

### پمپ‌های گسسته

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل فراگیر باید بتواند :

- ۱- پمپ‌های با جابه‌جایی مثبت را تقسیم‌بندی نماید.
- ۲- اصول کار پمپ‌های دنده‌ای را توضیح دهد.
- ۳- اجزای ظاهری پمپ دنده‌ای را شناسایی کند.
- ۴- اصول کار پمپ‌های پره‌ای را توضیح دهد.
- ۵- اجزای ظاهری پمپ دنده‌ای را شناسایی کند.
- ۶- اصول کار پمپ‌های پیستونی را توضیح دهد.
- ۷- اجزای ظاهری پمپ پیستونی را شناسایی کند.

پمپ‌های گسسته برای افزایش فشار سیال به کار 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 :

– پمپ‌های گردشی

– پمپ‌های رفت و برگشتی

#### ۱-۳- پمپ‌های گردشی (rotary pumps)

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

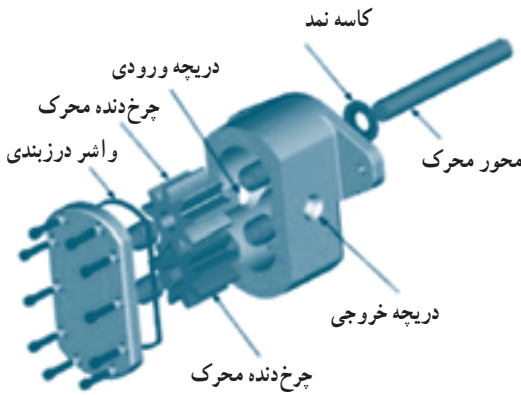
مختلفی موجود هستند.

– پمپ‌های چرخ‌دنده‌ای (gear pumps)

– پمپ‌های پره‌ای (vane pumps)

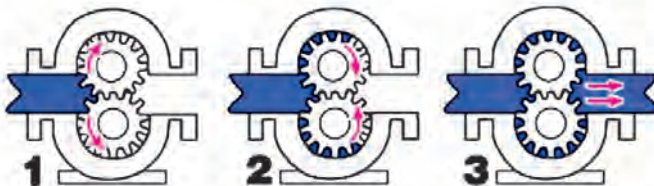
۱-۱-۳ پمپ‌های چرخ‌دنده‌ای: این پمپ‌ها با حمل سیال در فضای بین دندانه‌های خود ایجاد جریان می‌کنند و به دلیل طراحی آسان، هزینه ساخت پایین و اندازه کوچک در صنعت کاربرد زیادی پیدا کرده‌اند و دارای انواع زیر هستند:

**الف) پمپ دنده خارجی (external gear pumps) (شکل ۱-۳):** در محفظه این پمپ دو چرخ‌دنده قرار دارد که یکی از چرخ‌دنده‌ها به محور محرک متصل بوده و چرخ دنده دیگر متحرک می‌باشد (شکل ۲-۳). 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 تماس بودن چرخ‌دنده‌ها و مسدود شدن مسیر امکان برگشت سیال به محفظه ورودی وجود ندارد (شکل ۳-۳). با توجه به دورهای بالای پمپ که تا  $2700 \text{ rpm}$  می‌رسد انتقال سیال بسیار سریع انجام می‌شود. این پمپ‌ها بیش‌تر برای انتقال سیالات نفتی و مایعات لزجی که حالت چربی دارند استفاده می‌گردند.



شکل ۱-۳- نوعی پمپ دنده خارجی

شکل ۲-۳- اجزاء ساختمانی پمپ دنده خارجی



شکل ۳-۳- 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 ۳-۴) و در نتیجه ایجاد مکش می‌کند و سیال را به داخل کشیده آن را به طرف قسمت خروجی می‌راند که در نزدیکی درجه 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 ۳-۵).

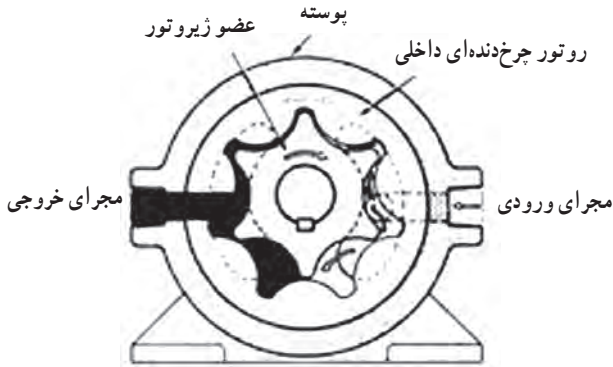


شکل ۳-۵- طرز جریان سیال در پمپ دنده داخلی



شکل ۳-۴- اجزای ساختمانی 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 ۳-۶) 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 به تدریج 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 ۳-۷) در قسمت خروجی با نزدیک شدن دندانه‌ها به هم فاصله آن‌ها از هم کم شده و سیال تحت فشار به بیرون رانده می‌شود.



شکل ۳-۷- طرز کار پمپ ژیراتور

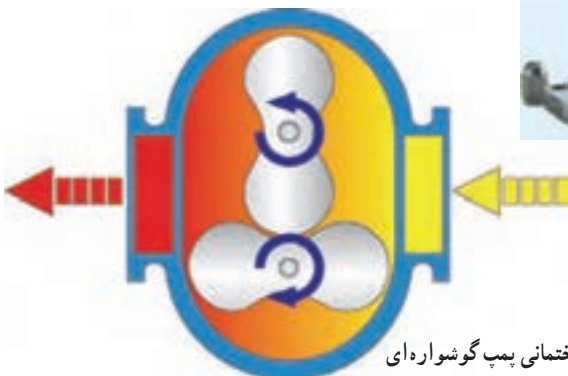


شکل ۳-۶- برش خورده پمپ ژیراتور

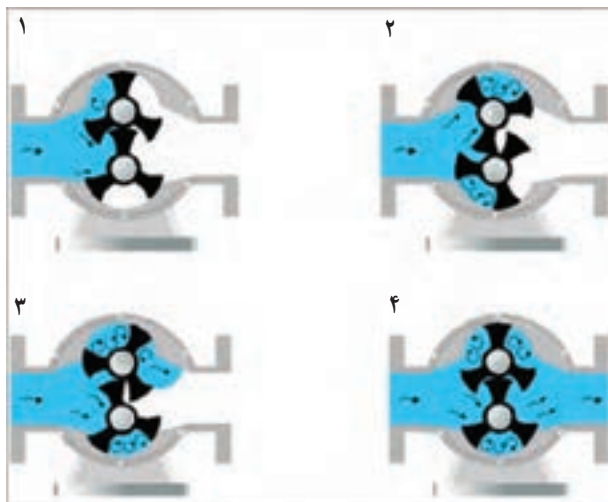
د) پمپ گوشواره‌ای (*lobe pumps*) (شکل ۳-۸): در این پمپ‌ها به جای چرخ‌دنده در محفظه پمپ قطعاتی به نام گوشواره قرار دارد (شکل ۳-۹). فضای بین گوشواره‌ها در مجاورت دریچه مکش زیاد شده در نتیجه ایجاد خلأ می‌کند و سپس در نزدیکی دریچه رانش گوشواره‌ها به هم نزدیک می‌شوند و سیال را تحت فشار به بیرون می‌فرستند (شکل ۳-۱۰).



شکل ۳-۸- پمپ گوشواره‌ای



شکل ۳-۹- اجزای ساختمانی پمپ گوشواره‌ای



شکل ۱۰-۳- مراحل کار پمپ گوشواره ای

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

۲-۱-۳- پمپ‌های پره‌ای :

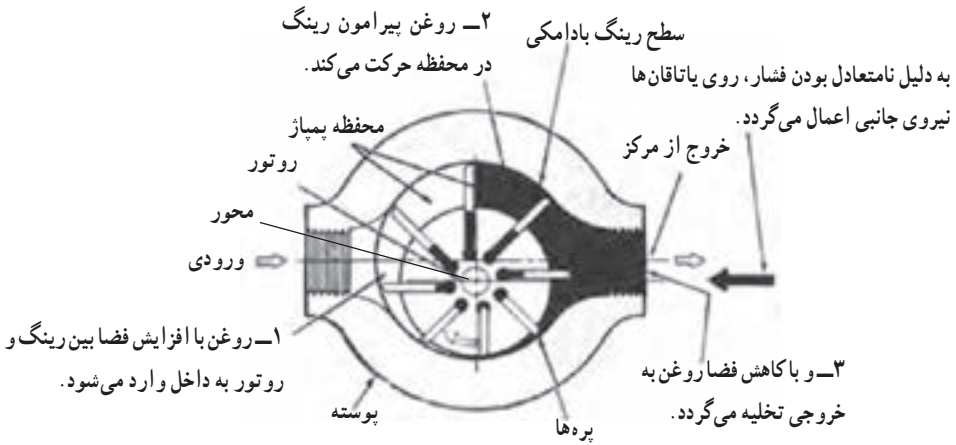
**الف) پمپ تیغه‌ای (vane pumps) :** این پمپ‌ها دارای یک قسمت گردنده (روتور) اند که نسبت به محفظه به صورت خارج از مرکز قرار می‌گیرد (شکل ۱۱-۳) در امتداد شعاع‌های قسمت گردنده که استوانه‌ای شکل می‌باشد تعدادی شیار وجود دارد. در هر شیار تیغه لغزانی قرار می‌گیرد که



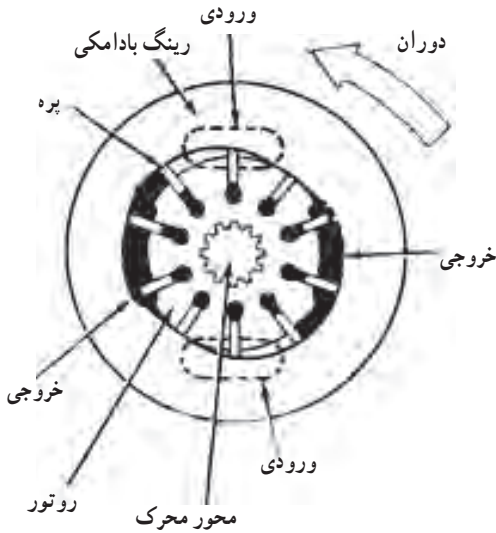
فضای بین قسمت گردنده و محفظه با چرخش قسمت گردنده و حرکت تیغه‌ها در امتداد شعاع تقسیم‌بندی و مسدود می‌گردد. با چرخیدن قسمت گردنده فضای بین روتور و محفظه در نیم دور اول چرخش محور افزایش یافته و انبساط حجمی حاصله باعث کاهش فشار و ایجاد مکش می‌گردد در نتیجه سیال به طرف مجرای ورودی پمپ جریان می‌یابد. در نیم‌دور دوم با کم شدن فضای بین پره‌ها سیال که در این فضاها قرار دارد با فشار به سمت خروجی

شکل ۱۱-۳- پمپ تیغه‌ای

رانده می‌شود (شکل ۱۲-۳). 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 ۱۲-۳- طرز کار پمپ تیغه‌ای



شکل ۱۳-۳- پمپ تیغه‌ای بالانس

برای رفع این مشکل از پمپ‌های تیغه‌ای متقارن (بالانس) استفاده می‌شود (شکل ۱۳-۳). 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.

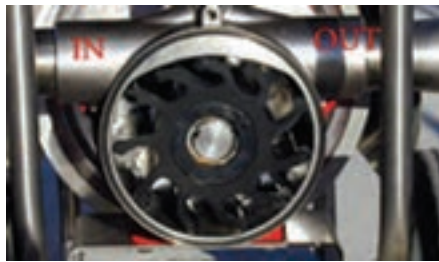
با توجه به اینکه پمپ‌های تیغه‌ای مورد استفاده در تولید خلأ توسط روغن نشت کرده، یاتاقان‌های آنها روغن کاری می‌شود و روغن دائماً از مخزن به داخل پمپ وارد می‌شود و پس از روغن کاری از لوله خروجی به همراه هوا خارج می‌گردد و با استفاده از مخزن روغن گیر در خروجی پمپ از ورود روغن به محیط و آلودگی محیط زیست جلوگیری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



ب) پمپ‌های پره‌ای لاستیکی (شکل ۳-۱۴): پروانه این نوع پمپ از لاستیک قابل انعطاف ساخته شده است (شکل ۳-۱۵). 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 ۳-۱۶).



شکل ۳-۱۶- طرز کار پمپ



شکل ۳-۱۵- پمپ پره‌ای لاستیکی



شکل ۳-۱۴- پره‌های پمپ پره‌های لاستیکی

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

کنید.

## ۳-۲- پمپ‌های رفت و برگشتی (displacement pumps)

این پمپ‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

- پمپ‌های پیستونی

- پمپ‌های دیافراگمی

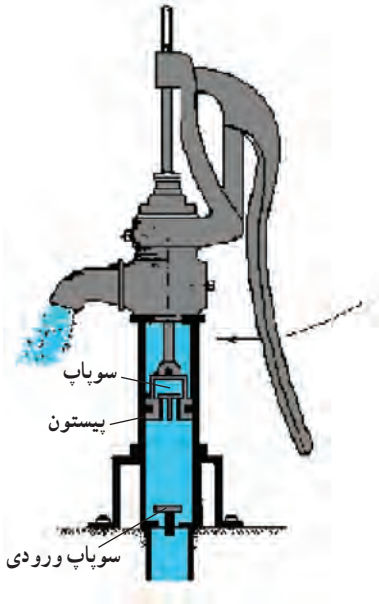
۳-۲-۱- پمپ‌های پیستونی (piston pumps): این نوع پمپ‌ها دارای پیستون و سیلندر

هستند و اساس کار آن‌ها این است که پیستون‌ها در حرکت رفت خود سیال را به درون سیلندر می‌کند

و در حرکت برگشت خود سیال را بیرون می‌رانند. این پمپ‌ها به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- پمپ‌های پیستونی مکشی

- پمپ‌های پیستونی فشاری

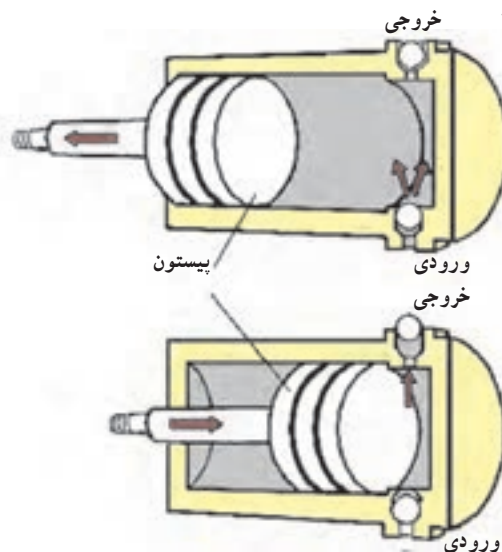


شکل ۱۷-۳- پمپ پیستونی مکشی

۱- پمپ‌های پیستونی مکشی : این پمپ دارای یک پیستونی بوده که در مرکز آن سوپایی 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.

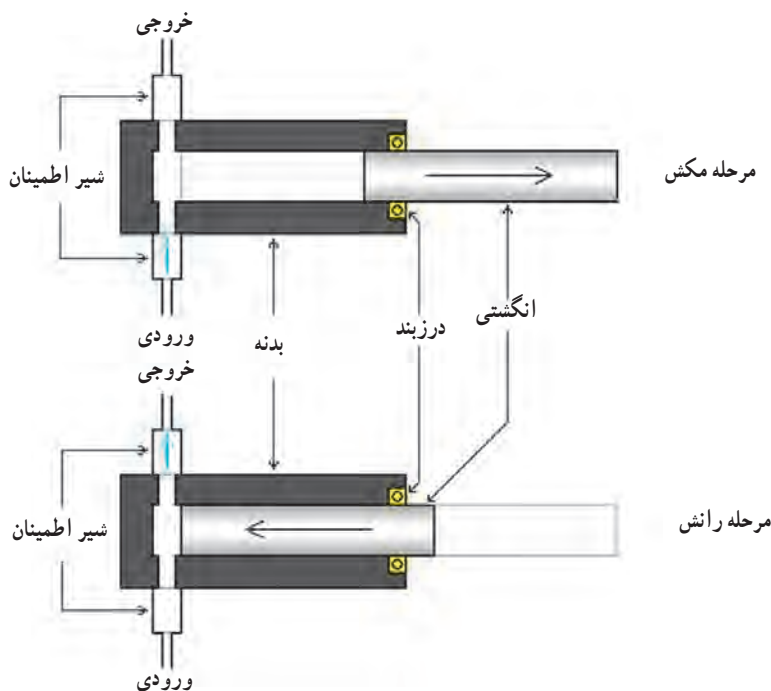
۲- پمپ‌های پیستونی فشاری : این پمپ سیال را تحت فشار بیشتری از فشار جو قرار داده و در نتیجه می‌تواند آن را با فشار بیشتری پمپاژ کند. در این پمپ با حرکت پیستون (شکل ۱۸-۳) و یا انگشتی (شکل ۱۹-۳)

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.



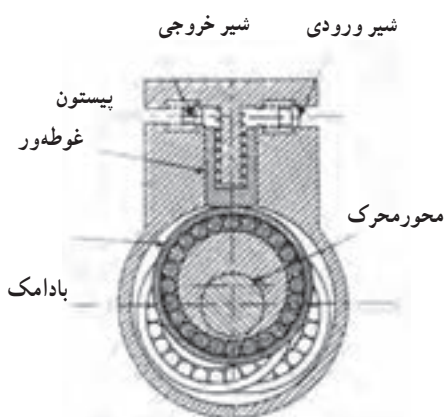
شکل ۱۸-۳- طرز کار پمپ پیستونی یک طرفه





شکل ۱۹-۳- طرز کار پمپ انگشتی

نوعی از آن پمپ‌ها به نام پمپ‌های پلانچری شکل ۲-۳ یا پمپ‌های پیستونی رفت و برگشتی با ظرفیت بالا می‌باشند. در این پمپ بر روی 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



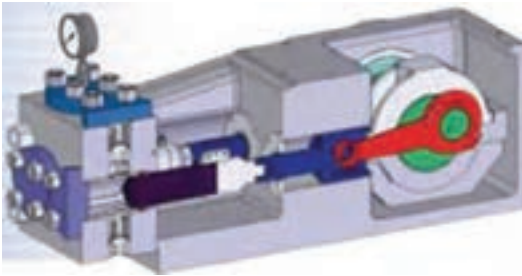
شکل ۲۰-۳- ساختمان پمپ پلانچری

داخل سیلندر قرار گرفته که به کمک فنر دائماً به روی بادامک قرار می‌گیرد با چرخش بادامک و عبور آن از زیر پیستون 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.

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

واحدہ یا بہ صورت ردیفی و یا دورانی ساخته می‌شوند.

الف) پمپ‌های پیستونی ردیفی (شکل ۲۱-۳): در این پمپ‌ها چند واحد پمپ در یک ردیف کنار هم قرار گرفته‌اند (شکل ۲۲-۳) و هر کدام به ترتیب و پشت سر هم عمل پمپاژ سیال را انجام می‌دهند که در نتیجه گسستگی در انتقال سیال کم‌تر می‌شود.



شکل ۲۲-۳- اجزای ساختمانی پمپ ردیفی پیستونی

شکل ۲۱-۳- پمپ ردیفی پیستونی

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

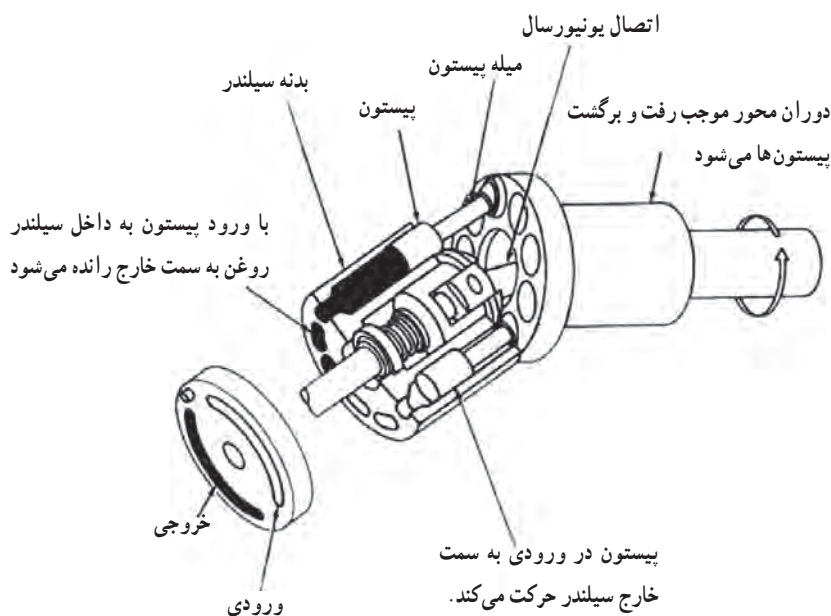
۱- پمپ‌های پیستونی دوار محوری: این پمپ‌ها خود به دو دسته با محور خمیده و با صفحه زاویه‌گیر تقسیم می‌شوند.

۲- پمپ‌های پیستونی محوری با محور خمیده (*bent-axis type axial piston pumps*) (شکل ۲۳-۳): در این پمپ‌ها خط مرکزی بدنه سیلندر با زاویه معینی نسبت به خط مرکزی محور محرک



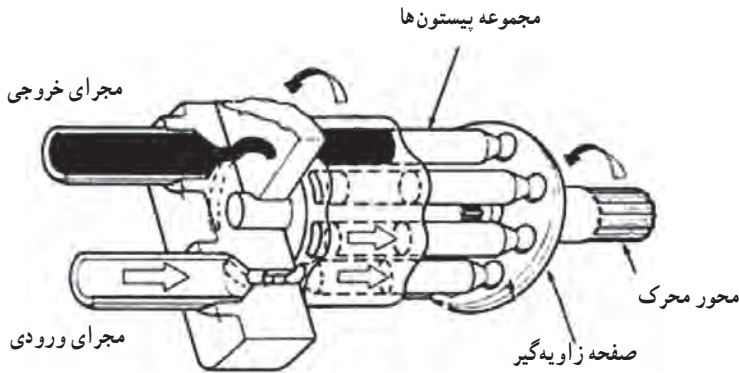
شکل ۲۳-۳- پمپ پیستونی محوری با محور خمیده

قرار دارد. میله پیستون توسط اتصالات کروی به فلنج محور محرک متصل هستند به طوری که تغییر فاصله بین فلنج محرک و بدنه سیلندر باعث حرکت رفت و برگشت پیستون می شود (شکل ۲۴-۳). یک اتصال یونیورسال بدنه سیلندر را به محور محرک متصل می کند. میزان خروجی پمپ با تغییر زاویه بین دو محور پمپ قابل تغییر است. در زاویه صفر خروجی وجود ندارد و بیشینه خروجی در زاویه  $30^\circ$  درجه به دست خواهد آمد.

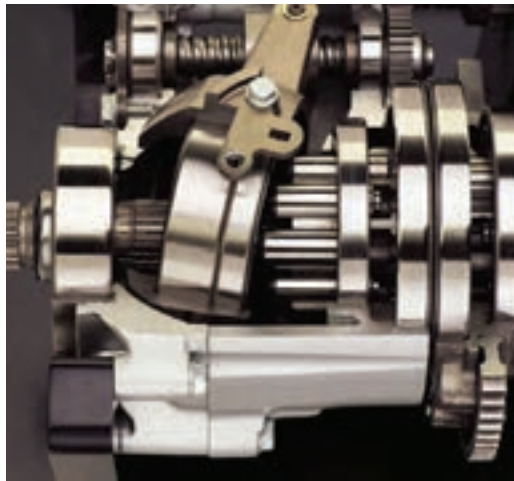


شکل ۲۴-۳- اجزای ساختمانی پمپ پیستونی محوری با محور خمیده

— پمپ های پیستونی محوری با صفحه زاویه گیر (Swash plate axial piston pumps): در این نوع پمپ ها محور بدنه سیلندر و محور محرک در یک راستا قرار می گیرند و در حین حرکت دورانی به خاطر پیروی از وضعیت صفحه زاویه گیر پیستون ها حرکت رفت و برگشتی انجام خواهند داد (شکل ۲۵-۳). با این حرکت سیال را از ورودی مکیده و در خروجی پمپ می کنند (شکل ۲۶-۳). این پمپ ها را می توان با خاصیت جابه جایی متغیر نیز طراحی نمود. در این پمپ ها وضعیت صفحه زاویه گیر قابل تنظیم و تغییر می باشد. حداکثر زاویه صفحه زاویه گیر حدود  $17/5^\circ$  درجه می باشد.



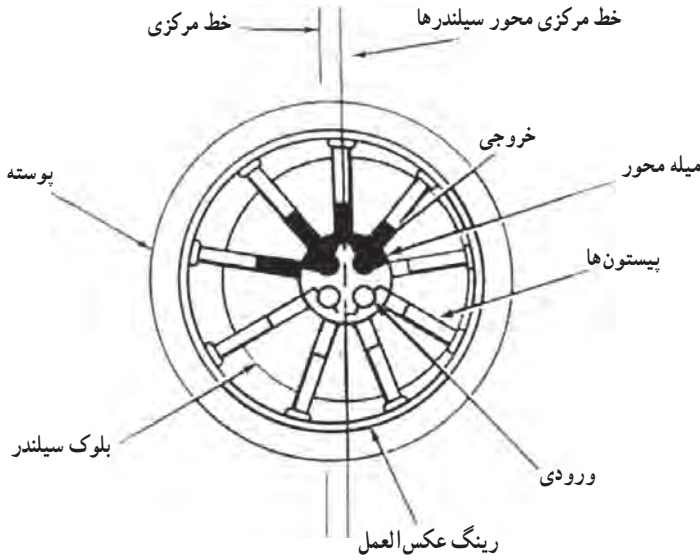
شکل ۲۵-۳- پمپ پیستونی محوری با صفحه زاویه گیر



شکل ۲۶-۳- طرز کار پمپ پیستونی محوری با صفحه زاویه گیر

۲- 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 نتیجه 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 به وجود 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 ۳-۲۷).



شکل ۳-۲۷- طرز کار پمپ پیستونی شعاعی

□ کار کارگاهی: زیر نظر مربی انواع پمپ‌های پیستونی را در کارگاه مورد بررسی قرار دهید.  
 ۳-۲-۲- پمپ‌های دیافراگمی (Diaphragms pumps): معمولاً برای انتقال مواد سوختی (شکل ۳-۲۸) محلول‌های قلیایی و آب‌های محتوی شن و ماسه (شکل ۳-۲۹) و اسیدها که پمپ‌های فلزی را فرسوده می‌کند از این پمپ استفاده می‌کنند.

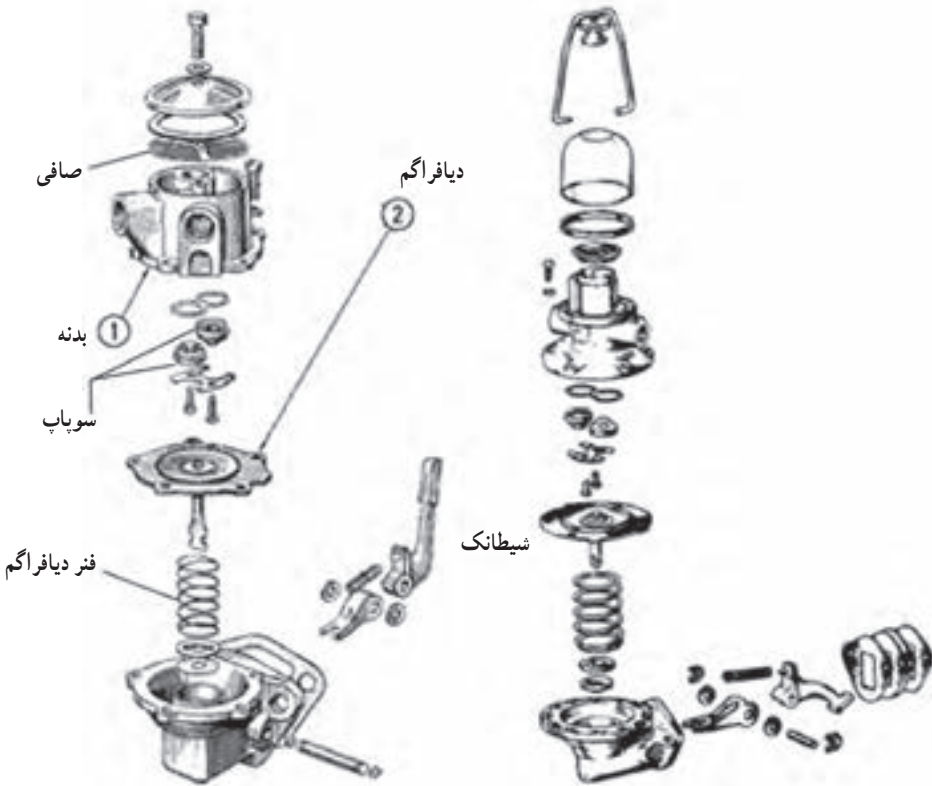


شکل ۳-۲۹- پمپ آب دیافراگمی



شکل ۳-۲۸- پمپ بنزین

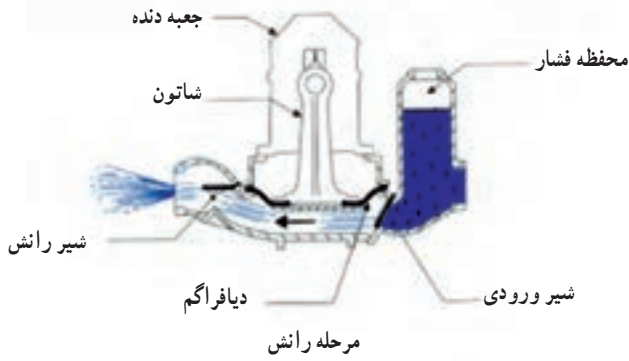
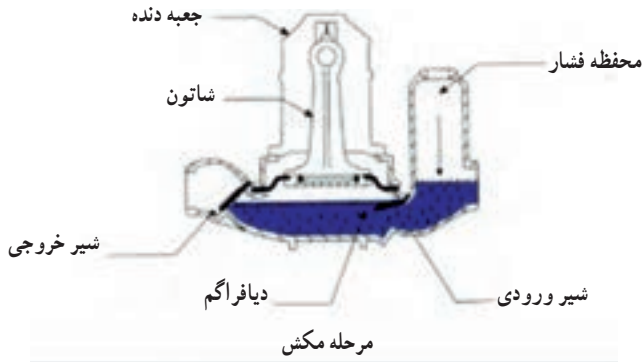
انگشتی این پمپ در داخل سیلندر حرکت نمی‌کند بلکه به مرکز یک غشای لاستیکی (دیافراگم) متصل است. حاشیه خارجی این دیافراگم به وسیله فلانچ به محفظه پمپ پیچ شده است (شکل ۳۰-۳). دیافراگم معمولاً از لاستیک با جنس مقاوم ساخته می‌شود تا هم در مقابل خوردگی مایعات مقاوم باشد و هم خاصیت ارتجاعی خود را از دست ندهد. علاوه بر محفظه دیافراگم و انگشتی این پمپ‌ها مجهز به یک سوپاپ ورودی و یک سوپاپ خروجی می‌باشند.



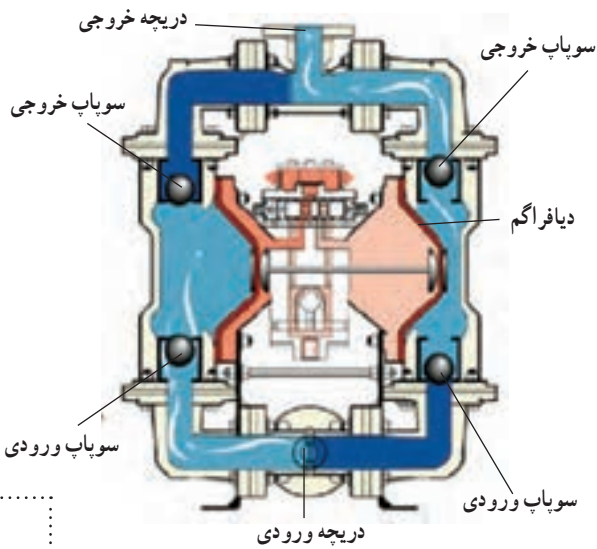
شکل ۳۰-۳- اجزای ساختمانی پمپ دیافراگمی

حرکت انگشتی به طرف 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 ۳۱-۳). در دسته‌ای از پمپ‌های دیافراگمی برای آن که گسستگی در پمپاژ سیال کمتر شود از دو پمپ در مقابل هم استفاده می‌شود (شکل ۳۲-۳) که هم‌زمان وقتی یک پمپ در حال مکش است دیگری در حال ارسال سیال می‌باشد (شکل ۳۳-۳).





شکل ۳-۳۱- طرز کار پمپ دیافراگمی



شکل ۳-۳۳- طرز کار پمپ دیافراگمی دوبل



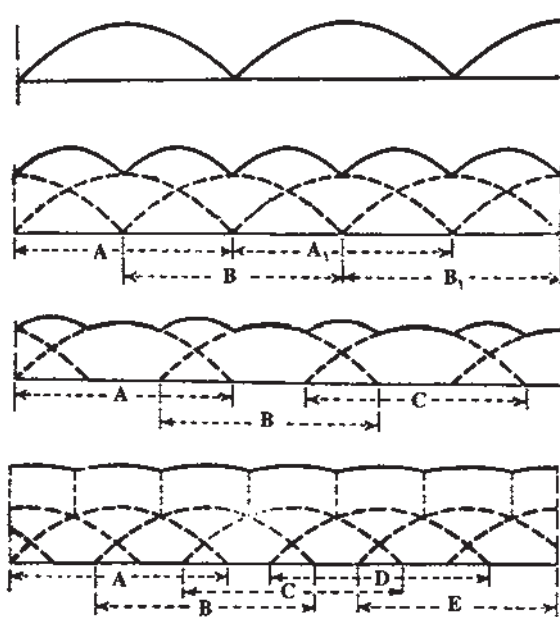
شکل ۳-۳۲- پمپ دیافراگمی دوبل

□ کار کارگاهی: به کمک پمپ دیافراگمی را باز کرده و قطعات و طرز کار آنرا مورد

بررسی قرار دهید.

### ۳-۳- خصوصیات جریان مایع در پمپ متناوب

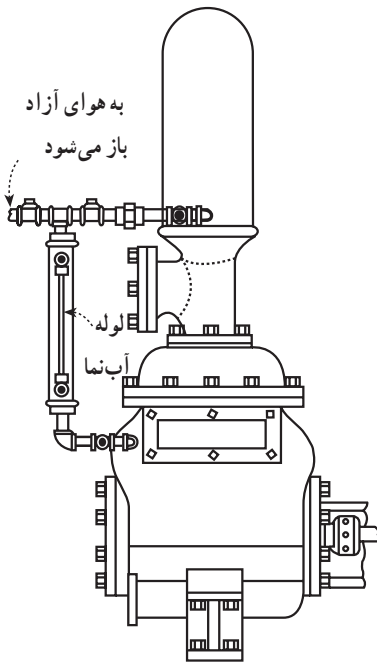
در پمپ متناوب جریان مایع ضربانی و منقطع می‌باشد و مقدار این انقطاع بستگی به نوع پمپ و هم‌چنین مجهز بودن پمپ به محفظه هوا دارد که می‌توان آن را به صورت منحنی شکل ۳-۳۵ نشان داد در این منحنی محور عمودی دبی خروجی و محور افقی زمان را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳۴- مشخصات جریان مایع خروجی از پمپ‌های موتوری یک سیلندر دو طرفه، دو سیلندر دو طرفه، سه سیلندر یک طرفه و پنج سیلندر یک طرفه، (به ترتیب از بالا به پایین).

### ۳-۴- 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.



شکل ۳۵-۳- یک نوع محفظه هوا

### ۱-۴-۳- محفظه هوا: در طرح بسیاری از

پمپ‌ها از محفظه هوا استفاده شده است. محفظه هوا معمولاً روی قسمت خروجی پمپ نصب می‌شود و بدین طریق باعث یکنواخت کردن جریان خروجی مایع شده، هم چنین باعث تسهیل کارکرد سوپاپ خروجی می‌شود.

هوای درون این محفظه موقع ضربه پیستون فشرده شده، در پایان ضربه به تدریج منبسط می‌شود و مایع را در حال 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 مرحله حرکت پیستون می‌باشد و برای پمپ‌های دو پیستونی این حجم دو برابر پمپ‌های یک پیستونی می‌باشد.

با توجه به این که بر اثر کارکرد زیاد و به جهت

واکنش‌های شیمیایی هوا جذب آب می‌شود، بنابراین هر چند هم که محفظه هوا بدون درز و به صورت 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 شیرری که در پایین آن نصب شده است خارج و سپس با استفاده از هوای فشرده، محفظه را از هوا پر می‌کنند.

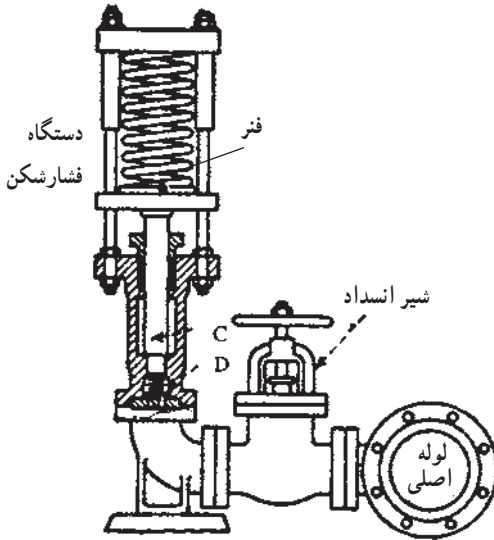
در گروهی از این محفظه‌ها در داخل مخزن، کیسه‌ای از هوا قرار داده می‌شود که با افزایش فشار سیال، هوا در آن متراکم شده و با کاهش فشار سیال، هوای متراکم فشار را به سیال انتقال می‌دهد که در نتیجه باعث یکنواخت شدن دبی خروجی می‌گردد.

### ۲-۴-۳- ضامن ایمنی یا فشار شکن: برای جلوگیری از ترکیدن پمپ و لوله‌ها که ممکن

است در اثر ضربه یا توقف ناگهانی پیش آید، قسمت خروجی پمپ‌های متناوب به دستگاه فشار شکن 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 به تدریج در جای خود می‌نشیند. دستگاه فشارشکن دارای سوپاپ کنترل D است که از برگشت سریع انگشتی به جای خود جلوگیری می‌کند. با توجه به این که به دنبال 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 ۳۶-۳- دستگاه فشارشکن برای تلمبه‌های فشار قوی

۳-۴-۳ 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 فبری استفاده می‌شود. از فولاد ضدزنگ برای ساختن دسته پیستون استفاده می‌شود.

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.

سیلندر، جنس سیلندر را از چدن و بوش داخل آن را از برنج یا آلیاژهای آن می‌سازند. در مواردی که مایع خاصیت خوردگی 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.

۳-۴-۴ سوپاپ‌ها: سوپاپ‌ها را از آلیاژهای برنز، فولاد و گاهی از لاستیک می‌سازند.

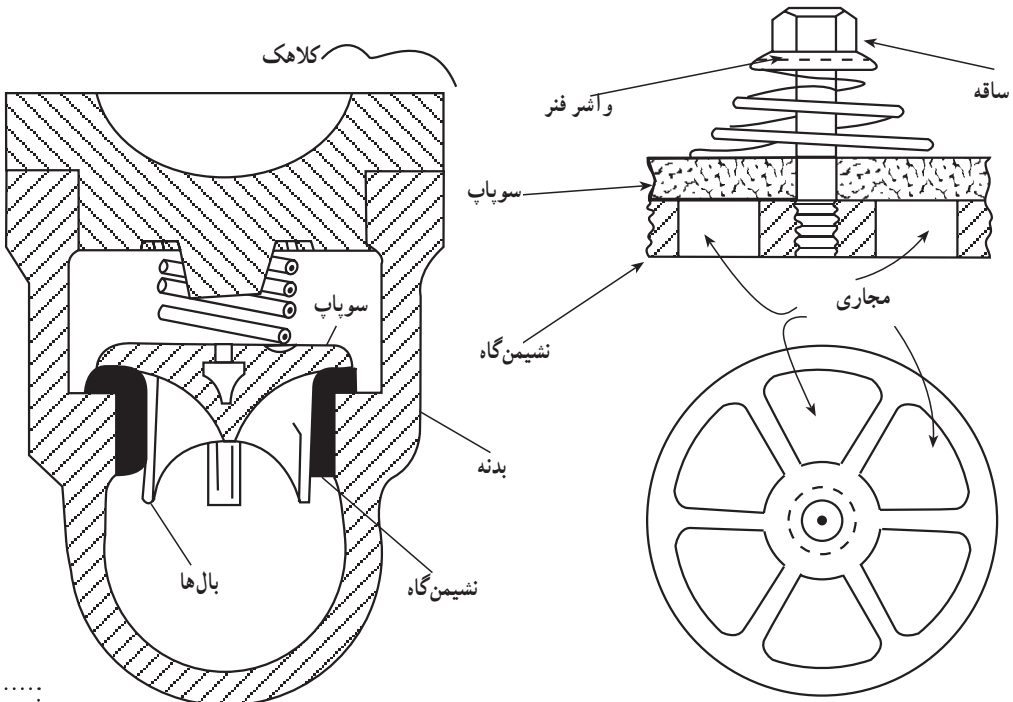
در پمپ‌های تناوبی ممکن است به‌جای یک سوپاپ بزرگ از چند سوپاپ کوچک استفاده کرد که این امر باعث دوام بیشتر و نرم کار کردن پمپ و هم‌چنین کمتر شدن صدای آن می‌شود.

سوپاپ‌های متداول در پمپ‌های مختلف عبارت‌اند از:

سوپاپ دیسکی، سوپاپ بالی و سوپاپ گلوله‌ای

**۱- 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 میسر شود. در بالای دیسک، فنری تعبیه شده که سوپاپ را روی نشیمن‌گاهش بنشانند. نوع و جنس لاستیک برای فشار و دماهای مختلف متفاوت است.

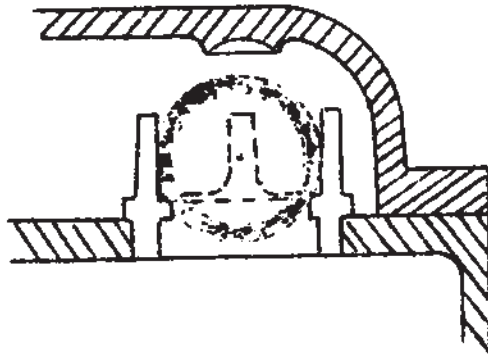
**۲- سوپاپ بالی:** ساختمان آن از یک سوپاپ دنباله‌دار، یک فنر، و یک نشیمن‌گاه تشکیل شده است دنباله سوپاپ که بال راهنمای سوپاپ نام دارد، عمل هدایت سوپاپ به‌طرف بالا یا پایین را تسهیل می‌کند. جنس سوپاپ و نشیمن‌گاه بیشتر از برنز است و برای فشارهای متوسط یا زیاد به‌کار می‌رود.



شکل ۳۷- سوپاپ دیسکی

شکل ۳۸- سوپاپ بالی

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



شکل ۳۹-۳- سوپاپ گلوله‌ای

### ۵-۴-۳- محاسبات

۱- جابه‌جایی: در پمپ‌های تناوبی، حجمی از سیال که در طی یک حرکت پیستون یا انگشتی منتقل می‌شود جابه‌جایی نامیده می‌شود. معمولاً جابه‌جایی را به صورت اینچ مکعب در دقیقه و گالن در دقیقه یا سانتی‌متر مکعب در دقیقه نشان می‌دهند. ممکن است جابه‌جایی را به صورت 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 جابه‌جایی یک پمپ تناوبی دو طرفه تک سیلندری، بر حسب سانتی‌متر مکعب در هر حرکت پیستون آن. ابعاد سیلندر  $12 \times 30$  سانتی‌متر می‌باشد و دسته پیستون ۲ سانتی‌متر قطر دارد.

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$\text{مساحت مقطع پیستون} = (12)^2 \times 0.7854 = 113.098 \text{ cm}^2$$

حل:

$$\text{مساحت مقطع دسته پیستون} = (2)^2 \times 0.7854 = 3.142 \text{ cm}^2$$

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



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

$$113/098 - \frac{3/142}{2} = 111/527 \text{ cm}^2$$

$$111/527 \times 30 = 3345/81 \text{ cm}^3$$

برای محاسبه جابه‌جایی بر حسب 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 :

$$3345/81 \times 92 = 307814/52 \text{ cm}^3/\text{min}$$

۲- **سرعت پیستون** : کل مسافتی که پیستون یا انگشتی پمپ در هر دقیقه بر حسب متر می‌پیماید، سرعت نامیده می‌شود.

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

$$\text{متر بر دقیقه} = \frac{40 \times 60}{100} = 24$$

۳- **ظرفیت** : ظرفیت یک پمپ، حجم حقیقی آب یا سیالی است که پمپ آن را انتقال می‌دهد. معمولاً ظرفیت را بر حسب لیتر در دقیقه، لیتر در ثانیه، متر مکعب در ساعت، گالن در دقیقه و یا گالن یا لیتر در هر حرکت پیستون بیان می‌کنند.

مثال : یک پمپ یک طرفه که جابه‌جایی آن ۵۰۰۰ سانتی‌متر مکعب است، در هر دقیقه ۱۰۰ حرکت انجام می‌دهد. اگر لغزش ۵٪ باشد، ظرفیت پمپ را بر حسب لیتر در دقیقه به دست آورید.

حل : چون پمپ یک طرفه است در هر دقیقه  $5000 = \frac{100}{2}$  حرکت یا تخلیه صورت می‌گیرد در

نتیجه :

$$\text{جابه‌جایی} = 5000 \times 50 = 250000 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$5\% \text{ لغزش} = 250000 \times \frac{5}{100} = 12500 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$\text{ظرفیت} = 250000 - 12500 = 237500 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$\text{ظرفیت} = \frac{237500}{1000} = 237.5 \text{ lit}/\text{min}$$

۱- منظور از لغزش مقدار آبی است که بر اثر کامل نبودن آب‌بندی و یا سایر مسایل، تلف شده، از جابه‌جایی خالص کسر می‌گردد و

معمولاً آن را به صورت درصدی از جابه‌جایی نشان می‌دهد.

## خودآزمایی

- ۱- پمپ‌های دنده‌ای به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ نام ببرید.
  - ۲- برای رفع چه مشکلی در پمپ‌های تیغه‌ای از پمپ‌های تیغه‌ای متقارن (بالانسی) استفاده می‌شود؟
  - ۳- طرز کار پمپ پیستونی مکشی را با رسم شکل ساده‌ای توضیح دهید.
  - ۴- در پمپ‌های پیستونی محوری با محور خمیده میزان خروجی پمپ با ..... قابل تغییر است.
  - ۵- در پمپ‌های پیستونی شعاعی برای پمپ نمودن سیال رینگ عکس‌العمل باید نسبت به محور محرک ..... داشته باشد.
  - ۶- از پمپ‌های دیافراگمی معمولاً برای انتقال چه سیالاتی استفاده می‌شود؟
  - ۷- در پمپ‌های جابه‌جایی محفظه هوا به چه منظور به کار برده می‌شود؟
  - ۸- تعیین دبی پمپ به روش حجمی را توضیح دهید.
- مسئله ۱: مطلوبست محاسبه جابه‌جایی یک پمپ تناوبی یک‌طرفه، تک سیلندری برحسب سانتی‌متر مکعب در هر حرکت پیستون

$$\text{ابعاد سیلندر} = 5 \times 14 \text{ cm}$$

$$\text{قطر دسته پیستون} = 1/5 \text{ cm}$$

- مسئله ۲: مطلوبست محاسبه ظرفیت یک پمپ برحسب متر مکعب در دقیقه در

صورتی که

$$\text{جابه‌جایی} = 200 \text{ cm}^3$$

پیستونی دوطرفه = نوع پمپ

$$40 = \text{تعداد رفت و برگشت در دقیقه}$$

$$20\% = \text{لغزش}$$

### اصول هیدرولیک پمپ

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل فراگیر باید بتواند :

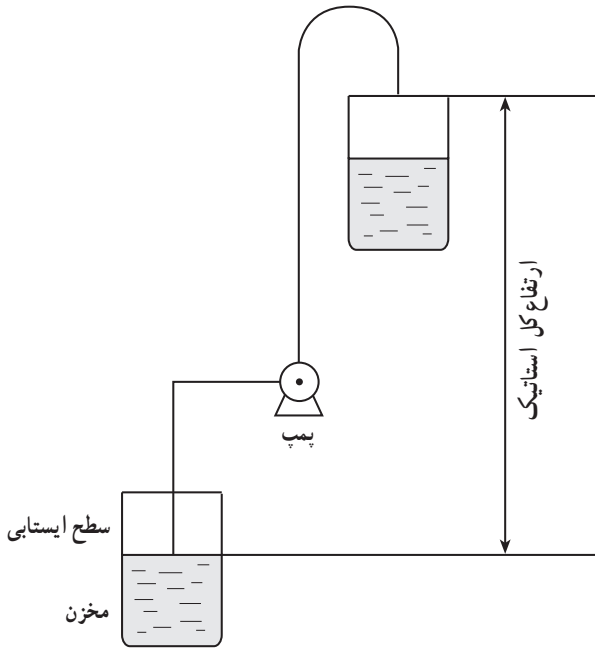
- ۱- اصول هیدرولیک پمپ را توضیح دهد.
- ۲- روش اندازه‌گیری دبی به روش حجمی و وزنی را توضیح دهد.
- ۳- قدرت ورودی و بازده پمپ را توضیح دهد.
- ۴- ضربه قوچ را توضیح دهد.
- ۵- عوامل مؤثر بر فشار لوله رانشی را توضیح دهد.
- ۶- کاویتاسیون را توضیح دهد.
- ۷- ظرفیت پمپ را توضیح دهد.

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.

#### ۱-۴- 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 ۱-۴).

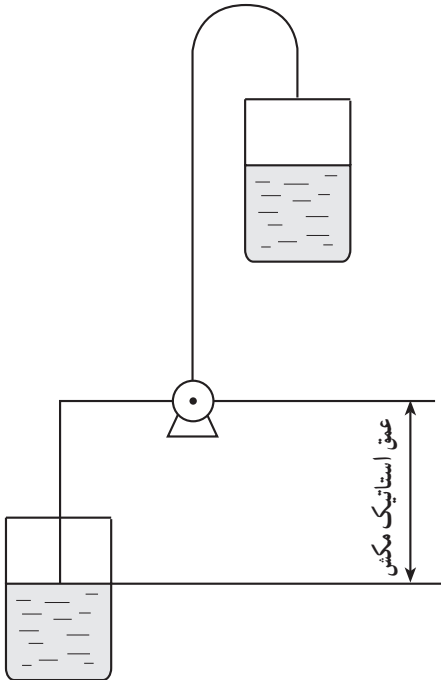
این ارتفاع شامل مجموع عمق استاتیک مکش و ارتفاع استاتیک رانش می‌باشد. در صورتی که ارتفاع استاتیک مکش وجود داشته باشد ارتفاع کل استاتیک پمپ عبارت از اختلاف ارتفاع استاتیک رانش و ارتفاع استاتیک مکش خواهد بود.



شکل ۱-۴- ارتفاع کل استاتیک

### ۱-۱-۴- عمق استاتیک مکش (عمق

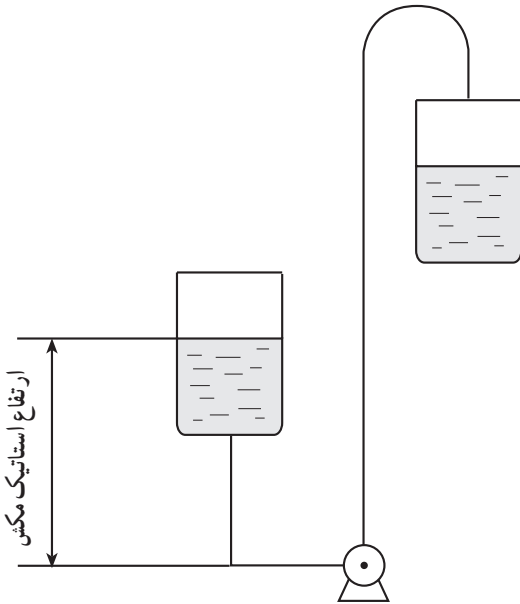
مکش تئوری): در حالتی که پمپ بالاتر از مخزن نصب شود مکش پمپ از عمق صورت می‌گیرد. بنابراین عمق استاتیک مکش «فاصله قائم سطح ایستایی در مخزن تا محور (شافت) افقی پمپ (شکل ۲-۴) خواهد بود و این فاصله قائم به ارتفاع کلی پمپ اضافه می‌شود. و این عمق در واقع ارتفاعی است که بر اثر فشار هوا» ستونی از آب در داخل لوله سر بسته 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 ایستایی می‌باشد.



شکل ۲-۴- عمق استاتیک مکش

## ۲-۱-۴- ارتفاع استاتیک مکش

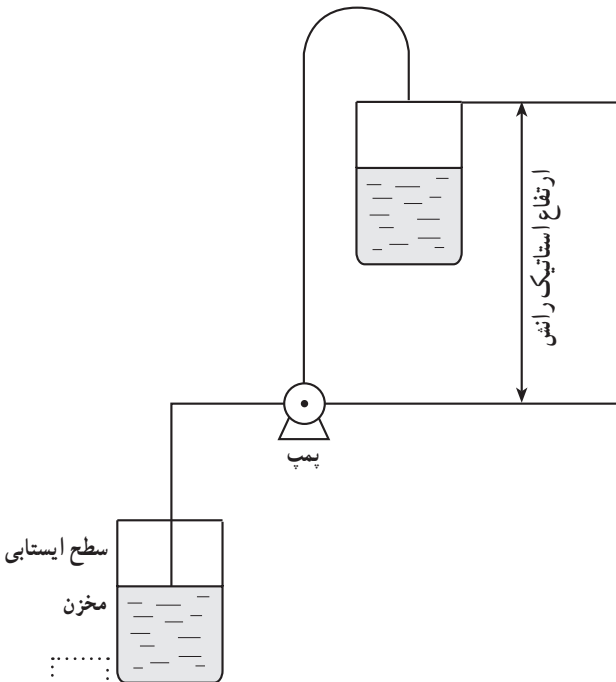
(ارتفاع مکش تئوری): درحالی که پمپ پایین تر از سطح ایستابی قرار گیرد فشاری معادل فاصله قائم از سطح ایستابی تا محور افقی پمپ روی چشمه پروانه پمپ وارد می آید. بنابراین ارتفاع استاتیک مکش «فاصله قائم سطح ایستابی تا محور افقی پمپ» (شکل ۳-۴) خواهد بود و این فاصله قائم در محاسبه ارتفاع کلی پمپ از ارتفاع کلی پمپ کسر می شود.



شکل ۳-۴- ارتفاع استاتیک مکش

## ۳-۱-۴- 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 ۴-۴). این ارتفاع به قدرت پمپ بستگی دارد.



شکل ۴-۴- ارتفاع استاتیک رانش

## ۴-۲-۴ 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.

### ۴-۲-۱-۴ عمق دینامیک مکش (عمق مکش حقیقی): در شرایطی که سطح ایستایی پایین‌تر

از پمپ قرار داشته 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 ضمام آن و ارتفاع تولید سرعت و افت ناشی از سرعت ورود مایع می‌باشد.

در شرایطی که سطح ایستایی 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.

### ۴-۲-۲-۴ ارتفاع دینامیک مکش (ارتفاع مکش حقیقی): در شرایطی که سطح

ایستایی 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 ضمام آن تولید سرعت و افت ناشی از سرعت ورود مایع می‌باشد.

### ۴-۲-۳-۴ 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 ضمام آن و ارتفاع تولید سرعت و افت ناشی از سرعت خروج سیال می‌باشد.

## ۴-۳-۴ تلفات ارتفاع ناشی از اصطکاک

موقعی که سیال در داخل لوله و ضمام آن جریان پیدا می‌کند در اثر برخورد ملکول‌های سیال به هم 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 ضمام لوله را خنثی کند و از کاهش سرعت جریان سیال جلوگیری کند».



## ۴-۴- 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<sup>3</sup>/h و گالن بر دقیقه (g.p.m) g/min<sup>۱</sup> 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.

۴-۴-۱ 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 بر حسب واحد وزنی اندازه می‌گیریم.

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

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 بر حسب لیتر بر ثانیه

P<sub>1</sub> = وزن ظرف خالی kg

P<sub>2</sub> = وزن ظرف آب kg

t = زمان بر حسب ثانیه

γ = وزن مخصوص آب بر حسب kg/l

مثال: در روش اندازه‌گیری دبی آب به روش وزنی مفروضات زیر را داریم. دبی را بر حسب

لیتر بر ثانیه حساب کنید.

$$P_1 = 14 \text{ kg}$$

$$P_2 = 34 \text{ kg}$$

$$t = 100 \text{ s}$$

$$\gamma = 1 \text{ kg/l}$$

حل:

$$Q = \frac{P_2 - P_1}{t \times \gamma} = \frac{34 - 14}{100 \times 1} = \frac{20}{100} = \frac{1}{5} \text{ lit/sec}$$

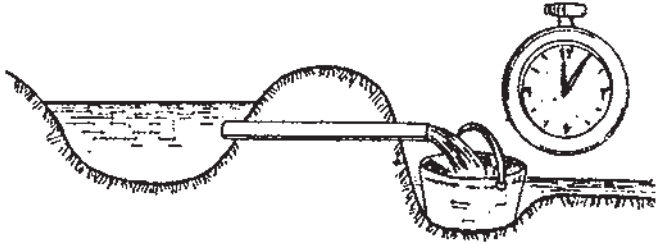
*ب) روش اندازه‌گیری دبی جریان آب به روش حجمی:* در این روش مستقیماً حجم آب

جریان یافته از منبع آب را بر حسب واحد حجمی در زمان معین اندازه گرفته و سپس دبی را در واحد

گالن انگلیسی ۴/۵۴۶ Liter = IMPG

۱- گالن آمریکایی (U.S.G) ۳/۷۸۵ Liter =

زمان محاسبه می‌کنیم. روش حجمی دقیقتر از روش وزنی است (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۵ - اندازه‌گیری دبی به روش حجمی

وسایل مورد نیاز: کرومتر، 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 پر شدن ظرف در ثانیه

مثال: اگر حجم ظرفی  $2^\circ$  متر مکعب باشد و این ظرف با آب خارج شده از لوله در مدت  $5^\circ$

ثانیه آب پر شود، دبی جریان این لوله را برحسب لیتر بر ثانیه حساب کنید.

حل:

$$Q = \frac{V}{t} \quad Q = \frac{2 \times 1000}{5} = \frac{2000}{5} = 400 \text{ lit/sec}$$

#### ۴-۵ - 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:

$$P = \frac{Q \cdot H}{E \times \eta}$$

$P =$  قدرت خروجی برحسب اسب بخار

$Q =$  دبی پمپ برحسب لیتر بر ثانیه

$H =$  ارتفاع کلی برحسب متر

$E =$  بازده پمپ (عدد اعشار)

$\eta =$  عدد ثابت تبدیل واحدها به یکدیگر

## ۴-۶- 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.

## ۴-۷- بازده پمپ

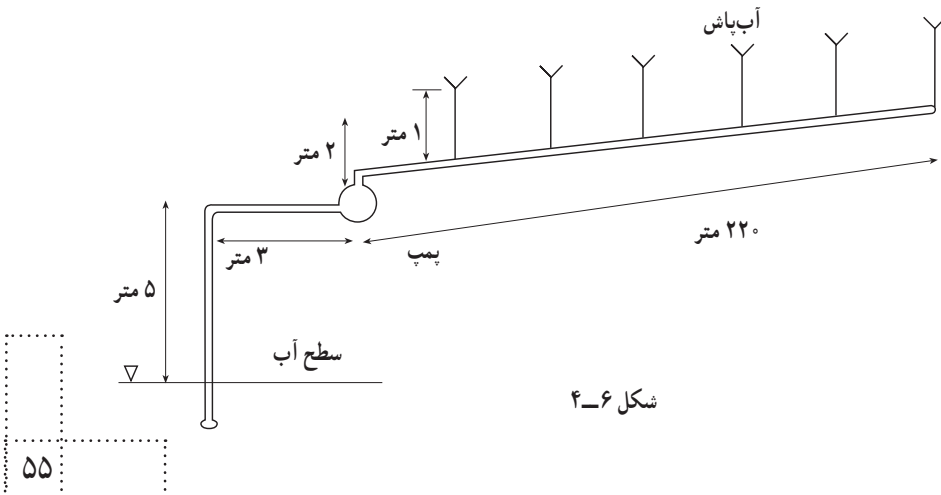
نسبت قدرت خروجی پمپ به قدرت ورودی آن را بازده پمپ می‌گویند. از آن‌جا که قدرت خروجی پمپ تابعی از ارتفاع مانومتریک می‌باشد از این‌رو این بازده را اصطلاحاً بازده مانومتریک نیز می‌نامند.

$$E = \frac{Q \cdot H}{P \times 75}$$

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 اصطکاک در لوله‌ها ۱٪/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 ۴-۶).



شکل ۴-۶

حل :

$$P = \frac{Q.H}{\gamma \times E}$$

ارتفاع رانش حقیقی + عمق مکش حقیقی = ارتفاع کل حقیقی

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

متر  $5/08 = 5 + 8 \times 0/01 =$  عمق مکش حقیقی

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

متر  $45/2 = 2 + 1 + 220 \times 0/01 + 40 =$  ارتفاع رانش حقیقی

متر  $50/28 = 50/08 + 45/2 =$  ارتفاع کلی حقیقی

تعداد آب پاش ها  $\times$  دبی هر آب پاش = دبی کل

لیتر بر ثانیه  $3 \times 6 = 18 = Q$

اسب بخار  $14/2 = \frac{18 \times 50/28}{\gamma \times 0/85} = P$

## ۸-۴- ضربه قوچ

هرگاه در مداری با خطوط لوله طولانی به عللی سرعت سیال به طور ناگهانی تغییر کند، موج های فشاری در شبکه به وجود خواهد آمد. این موج ها می توانند فشاری چندین برابر فشار کار سیستم را تولید کنند و باعث به وجود آمدن تنش های بسیار زیادی در اجزای مدار بشوند و در بدترین حالات، قادر به ترکاندن لوله ها، پوسته پمپ و شکستن اتصالات گوناگون گردند. موج های فشاری در یک سیستم پمپاژ، به علت باز و بسته شدن سریع شیرها، راه اندازی و خاموش کردن پمپ ها و یا تغییر سرعت دورانی آن ها به طور ناگهانی، به وجود می آید. علاوه بر این عوامل، مسایل اتفاقی و غیر معمول نیز باعث بروز پدیده ضربه قوچ خواهد شد. مهم ترین این مسایل عبارتند از :

- از کار افتادن موتور به علت قطع برق
- عملکرد نادرست شیرهای یک طرفه، شیرهای کنترل و حفاظتی سیستم در اثر قطع ولتاژ کنترل، از کار افتادن موتور الکتریکی، شیرها و یا اشکالاتی نظیر آن
- قفل شدن یا تاقان های پمپ، یا هر اشکالی در محور که منجر به از کار افتادن پمپ شود.
- مسدود شدن جریان به طور ناگهانی در داخل پمپ به علت وجود یک جسم خارجی
- حرکات لرزشی و نامنظم صفحه یا قسمت های متحرک شیرها
- از بین رفتن پروانه پمپ در اثر کاویتاسیون یا مسایل نظیر آن و در نتیجه عدم کار پمپ

- عدم دقت در پرکردن خطوط خالی، به هنگام پرکردن خطوط لوله در ابتدای راه اندازی
  - عدم طراحی صحیح سیستم لوله کشی
- با استفاده از روش های مناسب و جلوگیری از ضربه قوچ می توان از فرسودگی قطعات پمپ و در نتیجه افزایش هزینه ها جلوگیری کرد.

### مطالعه آزاد

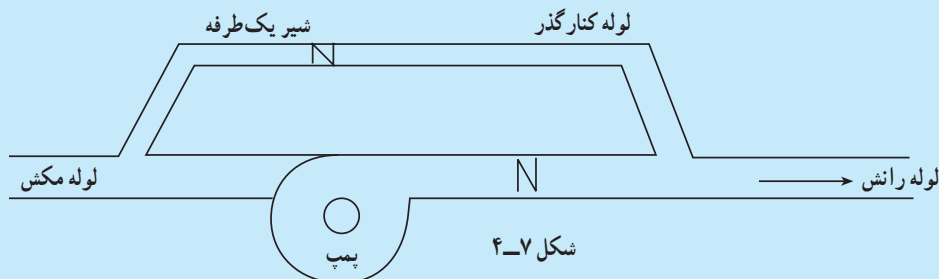
روش های کاهش اثر ضربه قوچ :

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

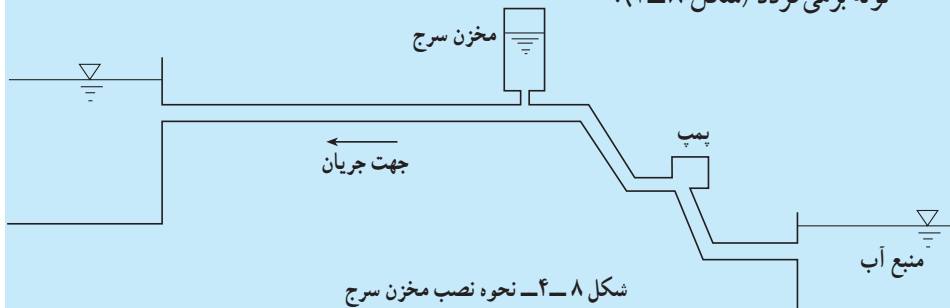
- به جای یک پمپ از چند پمپ موازی استفاده شود که در صورت از کار افتادن یکی، دیگر پمپ ها از ایجاد ضربه قوچ جلوگیری نمایند.

- اضافه نمودن چرخ طیار به اجزای چرخنده پمپ

- استفاده از لوله کنارگذر همراه با شیر یک طرفه (شکل ۴-۷)



- **نصب مخزن سرج** : این مخزن به عنوان یک منبع موج گیر عمل می کند. وقتی در لوله، فشار افزایش یابد آب به داخل مخزن رفته و در صورت کاهش فشار آب به داخل لوله برمی گردد (شکل ۴-۸).



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

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

## ۹-۴ 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.

— **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.

— **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.

## ۱-۴ 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 :

۱-۴-۱ — **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.

۲-۴-۱ — **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. بر این اساس لازم است با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی پروژه، مناسب‌ترین قطر لوله را انتخاب نمود.

۳-۱۰-۴- دبی جریان : در یک طول مشخص و قطر ثابت، متناسب با افزایش دبی، افت اصطکاکی نیز افزایش می‌یابد.

۴-۱۰-۴- 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 - سیمانی با جداره‌های زبر افت اصطکاکی بیش‌تری را به وجود می‌آورند.

۵-۱۰-۴- 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 تهیه لوله‌ها زیاد می‌شود. بر اساس یک فرمول تجربی می‌توان اقتصادی‌ترین قطر لوله را از رابطه زیر به دست آورد :

$$D = (1 + 0.02n) \sqrt{Q}$$

D - قطر اقتصادی لوله (بر حسب متر)

n - تعداد ساعات کارکرد پمپ در روز

Q - 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، بر حسب قطر لوله تفکیک ناپذیرند.

یعنی به ازای دبی معینی از جریان، هر چه قطر لوله کم تر 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 سرعت‌های 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:

$$V = 0.6 + D$$

V – سرعت متوسط بر حسب متر بر ثانیه

D – قطر لوله بر حسب متر

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

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

Q – دبی بر حسب متر مکعب بر ثانیه

A – سطح مقطع لوله بر حسب متر مربع

به عبارت دیگر ابتدا باید سرعت واقعی آب در لوله با قطرهای مختلف محاسبه و برای هر کدام 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.

$$D = (1 + 0.02 \times n) \sqrt{Q}$$

$$D = (1 + 0.02 \times 16) \sqrt{\frac{30}{1000}}$$

$$D = 0.229 \text{ متر}$$

$$V = 0.6 + 0.229 = 0.829 \text{ m/s}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.03}{\frac{3.14 \times 0.229^2}{4}} = 0.73 \text{ m/s}$$

سرعت مجاز > سرعت واقعی



پس می‌تواند قطر کوچک‌تر انتخاب گردد.

$$D = 0.2 \text{ m}$$

$$V = 0.6 + 0.2 = 0.8 \text{ m/s}$$

$$V = \frac{0.3}{0.314} = 0.95$$

سرعت مجاز > سرعت واقعی

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

## ۱۱-۴- 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:

۱-۱۱-۴- کمبود فشار هوا: چنانچه در منطقه مورد نظر، فشار هوا کم باشد ارتفاع صعود آب نیز کاهش می‌یابد. این ارتفاع همواره به اندازه ارتفاع آب معادل فشار اتمسفر است.

۲-۱۱-۴- 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  $90^{\circ}\text{C}$  دریافت می‌کند نمی‌تواند خلأیی بیش‌تر از  $140$  میلی‌متر جیوه ( $5.19$  میلی‌متر آب) را ایجاد کند زیرا آب در آن دما به جوش می‌آید و باعث می‌شود که محفظه پمپ مملو از بخار آب شود.

۳-۱۱-۴- 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.

۴-۱۱-۴- 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.

## ۱۲-۴- 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 دست دادن 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 - افت فشار (بر حسب متر آب)

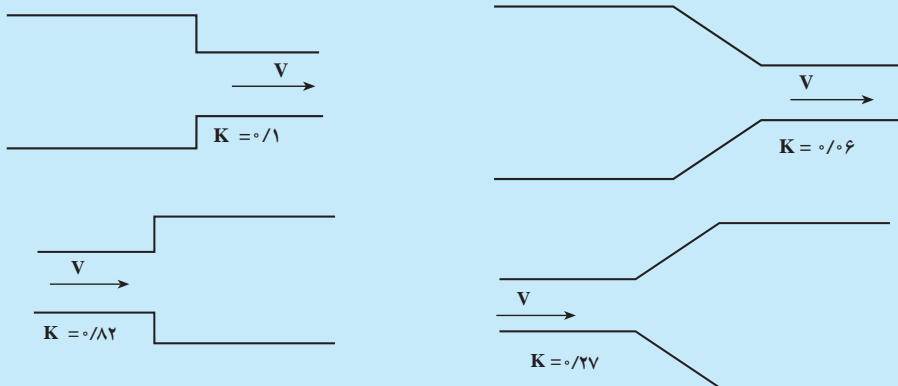
K - ضریب افت اصطکاک ضمایم

V - سرعت جریان آب (متر بر ثانیه)

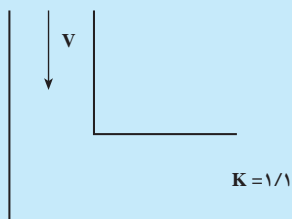
g - شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه)

مقدار K برای ضمایم مختلف متفاوت است.

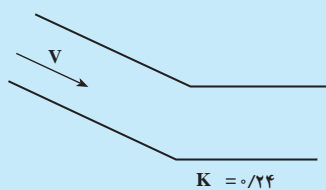
مقدار تقریبی K برای لوازم مختلف به شرح شکل ۹-۴ می‌باشد.



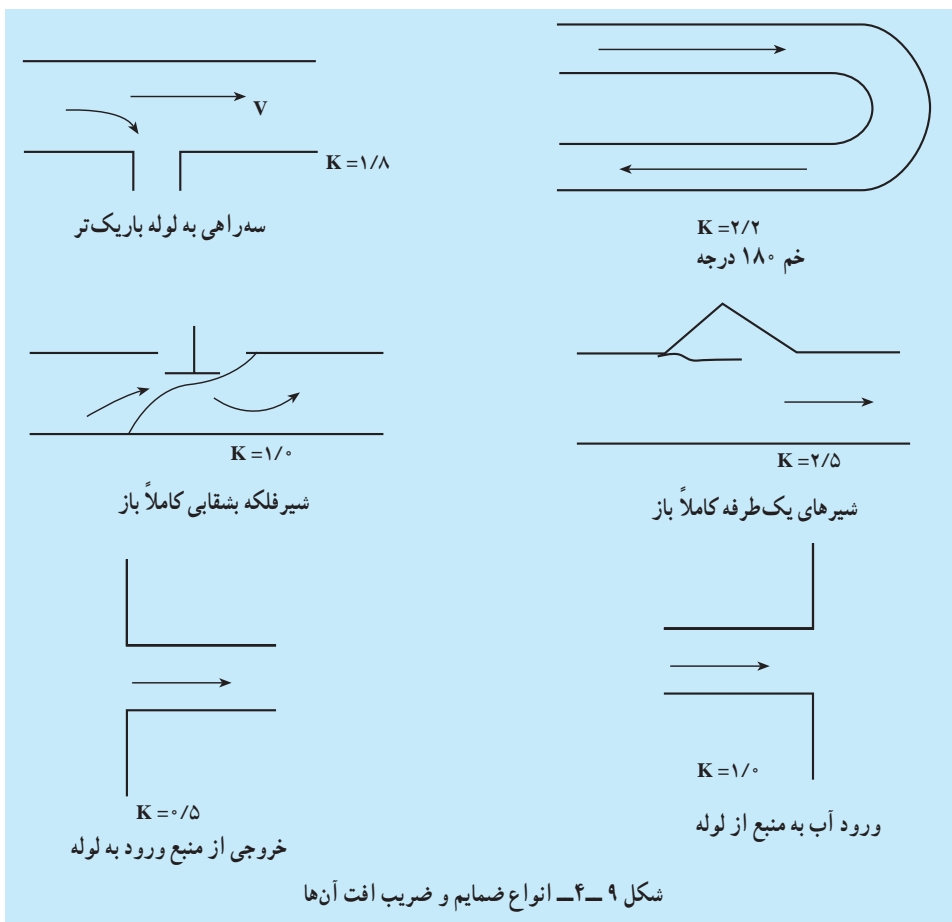
انواع تبدیل



زانو ۹۰ درجه



زانو ۴۵ درجه



### ۱۳-۴- کاویتاسیون<sup>۱</sup> (خلأ زدایی)

آب یا هر مایع دیگر، در هر درجه حرارتی، به ازای یک فشار معین تبخیر می‌شود به عنوان مثال، آب در فشار اتمسفر در کنار دریا در  $100^\circ$  درجه سانتی‌گراد و در فشار  $2/2$  اتمسفر در  $20^\circ$  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

<sup>۱</sup> - Cavitation

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 صداها 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.

#### ۱۴-۴- 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 ۴-۱) بیان می‌کنیم.

جدول ۴-۱- 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
$1\frac{1}{2}$	۳/۵	۳۵	۶	۵۵/۶	۶۲
۲	۶/۲	۴۳	۸	۹۸/۸	۶۵
۳	۱۳/۹	۵۰	۱۰	۴/۴	۶۷
۴	۲۴/۷	۵۵	۱۲	۲۲۲/۳	۶۹



## ۱۵-۴- 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 ۲-۴ آمده است.

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

### 📖 خودآزمایی

- ۱- عمق استاتیک مکش (عمق مکش تئوری) پمپ را توضیح دهید.
- ۲- ارتفاع کل دینامیک (ارتفاع کل حقیقی یا ارتفاع مانومتریک) عبارت از مجموع ..... و ..... می‌باشد.
- ۳- ظرفیت آبدهی (دبی) بر حسب چه واحدهایی عنوان می‌شود؟
- ۴- بازده پمپ را تعریف کنید؟
- ۵- چه عواملی باعث ایجاد ضربه قوچ در پمپ می‌شود؟ توضیح دهید.
- ۶- افت اصطکاک در لوله رانش به چه عواملی بستگی دارد؟ نام ببرید.
- ۷- کاویتاسیون در پمپ همراه با چه علائمی می‌باشد؟