دانشگاه رازی
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی
گروه مهندسی آب

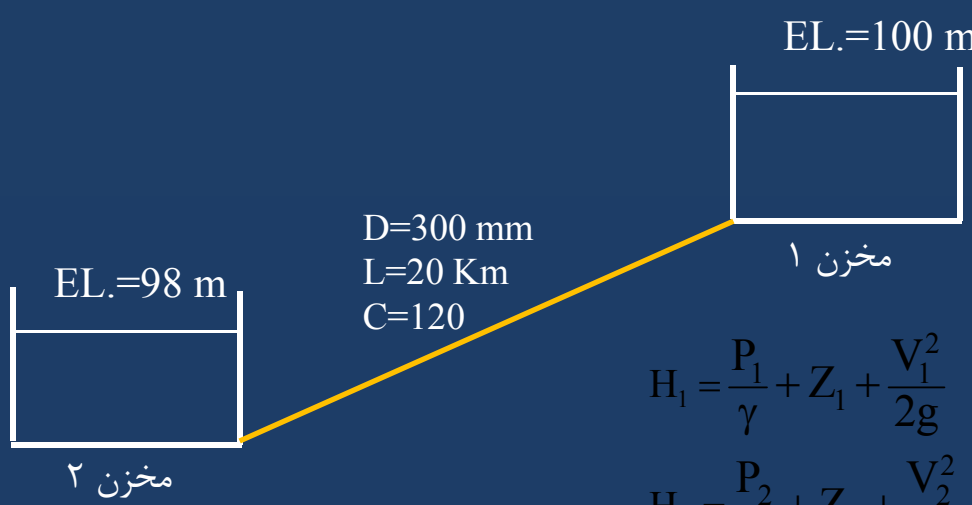
پمپ و ایستگاه‌های پمپاژ

انواع پمپ‌ها و ساختمان پمپ‌های سانتریفوژ

مدرس:
محمد مهدی حیدری

ترم دوم
۱۳۹۸-۹۹

کاربرد پمپ



$$H_1 = \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g}$$

$$H_2 = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$H_1 > H_2$ ⟵ جریان از مخزن ۱ به ۲

۱-در صورتی که بخواهیم آب را از مخزن ۲ به مخزن ۱ منتقل کنیم،

باید انرژی سیال در مقطع ۲ را با استفاده از پمپ افزایش داد.

۲-در صورتی که بخواهیم دبی بیشتری از مخزن ۱ به مخزن ۲ منتقل شود، دو گزینه داریم:

الف-افزایش قطر لوله

ب-استفاده از پمپ به منظور افزایش انرژی سیال در مقطع ۱

$$H_1 = H_2 + H_f$$

$$H_f = 10.64 L \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} \frac{1}{D^{4.87}}$$

D(mm)	Q(lit/s)
300	9.7
500	37
800	127.9
1000	230.1
1500	669

تعریف پمپ

پمپ به ماشینی اطلاق می‌شود که انرژی مکانیکی را از یک منبع خارجی اخذ و به سیالی که از آن عبور می‌کند، انتقال می‌دهد. در نتیجه انرژی سیال بعد از خروج پمپ افزایش می‌یابد.

تقسیم‌بندی پمپ‌ها

متداولترین نحوه تقسیم‌بندی پمپ‌ها بر مبنای نحوه‌ی انتقال انرژی به سیال است.

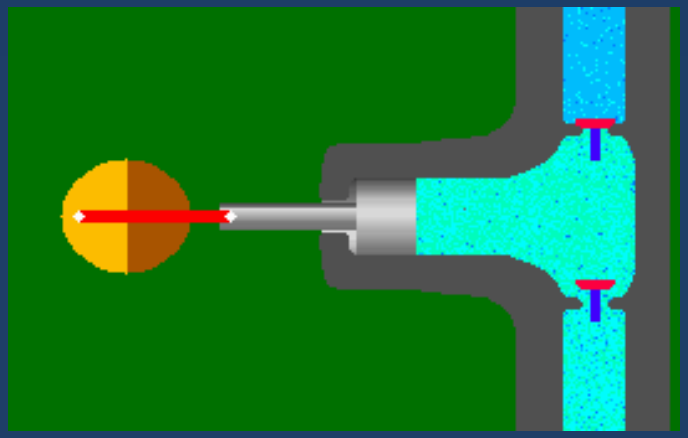
الف-پمپ‌های جابجایی مثبت (*Positive Displacement Pump*)

ب-پمپ‌های دینامیکی (*Dynamic Pump*) یا توربوپمپ‌ها (*Turbo Pump*)

- **الف-پمپ‌های جابجایی مثبت**
  - **۱-پمپ‌های رفت و برگشتی (*Reciprocating Pump*)**
    - **پمپ‌های پیستونی**
    - **پمپ‌های پلانجری**
    - **پمپ‌های دیافراگمی**
  - **۲-پمپ‌های گردشی (*Rotary Pump*)**
    - **پمپ‌های گردشی با چرخ دنده داخلی**
    - **پمپ‌های گردشی با چرخ دنده خارجی**

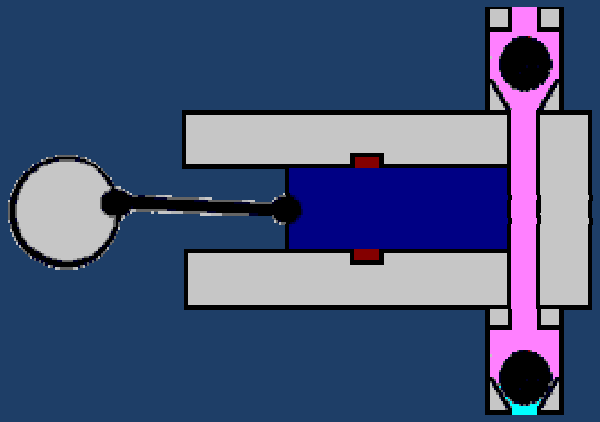
پمپ‌های پیستونی (*Piston Pump*)

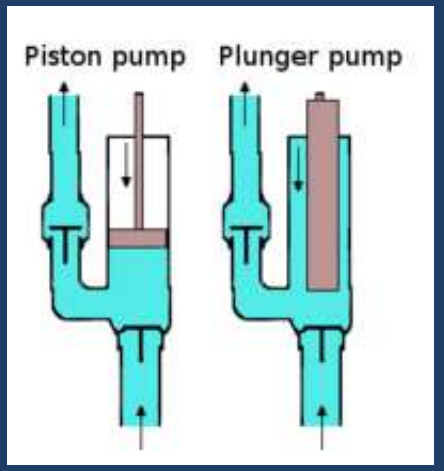
حرکت چرخشی یک میل‌لنگ تبدیل به حرکت رفت و برگشت پیستون در داخل سیلندر می‌شود. با عقب رفتن پیستون در سیلندر ایجاد مکش شده و در نتیجه مایع از طریق یک شیر ورودی داخل سیلندر می‌گردد. با حرکت پیستون به طرف جلو دریچه‌ی ورودی بسته و مایع از طریق شیر خروجی به خارج هدایت می‌گردد. شیرهای ورودی و خروجی در این پمپ از نوع یک‌طرفه می‌باشند.



پمپ‌های پلانجری (*Plunger Pump*)

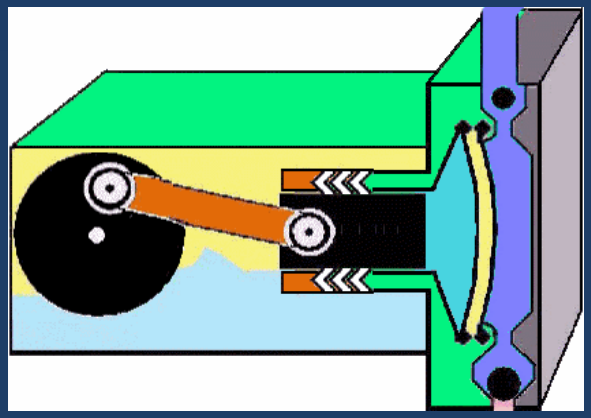
اگر به جای پیستون، پلانجر در سیلندر رفت و آمد کند به آن پمپ پلانجری می‌گویند. فرق بین پیستون و پلانجر این است که اولاً طول سر پیستون کوتاهتر از مسافتی است که طی می‌کند، در حالی که طول پلانجر بیشتر از طول مسافت طی شده توسط آن می‌باشد. ثانیاً در پیستون آب‌بند روی بدنه پیستون قرار دارد و با آن حرکت می‌کند. در صورتی که در پلانجر آب‌بند روی سیلندر قرار دارد و ثابت است.

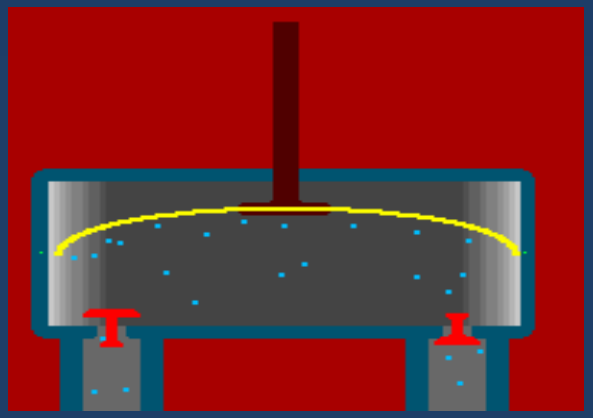




پمپ‌های دیافراگمی (*Diaphragm Pump*)

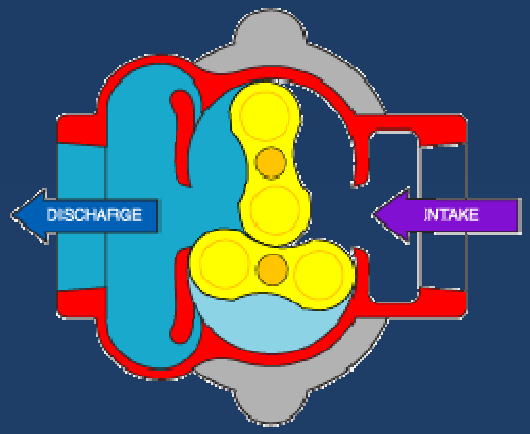
در این پمپ پیستون و یا پلانجر دیافراگمی را حرکت می‌دهد. با عقب رفتن دیافراگم مکش ایجاد شده و آب از شیر یکطرفه ورودی وارد محفظه شده و با جلو رفتن دیافراگم عمل فشار صورت گرفته و شیر یک طرفه ورودی بسته و شیر یکطرفه خروجی باز می‌شود.



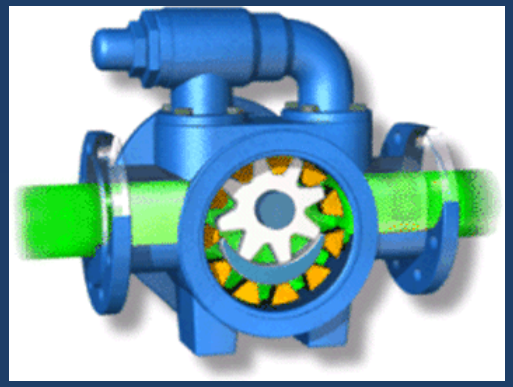


پمپ‌های گردشی

این پمپ‌ها از یک جداره ثابت و یک قسمت دوار مثل چرخ دنده یا پره یا پیچ تشکیل شده است. در پمپ‌های گردشی مقداری از مایع بین دنده‌های چرخ دنده به تله می‌افتد و در اثر چرخیدن چرخ‌دندها به قسمت خروجی تلمبه می‌شوند.



پمپ‌های گردشی با چرخ دنده خارجی



پمپ‌های گردشی با چرخ دنده داخلی

مشخصات اصلی پمپ‌های گردشی

۱-جریان کم

۲-فشار خروجی متوسط

۳-مایعات با ویسکوزیته‌ی بالا (۶۵۰ سانتی استوک به بالا)

مشخصات اصلی پمپ‌های رفت و برگشتی

۱-جریان کم تا متوسط

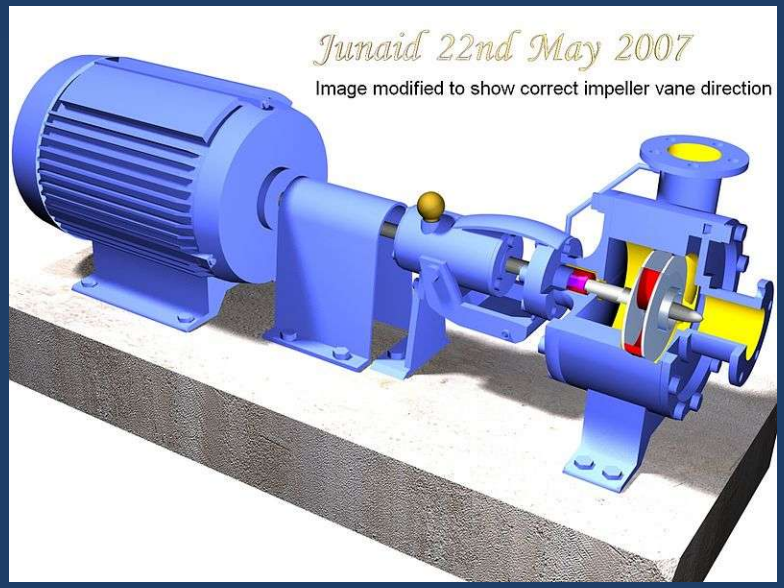
۲-فشار خروجی بالا

۳-جریان غیریکنواخت

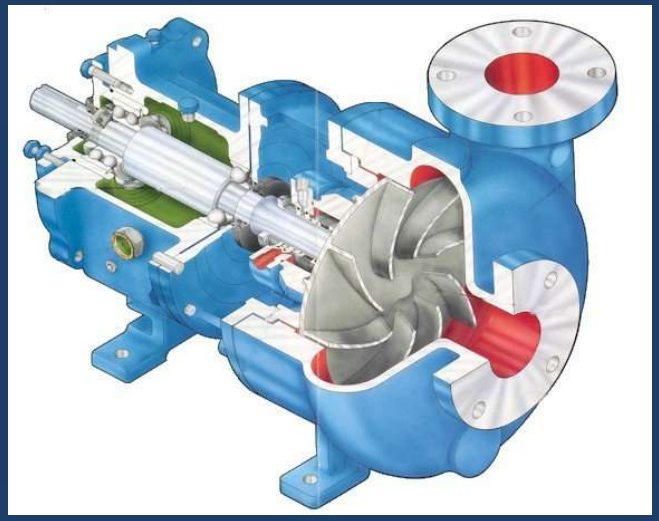
۴-گران بودن نسبت به توربوپمپ‌ها

توربوپمپ‌ها

در این پمپ‌ها، انتقال انرژی به سیال به‌طور دائم انجام می‌گیرد. این پمپ‌ها از یک چرخ پره‌دار تشکیل شده است که محور دوران موتور به آن متصل است و آن را می‌چرخاند. مایع از لوله‌ی مکش وارد چرخ شده و همراه آن دوران می‌کند و بر اثر نیروی گریز از مرکز انرژی آن افزایش یافته و به لوله‌ی رانش منتقل می‌شود. در قسمت میانی چرخ، خلا تولید می‌شود و بنابراین مایع مرتباً به این قسمت وارد می‌شود.



قسمت‌های اصلی توربوپمپ‌ها



۱-پروانه یا چرخ (Impeller)

۲-پوسته (Casing)

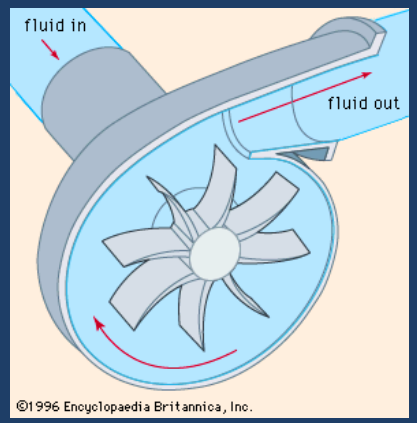
۳-محور پمپ (Pump Shaft)

۴-محفظه‌ی مکش (Suction Bowl)

۵-محفظه‌ی رانش (Discharge Bowl)

پروانه پمپ

چرخی است دارای پره‌های خمیده به عقب که روی محور پمپ سوار شده است. حرکت از موتور بوسیله‌ی محور به پروانه منتقل می‌شود. انتقال انرژی به سیال در این قسمت صورت می‌گیرد.



انواع توربوپمپ‌ها براساس جهت جریان سیال نسبت به محور دوران پمپ

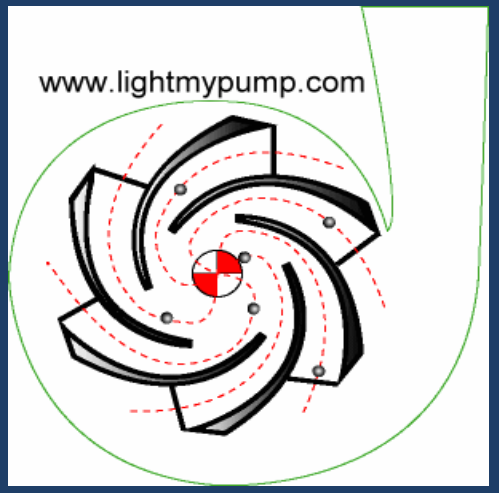
۱-پمپ‌های سانتریفوژ یا پمپ‌ها با جریان شعاعی (Centrifugal Pumps)

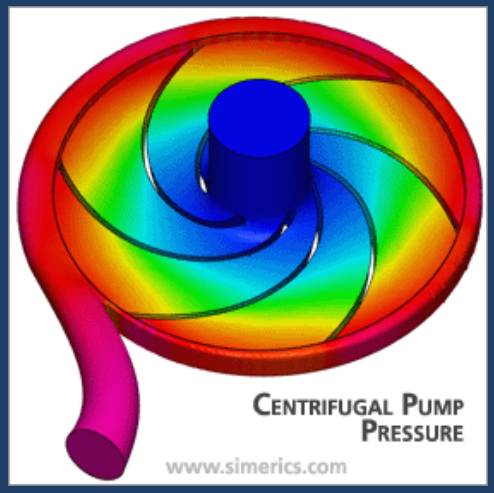
۲-پمپ‌ها با جریان محوری (Axial Flow Pumps)

۳-پمپ‌های نیمه سانتریفوژ یا پمپ با جریان مختلط (Mixed Flow Pumps)

➢ پمپ‌های سانتریفوژ

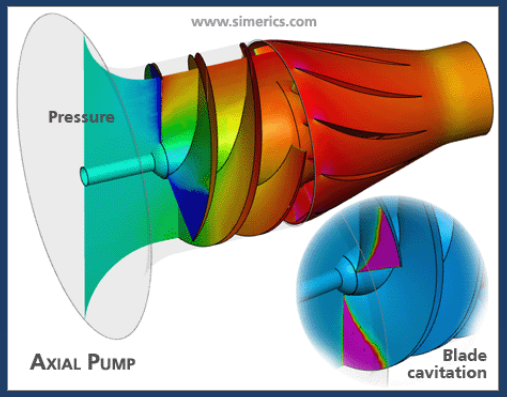
در این نوع پمپ‌ها، سیال موازی محور پمپ وارد چرخ شده و عمود بر آن خارج می‌شود. این پمپ‌ها برای دبی کم و ارتفاع پمپاژ زیاد استفاده می‌شود.

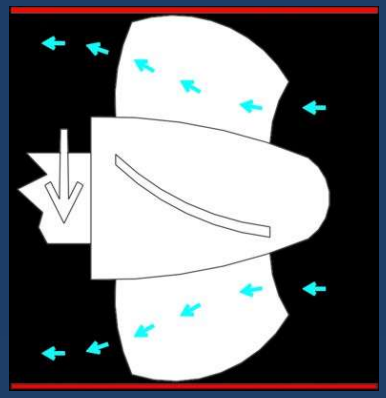




پمپ‌ها با جریان محوری

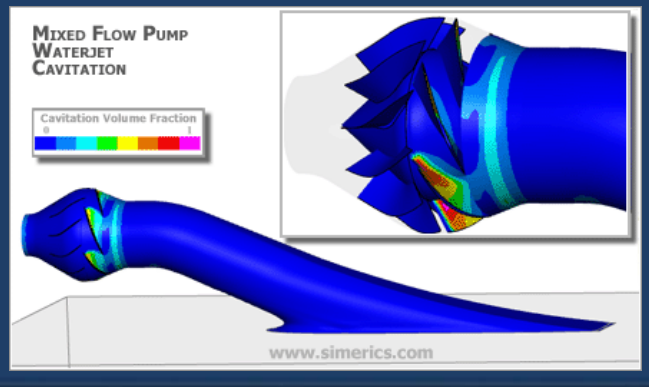
در این نوع پمپ‌ها، سیال موازی با محور پمپ وارد چرخ شده و موازی با آن نیز خارج می‌شود. از این پمپ برای تولید دبی زیاد و ارتفاع پمپاژ کم استفاده می‌شود.





پمپ‌های نیمه سانتریفوژ یا پمپ‌ها با جریان مختلط

در این نوع پمپ‌ها، سیال موازی با محور پمپ وارد چرخ شده و به طور مایل نسبت به محور از چرخ خارج می‌شود. از این پمپ برای تولید دبی و ارتفاع پمپاژ متوسط استفاده می‌شود.



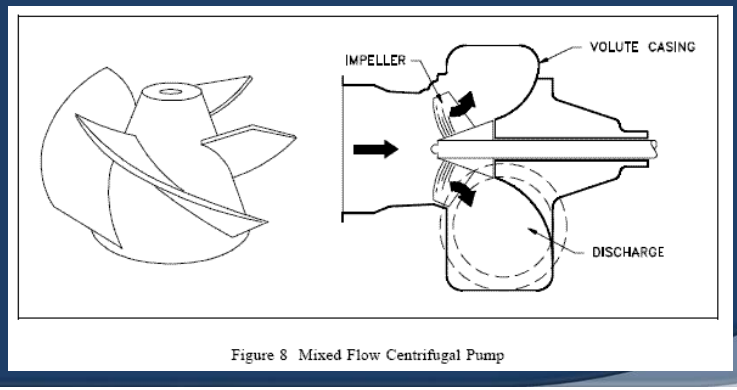


Figure 8 Mixed Flow Centrifugal Pump

انواع پمپ سانتریفوژ براسا س ساختمان مکانیکی پروانه پمپ

۱- پروانه بسته: (Enclosed Impellers)

در یک پمپ سانتریفوژ معمولی پروانه‌ی بسته به‌کار می‌رود، پره ها پروانه بین دو صفحه‌ی لفافه قرار دارد. برای انتقال سیالات رقیق مثل آب، اسیدها و غیره استفاده می‌شود.

۲-پروانه باز: (Open Impellers)

دارای صفحه‌ی لفافه نبوده و برای انتقال آب، شن و ماسه، لایروبی و به‌عنوان لجن کش استفاده می‌گردد.

۳-پروانه نیمه باز: (Semi-Open Impellers)

پروانه از یک طرف بوسیله‌ی صفحه‌ی لفافه بسته است. برای انتقال سیالات لزج مانند خمیر کاغذ و فاضلاب به‌کار می‌رود.

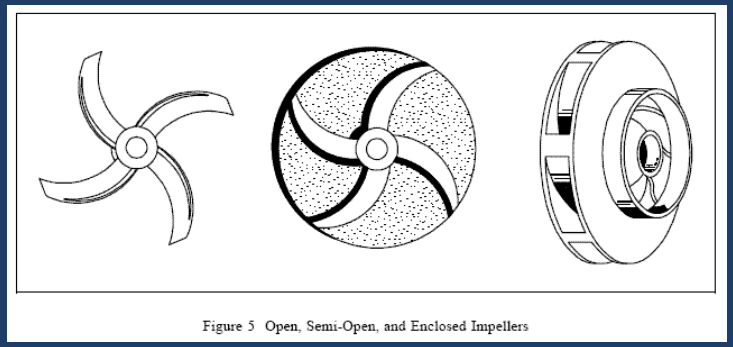


Figure 5 Open, Semi-Open, and Enclosed Impellers

پوسته‌ی پمپ

سیال را از محیط پروانه جمع کرده و انرژی جنبشی ناشی از سرعت سیال را به انرژی فشاری تبدیل می‌کند.

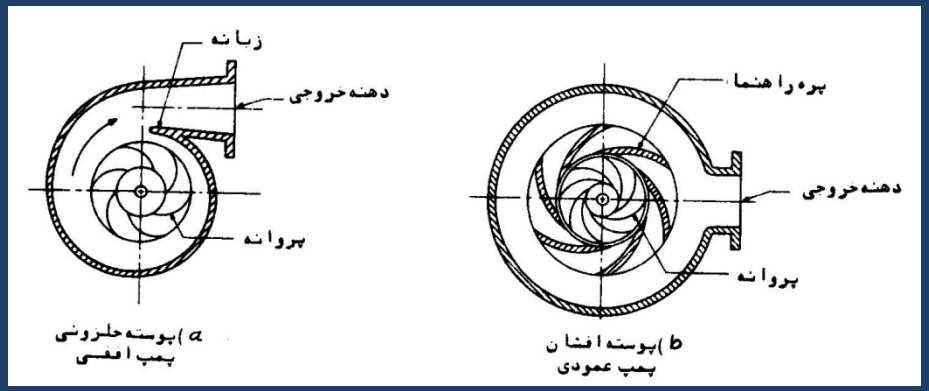
پمپ‌های سانتریفوژ بر اساس شکل هندسی پوسته به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف-پمپ‌های حلزونی

در این پمپ‌ها پوسته‌ی پمپ شکل حلزونی داشته و سطح مقطع کانال خروجی آن تدریجاً در جهت گـردش پروانه بازتر می‌شود. این نوع پمپ‌ها کمتر با ذرات خارجی مسدود می‌شوند.

ب-پمپ‌های توربینی یا افشان

در این پمپ‌ها پوسته‌ی پمپ شکل دایره‌ای داشته و پروانه‌ی پمپ به وسیله‌ی پره‌های ثابتی به‌نام پره‌های راهنما احاطه شده و تبدیل انرژی جنبشی به انرژی فشاری توسط این پره‌های افشان صورت می‌گیرد. این نوع پمپ‌ها برای پمپاژ آب‌های شن‌دار و ماسه‌ای مناسب نیستند. ارتفاع پمپاژ این نوع پمپ‌ها عمدتاً بیشتر از پمپ‌های حلزونی می‌باشد.



محور پمپ

محور پمپ وظیفه‌ی انتقال انرژی مکانیکی از موتور به پروانه را دارد. جنس آن از فولاد است و کلیه‌ی قطعات متحرک در پمپ به گونه‌ای با محور پمپ در ارتباط هستند.

پمپ‌های سانتریفوژ بر اساس وضعیت محور

- **پمپ‌های افقی**
- **پمپ‌های قائم**
  - **پمپ‌های خشک**
  - **پمپ‌های شناور**

تعداد طبقات در پمپ‌های سانتریفوژ

پمپ‌های سانتریفوژ سیال را در هر فشار ورودی تحویل گرفته و در فشار بالاتری تخلیه می‌کند. بنابراین اگر فشار ورودی یک پمپ، فشار خروجی پمپ دیگری باشد، فشار نهایی معادل مجموع فشارهای دو پمپ می‌گردد. از این خاصیت در پمپ‌های سانتریفوژ چند طبقه استفاده می‌شود.

پمپ‌های سانتریفوژ

- **پمپ‌های یک طبقه:** یک پروانه بر روی یک محور قرار دارد.
- **پمپ‌های چند طبقه:** دو یا چند پروانه بر روی یک محور قرار دارد.

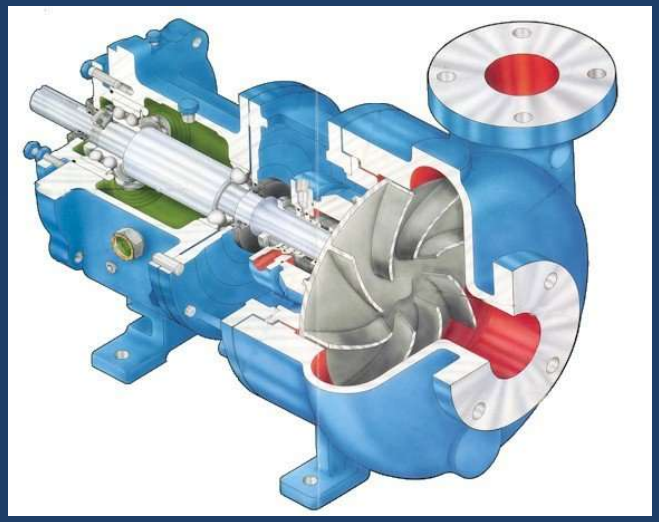
موتور پمپ

وظیفه‌ی موتور پمپ تولید انرژی مورد نیاز برای دوران محور پمپ می‌باشد.

انواع موتور پمپ
- **موتور دیزل**
- **الکتروموتور**

واسطه‌های انتقال

با استفاده از وسایلی باید محور موتور و محور پمپ را به هم وصل نمود تا سرعت موتور محرک را بـه پمـپ انتقال داد.



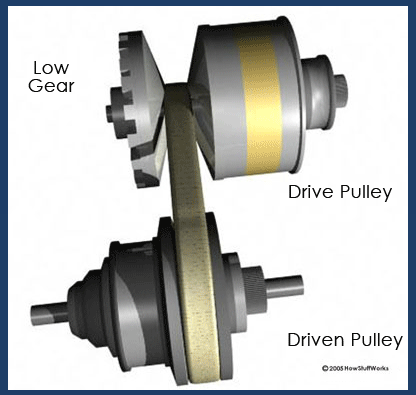
واسطه‌های انتقال

- تسمه و پولی
- جعبه دنده
- انتقال مستقیم
- انتقال با شفت کوتاه
- انتقال با میل گاردان
- انتقال با شفت بلند

تسمه و پولی

برای انتقال سرعت موتور محرک به پمپ مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین با استفاده از آن می‌توان سرعت پمپ را تغییر داد. رابطه‌ی بین سرعت‌های دو محور (محور موتور و محور پمپ) به‌صورت زیر است:

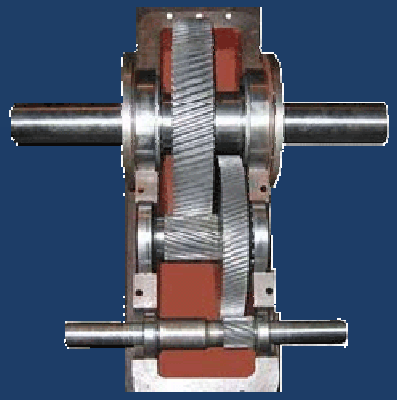
$$\frac{N_m}{N_p} = \frac{D_p}{D_m}$$



سرعت موتوری ۱۴۰۰ دور بر دقیقه و قطر پولی نصب شده بر روی محور آن ۳۰۰ میلی‌متر باشد. اگر بخواهیم سرعت دوران محور پمپ ۱۰۰۰ دور بر دقیقه باشد قطر پولی متصل به محور پمپ چقدر باید باشد؟ (از افت ناشی از تسمه صرفنظر شود)

$$D_p = \frac{300 \times 1400}{1000} = 420\,\text{mm}$$

جعبه دنده

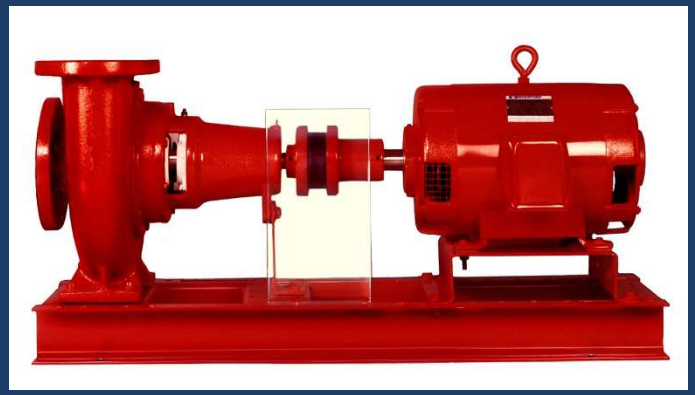


انتقال مستقیم

در انتقال مستقیم، محور موتور مستقیما به محور پمپ وصل می‌شود. در این نوع انتقال افت توان ناچیز است. و سرعت پمپ با سرعت موتور برابر است. در پمپ‌های شناور واسطه‌ی انتقال به این صورت می‌باشد.

انتقال با شفت کوتاه

در این نوع انتقال، محور موتور و محور پمپ بوسیله‌ی شفت کوتاهی بهم وصل می‌شوند.

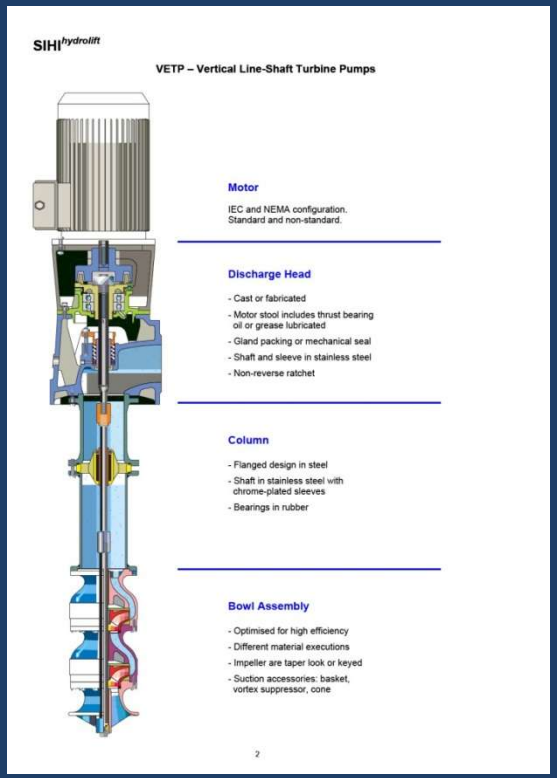


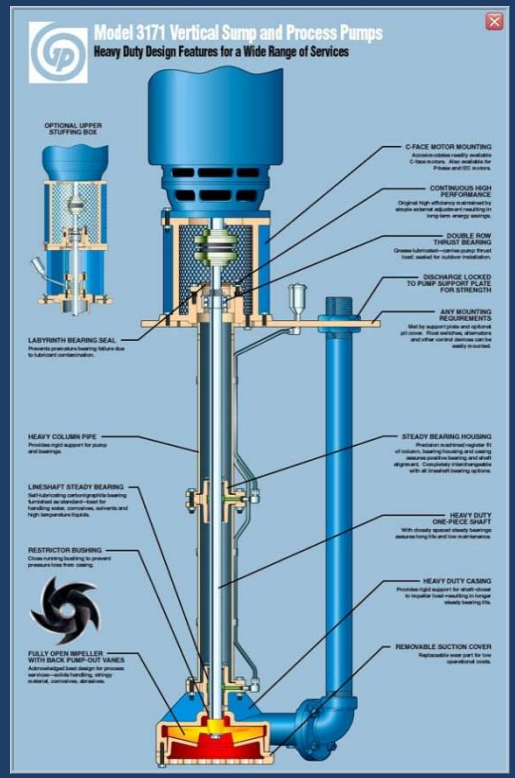
انتقال با میل گاردان

در صورتی که محل نصب پمپ و الکترو موتور زیاد باشد، جهت انتقال سرعت الکتروموتور به پمپ می‌توان از میل گاردان استفاده نمود.

انتقال با شفت بلند

این نوع انتقال عموما در چاه‌های عمیق و جاهایی که محل نصب پمپ و الکترو موتور زیاد باشد، استفاده می‌شود. در پمپ‌های توربینی، شفت از داخل لوله‌ی رانش می‌گذرد. و در صورتی که طول آن بلند باشد از لوله‌ی پوششی به نام غلاف استفاده می‌شود.





محاسبه‌ی قطر شفت

الف-شفت توپر

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{71620P}{0.2N_s\tau}}$$

d:قطر شفت بر حسب سانتی‌متر
P:توان مورد انتقال برحسب اسب بخار
N_s:سرعت دوران شفت بر حسب دور بر دقیقه
τ:تنش پیچشی مجاز شافت برحسب Kg/Cm^2 که برای شفت‌های فولادی ۱۲۵۰-۲۷۰۰ Kg/Cm^2
β:نسبت قطر داخلی به قطر خارجی شفت توخالی

ب-شفت توخالی

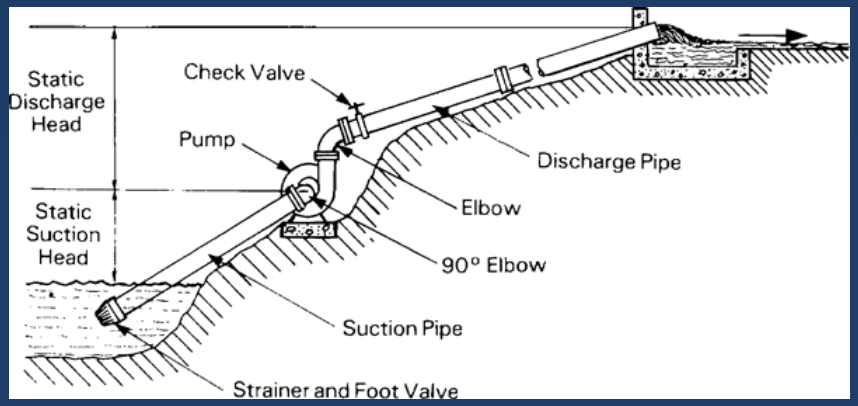
$$d \geq \sqrt[3]{\frac{71620P}{0.2N_s(1-\beta^4)\tau}}$$

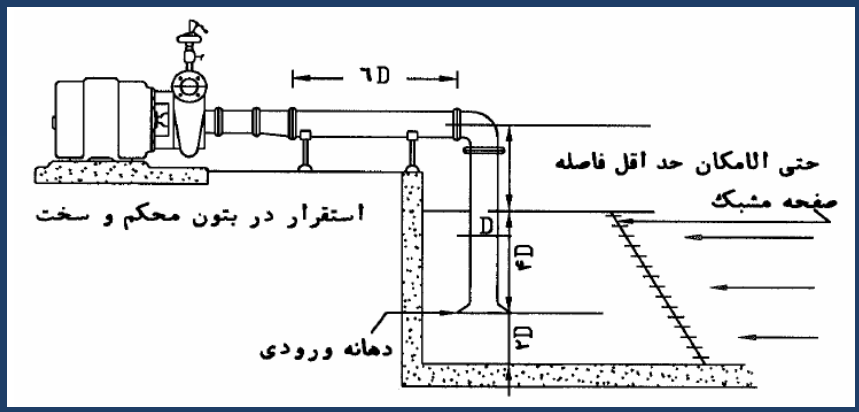
در صورتی که سرعت موتور ۱۷۶۰ rpm و توان مورد نیاز برای انتقال موتور به پمپ ۱۰۰ اسب بخار باشد، قطر شفت توپر که از جنس فولاد است را برای پمپ توربینی که در عمق ۱۰ متری چاه قرار دارد را تعیین نمایید؟ (تنش پیچشی مجاز برای فولاد $1500 Kg/cm^2$ در نظر گرفته شود)

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{71620P}{0.2N_s\tau}} \rightarrow d \geq 2.38\,cm \longrightarrow d=1\ in$$

نصب پمپ‌های سانتریفوژ برای آبگیری از رودخانه‌ها

به طور کلی پمپ‌های سانتریفوژ را باید هر چه نزدیکتر به منبع پایاب نصب نمود و حتی الامکان از طول لوله‌ی مکش کاست. حالت‌های مختلفی برای نصب پمپ‌های سانتریفوژ برای آبگیری از رودخانه‌ها با استفاده از پمپ وجود دارد.



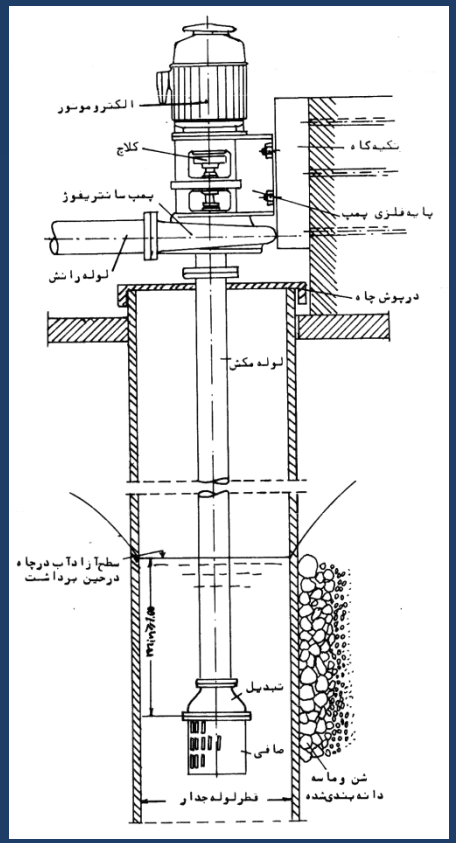


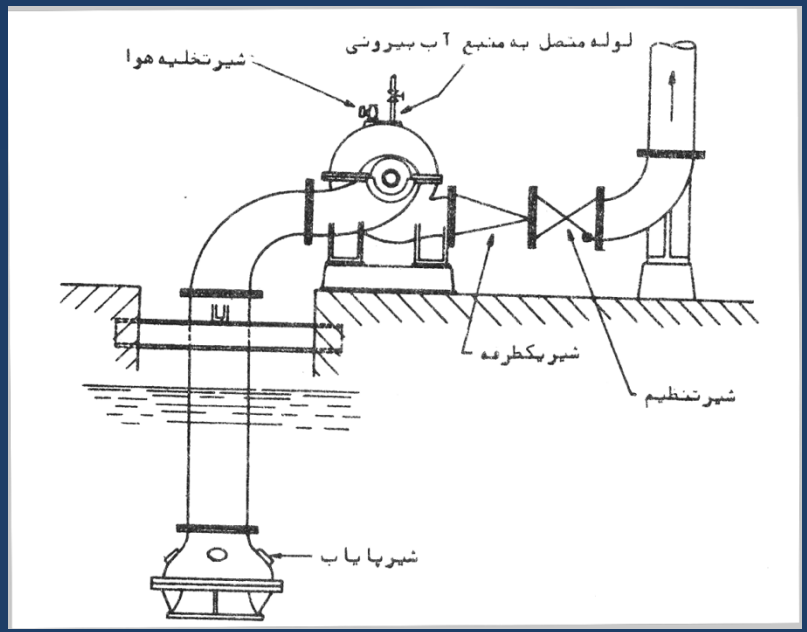
نصب پمپ‌های سانتریفوژ برای آبگیری از چاه‌ها

حالت‌های مختلفی برای نصب پمپ‌های سانتریفوژ برای آبگیری از چاه‌ها وجود دارد.

الف-ارتفاع مکش پمپ کمتر از حداکثر عمق مجاز (حدوداً بین ۵/۱ تا ۷/۲ متر)

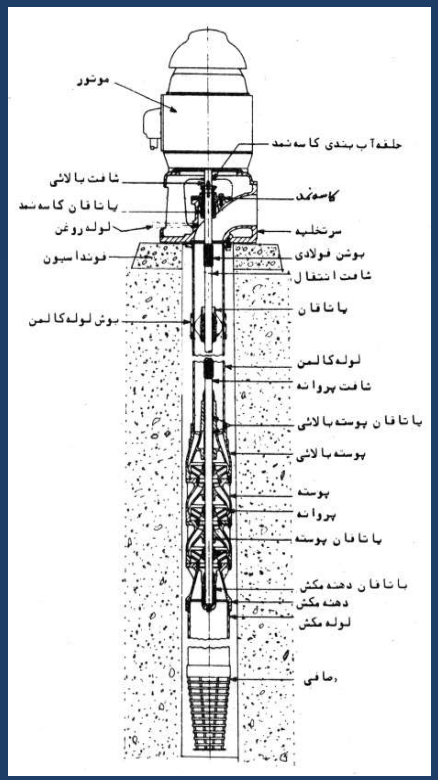
در این حالت پمپ و موتور کوپلاژ مستقیم شده و به‌طور قائم و یا افقی بر روی چاه قرار می‌گیرد.



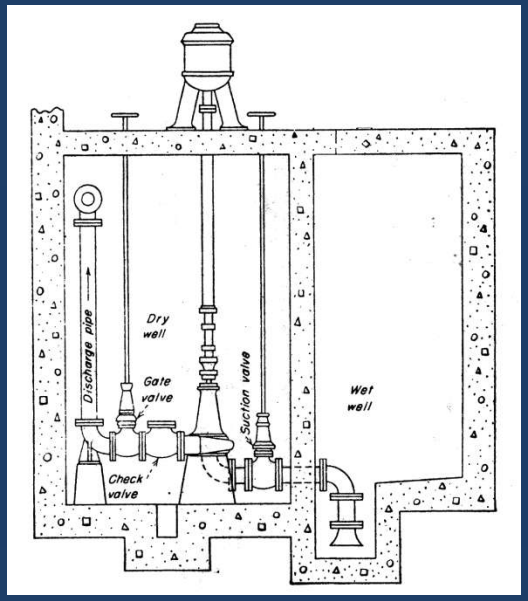


ب-ارتفاع مکش پمپ بیش از حداکثر عمق مجاز (حدوداً بین ۵/۱ تا ۷/۲ متر)

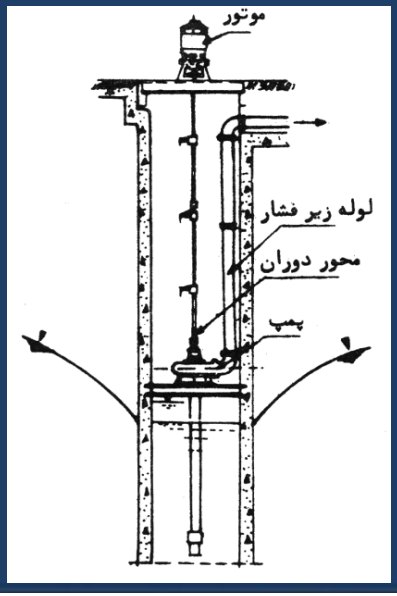
۱-شناور کردن پمپ بوسیله‌ی شفت بلند

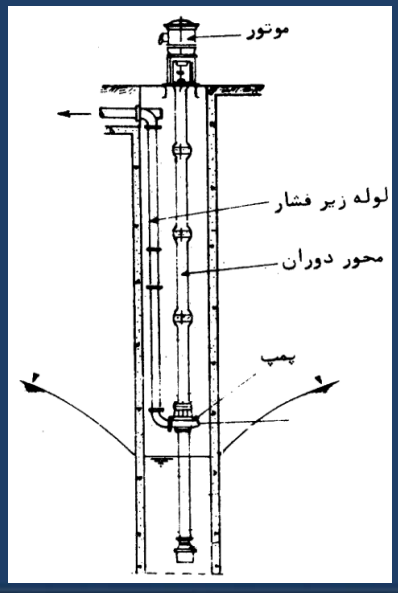
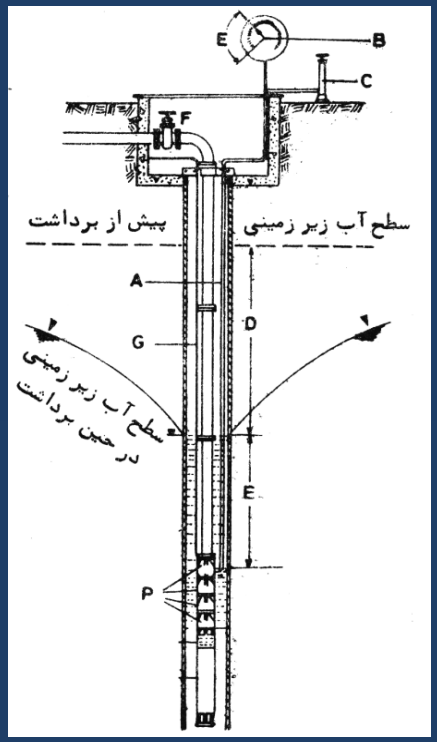


۲-نصب پمپ در یک چاه خشک مجاور چاه آبده



۳-آویزان نمودن پمپ از شافت انتقال تا نیمه‌ی چاه





۴-استفاده از پمپ شناور و حذف شفت و غلاف