می‌شود.

بریده شدن پیچ‌های ولو

به علت وجود نیروهای خارجی، از قبیل بارهای اضافی، ارتعاشات، دما و... در صورت عدم پیش‌بینی نیروی بستن پیچ و نیروهای خارجی، امکان جدا شدن و فاصله گرفتن اتصال از یکدیگر و بریدن پیچ وجود دارد.

اصول نگهداری شیرها

Valve Maintenance

همانند هر وسیله مکانیکی، نگهداری و تعمیر مرتب، موثرترین وسیله برای اطمینان از دوام بازده عملکرد می‌باشد. توصیه می‌شود که در هر مورد دستورالعمل نگهداری و تعمیرات که توسط سازندگان داده می‌شود اجرا شود. منظور از سیستم نگهداری و تعمیرات مجموعه عملیاتی جهت نگهداری دارائی‌های فیزیکی و حفظ و صیانت از آنها در شرائط قابل قبول ویا تغییر آنها به شرائط قابل قبول اعمال شده تا زمینه حصول اقتصادی ترین راه صرف هزینه جهت بهره برداری و بهسازی از تجهیزات را ایجاد نماید.

در نگهداری و تعمیرات اضطراری یا Emergency Maintenance که به اختصار EM نامیده می‌شود، تعمیر شیر بعد از اولین خرابی به وجود آمده در شیر صورت می‌گیرد. درنگهداری و تعمیرات اصلاحی یا Corrective Maintenance که به اختصار CM نامیده می‌شود، بعد از بوجود آمدن علائمی از عیب که منجر به توقف شیر نشده برنامه ریزی خاصی صورت می‌گیرد تا در زمان مناسب شیر رفع عیب شده و به حالت اولیه خود باز گردد. نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه یا Preventive Maintenance نیز که به اختصار PM نامیده می‌شود، شامل نگهداری از شیر در پریودهای زمانی خاص و بر اساس زمانبندی مشخص صورت می‌باشد. برنامه منظم بازرسی از تمام شیرها ضروری است. دوام عملکرد صافی‌ها نیز باید بازدید و کنترل شوند. تعمیر آنها باید هم زمان با تعمیر شیر انجام گیرد. سر پوش و واشر فلنج‌ها و همچنین دیسك و نشیمن‌گاه شیرها در صورت سایش یا خرابی باید مورد بازدید قرار گیرند و هرجا لازم باشد تعویض گردند. قطعات یدکی نیز

نیازمند محافظت می‌باشند و معمولاً آنها را باید با مواد ضدخورندگی پوشش دهند. بهتر است که قطعات یدکی طوری بسته بندی و برچسب زده شوند که به‌راحتی در محل قابل تشخیص باشند. این قطعات باید شماره‌گذاری، کدبندی و بر چسب زده شوند تا آماده برای تعویض در مواقع لزوم شوند. شیرآلات باید در صندوق‌ها و یا پالت‌های چوبی بسته بندی شده و در داخل بسته بندی آن تمهیدات لازم جهت در تماس قرار نگرفتن شیر با هوا انجام شود. حمل شیرآلات باید توسط جرثقیل و یا لیفتراك بارگیری و تخلیه و یا نصب شده و به هیچ عنوان از سایر ماشین آلات سنگین مانند بیل مکانیکی و غیره جهت نصب و یا تخلیه استفاده نشود. شیرآلات باید در انبار سرپوشیده کاملا به دور از نور آفتاب تا مرحله نصب سریع توسط پی مانکاران نگهداری شوند تا حتی المقدور از آسیب دیدن شیرها قبل از نصب جلوگیری شود. در تمامی شیرآلات باز و بسته نمودن حداقل سه ماه یك بار برای جلوگیری از سفت و تمیز شدن رسوبات احتمالی ضروری است.درادامه نگهداشت شیرهائی که بیشترین احتمال خرابی را درصورت عدم نگهداشت صحیح ممکن است داشته باشند ارائه گردیده است.

نگهداشت شیر یکطرفه :

ردیف	عنوان فعالیت	شرح فعالیت	دوره تناوب
۱	بازدید از وضعیت ظاهری	وضعیت ظاهری تجهیز را از نظر خوردگی و پوشش رنگ و نشتی بازدید نمایید.	سه ماهه
۲	شیرهای دمونتاژ وضعیت داخلی آنها(عمومی) را بررسی نمائید.	با بازکردن قطعات شیر وضعیت داخل شیر بررسی و در صورت مشاهده مشکل گزارش شود.	یك ساله
۳	تجهیز را نظافت نمایید.	با استفاده از پارچه تمیز، سطح تجهیز به طور کامل نظافت نمایید.	سه ماهه
۴	شیررا رنگ آمیزی نمایید.	ابتدا سطح شیر گردگیری و سپس برس زنی و رنگ آمیزی شود.	یکساله

نگهداشت شیر سوزنی:

ردیف	عنوان فعالیت	شرح فعالیت	دوره تناوب
۱	مانور شیر(کنترل نشتی و اطمینان از روانکاری)	با باز و بسته کردن شیر از موارد زیر اطمینان حاصل نمایید: ۱- عملکرد شیر ۲- روان بودن شیر ۳- آب‌بند بودن شیر	سه ماهه
۲	بازدید از وضعیت ظاهری تجهیز	وضعیت ظاهری تجهیز را از نظر خوردگی و پوشش رنگ و نشتی بازدید نمایید.	سه ماهه
۳	سطح روغن و یا نشتی روغن تجهیز را بازدید نمایید.	در صورت مشاهده نشتی گزارش شود.	سه ماهه
۴	تجهیز را نظافت نمایید.	با استفاده از پارچه تمیز، سطح تجهیز به طور کامل نظافت نمایید.	سه ماهه
۵	شیر را رنگ آمیزی نمایید.	ابتدا سطح شیر گردگیری و سپس برس زنی و رنگ آمیزی شود.	یکساله
۶	تعویض روغن شیر	روغن شیر را تعویض نمایید.	دو ساله
۷	دمونتاژ کامل شیر		سالیانه

نگهداشت شیر فلکه کشویی:

ردیف	عنوان فعالیت	شرح فعالیت	دوره تناوب
۱	مانور شیر(نظافت شیر وآچارکشی مهره گلوئی)	با باز و بسته کردن شیر از موارد زیر اطمینان حاصل نمایید: ۱- عملکرد شیر ۲- روان بودن شیر ۳- آب‌بند بودن شیر	سه ماهه
۲	بازدید از وضعیت ظاهری تجهیز	وضعیت ظاهری تجهیز را از نظر خوردگی و پوشش رنگ و نشتی بازدید نمایید.	سه ماهه
۳	شیر را زنگ زدایی و رنگ آمیزی نمایید.	ابتدا سطح شیر گردگیری و سپس برس زنی و رنگ آمیزی شود.	یکساله
۴	شیر را نظافت نمایید.	با استفاده از پارچه تمیز، سطح تجهیز به طور کامل نظافت نمایید.	سه ماهه
۵	سرویس عمومی شیر آلات وانجام تعمیرات لازم		

تعمیر شیرها در شرایط عادی و اضطراری

به طور کلی دو روش اجرایی برای تعمیرشیرآلات درانبارهای نفت وجود دارد:

- تعمیر در محل نصب
- تعمیر درکارگاه تعمیرات(داخل یا بیرون انبار)

تعمیر در محل نصب که برای شیرهای جوشکاری شده به خط لوله و همچنین تجهیزات قابل تعمیرشیرهای بزرگ وحتی کوچک بدون بازکردن کل شیربه کار میرود

تعمیر در کارگاه تعمیرات دور از محل نصب که بدلیل جابجائی مکانی شیر، پرهزینه تر و زمان برتر از تعمیر در محل نصب می‌باشد.

تعمیر در محل نصب عمدتاً به تعمیر عایقبندی نشیمنگاه توسط دستگاه‌های سنگ‌زنی و سمباده‌زنی قابل حمل ختم می‌شود.

درصورتیکه عیب‌های گسترده مانند نشتی زیاد را نمی‌توان درمحل نصب رفع نمود. هرچند در صورت تشخیص به موقع نشتی قبل از گسترش عیب ،بصورت عدم جابجائی ولو یا اصطلاحا درجا، توسط دستگاه‌های ویژه آن را می‌توان تعمیر کرد.

در حالتی که ایراد وارده به شیر زیاد بوده و به تعمیر اساسی‌تری نیاز باشد ضمن حمل شیر به کارگاه تعمیرات، طی مراحل زیر رفع عیوب شیر صورت می‌پذیرد:

- باز کردن شیر و دمونتاژ کلیه قطعات شیر شامل بازکردن مطابق دستورالعمل سازنده
- شستشوی سطوح داخلی و خارجی شیربه منظور تمیز نمودن و روئیت تمام قسمت‌های شیر
- انجام تست‌های غیر مخرب مانند آزمایش مایع نافذ و رادیوگرافی
- بررسی حرکتی عملگرهای شیر مانند ساقه و دسته و توپی و ...که درهر شیر مکانیزم آنها متفاوت است.
- انجام عملیات ماشین‌کاری شامل سنگ‌زنی و صیقل‌کاری اجزای آب‌بندی جهت نقاطی که غیرعادی و یا غیراستاندارد به نظر می‌رسند.
- تعویض پکینگ‌ها و اورینگ‌های آسیب دیده و قطعات معیوب شیر.
- انجام آزمایش هیدرواستاتیك جهت اطمینان از عملکرد صحیح شیر بدون نشتی و ....

الزامات برنامه تعمیر شیر درانبارهای نفت درحالت اضطراری

به طور مشخص نیاز اصلی جهت تعمیرات اورژانسی شیر در خط، داشتن پرسنل مجرب و آموزش دیده است که بتوانند این کارها را ایمن و کارامد انجام دهند.

- داشتن اطلاع کافی اپراتور تعمیر و بازکننده شیر
- شناخت کامل مسیرهای فرآورده و امکان ایزولاسیون مخازن منتهی به شیر درحال تعمیر
- داشتن تیم تعمیر و نگهداری در محل برای واکنش سریع در موقعیتهای اورژانس
- داشتن برنامه منظم سرویس و نگهداری

آببندی شیر روی خط

از آنجایی که توقف ناخواسته و برنامه‌ریزی نشده خط باعث توقف جریان سیال و نرسیدن محصول به صنایع پایین دستی شده و خسارات مالی زیادی به بار می‌آورد، برخی شرکتهای تعمیراتی امکان ترمیم آببند شیر را زمانی که شیر کماکان داخل خط است فراهم نموده‌اند.گاهی اوقات نیز امکان برداشتن شیر از محل خود به دلایل ایمنی یا فرآیندی امکان پذیر نیست.

برخی از طرح‌های پیشرفته، عایق‌بندی شیرها و تعمیر اضطراری آنها را امکان‌پذیر کرده است که به موجب آن، اگر روش‌های معمول ناموفق شوند این تکنولوژی‌ها امکان اقدام نهایی آب‌بندی را میسر می‌سازند، البته باید توجه داشت که برای پیشگیری از بروز حادثه این کار نیازمند توجه و مراقبت ویژه هنگام اجراست.

مدل‌هایی ازشیرهای ورودی از بالا و از کف به تعمیرکار امکان دسترسی به سیترینگ را بدون برداشتن فیزیکی بدنه شیر از خط لوله می‌دهند. در هر دو حالت به علت خطر آزاد شدن فشار به دام افتاده باید قسمت تحت تعمیر خط لوله قبل از شروع کار کاملا ایزوله و کم فشار شود.

روانکاری شیرها

Valve Lubrication

برخی از شیرآلات بواسطه ساختار اختصاصی خود نیاز به سرویس نگهداری‌های دوره‌ای دارند قسمت عمده عملیات سرویس شیرآلات خصوصا شیرهای سماوری و دروازه‌ای با عضو مسدودکننده تخت، تزریق کلینر و یا مواد روانکاری و آب‌بندی می‌باشد. در برخی دیگر از شیرآلات باید درهنگام بروز نشتی تزریق مواد آب‌بندی انجام گردد شیرهای توپی از این گروه می‌باشد.

یکی از مراحلی که در تعمیر و نگهداری شیرها بایستی مورد توجه قرار گیرد روانکاری شیرها می‌باشد که اصولاً هدف از روانکاری شیرها عملکرد آسان آنها و جلوگیری از خوردگی و از بین رفتن شیرها می‌باشد. چرا که به دفعات اتفاق افتاده است که شیرها در اثر عدم روانکاری کارایی خود را از دست داده و فقط در حکم یك لوله رابط عمل می‌کند که این بسیار خطرناك خواهد بود. وقتی ما نیاز داریم که در مواقع اضطراری جریان را قطع کنیم و یا آن را برقرار سازیم مستلزم این خواهد بود که شیر به راحتی باز و بسته شود. چرا که شاید زمان کافی برای آن موجود نباشد که ما از لوازم جانبی برای باز کردن یا بستن شیر استفاده کنیم و بدلیل عدم روانکاری موجب بوجود آمدن حادثه‌ای ناگوار در

صنعت گردیم. هنگامی که شیری عملکرد مناسبی نداشته باشد (به سختی باز و بسته شود یا دارای نشتی از سیت باشد)، اولین راه حل، تمیزکاری داخل آن و تزریق مواد روانکار یا آب‌بندکننده به داخل آن است. گریس‌های کهنه و رسوبات سیال سرویس باعث جام شدن یا افزایش گشتاور مخصوصا در شیرهای توپی، شیرهای سماوری و شیرهای دروازه‌ای خطوط لوله می‌گردد که ممکن است بسیار خطرناک باشد. همچنین برنامه‌ای دوره‌ای برای روانکاری شیرها بایستی در نظر گرفته شود که می‌توان از آنها به بازدیدهای ایمنی ماهیانه که واحدهای عملیاتی مختلف انجام می‌دهد اشاره کرد که پس از بازدید ایمنی و اطمینان از عملکرد خوب یا نا مناسب شیر برای آن برنامه ای تنظیم خواهد شدکه روانکاری آن صورت گیرد ولی بطور مرتب لازم است که هر شیر بر اساس نظریات شرکت سازنده که در مورد روانکاری شیرها ارائه می‌کند مورد عمل قرار گیرد.

برخی از شیرآلات بواسطه ساختار اختصاصی خود نیاز به سرویس و نگهداری‌های دوره‌ای دارند. قسمت عمده عملیات سرویس شیرآلات خصوصا شیرهای سماوری و دروازه‌ای با عضو مسدود کننده تخت، تزریق کلینر (Cleaner) و یا مواد روانکاری و آب‌بندی می‌باشد.

در برخی دیگر از شیرآلات باید درهنگام بروز نشتی تزریق مواد آب‌بندی انجام گردد. شیرهای توپی از این گروه می‌باشد. اصلی ترین موضوع در انتخاب گریس،

روغن پایه آنها می‌باشد. تزریق گریس‌های پایه نفتی در شیرآلات صنعت نفت و گاز بیهوده و در پاره ای از موارد مضر می‌باشد.تزریق گریسهای پایه گیاهی بواسطه تاثیر پذیری بیش از حد در مقابل تغییرات دمایی، گزینه مناسبی برای سرویس نگهداری نمی باشد. معمولا این نوع گریسها موجب بالا رفتن گشتاور شیر شده حتی موجب جام شدن شیر می‌گردند.بهترین گزینه برای تزریق در شیرآلات، محصولاتی هستند که دارای پایه سنتتیک می‌باشند. این محصولات در مقابل تغییرات دمایی، خاصیت ثابتی داشته و در تمامی حالات مناسبترین فیلم گریس را بر روی عضو مسدود کننده جریان ایجاد می‌کنند. استفاده از این گزینه‌ها موجب افزایش طول عمر شیرآلات خواهند گردید.تعویض گیرباکس، رفع جام، کاهش گشتاور، تعویض گریس خور، تزریق روانکار و آب‌بند، زنگ زدایی و. . . از عملیات مربوط به تعمیر شیرآلات می‌باشد .خواص مطلوب یک گریس جهت روانکاری، علاوه بر تحقق این موضوع می‌تواند موارد زیر را نیز بهبود بخشد:

- خاصیت روانکاری و آب‌بندی مطلوب
- تشکیل فیلم مطلوب
- ویسکوزیته مناسب
- سهولت در نفوذ و پر کردن شیارها
- موثر درافزایش عمرمفید شیر
- کلوخه نشدن در مواجهه با سیال عبوری
- عدم یخ زدگی دردر دماهای پایین
- تحمل دمادرمحدوده‌های سرد تا گرم

فصل سوم

فلنج‌ها و گسکت‌ها
Flanges & Gasket

مهمترین استانداردهای مرتبط با این فصل عبارتند از:

- BS10 (British/Australian) Specification for flanges and bolting for pipes, valves, and fittings
- ASME B16.5 Standard Pipe Flanges up to and including 24 inches nominal
- ASME B16.47 Standard Pipe Flanges above 24 inches
- ASME Section II (Materials), Part A – Ferrous Material Specifications
- ASME B16.47 Standard Pipe Flanges
- PN/DIN (European) Dimensions, Sizes and Specification of DIN Flange & DIN Standard Flanges
- ASME/ANSI B16.20 - 1998 - Metallic Gaskets for Pipe Flanges-Ring-Joint, Spiral-Would, and Jacketed
- BS EN 1092 Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories,PN designated Part 1 Steel flanges Part 2 Cast iron flanges
- BS 4504 Flanges and bolting for pipes,valves, and fittings metric series (for copper alloy flanges only)
- ANSI B16.1 Cast Iron pipe flanges and flanged fittings.
- ANSI B16.5 Steel pipe flanges and flanged fittings.
- ANSI B16.24 Bronze flanges and flanged fittings.
- BS10 Flanges and bolting for pipes,valves and fittings

گسکت (درزگیر)

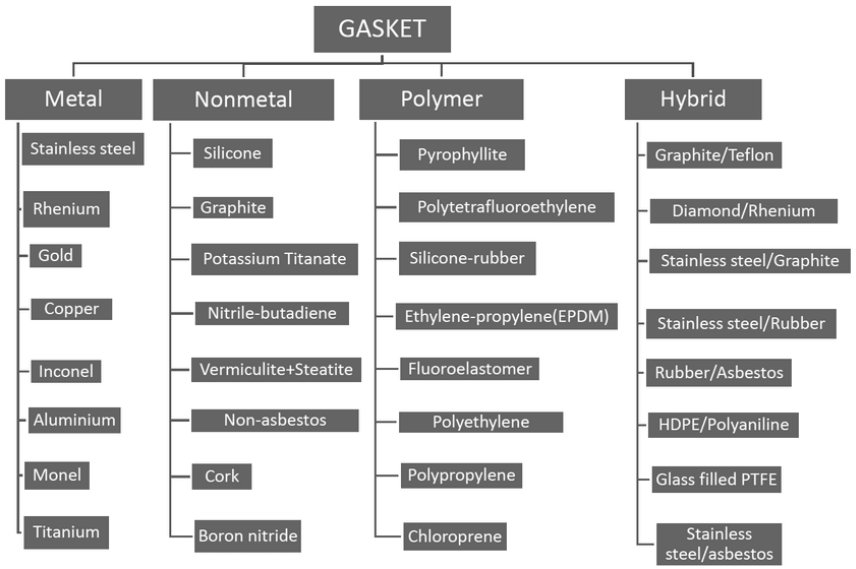
Gasket

گسکت(Gasket)ها،آببندهای مکانیکی هستند که به منظور ممانعت از نشتی فضای خالی بین محل اتصال سطوح تخت مانند فلنج‌های خطوط لوله و شیرآلات و سایر تجهیزات فلنج دار قرارگرفته و مانع از نشتی سیال درون تجهیزات و ظروف فرایندی به بیرون می‌گردند. گسکت‌ها بطور معمول بسته به محل کاربردشان از موادی چون مقوا ،لاستیک ،سیلیکون ،فلز ،کربن ،فایبرگلاس و یا پلیمرهای پلاستیکی وحتی آزبست نیزساخته می‌شوند.

انواع گسکت براساس جنس سازنده

گسکت‌ها بر اساس فلزی یا غیر فلزی بودن به چهار دسته زیر تقسیم می‌شوند.

- گسکت کاملا فلزی(Metallic Gasket)
- گسکت‌های هیبریدی(Hybrid Gasket)
- گسکت‌های غیر فلزی(Non Metallic Gasket)
- گسکت‌های پلیمری(Polymer Gasket)



همانطور که در نمودار قبلی درخصوص دسته‌بندی گسکت‌ها مشاهده می‌شود، هریک از این دسته‌ها خود از انواع فلزات، پلیمرها، مواد معدنی و ترکیبی از چندین ماده می‌توانند ساخته شوند که نوع جنس آنها، تعیین‌کننده کاربرد این گسکت‌ها خواهد بود.

دسته‌بندی گسکت‌ها براساس نوع جنس و مواد بکار رفته در ساخت آن به منظور تعیین کاربرد گسکت درمحدوده‌های دمائی مختلفی صورت پذیرفته است:

نوع گسکت	محدوده دمائی
Fiber,Cork,Rubber,Polymer	زیر۳۰۰ درجه فارنهایت
Fiber ,Rubber,Polymer	بین ۳۰۰تا۵۰۰ درجه فارنهایت
Polymer,Graphite,Steel	بین ۵۰۰تا۸۰۰ درجه فارنهایت
Graphite,Steel,Mica,Blended composites,vermiculite,stainless steel	بالای ۸۰۰ درجه فارنهایت

درادامه تعدادی از گسکت‌های با کاربرد تقریبا زیاد درانبارهای فراورده‌های نفتی که با ساختار فلزی و بعضا پلیمری می‌باشند به طور مختصر شرح داده خواهند شد.

گسکت نوع اسپیرال وُند

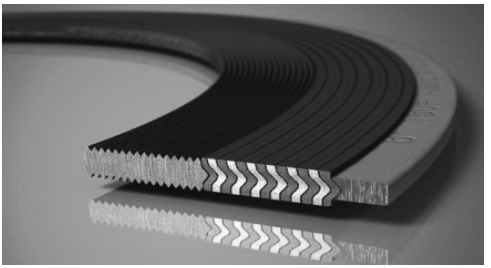
Spiral wound gasket

این نوع گسکت یکی از پرکاربردترین انواع گسکت‌ها بوده و قابلیت تحمل فشارها و دماهای بالا را دارد. به همین دلیل از این گسکت در سرویس‌های دائمی تاسیسات و فرایندها استفاده می‌شود. این نوع گسکت دارای یك لایه از جنس فولاد ضد زنگ و یك لایه پرکننده از جنس آزبست یا تفلون و یا گرافیت می‌باشد که با مقطع V شکل و بصورت فشرده دور هم پیچیده شده است. مقطع V شکل باعث می‌شود این گسکت‌ها فشار بیشتری تحمل کنند. این گسکت‌ها از ترکیب یك فلز شکل داده شده سیمی و مواد نرم پرکننده تشکیل گردیده اند. شکل این گسکت‌ها هنگامی که در بین دو فلنج فشرده می‌گردند تاثیر زیادی در آب‌بندی دارد. این نوع گسکت‌ها ممکن است دارای رینگ داخلی و یا رینگ خارجی باشند که رینگ داخلی میزان خوردگی فلنج را کاهش داده و از اجزای گسکت محافظت می‌کند و رینگ خارجی برای صحیح نصب کردن گسکت کاربرد دارد.

بنابراین گسکت‌های اسپیرال وند بر اساس داشتن یا نداشتن رینگ‌های داخل و خارج به انواع زیر تقسیم می‌شوند.

- گسکت اسپیرال وند بدون رینگ (Spiral wound Gasket Element only) برای اتصال فلنج‌هائی که جریان سیال از درون آنها عبور نمی نماید.
- گسکت اسپیرال وند با رینگ داخل (Spiral wound Gasket with inner ring) جهت اتصال فلنج‌هائی که جریان سیال از درون فلنج عبور می‌نماید.
- گسکت اسپیرال وند با رینگ خارج (Spiral wound Gasket with outer ring)

جهت اتصال فلنج‌هائی که جریان از محیط بیرونی فلنج عبور می‌نماید.
معمولاً جنس این رینگ‌های داخلی و یا خارجی فولادی بوده و ضخامت آنها حداکثر ۳٫۵ میلیمتر می‌باشد. تصویر زیر مقطع عرضی این نوع گسکت را نشان می‌دهد.



گسکت‌های اسپیرال وند دارای ویژگی‌هائی هستند که این گسکت‌ها را برای کاربردهای مورد نظر تخصصی نموده‌اند. ازمهمترین این ویژگی‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

گسکت‌های اسپیرال وند بدلیل استفاده از چندین حلقه متوالی نوار فلزی که توام با فیلر یا نوار میانی پیچیده می‌شود، قابلیت آب‌بندی بسیار خوبی دارند.

با انتخاب جنس مناسب برای نوار فلزی و نوار فیلر، گسکت اسپیرال وند، کلیه کاربردهای صنعتی تا فشار۲۰۰ بار و محدوده حرارتی از منفی ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد و انواع محیط های شیمیایی را پوشش می‌دهند.

بر حسب شرایط محیط نصب گسکت (دما، فشار و...) نوار فلزی از جنس فولادهای ضد زنگ (۳۲۱ -۳۱۶ -۳۰۴ Stainless Steel) مس، نیکل و یا تیتانیوم انتخاب و ساخته می‌شود. نوار فیلر نیز بر حسب نیاز از جنس گرافیت، تفلون، سرامیك و یا مواد نسوز انتخاب می‌گردد.

بدلیل قابلیت ارتجاعی مناسب، گسکت‌های اسپیرال وند در برابر ارتعاش، شوك حرارتی و شوك فشار بسیار مقاوم می‌باشند.

سهولت نصب یکی از ویژگی‌های بارز گسکت‌های اسپیرال می‌باشد. بدلیل عدم استفاده از هرگونه چسب یا ماده دارای خاصیت چسبندگی در هنگام مونتاژ این گسکت‌ها، تعویض و جایگزینی گسکت‌های اسپیرال بسیار آسان می‌باشد.
گسکت‌های اسپیرال وند هیچگونه اثر تخریبی بر روی سطوح فلنج ندارد.

گسکت رینگی

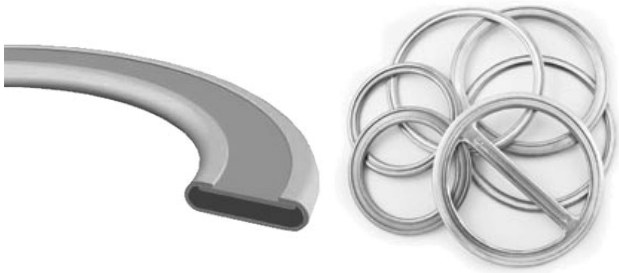
Ring Joint Gasket

این نوع گسکت‌ها دارای قابلیت تحمل فشاره و دماهای بالا بوده و جنس آنها با توجه به فرآیندمورد استفاده درآن معمولاً از استنلس استیل ۳۰۴ یا ۳۱۶ و یا آهن نرم (Soft Iron) می‌باشد. سطح مقطع این نوع گسکت بصورت بادامکی (Oval) و یا ۸ ضلعی (Octagonal) می‌باشد. این گسکت‌ها در محیط هایی که عامل خورندگی وجود دارد بواسطه شکل هندسی آنها کاربرد مطلوبی دارند. درکاربرد این گسکت‌ها، می‌بایست سختی جنس آنها از سختی فلنج‌های مورد استفاده جهت اب بندی آنها کمتر باشد تا آب‌بندی به نحو مناسب صورت پذیرد. جدول زیر گستره جنس و علائم اختصاری تخصیصی به نوع جنس بکاررفته در ساخت این نوع گسکت را نشان می‌دهد.

Material	سختی برینل	علامت اختصاری	جنس رینگ
Soft Iron	۹۰	D	آهن نرم
Low Carbon Steel	۱۲۰	S	فولاد کم کربن
Chrome ۴-۶ Mo ۰٫۵	۱۳۰	F۵	آلیاژ کروم مولیبدن
S.S۳۰۴	۱۶۰	S۳۰۴	استیل ضد زنگ ۳۰۴
S.S ۳۱۶	۱۶۰	S۳۱۶	استیل ضد زنگ ۳۱۶

گسکت متال جکت

Metal Jacket Gasket



این نوع گسکت از جنس آزبست، تفلون و یا گرافیت ساخته گردیده است و زیر و روی آن نیزبا صفحه فلزی پوشیده می‌شود. ضخامت این نوع گسکت برای تمام اندازه‌ها و کلاس‌ها برابر ۴٫۵ mm می‌باشد وقطر خارجی آن در یك اندازه مشخص برای تمام کلاس‌ها یکسان است. این گسکت‌ها را به همراه تقسیم‌کننده‌های یك تکه یا جوشی نیز می‌توان تولید نمود. مقطع پوشش این گسکت نیز می‌تواند مسطح یا موج دار باشد. این نوع گسکت در فلنج‌های با سطح برجسته و فلنج‌های زبانه و شیاردار و مبدل‌های حرارتی استفاده می‌شود.

گسکت لاستیکی

Rubber Gasket

گسکت‌های لاستیکی در لوله کشی‌های مخازن و پروژه‌های مربوط به آب کاربرد دارند. نوع مسطح این گسکت‌ها از ورق‌های لاستیکی با ضخامت‌های مختلف لاستیکی بریده و ساخته می‌شود. مدل تقویت شده با رینگ فلزی این گسکت‌ها، برای فشارهای بالا مناسب می‌باشد. در نوع تقویت‌شده می‌توان با جایگزین نمودن بخش لاستیکی از رینگ فلزی بدفعات استفاده نمود. در جدول زیر ویژگی‌های انواع گسکت‌های لاستیکی با جنس مختلف را جهت کارکرد آن در دماها و فشارهای مختلف می‌توان مشاهده نمود:

علامت اختصاری	جنس	سختی	محدوده دمایی	ویژگی‌ها
NR	Natural Rubber	۶۵	۷۰ تا ۱۲۰ درجه سانتیگراد	انعطاف و جهندگی بالا – مانایی فشار عالی، مقاومت سایش خوب، مقاومت شمیایی متوسط
CR	Neoprene	۷۰		مقاومت ازن عالی
			۴۰ تا ۱۲۱ درجه سانتیگراد	،مقاومت خوب در برابر مواد نفتی و هیدروکربن‌ها، مقاومت شیمیایی مناسب

NBR	Nitrile	۸۰	۵۹ تا ۱۲۱ درجه سانتیگراد	مقاومت عالی در برابر مواد نفتی (نفت، بنزین، گازوئیل و رو غن‌ها)
IIR	Butyl	۸۰	۵۹ تا ۱۲۱ درجه سانتیگراد	مقاومت عالی در برابر عبور گازها ،مقاومت ازن خوب، مقاومت شیمیایی عالی خصوصاً در برابر مواد قطبی ،اسید-ها و بازها
EPDM	Ethylene Propylendiene	۷۵	۲۰ تا ۲۰۵ درجه سانتیگراد	مقاومت در برابر ازن عالی ،مقاومت اسیدی خوب، مقاومت قلیایی بسیار خوب
SBR	Styrene Butadiene	۸۰	۵۷ تا ۱۵۰ درجه سانتیگراد	مقاومت سایشی بسیار خوب
FKM	Viton	۸۰	۴۰ تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد	مقاومت حرارتی و شیمیایی بسیار بالا ،مقاومت اکسید و ازن بالا
SI	Silicon	۷۰	۵۵ تا ۲۱۰ درجه سانتیگراد	مقاومت حرارتی و شیمیایی بالا
CSM	Hypalon	۷۰ - ۵۰	۴۰ تا ۱۴۰ درجه سانتیگراد	مقاومت جوی عالی، مقاومت شیمیایی بسیار عالی ،مقاوم در برابر مواد نفتی، عایق الکتریکی بسیار خوب

انتخاب گسکت مناسب

انتخاب گسکت مناسب جهت کاربردهای ویژه از اهمیت خاصی برخوردار است. درنظر گرفتن شرایط خورندگی و محیط شیمیائی یا خنثی و همچنین دما و فشار فرآیند و ... ازجمله مواردی هستند که می‌بایست در انتخاب و بکارگیری گسکت‌ها درنظر داشت.

مهمترین پارامترهای موثر در انتخاب یك گسکت عبارتند از:

- مقدار دمایی که گسکت باید در آن دما کار کند.
- نوع سیالی که قرار است از داخل خط عبور نماید.
- مقدار فشاری که گسکت باید در آن فشار کار کند.
- نوع فلنج و تعداد پیچ‌هایی که قرار است فلنج‌ها را به هم متصل سازد.
- تعداد دفعات استفاده از گسکت

دلایل خراب شدن گسکت

در یك اتصال فلنجی، کلیه اجزاء باید بصورت کاملاً صحیح قطعه آب‌بند را در بر بگیرند. در بیشتر موارد بروز نشتی، عدم بکارگیری صحیح همین نکته می‌باشد. از مهمترین مواردی که موجب خراب شدن گسکت می‌شود می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

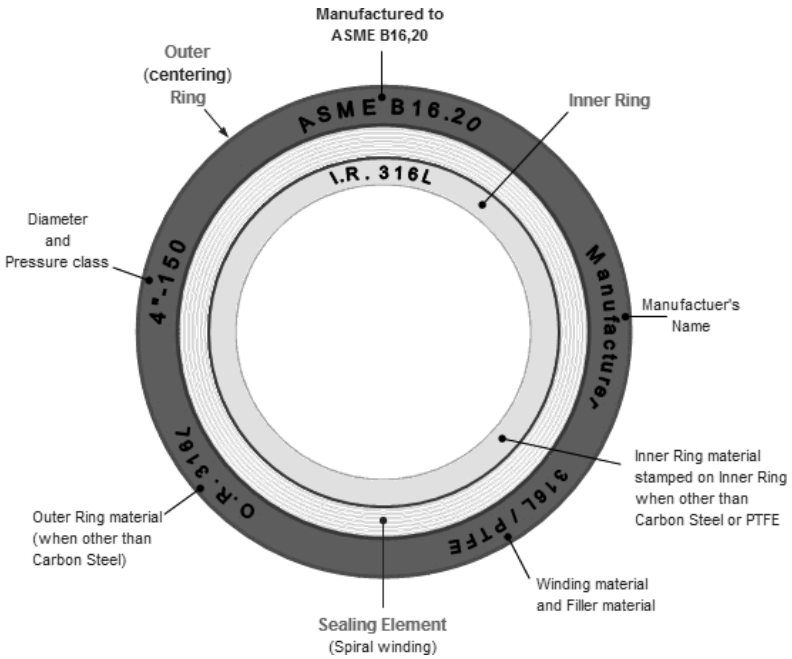
- تاثیر شیمیائی مواد روی گسکت
- دما و فشار نامتعارف برای گسکت بکار رفته
- وجود ارتعاشات در سیستم
- وجود ضربه قوچی در سیستم
- قرارگیری نامناسب گسکت
- در مسیر گرمایش قرار گرفتن
- خزش گسکت (تغییر شکل تدریجی و کند آن تحت تاثیر نیروی ثابت با تنش مداوم
- فشار غیر یکنواخت از طرف فلنج‌های نگهدارنده گسکت
- پائین بودن قدرت تحمل گسکت
- پائین بودن قدرت استحکام پیچ‌ها

در جدول نیز زیر پاره‌ای از مهمترین علل خرابی گسکت‌ها و راه‌حل‌های پیشنهادی درخصوص رفع نشتی مشاهده شده ارائه گردیده است:

راه حل پیشنهادی	علت بروز نشتی	علائم مشاهده شده بر روی گسکت
جنسی که مقاومت بهتری در برابر عوامل خورنده داشته باشد انتخاب نمایید	جنس گسکت متناسب با شرایط کاری آن نیست	گسکت دچار خوردگی شدید شده است
جنسی که دارای تحمل بیشتری (چگالی بالاتر) باشد جایگزین نمایید.	گسکت متناسب با فشار کاری سیستم انتخاب نگردیده است.	گسکت اکسترود شده است
جنسی که دارای تحمل فشار بیشتری باشد جایگزین نمایید. از رینگ های تقویت کننده استفاده نمایید .یا شرایط فلنج را بررسی کنید	گسکت متناسب با فشار کاری سیستم انتخاب نگردیده است.	گسکت مچاله شده است
ابعاد گسکت را بررسی نمایید .گسکت باید کاملاً دقیق در محل سطح برجسته فلنج قرار گیرد تا کاملا سطوح بین دو اتصال را آب-بندی نماید	نصب نادرست گسکت در سطح برجسته فلنج	گسکت به دلیل درست قرار نگرفتن بر روی سطح برجسته فلنج دچار آسیب شده است
از مواد نرم تر یا ضخامت کمتر استفاده نمایید. سطح گسکت را کاهش دهید تا فشار سفت کردن پیچ ها کمتر شود.	انتخاب نا صحیح جنس گسکت با توجه به نوع فلنج	علائم فشردگی بر روی گسکت مشاهده نمی گردد
ابعاد گسکت را طوری تغییر دهید تا گسکت در فاصله کمی از پیچ ها قرار گیرد. فلنج را تقویت نموده و یا سطح گسکت را کاهش دهید.	نمایانگر چرخش یا خمیدگی فلنج می باشد.	ضخامت گسکت در محیط خارجی بیش از ضخامت آن در محیط داخلی است
از روش ستاره ای برای محکم کردن پیچ ها استفاده نمایید.	روش سفت کردن پیچ ها صحیح نمی باشد.	گسکت در جهت محیطی به صورت یکسان فشرده نشده است
فلنج را تقویت نمایید یا تعداد پیچ ها را افزایش دهید تا فشار پیچ ها بهتر توزیع گردد. در صورت تاب خوردن فلنج آن را تعویض یا ماشین کاری نمایید.	نمایانگر تابیدگی فلنج است.	ضخامت گسکت در جهت محیطی به صورت تناوبی متغیر می باشد

روش شناسائی نوع و مشخصات گسکت

جهت شناسائی و انتخاب دقیق و سریع گسکت‌ها،روش اجرائی زیر جهت تولید کنندگان انواع گسکت و یکنواختی در روش شناسائی گسکت‌ها تدوین شده است. در این روش نامگذاری و درج مشخصات گسکت، جنس تمامی قطعات و ضخامت‌ها و اندازه‌ها و هرگونه اطلاعات لازم به شناسائی درجهت انتخاب صحیح گسکت به شرحی که در تصویر زیر دیده می‌شود درنظر گرفته شده است.



نمونه فوق، گسکتی است که طبق استاندارد ASME B۱۶,۲۰ ساخته شده است. رینگ داخلی از جنس استنلس استیل ۳۱۶ و رینگ خارجی آن ازجنس استنلس استیل۳۱۶ بوده و جنس مواد قابل فشردن آن(Winding) استنلس استیل ۳۱۶L توام با پلی تترا فلوئورو اتیلن می‌باشد.دراین نامگذاری، قطر ۴ اینچ با کلاس فشار ۱۵۰ نیز ارائه شده است.

فلنج

Flange

فلنج‌ها (flange) ابزار و حلقه‌هایی هستند که به صورت مدور بوده و دارای سوراخ‌هایی در محیط خودبوده و برای اتصال تجهیزات فرآیندی مورد استفاده واقع می‌شوند.کاربرد اصلی فلنج‌ها متصل نمودن لوله‌ها به یکدیگر، مسدود نمودن لوله‌ها و دریچه‌های تجهیزات ویا اتصال لوله‌ها و شیرها و زانوها و سه راهی‌ها و... به قطعات دیگر است.فلنج‌ها در اتصالات مخازن بکار رفته وامکان جدا کردن قطعات از یکدیگر به منظور تعمیر ،تعویض وتغییرات در سیستم را می‌دهند.همچنین فلنج‌ها باعث تسهیل در عملیات مونتاژِ مجموعه می‌گردند. فلنج از لحاظ کاربرد به دسته‌های مختلف سطح ساده، سطح برجسته، حلقه مشترک، نرو ماده، صفحه شیاردار و.... تقسیم می‌شود.

فلنج‌های استاندارد با توجه به اندازه آنها ومحدوده تحمل فشارشان انتخاب می‌شوند.در مواقعی که نیاز به طراحی فلنجهای خاص باشد باید انواع نیروی ایجاد شده روی فلنج محاسبه گرددوبا توجه به این نیروها و تنش‌های محاسبه شده در مکان‌های مختلف نسبت به انتخاب و نصب آنها اقدام نمود.

تقسیم بندی انواع فلنج براساس کاربرد

فلنج‌ها برحسب نوع کاربرد وکارائی خود در فرایند به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند که پرکاربردترین آنها در زیر آورده شده است.

فلنج گردندار جوشی

Weld Neck Flange

فلنج گردن‌دار در انتها دارای گردن بوده و مشخصات آن در قسمت انتهای گردن با مشخصات لوله به آن جوش می‌شود یکسان است (از لحاظ قطر و ضخامت). این نوع فلنج دارای یك قسمت مخروطی (Tapered Hub) می‌باشد که ضخامت آن رفته رفته تا محل جوش لب به لب (Butt weld) با لوله کم می‌شود و این قسمت مخروطی باعث تقویت فلنج شده و در موقع عملیات نظیر تنش‌زدایی و امتحان جوش با اشعه ایکس و یا گاما صفحه فلنج را از قسمت گرم شده دور نگه می‌دارد. فلنج گردندار برای فشارهای بالا و دماهای زیر صفر و یا بسیار زیاد کاربرد دارد و برای تمام سرویس‌ها تا کلاس ۲۵۰۰ قابل استفاده است و بطور کلی نصب این نوع فلنج دارای کم ترین هزینه است و برای مکان‌هایی که تنش ضربه‌ای، ارتعاشی و برشی زیاد است توصیه شده است.

فلنج مسدودکننده

Blind Flange

فلنج مسدودکننده یک صفحه گرد بسته است که در پایان مسیر لوله‌کشی و مسیرهای دارای فشار به کار می‌رود. این نوع فلنج و همچنین پیچ‌های آن عموما فشار بیشتری نسبت به دیگر فلنج‌ها تحمل می‌کند که ماکزیمم این فشار در مرکز آن قرار دارد. کلاس فلنج معیاری جهت حد تشخیص این موضوع است

که فلنج تا چه فشاری را می‌تواند تحمل کند. در برخی موارد نیز جهت انسداد مسیر از نوعی فلنج استفاده می‌شود که منفذ عبور جریانی ندارد. به این نوع فلنج‌ها بلایندفلنج (Blind) گفته می‌شود. از این نوع فلنج‌ها برای مسدود کردن انتهای سیستم‌های لوله کشی، شیرها و منفذهای ظروف تحت فشار استفاده می‌گردد. این نوع از فلنج‌ها از نظر فشار داخلی و بار وارده برروی پیچ‌ها مخصوصاً در اندازه‌های بزرگ تر نسبت به تمام فلنج‌های دیگر تحت فشار بیشتری قرار می‌گیرند. در محل‌هایی که درجه حرارت فاکتور مهمی است و یا مسئله ضربه قوچی(Water Hammer) وجود دارد بجای فلنج مسدود کننده از ترکیب فلنج گردندار جوشی و درپوش استفاده می‌گردد.

فلنج سوکت

Socket Weld Flange

این نوع فلنج محفظه‌ای دارد که لوله درون آن قرار می‌گیرد. اگر این فلنج از داخل هم جوشکاری شود، مقاومت در برابر خستگی آن یک و نیم برابر و مقاومت استاتیکی آن برابر فلنج نوع Slip on خواهد شد.اتصال این نوع فلنج به لوله از نوع محفظه ای (Socket Weld) بوده و عموماً تا قطر۲ اینچ ساخته می‌شود. از این فلنج برای سیستم لوله کشی با فشار بالا و قطر کم استفاده می‌شود. هزینه اولیه آن از فلنج روکار بیشتر است و اگر در این نوع فلنج از داخل نیز جوشکاری انجام پذیرد مقاومت استاتیکی آن در مقابل خستگی ۵۰٪ بیشتر از فلنج روکار است. این نوع فلنجها بصورت تبدیل نیز موجود بوده بطوری که محل اتصال آن به لوله کمتر از اندازه اسمی فلنج است.

فلنج رزوه ای

Screw Flange

درون این فلنج‌ها رزوه کار شده است و لوله می‌تواند درون آن پیچ شود. از مزایای این فلنج‌ها عدم احتیاج آنها به جوشکاری است. البته در صورت لزوم و فشارهای بالا می‌توان از جوش نیز در آنها استفاده کرد. کارآیی این فلنج‌ها در فشارهای بالا است.

فلنج ته بلند

Stub End

یک پایه همیشه با یک فلنج مشترک لبه، به عنوان یک فلنج پشتی استفاده می‌شود. این اتصالات فلنج در کاربردهای کم فشار و غیر بحرانی کاربرد دارد و یک روش ارزان قیمت است.به عنوان مثال، در یک سیستم لوله فولادی ضد زنگ می‌توان یک فلنج فولادی کربنی را اعمال کرد، زیرا در تماس با محصول درون لوله قرار نمی گیرد.فلنج‌های Stub Endsتقریبا در قطر همه لوله‌ها در دسترس هستندوابعاد و تحمل ابعادی آنها در استاندارد ASME B.۱۶،۹ تعریف شده است.

فلنج اسلیپون

Slip-On Flange

این نوع فلنج در سرویس‌های معمولی مورد استفاده قرار می‌گیرد ومقاومت کمتری نسبت به شوك و ارتعاش دارد.فلنج روکار برای تمام فشارها موجود است و تحت استاندارد ASME استفاده از آن برای کلاس‌های ۳۰۰و ۱۵۰ مجاز است و عموماً برای جایی مناسب است که محل لازم برای فلنج گردندار موجود نیست. قطردرونی فلنج Slip-On به اندازه کافی بزرگتر از قطر بیرونی لوله مربوطه درنظر گرفته می‌شود تا با داخل رفتن کامل لوله به درون فلنج قبل از جوش دادن، نصب نهائی پس ازجوش دارای اطمینان در جلوگیری از نشتی برای فرآیندهای فشار پایین باشد.بنابراین قبل از جوشکاری می‌بایست لوله کاملا به درون فلنج وارد شده و هر دو در داخل و خارج جوش داده شوند تا علاوه برقدرت کافی، جلوگیری از نشت را فراهم آورند.یادآوری می‌گرددراین فلنج‌ها برای سیستم‌های کم فشار مناسب هستند.

فلنج لبه روی هم

Lap Joint flange

فلنج لبه روی هم(Lap Joint flange) دارای دو قطعه با ابعاد بیرونی یکی برابر ابعاد درونی دیگری است . این نوع فلنج جهت سرویس کم فشار استفاده می‌شود مزایای این فلنج عبارتند از: آزادی چرخش در گرد لوله موجب تطبیق سوراخ‌های پیچ و مهره مقابل هم می‌شود.عدم تماس با مایع در لوله اغلب اجازه استفاده از فلنج‌های فولادی ارزان قیمت را با لوله مقاوم در برابر خوردگی می‌دهد. در سیستم‌هایی که به سرعت فرسایش یا خورده می‌شوند، می‌توان این فلنج‌ها را برای استفاده مجدد نجات داد.

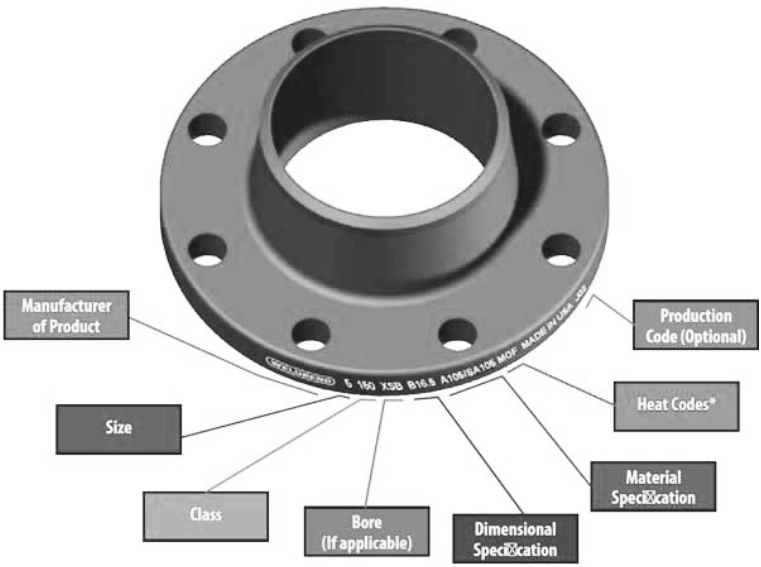
فلنج اریفیس

Orifice Flange

فلنج اریفیس برای اندازه‌گیری جریان سیال مایع یا گاز جهت نصب صفحه سوراخدار یا اریفیس(Orifice) اندازه‌گیری بکار می‌رود.این فلنج در واقع همان فلنج گردندار و در راستای شعاع دارای سوراخ است. این سوراخ‌ها به منظور نصب مسیرهای اندازه‌گیری جریان سیال مایع یا گاز استفاده می‌شوند.

نحوه درج اطلاعات فنی روی فلنج

جهت شناسائی و انتخاب فلنج ،مطابق شکل زیر اطلاعات مربوط به مشخصات و کاربرد فلنج درج می‌گردد.



این اطلاعات شامل:

- نام تجاری تولید کننده فلنج
- سایز اسمی لوله(قطر خارجی لوله که فلنج به آن جوش داده خواهد شد)
- مقدار فشار قابل تحمل توسط فلنج (به آن کلاس فلنج هم گفته می‌شود)
- شکل سطح فلنج(شکل سطح فلنج مهمترین قسمت تشکیل‌دهنده یک فلنج می‌باشد)
- سوراخها(گاهی به‌عنوان ضخامت دیواره نیز بیان می‌گردد)
- مواد تشکیل دهنده فلنج (مطابق استاندارد ASTM این عدد بیان کننده مشخصات مواد خام مورد استفاده برای تهیه فلنج می‌باشد).
- شماره یا کد مربوط به عملیات حرارتی صورت گرفته بر روی فلنج
- کد تولید

کلاس فلنج‌ها

فلنج‌ها بسته به نوع جنس متناسب با فشاری که تحمل می‌کنند به کلاس‌های مختلف به شرح ذیل تقسیم می‌گردند:

مطابق استاندارد ASA ،فلنجهای فولادی وآلیاژهای آن به کلاسهای ۱۵۰-۳۰۰-۴۰۰-۶۰۰-۹۰۰-۱۵۰۰-۲۵۰۰-۲۹۰۰ تقسیم‌بندی می‌شوند که این اعداد ماکزیمم فشار کاری فلنج را مطابق جدول زیر بر حسب PSI نشان می‌دهند.

CLASS ASA	ماکزیمم فشارکاری از دمای منفی ۲۰ تا مثبت ۱۰۰فارنهایت	تست فشار از دمای منفی ۲۰ تا مثبت ۱۰۰فارنهایت
۱۵۰	۲۷۵	۴۲۵
۳۰۰	۷۲۰	۱۱۰۰
۴۰۰	۹۶۰	۱۴۵۰
۶۰۰	۱۴۴۰	۲۱۷۵
۹۰۰	۲۱۶۰	۳۲۵۰
۱۵۰۰	۳۶۰۰	۵۴۰۰
۲۵۰۰	۶۰۰۰	۹۰۰۰
۲۹۰۰	۱۰۰۰۰	۱۵۰۰۰

مطابق استاندارد ISO فشار تحمل فلنج‌های فولادی وآلیاژهای آن با PN نشان داده شده که این نشان‌دهنده فشار اسمی بر حسب BAR می‌باشد. به‌عنوان مثال PN۳۰ یعنی فشار کارکرد فلنج ۳۰ بار می‌باشد.

در رده‌بندی فشار براساس استاندارد API فلنج‌ها دارای تحمل فشار بیشتری

نسبت به فلنج‌های گروه ASA بوده و به کلاس‌های ۵۰۰۰-۳۰۰۰-۲۰۰۰-۱۵۰۰۰-۱۰۰۰۰ رده‌بندی می‌گردند.

دما برحسب درجه فارنهایت	ماکزیمم فشار کاری برحسب PSI				
	API۲۰۰۰	API۳۰۰۰	API۵۰۰۰	API۱۰۰۰۰	API۱۵۰۰۰
۱۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۵۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۵۰۰۰
۱۵۰	۱۹۶۴	۲۹۴۶	۴۹۱۰	۹۸۲۰	۱۴۷۳۰
۲۰۰	۱۹۲۸	۲۸۹۲	۴۸۲۰	۹۴۶۰	۱۴۴۶۰
۲۵۰	۱۸۹۲	۲۸۳۸	۴۷۳۰	۹۲۸۰	۱۴۱۹۰
۳۰۰	۱۸۵۶	۲۷۸۴	۴۶۴۰	۹۱۹۹	۱۳۹۲۰
۳۵۰	۱۸۲۰	۲۷۳۰	۴۵۵۰	۸۹۲۹	۱۳۶۵۰
۴۰۰	۱۷۸۴	۲۶۷۶	۴۴۶۰	۸۴۷۰	۱۳۳۸۰
۴۵۰	۱۷۴۸	۲۶۲۲	۴۳۷۰	۸۵۶۰	۱۳۱۱۰

فصل چهارم

بوسترپمپ‌های آتش‌نشانی
Fire Fighting Pumps

مهمترین استانداردهای مرتبط با این فصل عبارتند از:

- NFPA 20 : Standard for Installation of Stationary Pumps for Fire Protection
- NFPA 110 : Standard for Emergency and Standby Power Systems
- NFPA 70: National Electrical Code
- NEMA MG 1 –safety, testing, and construction and manufacture of ac and dc motors and generators

اصول و استانداردهای پمپ‌های آتش‌نشانی

مطابق تعریفی که استاندارد NFPA۲۰ از پمپ‌های آتش‌نشانی ارائه نموده است، یک پمپ آتش‌نشانی عبارتست از قسمتی از یک سیستم تامین آب اطفاء حریق سیستم اسپرینکلرکه توسط نیروی برق یا دیزل و یا توربین بخار سرویس دهی می‌نماید.این پمپ به لوله کشی(piping) توزیع آب درزیر زمین و به یک منبع آب تامینی مانند تانک، مخزن، استخر و یا دریا و...متصل بوده و آب تامینی را در فشاری بالاتر برای سیستم اسپرینکلر و هوزهای آتش‌نشانی تامین می‌نماید.

بطور کلی شاید پمپ‌های آتش‌نشانی را بتوان حساس‌ترین و مهمترین تجهیز نصب شده در یك انبار نگهداشت و توزیع فرآورده‌های نفتی درنظر گرفت. در موردی که فشار تغذیه آب عمومی برای فعال کردن اسپرینکلرها خیلی کم است یا انشعاب آب عمومی تامین نشده است، استفاده از پمپ‌های آتش‌نشانی ضروری می‌شود. در مورد نخست، برای تقویت فشار آب عمومی و فعال کردن اسپرینکلرها، یك پمپ آتش‌نشانی تقویت کننده نصب می‌شود. در مورد بعدی، پمپ‌های آتش‌نشانی به یك مخزن آب اختصاصی متصل خواهد شد تا فشار آب مورد نیاز برای مصارف آتش‌نشانی را تامین کند.

محدوده ظرفیت پمپ‌های آتش‌نشانی بسته به وسعت سیستم اطفاء حریق، ازgpm ۲۵ تابیشتر از gpm ۵۰۰۰ و محدوده فشار آنها از psi ۵۰ تابیشتر از psi ۱۲۵ متغیر است.بعضی از آنها از نوع توربینی با محور عمودی هستند در حالیکه اکثرا، پمپ‌های گریز از مرکز هستند. استاندارد NFPA۲۰ با نام پمپ‌های ایستگاهی برای محافظت در برابر آتش (ویرایش ۱۹۹۹) در حکم مرجعی معتبر، آخرین الزامات و سایر اطلاعات را درباره پمپ‌های آتش‌نشانی ارائه می‌دهد. استاندارد NFPA قابل احترام ترین و سختگیرانه‌ترین استاندارد جهان در این زمینه می‌باشد.

در پمپ‌های آتش‌نشانی، تأییدیه FM جزو الزامات و نیازمندی‌های NFPA می‌باشد. FM ،واحد فنی مستقل شرکت Factory Mutual Insurance است که تأییدیه عملکرد برای سیستم‌ها و تجهیزات با ریسک بالا را صادر می‌کند. معمولاً وجود تأییدیه FM نشان‌دهنده آن است که محصول نسبت به محصولات

مشابه از کیفیت خیلی بالاتری برخوردار است. به خاطر اهمیت ویژه پمپ‌های آتش‌نشانی، NFPA استانداردهایی هم برای مواد سازنده پمپ و هم برای منحنی‌های عملکرد این پمپ‌ها وضع کرده است. لذا یک پمپ آتش‌نشانی مطابق با استاندارد NFPA ۲۰ کلیه الزامات و موارد لازم برای یك پمپ آتش‌نشانی را شامل بوده و تجهیز انبارهای نفت به چنین پمپ‌هائی مطابق برنامه‌های ایمنی تدوین شده در این خصوص می‌باشد. منحنی عملکرد پمپ‌های آتش‌نشانی با نگاهی متفاوت از سایر پمپ‌ها بررسی می‌گردند. به عبارت دیگر پمپ‌های دیگر صنایع با توجه به ماکزیمم بازده و مسائل اقتصادی انتخاب می‌شوند اما در پمپ‌های آتش‌نشانی این موضوع از اهمیت اول برخوردار نیست. پمپ‌های آتش‌نشانی برای عملکرد مطمئن در تمام عمر خود طراحی می‌شوند.

ایمنی حداکثر و تامین فشار خروجی لازم در تمام مدت سرویس‌دهی، مهمترین شروط طراحی و استفاده از این پمپ‌ها برای منظور اطفاء حریق است.

بوسترپمپ آتش‌نشانی

منظور از بوستر پمپ آتش‌نشانی، دستگاهی است متشکل از دو یا چند پمپ که به صورت موازی به یکدیگر متصل شده باشند تا بتواند دبی و هد مورد نیاز یک سیستم اطفاء حریق را با کمترین انرژی و بالاترین راندمان تامین نمایند. مطابق استاندارد NFPA ۲۰ یک پمپ آتش‌نشانی بایستی:

- فشاری معادل ۱۴۰-۱۲۰ درصد نامی خود را درهنگام خروجی بسته و جریان صفر ایجاد نماید.
- جریان معادل ۱۰۰ درصد جریان نامی خود را ایجاد نماید.
- نرخ جریانی معادل ۱۵۰ درصد نرخ جریان نامی در فشاری معادل ۶۵ درصد فشار نامی مهیا نماید.

دریک سیستم آتش‌نشانی، دو وظیفه مهم برای بوستر پمپ تعریف می‌گردد:

- ثابت نگه داشتن فشار لازم برای تامین آب شبکه مصرف آب آتش‌نشانی
- قابلیت پاسخ دهی به به تغییرات مصرف بواسطه تغییر وضعیت حریق

یک بوستر پمپ آتشنشانی باید به اندازه ای انتخاب شود که بتواند بیشترین جریان و فشارآب مورد نظر از هر اسپرینکلر یا یک سیستم سیلابی بعلاوه آب خروجی یک شیلینگ آتشنشانی برای نیازهای اطفاء حریق، را تامین کند.

یک بوستر پمپ آتش‌نشانی شامل تجهیزاتی چون دیزل پمپ‌ها، الکتروپمپ‌ها، جاکی پمپ و اتصالات، کوپلینگ‌ها، شیر آلات، تابلوی کنترل و فرمان دور ثابت و متغیر، شاسی و... می‌باشد. بوستر پمپ‌های آتش‌نشانی می‌تواند بدون جاکی پمپ و یا با جاکی پمپ ساخته شوند.

وظیفه جاکی پمپ در بوستر پمپ آتش‌نشانی ثابت نگاه داشتن فشار شبکه آتش‌نشانی در طول زمان عدم استفاده از بوستر پمپ برای جبران افت فشار ناشی از نشتی آب از شیرآلات و اتصالات شبکه آتش‌نشانی است.

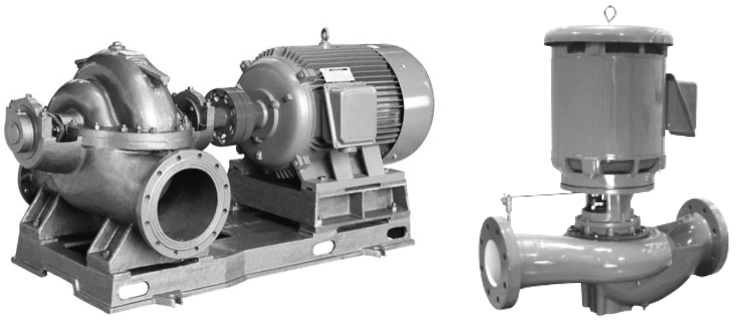
مطابق استاندارد NFPA ۲۰ یک بوستر پمپ آتش‌نشانی باید مجهز به دو پمپ اصلی باشد بطوریکه هر یك از آنها قادر به تأمین حداکثر مقدار آب آتش‌نشانی مورد نیاز در فشار مورد نظر باشند. به عبارتی هر بوستر پمپ آتش‌نشانی دارای یك پمپ اصلی و یك پمپ رزرو مطابق با مشخصات پمپ اصلی توام با یک جاکی پمپ است.

مهمترین اجزای یک بوستر پمپ آتش‌نشانی

پمپ‌های اصلی

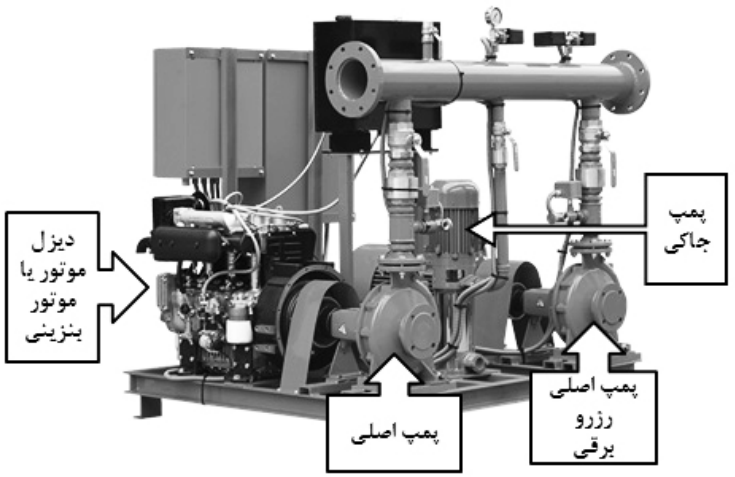
Main Pump

پمپ‌های اصلی پمپ‌هایی هستند که وظیفه تامین هد ودبی کل سیستم آبرسانی یا آتش‌نشانی را درزمان اضطرار و حادث شدن حریق بر عهده دارند. اساس کار پمپ‌های اصلی، افزایش فشار آب دراثر نیروی گریز از مرکز اعمال شده از سوی پره‌های این پمپ سانتریفوژ به آب است. با درنظر گرفتن ثبات فشار لازم برای آب تامینی، مهمترین انواع این پمپ‌ها بر اساس سایز نمودن و انتخاب بهینه جهت کاهش مصرف انرژی و میزان حجم آب لازم و... عبارت از موارد ذیل می‌باشند. جهت پمپ‌های اصلی عموما از دو نوع پمپ‌های عمودی خطی (Vertical In-Line Pump)، افقی با پوسته دارای دوساکشن داخلی (Split-Case or Double Suction) استفاده می‌گردد (تصویر سمت راست در زیر نشان‌دهنده یک پمپ عمودی و تصویر سمت چپ نشان‌دهنده یک پمپ دوساکشنه داخلی است).



معمولاً پمپ‌های عمودی خطی هنگامی بکار می‌روند که جریان کم، افزایش طول عمر پمپ و مصرف کم انرژی دراولویت طراحی باشد. از آنجایی که مجرای ورودی و خروجی بر روی یک محور مشترک قرار دارند نصب اینگونه پمپ‌ها بسیار آسان بوده و فضای زیادی را نیز اشغال نمی‌نمایند. عموماً پمپ‌های بوستر

پمپ آتش‌نشانی، عموماً از نوع پمپ‌های افقی می‌باشند. این پمپ‌ها قابلیت کوپلینگ با موتورهای احتراقی نوع دیزل، بنزینی و برقی را داشته و سیستم بوستر پمپ را می‌توان به نحو مطلوبی با چیدمان منظم و طراحی شده برای انواع نیروی محرکه بکار برد. در تصویر زیر پمپ‌های اصلی، استندبای و جاکی یک بوستر پمپ آتش‌نشانی با نیروهای محرکه هرکدام نشان داده شده است.



استفاده از پمپ استندبای یا رزرو(Standby pump) به‌عنوان یکی از الزامات مطرح شده دراستاندارد NFPA۲۰ بدین منظور است که درهیچ زمانی سیستم پمپاژ آب اطفاء حریق فاقد پمپ اصلی نباشد.مواردی چون تعمیرات و قطع سیستم برق و یا مشکل در راه اندازی سیستم موتور دیزلی و ... که با این توصیف احتمال سرویس ندادن پمپ‌های اصلی به شدت کاهش یابد.

مطابق استاندارد NFPA-۲۰ بوستر پمپ‌های آتش‌نشانی می‌بایست شامل یک پمپ الکتریکی(Duty Electric Pump) به عنوان پمپ اصلی، یک پمپ دیزل (Standby Diesel Pump) به عنوان پمپ یدک عملیاتی و استندبای و یک پمپ جاکی (Pressure Maintenance Jockey Pump) به منظور حفظ فشار و آمادگی سیستم آب آتش‌نشانی باشد. مطابق این استاندارد، دبی و هد پمپ الکتریکی

و پمپ دیزل بایستی برابر بوده و پمپ دیزل در هنگام قطع جریان برق به طور اتوماتیک وارد سرویس شود. پمپ جاکی صرفا جهت حفظ فشار شبکه در صورت وجودی نشتی می‌اشد و مطابق استاندارد NFPA-۲۰ دبی پمپ جاکی نباید کمتر از حداکثر نشتی شبکه لوله کشی آب اطفاء حریق باشد.

بوستر پمپ آتش‌نشانی الکتریکی، به شرحی که دراستانداردهای مربوطه از حیث سیستم‌های کنترل و افزاینده ضریب اطمینان تعریف شده است سیستمی مطمئن است ولی به شدت به در دسترس بودن منبع تغذیه الکتریکی قابل اعتماد وابسته است.همچنین بوستر پمپ‌های آتش‌نشانی دیزل نیز باهمان سطح اهمیت به سوخت دیزل وابسته اند. مطابق با استاندارد NFPA ۲۰ روش متداول و مطمئن برای انبارهای فرآورده‌های نفتی، استفاده همزمان از یک بوستر پمپ الکتریکی و یک بوستر پمپ دیزل آتش‌نشانی است.

پمپ‌های جاکی(چابک)

Jockey Pumps

بنا به تعریفی که استاندارد NFPA۲۰ ازپمپ‌های جاکی نموده است، پمپی است ازنوع سانتریفوژ کوچک و چند مرحله ای، متصل به سیستم اسپرینکلر در پایپینگ آتش‌نشانی که برای نگهداشتن فشارآب درسطح بالائی از اطمینان

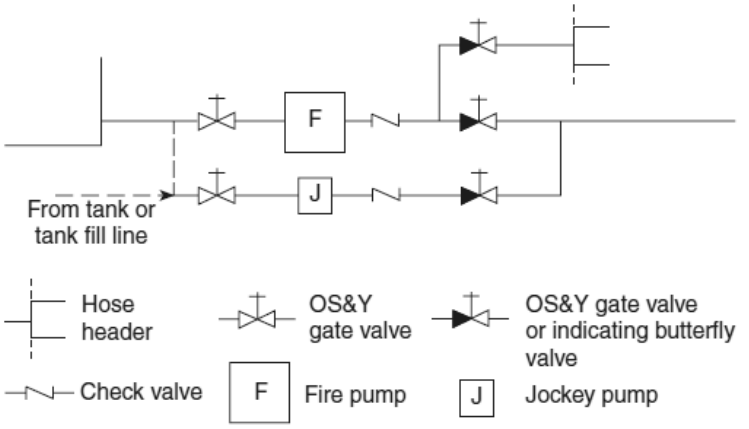
جهت آمادگی عملیات منفرد اسپرینکلر(به تنهائی) بکار رفته و درصورت احساس افت فشار آب درسیستم اسپرینکلر، بوسیله کنترلر اتوماتیک فشارآب آتش‌نشانی، پمپ اصلی آب آتش‌نشانی را تا حصول فشار مورد نیاز فعال می‌نماید. جاکی پمپ می‌بایست به اندازه کافی فشار خروجی داشته باشد تا فشار لازم برای سیستم اسپرینکلر آتش‌نشانی تأمین شود. از مهمترین کارکردهای جانبی پمپ‌های جاکی این است که از وارد شدن ضربه قوچ به سیستم اسپرینکلر وقتی پمپ اصلی وارد مدار می‌شود جلوگیری می‌کند.

از زاویه دید دیگر به جهت کاربرد پمپ‌های جاکی می‌توان به این نکته اشاره نمود که هنگامی که دبی مورد نیاز یک سیستم زیاد باشد معمولاً از پمپ‌های بزرگ استفاده می‌گردد که این اقدام نیاز به استفاده ازموتورهای محرک با مصرف بالای انرژی است. در عملیات یک انبار، مواقعی وجود دارد که به حجم بسیار بالائی از آب نیاز نبوده و می‌توان جریان حجمی آب مورد نیاز را بدون راه‌اندازی پمپ‌های اصلی و پرمصرف، با یک پمپ کوچک نمود. بنابراین با هدف صرفه‌جویی در مصرف انرژی و همچنین کاهش استهلاک پمپ‌های بزرگ اصلی، پمپ جاکی با ظرفیت آبدهی کمتر از پمپ اصلی طراحی و استفاده گردیده است تابرای مصارف کم ،صرف این پمپ روشن شود ونیاز سیستم را برآورده کند. همچنین با توجه به احتمال وجود انواع نشتی آب و افت فشار درسیستم آماده برای شرایط اضطراری، ازپمپ‌های جاکی جهت تامین فشار افت نموده استفاده شده و کاربردهای آن را توسعه داده است.

مکانیزم عملکرد جاکی پمپ یک بوستر پمپ آتش‌نشانی به شرح زیر است:

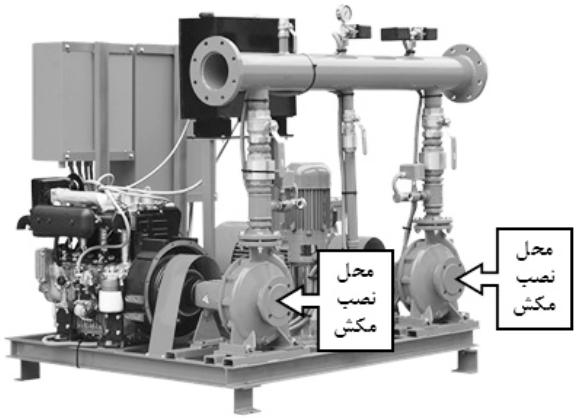
در پاره‌ای از سیستم‌های آب آتش‌نشانی، به دلایلی چون نشتی آب از اتصالات، سوپاپ، شیرها و یا اشکالات دیگر در سیستم آب آتش‌نشانی تا نقاط تحویل به خط، فشار آب آماده برای راه اندازی خط، افت نموده و لذا این افت فشار، سبب استارت پمپ آتش‌نشانی می‌گردد. باید توجه داشت سیگنال حاصل از حسگر افت فشار بر روی سوئیچ بواسطه کاهش فشارخط بدلیل بروز نشتی است، بواسطه نشت کردن وکم فشار شدن خط، سبب خواهد شد ابتدا جوکی پمپ در مدار قرار گرفته و در صورت نیاز به جریان حجمی بیشترآب، پمپ اصلی

استارت می‌شود. درصورت عدم هرگونه نشتی و سلامت تجهیزات شبکه آب اطفاء حریق، تا مادامی که در شبکه آب، نشتی یا مصرف آب وجود ندارد فشار تغییر نمی‌کند و همه پمپ‌های بوسترپمپ خاموش می‌باشند .به محض اینکه مصرف فشار در شبکه افت می‌کند برای جبران این افت فشار ابتدا پمپ جاکی شروع به کار می‌کند اگر این پمپ قادر به تامین فشار نباشد پمپ اصلی اول و اگر تامین فشار میسر نگردید، پمپ‌های دیگر به همین ترتیب وارد مدار می‌شوند تا فشار را در میزان مورد نیاز طراحی شده ثابت نگه دارند.هنگامی که مصرف آب کم یا متوقف می‌شود پمپ‌ها به ترتیب ازآخرین پمپ راه‌اندازی شده از مدار خارج شده تا به توقف پمپ جاکی می‌انجامد.درشکل زیر چگونگی ارتباط جاکی پمپ با پمپ اصلی آتش‌نشانی و ارتباطات آن با خطوط تغذیه و تامین آب را به شرحی که بیان گردید می‌توان مشاهده نمود.



ورودی‌های سیستم بوسترپمپ یا مکش

ورودی پمپ‌ها به کلکتور مکش متصل می‌شوند و سیال از طریق این کلکتور وارد پمپ‌ها می‌شود .درتصویر زیر کلکتور یاد شده به نقاط نشان داده شده در قسمت ساکشن پمپ‌ها متصل خواهد شد.



بطور کلی بخش مکش بوسترپمپ شامل یک کلکتور لوله ای است که به وسیله فلنج‌ها ی پیچ و مهره ای و شیرآلات و اتصالات مورد نیاز به مکش الکتروپمپ‌ها و خروجی مخزن ذخیره آب متصل می‌گردد.

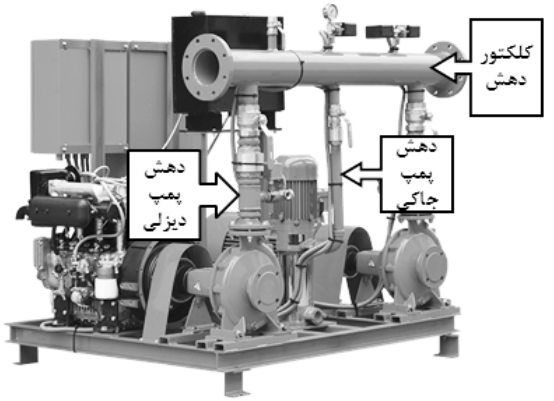
شیرآلات و اتصالات این بخش عبارتند از:

- شیر قطع و وصل آب به قسمت ساکشن پمپ‌ها
- صافی ورودی جهت ممانعت از ورود جرم و مواد مخرب پروانه و .. در سیستم‌های آتش‌نشانی توصیه شده است که برای هر کدام از پمپ‌ها یک صافی جداگانه در نظر گرفته شود تا در صورت بسته شدن یک خط بقیه پمپ‌ها به کار خود ادامه دهند.

لرزه‌گیرهای بخش ورودی

لرزه‌گیر، جهت ممانعت از اعمال لرزش پمپ به اتصالات و تجهیزات پائین دست و مخزن و ... به جهت ممانعت از بروز نشتی دراثر لرزش بکار می‌رود.این قطعه جهت جلوگیری از انتقال لرزش ناشی از کارهرپمپ به سایر پمپ‌ها و شبکه لوله کشی بکار می‌رود.

خروجی یا دهش پمپ‌های بوستر پمپ



خروجی آب یا دهش پمپ‌های سیستم بوستر پمپ بصورت یک کلکتور لوله ای است که به وسیله فلنج‌ها و اتصالات و شیرآلات لازم به سیستم آب آتش‌نشانی متصل می‌گردد.

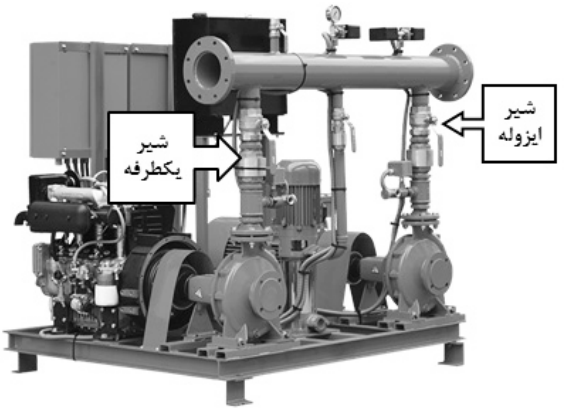
همانگونه که در تصویر فوق قابل مشاهده است، خروجی پمپ‌ها از طریق بواسطه اتصال با فلنج‌های پیچ و مهره‌ای ضمن استفاده از اتصالات، شیرآلات و... به کلکتور دهش متصل می‌شوند و آب از طریق این کلکتور خارج و به سمت سیستم توزیع و شبکه آب آتش‌نشانی ارسال می‌گردد.

شیرهای ایزوله و یکطرفه

هنگام لزوم به تعمیر یکی از پمپ‌ها، وجود و استفاده از شیرهای ایزوله امکان آمادگی سیستم اطفاء حریق را جهت استفاده از سیستم در حوادث احتمالی حریق ضمن درحال تعمیر بودن پمپ استند بای فراهم می‌نمایند.براساس ملاحظات طراحی در بخش ورودی و خروجی هر یك از پمپ‌های بوستر پمپ باید از شیر فلکه قطع و وصل استفاده شود. در خروجی هر یك از پمپ‌های بوستر پمپ باید از شیر یکطرفه نیزاستفاده شود. استفاده از شیر یکطرفه موجب می‌گردد تا آب شبکه لوله کشی مجددا به مخزن ذخیره آب برگشت نکند و یا آب خروجی هر پمپ از طریق خروجی سایر پمپ‌های بوستر پمپ که خاموش هستند، بواسطه

اتصال به کلکتور مکش مجددا به مکش پمپ در حال کار برنگردد.

با توجه به آلودگی‌های احتمالی و مواد همراه با آب مکش شده از منبع یا استخر آب آتش‌نشانی ،برای جلوگیری از ورود احتمالی این مواد به بوستر پمپ و شبکه لوله کشی و سایر تجهیزات اطفاء حریق آبی، در ابتدای لوله تغذیه آب خروجی از منبع ذخیره آب آتش‌نشانی باید از کشوئی یا پروانه ای قطع و وصل و سپس صافی با توری گالوانیزه یا استیل استفاده شود.



شیرهای یکطرفه نیز برای جلوگیری از برگشت آب به پمپ از سیستم لوله‌های توزیع آب دارای هد و یا ممانعت از ورود آب به پمپ استند بای و یا چرخش آن و جلوگیری از صدمه رساندن بواسطه ضربه قوچ احتمالی استفاده می‌گردند. باید توجه نمود شیرهای یکطرفه دروازه ای خاموش شدن پمپ و بسته شدن مسیر عبور آب با صدای شدید برخورد دروازه به نشیمنگاه خود توام است. در صوررت استفاده از این نوع شیر یکطرفه بهتر است از انواعی که دروازه آن به لاستیك مجهز است استفاده شود تا علاوه بر حذف صدای برخورد مذکور موجب آب‌بندی بهتر آن نیز گردد. همانگونه که درفصل شیرها اشاره گردید، شیر یکطرفه دروازه ای عموما در مسیرهای افقی عملکرد بهتری دارد ولی شیر یکطرفه سوپاپی در مسیر عمودی و هم در مسیر افقی عملکرد مشابهی دارد بنابراین بهتر است در ساخت بوستر پمپ از شیر یکطرفه سوپاپی استفاده شود. کلاس شیرآلات و اتصالات مورد استفاده در ساخت بوستر پمپ باید با توجه به فشار کار بوستر پمپ انتخاب شود.

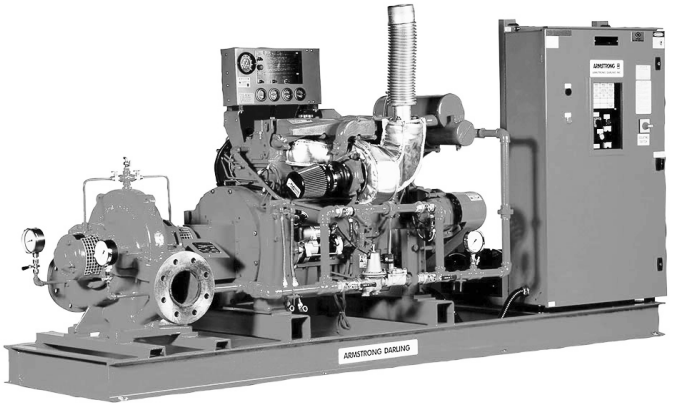
الکترو موتورها

Electromotors

الکتروموتورهای سیستم بوستر پمپ آتش‌نشانی می‌بایست براساس استاندارد NEMA MG-۱ بازنگری و مطابقت با استاندارد شوند. قابلیت کارکرد دائم و ضد پاشش آب بودن از مهمترین موارد کنترل این الکترو موتورهاست. درشرایطی که اطمینان از تامین برق شبکه با عدم قطعیت همراه است این الکتروپمپ‌ها نباید به‌عنوان پمپ اصلی درنظر گرفته شوندو درصورت استفاده از آنها به‌عنوان پمپ اصلی، منبع انرژی یا ژنراتور می‌بایست الزامات استاندارد NFPA۲۰ را داشته باشد. در هر موردی برای ایمنی منبع تغذیه برق و سامانه سیم کشی، ملاحظات دقیق باید اعمال شود. این ملاحظات شامل پیش‌بینی احتمال آتش‌سوزی خطوط انتقال برق در محل و یا ساختمانهای مجاور است که محل را تهدید می‌کند، باشد.

دیزل موتورها

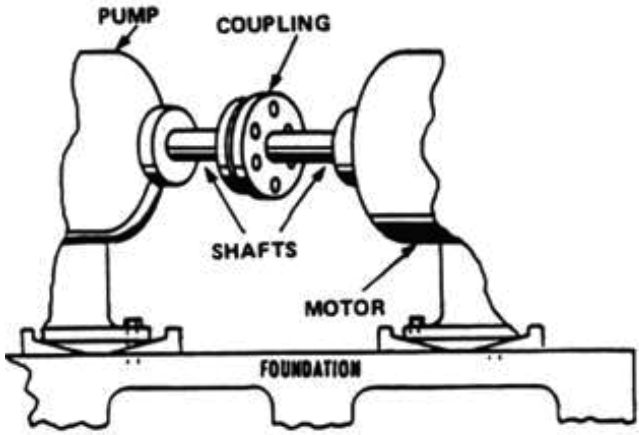
Diesel Motors



مطابق استاندارد NFPA۲۰ موتورهای دیزلی استفاده شده در پمپ‌های آتش‌نشانی، می‌بایست قابل اطمینان و کیفیت بالائی جهت سیستم‌های آتش‌نشانی داشته باشند و در زمان انتخاب آنها نسبت به دمای محیط و ارتفاع از سطح دریا مورد طراحی و خرید واقع گردند. دیزل‌موتورهای آتش‌نشانی می‌بایست دارای سیستم کنترلی کاملاً آماده شده توسط سازنده با برگه‌های آزمون باشند. دیزل موتور آتش‌نشانی می‌بایست مجهز به اندازه‌گیر فشار روغن، نشان‌دهنده دما و سنسور سرعت‌سنج(Tachometer) و وسیله نمایش آن برای اطلاع از وضعیت دور موتور باشد. دیزل موتورهای آتش‌نشانی می‌بایست مجهز به گاورنر(Governor) بوده و قابلیت تنظیم سرعت موتور دیزل بین ۱۰ درصد برای توقف و ماکزیمم بار کاری پمپ را مطابق مواردی که در فصل پمپ‌ها توضیح داده شده داشته باشد. دیزل موتور باید دارای دستگاه خاموش کننده در صورت رسیدن موتور به سرعت ۲۰درصد بیشتر از طراحی (Over Speed) سیستم کنترل دیزل موتوررا خاموش(shut-down) نماید. هر دیزل موتور آتش‌نشانی می‌بایست مجهز به دو عدد باتری ذخیره شارژ پذیروتوانی به اندازه نگهداری دو برابر سرعت میل لنگ داشته و دارای کنتاکتورهای دستی کنترلی جهت ورود به مدار باشد.

کوپلینگ

Coupling



جهت یکپارچه نمودن بوسترپمپ شامل مجموعه الکتروپمپ‌ها، بخش مکش، بخش دهش و تابلوی کنترل و فرمان و... مونتاژ آنها بر روی یک شاسی اصلی صورت می‌پذیرد. پمپ‌ها و الکتروموتورها باید روی یک شاسی مناسب قرار گیرند تا از ارتعاش و حرکت آنها جلوگیری کند .مقاومت شاسی و نوع آن بستگی به وزن و حجم الکتروموتورها و پمپ‌های مصرفی در بوسترپمپ دارد. برقراری ارتباط بین پمپ و الکتروموتور یا موتور دیزل با استفاده از کوپلینگ صورت می‌پذیرد.طابق الزامات استاندارد NFPA ۲۰ درخصوص استفاده از کوپلینگ برای کوپل نمودن دیزل موتور و پمپ می‌بایست ازکوپل‌های غیر شکننده و با انعطاف پذیری بسیار بالا و عمرطولانی انتخاب شوند. این کوپلینگ متناسب با قطر شفت الکتروموتور و پمپ است .استفاده از محافظ کوپلینگ برای رعایت مسائل ایمنی افراد الزامی است

سوئیچ وترانسمیتر فشار

Pressure Switch& Transmitter

براساس استاندارد NFPA ۲۰ تنظیم فشار بوستر پمپ آتش‌نشانی می‌بایست توسط یک سوئیچ (Pressure Switch) فشار صورت پذیرد و هر یك از پمپ‌های اصلی در بوستر پمپ آتش‌نشانی باید از یك سوئیچ فشار که دامنه تغییرات فشار آن قابل تنظیم باشد،بطور مستقل فرمان بپذیرد. دامنه و تغییرات فشار سوئیچ فشار می‌بایست در محدوده فشار کار بوستر پمپ قرار داشته باشد.

مطابق استاندارد یاد شده، حداقل مصرف آب آتش‌نشانی می‌بایست حداکثر سوئیچ فشار را پوشش دهد. بدین مفهوم که حداکثر فشار بوستر پمپ پائین‌تر از حداکثر فشار سوئیچ فشار و حداقل فشار بوستر پمپ بیشتر از حداقل فشارسوئیچ فشار تنظیم شود. با این تنظیمات تا زمانیکه حداقل آب از سیستم دریافت می‌شود، بوستر پمپ آتش‌نشانی در حال کار خواهد بود اما با بسته شدن آخرین مصرف کننده آب، فشار بوستر پمپ به حداکثر فشار تنظیمی سوئیچ فشار رسیده و فرمان خاموش نمودن بوستر پمپ را صادر می‌نماید.نکته قابل توجه در تنظیم سوئیچ‌های فشار، تنظیم سوئیچ فشار پمپ‌های جاکی در فشاری کمتر از فشار راه اندازی پمپ‌های اصلی به جهت تامین افت فشارهای جزئی درمواقع آماده بکار بودن بوستر پمپ بوده که منشاء ایجاد این افت فشارها، نشتی‌های عادی و غیرعادی در سیستم است. وظیفه انتقال این سیگنال به کنترلر فشار،باترانسمیتر فشار (Pressure Transmitter) است که فشار حس شده رابه داده‌های قابل تحلیل برای کنترلر فشارتبدیل و ارسال می‌نماید. درسیستم‌های قدیمی و به روز نشده لازم است موارد فوق تحت بررسی قرار گرفته و درجهت آمادگی بیشتر این سیستم‌ها برای مواقع اضطرار مورد بررسی و استاندارد سازی واقع گردند.

تابلوی برق و سیستم کنترل

به‌منظور ایجاد هماهنگی و آمادگی کلیه تجهیزات مکانیکی و الکترونیکی و ابزار دقیق در سیستم بوستر پمپ‌های آتش‌نشانی، برای عملکرد سیستم بر اساس منطقتعریف شده، وجود یک تابلوی کنترل و برق و یا به صورت تفکیکی الزامی است.مطابق استاندارد NFPA۲۰، تمام نشانگرهای کنترلی موتور و پمپ و ارتباطات آنها می‌بایستی به طور مناسبی به تابلو کنترل متصل بوده و قابل مشاهده باشند.

مطابق الزامات این استاندارد، راه‌اندازی و کنترل یک الکتروپمپ و یا دیزل پمپ می‌بایست هم به بصورت دستی و هم به صورت اتوماتیک امکان پذیر باشد.تجهیزاتی چون کنترلر فشار و منطق راه اندازی ترتیبی پمپ‌ها، گیج‌های مختلف دما و فشار، نقص فاز، کارکرد موتور، دوفاز شدن جریان و برگشت فاز جهت مشاهده آنها،همچنین سوئیچ حسگر افت فشار، بطور جداگانه طراحی و نصب گردند. پمپ‌های اصلی، استندبای و جاکی می‌بایست کنترلرمجزا داشته، وهر کنترلر می‌بایست سوئیچ فشار مجزا داشته باشد.تعبیه شدن یک سوئیچ جهت انتخاب مد دستی و اتوماتیک جزء الزامات این استاندارد درسیستم‌های کنترل بوستر پمپ‌ها می‌باشد.

کنترلر می‌بایست نسبت به تقسیم سهم استهلاک و مصارف شبکه و دبی و ... تمهیدات لازم را برای پمپ‌ها بطور یکسان داشته باشد.ساخت تابلوی کنترل و برق می‌بایست مختص به نوع و مشخصات بوستر پمپ ساخته شده باشدو مدارات آن مورد تائید منطق حاکم بر نحوه و روش اطفاء حریق و راه اندازی بوستر پمپ باشد. کنترلر می‌بایست تا جایی که عملاً امکان دارد نزدیک دیزل موتور باشد و در کنار آن نصب گردد.

پنل باید کاملا ضد آب بوده و روی دستگاه، زمین یا مکان مورد نظرکاملاً مستقر شود. تابلوی کنترل لازم است مجهز به سیستمی جهت ممانعت از دستکاری و هرگونه خرابکاری عمدی و سهوی باشد.پانل می‌بایستی به طور ویژه برای کارکرد بوستر پمپ‌های آتشنشانی با محرکه الکتریکی ساخته شوند.مفهوم هر لامپ و یا دکمه و مانند آن روی پانل می‌بایستی به گونه ای نوشته شود که امکان پاک کردن و یا از بین بردن آن نباشد.

تجهیزات سیگنال و آلارم

مطابق الزامات استاندارد NFPA۲۰ می‌بایست برای هر یک از موارد زیر، تجهیزات نشان‌دهنده و آگاهی‌دهنده وضعیت ضمن ایجاد سیگنال و تولید آلارم تعبیه گردد:

درصورت خراب بودن و عدم سرویس دهی استارت اتوماتیک موتورو بطور کلی از کارافتادن آن، عدم شارژ باتری و خراب شدن سیستم شارز یا خود باتری، دمای سیستم خنک‌سازی موتور و همچنین دیزل موتور، افت فشار سیستم روغنکاری ،تریپ یا خاموش شدن دیزل موتور بواسطه دور بالا و سایر مواردی که در استاندارد یاد شده از ضرورت خاصی جهت اطلاع یابی حین عملیات اطفاء حریق لازم می‌باشند.

اصول اساسی طراحی (انتخاب) و محاسبه بوستر پمپ آتش‌نشانی

درطراحی و بازنگری سیستم‌های بوستر پمپ آتش‌نشانی سه نکته اساسی را می‌بایست در نظر گرفت:

- حداکثر مصرف آب
- حداقل فشار طراحی
- پاسخ دهی به نوسانات ساعتی مصرف آب

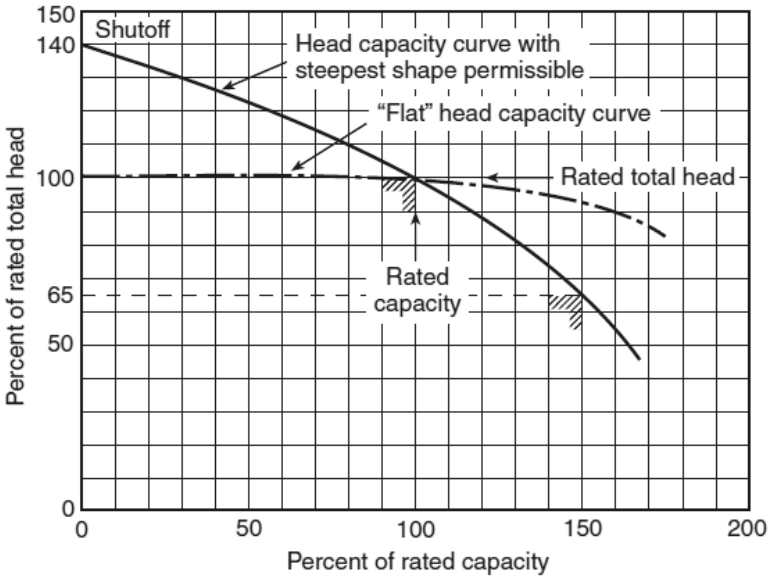
یك پمپ آتش‌نشانی باید به اندازه ای متناسب با واحد انبار باشد که بتواند آب کافی (به لحاظ تامین جریان و فشار) برای بیشترین جریان مورد نیاز از هر اسپرینکلر منفرد یا یك سیستم سیلابی و همچنین یك مقادیر لازم برای اطفاء حریق بصورت غیر اتوماتیک و دستی (شیلینگ آتش‌نشانی) برای نیازهای اطفاء حریق، را تامین کند. مثلا، اگر بیشترین تقاضای اسپرینکلر gpm ۲۰۰۰در فشار psi ۵۰ باشد و تقاضای مورد نیاز (شیلنگ آتش‌نشانی) gpm ۸۰۰ باشد، آنگاه تامین دست کم gpm ۲۸۰۰نرخ جریان در فشار psi ۵۰ از مجموعه ای از پمپ آتش‌نشانی و آب عمومی یا مخزن اختصاصی انتظار می‌رود. اما در واقع درباره اندازه یك پمپ آتش‌نشانی یك پاسخ اساسی که برای همه موارد مناسب باشد، وجود ندارد.

اولین قدم انتخاب پمپ جهت استفاده در ساخت بوستر پمپ آتش‌نشانی انتخاب نوع، تعداد و نقطه کار بوستر پمپ است و باید بر اساس استانداردهای بین‌المللی صورت گیرد. طبق استاندارد NFPA ۲۰، بوستر پمپ آتش‌نشانی باید مجهز به پمپ‌های سانتریفوژ زمینی با درزبندی ازجنس ونوع گرافیتی با سیستم چکاندن قطره آب روی سیستم درزبندی با جریان یک قطره بر دقیقه باشد. مطابق این استانداردداستفاده از انواع پمپ‌های طبقاتی در ساخت بوستر پمپ آتش‌نشانی مجاز نمی باشد.

مطابق این استانداردددرخصوص تعداد پمپ، استفاده از یک پمپ با محرکه دیزلی به‌عنوان پمپ اصلی و یک پمپ استند بای با موتور الکتریکی درسیستم‌هایی که امنیت برقراری شبکه برق سراسری با ریسک بالائی مواجه است و برعکس آن درسیستم‌های با امنیت بالای شبکه برق می‌تواند مورد انتخاب واقع شود.همچنین در این سیستم بک پمپ جاکی برای تامین افت فشار و حفظ فشار سیستم اسپرینکلر انتخاب می‌گردد

در انتخاب یک بوستر پمپ توجه به منحنی مشخصه آن بسیار ضروری است که درفصل پمپ‌ها به تفصیل در این خصوص بحث شده است.

برطبق استاندارد NFPA-۲۰ در بوسترپمپ‌های آتش‌نشانی، در صورتیکه دبی پمپ به اندازه ۱۵۰ درصد دبی نامی افزایش یابد، هدپمپ نباید کمتر از ۶۵ درصد هد نامی شود و در تمامی پمپ‌های آتش‌نشانی، نقطه هد دبی صفر(Shutoff) می‌بایست بیشتر از صددرصد و کمتر از۱۴۰درصد هدنامی پمپ باشد. (تصویر زیر این الزام استاندارد را توصیف می‌نماید).



مطابق این استاندارد،دبی نامی یا همان ماکزیمم ظرفیت (Rated Capacity) در پمپ‌های آتش‌نشانی در حداکثر هد نامی این پمپ‌ها یا صددرصد هدنامی می‌بایست حاصل شود.

برای تمامی انواع بوستر پمپ‌های آتش‌نشانی، هد نقطه دبی صفر یا Shutoff نباید از ۱۴۰درصد هد نقطه کاری تجاوز نماید.

منحنی مشخصه بوستر پمپ باید از محل تلاقی دبی و فشار نقطه‌کاری و یا بالاتر از این نقطه عبور نماید. به عبارت دیگر در بوستر پمپ‌های آتش‌نشانی تلرانس منفی برای بوستر پمپ مجاز نمی باشدومنحنی عملکرد بوستر پمپ باید

به گونه‌ای باشد که در دبی‌های بیش از ۱۵۰درصد نقطه کاری، هد بوستر پمپ بیش از ۶۵درصد افت نکند.

منحنی عملکرد، توان جذبی موتور و منحنی بازده برای هر بوستر پمپ که بوسیله سازنده با آب ۲۰ درجه سانتیگراد آزمایش شده اندمبنای کنترل عملکرد پمپ‌ها واقع گردد.

برای حالتی که دبی به ۱۵۰درصد نقطه کاری می‌رسد، توان مورد نیاز موتور می‌بایست مشخص شود و در صورت درخواست کارفرما توان نامی محرکه براساس این حالت انتخاب گردد.

منفی نبودن سطح ساکشن برای پمپ سانتریفوژ،شامل بودن فشار سنج درهردو بخش ساکشن و دیسشارژ،مجهز بودن به شیر فشار شکن از جمله الزامات استاندارد درخصوص بوسترپمپ‌های آتش‌نشانی است.

محاسبه ظرفیت بوستر پمپ‌های آتش‌نشانی

اندازه یک پمپ آتش‌نشانی را میزان آب مورد نیازجهت اطفاء حریق دربحرانی ترین وضعیت ممکن شرایط حریق احتمالی تعیین می‌نماید.محاسبات آب لازم جهت اطفاء حریق درفصل اول جلد هفتم این هندبوک تاحدودی شرح داده شده است.بطور کلی مطابق استاندارد NFPA۲۰، جهت تعیین اندازه پمپ آتش‌نشانی محاسبات زیر را باید انجام داد:

برای محاسبه پمپ آتش‌نشانی، نیاز به دانستن دو پارامتر دبی و هد مورد نیاز و لازم به تامین توسط بوسترپمپ آتش‌نشانی داریم .برای تجهیز یک ساختمان به بوستر پمپ ،ابتدا با توجه به الزامات استاندارد فوق، تعداد نقاط لازم به ایجاد نازل آتش‌نشانی (جعبه‌های دارای شیلنگ و قابل اتصال به نازل) و فواصل و هد فشاری لازم برای آنها تعیین ومحاسبه می‌گردد. مطابق استاندارد NFPA برای ساختمان‌های تجهیزشده به جعبه نازل آتش‌نشانی ظرفیت بوسترپمپ بر مبنای مصرف ۵۰ گالن آب در دقیقه برای هر نازل درنظر گرفته می‌شود.لذا دراین حالت، جریان حجمی یا دبی کل پمپ مورد نیاز از رابطه زیر بدست می‌آید:

= ظرفیت کل پمپ آتش‌نشانی مورد نیاز (گالن بر دقیقه)

۵۰ × تعداد نازل‌های لازم و درنظر گرفته شده

فرض معادله فوق اینست که کلیه نازل‌ها بطور همزمان لازم به سرویس دهی باشند که حداکثر طراحی و انتخاب نوع پمپ را مطابق استاندارد یاد شده نشان می‌دهد. برای محاسبه هد بوسترپمپ‌های آتش‌نشانی بایستی، هدکل بوسترپمپ، شامل مجموع هد لازم جهت کل مسیر رفت آب تا مرتفع ترین نقطه نصب نازل و هدلازم جهت ایجاد فشار درسرنازل مرتفع ترین نقطه نصب نازل و همچنین هد مربوط به تفاوت سطح خروجی پمپ و خروجی از مرتفع‌ترین نقطه نصب نازل در محوطه تحت نصب شبکه آتش‌نشانی رادر نظر گرفت. لذا خواهیم داشت:

$$H_t = H_1 + H_2 + H_3$$

$H_1 = ۰,۰۴ \times L$: که در آن پارامتر L (برحسب متر)عبارت از طول مسیر رفت از دهانه بوستر پمپ تا مرتفع ترین نقطه نصب نازل است.

H_2 : فشار مورد نیاز (مطابق استاندارد برابر ۴۲ مترآب) در محل نصب مرتفع ترین نازل است.

H_3: ارتفاع عمودی (برحسب متر) مرتفع ترین نقطه نصب نازل از دهانه بوستر پمپ است.

مطابق این استاندارد، برای سایت‌ها و انبارهای نفتی مجهز به شیرهیدرانت آتش‌نشانی حداقل ظرفیت بوسترپمپ ۵۰۰ گالن در دقیقه در نظر گرفته می‌شود. این الزام مشروط براین موضوع است که محاسبات نهائی منجر به لزوم استفاده از پمپ‌های با ظرفیت بیشتر نشود.درهرصورت می‌بایست محاسبات هدکل سیستم باتوجه به شرایط طراحی صورت پذیرفته و به‌عنوان معیار انتخاب بوسترپمپ درنظر گرفته شود.مهمترین الزامات یک پمپ آتش‌نشانی از دیدگاه این استاندارد شامل موارد زیر است:

- ایجاد فشاری حدود ۱۲۰ تا ۱۴۰درصدفشار نامی خود درزمان دبی صفر یا زمانی که هیچ مصرف کننده آبی در سرویس نیست
- پمپ در نقطه نامی خود، فشار و جریان ۱۰۰درصدفشاروجریان نامی را تامین کند
- پمپ بتواند درفشار۶۵درصد فشار نامی، ۱۵۰درصدجریان نامی خود را تامین نماید.

از دیدگاه استاندارد NFPA، میزان جریان و فشارخروجی هر بوستر پمپ

آتش‌نشانی به تنهائی (بدون درنظر گرفتن پمپ رزرو) می‌بایست به اندازه‌ای باشد که عمدتاً موارد ذیل را توامان تامین نماید:

- ماکزیمم جریان آب لازم جهت سیستم سیلابی کلیه سیستم‌های اسپرینکلر منصوبه
- ماکزیمم جریان آب لازم جهت سیستم فومینگ ثابت
- ماکزیمم جریان شیلنگ آتش‌نشانی (فوم ،کولینگ)نصب شده دربحرانی ترین شرایط

معمولاً ۱۲۰درصد مجموع شدت جریان‌های حجمی فوق را به‌عنوان شدت جریان حجمی بوسترپمپ آتش‌نشانی درنظر می‌گیرند.همانطور که توضیح داده شد برای عملیات فومینگ مخزن محترق، نیاز به محلول فوم می‌باشد که از ترکیب شدن فوم غلیظ و آب حاصل می‌گردد. از طرفی تهیه مقدارحجمی آب کولینگ مخازن همجوار نیز جهت سرد سازی حین اطفاء بسیار حیاتی است. لذا برای بدست آوردن میزان کل آب مورد نیاز برای عملیات اطفاء، می‌بایست آب مورد نیاز برای سیستم‌های فومینگ و کولینگ با یکدیگر به صورت مجموع درنظر گرفته و تامین شوند.

از طرفی بر اساس استاندارد IPS، به میزان ۱۲۰٪ مجموع آب مورد نیاز برای فومینگ و کولینگ درزمان تعیین شده توسط استاندارد NFPA۱۱، آب باید در تاسیسات در دسترس باشد. بر اساس استاندارد IPS می‌بایست یک عدد پمپ با موتور دیزل و یك عدد پمپ با موتور الکتریکی هرکدام با ظرفیت ۶۰٪ آب ذخیره شده، در تاسیسات انبارموجود باشند.درصورتیکه سرعت جریان حجمی آب لازم درلوله‌های آب آتش‌نشانی انبارنفت به قطرD (برحسب متر)و مساحت مقطع $\pi D^2/4$ را برحسب مترمکعب برثانیه با Q و سرعت حرکت آب در لوله رابا V نشان دهیم، قطر مورد نیاز لوله نیز با توجه به روابط ذیل به دست می‌آید.

$$Q = VA = V\pi D^2/4$$

که درنتیجه برای قطر لوله‌های مورد نیاز خواهیم داشت:

$$D = (4Q/\pi V)^{1/2}$$

مطابق استاندارد فوق سرعت آب در لوله‌های آب آتش‌نشانی ۳٫۵ متر برثانیه درنظر گرفته می‌شود. بنابراین جهت قطر لوله مورد نیاز شبکه آب آتش‌نشانی

خواهیم داشت:

$$D=(۰٫۳۶۳۹Q)^{۱/۲}$$

این نمونه ای از محاسبات جهت آشنائی با نحوه محاسبه و تاثیر استاندارد درطراحی خطوط آب رسانی و انتخاب سایزها و ... می‌باشد.جهت ،آشنائی و یادگیری بیشتر به استاندارد NFPA ۱۱ مراجعه نمائید.

بازرسی هفتگی پمپ آتش‌نشانی

اطمینان از صحت عملکرد و آمادگی پمپ‌های آتش‌نشانی در انبارهای نفت از مهمترین برنامه‌های واحد ایمنی و آتش‌نشانی است.پمپ‌های آتش‌نشانی، در هر نوع و اندازه ای می‌بایست بصورت دوره ای با دو روش روشن شدن خودکار (استارت اتوماتیك) و دستی تحت آزمون صحت عملکرد قرار گیرند. NFPA ۲۰ الزام می‌نماید که این پمپ‌ها باید هفتگی آزمایش شوند.آزمون عملکرد می‌تواند بصورت بدون جریان یا حداقل جریان، ضمن بررسی نکاتی که مورد تاکید استاندارد یاد شده است باشد.فصل پنجم استاندارد NFPA ۲۵، با نام بازرسی، آزمایش و نگهداری سیستم‌های اطفاء حریق بر مبنای آب (ویرایش ۱۹۹۸) شامل محدوده کاملی از آزمون‌های پیشنهاد شده و دوره تکرار آنهاست.

با توجه به لزوم برقراری سطح بالای ایمنی و حفظ آمادگی توصیه شده است با تنظیم چک لیست‌هائی بطور هفتگی موارد زیر تحت کنترل قرار گیرند.

- **شرایط عمومی پمپ**

شامل عدم وجود نشتی آب از اتصالات، صحت گیج‌ها و سایر تجهیزات قابل مشاهده

- **راه اندازی محرکه**

محرك دیزل‌های آتش‌نشانی، به تنظیم سالیانه و دیگر نگهداری‌هایی که توسط سازنده مشخص شده است، نیاز دارد که توسط یك مکانیك دیزل متخصص باید این کار انجام گردد.

- **بررسی عملکرد صحیح کنترلر**

تمام کارکردهای کنترلر پمپ آتش‌نشانی باید حداقل سالیانه آزمایش شوند.

سازنده کنترلر می‌تواند متخصص محلی را برای کمك در انجام این آزمایش‌ها، معرفی کند. پس از پایان آزمایش‌ها، باید گزارشی از آزمون شامل آزمایش‌های انجام شده و تنظیم همه ابزارهای دارای تاخیر زمانی تهیه شود. گزارش باید شامل نتایج آزمایش کارکرد پمپ، محرك و کنترلر باشد. مقایسه نتایج سال به سال می‌تواند مشکلات را پیش از جدی شدن آن آشکار سازد.

درحین راه اندازی آزمایشی هفتگی موارد زیر رامی بایست کنترل نمود:

- عدم سرو صدای ناهنجار و غیر متعارف از پمپ و اتصالات چرخشی، یاتاقان‌ها
- عدم نشتی ازمحفظه آب‌بندی
- سالم بودن ولوها و تجهیزات مسیر مکش و تخلیه پمپ
- کنترل صحت عملکردصافی‌ها
- کارایی پمپ به لحاظ دبی و فشار و توان مصرفی و ... براساس منحنی عملکرد
- بررسی عملکرد صحیح آژیرهای قطع برق
- وجود سوخت کافی و بازبودن مسیر خروجی مخازن سوخت
- صحت عملکردمنابع تغذیه الکتریکی
- باتری‌ها شارژ پایدار داشته باشند
- سطح روغن موتور دیزل
- سیستم خنك کننده ازلحاظ پربودن از محلول آب و ضدیخ برای رادیاتور دیزل موتور
- تسمه‌ها و شیلنگ‌ها می‌بایست براساس عمر مفید و کیلومتر کارکرد دیزل یا ساعت کارکرد موتورها و ... تعویض شوند
- شرایط مکانیکی عمومی موتور شامل آچارگشی و محکم بودن تجهیزات و ...
- آلارم‌های ازکارافتادن استارت اتوماتیک موتور،خاموش شدن موتور به خاطر سرعت زیاد،خرابی باتری و شارژ ناپذیری آن، فشارپائین روغن در سیستم روانکاری،دمای سیستم خنک‌کاری می‌بایست بطور هفتگی آلارم چک شوند.
- تست راه اندازی و کنترل شامل بررسی اینکه راه اندازی به صورت اتوماتیک و غیراتوماتیک صورت پذیردو مدارکنترل می‌بایست براساس یک عمل کردن سوئیچ فشار بطور مستقل ازتنظیمات بالاو پائین فشارکالیبره شده درمدار باشد.

آزمایش جریان آب کامل

همه پمپ‌های آتش‌نشانی باید دست کم بطور سالانه در شرایط جریان آب کامل آزمایش شوند و ویژگی‌های آنها در شرایط:

- دبی صفر
- نقطه نامی
- بیشترین خروجی

اندازه‌گیری شود. زیرا کارایی پمپ‌ها به تدریج کاهش یافته یا تجهیزات بوستر پمپ کارائی خود را از دست خواهند داد. به کمك نتایج سالانه آزمایش جریان آب می‌توان به دقت این مشکلات را نشان داد و پیش از نیاز به وجود پمپ‌ها در شرایط اضطراری، به حل این مشکلات کمك کرد.پمپ‌های آتش‌نشانی خیلی بزرگ دارای ابزار اندازه گیری جریان هستند تا آزمایش جریان بتواند بدون هدر رفتن هزاران گالن آب در دقیقه به سهولت انجام شود. از دبی سنج برای اندازه گیری نرخ جریان آب در یك سیستم بازچرخش استفاده می‌شود. معمولا پمپ‌های آتش‌نشانی با دبی‌های نامی بیش از ۲۵۰۰ gpm برای انجام آزمایش، دارای دبی سنج هستند، اگرچه ممکن است برای پمپ‌های کوچك نیز این تجهیز تعبیه گردد.

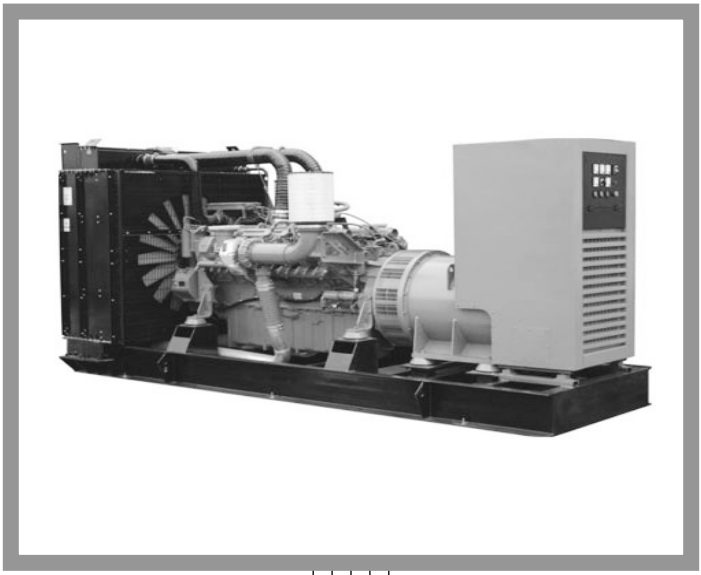
دستگاه پمپ سیار دیزلی (دیزل تریلر پمپ) آتش‌نشانی

Diesel Portable Pump

بزرگترین حسن و جاذبه دیزل پمپ‌ها، عدم نیاز به شبکه برق جهت تامین انرژی است که همین امر سبب گردیده است به صورت متحرک برای مصارف موقت انعطاف پذیری بیشتری داشته باشند.توان محرکه دیزل این پمپ‌ها معمولا زیر ۱۰۰ اسب بخار بوده و مجموعه پمپ و دیزل بر روی یک شاسی که امکان جابجا شدن توسط وسائط نقلیه را دارد، نصب گردیده است.این دیزل پمپ‌ها مجهز به لوله‌های مکش و رانش قابل انعطاب بوده و قابلیت کار در وضعیت‌های متفاوت را دارند.دیزل پمپ‌های پرتابل آتش‌نشانی به‌عنوان یک ابزاریدکی برای بوستر پمپ‌های یک انبار نفت، نقش بسیار موثری را دراطمینان خاطر از دردسترس بودن همواره آب آتش‌نشانی ایفا می‌کنند.جهت برداشت آب از مخزن یا استخر آب آتش‌نشانی، این دیزل پمپ‌ها انعطاف لازم را دارند.

فصل پنجم

سیستم برق اضطراری
Emergency and Standby Power Systems



مهمترین استانداردهای مرتبط با دیزل ژنراتورها عبارتند از:

- NFPA 110 ,Standard for Emergency and Standby Power Systems
- NFPA 70, National Electrical Code ® , 2005 edition.
- BS 5000 Specification for rotating electrical machines of particular types or for particular applications. Generators to be driven by reciprocating internal combustion engines
- BS 5514 ISO 3046 Reciprocating internal combustion engines. Performance. Standard reference conditions, declarations of power, fuel and lubricating oil consumptions and test methods
- BS 5486 IEC 439 Low-voltage switchgear and controlgear assemblies. Specification for type-tested and partially type-tested assemblies (general requirements)
- BS 4999 IEC 34-1 General requirements for rotating electrical machines. Specification for rating and performance
- ,...

مطابق استاندارد NFAP ۱۱۰، ایجاد یک سیستم تامین نیروی برق اضطراری Emergency Power Supply (EPS)، با ظرفیت و کیفیت مورد نیاز شامل منبع تولید و انتقال و کنترل برق لازم ضمن عملکرد ایمن و بموقع آن درمواقع قطع سیستم برق شبکه الزامی است.مطابق این استاندارد، سیستم‌های برق اضطراری EPSS، می‌بایست هنگام قطع برق معمولی یا شبکه براساس طبقه‌بندی زیر نسبت به تامین برق اضطراری مورد نیاز آماده سرویس باشند.

Class	Minimum Time
Class 0.083	0.083 hr (5 min)
Class 0.25	0.25 hr (15 min)
Class 2	2 hr
Class 6	6 hr
Class 48	48 hr
Class X	Other time, in hours, as required by the application, code, or user

مطابق این جدول، درفرآیندهائی که حساسیت بسیار بالائی نسبت به قطع برق وجود دارد، می‌بایست این سیستم درکلاس ۰٫۰۸۳ تعبیه شده، بطوریکه طی گذشت زمان ۰٫۰۸۳ ساعت یا ۵دقیقه برق مورد نیازتولید شده توسط سیستم اضطراری بصورت پایدار دراختیار فرآیند قرارگرفته باشد.هرچند که زمان ۲ ساعت و ... نیز می‌توانند حاکی از اهمیت عدم قطع برق درفرآیند باشند.به عبارت دیگر این جدول نشانگر حداقل زمان سرویس دهی سیستم برق اضطراری بدون هرگونه سوختگیری و شارژ مجدد جهت ارائه این نیرو به فرآیند است.

مطابق این استاندارد،تامین برق سیستم‌های اساساً غیر قابل قطع شدنی درطبقه طراحی نوع U و درصورتیکه زمان ۱۰ ثانیه قطع برق خللی درفرآیند ایجاد ننماید، نوع طراحی Type۱۰ لازم خواهد بود.سایر شرایط در جدول زیر درج گردیده است. به عبارت دیگر این جدول حداقل زمان مجاز برای سوئیچ نمودن به سمت مصرف برق تولیدی توسط سیستم تولید برق اضطراری است.

Designation	Power Restoration
Type U	Basically uninterruptible (UPS systems)
Type 10	10 sec
Type 60	60 sec
Type 120	120 sec
Type M	Manual stationary or nonautomatic — no time limit

همچنین سطح یک(Level ۱) برای این سیستم جهت زمانی تعریف می‌شود که سلامت انسان درخطر است و سطح دو (Level ۲)جهت زمانی که کمتر سلامت انسان بواسطه قطع برق درمعرض خطر قرار می‌گیرد.جدول زیر نیز الزامات واحد باتری لازم جهت استارت سیستم تولید برق اضطراری را جهت سطوح یک و دو نشان می‌دهد.به‌عنوان مثال داشتن واحد باتری جهت هردوسطح الزامی است. اما زمان شارژمجدد باتری درسیستم سطح ۱ حداکثر۲۴ساعت بوده و سریعتر از سطح ۲ می‌بایست شارژ شود.

Starting Equipment Requirements		Level 1	Level 2
(a)	Battery unit	X	X
(b)	Battery certification	X	NA
(c)	Cycle cranking	X or O	O
(d)	Cranking limiter time-outs		
	Cycle crank (3 cycles)	75 sec	75 sec
	Continuous crank	45 sec	45 sec
(e)	Float-type battery charger	X	X
	1. dc ammeter	X	X
	2. dc voltmeter	X	X
(f)	Recharge time	24 hr	36 hr
(g)	Low battery voltage alarm contacts	X	X

X: Required. O: Optional. NA: Not applicable.

دیزل ژنراتورها

Diesel Generator

قبل از شروع این مبحث، ذکراین نکته لازم است که نیروی محرکه ژنراتورهامی تواند موتور بنزینی، توربین بخار و یا هر محرک دیگری باشد. موضوع مد نظر این بخش، ژنراتورهای با محرک موتور دیزلی است. دیزل ژنراتور از تلفیق دو دستگاه دیزل و ژنراتور تدارک دیده شده است.دیزل، موتوری است که انرژی موجود درسوخت مصرفی اش را به انرژی مکانیکی ازنوع گشتاور چرخشی تبدیل می‌کند. ژنراتور الکتریکی دستگاهی است که از طریق انرژی مکانیکی تحویل گرفته از دیزل، از طریق(عمدتا) القای الکترومغناطیسی تولید برق می‌نماید. القای الکترومغناطیسی با چرخش یک سیم پیچ (Rotor) در یک بخش ثابت یا ایستانه (Stator) فراهم شده و با قطع میدان مغناطیسی براساس فرکانس گردش خود،منجر به تولیدوجاری سازی الکترون می‌گردد. بطور کلی دیزل ژنراتور (Diesel Generator) نوعی ژنراتور است که به وسیله نیروی چرخشی یک موتور درون سوز کار می‌کند. از دیزل ژنراتور معمولا برای مصارف برق اضطراری در زمانی که شبکه سراسری قطع یا زمانی که در دسترس نیست استفاده می‌شود هرچند کاربردهای دائم نیز می‌توانند داشته باشند. اندازه دیزل ژنراتورها توسط توان ظاهری آن‌ها برحسب وات آمپر(VA) مشخص می‌شود.

اهم اجزاء دیزل ژنراتور

همانگونه که قبلا بیان گردید، ساختمان دیزل ژنراتور دارای دو قسمت اصلی است ژنراتور الکتریکی و موتور دیزلی است که به‌عنوان اجزاء اساس این دستگاه درنظر گرفته می‌شوند. هریک از این اجزاء اصلی ، متعلقات و محلقاتی دارد،که در زیر به آنها اشاره خواهد شد.

موتور دیزل

Diesel Motor

موتور دیزل یکی از ارکان دیزل ژنراتور است که به‌عنوان محرک و گرداننده تجهیزات تولیدکننده برق درنظر گرفته شده است. توان مکانیکی تحویلی توسط موتور دیزل،بازده سیکل ترمودینامیکی کارکرد آن، میزان مصرف سوخت، قابلیت اعتماد آن، عدم وابستگی به سیستم‌های جانبی و هزینه‌های نگهداشت و راه‌اندازی آن از مهمترین پارامترهای انتخاب یک دیزل ژنراتور از حیث موتور آن است.

ژنراتور

Generator

ژنراتور رکن دیگری از دیزل ژنراتور است که توان مکانیکی تولیدی موتور را به توان الکتریکی تبدیل می‌کند.ژنراتور شامل مجموعه ای از قطعات ثابت و متحرک است که ازهماهنگی بین این قطعات جریانی از الکتریسیته تولید می‌گردد.جزء ثابت ژنراتور استاتورآن است که شامل مجموعه ای ازهادی الکتریکی در سیم پیچ صورت پذیرفته روی یک هسته ای آهنی است.جزء متحرک درژنراتورهای مورد استفاده در انبارهای نفت روتور نام داشته که با گردش خود تولید یک میدان مغناطیسی روی استاتور انجام می‌دهدو بدین وسیله موجب اختلاف بین سیم پیچ‌های استاتور می‌شود. نتیجه این هماهنگی و سرویس دهی اجزاء ژنراتور،تولید جریان متناوب (AC) درخروجی ژنراتوربا ولتاژخروجی ۳۸۰/۲۲۰ ولت با فرکانس جریان ۵۰ هرتز باشد. براساس استاندارد NFPA۱۱۰ ،ژنراتور مورد پذیرش این استانداردباید به طور مستقیم یا قابل انعطاف جهت کوپلینگ با یک دیزل

موتور استاندارد باشد. مطابق این استاندارد، حداکثر درجه حرارت ژنراتور ۴۰ درجه سانتیگراد می‌تواند باشد. فاصله زمانی اتصال کوتاه ژنراتور مطابق این استاندارد، حداکثر ۳ ثانیه و حداکثر مقدارهارمونیک آن ۵درصد می‌تواند باشد. اضافه بار ۱۰درجه برای یک ساعت را تحمل نموده و درهر ۱۲ ساعت کاردستگاه ژنراتور درسرعت ۱۲۵درصد سرعت نامی خود دارای کارکرد ایمن باشد. ایزولاسیون روتور این ژنراتور می‌بایست کلاس F وایزولاسیون استاتور کلاس B باشد. کلاس عایقی F عمرنامی طولانی تری دردمای بهره برداریمشخص نسبت به کلاس B دارد.

سیستم رگولاتور ولتاژ

هدف از تجهیز، رگولاتور ولتاژ تنظیم ولتاژ خروجی ژنراتور می‌باشد. این سیستم شامل رگولاتور تبدیل ولتاژ AC به جریان DC، به‌عنوان تنظیم کننده ولتاژ به منظور تبدیل بخش کوچکی از خروجی ژنراتور جریان DC ، سیم پیچ تحریک (Exciter Windings) جهت تبدیل جریان DC به AC ، دوار یکسو کننده‌ها که جریان AC تولید شده توسط سیم پیچ‌های تحریک را به جریان DC تبدیل و اصلاح می‌نماید ونهایتا قسمت روتور-آرماتورجهت تبدیل جریان DC به ولتاژ ACاست. مطابق استاندارد NFPA۱۱۰،ژنراتور می‌بایست مجهز به رگولاتور تمام اتوماتیک با تنظیم ۵٫۲± درصد ازحالت بدون بار تا بارکامل و دارای رگولاتور دستی با تنظیم ولتاژ روی ۵ ± درصد درمواقع لزوم با ظرفیت استارت ۱٫۵ برابر جریان نامی می‌باشد.

سیستم کنترل دیزل ژنراتور

همانگونه که از نام آن پیداست ،سیستم کنترل دیزل ژنراتور به منظور کنترل ژنراتورو کلیه تجهیزات و متعلقات آن جهت کنترل ولتاژ، فرکانس و جریان و ...، کنترل موتور دیزل و تمامی متعلقات و تجهیزات مربوط به آن مانند سرعت موتور یا دور میل لنگ، سطح و دمای روغن موتور، حرارت موتور و سیستم خنک کننده آن و...، سیستم سوخت و تمامی مشخصه‌های لازم به کنترل آن، سیستم تشخیص و کنترلر راه اندازی اتوماتیک و ... می‌باشد.

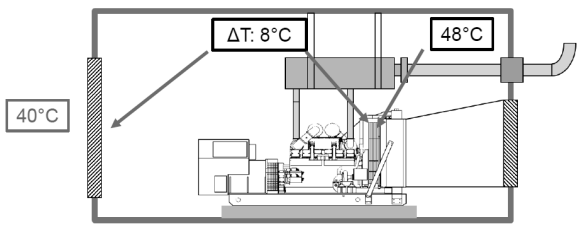
بخش کنترل پنل و کلیدهای دستگاه کوپلینگ دیزل ژنراتور

یکی از مهمترین بخش‌های یک دستگاه دیزل ژنراتور بخش کنترل پنل و یا تابلو کنترل دستگاه است. کلیه دستگاه‌های دیزل ژنراتور مجهز به یک تابلو کنترل PLC، نیمه اتوماتیک (قابلیت استارت دستی) و کلید قطع کن اتوماتیک قدرت می‌باشند.کلیدهای محافظ، قطع کن اتوماتیک قدرت(Circuit Breaker) یکی از المان‌های مهم در بخش الکتریکال یک تابلو دیزل ژنراتور می‌باشد که نقش بسیار مهمی در عدم آسیب رساندن به دیزل ژنراتور ایفا می‌نماید.

سیستم خنک کننده

Cooling System

همانند سایر موتورهای درون سوز، کنترل سیستم خنک‌سازی و گردش آب در جداره و بخش‌های مختلف موتور این سیستم یکی از الزامات مورد تاکید در استانداردهای حاکم بر طراحی و نگهداشت این سیستم‌هاست.نقاط داغ موضعی و گرمایش بخش‌های خنک نشده ممکن است به خراب شدن آن و متعاقب آن حوادث دیگری را سبب گردد.جهت خنك‌کاری موتور از آب تمیز با کمترین رسوبات کربناتی می‌بایست استفاده نمود.بسیاری از سازندگان این سیستم براین عقیده‌اند ،پیش از پر کردن مایع به مقدار۱٪ از مواد ضد خوردگی، ضد زنگ و ضد رسوب می‌بایست به آن اضافه نمود. زیرا این مواد از پوسته پوسته شدن، خوردگی و زنگ‌زدگی جلوگیری کرده و نمی‌گذارد راندمان سیستم خنك‌کاری کاهش یافته و به موتور آسیبی برسد. مناسب‌ترین آب می‌تواند آب طبیعی تصفیه شده و آب چاه می‌باشد. مطابق این استاندارد حداکثر دمای محیطی که ژنراتور درآن بایدکارکند نباید بیش از ۵۰ درجه سانتیگراد باشد.لذا سیستم سرد سازی بایستی حداکثر۸درجه سانتیگراد اختلاف دمای هسته ژنراتور با محیط را حفظ کند.



در فصول سرد می‌بایست از ضدیخ‌های استاندارد استفاده نمود. سرویس‌دهی موتور بدون ضد یخ در زمستان ممکن است به دلیل یخ زدگی آب و عدم گردش آن، سبب ایجاد نقاط داغ شده و به طرز بسیار مخاطره آمیزی سیستم را خراب نماید.درصورت استفاده از ضد یخ بایستی پایه آن از اتیلن گلیکول باشد. برای حفاظت سیستم مخلوط ضد یخ و آب را حداقل سالی یکبار می‌بایست تعویض نمود.درصد ضدیخ نباید از ۶۰ ٪ فراتر رود زیرا سبب تشدیدخوردگی می‌شود. مهمترین نکات قابل توجه در نگهداری و کنترل این بخش عبارتند از:

- بازدید آب رادیاتور و اتصالات آن و اطمینان از عدم وجود نشتی در اتصالات
- اطمینان از عدم افزایش درجه حرارت آب رادیاتور از مقدار مجازطبق دستور العمل وتوصیه کارخانه سازنده
- کنترل عدم گرفتگی سطح رادیاتور دیزل ژنراتور و تمیز کردن سطح آن با دمنده‌های قوی

سیستم روغن ژنراتور

همانند سایر موتورهای احتراق درونی، سیستم روغن درموتور سیستم دیزل ژنراتور اهمیت بسیاری در روانکاری و پایداری سیستم و ممانعت از تخریب موتوردارد.کنترل سطح و دمای روغن ضمن توجه به زمان کارکردآن از الزامات نگهداشت این سیستم است.

حجم روغن را با درنظر داشتن حجم لازم برای فیلتر تا رسیدن سطح روغن به نشانه استاندارد روغن تعبیه شده توسط سازنده، می‌بایست کامل نمود. دراقلیم‌های گرم بالای ۲۰ درجه سانتیگراد از روغن ۴۰ SAE و در مناطق سردسیر از روغن با درجه ۲۰W۲۰ SAE می‌بایست استفاده نمود. هرچند که مراجعه به توصیه‌های سازنده در این خصوص در اولویت است. ساعت کارکرد یک موتور دیزل ژنراتور به‌عنوان معیاری برای زمان تعویض روغن موتورآن است. مهمترین موارد مربوط به نگهداشت این بخش از سیستم دیزل ژنراتور عبارتند از:

- کنترل عدم نشتی روغن از قسمت‌ها و قطعات مختلف موتور دیزل
- کنترل و بازدید فیلترهای هوا، روغن و تعویض آنها
- بررسی و بازدید روغن موتور دیزل و اطمینان از مناسب بودن کمیت و کیفیت

روغن موتور (طبق ساعت کارکرد و دستورالعملهای فنی شرکت سازنده)

- بازدید و بررسی پمپ روغن موتور دیزل ژنراتور و اطمینان از صحت عملکرد آن
- کنترل و بازدید از فیلترهای هوا ,روغن و تعویض آنها (در صورت نیاز و طبق دستور العمل شرکت سازنده)

باتری و سیستم شارژر آن

موتورهای دیزلی برای راه اندازی و تولید توان مکانیکی، نیاز به صرف توان الکتریکی دارندکه این توان را از یک منبع تغذیه بین ۱۲ تا ۲۴ ولت با ولتاژ مستقیم تامین می‌نمایند.این منبع تغذیه دردیزل ژنراتورهای موجود درانبارهای نگهداشت و توزیع فرآورده‌های نفتی معمولا یک باتری با قابلیت اعتماد و سرویس دهی متناسب با استاندارد NFAP ۱۱۰ است. بدیهی است سیستم شارژ باتری دردیزل ژنراتور به‌عنوان یک سیستم پر اهمیت مورد طراحی و سرویس دهی قرار گرفته است. نشانگرهای میزان شارژ و برقراری سیستم شارژ که ا ز خروجی ژنراتور تعبیه شده است نکته ای است که علاوه بر دقت در عمر مفید باتری مورد استفاده، می‌بایست مد نظر قرار گیرد.مطابق این استاندارد،نوع باتری بکاررفته می‌تواند نیکل کادمیم(nickel cadmium)ویااسید-سرب(lead acid) باشد.جدول زیردمای شارژو تخلیه دونوع باتری اسید سرب و نیکل کادمیوم را نشان می‌دهد.

Battery type	Charge temperature	Discharge temperature	Charge advisory
Lead acid	–20°C to 50°C (–4°F to 122°F)	–20°C to 50°C (–4°F to 122°F)	Charge at 0.3C or lessbelow freezing. Lower V-threshold by 3mV/°C when hot.
NiCd, NiMH	0°C to 45°C (32°F to 113°F)	–20°C to 65°C (–4°F to 149°F)	Charge at 0.1C between –18°C and 0°C. Charge at 0.3C between 0°C and 5°C. Charge acceptance at 45°C is 70%. Charge acceptance at 60°C is 45%.

مطابق این استاندارد، ظرفیت کافی برای شارژ باتری در۲۴ ساعت (برای سطح یک)موجود باشد: باتری ۲۲۵آمپرساعت در۲۲٫۵ساعت با شارژر ۱۰ آمپر شارژ شود. شارژر برای شارژ کردن یک باتری کاملا تخلیه طراحی شده باشد و به‌طور معمول به دو شارژر باتری۱۰آمپر دیزل نیاز است.

شاسی مونتاژ

با توجه به لزوم ثابت بودن تجهیزات و رفع هرگونه نامحوری و درهم ریختگی اتصالات و ارتباطات تجهیزات، این شاسی به‌عنوان عامل نظم دهی به تجهیزات تعبیه شده است.

فیلتر هوا

هوای لازم جهت احتراق درون دیزل موتور از طریق فیلتر هوای خشك تامین می‌گردد.بررسی زمان تعویض قبلی و میزان رطوبت و آلودگی گرد و غبار محیط و بسیاری پارامترهای دیگر سبب خواهد شده که نسبت به تعویض این فیلتر در بازه‌های زمانی و براساس ساعت کارکرد دیزل موتور اقدام نمود. هرگز نباید موتور را بدون فیلتر روشن کرد.

سیستم دود خروجی ژنراتور

همانند سایر موتورهای درون‌سوز، سیستم خروج و هدایت محصولات احتراق به سمت دودکش ضمن تجهیز به اگزوز کاهنده صدا و قابلیت اتصال به لوله‌های استاندارد هدایت گازهای حاصل از کارکرد موتور به بیرون از محل استقرار دیزل ژنراتورتعبیه شده است.

سیستم سوخت ژنراتور

در دیزل ژنراتورهای با ظرفیت کیلو ولت آمپرتولیدی بالا، تانک سوخت روزانه (Day Tank)در کنار دیزل ژنراتور قرار می‌گیرد و برای ظرفیت‌های کوچک دیزل ژنراتور، تانک سوخت روزانه دستگاه در بخش شاسی و زیر دیزل ژنراتور تعبیه می‌گردد.مخزن سوخت روزانه دیزل ژنراتورها معمولا دارای ظرفیت کافی برای

روشن نگه داشتن دیزل ژنراتور برای به طور متوسط ۶ تا ۸ ساعت می‌باشد. استاندارد NFAP ۱۱۰، بیشترین اندازه مخزن روزانه و میزان مصرف سوخت قابل نگهداری برای دیزل ژنراتور درداخل اتاق ژنراتور را براساس الزامات ایمنی معرفی نموده است. به‌عنوان مثال برای یک دیزل ژنراتور با ۶ ساعت کارکرد و با مصرف ۲۳۶گالن بر ساعت(مطابق اطلاعات سازنده) ضمن درنظر گرفتن ۱۰ دصد گنجایش اضافی، حجم تانک لازم بصورت زیر محاسبه خواهد شد.

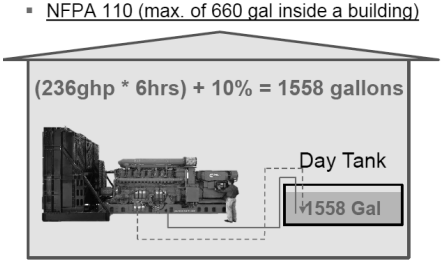
Tank Sizing Example

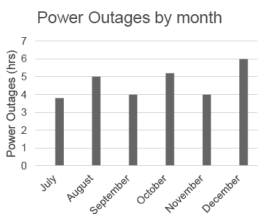
You are required to size a fuel diesel tank for a C3500 D6e installed inside a building with the following requirements:

- Standby application
- Outage duration
- Rule of thumb plus 10%
- NFPA 110 (max. of 660 gal inside a building)

C3500 D6e

Fuel consumption	Standby kW (kVA)			
Ratings	3500 (4375)			
Ratings without fan[1]	3606 (4508)			
Load	**1/4**	**1/2**	**3/4**	**Full**
US gph	77	130	183	236
L/hr	291	492	693	893



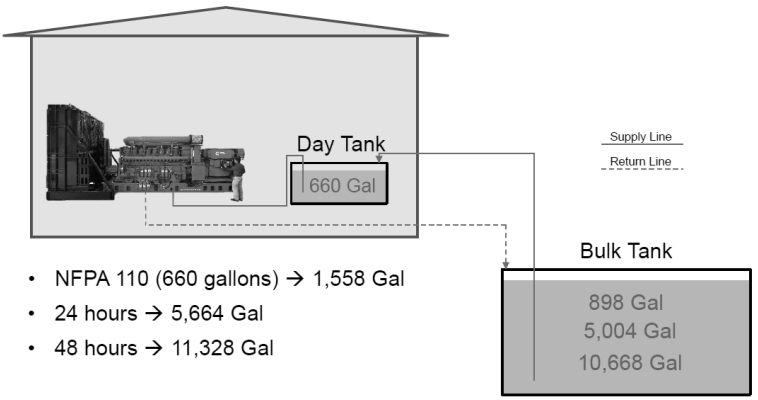


نکته مهم اینکه هیچگاه نباید میزان حجم سوخت درون اتاق دیزل ژنراتور از مقادیر زیر بیشتر شود.به عبارت دیگر عامل محدود کننده ظرفیت تانک مربوط به سوخت‌های مختلف دیزل ژنراتورها موارد زیر خواهد بود.

- برای سوخت نفتگاز حداکثر ۲۴۹۸ لیتر معادل ۶۶۰ گالن
- برای سوخت بنزین حداکثر۹۵لیتر معادل ۲۵ گالن

با توجه به مطالب فوق حجم تانک لازم جهت مخزن بالک بیرون اتاق دیزل ژنراتور نیز قابل بررسی و تعیین اندازه خواهد بود.برطبق استاندارد NFAP ۱۱۰

،یک تانک ۱۵۵۸ گالنی برای فعالیت ۶ ساعته دیزل ژنراتور مثال قبلی، نیاز به یک تانک با ۴ برابر ظرفیت یعنی ۵۶۶۴ گالن بصورت بالک برای ۲۴ ساعت سرویس‌دهی دیزل ژنراتور خواهد داشت.دراین محاسبه ده درصد فضای خالی برای تانک بالک بیرون درنظر گرفته نخواهد شد.



در جدول زیر تخمین مصرف سوخت نفتگاز دیزل ژنراتور بر اساس اندازه ژنراتور و میزان توان ژنراتور در نظر گرفته شده است لازم به ذکر است این روش جهت چگونگی انجام محاسبات ارائه گردیده است و جهت محاسبه دقیق سوخت می‌بایست علاوه بر میزان مصرف سوخت اعلام شده از سوی سازنده دستگاه، جهت تعیین مصرف واقعی سوخت به عوامل مختلفی که می‌تواند که منجر به افزایش یا کاهش مقدار سوخت مصرفی شود توجه نمود.هرچند که مصرف سوخت یک دیزل ژنراتور به بازده مکانیکی و الکتریکی موتور و ژنراتور آن بستگی اساسی دارد، اما جهت داشتن یک معیار اولیه برای تولید برق می‌توان میزان سوخت مصرفی متناظر با آن را در بارهای مختلف ژنراتور ازجدول زیر استخراج نمود.جدول زیر با فرض یک روز سرویس دهی معادل ۲۴ ساعت و یک هفته سرویس‌دهی معادل ۱۶۸ساعت و... درنظر گرفته شده است.

۲ Load - gal/۱				۴ Load - gal/۱				(kW)	(kVA)
ماه	هفته	روز	در هر ساعت	ماه	هفته	روز	در هر ساعت		
۶۵۰	۱۵۱	۲۲	۰٫۹	۴۳۳	۱۰۱	۱۴	۰٫۶	۲۰	۲۵
۱٫۳۰۰	۳۰۲	۴۳	۱٫۸	۹۳۹	۲۰۸	۳۱	۱٫۳	۳۰	۳۸
۱٫۶۶۲	۳۸۶	۵۵	۲٫۳	۱٫۱۵۶	۲۶۹	۳۸	۱٫۶	۴۰	۵۰
۲٫۰۹۵	۴۸۷	۷۰	۲٫۹	۱٫۳۰۰	۳۰۲	۴۳	۱٫۸	۶۰	۷۵
۲٫۴۵۶	۵۷۱	۸۲	۳٫۴	۱٫۷۳۴	۴۰۳	۵۸	۲٫۴	۷۵	۹۴
۲٫۹۶۲	۶۸۹	۹۸	۴٫۱	۱٫۸۷۸	۴۳۷	۶۲	۲٫۶	۱۰۰	۱۲۵
۳٫۶۱۲	۸۴۰	۱۲۰	۵٫۰	۲٫۲۳۹	۵۲۱	۷۴	۳٫۱	۱۲۵	۱۵۶
۳٫۹۰۱	۹۰۷	۱۳۰	۵٫۴	۲٫۳۸۴	۵۵۴	۷۹	۳٫۳	۱۳۵	۱۶۸
۴٫۲۶۲	۹۹۱	۱۴۲	۵٫۹	۲٫۶۰۱	۶۰۵	۸۶	۳٫۶	۱۵۰	۱۸۸
۴٫۹۱۲	۱٫۱۴۲	۱۶۳	۶٫۸	۲٫۹۶۲	۶۸۹	۹۸	۴٫۱	۱۷۵	۲۱۹
۵٫۵۶۲	۱٫۲۹۴	۱۸۵	۷٫۷	۳٫۳۹۵	۷۹۰	۱۱۳	۴٫۷	۲۰۰	۲۵۰
۶٫۳۵۷	۱٫۴۷۸	۲۱۱	۸٫۸	۳٫۸۲۹	۸۹۰	۱۲۷	۵٫۳	۲۳۰	۲۸۸
۶٫۸۶۳	۱٫۵۹۶	۲۲۸	۹٫۵	۴٫۱۱۸	۹۵۸	۱۳۷	۵٫۷	۲۵۰	۳۱۳
۸٫۱۶۳	۱٫۸۹۸	۲۷۱	۱۱٫۳	۴٫۹۱۲	۱٫۱۴۲	۱۶۳	۶٫۸	۳۰۰	۳۷۵
۹٫۴۶۳	۲٫۲۰۱	۳۱۴	۱۳٫۱	۵٫۷۰۷	۱٫۳۲۷	۱۹۰	۷٫۹	۳۵۰	۴۳۸
۱۰٫۷۶۴	۲٫۵۰۳	۳۵۸	۱۴٫۹	۶٫۴۲۹	۱٫۴۹۵	۲۱۴	۸٫۹	۴۰۰	۵۰۰
۱۳٫۳۶۴	۳٫۱۰۸	۴۴۴	۱۸٫۵	۷٫۹۴۶	۱٫۸۴۸	۲۶۴	۱۱٫۰	۵۰۰	۶۲۵
۱۵٫۸۹۳	۳٫۶۹۶	۵۲۸	۲۲٫۰	۹٫۵۳۶	۲٫۲۱۸	۳۱۷	۱۳٫۲	۶۰۰	۷۵۰
۱۹٫۷۹۴	۴٫۶۰۳	۶۵۸	۲۷٫۴	۱۱٫۷۷۵	۲٫۷۳۸	۳۹۱	۱۶٫۳	۷۵۰	۹۳۸
۲۶٫۲۹۵	۶٫۱۱۵	۸۷۴	۳۶٫۴	۱۵٫۶۰۴	۳٫۶۲۹	۵۱۸	۲۱٫۶	۱۰۰۰	۱۲۵۰
۳۲٫۷۲۵	۷٫۶۱۰	۱٫۰۸۷	۴۵٫۳	۱۹٫۴۳۳	۴٫۵۱۹	۶۴۶	۲۶٫۹	۱۲۵۰	۱۵۶۳
۳۹٫۲۲۶	۹٫۱۲۲	۱٫۳۰۳	۵۴٫۳	۲۳٫۲۶۱	۵٫۴۱۰	۷۷۳	۳۲٫۲	۱۵۰۰	۱۸۷۵
۴۵٫۶۵۶	۱۰٫۶۱۸	۱٫۵۱۷	۶۳٫۲	۲۷٫۰۹۰	۶٫۳۰۰	۹۰۰	۳۷٫۵	۱۷۵۰	۲۱۸۸
۵۲٫۱۵۷	۱۲٫۱۳۰	۱٫۷۳۳	۷۲٫۲	۳۰٫۹۱۹	۷٫۱۹۰	۱٫۰۲۷	۴۲٫۸	۲۰۰۰	۲۵۰۰
۵۸٫۵۸۷	۱۳٫۶۲۵	۱٫۹۴۶	۸۱٫۱	۳۴٫۷۴۷	۸٫۰۸۱	۱٫۱۵۴	۴۸٫۱	۲۲۵۰	۲۸۱۲

Full Load – gal					۴ Load – gal / ۳				(kW)	(kVA)
ماه	هفته	روز	در هر ساعت	ماه	هفته	روز	در هر ساعت	در هر ساعت		
۱,۱۵۶	۲۶۹	۳۸	۱,۶	۹۳۹	۲۱۸	۳۱	۱,۳	۰,۶	۲۰	۲۵
۲,۰۹۵	۴۸۷	۷۰	۲,۹	۱,۷۳۴	۴۰۳	۵۸	۲,۴	۱,۳	۳۰	۳۸
۲,۸۹۰	۶۷۲	۹۶	۴,۰	۲,۳۱۲	۵۳۸	۷۷	۳,۲	۱,۶	۴۰	۵۰
۳,۴۶۸	۸۰۶	۱۱۵	۴,۸	۲,۷۴۵	۶۳۸	۹۱	۳,۸	۱,۸	۶۰	۷۵
۴,۴۰۷	۱,۰۲۵	۱۴۶	۶,۱	۳,۳۲۳	۷۷۳	۱۱۰	۴,۶	۲,۴	۷۵	۹۴
۵,۳۴۶	۱,۲۴۳	۱۷۸	۷,۴	۴,۱۹۰	۹۷۴	۱۳۹	۵,۸	۲,۶	۱۰۰	۱۲۵
۶,۵۷۴	۱,۵۲۹	۲۱۸	۹,۱	۵,۱۲۹	۱,۱۹۳	۱۷۰	۷,۱	۳,۱	۱۲۵	۱۵۶
۷,۰۸۰	۱,۶۴۶	۲۳۵	۹,۸	۵,۴۹۰	۱,۲۷۷	۱۸۲	۷,۶	۳,۳	۱۳۵	۱۶۸
۷,۸۷۴	۱,۸۳۱	۲۶۲	۱۰,۹	۶,۰۶۸	۱,۴۱۱	۲۰۲	۸,۴	۳,۶	۱۵۰	۱۸۸
۹,۱۷۴	۲,۱۳۴	۳۰۵	۱۲,۷	۷,۰۰۷	۱,۶۳۰	۲۳۳	۹,۷	۴,۱	۱۷۵	۲۱۹
۱۰,۴۰۳	۲,۴۱۹	۳۴۶	۱۴,۴	۷,۹۴۶	۱,۸۴۸	۲۶۴	۱۱,۰	۴,۷	۲۰۰	۲۵۰
۱۱,۹۹۲	۲,۷۸۹	۳۹۸	۱۶,۶	۹,۰۳۰	۲,۱۰۰	۳۰۰	۱۲,۵	۵,۳	۲۳۰	۲۸۸
۱۳,۰۰۳	۳,۰۲۴	۴۳۲	۱۸,۰	۹,۸۲۵	۲,۲۸۵	۳۲۶	۱۳,۶	۵,۷	۲۵۰	۳۱۳
۱۵,۵۳۲	۳,۶۱۲	۵۱۶	۲۱,۵	۱۱,۶۳۱	۲,۷۰۵	۳۸۶	۱۶,۱	۶,۸	۳۰۰	۳۷۵
۱۸,۱۳۲	۴,۲۱۷	۶۰۲	۲۵,۱	۱۳,۵۰۹	۳,۱۴۲	۴۴۹	۱۸,۷	۷,۹	۳۵۰	۴۳۸
۲۰,۶۶۱	۴,۸۰۵	۶۸۶	۲۸,۶	۱۵,۳۸۷	۳,۵۷۸	۵۱۱	۲۱,۳	۸,۹	۴۰۰	۵۰۰
۲۵,۷۹۰	۵,۹۹۸	۸۵۷	۳۵,۷	۱۹,۰۷۱	۴,۴۳۵	۶۳۴	۲۶,۴	۱۱,۰	۵۰۰	۶۲۵
۳۰,۹۱۹	۷,۱۹۰	۱,۰۲۷	۴۲,۸	۲۲,۷۵۶	۵,۲۹۲	۷۵۶	۳۱,۵	۱۳,۲	۶۰۰	۷۵۰
۳۸,۵۷۶	۸,۹۷۱	۱,۲۸۲	۵۳,۴	۲۸,۳۹۰	۶,۶۰۲	۹۴۳	۳۹,۳	۱۶,۳	۷۵۰	۹۳۸
۵۱,۳۶۳	۱۱,۹۴۵	۱,۷۰۶	۷۱,۱	۳۷,۶۳۷	۸,۷۵۳	۱,۲۵۰	۵۲,۱	۲۱,۶	۱۰۰۰	۱۲۵۰
۶۴,۱۴۹	۱۴,۹۱۸	۲,۱۳۱	۸۸,۸	۴۶,۹۵۶	۱۰,۹۲۰	۱,۵۶۰	۶۵,۰	۲۶,۹	۱۲۵۰	۱۵۶۳
۷۶,۹۳۶	۱۷,۸۹۲	۲,۵۵۶	۱۰۶,۵	۵۶,۲۰۳	۱۳,۰۷۰	۱,۸۶۷	۷۷,۸	۳۲,۲	۱۵۰۰	۱۸۷۵
۸۹,۷۲۲	۲۰,۸۶۶	۲,۹۸۱	۱۲۴,۲	۶۵,۵۲۲	۱۵,۲۳۸	۲,۱۷۷	۹۰,۷	۳۷,۵	۱۷۵۰	۲۱۸۸
۱۰۲,۵۰۹	۲۳,۸۳۹	۳,۴۰۶	۱۴۱,۹	۷۴,۷۶۸	۱۷,۳۸۸	۲,۴۸۴	۱۰۳,۵	۴۲,۸	۲۰۰۰	۲۵۰۰
۱۱۴,۸۶۲	۲۶,۷۱۲	۳,۸۱۶	۱۵۹,۰	۸۴,۰۸۷	۱۹,۵۵۵	۲,۷۹۴	۱۱۶,۴	۴۸,۱	۲۲۵۰	۲۸۱۲

در جدول زیر نیز که خلاصه‌ای از تخمین مصرف سوخت دیزل ژنراتور به صورت عمومی بر حسب گالن بر ساعت و برگرفته از جدول فوق است جهت تعیین مقدار سوخت ژنراتور برحسب میزان بار تولیدی آن ارائه شده است.

اندازه ژنراتور (kW)	۱/۴ Load (gal /hr)	۱/۲ Load (gal /hr)	۳/۴ Load (gal /hr)	Full Load (gal /hr)
۲۰	۰٫۶	۰٫۹	۱٫۳	۱٫۶
۳۰	۱٫۳	۱٫۸	۲٫۴	۲٫۹
۴۰	۱٫۶	۲٫۳	۳٫۲	۴٫۰
۶۰	۱٫۸	۲٫۹	۳٫۸	۴٫۸
۷۵	۲٫۴	۳٫۴	۴٫۶	۶٫۱
۱۰۰	۲٫۶	۴٫۱	۵٫۸	۷٫۴
۱۲۵	۳٫۱	۵٫۰	۷٫۱	۹٫۱
۱۳۵	۳٫۳	۵٫۴	۷٫۶	۹٫۸
۱۵۰	۳٫۶	۵٫۹	۸٫۴	۱۰٫۹
۱۷۵	۴٫۱	۶٫۸	۹٫۷	۱۲٫۷
۲۰۰	۴٫۷	۷٫۷	۱۱٫۰	۱۴٫۴
۲۳۰	۵٫۳	۸٫۸	۱۲٫۵	۱۶٫۶
۲۵۰	۵٫۷	۹٫۵	۱۳٫۶	۱۸٫۰
۳۰۰	۶٫۸	۱۱٫۳	۱۶٫۱	۲۱٫۵
۳۵۰	۷٫۹	۱۳٫۱	۱۸٫۷	۲۵٫۱
۴۰۰	۸٫۹	۱۴٫۹	۲۱٫۳	۲۸٫۶
۵۰۰	۱۱٫۰	۱۸٫۵	۲۶٫۴	۳۵٫۷
۶۰۰	۱۳٫۲	۲۲٫۰	۳۱٫۵	۴۲٫۸
۷۵۰	۱۶٫۳	۲۷٫۴	۳۹٫۳	۵۳٫۴
۱۰۰۰	۲۱٫۶	۳۶٫۴	۵۲٫۱	۷۱٫۱
۱۲۵۰	۲۶٫۹	۴۵٫۳	۶۵٫۰	۸۸٫۸
۱۵۰۰	۳۲٫۲	۵۴٫۳	۷۷٫۸	۱۰۶٫۵
۱۷۵۰	۳۷٫۵	۶۳٫۲	۹۰٫۷	۱۲۴٫۲
۲۰۰۰	۴۲٫۸	۷۲٫۲	۱۰۳٫۵	۱۴۱٫۹
۲۲۵۰	۴۸٫۱	۸۱٫۱	۱۱۶٫۴	۱۵۹٫۶

پمپ سوخت در این سیستم جهت انتقال سوخت ازمخزن سوخت روزانه به سیستم سوخت دیزل استفاده می‌شود. فیلترآب و آلودگی سوخت برای حفاظت از اجزای سیستم سوخت دیزل ژنراتور از خوردگی و آلودگی آب و الودگی‌های همراه نفتگاز است. بخش تزریق‌کننده سوخت جهت تنظیم و تزریق مقدار سوخت مورد نیاز به محفظه احتراق موتور می‌باشد.خطوط اتصال مخزن سوخت به موتور دیزل ژنراتور نیز جزء اجزای این بخش می‌باشند. سرویس نمودن صافی اولیه سوخت درصورت وجود که معمولاً در خروجی مخزن قرار دارد، تعویض فیلتر سوخت، تعویض فیلتر ثانویه سوخت در صورت وجود از مهمترین موارد نگهداشت این بخش از دیزل ژنراتور می‌باشد. مهمترین توصیه استانداردهای مربوط به نگهداشت و آمادگی سیستم سوخت دیزل ژنراتور، بررسی و بازدید از مخرن گازوئیل موتور دیزل و اطمینان از پر بودن آنها و عدم وجود نشتی اتصالات مربوطه است در بازدیدهای دوره ای است.

مهمترین موارد لازم به بررسی در سرویس و نگهداری دیزل ژنراتور

بطور منظم کلیه تجهیزات نشان‌دهنده و وضعیت موتور را از قبیل درجه فشار روغن، درجه آب، درجه روغن، دور سنج و غیره را می‌بایست کنترل نمود. خطوط سوخت، روغنکاری، خنك‌کاری، لوله‌های اگزوز را از نظر نشتی می‌بایست چك کرد. درجه صافی هوا را باید همیشه مدنظر داشت زیرا تمیز بودن فیلتر هوا نقش اساسی در نگهداری موتور دارد. سطح سوخت را می‌بایست همواره کنترل نمود زیرا در صورت تمام شدن سوخت در باك احتیاج به هواگیری خواهد بود.طی کارکرد مداوم سطح روغن را می‌بایست هر ۱۲ ساعت یکبار چك کرده و در صورت نیاز دوباره از روغن پر نمود.

لازم است براساس استاندارد NFPA۱۱۰ سیستم دیزل ژنراتورجهت تامین برق پمپ‌های اصلی سیستم پمپاز آب آتش‌نشانی، دربازه‌های زمانی مشخص شده از سوی استاندارد برای سیستم‌های اطفاء حریق تست راه اندازی شده و درحین تست نمودن و راه‌اندازی آزمایشی موارد زیر تحت کنترل قرار گیرد:

- هفته‌ای دو بار استارت نمودن دیزل ژنراتور جهت اطمینان از عملکرد صحیح

کلیه قسمت‌ها

- بررسی و بازدید و کنترل و ثبت لرزش تمام قسمتهای مختلف و تعیین شده دردو بخش موتور و ژنراتور و اطمینان از عدم بالارفتن لرزش‌ها از مقادیر مجاز طبق دستورالعمل و توصیه کارخانه سازنده
- بررسی و بازدید از درجه حرارت اگزوز دیزل ژنراتور و اطمینان از عدم افزایش آن از مقدار حداکثر مجاز طبق دستور العمل و توصیه کارخانه
- کنترل و بازدید از وضعیت روانکاری یاتاقانها و گریسکاری مجدد آنها (در صورت نیاز و طبق دستورالعمل شرکت سازنده) .
- بازدید اسید باتری دیزل ژنراتور
- بادگیری و یا تعویض فیلتر هوای دیزل ژنراتور
- تعویض روغن فیلترهوا
- تعویض روغن کارتل
- بازدید صحت عملکرد ترموستات آب وهیترآب دیزل
- تنظیم بودن ترموستات هیتر دیزل روی ۴۰ درجه سانتیگراد
- بازدی سیستم سوخت و عدم نشتی ازآن
- تعویض فیلتر نفتگاز
- بازدید سیستم روغن و رفع نشتی احتمالی آن
- گریسکاری قسمت‌های مختلف گریس خور دیزل
- بازدید لرزه گیرهای ژنراتور
- بازدید منیفولد و لوله اگزوز ازنظر سلامت و عدم نشتی
- بازدید صحت عملکرد دمپرهای دریچه‌های اتاق دیزل ژنراتور
- بازدید رادیاتور و واترپمپ دیزل
- بازدید آب رادیاتور
- بازدید مقدار ضدیخ(۱۰درصد)
- بازدید فشار روغن و سلامت آمپر روغن
- بازدید تابلو برق به لحاظ عدم گرد و غبار و وجو سیستم‌های ارتینگ ونحوه اتصال کابلشوها
- بازدید فیوزها و کنتاکتورها و رله حرارتی (بی متال) ازلحاظ عملکرد سیستم

- بازدید ولتاژ و جریان الکتریکی تابلو کنترل
- بازدید و تست مقاومت عایق بندی و سیل بودن اتصال برق به ژنراتور با استفاده از دستگاه Megger ۱۰۰۰v که از طریق سیم‌های UVM نسبت به هم و نسبت به سیم ارت بایستی سنجیده شود ونبایستی کمتر از ۵ مگا اهم باشد.
- بازدید ولتاژ و فرکانس خروجی دیزل ژنراتور
- باتری شارژ و دشارژ باتری‌های دیزل ژنراتور
- بازدید ولتاژ باتری دیزل ژنراتور
- بازدید و اندازه‌گیری مقاومت سیم پیچ استاتور دیزل ژنراتور با استفاده از دستگاه Megger ۱۰۰۰v طبق دستورالعمل مربوطه.
- بازدید گلند وسیل بودن محفظه بین ترمینال داخلی و بدنه تابلو برق و تابلو کنترل
- بازدید آلارم‌های سمعی و بصری دیزل ژنراتور ازقبیل قطع برق ،فشار روغن،حرارت زیاد بدنه و ...
- بررسی و بازدید و کنترل سیستم خنک کننده سیم پیچ ژنراتور
- بررسی و کنترل و بازدید از فرکانس ژنراتور و اطمینان از عدم افزایش ویا کاهش آن از مقادیر مجاز
- کنترل ولتاژ و جریان خروجی دیزل ژنراتور (هر سه فاز) و اطمینان از متعادل بودن مقادیر
- کنترل ولتاژ و جریان تحریک ژنراتور و اطمینان از نرمال و عادی بودن مقادیر
- کنترل و بازدید ضریب قدرت ژنراتور و اطمینان از عدم منفی شدن آن در مراحل مختلف بار دهی دیزل ژنراتور
- بازدید اتصالات الکتریکی جعبه اتصال کابل های قدرت دیزل ژنراتور و اطمینان از محکم بودن آنها
- اطمینان از عدم وجود هر گونه تغییر رنگ، ترک خوردگی، شکستگی و سوختگی در محل اتصالات
- بررسی و کنترل و بازدید ضریب قدرت ژنراتور و اطمینان از عدم منفی شدن(اثر خازنی)ضریب قدرت در مراحل مختلف باردهی دیزل ژنراتور
- بررسی و بازدید و اطمینان از باز بودن دمپر جلوی رادیاتور دیزل ژنراتور

- بررسی و کنترل ولتاژ و جریان تحریک ژنراتور و اطمینان از نرمال و عادی بودن مقادیر (متناسب با میزان بار دیزل ژنراتور)
- بررسی و کنترل توان اکتیو و راکتیو دیزل ژنراتور و اطمینان از عدم افزایش آنها از مقادیر مجاز (طبق دستورالعمل و توصیه کارخانه سازنده)
- کنترل و بازدید از اتصالات الکتریکی جعبه اتصال کابل‌های قدرت دیزل ژنراتور و اطمینان از محکم بودن آنها.
- کنترل و بازدید و بررسی دمپینگ‌های پلاستیکی (لرزه گیر)بین پایه و فنداسیون دیزل ژنراتور و اطمینان از سالم بودن آنها.
- سایر موارد اعلام شده از سوی سازنده.

نکات مهم راه اندازی در فصول سرد

در آغاز فصل سرما موارد ذیل را در خصوص سوخت‌ها – مایع خنك كاری و روغن رعایت نمایید

در صورت کاهش دمای محیط به زیر درجه صفر برای چند روز و نیز در دسترس نبودن گرم کن اولیه روغن، بایستی روغن موتور تخلیه و يك روغن زمستانی مناسب جایگزین گردد و برای محافظت از یخ زدگی به مایع خنك‌کاری ضدیخ اضافه گردد. در طول فصل سرما بایستی به باطریها توجه بیشتری نمود. در دمای ۱۰ - درجه ظرفیت باطری تا ۶۰ ٪ افت پیدا می‌کند بدین جهت بعد از خاموش کردن موتور باطری‌ها را در جای گرمی قرار دهید.

موارد لزوم توقف اضطراری جهت ایمنی دیزل زنراتور

- افت زیاد فشار روغن
- نوسان شدید فشار روغن
- خروج آلاینده‌های غلیظ از اگزوز موتور
- افت دور و قدرت بدون اینکه تغییری در اهرم کنترل یا خفه کن ایجاد شود.
- افزایش زیاددمای موتور
- افزایش زیاددمای روغن

- افزایش زیاد مایع خنك کاری
- سر و صدای غیر عادی از موتور

محاسبات انتخاب ژنراتور

صرفنظر از لزوم تطبیق استانداردهای حاکم بر ساخت دیزل ژنراتور، هدف از محاسبه توان مصرفی، رسیدن به عدد درست برای انتخاب دیزل ژنراتور است. زیرا درصورتیکه ژنراتورکوچکتر از توان مورد نیاز محاسبه و تهیه گردد،درمواقع لزوم پاسخ مناسبی برای خروج از وضعیت اضطراری نخواهد داد ودرصورتیکه ژنراتوری با توان بیش از حد تعیین شده توسط استاندارد مورد پذیرش ایمنی و برق اضطراری تهیه گردد، مشمول هزینه‌های اضافی سرمایه گذاری و استهلاک گرانتری خواهد گردید. با توجه به عدم استفاده کل آمپر مشترک شده با خطوط توزیع برق، معیار قرار دادن این آمپر منجر به طراحی و خرید سیستم دیزل ژنراتور بسیار بزرگی خواهد شد که علاوه بر تحمیل هزینه‌های یاد شده، مشکلات تامین سوخت و راه اندازی و ... را نیز در پی خواهد داشت.لذا معیار انتخاب دیزل ژنراتور، توان مصرفی تجهیزات در حالت اضطراری است.برای این منظور بصورت زیر اقدام می‌گردد:

آمپرمصرفی هرمصرف‌کننده‌ای که درشرایط اضطراری می‌بایست سرویس‌دهی نماید، شامل کلیه مصرف کننده‌های تک فاز و سه فازو سیستم‌های ابزار دقیق و... را بر اساس روابط زیر می‌بایست محاسبه و تجمیع گردد.

از روی name plate و مدارک فنی هر تجهیز می‌بایست یکی از پارامترهای زیر را بدست آورد:

- اسب بخار (hp)
- کیلووات (kW)
- کاوآ (kva)
- آمپر (A)

حال با استفاده از روابط بین این پارامترها که در جدول زیر ارائه گردیده است و در آنها I برابر جریان بر حسب آمپر و E ولتاژ و PF برابر پاور فاکتور یا ضریب قدرت و EFF بازده موتور و KW کیلووات و BHP توان یا اسب بخار ترمزی و KVA کیلوولت

آمپر و HP اسب بخارتجهیزات خواهد بود نسبت به تعیین آمپر مصرف کننده‌ها اقدام می‌گردد:

پارامتر مورد محاسبه	تک فاز	سه فاز	جریان مستقیم DC
KVA	$\frac{I \times E}{۱۰۰۰}$	$\frac{I \times E \times ۱٫۷۳}{۱۰۰۰}$	--------
Kilowatts (KW)	$\frac{I \times E \times PF}{۱۰۰۰}$	$\frac{I \times E \times ۱٫۷۳ \times PF}{۱۰۰۰}$	$\frac{I \times E}{۱۰۰۰}$
Horsepower (BHP)	$\frac{I \times E \times ٪EFF \times PF}{۷۴۶}$	$\frac{I \times E \times ۱٫۷۳۲ \times ٪EFF \times PF}{۷۴۶}$	$\frac{I \times E \times ٪EFF}{۷۴۶}$
Amperes (when HP is known)	$\frac{HP \times ۷۴۶}{E \times ٪EFF \times PF}$	$\frac{HP \times ۷۴۶}{۱٫۷۳ \times E \times ٪EFF \times PF}$	$\frac{HP \times ۷۴۶}{E \times ٪EFF}$
Amperes (when kW is known)	$\frac{KW \times ۱۰۰۰}{E \times PF}$	$\frac{KW \times ۱۰۰۰}{۱٫۷۳ \times E \times PF}$	$\frac{KW \times ۱۰۰۰}{E}$
Amperes (when KVA is known)	$\frac{KVA \times ۱۰۰۰}{E}$	$\frac{KVA \times ۱۰۰۰}{۱٫۷۳ \times E}$	-------

نکته مهم در انتخاب ژنراتور این است که با توجه به اینکه ژنراتور برق را در لحظه تولید می‌کند و پشتوانه ای مانند شبکه برق شهری ندارد لذا در محاسبه توان ژنراتور باید کلیه مصرف‌های لحظه استارت (استارت اولیه) را در نظر گرفت. بدین ترتیب به مصرف‌کننده‌هایی مثل روشنایی‌ها که در لحظه ابتدایی روشن شدن توان بیشتری مصرف نمی‌کنند ضریب یک داده و به مصرف‌کننده‌هایی که موتور الکتریکی دارند مانند پمپ‌ها و... که در لحظه ابتدایی روشن شدن توان لحظه‌ای بیشتری مصرف می‌کنند طبق تقسیم‌بندی ذیل ضریب داده می‌شود:

- مصرف‌کننده‌های روشنائی ضریب ۱
- موتورهای الکتریکی با حالت راه‌اندازی مستقیم ضریب ۲/۵
- موتورهای الکتریکی با حالت راه‌اندازی دو ضرب (ستاره مثلث) ضریب۱/۷
- موتورهای الکتریکی با حالت راه‌اندازی از طریق اینورتر (سافت درایو) ضریب ۱

حال اعداد بدست آمده در هر دو حالت سه فاز و تکفاز را به صورت مجزا در گروه خودشان با یکدیگر جمع نموده و عدد بدست آمده در حالت تکفاز را نیز تقسیم بر سه نموده و با عدد بدست آمده در حالت سه فاز جمع می‌نمایند . عدد نهایی همان میزان توان مصرفی مورد نیاز ما بر حسب آمپر سه فاز است .حال با تقسیم آمپر حاصله بر ۱،۸ کیلووات سه فاز و یا باتقسیم آن بر۱،۴۴ KVA بدست می‌آید.

بدین ترتیب توان مورد نیاز مشخص گردیده است ولی تا اینجا فقط ۵۰درصد محاسبات را انجام داده ایم . ۵۰ درصد مابقی مربوط به انتخاب دیزلی است که بتواند توان مصرفی را تامین کند.توان تعریف شده توسط سازندگان دیزل ژنراتورها در ارتفاع سطح دریا، تهویه مناسب، دمای ۲۵درجه سانتی‌گراد و سایر شرایط استاندارد محیط کارکرد و سوخت مصرفی می‌باشد . لیکن با توجه به محل استقرار دستگاه افت‌هایی در رسیدن به اعداد قید شده توسط سازنده لازم است.از طرفی شرکت سازنده برای هر دیزل ژنراتوری یک توان اضطراری و یک توان دائم تعریف می‌نماید. توان اضطراری یا Standby Power در واقع همان توانی است که دستگاه تا یک ساعت می‌تواند در اختیار مصرف کننده قرار دهد و پس از ساعت اول دچار افت حدود ۱۰ درصدی شده و از آن به بعد توان دائم Prime Power را می‌تواند در اختیار مصرف کننده قرار دهد. نکته دیگر توجه به این مورد است که اگر قرار است دیزل ژنراتور دائم کار کند، بهتر است با بیش از ۸۰ درصد توان کار نکند ولی در مصرف اضطراری از کل توان دستگاه نیز می‌توان استفاده کرد.البته استفاده طولانی مدت از دستگاه در محدوده توانی کمتر از ۳۰ درصد توان کل دستگاه نیز آسیب‌های جدی را به آن وارد می‌کند.

ضمیمه ۱

آحاد تبدیل کمیت‌های فیزیکی مربوط به مایعات

Length

Meters	x	3.281	= Feet
Centimeters	x	0.394	= Inches
Millimeters	x	0.0394	= Inches

Mass

Kilograms	x	2.2	= Lbs.
Gallons Of Water	x	8.34	= Lbs.
Cubic Feet of Water	x	62.4	= Lbs.
Pounds	x	0.454	= Kilograms

Volume

Liter	x	0.264	= Gallon
Cubic Feet	x	7.48	= Gallon
Lbs. Of Water	x	0.119	= Gallon
Imperial Gallon (British)	x	1.2	= Gallon (U.S.)
U.S. Gallon	x	3.785	= Liter

Pressure

Feet of Water	x	0.433	= PSI
Inches of Hg.	x	0.491	= PSI
Atmosphere	x	14.7	= PSI
Meters of Water	x	1.42	= PSI
Kilograms/sq. Centimeter	x	14.22	= PSI
Bar	x	14.7	= PSI

Pressure (continued)

Atmosphere	x	33.9	= Feet of Water
PSI	x	2.31	= Feet of Water
Inches of Hg.	x	1.13	= Feet of Water

Flow

Lbs. Of Water/Hour	x	0.002	= GPM
Lbs. Of Fluid/Hour / Specific Gravity	x	0.002	= GPM
Cu. Meter/Hour	x	4.4	= GPM
Kg. Of Water/Minute	x	0.264	= GPM
Liters/Minute	x	0.264	= GPM
GPM	x	3.785	= Liters/Minute

Power

$$\text{Liquid HP} = \frac{\text{GPM} \times \text{Head ft.} \times \text{Specific Gravity}}{3960}$$

$$\text{BHP} = \frac{\text{GPM} \times \text{Head ft.} \times \text{Specific Gravity}}{3960 \times \text{Pump Efficiency}}$$

Viscosity

$$\frac{\text{Centipoise}}{\text{Specific Gravity}} = \text{Centistokes}$$

Centistokes x 4.64 = SSU (Approx.)

Temperature

(1.8 X °C) + 32 = °F

.555 (°F – 32°) = °C

Degrees Kelvin – 273.2 = Degrees Centigrade

ضمیمه ۲

تبدیل آحاد مختلف دبی(شدت جریان حجمی)

Name of Unit	Unit Abbreviation	Conversion Factor
Meter(s)	m	1 ft = 0.3048 m
Foot (feet)	ft	1 m = 3.281 ft
Millimeter(s)	mm	1 in. = 25.4 mm
Inch(es)	in.	1 mm = 0.03937 in.
Liter(s)	L	1 gal = 3.785 L
Gallon(s) (U.S.)	gal	1 L = 0.2642 gal
Cubic decimeter(s)	dm^3	1 gal = 3.785 dm^3
Cubic meter(s)	m^3	1 ft^3 = 0.0283 m^3
Cubic foot (feet)	ft^3	1 m^3 = 35.31 ft^3
Pascal(s)	Pa	1 psi = 6894.757 Pa; 1 bar = 10^5 Pa
Pound(s) per square inch	psi	1 Pa = 0.000145 psi; 1 bar = 14.5 psi
Bar	bar	1 Pa = 10^{-5} bar; 1 psi = 0.0689 bar

ضمیمه ۳

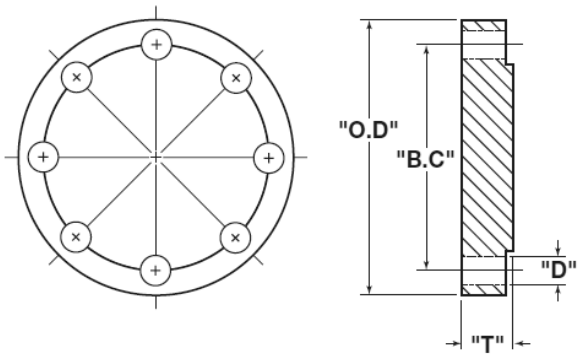
حداقل سایز لوله‌های متصل به بخش‌های مختلف پمپ

Pump Rating (gpm)	Minimum Pipe Sizes (Nominal) (in.)						
	Suction*†	Discharge*	Relief Valve	Relief Valve Discharge	Meter Device	Number and Size of Hose Valves	Hose Header Supply
25	1	1	¾	1	1¼	1 — 1½	1
50	1½	1¼	1¼	1½	2	1 — 1½	1½
100	2	2	1½	2	2½	1 — 2½	2½
150	2½	2½	2	2½	3	1 — 2½	2½
200	3	3	2	2½	3	1 — 2½	2½
250	3½	3	2	2½	3½	1 — 2½	3
300	4	4	2½	3½	3½	1 — 2½	3
400	4	4	3	5	4	2 — 2½	4
450	5	5	3	5	4	2 — 2½	4
500	5	5	3	5	5	2 — 2½	4
750	6	6	4	6	5	3 — 2½	6
1000	8	6	4	8	6	4 — 2½	6
1250	8	8	6	8	6	6 — 2½	8
1500	8	8	6	8	8	6 — 2½	8
2000	10	10	6	10	8	6 — 2½	8
2500	10	10	6	10	8	8 — 2½	10
3000	12	12	8	12	8	12 — 2½	10
3500	12	12	8	12	10	12 — 2½	12
4000	14	12	8	14	10	16 — 2½	12
4500	16	14	8	14	10	16 — 2½	12
5000	16	14	8	14	10	20 — 2½	12

Pump Rating (L/min)	Minimum Pipe Sizes (Nominal) (mm)						
	Suction*†	Discharge*	Relief Valve	Relief Valve Discharge	Meter Device	Number and Size of Hose Valves	Hose Header Supply
95	25	25	19	25	32	1 — 38	25
189	38	32	32	38	50	1 — 38	38
379	50	50	38	50	65	1 — 65	65
568	65	65	50	65	75	1 — 65	65
757	75	75	50	65	75	1 — 65	65
946	85	75	50	65	85	1 — 65	75
1,136	100	100	65	85	85	1 — 65	75
1,514	100	100	75	125	100	2 — 65	100
1,703	125	125	75	125	100	2 — 65	100
1,892	125	125	100	125	125	2 — 65	100
2,839	150	150	100	150	125	3 — 65	150
3,785	200	150	150	200	150	4 — 65	150
4,731	200	200	150	200	150	6 — 65	200
5,677	200	200	150	200	200	6 — 65	200
7,570	250	250	150	250	200	6 — 65	200
9,462	250	250	200	250	200	8 — 65	250
11,355	300	300	200	300	200	12 — 65	250
13,247	300	300	200	300	250	12 — 65	300
15,140	350	300	200	350	250	16 — 65	300
17,032	400	350	200	350	250	16 — 65	300
18,925	400	350	200	350	250	20 — 65	300

ضمیمه ۴

جداول ابعاد استاندارد فلنج‌های مسدود کننده
(Blind Flanges)



Cast Iron–125#					
Nominal Pipe Size	Outside Dia. of Flange "O.D"	Thickness "T"	Dia. of Bolt Circle "BC"	No. of Holes	Dia. of Bolt Holes "D"
1"	4¼"	7/16"	3⅛"	4	⅝"
1½"	5"	9/16"	3⅞"	4	⅝"
2"	6"	⅝"	4¾"	4	¾"
2½"	7"	11/16"	5½"	4	¾"
3"	7½"	¾"	6"	4	¾"
3½"	8½"	13/16"	7"	8	¾"
4"	9"	15/16"	7½"	8	¾"
5"	10"	15/16"	8½"	8	⅞"
6"	11"	1"	9½"	8	⅞"
8"	13½"	1⅛"	11¾"	8	⅞"

Cast Iron–250#					
Nominal Pipe Size	Outside Dia. of Flange "O.D"	Thickness "T"	Dia. of Bolt Circle "BC"	No. of Holes	Dia. of Bolt Holes "D"
1"	4⅞"	11/16"	3½"	4	¾"
1½"	6⅛"	13/16"	4½"	4	⅞"
2"	6½"	⅞"	5"	8	¾"
2½"	7½"	1"	5⅞"	8	⅞"
3"	8¼"	1⅛"	6⅝"	8	⅞"
3½"	9"	1 3/16"	7¼"	8	⅞"
4"	10"	1¼"	7⅞"	8	⅞"
5"	11"	1⅜"	9¼"	8	⅞"
6"	12½"	1 7/16"	10⅝"	12	⅞"
8"	15"	1⅝"	13"	12	1"

Forged Steel – 150#					
Nominal Pipe Size	Outside Dia. of Flange "O.D."	Thickness "T"	Dia. of Bolt Circle "BC"	No. of Holes	Dia. of Bolt Holes "D"
½"	3½"	7/16"	2⅜"	4	⅝"
¾"	3⅞"	½"	2¾"	4	⅝"
1"	4¼"	9/16"	3⅛"	4	⅝"
1½"	5"	11/16"	3⅞"	4	⅝"
2"	6"	¾"	4¾"	4	¾"
2½"	7"	⅞"	5½"	4	¾"
3"	7½"	15/16"	6"	4	¾"
3½"	8½"	15/16"	7"	8	¾"
4"	9"	15/16"	7½"	8	¾"
5"	10"	15/16"	8½"	8	⅞"
6"	11"	1"	9½"	8	⅞"
8"	13½"	1⅛"	11¾"	8	⅞"

Forged Steel – 300#					
Nominal Pipe Size	Outside Dia. of Flange "O.D."	Thickness "T"	Dia. of Bolt Circle "BC"	No. of Holes	Dia. of Bolt Holes "D"
½"	3¾"	9⁄16"	2⅝"	4	⅝"
¾"	4⅝"	⅝"	3¼"	4	¾"
1"	4⅞"	11⁄16"	3½"	4	¾"
1½"	6⅛"	13⁄16"	4½"	4	⅞"
2"	6½"	⅞"	5"	8	¾"
2½"	7½"	1"	5⅞"	8	⅞"
3"	8¼"	1⅛"	6⅝""	8	⅞"
3½"	9"	1 3⁄16"	7¼""	8	⅞"
4"	10"	1¼"	7⅞"	8	⅞"
5"	11"	1⅜"	9¼"	8	⅞"
6"	12½"	1 7⁄16"	10⅝"	12	⅞"
8"	15"	1⅝"	13"	12	1"

Forged Steel – 600#					
Nominal Pipe Size	Outside Dia. of Flange "O.D."	Thickness "T"	Dia. of Bolt Circle "BC"	No. of Holes	Dia. of Bolt Holes "D"
½"	3¾"	9⁄16"	2⅝"	4	⅝"
¾"	4⅝"	⅝"	3¼"	4	¾"
1"	4⅞"	11⁄16"	3½"	4	¾"
1½"	6⅛"	⅞"	4½"	4	⅞"
2"	6½"	1"	5"	8	¾"
2½"	7½"	1⅛"	5⅞"	8	⅞"
3"	8¼"	1¼"	6⅝"	8	⅞"
3½"	9"	1 3⁄16"	7¼"	8	1"
4"	10¾"	1½"	8½"	8	1"
5"	13"	1¾"	10½"	8	1⅛"
6"	14"	1⅞"	11½"	12	1⅛"
8"	16½"	2 3⁄16"	13¾"	12	1¼"

Forged Steel – 900#					
Nominal Pipe Size	Outside Dia. of Flange "O.D."	Thickness "T"	Dia. of Bolt Circle "BC"	No. of Holes	Dia. of Bolt Holes "D"
½"	4¾"	⅞"	3¼"	4	⅞"
¾"	5⅛"	1"	3½"	4	⅞"
1"	5⅞"	1⅛"	4"	4	1"
1½"	7"	1¼"	4⅞"	4	1⅛"
2"	8½"	1½"	6½"	8	1"
2½"	9⅝"	1⅝"	7½"	8	1⅛"
3"	9½"	1½"	7½"	8	1"
4"	11½"	1¾"	9¼"	8	1¼"
5"	13¾"	2"	11"	8	1¼"
6"	15"	2 3/16"	12½"	12	1¼"
8"	18½"	2½"	15½"	12	1½"

Forged Steel – 1500#					
Nominal Pipe Size	Outside Dia. of Flange "O.D."	Thickness "T"	Dia. of Bolt Circle "BC"	No. of Holes	Dia. of Bolt Holes "D"
½"	4¾"	⅞"	3¼"	4	⅞"
¾"	5⅛"	1"	3½"	4	⅞"
1"	5⅞"	1⅛"	4"	4	1"
1½"	7"	1¼"	4⅞"	4	1⅛"
2"	8½"	1½"	6½"	8	1"
2½"	9⅝"	1⅝"	7½"	8	1⅛"
3"	10½"	1⅞"	8"	8	1¼"
4"	12¼"	2⅛"	9½"	8	1⅜"
5"	14¾"	2⅞"	11½"	8	1⅝"
6"	15½"	3¼"	12½"	12	1½"
8"	19"	3⅝"	15½"	12	1¾"

Forged Steel – 2500#					
Nominal Pipe Size	Outside Dia. of Flange "O.D."	Thickness "T"	Dia. of Bolt Circle "BC"	No. of Holes	Dia. of Bolt Holes "D"
½"	5¼"	1 3/16"	3½"	4	⅞"
¾"	5½"	1¼"	3¾"	4	⅞"
1"	6¼"	1⅜"	4¼"	4	1"
1½"	8"	1¾"	5¾"	4	1¼"
2"	9¼"	2"	6¾"	8	1⅛"
2½"	10½"	2¼"	7¾"	8	1¼"
3"	12"	2⅝"	9"	8	1⅜"
4"	14"	3"	10¾"	8	1⅝"
5"	16½"	3⅝"	12¾"	8	1⅞"
6"	19"	4¼"	14½"	8	2⅛"
8"	21¾"	5"	17¼"	12	2⅛"

ضمیمه ۵

قطر خارجی و ضخامت لوله‌ها براساس استاندارد ASA

Cast Iron Pipe–ASA Standard

Pipe Size	Pipe O.D.	Class 50 50 PSIG		Class 100 100 PSIG		Class 150 150 PSIG		Class 200 200 PSIG		Class 250 250 PSIG		Class 300 300 PSIG		Class 350 350 PSIG	
		WALL	I.D.	WALL	I.D.	WALL	I.D.	WALL	I.D.	WALL	I.D.	WALL	I.D.	WALL	I.D.
3	3.96	0.32	3.32	0.32	3.32	0.32	3.32	0.32	3.32	0.32	3.32	0.32	3.32	0.32	3.32
4	4.80	0.35	4.10	0.35	4.10	0.35	4.10	0.35	4.10	0.35	4.10	0.35	4.10	0.35	4.10
6	6.90	0.38	6.14	0.38	6.14	0.38	6.14	0.38	6.14	0.38	6.14	0.38	6.14	0.38	6.14
8	9.05	0.41	8.23	0.41	8.23	0.41	8.23	0.41	8.23	0.41	8.23	0.41	8.23	0.41	8.23
10	11.10	0.44	10.22	0.44	10.22	0.44	10.22	0.44	10.22	0.44	10.22	0.48	10.14	0.52	10.06
12	13.20	0.48	12.24	0.48	12.24	0.48	12.24	0.48	12.24	0.52	12.16	0.51	12.16	0.56	12.08
14	15.30	0.48	14.34	0.51	14.28	0.51	14.28	0.55	14.20	0.59	14.12	0.59	14.12	0.64	14.02

Cast Iron Pipe–AWWA Standard

Pipe Size	Class A 100 Ft. 43 PSIG			Class B 200 Ft. 86 PSIG			Class C 300 Ft. 130 PSIG			Class D 400 Ft. 173 PSIG		
	O.D.	WALL	I.D.	O.D.	WALL	I.D.	O.D.	WALL	I.D.	O.D.	WALL	I.D.
3	3.80	0.39	3.02	3.96	0.42	3.12	3.96	0.45	3.06	3.96	0.48	3.00
4	4.80	0.42	3.96	5.00	0.45	4.10	5.00	0.48	4.04	5.00	0.52	3.96
6	6.90	0.44	6.02	7.10	0.48	6.14	7.10	0.51	6.08	7.10	0.55	6.00
8	9.05	0.46	8.13	9.05	0.51	8.03	9.30	0.56	8.18	9.30	0.60	8.10
10	11.10	0.50	10.10	11.10	0.57	9.96	11.40	0.62	10.16	11.40	0.68	10.04
12	13.20	0.54	12.12	13.20	0.62	11.96	13.50	0.68	12.14	13.50	0.75	12.00
14	15.30	0.57	14.16	15.30	0.66	13.98	15.65	0.74	14.17	15.65	0.82	14.01
16	17.40	0.60	16.20	17.40	0.70	16.00	17.80	0.80	16.20	17.80	0.89	16.02
18	19.50	0.64	18.22	19.50	0.75	18.00	19.92	0.87	18.18	19.92	0.96	18.00
20	21.60	0.67	20.26	21.60	0.80	20.00	22.06	0.92	20.22	22.06	1.03	20.00
24	25.80	0.76	24.28	25.80	0.89	24.02	26.32	1.04	24.22	26.32	1.16	24.00
30	31.74	0.88	29.98	32.00	1.03	29.94	32.40	1.20	30.00	32.74	1.37	30.00
36	37.96	0.99	35.98	38.30	1.15	36.00	38.70	1.36	39.98	39.16	1.58	36.00
42	44.20	1.10	42.00	44.50	1.28	41.94	45.10	1.54	42.02	45.58	1.78	42.02
48	50.50	1.26	47.98	50.80	1.42	47.96	51.40	1.71	47.98	51.98	1.96	48.06
54	56.66	1.35	53.96	57.10	1.55	54.00	57.80	1.90	54.00	58.40	2.23	53.94
60	62.80	1.39	60.02	63.40	1.67	60.06	64.20	2.00	60.20	64.82	2.38	60.06
72	75.34	1.62	72.10	75.00	1.95	72.10	76.88	2.39	72.10	–	–	–
84	87.54	1.72	84.10	88.54	2.22	84.10	–	–	–	–	–	–

Pipe Size	Class E 500 Ft. 217 PSIG			Class F 600 Ft. 260 PSIG			Class G 700 Ft. 304 PSIG			Class H 800 Ft. 347 PSIG		
	O.D.	WALL	I.D.	O.D.	WALL	I.D.	O.D.	WALL	I.D.	O.D.	WALL	I.D.
6	7.22	0.58	6.06	7.22	0.61	6.00	7.38	0.65	6.08	7.38	0.69	6.00
8	9.42	0.66	8.10	9.42	0.71	8.00	9.60	0.75	8.10	9.60	0.80	8.00
10	11.60	0.74	10.12	11.60	0.80	10.00	11.84	0.86	10.12	11.84	0.92	10.00
12	13.78	0.82	12.14	13.78	0.89	12.00	14.08	0.97	12.14	14.08	1.04	12.00
14	15.98	0.90	14.18	15.98	0.99	14.00	16.32	1.07	14.18	16.32	1.16	14.00
16	18.16	0.98	16.20	18.16	1.08	16.00	18.54	1.18	16.18	18.54	1.27	16.00
18	20.34	1.07	18.20	20.34	1.17	18.00	20.78	1.28	18.22	20.78	1.39	18.00
20	22.54	1.15	20.24	22.54	1.27	20.00	23.02	1.39	20.24	23.02	1.51	20.00
24	26.90	1.31	24.28	26.90	1.45	24.00	27.76	1.75	24.26	27.76	1.88	24.00
30	33.10	1.55	30.00	33.46	1.73	30.00	–	–	–	–	–	–
36	39.60	1.80	36.00	40.04	2.02	36.00	–	–	–	–	–	–

ضمیمه ۶

تبدیل واحدهای الکتریکی

KW = ۱٫۳۴۱ ÷ HP

HP = ۱٫۳۴۱* KW

KVA = ۰٫۸ ÷ KW

KW = ۰٫۸ * KVA

KVA = ۱٫۴۴ ÷ A

A = ۱٫۴۴ * KVA

منابع و مراجع

- راهنمای علمی و عملی پمپ و پمپاژ –اکبر حسن پور –انتشارات ادبستان -۱۳۸۹
- لوله کشی صنعتی –انتشارات سازمان فنی و حرفه ای - ۱۳۸۶
- مقاله روح اله ترابی، تحلیل سه بعدی جریان و بهینه سازی حلزونی پمپ سانتریفیوژ
- انتخاب شیرهای صنعتی –اکبرخورشیدیان –نشر طراح - ۱۳۸۶
- دکتر نور بخش، سید احمد، پمپ و پمپاژ، انتشارات دانشگاه تهران چاپ نهم ۱۳۸۵
- سایت شرکت پمپ ابارا (www.ebara.ir)
- مهندس اکبر حسین پور، پمپ و پمپاژ ،عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت نفت و آموزش مرکزی شرکت ملی نفت ایران
- نشریه فنی و آموزش شرکت پمپیران
- تعمیر و نگهداشت دیزل ژنراتورها، علی بیات
- اصول جامع آتش‌نشانی –چاپ دوم –یونس امیری –نشر یزدا -۱۳۹۴
- وب سایت‌های رسمی و مرتبط با موضوع

- API Standard 653, Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction, second edition. 1995. Washington, DC: API.
- API Standard 2000, Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks (Nonrefrigerated and Refrigerated), fifth edition. 1998. Washington, DC: API.
- SIKICH G.W, "Emergency Management Planning Handbook", USA, 1996
- King R., Hirst R., Evans G., "King Safety in the Process Industries" Great Britain, 1998 "EMERGENCY MANAGEMENT PROGRAM"
- Ferry, R.L., Documentation Of Rim Seal Loss Factors For The Manual Of Petroleum MeasurementStandards: Chapter 19--Evaporative Loss Measurement: Section 2--Evaporative Loss From FloatingRoof Tanks, preliminary draft, American Petroleum Institute, April 5, 1995.

- Use Of Variable Vapor Space Systems To Reduce Evaporation Loss, Bulletin No. 2520, AmericanPetroleum Institute, New York, NY, 1964.
- Written communication from A. Parker, Midwest Research Institute, to D. Beauregard, U. S.Environmental Protection Agency, Final Deck Fitting Loss Factors for AP-42 Section 7.1,February 23, 1996.20. Courtesy of R. Ferry, TGB Partnership, Hillsborough, NC.
- Evaporative Loss from Storage Tank Floating Roof Landings, Technical Report 2567, AmericanPetroleum Institute, Washington, D.C., April 2005.
- www.dieselserviceandsupply.com
- http://www.engineeringtoolbox.com/pump-fan-efficiency-d_633.html

یادداشت

یادداشت