فصل سوم

پمپ‌های گسسته

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل فراگیر باید بتواند :

۱ــ پمپ‌های با جابه‌جایی مثبت را تقسیم‌بندی نماید.

۲ــ اصول کار پمپ‌های دنده‌ای را توضیح دهد.

۳ــ اجزای ظاهری پمپ دنده‌ای را شناسایی کند.

۴ــ اصول کار پمپ‌های پره‌ای را توضیح دهد.

۵ــ اجزای ظاهری پمپ دنده‌ای را شناسایی کند.

۶ــ اصول کار پمپ‌های پیستونی را توضیح دهد.

۷ــ اجزای ظاهری پمپ پیستونی را شناسایی کند.

پمپ‌های گسسته برای افزایش فشار سیال به‌کار برده می‌شوند و در آن‌ها به ازای هر دور چرخش محور محرک مقدار معینی از سیال به سمت خروجی پمپ فرستاده می‌شود که توانایی غلبه بر فشار خروجی و اصطکاک را نیز دارند. این پمپ‌ها برای فشار زیاد و دبی کم استفاده می‌شوند.

پمپ‌های گسسته : این نوع پمپ‌ها به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند :

ــ پمپ‌های گردشی

ــ پمپ‌های رفت و برگشتی

۱ــ۳ــ پمپ‌های گردشی (rotary pumps)

این پمپ‌ها دارای قطعات گردنده‌ای می‌باشند که سیال را مستقیماً به جلو می‌رانند و در انواع مختلفی موجود هستند.

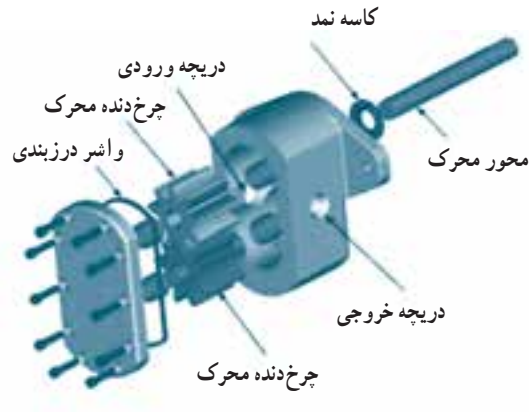
ــ پمپ‌های چرخ‌دنده‌ای (gear pumps)

ـ پمپ‌های پره‌ای (vane pumps)

۱ـ۱ـ۳ـ پمپ‌های چرخ‌دنده‌ای : این پمپ‌ها با حمل سیال در فضای بین دندانه‌های خود ایجاد جریان می‌کنند و به دلیل طراحی آسان، هزینه ساخت پایین و اندازه کوچک در صنعت کاربرد زیادی پیدا کرده‌اند و دارای انواع زیر هستند :

الف) پمپ دنده خارجی (external gear pumps) **(شکل ۱ـ۳)** : در محفظه این پمپ دو چرخ‌دنده قرار دارد که یکی از چرخ‌دنده‌ها به محور محرک متصل بوده و چرخ دنده دیگر متحرک می‌باشد (شکل ۲ـ۳). با چرخش محور محرک و دور شدن چرخ‌دنده‌ها از هم با ایجاد خلأ نسبی سیال به فضای بین چرخ‌دنده‌ها و پوسته کشیده شده و به سمت دریچه خروجی رانده می‌شود به علت مماس بودن چرخ‌دنده‌ها و مسدود شدن مسیر امکان برگشت سیال به محفظه ورودی وجود ندارد (شکل ۳ـ۳). با توجه به دورهای بالای پمپ که تا rpm ۲۷۰۰ می‌رسد انتقال سیال بسیار سریع انجام می‌شود. این پمپ‌ها بیش‌تر برای انتقال سیالات نفتی و مایعات لزجی که حالت چربی دارند استفاده می‌گردد.

شکل ۱ـ۳ـ نوعی پمپ دنده خارجی



شکل ۲ـ۳ـ اجزاء ساختمانی پمپ دنده خارجی

شکل ۳ـ۳ـ مراحل کار پمپ دنده خارجی

ب) پمپ دنده داخلی (internal gear pumps) : در این پمپ‌ها محور چرخ‌دنده G نسبت به پوسته پمپ خارج از مرکز که به این دلیل در قسمت مکش دندانه‌های چرخ‌دنده G از گودی‌های چرخ‌دنده T خارج شده (شکل ۴ــ۳) و در نتیجه ایجاد مکش می‌کنند و سیال را به داخل کشیده آن را به طرف قسمت خروجی می‌راند که در نزدیکی دریچه خروجی دندانه‌های چرخ‌دنده G وارد گودی‌های چرخ‌دنده T شده مایع را تحت فشار قرار می‌دهند و به بیرون می‌فرستند. قطعه C نیز فاصله بین دو چرخ‌دنده را پر کرده تا قسمت مکش و خروجی از هم جدا شده و سیال مابین دنده‌های قسمت بالا و پایین این قطعه منتقل می‌گردد (شکل ۵ــ۳).

شکل ۴ــ۳ــ اجزای ساختمانی پمپ دنده داخلی

شکل ۵ــ۳ــ طرز جریان سیال در پمپ دنده داخلی

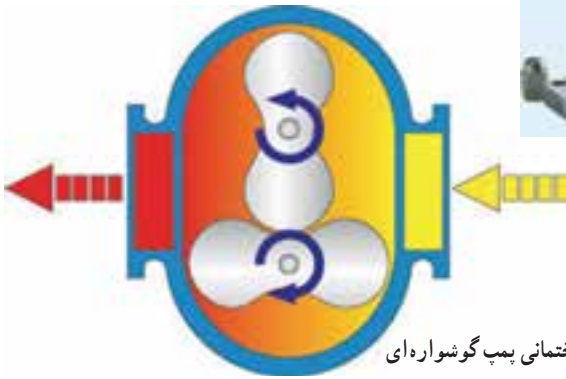
ج) پمپ‌های ژیروتور (gyrotor pumps) : عملکرد این پمپ‌ها شبیه پمپ‌های چرخ‌دنده داخلی است. در این پمپ‌ها قطعه‌ای شبیه چرخ‌دنده وجود دارد که ته دنده‌ها منحنی می‌باشد این عضو را ژیروتور می‌نامند (شکل ۶ــ۳) عضو ژیروتور محرک بوده و چرخیدن آن موجب چرخیدن روتور چرخ‌دنده‌ای درگیر با آن می‌شود که نتیجه این مکانیزم آب‌بندی بین نواحی پمپاژ تأمین می‌گردد. خارج از مرکز بودن محور ژیروتور و بیش‌تر بودن تعداد دندانه‌های روتور چرخ‌دنده‌ای باعث می‌شود که با چرخش ژیروتور در قسمت ورودی فاصله بین دو دندانه درگیر به‌تدریج زیاد شده و بر اثر مکش سیال به فاصله ایجاد شده وارد گردد و در ادامه مسیر بین دندانه‌ها محبوس شده و به قسمت خروجی منتقل گردد (شکل ۷ــ۳) در قسمت خروجی با نزدیک شدن دندانه‌ها به هم فاصله آن‌ها از هم کم شده و سیال تحت فشار به بیرون رانده می‌شود.

شکل ۶ــ۳ــ برش‌خورده پمپ ژیروتور

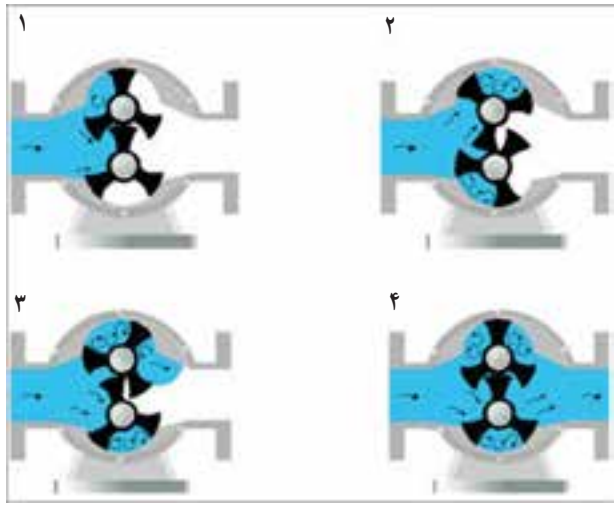
شکل ۷ــ۳ــ طرز کار پمپ ژیروتور

د) پمپ گوشواره‌ای (lobe pumps) **(شکل ۸ــ۳)** : در این پمپ‌ها به جای چرخ‌دنده در محفظه پمپ قطعاتی به نام گوشواره قرار دارد (شکل ۹ــ۳). فضای بین گوشواره‌ها در مجاورت دریچه مکش زیاد شده در نتیجه ایجاد خلأ می‌کند و سپس در نزدیکی دریچه رانش گوشواره‌ها به هم نزدیک می‌شوند و سیال را تحت فشار به بیرون می‌فرستند (شکل ۱۰ــ۳).

شکل ۸ــ۳ــ پمپ گوشواره‌ای



شکل ۹ــ۳ــ اجزای ساختمانی پمپ گوشواره‌ای

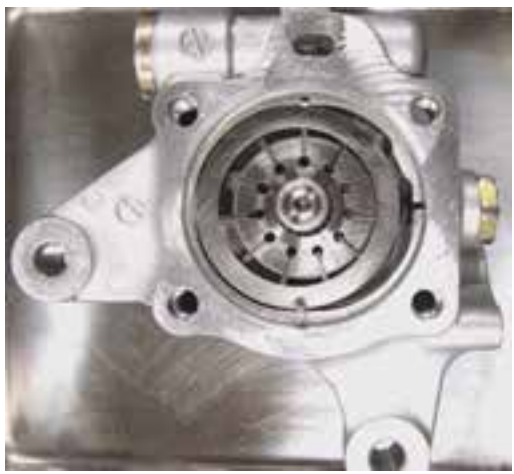


شکل ۱۰ــ۳ــ مراحل کار پمپ گوشواره ای

□**کار کارگاهی** : به کمک مربی انواع پمپ‌های دنده‌ای را در کارگاه مورد بررسی قرار دهید.

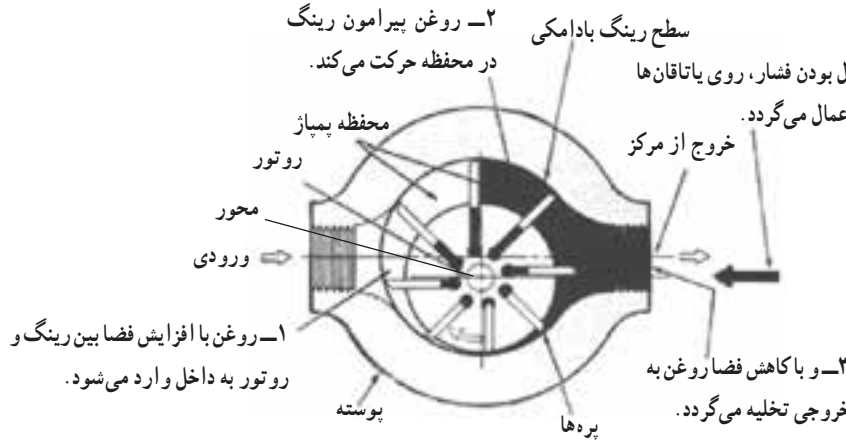
۲ــ۱ــ۳ــ پمپ‌های پره‌ای :

الف) پمپ تیغه‌ای (vane pumps) : این پمپ‌ها دارای یک قسمت گردنده (روتور) اند که نسبت به محفظه به‌صورت خارج از مرکز قرار می‌گیرد (شکل ۱۱ــ۳) در امتداد شعاع‌های قسمت گردنده که استوانه‌ای شکل می‌باشد تعدادی شیار وجود دارد. در هر شیار تیغه لغزانی قرار می‌گیرد که فضای بین قسمت گردنده و محفظه با چرخش قسمت گردنده و حرکت تیغه‌ها در امتداد شعاع تقسیم‌بندی و مسدود می‌گردد. با چرخیدن قسمت گردنده فضای بین روتور و محفظه در نیم دور اول چرخش محور افزایش یافته و انبساط حجمی حاصله باعث کاهش فشار و ایجاد مکش می‌گردد در نتیجه سیال به طرف مجرای ورودی پمپ جریان می‌یابد. در نیم‌دور دوم با کم شدن فضای بین پره‌ها سیال که در این فضاها قرار دارد با فشار به سمت خروجی

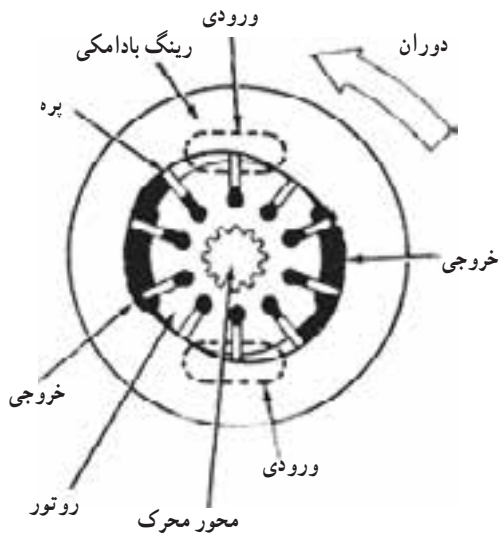


شکل ۱۱ــ۳ــ پمپ تیغه‌ای

رانده می‌شود (شکل ۱۲ــ۳). به دلیل خارج از مرکز بودن محور روتور (عدم تقارن) بار جانبی وارد بر یاتاقان‌ها افزایش می‌یابد و در فشارهای بالا ایجاد مشکل می‌کند.



شکل ۱۲ــ۳ــ طرز کار پمپ تیغه‌ای



شکل ۱۳ــ۳ــ پمپ تیغه‌ای بالانس

برای رفع این مشکل از پمپ‌های تیغه‌ای متقارن (بالانس) استفاده می‌شود(شکل ۱۳ــ۳). شکل بیضوی پوسته در این پمپ‌ها باعث می‌شود که مجاری ورودی و خروجی نظیر به نظیر روبه‌روی هم قرار گیرند و تعادل هیدرولیکی برقرار گردد. با این ترفند بار جانبی وارد بر یاتاقان‌ها کاهش می‌یابد.

با توجه به اینکه پمپ‌های تیغه‌ای مورد استفاده درتولید خلأ توسط روغن نشت کرده، یاتاقان‌های آنها روغن‌کاری می‌شود و روغن دائماً از مخزن به داخل پمپ وارد می‌شود و پس از روغن‌کاری از لوله خروجی به همراه هوا خارج می‌گردد و با استفاده از مخزن روغن‌گیر در خروجی پمپ از ورود روغن به محیط و آلودگی محیط زیست جلوگیری می‌نمائید.

ب) پمپ‌های پره‌ای لاستیکی **(شکل ۱۴ــ۳)** : پروانه این نوع پمپ از لاستیک قابل انعطاف ساخته شده است (شکل ۱۵ــ۳). در قسمتی از محفظه پمپ برآمدگی وجود دارد که با چرخش پروانه هرگاه پره‌ها به این برآمدگی می‌رسند جمع شده، فضای بین دو پره کاهش یافته لذا امکان عبور تمام سیال وجود ندارد در نتیجه سیال اضافه از مجرای خروجی به بیرون رانده می‌شود. هرگاه پره‌ها از برآمدگی عبور کنند، فضای بین دو پره افزایش یافته، مکش حاصل شده سیال را از راه مجرای ورودی به فضای بین پره‌ها می‌کشد و سیال با چرخش پروانه به سمت مجرای خروجی منتقل می‌گردد (شکل ۱۶ــ۳).

شکل ۱۴ــ۳ــ پره‌های پمپ پره‌های لاستیکی

شکل ۱۵ــ۳ــ پمپ پره‌ای لاستیکی

شکل ۱۶ــ۳ــ طرز کار پمپ

□**کار کارگاهی** : به کمک مربی انواع پمپ‌های گردشی را باز نموده و قطعات آن را بررسی کنید.

۲ــ۳ــ پمپ‌های رفت و برگشتی (displacement pumps)

این پمپ‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از :

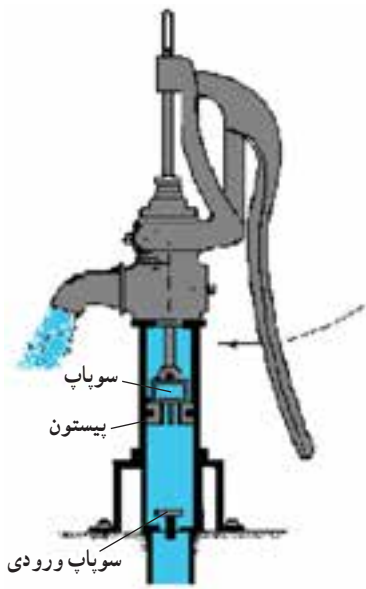
ــ پمپ‌های پیستونی

ــ پمپ‌های دیافراگمی

۱ــ۲ــ۳ــ پمپ‌های پیستونی (piston pumps) : این نوع پمپ‌ها دارای پیستون و سیلندر هستند و اساس کار آن‌ها این است که پیستون‌ها در حرکت رفت خود سیال را به درون سیلندر می‌مکند و در حرکت برگشت خود سیال را بیرون می‌رانند. این پمپ‌ها به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند :

ــ پمپ‌های پیستونی مکشی

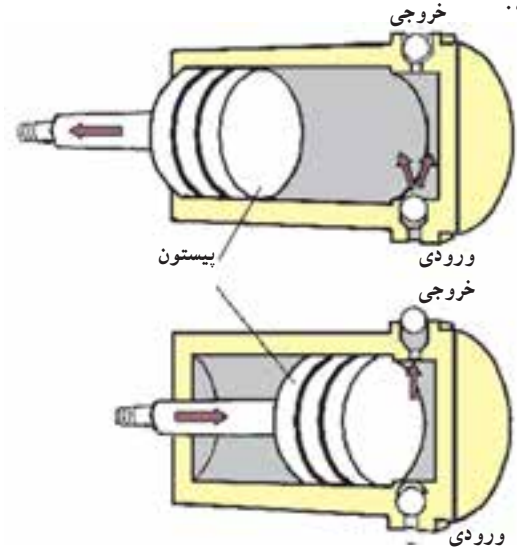
ــ پمپ‌های پیستونی فشاری



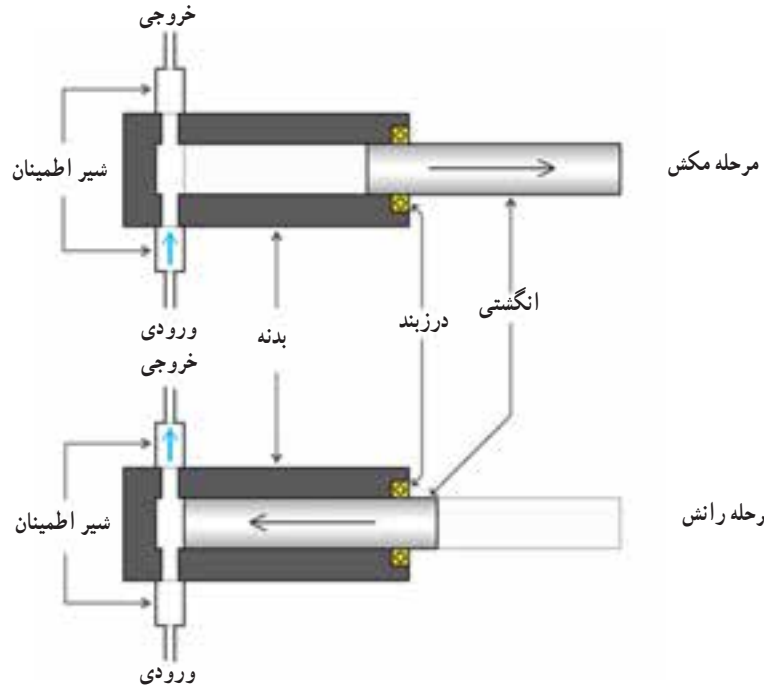
شکل ۱۷ــ۳ــ پمپ پیستونی مکشی

۱ــ پمپ‌های پیستونی مکشی : این پمپ دارای یک پیستونی بوده که در مرکز آن سوپاپی تعبیه شده است، در قسمت پایین سیلندر نیز سوپاپ ورودی قرار دارد. با بالا رفتن پیستون بر اثر مکش سیال از طریق سوپاپ ورودی وارد سیلندر می‌شود و با پایین آمدن پیستون سوپاپ ورودی بسته شده و سیال از طریق سوپاپ روی پیستون به بالای پیستون منتقل می‌گردد. مجدداً با بالا رفتن پیستون ضمن مکش سیال به زیر پیستون، سیال بالای پیستون از مجرای خروجی خارج می‌شود.

۲ــ پمپ‌های پیستونی فشاری : این پمپ سیال را تحت فشار بیشتری از فشار جو قرار داده و در نتیجه می‌تواند آن را با فشار بیشتری پمپاژ کند. در این پمپ با حرکت پیستون (شکل ۱۸ــ۳) و یا انگشتی (شکل ۱۹ــ۳) به عقب دریچه خروجی بسته و دریچه ورودی باز و بر اثر مکش سیال به داخل سیلندر مکیده می‌شود. در مرحله بعد ضمن پایین آمدن پیستون دریچه ورودی بسته و دریچه خروجی باز و در نتیجه سیال با فشار به بیرون فرستاده می‌شود. این پمپ‌ها دارای دو سوپاپ (در پمپ یک طرفه) و یا چهار سوپاپ (در پمپ دوطرفه) می‌باشند.

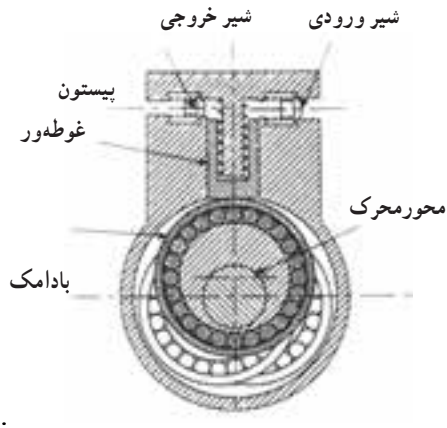


شکل ۱۸ــ۳ــ طرز کار پمپ پیستونی یک‌طرفه



شکل ۱۹ــ۳ــ طرز کار پمپ انگشتی

نوعی از آن پمپ‌ها به نام پمپ‌های پلانچری شکل ۲۰ــ۳ یا پمپ‌های پیستونی رفت و برگشتی با ظرفیت بالا می‌باشند. در این پمپ برروی محور محرک بادامک خارج از مرکزی قرار دارد که روی این بادامک رولبرینگ نصب شده است. پیستون در تماس با این رولبرینگ در قسمت بالای پمپ و داخل سیلندر قرار گرفته که به کمک فنر دائماً به روی بادامک قرار می‌گیرد با چرخش بادامک و عبور آن از زیرپیستون آن را به سمت بالا منتقل کرده و سیال بالای پیستون فشرده شده و از طریق سوپاپ خروجی خارج می‌گردد با چرخش بادامک و رد شدن آن از زیر پیستون، پیستون به کمک فنر به پایین هدایت شده و مکش بالای پیستون سیال را از سوپاپ ورودی به بالای پیستون منتقل می‌کند.



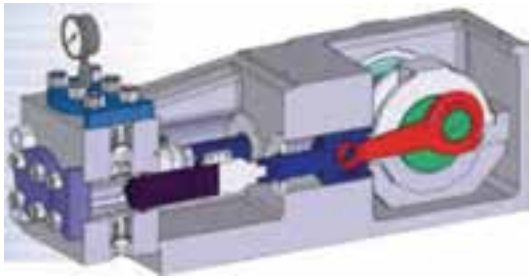
شکل ۲۰ــ۳ــ ساختمان پمپ پلانجری

پمپ‌های پیستونی یک واحده (پیستون و سیلندر) و یا چند واحده می‌باشند. پمپ‌های چند

واحده یا به‌صورت ردیفی و یا دورانی ساخته می‌شوند.

الف) پمپ‌های پیستونی ردیفی (شکل ۲۱ــ۳) : در این پمپ‌ها چند واحد پمپ در یک ردیف کنار هم قرار گرفته‌اند (شکل ۲۲ــ۳) و هرکدام به ترتیب و پشت سر هم عمل پمپاژ سیال را انجام می‌دهند که در نتیجه گسستگی در انتقال سیال کم‌تر می‌شود.

شکل ۲۱ــ۳ــ پمپ ردیفی پیستونی



شکل ۲۲ــ۳ــ اجزای ساختمانی پمپ ردیفی پیستونی

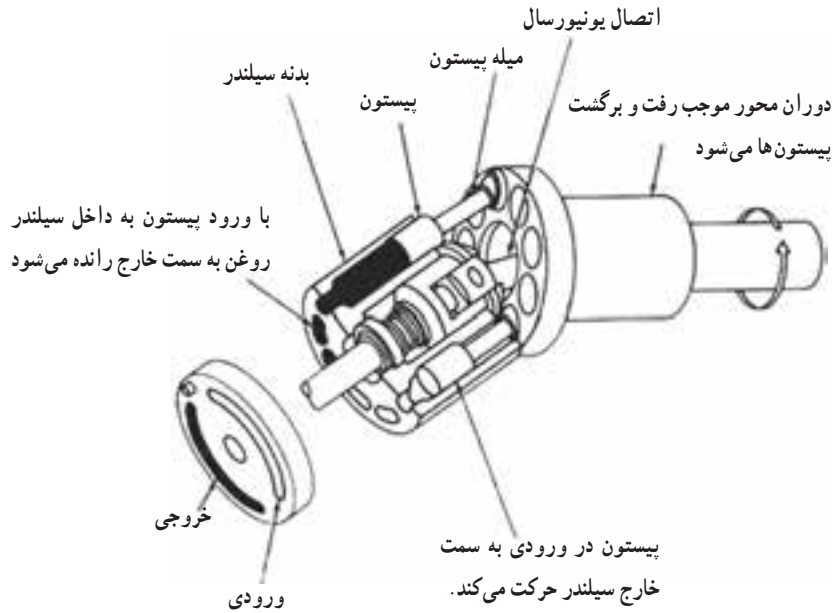
ب) پمپ‌های پیستونی دوار (rotopiston pumps) : از نظر طراحی این پمپ‌ها به دو دسته شعاعی و محوری تقسیم می‌شوند.

۱ــ پمپ‌های پیستونی دوار محوری: این پمپ‌ها خود به دو دسته با محور خمیده و با صفحه زاویه‌گیر تقسیم می‌شوند.

ــ پمپ‌های پیستونی محوری با محور خمیده (bent–axis type) axial piston pumps)) (شکل ۲۳ــ۳) : در این پمپ‌ها خط مرکزی بدنه سیلندر با زاویه معینی نسبت به خط مرکزی محور محرک

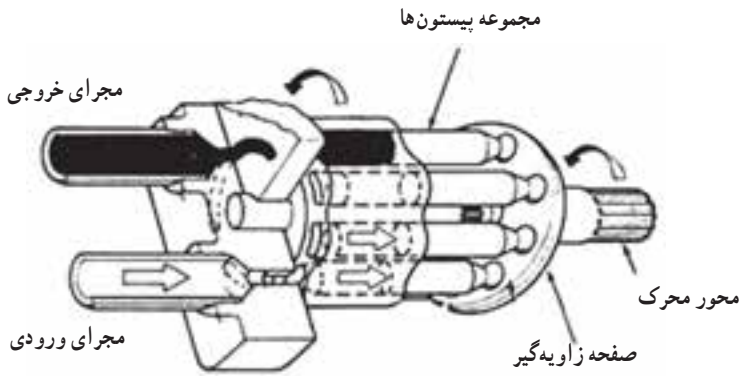
شکل ۲۳ــ۳ــ پمپ پیستونی محوری با محور خمیده

قرار دارد. میله پیستون توسط اتصالات کروی به فلنج محور محرک متصل هستند به‌طوری که تغییر فاصله بین فلنج محرک و بدنه سیلندر باعث حرکت رفت و برگشت پیستون می‌شود(شکل ۲۴ــ۳). یک اتصال یونیورسال بدنه سیلندر را به محور محرک متصل می‌کند. میزان خروجی پمپ با تغییر زاویه بین دو محور پمپ قابل تغییر است. در زاویه صفر خروجی وجود ندارد و بیشینه خروجی در زاویه ۳۰° درجه به‌دست خواهد آمد.



شکل ۲۴ــ۳ــ اجزای ساختمانی پمپ پیستونی محوری با محور خمیده

ــ پمپ‌های پیستونی محوری با صفحه زاویه‌گیر (Swash plate) axial piston pumps) : در این نوع پمپ‌ها محور بدنه سیلندر و محور محرک در یک راستا قرار می‌گیرند و در حین حرکت دورانی به‌خاطر پیروی از وضعیت صفحه زاویه‌گیر پیستون‌ها حرکت رفت و برگشتی انجام خواهند داد (شکل ۲۵ــ۳). با این حرکت سیال را از ورودی مکیده و در خروجی پمپ می‌کنند (شکل ۲۶ــ۳). این پمپ‌ها را می‌توان با خاصیت جابه‌جایی متغیر نیز طراحی نمود. در این پمپ‌ها وضعیت صفحه زاویه‌گیر قابل تنظیم و تغییر می‌باشد. حداکثر زاویه صفحه زاویه‌گیر حدود ۱۷/۵ درجه می‌باشد.

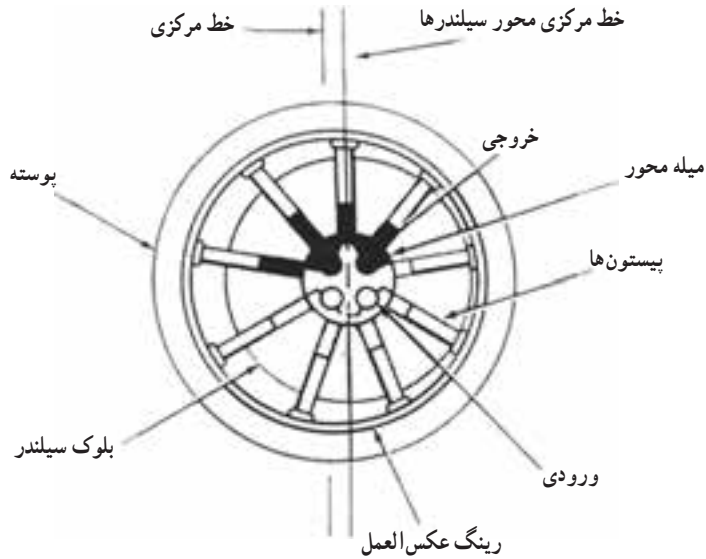


شکل ۲۵ــ۳ــ پمپ پیستونی محوری با صفحه زاویه‌گیر

شکل ۲۶ــ۳ــ طرز کار پمپ پیستونی محوری با صفحه زاویه‌گیر

۲ــ پمپ‌های پیستونی شعاعی (radial piston pumps) : در این پمپ‌ها بدنه سیلندر قطعه‌ای استوانه‌ای شکل است که به صورت خارج از مرکز در داخل بدنه پمپ قرار می‌گیرد. بر روی سطح جانبی بدنه سیلندر، استوانه‌هایی در امتداد شعاع وجود دارد. در داخل این استوانه‌ها پیستون‌ها به صورت آزادانه می‌توانند رفت و برگشت کنند. به دلیل چرخش بدنه سیلندر و در نتیجهٔ نیروی گریز از مرکز و فشار سیال پشت پیستون‌ها، پیستون‌ها همیشه به سمت خارج سیلندرها هدایت می‌شوند و با رینگ عکس‌العمل که در داخل بدنه سیلندر قرار دارد در تماس هستند. از آن‌جایی که محور بدنه سیلندر نسبت به رینگ عکس‌العمل خارج از مرکز می‌باشد در ناحیه‌ای که پیستون‌ها از محور روتور

فاصله دارند خلأ نسبی به‌وجود آمده در نتیجه مکش انجام می‌گیرد در ادامه دوران روتور پیستون‌ها به محور نزدیک شده و سیال موجود در روتور را به خروجی پمپ می‌کند (شکل ۲۷ــ۳).



شکل ۲۷ــ۳ــ طرز کار پمپ پیستونی شعاعی

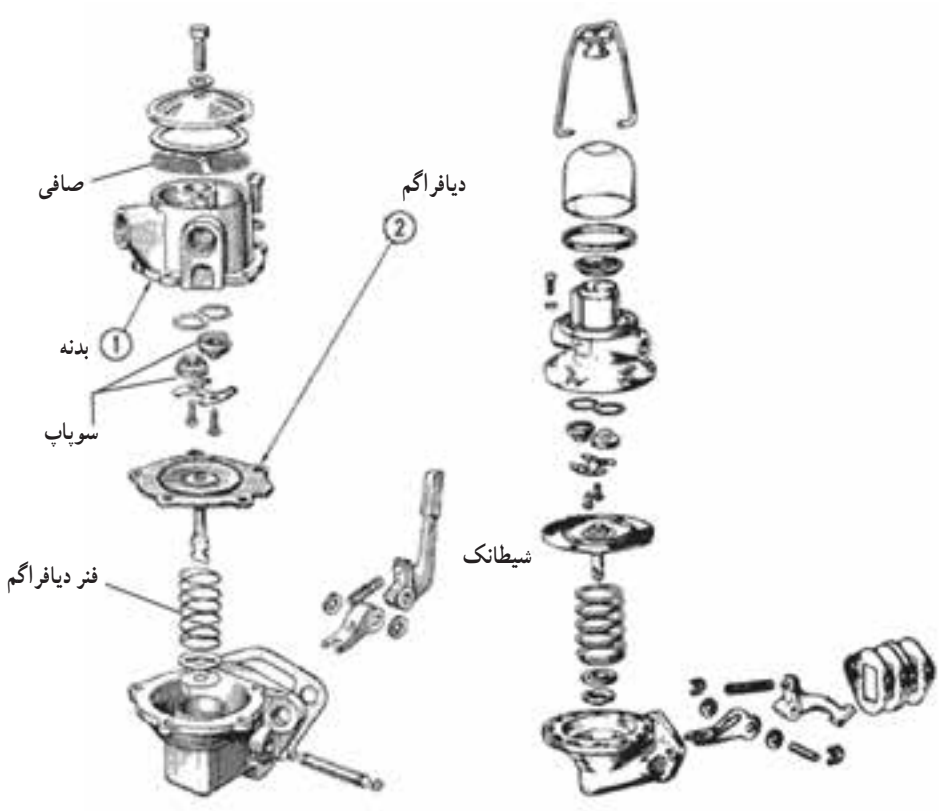
□**کار کارگاهی** : زیر نظر مربی انواع پمپ‌های پیستونی را در کارگاه مورد بررسی قرار دهید.

۲ــ۲ــ۳ــ پمپ‌های دیافراگمی (Diaphragms pumps) :معمولاً برای انتقال مواد سوختی (شکل ۲۸ــ۳) محلول‌های قلیایی و آب‌های محتوی شن و ماسه (شکل ۲۹ــ۳) و اسیدها که پمپ‌های فلزی را فرسوده می‌کند از این پمپ استفاده می‌کنند.

شکل ۲۸ــ۳ــ پمپ بنزین

شکل ۲۹ــ۳ــ پمپ آب دیافراگمی

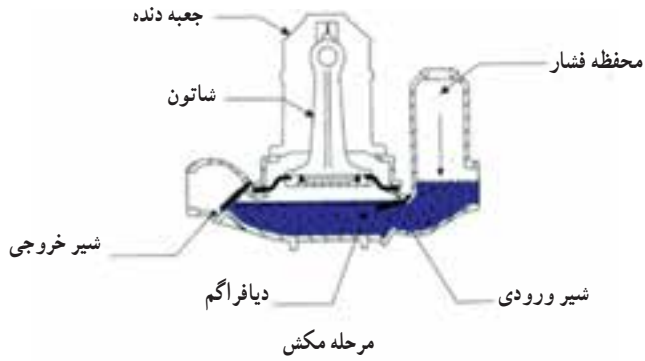
انگشتی این پمپ در داخل سیلندر حرکت نمی‌کند بلکه به مرکز یک غشای لاستیکی (دیافراگم) متصل است. حاشیه خارجی این دیافراگم به وسیله فلانج به محفظه پمپ پیچ شده است (شکل ۳۰ــ۳). دیافراگم معمولاً از لاستیک با جنس مقاوم ساخته می‌شود تا هم در مقابل خوردگی مایعات مقاوم باشد و هم خاصیت ارتجاعی خود را از دست ندهد. علاوه بر محفظه دیافراگم و انگشتی این پمپ‌ها مجهز به یک سوپاپ ورودی و یک سوپاپ خروجی می‌باشند.



شکل ۳۰ــ۳ــ اجزای ساختمانی پمپ دیافراگمی

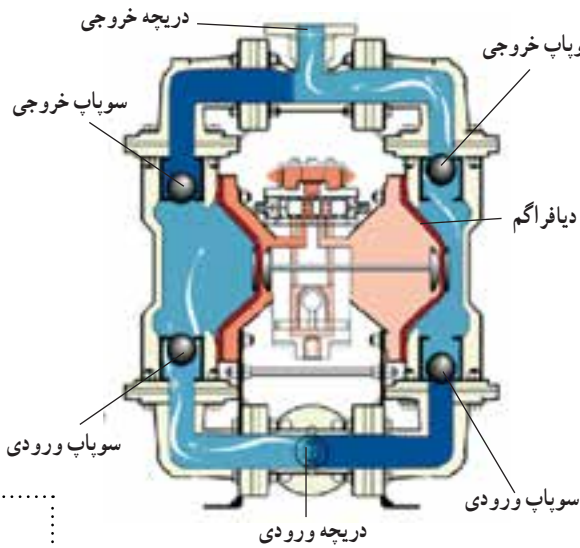
حرکت انگشتی به‌طرف بالا مایع را از راه سوپاپ ورودی (مکش) به داخل محفظه می‌کشد و هنگام پایین آمدن باعث خروج مایع از طریق سوپاپ خروجی (رانش) می‌شود (شکل ۳۱ــ۳).

در دسته‌ای از پمپ‌های دیافراگمی برای آن‌که گسستگی در پمپاژ سیال کمتر شود از دو پمپ در مقابل هم استفاده می‌شود (شکل ۳۲ــ۳) که هم‌زمان وقتی یک پمپ درحال مکش است دیگری درحال ارسال سیال می‌باشد (شکل ۳۳ــ۳).



شکل ۳۱ــ۳ــ طرز کار پمپ دیافراگمی

شکل ۳۲ــ۳ــ پمپ دیافراگمی دوبل

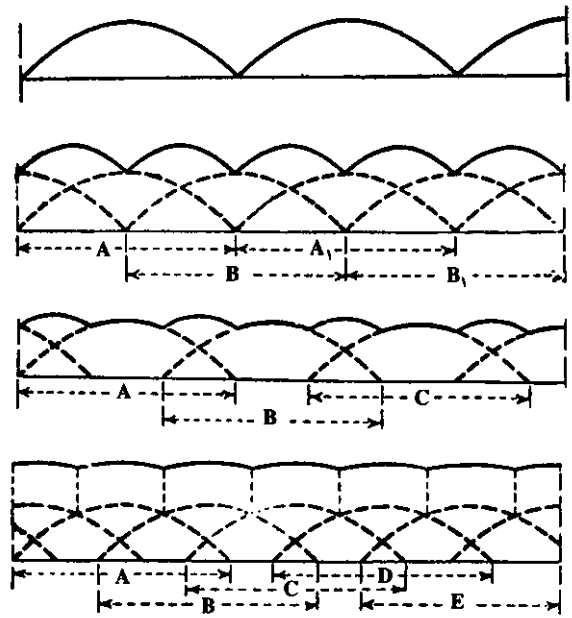


شکل ۳۳ــ۳ــ طرز کار پمپ دیافراگمی دوبل

□**کار کارگاهی** : به کمک مربی پمپ دیافراگمی را باز کرده و قطعات و طرز کار آن‌را مورد بررسی قرار دهید.

۳ــ۳ــ خصوصیات جریان مایع در پمپ متناوب

در پمپ متناوب جریان مایع ضربانی و منقطع می‌باشد و مقدار این انقطاع بستگی به نوع پمپ و هم‌چنین مجهز بودن پمپ به محفظه هوا دارد که می‌توان آن را به‌صورت منحنی شکل ۳۵ــ۳ نشان داد در این منحنی محور عمودی دبی خروجی و محور افقی زمان را نشان می‌دهد.

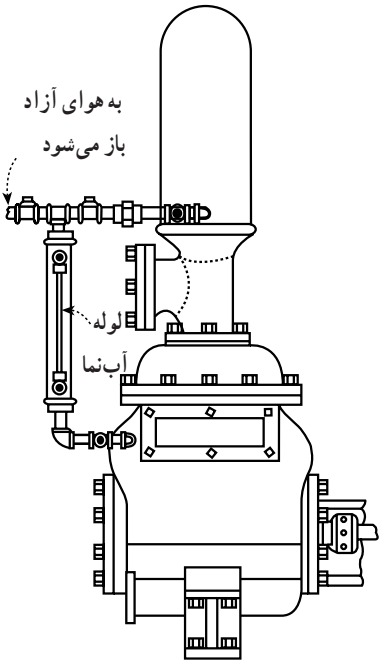


شکل ۳۴ــ۳ــ مشخصات جریان مایع خروجی از پمپ‌های موتوری یک سیلندر دوطرفه، دو سیلندر دوطرفه، سه سیلندر یک‌طرفه و پنج سیلندر یک‌طرفه، (به‌ترتیب از بالا به پایین).

۴ــ۳ــ تجهیزات نصب شده روی پمپ‌های متناوب

معمولاً برای یکنواخت کردن جریان در پمپ‌های متناوب و نیز جلوگیری از افزایش فشار بیش از اندازه مجاز، از تجهیزاتی در شبکه استفاده می‌شود این تجهیزات یا مستقیماً بر روی پمپ نصب شده و یا در مسیر جریان خروج سیال در شبکه لوله‌ها نصب می‌شود.

۱ــ۴ــ۳ــ محفظهٔ هوا : در طرح بسیاری از پمپ‌ها از محفظهٔ هوا استفاده شده است. محفظه هوا معمولاً روی قسمت خروجی پمپ نصب می‌شود و بدین‌طریق باعث یکنواخت کردن جریان خروجی مایع شده، هم‌چنین باعث تسهیل کارکرد سوپاپ خروجی می‌شود.



شکل ۳۵ــ۳ــ یک نوع محفظه هوا

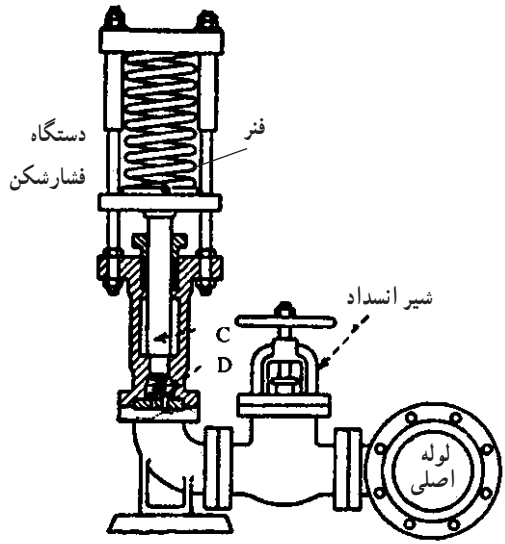
هوای درون این محفظه موقع ضربه پیستون فشرده شده، در پایان ضربه به‌تدریج منبسط می‌شود و مایع را درحال حرکت نگه می‌دارد تا ضربه بعدی پیستون شروع شود. اندازه محفظه هوا بستگی به نوع، تعداد سیلندر و سرعت پمپ دارد. معمولاً حجم این محفظه برای پمپ‌های یک پیستونی با فشار معمولی، برابر با حجم مایع جابه‌جایی در یک مرحلهٔ حرکت پیستون می‌باشد و برای پمپ‌های دو پیستونی این حجم دو برابر پمپ‌های یک پیستونی می‌باشد.

با توجه به این‌که بر اثر کارکرد زیاد و به جهت واکنش‌های شیمیایی هوا جذب آب می‌شود، بنابراین هر چند هم که محفظه هوا بدون درز و به‌صورت آب‌بندی کامل ساخته شده باشد پس از مدتی نیاز به شارژ کردن (یعنی پر کردن) آن از هوا دارد که برای این عمل ابتدا آب درون محفظه را توسط شیری که در پایین آن نصب شده است خارج و سپس با استفاده از هوای فشرده، محفظه را از هوا پر می‌کنند.

در گروهی از این محفظه‌ها در داخل مخزن، کیسه‌ای از هوا قرار داده می شود که با افزایش فشار سیال، هوا در آن متراکم شده و با کاهش فشار سیال، هوای متراکم فشار را به سیال انتقال می‌دهد که درنتیجه باعث یکنواخت شدن دبی خروجی می‌گردد.

۲ــ۴ــ۳ــ ضامن ایمنی یا فشارشکن : برای جلوگیری از ترکیدن پمپ و لوله‌ها که ممکن است در اثر ضربه یا توقف ناگهانی پیش آید، قسمت خروجی پمپ‌های متناوب به دستگاه فشارشکن مجهزند. این دستگاه فشار اضافی را با کمک یک پیستون که تحت فشار فنری قرار گرفته است، جذب و ضربه‌ها را مستهلک می‌کند. فشار فنر روی پیستون، تا وقتی که سیستم تحت فشار عادی است از حرکت انگشتی C جلوگیری می‌کند. اگر به هر علتی فشار غیرعادی شود فنر جمع شده و انگشتی C از جای خود بلند می‌شود و با خارج شدن سیال، فشار در لوله کاهش می‌یابد، سپس با کاهش فشار، فنر

بازشده و انگشتی به‌تدریج در جای خود می‌نشیند. دستگاه فشارشکن دارای سوپاپ کنترل D است که از برگشت سریع انگشتی به جای خود جلوگیری می‌کند. با توجه به این‌که به‌دنبال هر ضربه، فشار در داخل لوله‌ها کم می‌شود، در صفحه سوپاپ کنترل، سوراخ‌های کوچکی تعبیه شده تا مایع از طریق آن‌ها و به آرامی به داخل لوله‌ها برگردد و مانع تولید ضربه در دستگاه فشارشکن شود.



شکل ۳۶ــ۳ــ دستگاه فشارشکن برای تلمبه‌های فشار قوی

۳ــ۴ــ۳ــ جنس قطعات پمپ‌های تناوبی : پیستون معمولاً از چدن یا آلومینیوم ساخته می‌شود و مجهز به رینگ‌هایی از جنس پلاستیک مقاوم یا چرم می‌باشد. در برخی نمونه‌ها از رینگ‌های فنری استفاده می‌شود. از فولاد ضدزنگ برای ساختن دسته پیستون استفاده می‌شود.

ــ انگشتی یا پلانجر، معمولاً از فولاد مقاوم ساخته می‌شود. در برخی موارد ممکن است انگشتی را از جنس چدن بسازند. جنس ساختمانی این قطعات بستگی به نوع و دمای سیال انتقالی دارد. از نظر جنس و اندازه انگشتی‌ها دارای محدوده بسیار وسیعی می‌باشند.

ــ سیلندر، جنس سیلندر را از چدن و بوش داخل آن را از برنج یا آلیاژهای آن می‌سازند. در مواردی که مایع خاصیت خورندگی داشته باشد، جنس بوش را از فولاد، نیکل یا آلیاژهای آن‌ها می‌سازند. در برخی موارد ممکن است بوش سیلندر را از جنس پلاستیک بسیار مقاوم بسازند.

۴ــ۴ــ۳ــ سوپاپ‌ها : سوپاپ‌ها را از آلیاژهای برنز، فولاد و گاهی از لاستیک می‌سازند.

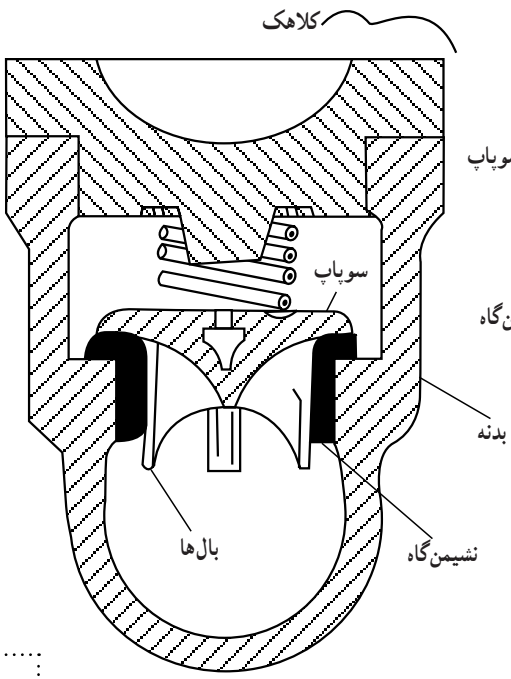
در پمپ‌های تناوبی ممکن است به‌جای یک سوپاپ بزرگ از چند سوپاپ کوچک استفاده کرد که این امر باعث دوام بیشتر و نرم کار کردن پمپ و هم‌چنین کمتر شدن صدای آن می‌شود.

سوپاپ‌های متداول در پمپ‌های مختلف عبارت‌اند از :

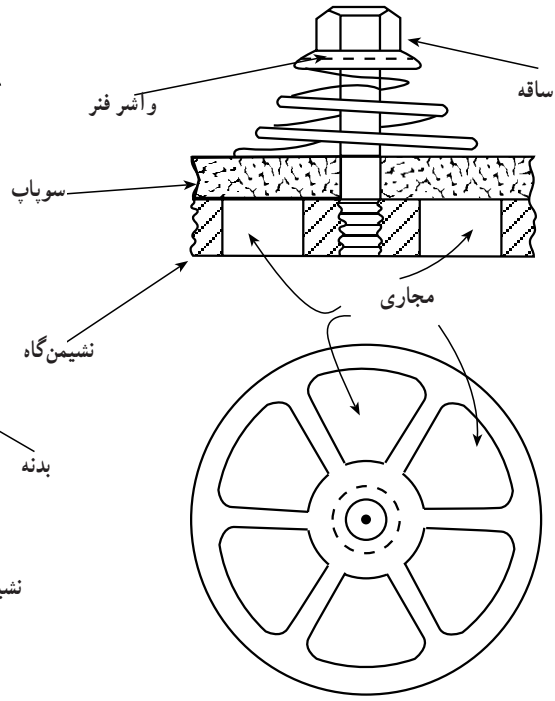
سوپاپ دیسکی، سوپاپ بالی و سوپاپ گلوله‌ای

۱ــ سوپاپ دیسکی: این سوپاپ متداول‌ترین نوع سوپاپ است و در اغلب پمپ‌های متناوب به‌کار می‌رود. ساختمان آن از یک سوپاپ لاستیکی دیسک واره تشکیل شده که در مرکز آن سوراخی تعبیه شده است تا به‌وسیله محوری که از مرکز می‌گذرد بالا و پایین رفتن سوپاپ میسّر شود. در بالای دیسک، فنری تعبیه شده که سوپاپ را روی نشیمن‌گاهش بنشاند. نوع و جنس لاستیک برای فشار و دماهای مختلف متفاوت است.

۲ــ سوپاپ بالی: ساختمان آن از یک سوپاپ دنباله‌دار، یک فنر، و یک نشیمن‌گاه تشکیل شده است دنباله سوپاپ که بال راهنمای سوپاپ نام دارد، عمل هدایت سوپاپ به‌طرف بالا یا پایین را تسهیل می‌کند. جنس سوپاپ و نشیمن‌گاه بیشتر از برنز است و برای فشارهای متوسط یا زیاد به‌کار می‌رود.

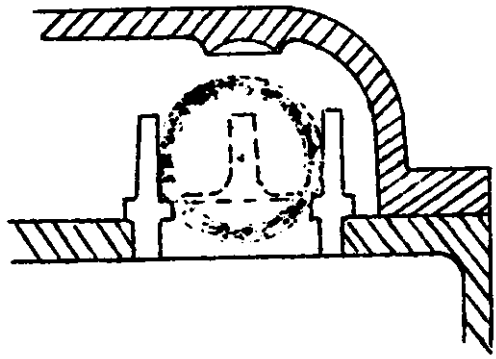


شکل ۳۸ــ۳ــ سوپاپ بالی



شکل ۳۷ــ۳ــ سوپاپ دیسکی

۳ــ سوپاپ گلوله‌ای: جسمی است کروی که نوع بزرگ آن توخالی است و بدون واسطه فنر، فقط در اثر سنگینی خود، روی نشیمن‌گاهش قرار می‌گیرد. این سوپاپ برای مایعاتی به‌کار می‌رود که دارای لزجت (ویسکوزیته) زیاد هستند و جنس آن از فولاد ــ نیکل و برنز و گاهی لاستیک می‌باشد.



شکل ۳۹ــ۳ــ سوپاپ گلوله‌ای

۵ــ۴ــ۳ــ محاسبات

۱ــ جابه‌جایی: در پمپ‌های تناوبی، حجمی از سیال که در طی یک حرکت پیستون یا انگشتی منتقل می‌شود جابه‌جایی نامیده می‌شود. معمولاً جابه‌جایی را به‌صورت اینچ مکعب در دقیقه و گالن در دقیقه یا سانتی‌مترمکعب در دقیقه نشان می‌دهند. ممکن است جابه‌جایی را به‌صورت حجم سیال در هر حرکت پیستون نشان دهند که برای محاسبه این مقدار جابه‌جایی کافی است سطح مقطع مؤثر پیستون یا انگشتی را در طول کورس آن ضرب نمود.

مثال : مطلوبست محاسبه جابجایی یک پمپ تناوبی دو طرفه تک سیلندری، برحسب سانتی‌متر مکعب در هر حرکت پیستون آن. ابعاد سیلندر ۳۰×۱۲ سانتی‌متر می‌باشد و دستهٔ پیستون ۲ سانتی‌متر قطر دارد.

$$A = \frac{\pi}{۴} \times D^۲$$

حل : مساحت مقطع پیستون $(۱۲)^۲ \times ۰/۷۸۵۴ \quad ۱۱۳/۰۹۸ \text{cm}^۲$

مساحت مقطع دسته پیستون $(۲)^۲ \times ۰/۷۸۵۴ \quad ۳/۱۴۲ \text{cm}^۲$

برای به دست آوردن سطح مؤثر مقطع پیستون باید مساحت دستهٔ پیستون را از مساحت مقطع

پیستون کسر نمود و چون دستهٔ پیستون فقط در یک طرف پیستون وجود دارد بنابراین آن را نصف می‌کنیم. پس :

$$\text{مساحت مقطع مؤثر پیستون} = ۱۱۳/۰۹۸ - \frac{۳/۱۴۲}{۲} = ۱۱۱/۵۲۷ \text{cm}^۲$$

$$\text{جابه‌جایی} \quad ۳۳۴۵/۸۱ \text{cm}^۳ \quad ۱۱۱/۵۲۷ \times ۳۰ \quad \text{طول کورس} \times \text{مساحت مقطع مؤثر پیستون}$$

برای محاسبه جابه‌جایی برحسب سانتی‌متر مکعب در دقیقه جابه‌جایی در هر حرکت را ضربدر، تعداد حرکات پیستون در دقیقه می‌کنیم (چون پمپ از نوع دو طرفه بوده و در هر حرکت پیستون، یک عمل تخلیه داریم) پس اگر پیستون پمپ در هر دقیقه ۹۲ بار جابه‌جا شود :

$$\text{جابه‌جایی} \quad ۳۳۴۵/۸۱ \times ۹۲ \quad ۳۰۷۸۱۴/۵۲ \text{cm}^۳/\text{min}$$

۲ــ سرعت پیستون : کل مسافتی که پیستون یا انگشتی پمپ در هر دقیقه برحسب متر می‌پیماید، سرعت نامیده می‌شود.

مثال : کورس پیستونی که دقیقه‌ای ۶۰ بار جابه‌جا می‌شود، ۴۰ سانتی‌متر است، سرعت آن را به‌دست آورید.

$$\text{سرعت پیستون} = \frac{۴۰ \times ۶۰}{۱۰۰} = ۲۴ \text{ متر بر دقیقه}$$

۳ــ ظرفیت : ظرفیت یک پمپ، حجم حقیقی آب یا سیالی است که پمپ آن‌را انتقال می‌دهد. معمولاً ظرفیت را برحسب لیتر در دقیقه، لیتر در ثانیه، مترمکعب در ساعت، گالن در دقیقه و یا گالن یا لیتر در هر حرکت پیستون بیان می‌کنند.

مثال : یک پمپ یک‌طرفه که جابه‌جایی آن ۵۰۰۰ سانتی‌متر مکعب است، در هر دقیقه ۱۰۰ حرکت انجام می‌دهد. اگر لغزش[۱] ۵٪ باشد، ظرفیت پمپ را برحسب لیتر در دقیقه به دست آورید.

حل : چون پمپ یک طرفه است در هر دقیقه ۵۰ $\frac{۱۰۰}{۲}$ حرکت یا تخلیه صورت می‌گیرد در نتیجه :

$$\text{جابه‌جایی} \quad ۵۰۰۰ \times ۵۰ \quad ۲۵۰۰۰۰ \text{cm}^۳/\text{min}$$

$$\text{لغزش} = ۲۵۰۰۰۰ \times \frac{۵}{۱۰۰} = ۱۲۵۰۰ \text{cm}^۳/\text{min} \quad ٪۵$$

$$\text{ظرفیت} \quad ۲۵۰۰۰۰ \quad ۱۲۵۰۰ \quad ۲۳۷۵۰۰ \text{cm}^۳/\text{min}$$

$$\text{ظرفیت} = \frac{۲۳۷۵۰۰}{۱۰۰۰} = ۲۳۷/۵ \text{ lit/min}$$

۱ــ منظور از لغزش مقدار آبی است که براثر کامل‌نبودن آب‌بندی و یا سایر مسایل، تلف شده، از جابه‌جایی خالص کسر می‌گردد و معمولاً آن را به‌صورت درصدی از جابه‌جایی نشان می‌دهد.

خودآزمایی

۱ــ پمپ‌های دنده‌ای به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ نام ببرید.

۲ــ برای رفع چه مشکلی در پمپ‌های تیغه‌ای از پمپ‌های تیغه‌ای متقارن (بالانسی) استفاده می‌شود؟

۳ــ طرز کار پمپ پیستونی مکشی را با رسم شکل ساده‌ای توضیح دهید.

۴ــ در پمپ‌های پیستونی محوری با محور خمیده میزان خروجی پمپ با ..... قابل تغییر است.

۵ــ در پمپ‌های پیستونی شعاعی برای پمپ نمودن سیال رینگ عکس‌العمل باید نسبت به محور محرک..... داشته باشد.

۶ــ از پمپ‌های دیافراگمی معمولاً برای انتقال چه سیالاتی استفاده می‌شود؟

۷ــ در پمپ‌های جابه‌جایی محفظه هوا به چه منظور به‌کار برده می‌شود؟

۸ــ تعیین دبی پمپ به روش حجمی را توضیح دهید.

مسأله ۱ : مطلوبست محاسبه جابه‌جایی یک پمپ تناوبی یک‌طرفه، تک سیلندری برحسب سانتی‌متر مکعب در هر حرکت پیستون

ابعاد سیلندر ۵×۱۴cm

قطر دسته پیستون ۱/۵ cm

مسأله ۲ : مطلوبست محاسبه ظرفیت یک پمپ برحسب متر مکعب در دقیقه در صورتی‌که

جابه‌جایی $۲۰۰cm^۳$

نوع پمپ پیستونی دوطرفه

تعداد رفت و برگشت در دقیقه ۴۰

لغزش ٪۲۰

فصل چهارم

اصول هیدرولیک پمپ

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل فراگیر باید بتواند :

۱ــ اصول هیدرولیک پمپ را توضیح دهد.

۲ــ روش اندازه‌گیری دبی به روش حجمی و وزنی را توضیح دهد.

۳ــ قدرت ورودی و بازده پمپ را توضیح دهد.

۴ــ ضربه قوچ را توضیح دهد.

۵ــ عوامل مؤثر بر فشار لوله رانشی را توضیح دهد.

۶ــ کاویتاسیون را توضیح دهد.

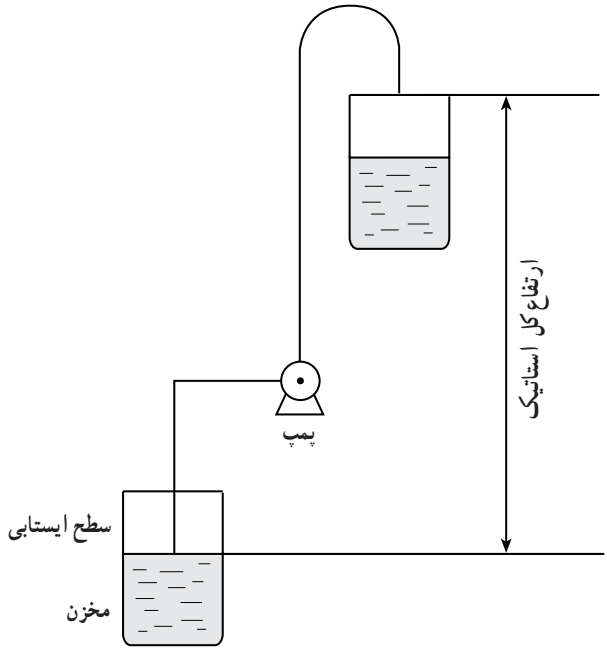
۷ــ ظرفیت پمپ را توضیح دهد.

هیدرولیک شاخه‌ای از علم فیزیک است که خواص مکانیکی سیالات را مورد بررسی قرار می‌دهد. برخی از مفاهیم هیدرولیک که در این کتاب مورد استفاده قرار گرفته است به شرح زیر می‌باشد.

۱ــ۴ــ ارتفاع کل استاتیک (ارتفاع کل تئوری)

ارتفاع کلی استاتیک پمپ عبارت است از فاصله عمودی (قائم) سطح ایستابی آب منبع تا محل خروج آب از لوله خروجی پمپ(شکل ۱ــ۴).

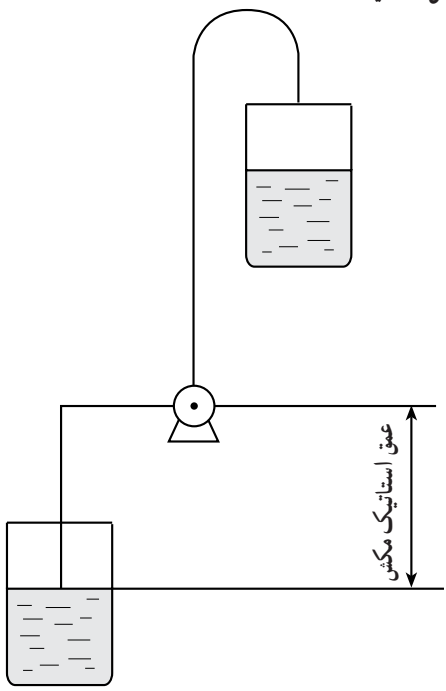
این ارتفاع شامل مجموع عمق استاتیک مکش و ارتفاع استاتیک رانش می‌باشد. درصورتی که ارتفاع استاتیک مکش وجود داشته باشد ارتفاع کل استاتیک پمپ عبارت از اختلاف ارتفاع استاتیک رانش و ارتفاع استاتیک مکش خواهد بود.



شکل ۱ــ۴ــ ارتفاع کل استاتیک

۱ــ۱ــ۴ــ عمق استاتیک مکش (عمق مکش تئوری)

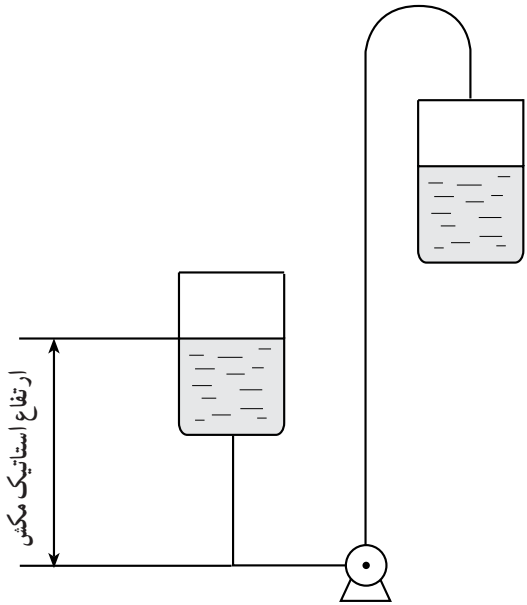
: درحالتی که پمپ بالاتر از مخزن نصب شود مکش پمپ از عمق صورت می‌گیرد. بنابراین عمق استاتیک مکش «فاصله قائم سطح ایستابی در مخزن تا محور (شافت) افقی پمپ (شکل ۲ــ۴) خواهد بود و این فاصله قائم به ارتفاع کلی پمپ اضافه می‌شود. و این عمق درواقع ارتفاعی است که بر اثر فشار هوا» ستونی از آب در داخل لوله سربسته که در آن خلأ وجود دارد تا آن ارتفاع بالای سطح مخزن رانده و تعادل برقرار می‌شود. بدیهی است که در این حالت وزن ستون آب مزبور در واحد سطح باید با فشار جو برابر باشد تا تعادل برقرار گردد. معمولاً در شرایط متعارف حداکثر عمق از لحاظ تئوری حدود ۱۰ متر بالاتر از سطح ایستابی می‌باشد.



شکل ۲ــ۴ــ عمق استاتیک مکش

۲ــ۱ــ۴ــ ارتفاع استاتیک مکش

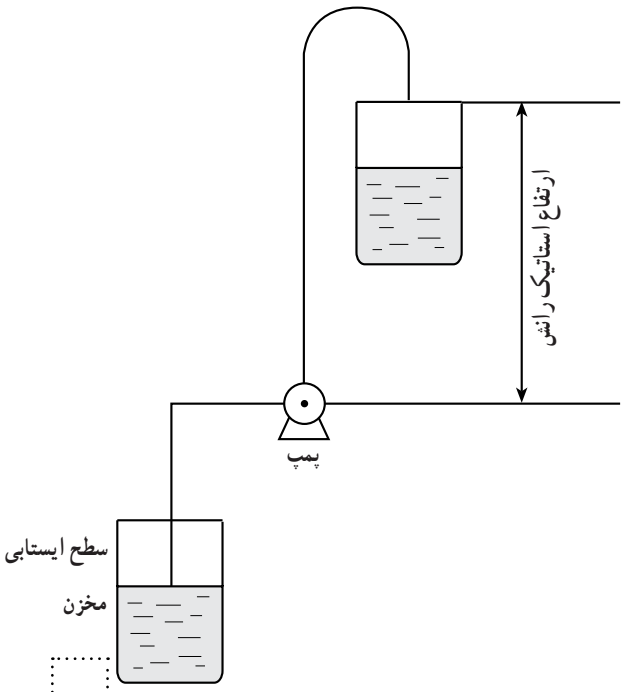
(ارتفاع مکش تئوری) : درحالتی که پمپ پایین‌تر از سطح ایستابی قرار گیرد فشاری معادل فاصله قائم از سطح ایستابی تا محور افقی پمپ روی چشمه پروانه پمپ وارد می‌آید. بنابراین ارتفاع استاتیک مکش «فاصله قائم سطح ایستابی تا محور افقی پمپ» (شکل ۳ــ۴) خواهد بود و این فاصله قائم در محاسبه ارتفاع کلی پمپ از ارتفاع کلی پمپ کسر می‌شود.



شکل ۳ــ۴ــ ارتفاع استاتیک مکش

۳ــ۱ــ۴ــ ارتفاع استاتیک رانش

(ارتفاع رانش تئوری) : ارتفاع استاتیک رانش عبارت است از فاصله قائم از محور افقی پمپ تا آخرین نقطه تخلیه آزاد آب از لوله رانش (شکل ۴ــ۴). این ارتفاع به قدرت پمپ بستگی دارد.



شکل ۴ــ۴ــ ارتفاع استاتیک رانش

۲ــ۴ــ ارتفاع کل دینامیک (ارتفاع کل حقیقی یا ارتفاع مانومتریک)

ارتفاع کل دینامیک عبارت از مجموع عمق دینامیک مکش و ارتفاع دینامیک رانش می‌باشد. در شرایطی که ارتفاع دینامیک مکش وجود داشته باشد ارتفاع کل دینامیک پمپ عبارت است از اختلاف ارتفاع دینامیک رانش و ارتفاع دینامیک مکش خواهد بود.

۱ــ۲ــ۴ــ عمق دینامیک مکش (عمق مکش حقیقی) : در شرایطی که سطح ایستابی پایین‌تر از پمپ قرارداشته باشد مکش از عمق صورت می‌گیرد. در این حالت عمق دینامیک مکش مساوی مجموع عمق استاتیک مکش و ارتفاع نظیر فشاری که برای از بین بردن افت اصطکاک مایع در لوله مکش و ضمائم آن و ارتفاع تولید سرعت و افت ناشی از سرعت ورود مایع می‌باشد.

در شرایطی که سطح ایستابی بالاتر از پمپ قرار داشته باشد ولی مجموع تلفات فوق بیش از ارتفاع استاتیک مکش باشد، عمق دینامیک مکش مساوی اختلاف مجموعه تلفات فوق‌الذکر و ارتفاع استاتیک مکش می‌باشد.

۲ــ۲ــ۴ــ ارتفاع دینامیک مکش (ارتفاع مکش حقیقی) : در شرایطی که سطح ایستابی بالاتر از پمپ قرار داشته باشد ممکن است ارتفاع دینامیک مکش وجود داشته باشد. در این حالت ارتفاع دینامیک مکش مساوی اختلاف ارتفاع استاتیک مکش و ارتفاعی که برای از بین بردن افت اصطکاک مایع در لوله مکش و ضمائم آن تولید سرعت و افت ناشی از سرعت ورود مایع می‌باشد.

۳ــ۲ــ۴ــ ارتفاع دینامیک رانش (ارتفاع رانش حقیقی) : ارتفاع دینامیک رانش مساوی مجموع ارتفاع استاتیک رانش و ارتفاعی که برای از بین بردن افت اصطکاک در لوله رانش و ضمائم آن و ارتفاع تولید سرعت و افت ناشی از سرعت خروج سیال می‌باشد.

۳ــ۴ــ تلفات ارتفاع ناشی از اصطکاک

موقعی که سیال در داخل لوله و ضمائم آن جریان پیدا می‌کند در اثر برخورد ملکول‌های سیال به‌هم و به جداره لوله سبب کاهش سرعت جریان مایع می‌گردد «تلفات ارتفاع ناشی از اصطکاک عبارت از مقدار ارتفاعی است که بتواند اثر اصطکاک بین مایع و سطوح داخلی لوله‌ها و اتصالات و ضمائم لوله را خنثی کند و از کاهش سرعت جریان سیال جلوگیری کند».

۴ــ۴ــ ظرفیت آبدهی (دبی)

حجم مایعی را که در واحد زمان از سطح مقطع معینی عبور می‌کند دبی می‌گویند و با حرف Q نشان می‌دهند. واحد آن بر حسب لیتر بر ثانیه lit/sec، لیتر بر دقیقه lit/min، متر مکعب بر ساعت m^3/h و گالن بر دقیقه g/min (g.p.m)[1] عنوان می‌شود. واحد متر مکعب در ثانیه برای دبی‌های زیاد مثل رودخانه و کانال‌های بزرگ و واحد لیتر در ثانیه برای جریان‌های آب چاه‌ها و خروجی پمپ‌ها به کار می‌رود.

۱ــ۴ــ۴ــ اندازه‌گیری دبی پمپ : با روش‌های متفاوتی می‌توان دبی پمپ را اندازه‌گیری نمود که دو روش ساده آن عبارتند از :

الف) اندازه‌گیری دبی جریان آب به روش وزنی : در این روش مقدار آب جریان یافته از منبع آب را در واحد زمان برحسب واحد وزنی اندازه می‌گیریم.

وسایل لازم : ظرف خالی «قپان یا ترازو و کرونومتر»

شرح آزمایش : ظرف خالی که وزن آن قبلاً تعیین شده در زیر جریان آب قرار داده و مدت زمانی را که طول می‌کشد ظرف از آب پر شود (t) مشخص می‌کنیم سپس ظرف توأم با آب را با ترازو و یا قپان وزن کرده و با استفاده از فرمول زیر دبی را محاسبه می‌کنیم.

$$Q = \frac{P_2 - P_1}{t \times \gamma}$$

Q دبی یا بده جریان برحسب لیتر بر ثانیه

P_1 وزن ظرف خالی kg

P_2 وزن ظرف آب kg

t زمان برحسب ثانیه

γ وزن مخصوص آب برحسب kg/l

مثال : در روش اندازه‌گیری دبی آب به روش وزنی مفروضات زیر را داریم. دبی را برحسب لیتر بر ثانیه حساب کنید.

P_1 ۱۴kg

P_2 ۳۴kg

t ۱۰۰s

γ ۱kg/l

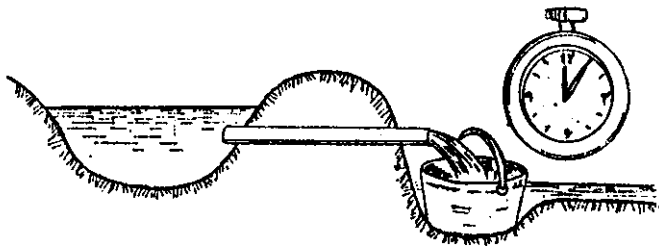
حل :

$$Q = \frac{P_2 - P_1}{t \times \gamma} = \frac{۳۴ - ۱۴}{۱۰۰ \times ۱} = \frac{۲۰}{۱۰۰} = \frac{۱}{۵} \text{ lit/sec}$$

ب) روش اندازه‌گیری دبی جریان آب به روش حجمی : در این روش مستقیماً حجم آب جریان یافته از منبع آب را برحسب واحد حجمی در زمان معین اندازه گرفته و سپس دبی را در واحد

۱ــ گالن آمریکایی (U.S.G) = ۳/۷۸۵ L ter گالن انگلیسی IMPG = ۴/۵۴۶ L ter

زمان محاسبه می‌کنیم. روش حجمی دقیقتر از روش وزنی است (شکل ۵ــ۴).



شکل ۵ ــ۴ــ اندازه‌گیری دبی به روش حجمی

وسایل مورد نیاز : کرونومتر، سطل.

نخست حجم ظرف را محاسبه کرده، سپس دبی جریان را با فرمول زیر به دست آورید :

$$Q = \frac{V}{t}$$

Q دبی (لیتر بر ثانیه)

V حجم ظرف (لیتر)

t زمان پرشدن ظرف در ثانیه

مثال : اگر حجم ظرفی ۰/۲ متر مکعب باشد و این ظرف با آب خارج شده از لوله در مدت ۵۰ ثانیه آب پر شود،دبی جریان این لوله را برحسب لیتر بر ثانیه حساب کنید.

حل :

$$Q = \frac{V}{t} \qquad Q = \frac{۰/۲ \times ۱۰۰۰}{۵۰} = \frac{۲۰۰}{۵۰} = ۴ \text{lit/sec}$$

۵ــ۴ــ قدرت خروجی پمپ

کاری را که پمپ برای انتقال واحد حجم آب برای واحد ارتفاع در واحد زمان صرف می‌کند قدرت خروجی پمپ گویند. این قدرت با دبی و ارتفاع کلی پمپ نسبت مستقیم و با بازده پمپ نسبت معکوس دارد.

فرم ریاضی تعریف فوق به شرح زیر است :

$$P = \frac{Q.H}{E \times ۷۵}$$

P قدرت خروجی برحسب اسب بخار

Q دبی پمپ برحسب لیتر بر ثانیه

H ارتفاع کلی برحسب متر

E بازده پمپ (عدد اعشار)

۷۵ عدد ثابت تبدیل واحدها به یکدیگر

۶ــ۴ــ قدرت ورودی پمپ

تمام انرژی که پمپ از موتور دریافت می‌کند به سیال عبوری انتقال نمی‌دهد بلکه مقداری از «این انرژی تلف شده» صرف اصطکاک و گرم‌شدن سیال می‌شود. بنابراین برای ایجاد قدرت خروجی مشخصی در پمپ باید قدرت ورودی آن قدری بیشتر باشد که این امر به بازده پمپ بستگی دارد.

۷ــ۴ــ بازده پمپ

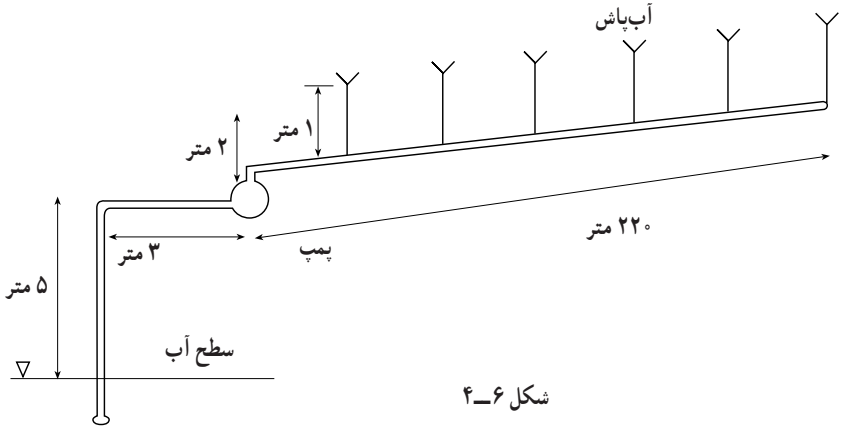
نسبت قدرت خروجی پمپ به قدرت ورودی آن را بازده پمپ می‌گویند. از آن‌جا که قدرت خروجی پمپ تابعی از ارتفاع مانومتریک می‌باشد از این‌رو این بازده را اصطلاحاً بازده مانومتریک نیز می‌نامند.

$$E = \frac{Q.H}{P \times ۷۵}$$

اگر بازده برحسب درصد مورد نظر باشد نتیجه به دست آمده باید در ۱۰۰ ضرب شود.

تمرین

برای آبیاری یک قطعه زمین با سیستم آبیاری بارانی، تعداد ۶ عدد آب‌پاش بر روی لوله‌ای به طول ۲۲۰ متر نصب شده است چنانچه دبی هر آب‌پاش ۳ لیتر در ثانیه و ارتفاع مورد نیاز برای کارکرد آب‌پاش ۴۰ متر (فشار آب) باشد و آب‌پاش‌ها بر روی لوله‌هایی به ارتفاع یک متر از سطح خاک نصب شده باشند و افت فشار اصطکاکی در لوله‌ها ۰/۰۱ متر در هر متر طول لوله و اختلاف ارتفاع در دو سر لوله رانش ۲ متر و عمق سطح آب تا محور پمپ در لوله مکش ۵ متر و طول لوله مکش ۸ متر و راندمان پمپ ۸۵٪ باشد، قدرت ورودی پمپ را محاسبه نمایید (شکل ۶ــ۴).



شکل ۶ــ۴

حل :

$$P = \frac{Q.H}{۷۵ \times E}$$

ارتفاع رانش حقیقی عمق مکش حقیقی ارتفاع کل حقیقی

افت فشار لوله مکش عمق سطح آب از محور پمپ عمق مکش حقیقی

متر ۵/۰۸ ۵/۰۱×۸ ۵ عمق مکش حقیقی

فشار مورد نیاز کار+ افت در لوله رانش + اختلاف ارتفاع محل خروج آب تا محور پمپ ارتفاع رانش حقیقی

متر ۴۵/۲ ۴۰ ۱/۰×۲۲۰ ۱ ۲ ارتفاع رانش حقیقی

متر ۵۰/۲۸ ۴۵/۲ ۵/۰۸ ارتفاع کلی حقیقی

تعداد آب‌پاش‌ها × دبی هر آب‌پاش دبی کل

لیتر بر ثانیه ۱۸ ۶×۳ Q

$$P = \frac{۱۸ \times ۵۰/۲۸}{۷۵ \times ۰/۸۵} = ۱۴/۲$$ اسب بخار

۸ــ۴ــ ضربه قوچ

هرگاه در مداری با خطوط لوله طولانی به عللی سرعت سیال به‌طور ناگهانی تغییر کند، موج‌های فشاری در شبکه به‌وجود خواهد آمد. این موج‌ها می‌توانند فشاری چندین برابر فشار کار سیستم را تولید کنند و باعث به‌وجود آمدن تنش‌های بسیار زیادی در اجزای مدار بشوند و در بدترین حالات، قادر به ترکاندن لوله‌ها، پوسته پمپ و شکستن اتصالات گوناگون گردند. موج‌های فشاری در یک سیستم پمپاژ، به علت باز و بسته شدن سریع شیرها، راه‌اندازی و خاموش کردن پمپ‌ها و یا تغییر سرعت دورانی آن‌ها به طور ناگهانی، به وجود می‌آید. علاوه بر این عوامل، مسایل اتفاقی و غیرمعمول نیز باعث بروز پدیدهٔ ضربت قوچ خواهد شد. مهم‌ترین این مسایل عبارتند از :

ــ از کار افتادن موتور به علت قطع برق

ــ عملکرد نادرست شیرهای یک‌طرفه، شیرهای کنترل و حفاظتی سیستم در اثر قطع ولتاژ کنترل، از کارافتادن موتور الکتریکی، شیرها و یا اشکالاتی نظیر آن

ــ قفل‌شدن یاتاقان‌های پمپ، یا هر اشکالی در محور که منجر به از کارافتادن پمپ شود.

ــ مسدودشدن جریان به طور ناگهانی در داخل پمپ به علت وجود یک جسم خارجی

ــ حرکات لرزشی و نامنظم صفحه یا قسمت‌های متحرک شیرها

ــ از بین رفتن پروانه پمپ در اثر کاویتاسیون یا مسایل نظیر آن و در نتیجه عدم کار پمپ

ــ عدم دقت در پرکردن خطوط خالی، به هنگام پرکردن خطوط لوله در ابتدای راه‌اندازی

ــ عدم طراحی صحیح سیستم لوله‌کشی

با استفاده از روش‌های مناسب و جلوگیری از ضربه قوچ می‌توان از فرسودگی قطعات پمپ و درنتیجه افزایش هزینه‌ها جلوگیری کرد.

مطالعه آزاد

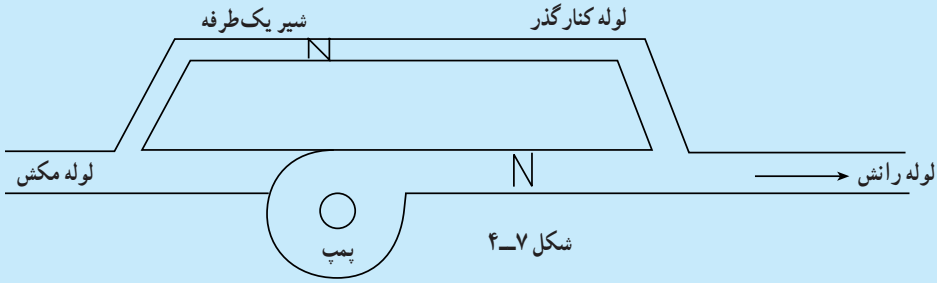
روش‌های کاهش اثر ضربه قوچ :

ــ در هنگام طراحی، قطر لوله رانش را بزرگتر در نظر گرفته تا از سرعت آب کاسته شود.

ــ به جای یک پمپ از چند پمپ موازی استفاده شود که در صورت از کار افتادن یکی، دیگر پمپ‌ها از ایجاد ضربه قوچ جلوگیری نمایند.

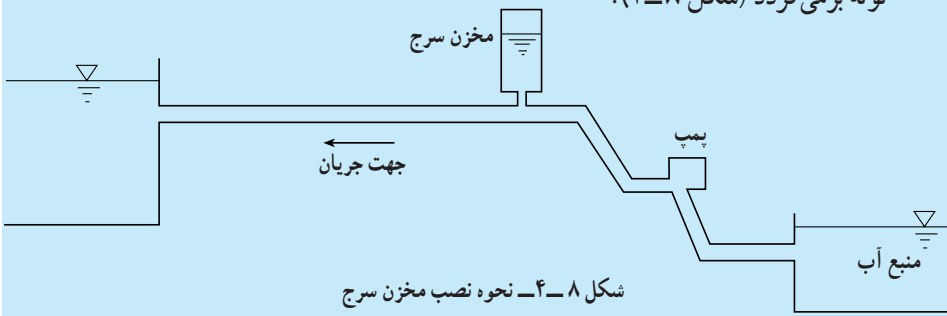
ــ اضافه نمودن چرخ طیار به اجزای چرخنده پمپ

ــ استفاده از لوله کنارگذر همراه با شیر یک‌طرفه (شکل ۷ــ۴)



شکل ۷ــ۴

ــ ***نصب مخزن سرج :*** این مخزن به عنوان یک منبع موج‌گیر عمل می‌کند. وقتی در لوله، فشار افزایش یابد آب به داخل مخزن رفته و در صورت کاهش فشار آب به داخل لوله برمی‌گردد (شکل ۸ــ۴).



شکل ۸ ــ۴ــ نحوه نصب مخزن سرج

ــ ***نصب مخازن هوا :*** مخازن هوا در حقیقت نوعی از مخازن سرج هستند با این تفاوت که به علت تحت فشار قرارگرفتن می‌توانند در اندازه‌های کوچک‌تر ساخته شوند. این مخازن شامل محفظهٔ نسبتاً کوچک می‌باشند که هوای فشرده در بالا و آب در پایین قرار می‌گیرد.

ــ ***استفاده از شیرهای یک‌طرفه :*** خطوط رانش پمپ‌ها، معمولاً مجهز به شیرهای یک طرفه می‌باشند. وظیفه اصلی این شیرها جلوگیری از معکوس شدن جریان پس از خاموش‌کردن پمپ یا از کار افتادن آن است. در مواقع عادی کار پمپ، این شیرها باز می‌مانند.

۹ــ۴ــ عوامل مؤثر بر فشار لوله رانش

از عوامل اصلی مؤثر بر فشار در لوله رانش دور پمپ و دبی آن است و عوامل دیگر تحت تأثیر این دو عامل می‌باشند.

ــ **دور پمپ** : در پمپ‌های گریز از مرکز هر چه دور پمپ بیش‌تر باشد انرژی بیش‌تری به واحد سیال داده می‌شود و با افزایش انرژی کل آن، در صورتی که قطر لوله رانش ثابت باشد، فشار افزایش می‌یابد.

ــ **دبی پمپ** : با قراردادن شیر فلکه‌ای در لوله رانش و کنترل دبی می‌توان فشار را نیز کنترل نمود. اثر دبی و فشار عکس همدیگر است.

۱۰ــ۴ــ افت اصطکاکی در لوله رانش

آب در طی عبور از لوله‌ها و برخورد با جداره داخلی آن‌ها، مقداری از انرژی خود را صرف مقابله با اصطکاک کرده از دست می‌دهد. به ارتفاع معادل این انرژی از دست رفته، افت اصطکاکی می‌گویند. افت اصطکاکی در لوله‌ها به عوامل زیر بستگی دارد :

۱ــ۱۰ــ۴ــ طول لوله : افت اصطکاکی با طول لوله رابطه‌ای مستقیم دارد یعنی متناسب با افزایش طول لوله در شرایط ثابت، مقدار افت نیز افزایش می‌یابد. لذا لازم است در انتقال آب از مسیرهایی حتی‌الامکان کوتاه‌تر استفاده شود. معمولاً مقدار افت را به ازای هر ۱۰۰ متر طول لوله عنوان می‌نمایند.

۲ــ۱۰ــ۴ــ قطر لوله : افت اصطکاکی با قطر لوله رابطه معکوس دارد. یعنی در یک دبی

ثابت، متناسب با کاهش قطر لوله انتخابی، افت اصطکاکی افزایش و هزینه پمپاژ نیز افزایش می‌یابد. از طرف دیگر متناسب با افزایش قطر لوله، هزینه ایجاد شبکه لوله افزایش می‌یابد. براین اساس لازم است با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی پروژه، مناسب‌ترین قطر لوله را انتخاب نمود.

۳ــ۱۰ــ۴ــ دبی جریان : در یک طول مشخص و قطر ثابت، متناسب با افزایش دبی، افت اصطکاکی نیز افزایش می‌یابد.

۴ــ۱۰ــ۴ــ جنس لوله و شرایط جداره داخلی آن : وضعیت جداره داخلی لوله‌ها یکی از عوامل مهم در میزان افت اصطکاکی است. بدین صورت که هر چه جداره داخلی صاف‌تر باشد میزان افت کم‌تر و متقابلاً لوله‌های چدنی ــ سیمانی با جداره‌های زبر افت اصطکاکی بیش‌تری را به وجود می‌آورند.

۵ــ۱۰ــ۴ــ وجود اتصالات و ضمایم در لوله‌ها : در طول لوله بنا به شرایط محل عبور لوله‌ها ضمایمی چون، زانو، سه‌راهی، تبدیل، شیر فلکه و ... لازم می‌شود که این اتصالات به نوبه خود افت اصطکاکی مشخصی را به وجود می‌آورند.

مطالعه آزاد

رابطه بین ظرفیت آبدهی، قطر لوله رانش، جنس لوله و حداکثر سرعت مجاز با توجه به ظرفیت آبدهی پمپ و قطر مناسب لوله رانش محاسبه و انتخاب می‌شود. این قطر باید اقتصادی باشد، چرا که اگر قطر کوچکتر انتخاب شود هزینه پمپاژ زیاد می‌شود و چنانچه قطر بزرگتر انتخاب شود، هزینه تهیّه لوله‌ها زیاد می‌شود. براساس یک فرمول تجربی می‌توان اقتصادی‌ترین قطر لوله را از رابطه زیر به دست آورد :

$$D \ (۱ \ ۰/۰۲n)\sqrt{Q}$$

D ــ قطر اقتصادی لوله (برحسب متر)

n ــ تعداد ساعات کارکرد پمپ در روز

Q ــ دبی پمپ (متر مکعب بر ثانیه)

ذکر این نکته لازم است که قطر لوله‌های موجود در بازار طبق استاندارد خاصی است اگر از رابطه فوق قطری به دست آمد که در بازار وجود نداشت باید نزدیک‌ترین قطر موجود را انتخاب کرد.

از طرف دیگر سرعت جریان در لوله‌ها و دبی، برحسب قطر لوله تفکیک ناپذیرند.

یعنی به ازای دبی معینی از جریان، هر چه قطر لوله کم‌تر باشد سرعت جریان نیز به همان نسبت زیادتر خواهد بود. ولی از نظر فنی مثلاً به علت جلوگیری از ایجاد سر و صدا و یا ترکیدن لوله‌ها در اثر نیروی ناشی از تغییر مقدار حرکت در خم‌ها و انشعابات و تولید سایش بیش‌تر و یا افت اصطکاکی در سرعت‌های زیاد و تشکیل رسوبات در جدار لوله در سرعت های خیلی کم محدودیت‌هایی در سرعت جریان قایل می‌شوند. این محدودیت‌ها بسته به نوع تأسیسات متفاوت است و به طور کلی می‌توان حد مجاز سرعت را از رابطه تجربی زیر محاسبه نمود :

V ۰/۶ D

V ــ سرعت متوسط برحسب متر بر ثانیه

D ــ قطر لوله بر حسب متر

در حالی که سرعت واقعی در لوله از رابطه زیر به دست می‌آید :

$$V = \frac{Q}{A}$$

Q ــ دبی بر حسب متر مکعب بر ثانیه

A ــ سطح مقطع لوله بر حسب متر مربع

به عبارت دیگر ابتدا باید سرعت واقعی آب در لوله با قطرهای مختلف محاسبه و برای هرکدام سرعت متوسط مجاز را محاسبه نمود. آن‌گاه هر قطری که سرعت جریان در حدود سرعت مجاز بود، آن قطر انتخاب می‌شود.

مثال : مطلوبست قطر اقتصادی لوله رانش برای پمپی با دبی ۳۰ لیتر بر ثانیه که به طور متوسط ۱۶ ساعت در روز کار می‌کند.

$$D = (۱ + ۰/۰۲ \times n)\sqrt{Q}$$

$$D = (۱ + ۰/۰۲ \times ۱۶)\sqrt{\frac{۳۰}{۱۰۰۰}}$$

D ۰/۲۲۹ متر

حد مجاز سرعت V ۰/۶ ۰/۲۲۹ ۰/۸۲۹ m/s

سرعت واقعی $V = \frac{Q}{A} = \frac{۰/۰۳}{\frac{۳/۱۴ \times ۰/۲۲۹^۲}{۴}} = ۰/۷۳ \text{ m/s}$

سرعت مجاز > سرعت واقعی

پس می‌تواند قطر کوچک‌تر انتخاب گردد.

D ۰/۲ m

حد مجاز سرعت V ۰/۶ ۰/۲ ۰/۸ m/s

واقعی $V = \frac{۰/۰۳}{۰/۰۳۱۴} = ۰/۹۵$

سرعت مجاز > سرعت واقعی

بنابراین بین قطرهای موجود در بازار قطر ۰/۲ m یا ۸ اینچ را انتخاب می‌نماییم.

۱۱ــ۴ــ دلایل مؤثر در کاهش ارتفاع مکش

بر اثر کارکرد پمپ و ایجاد خلأ در محل اتصال لوله مکش به پمپ و وجود فشار هوا بر سطح آب داخل منبع (چاه، رودخانه، استخر ...) آب در داخل لوله مکش صعود کرده داخل پمپ می‌شود. حداکثر ارتفاع صعود آب در لوله مکش و در بهترین شرایط ۱۰ متر (معادل فشار اتمسفر) می‌باشد. ولی به علل مختلف این ارتفاع به طور کامل نمی‌تواند ایجاد شود. این عوامل عبارتند از :

۱ــ۱۱ــ۴ــ کمبود فشار هوا : چنانچه در منطقه مورد نظر، فشار هوا کم باشد ارتفاع صعود آب نیز کاهش می یابد. این ارتفاع همواره به اندازه ارتفاع آب معادل فشار اتمسفر است.

۲ــ۱۱ــ۴ــ دمای مایع : وقتی آب گرم باشد، ارتفاع مکش آن کم می‌شود زیرا فشار بخار آب افزایش می‌یابد. برای مثال پمپ شوفاژی که آب در حدود C ° ۹۰ دریافت می‌کند نمی‌تواند خلأیی بیش‌تر از ۱۴۰ میلی‌متر جیوه (۱۹۰۵ میلی‌متر آب) را ایجاد کند زیرا آب در آن دما به جوش می‌آید و باعث می‌شود که محفظه پمپ مملو از بخار آب شود.

۳ــ۱۱ــ۴ــ افت اصطکاکی : لوله مکش نیز مانند لوله رانش در مقابل عبور آب مقاومت دارد و باعث افت انرژی آن می‌شود. این امر به جنس لوله و حالت جداره داخلی آن و قطر لوله بستگی دارد.

۴ــ۱۱ــ۴ــ تعداد زانوها : عبور آب از زانو، به جهت تغییر مسیر موجب اصطکاک و افت انرژی آن می‌شود لذا در لوله مکش از قراردادن زانو یا زانوهای نزدیک به هم تا حد ممکن پرهیز می‌شود.

۱۲ــ۴ــ ضریب افت اصطکاک در ضمایم لوله مکش و رانش

در شبکه لوله‌ها به منظور کنترل و هدایت جریان از لوازمی چون زانو، سه‌راهی، شیر فلکه، شیر یک‌طرفه، تبدیل و صافی استفاده می‌شود. جریان آب از هر یک از این لوازم متضمن از دست‌دادن مقداری از انرژی است که متناسب با مجذور سرعت جریان آب می‌باشد که به صورت زیر بیان می‌شود :

$$H = K\frac{V^2}{2g}$$

H ــ افت فشار (برحسب متر آب)

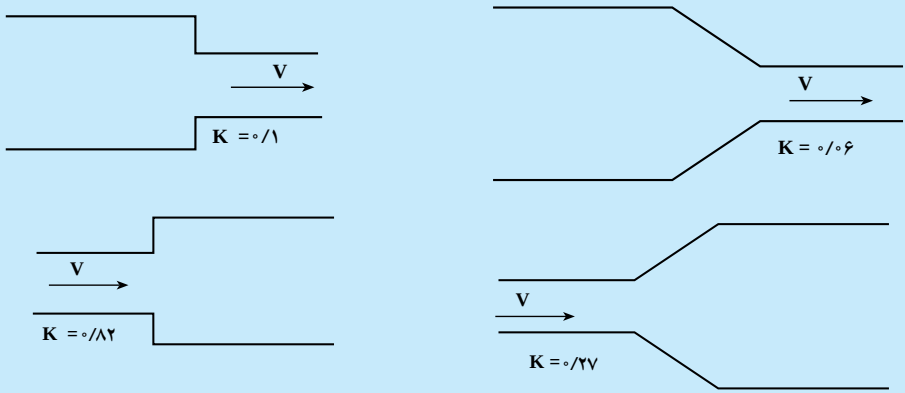
K ــ ضریب افت اصطکاک ضمایم

V ــ سرعت جریان آب (متر بر ثانیه)

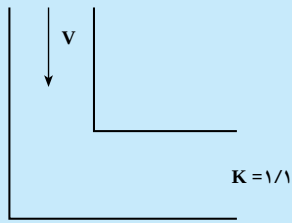
g ــ شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه)

مقدار K برای ضمایم مختلف متفاوت است.

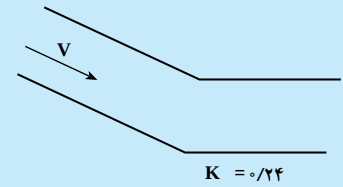
مقدار تقریبی K برای لوازم مختلف به شرح شکل **۹ــ۴** می‌باشد.



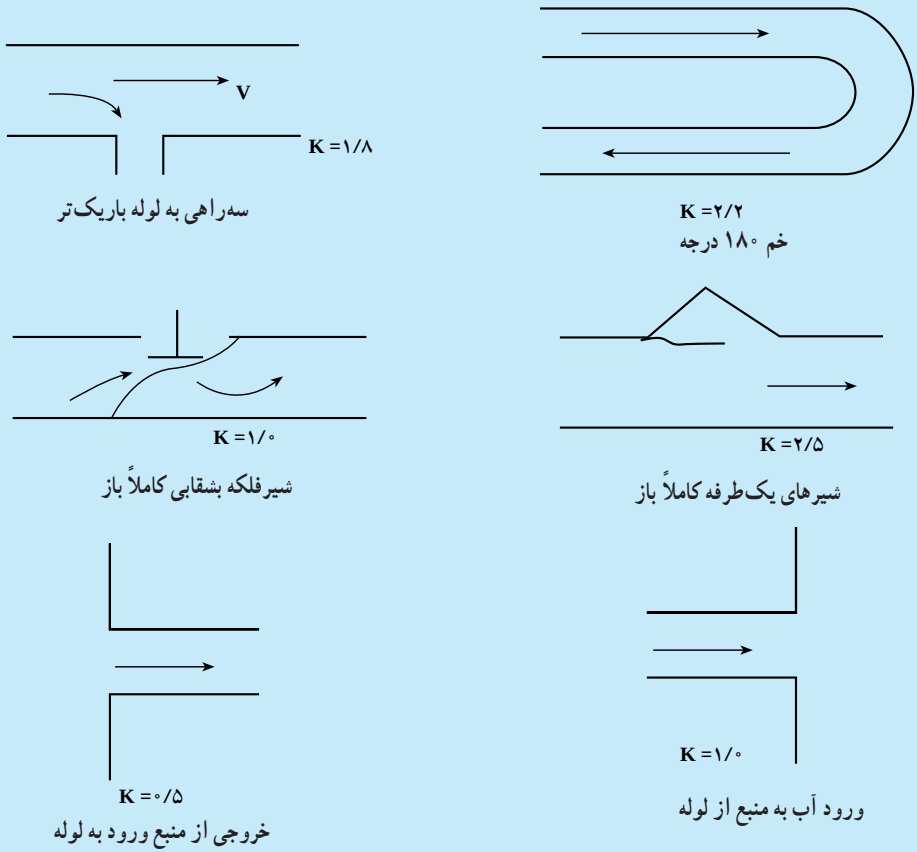
انواع تبدیل



زانو ۹۰ درجه



زانو ۴۵ درجه



شکل ۹ ــ۴ــ انواع ضمایم و ضریب افت آن‌ها

۱۳ــ۴ــ کاویتاسیون[۱] (خلأ زدایی)

آب یا هر مایع دیگر، در هر درجه حرارتی، به ازای یک فشار معیّن تبخیر می‌شود به عنوان مثال، آب در فشار اتمسفر در کنار دریا در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و در فشار ۰/۲ اتمسفر در ۲۰ درجه سانتی‌گراد به جوش می‌آید.

هرگاه در حین جریان مایع در داخل پروانه یک پمپ، فشار در نقطه‌ای از فشار تبخیر مایع در درجه حرارت مربوط کم‌تر شود، حباب‌های بخاری به وجود می‌آید که به همراه مایع به نقطه‌ای دیگر با فشار بالاتر حرکت می‌کند. اگر در محل جدید، فشار مایع به اندازه کافی زیاد باشد، حباب‌های بخار

۱ــ Cav tat on

در این محل تقطیر شده و در نتیجه ذراتی از مایع از مسیر اصلی خود منحرف شده و با سرعت‌های فوق‌العاده زیاد، به اطراف و از جمله پره‌ها برخورد می‌کند. در چنین مکانی بسته به شدت برخورد، سطح پره‌ها، خورده شده، متخلخل می‌گردد. این پدیده را کاویتاسیون می‌نامند. پدیده کاویتاسیون برای پمپ بسیار خطرناک بوده و ممکن است پس از زمانی کوتاه پروانه آن از بین برود. لذا باید از وجود چنین پدیده‌ای در پمپ جلوگیری کرد.

کاویتاسیون همواره با صدایی منقطع شروع می‌شود و سپس در صورت ادامه کاهش فشار در دهانه ورودی پمپ، به شدت این صداها افزوده می‌گردد. صدای کاویتاسیون مخصوص و مشخص بوده، شبیه به برخورد گلوله‌هایی به یک سطح فلزی است. همزمان با تولید این صدا پمپ نیز به ارتعاش در می‌آید. در انتها این صداهای منقطع تبدیل به صدایی شدید و دایم می‌گردد و در همین حال نیز دبی پمپ به شدت کاهش می‌یابد و یا قطع می‌شود به هنگام بروز پدیده کاویتاسیون بازده پمپ نیز کاهش می‌یابد.

فلزات مختلف در مقابل کاویتاسیون مقاومت‌های گوناگونی از خود نشان می‌دهند. به طور کلی تا به امروز هیچ‌گونه فلزی یافت نشده که بتواند در مقابل کاویتاسیون به طور کامل مقاومت کند.

۱۴ــ۴ــ ظرفیت پمپ

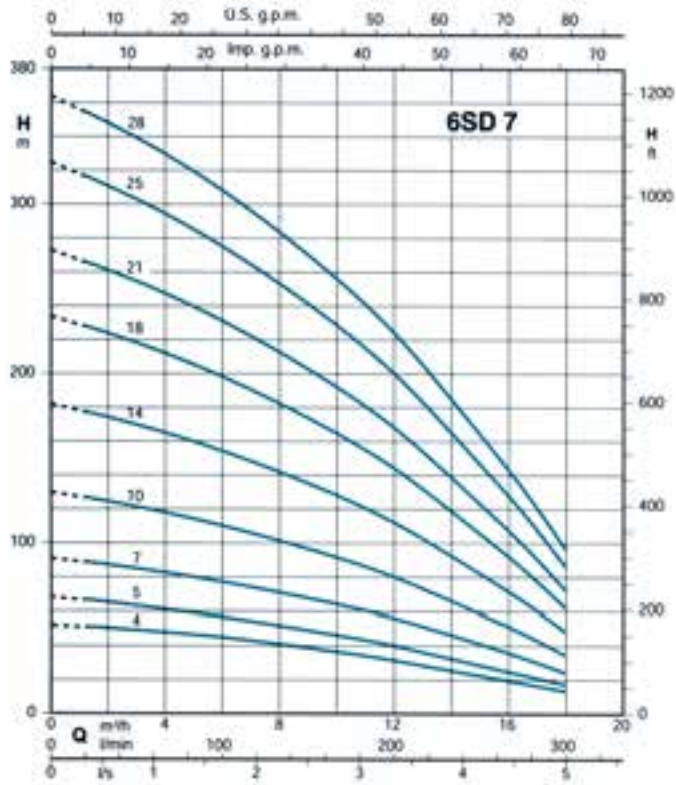
در کشاورزی و صنعت اغلب اندازه و مشخصات پمپ را به اینچ بیان می‌کنند. (پمپ ۲ اینچ، ۳ اینچ و غیره) و آن عبارت از قطر دهنه خروجی (رانش) پمپ بر حسب اینچ، حال رابطه آن را با مقدار آبدهی یا ظرفیت پمپ (جدول ۱ــ۴) بیان می‌کنیم.

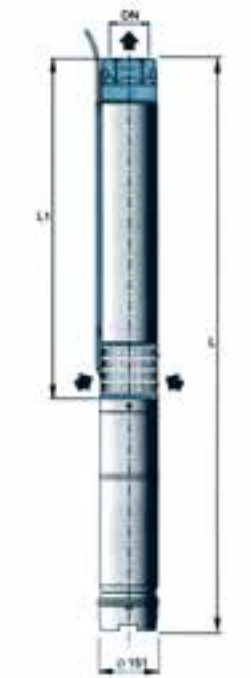
جدول ۱ــ۴ــ اندازه، ظرفیت و راندمان پمپ

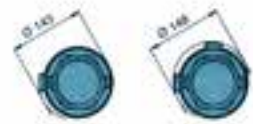
اندازه پمپ اینچ	ظرفیت لیتر بر ثانیه	راندمان درصد	اندازه پمپ اینچ	ظرفیت لیتر بر ثانیه	راندمان درصد
۱	۱/۵	۲۷	۵	۳۸/۶	۵۹
$۱\frac{۱}{۲}$	۳/۵	۳۵	۶	۵۵/۶	۶۲
۲	۶/۲	۴۳	۸	۹۸/۸	۶۵
۳	۱۳/۹	۵	۱	۴/۴	۶۷
۴	۲۴/۷	۵۵	۱۲	۲۲۲/۳	۶۹

الکتروپمپ‌های شناور ۶ اینچ برای چاه‌های عمیق

منحنی مشخصات برای ۲۹۰۰ دور در دقیقه







نوع پمپ 6SD 12	نوع الکتروموتور 3~ 400 V (50-60 Hz)	جریان A	توان P2 kW	توان P2 HP	دبی Q m³/h	دبی Q l/s	n ≈ 2900 rpm, 50 Hz (دور در دقیقه)																	
							1.2	2.4	3.6	4.8	6	7.2	8.4	9.6	10.8	12	13.2	14.4	15.6	16.8	18
							0.33	0.67	1	1.33	1.67	2	2.33	2.67	3	3.33	3.67	4	4.33	4.67	5
6SD 7/4	NFS4 300T	5.9	2.2	3	ارتفاع آبدهی H m		50	48	46	44	43	42	39	37	33	32	29	26	22	18	14
6SD 7/5	NFS4 400T	7.8	3	4			63	61	59	55	53	52	49	45	41	39	36	32	28	23	17
6SD 7/7	NFS6 550T	11	4	5.5			88	85	82	78	76	72	68	64	60	56	51	46	40	34	25
6SD 7/10	NFS6 750T	13.5	5.5	7.5			125	121	117	111	109	104	99	93	86	79	72	65	56	46	35
6SD 7/14	NFS6 1000T	18.5	7.5	10			175	169	164	157	151	145	138	129	120	111	100	90	77	65	50
6SD 7/18	NFS6 1250T	21	9.2	12.5			226	219	211	203	195	187	177	166	154	143	130	121	100	81	62
6SD 7/21	NFS6 1500T	26.5	11	15			264	256	247	238	229	218	206	194	180	167	152	135	116	95	73
6SD 7/25	NFS6 1750T	29.5	13	17.5			315	306	296	285	274	261	247	232	215	199	180	160	137	113	86
6SD 7/28	NFS6 2000T	33	15	20			354	344	333	321	308	293	278	260	242	223	200	177	151	125	96

DN بعد از اتصال شفتی مطابق ISO 228	L طول مجموعه بر حسب میلیمتر mm	L1 طول پمپ بر حسب میلیمتر mm	وزن مجموعه بر حسب کیلوگرم Kg	وزن پمپ بر حسب کیلوگرم Kg
G 3	1148	548	32.9	14.5
	1200	600	31.6	15.5
	1304	705	53.5	17.5
	1483	860	56.5	20.5
	1734	1075	65.5	24.5
	2034	1345	72.5	28.5
	2224	1505	79	32
	2474	1720	85	36
	2659	1875	90	39

P2 : میزان توان خروجی موتور

جدول و نمودار ۲ــ۴ــ مشخصات فنی نوعی الکتروپمپ شناور

۱۵ــ۴ــ مشخصات فنی پمپ

بنا به شرایط مورد نیاز در هر سیستم، نیاز به اطلاعات پمپ با مشخصات معینی از قبیل مقدار دبی، فشار و ... می‌باشد. با داشتن این اطلاعات می‌توان پمپ مورد نیاز را تهیه کرد. به این دلیل کارخانه‌های تولیدکننده پمپ‌ها اطلاعات فنی و ظاهری تولیدات خود را در جداول مشخصات فنی و نمودارهای مربوطه ارائه دهند،تا خریداران بتوانند به راحتی پمپ مورد نیاز خود را تهیه کنند. یک نمونه از این مشخصات فنی در ارتباط با یک نوع پمپ در ۹ اندازه مختلف در نمودار و جدول‌های ۲ــ۴ آمده است.

با انتخاب پمپ مناسب می‌توانید از صرف هزینه‌های زیاد جلوگیری کرده و سرمایه‌های ملی را حفظ کنید.

خودآزمایی

۱ــ عمق استاتیک مکش (عمق مکش تئوری) پمپ را توضیح دهید.

۲ــ ارتفاع کل دینامیک (ارتفاع کل حقیقی یا ارتفاع مانومتریک) عبارت از مجموع ..... و ..... می‌باشد.

۳ــ ظرفیت آبدهی (دبی) بر حسب چه واحدهایی عنوان می‌شود؟

۴ــ بازده پمپ را تعریف کنید؟

۵ــ چه عواملی باعث ایجاد ضربه قوچ در پمپ می‌شود؟ توضیح دهید.

۶ــ افت اصطکاک در لوله رانش به چه عواملی بستگی دارد؟ نام ببرید.

۷ــ کاویتاسیون در پمپ همراه با چه علائمی می‌باشد؟