



Namatek
True Education

www.namatek.com

Pump Flow

تعریف و روابط هد و
دبی پمپ

فهرست مطالب

۱. دبی پمپ چیست؟
۲. هد پمپ چیست؟
۳. نمودار و رابطه هد، دبی پمپ و توان
۴. اندازه گیری هد و دبی پمپ
۵. فرمول های محاسبه هد پمپ
۶. انواع پمپ های مهم صنعتی و مشخصات دبی و هد آن ها

پمپ ها یکی از پرکاربردترین تجهیزات مورد استفاده در صنعت هستند که برای دستیابی به هدف بکارگیری آن ها باید با پارامترهای اساسی آن ها مثل هد پمپ و دبی پمپ آشنا بود. عدم شناخت این ویژگی ها ممکن است باعث تهیه پمپ نامناسب با نیاز یک مجموعه صنعتی یا خانگی شود و در نهایت منجر به هزینه های اضافه و یا خرابی در سیستم خواهد شد.

اگر شما هم قصد دارید به خوبی با مفاهیم و روش های محاسبه دبی و هد پمپ آشنا شوید با ما همراه باشید.

#۱ دبی پمپ چیست؟

پارامتر دبی پمپ که به انگلیسی معادل عبارت Pump Flow تعریف و مفهوم بسیار ساده و راحتی دارد. در واقع دبی پمپ به نرخ سیالی گفته می شود که پمپ می تواند در واحد زمان از خود عبور دهد.



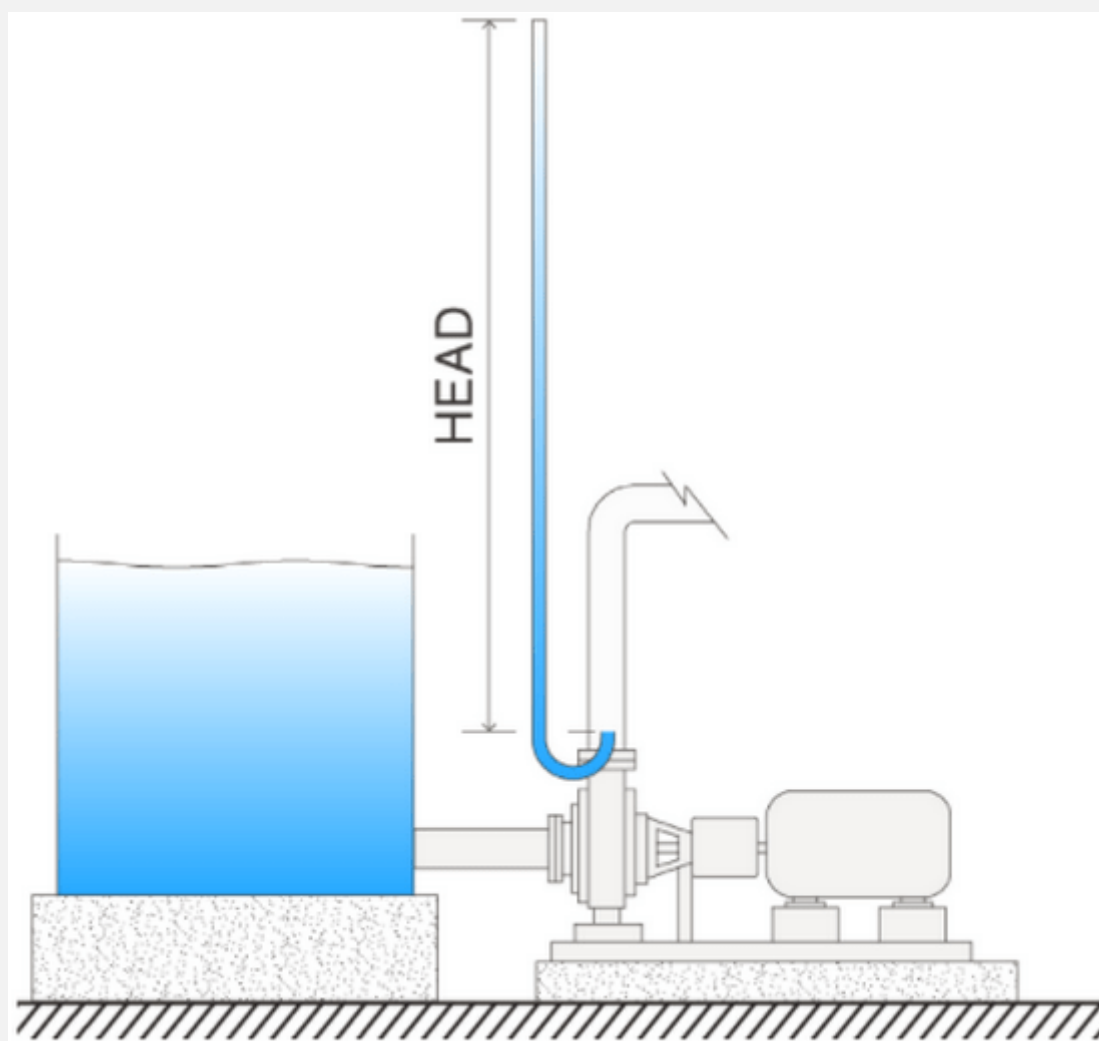
این مشخصه فیزیکی در پمپ ها معمولا با مقیاس متر مکعب در ساعت (m^3/hr)، لیتر در ثانیه (L/sec)، لیتر در دقیقه (L/min) و در کشورهای آمریکایی بر حسب گالون مایع بر دقیقه (gpm) اندازه گیری می شود. هرچه عدد محاسبه شده برای یک پمپ بر حسب مقیاس های بالا بزرگتر باشد، به معنای توان بالاتر پمپ در عبور آب از خود در واحد زمان است.

#۲ هد پمپ چیست؟

مقدار هد در پمپ ها یک مفهوم فیزیکی است که توضیح و درک آسانی دارد که از واژه انگلیسی آن یعنی Pump Head برگرفته شده است. البته همین مفهوم در زمان محاسبات برای بعضی پمپ ها در فضای عملی و

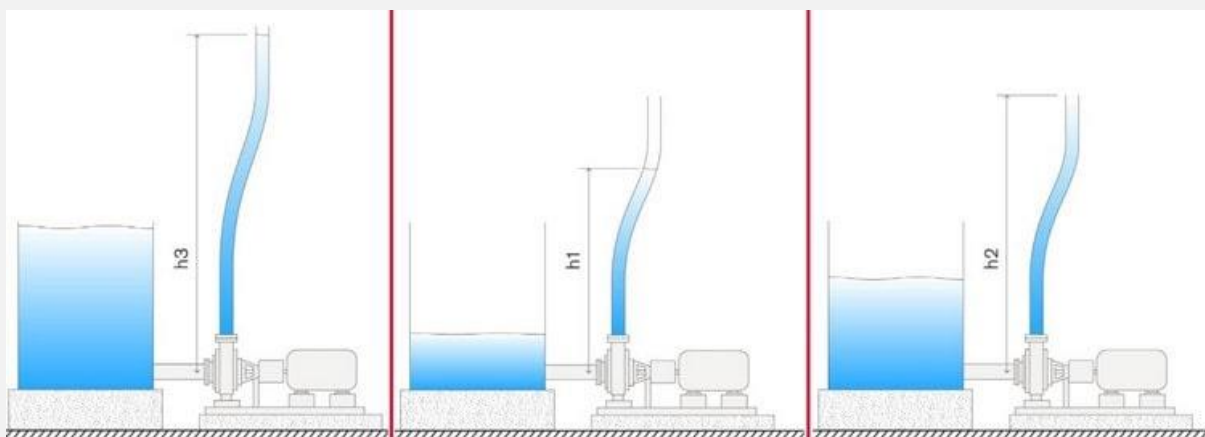
کاربردی، می تواند کمی گیج کننده باشد؛ اما در دنیای تئوری و در علم مهندسی مکانیک، هد تعریف مشخص و ساده ای دارد.

اگر بخواهیم خیلی ساده به تعریف مفهوم یادشده بپردازیم، می توانیم هد را میزان ارتفاعی حداکثری بدانیم که یک پمپ می تواند با غلبه بر جاذبه، سیال را به آن ارتفاع ارسال کند. یعنی مثلاً یک پمپ با یک ورودی و یک خروجی را تصور کنید. ارتفاعی که این پمپ از لوله خروجی رو به بالا، توان پرتاب سیال ورودی را دارد، همان هد پمپ است. تعریف اولیه از هد در تصویر زیر به خوبی نمایش داده شده است.



با چنین تعریفی اگر یک پمپ، سیال (مثلا آب) را با فشار بیشتری از خود خارج کند، آن را به ارتفاع بالاتری پرتاب می کند. در این صورت هد چنین پمپی بالاتر از سایر پمپ ها با فشار کمتر است.

حال اگر یک مخزن آب متصل به پمپ را به عنوان ورودی در نظر بگیریم، ارتفاع سطح آب درون مخزن نیز در تعیین میزان هد برای یک پمپ تأثیرگذار است. بنابراین عوامل خارجی (غیر از پمپ) نیز می توانند بر روی هد تأثیر داشته باشند.

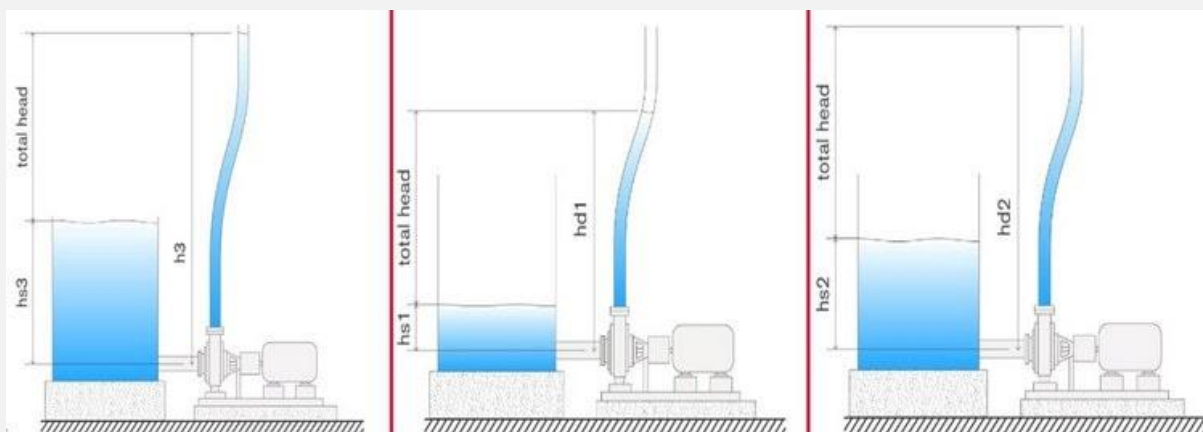


هرچه ارتفاع سطح آب درون مخزن ورودی پمپ بیشتر باشد طبیعی است که به دلیل مکش بین پمپ و مخزن، آب به ارتفاع بالاتری درون یک لوله عمودی صعود می کند. مطابق تعریف اولیه، این مستقیماً به معنای هد بیشتر است.

#۱-۲ هد کل پمپ چیست؟

تعریف بیان شده در بالا یک تعریف مقطعی و سطحی از هد است. وقتی از هد یک پمپ صحبت می کنیم، منظور هد کل پمپ است. برای محاسبه

هد کل، کافیتست اختلاف ارتفاع آب در لوله عمودی خروجی پمپ را با ارتفاع سطح مخزن مقایسه کنیم. اختلاف این دو، بیشترین توانایی پمپ در پرتاب سیال به صورت عمودی برای غلبه بر جاذبه یا همان هد کل پمپ است.



با توجه به توضیحاتی که در این بخش دادیم طبیعی است که افزایش سطح آب مخزن باعث افزایش توانایی پمپ در جا به جایی آب و کاهش سطح آب درون مخزن نیز باعث کاهش این توانایی می شود.

#۲-۲ محاسبه هد پمپ بدون داشتن اطلاعات مخزن

حال سؤال اینجاست که سازندگان و تولیدکنندگان انواع پمپ با توجه به این که اطلاعی از سطح آب درون مخازن مختلف مورد استفاده مشتریان ندارند، چه عددی برای هد پمپ انتخاب می کنند؟

این سؤال در واقع خود بیانگر دلیل عدم درج هد یک پمپ در مشخصات و اطلاعات آن توسط تولیدکننده است؛ زیرا تولیدکننده نمی تواند دقیقاً پیش بینی کند که میزان سطح آب در مخزن مورد استفاده مشتری چقدر

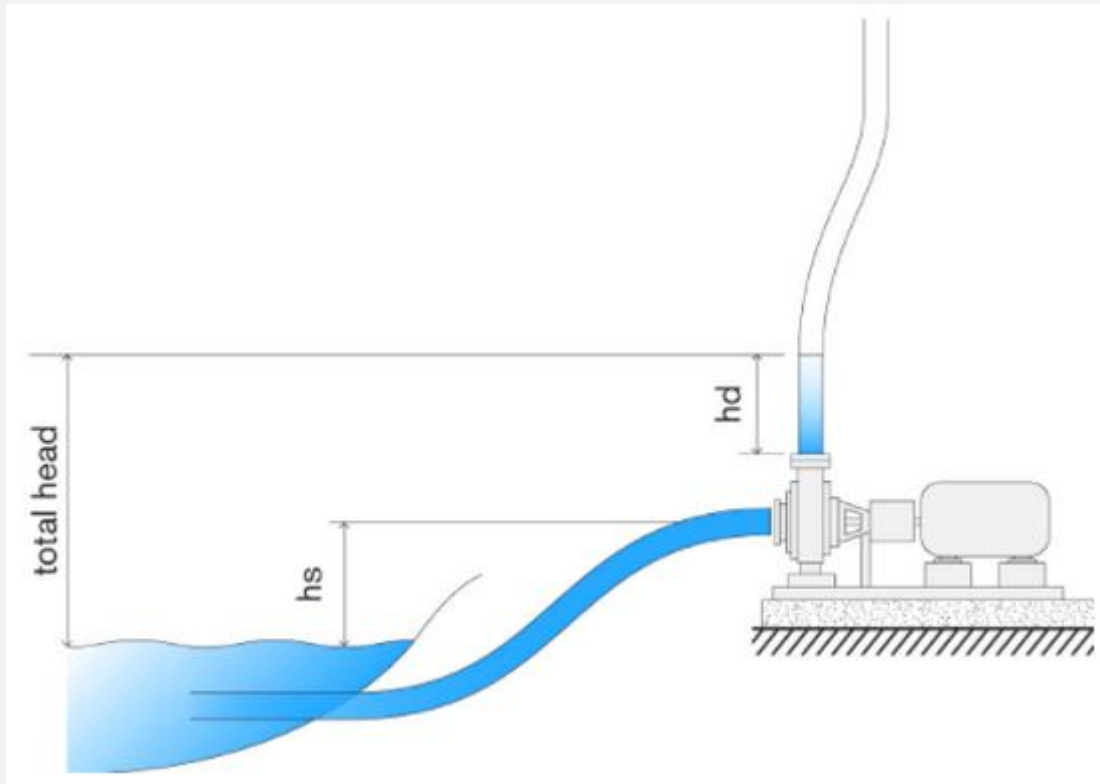
است. تولیدکنندگان به جای هد یک پمپ، مشخصاتی مانند هد کل یعنی ماکزیمم اختلاف ارتفاع بین سطح مخزن و لوله عمودی که پمپ توانسته ایجاد کند را به مشتریان خود اعلام می کنند. نکته این موضوع اینجاست که اندازه گیری هد کل، مستقل از سطح مایع درون مخزن های مختلف مشتریان است و به همین دلیل است که تولیدکننده می تواند چنین مشخصه ای را در کنار سایر مشخصات برای خرید پمپ آب درج کند.

پس از تعریف و درک مفهوم هد کل در یک پمپ، حال می توانیم روابطی برای آن تعریف کنیم:

$$H_t = H_d - H_s$$

در این رابطه H_t نشان دهنده هد کل، H_d هد تخلیه یا هد در لوله عمودی و H_s هد مخزن یا هد مکش است. دقت داشته باشید که این رابطه در هر شرایطی که هد مخزن مثبت (سطح آب درون مخزن بالاتر از پمپ باشد) یا منفی (سطح آب درون مخزن پایین تر از پمپ) باشد، می تواند صحیح باشد.

در تصویر زیر نمونه ای از هد منفی مخزن را مشاهده می کنید:



#۳ نمودار و رابطه هد، دبی پمپ و توان

گاهی اوقات برخی مشتریان به دلیل عدم آگاهی و آشنایی با مفاهیم و تعاریف مکانیکی مربوط به پمپ، هد را با مفاهیم دیگر مانند فشار پمپ اشتباه می گیرند. بین این دو مشخصه فیزیکی یک رابطه ریاضی برقرار است که وزن مخصوص سیال نیز در آن وجود دارد. بنابراین رابطه بین این دو کاملاً به سیال و مشخصات مربوط به آن بستگی دارد.

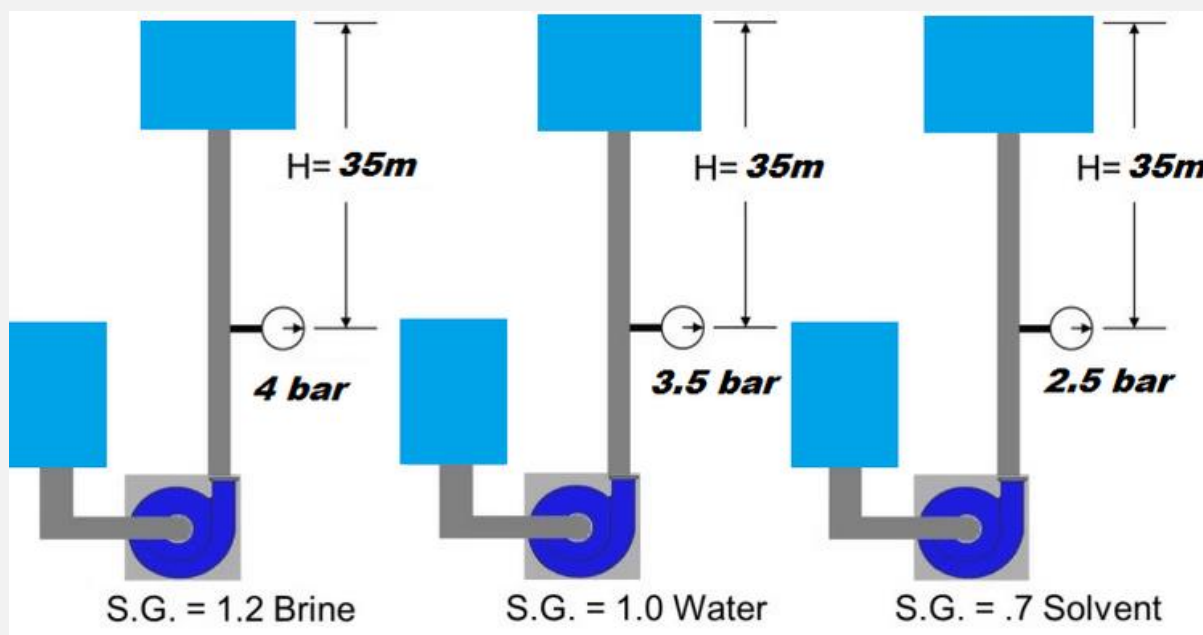
حال سؤال اینجاست که تفاوت فشار و هد پمپ در چیست؟

#۱-۳ تفاوت فشار و هد پمپ

همانطور که در قسمت قبلی گفتیم، هد عبارت است از ارتفاعی که یک پمپ می تواند به سیال بدهد تا بر جاذبه غلبه کرده و بالا برود. این مشخصه معمولاً بر حسب متر در ستون مایع (m.l.c.) یا اکثر اوقات (برای سادگی) بر حسب متر بیان می شود.

هد مستقل از نوع سیال است. یعنی پمپ انواع سیالات مختلف را با وزن و سایر ویژگی های متفاوت آن به صورت مشابه تا یک ارتفاع معین در ستون مایع بلند می کند. اما در طرف مقابل، فشار کاملاً بسته به نوع و مشخصات سیال است. چگالی در تعیین فشار نقش بسیار مهمی دارد. این بزرگ ترین تفاوت بین هد و فشار در حوزه پمپ ها است.

در شکل زیر می بینیم که سه نوع سیال متفاوت در هد های ۳۵ متری مساوی دارای فشار های متفاوتی (بر حسب یکای بار) هستند. *S.G. نمایشگر مقدار گرانش مایع مورد استفاده در هر پمپ است. (این کمیت برای آب مساوی ۱ است)



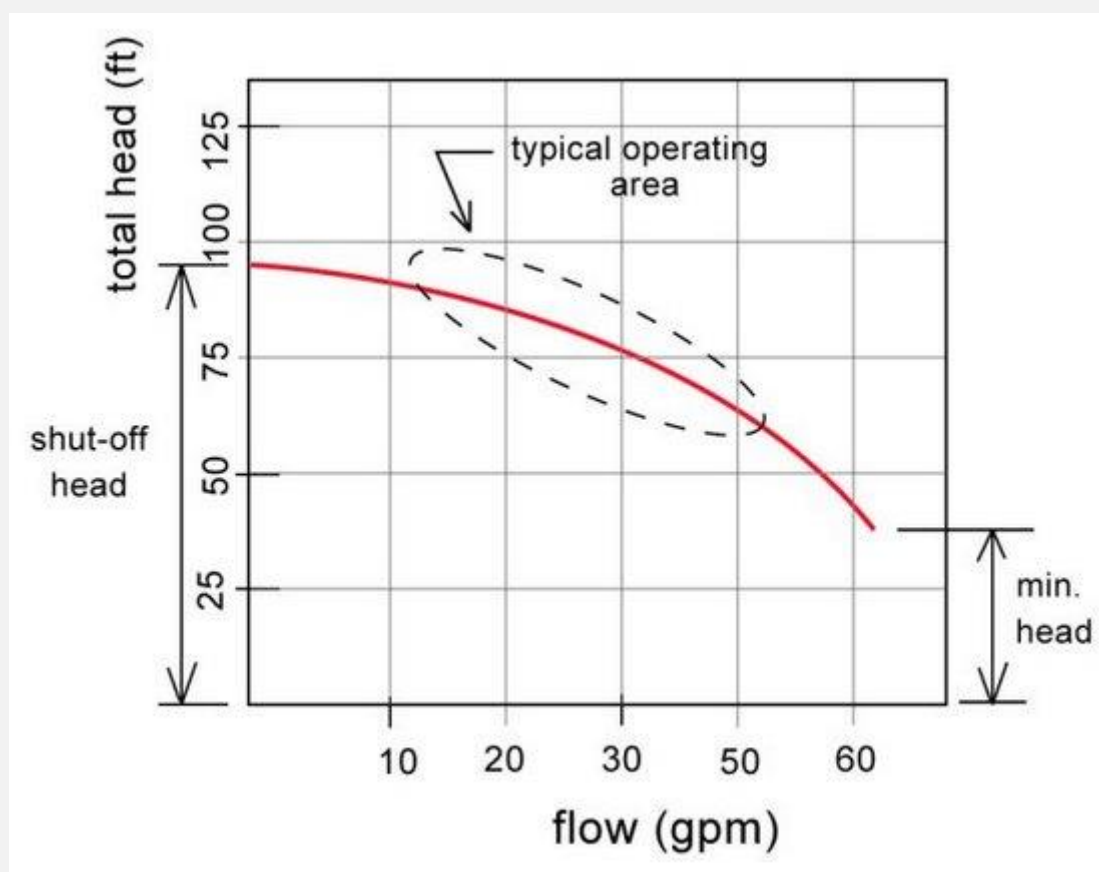
نکته دیگری که باید به آن اشاره کنیم این است که هد در پمپ ها به صورت مستقیم اندازه گیری نمی شود؛ اما فشار به راحتی توسط مانومترهای مختلف مستقر بر روی پمپ مکش و خط تغذیه خروجی اندازه گیری می شود.

#۲-۳ رابطه هد و دبی پمپ

در ماکزیمم مقدار هد برای یک پمپ، دبی صفر خواهد شد. زیرا پس از این مقدار، ارتفاع تغییر نمی کند و جریان از حرکت بازخواهد ایستاد. پمپ تمام نیرو و انرژی خود را در چنین شرایطی صرف رساندن آب به ارتفاع نهایی می کند و اختلاف فشاری که منشأ حرکت جریان باشد، وجود نخواهد داشت.

از طرفی برعکس وقتی هد پمپ صفر باشد، آب با حداکثر سرعت خود از پمپ عبور می کند و دبی به بیشترین مقدار خود نزدیک می شود. این امر

به این دلیل رخ می دهد که پمپ هیچ انرژی صرف بلند کردن آب و غلبه بر جاذبه نمی کند و همه توان صرف افزایش اختلاف فشار و سرعت می شود. بنابراین رابطه میان دبی و هد پمپ یک رابطه کاملاً معکوس است که با افزایش هرکدام دیگری کاهش خواهد یافت.



#۳-۳ رابطه توان با دبی و هد پمپ

اختلاف فشار بین ابتدا و انتها در یک سیستم، یکی از عوامل تعیین کننده در محاسبه قدرت پمپ است. زیرا هدف از بکارگیری پمپ تقویت جریان سیال و کنترل سرعت آن است. قدرت پمپ مطابق معادلات و محاسبات زیر محاسبه می شود:

$$PW = (p_2 - p_1) \times Q$$

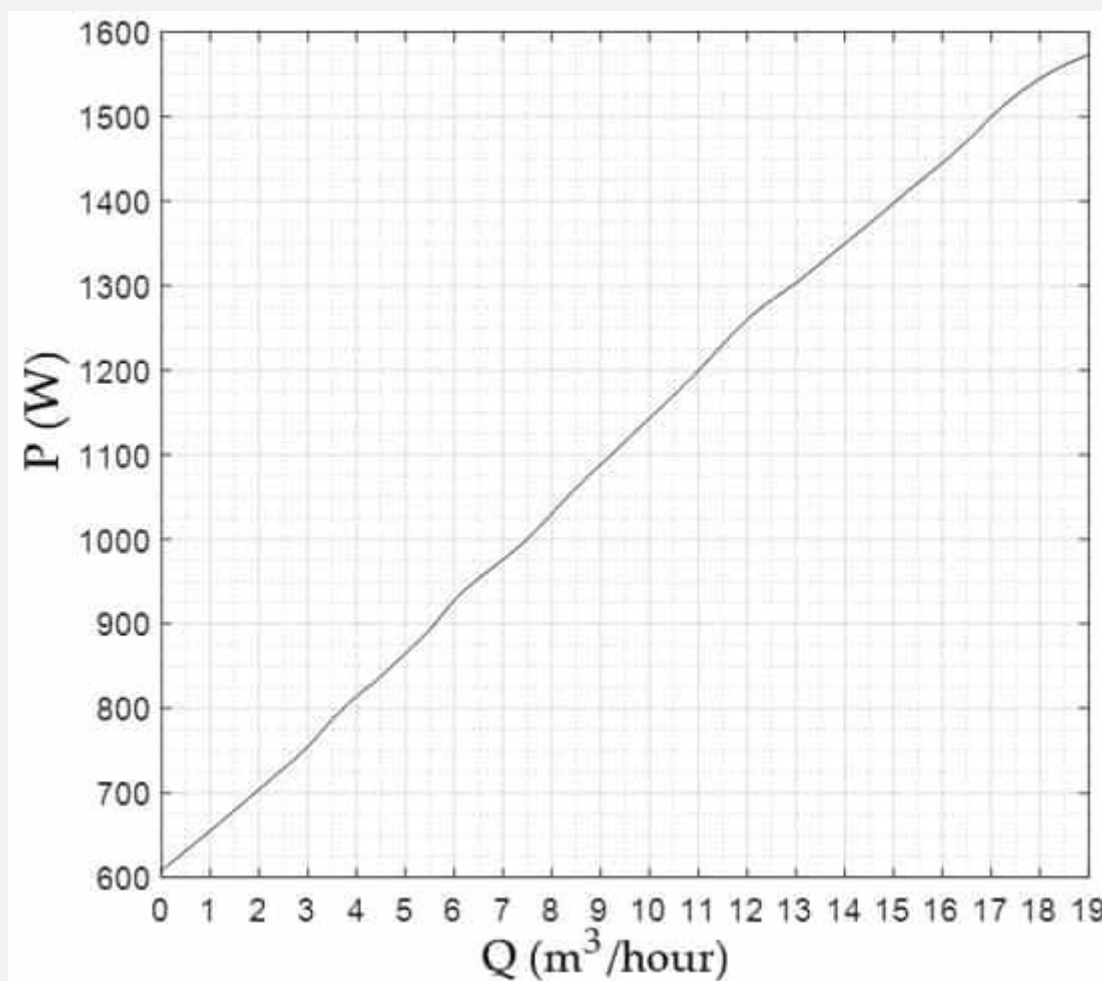
در این رابطه، p_1 و p_2 به ترتیب عبارتند از:

فشار در قسمت مکش (مخزن)

مقدار فشار در خط تخلیه و تغذیه

بر حسب نیوتون در متر مربع (N/m^2) (یا psi)

در رابطه فوق Q نیز دبی پمپ است که بر حسب متر مکعب بر ثانیه m^3/s بیان می شود.



البته یک رابطه دیگر نیز وجود دارد که می تواند ارتباط بین این دو عامل مهم با بازدهی در پمپ ها را با یکدیگر نشان دهد:

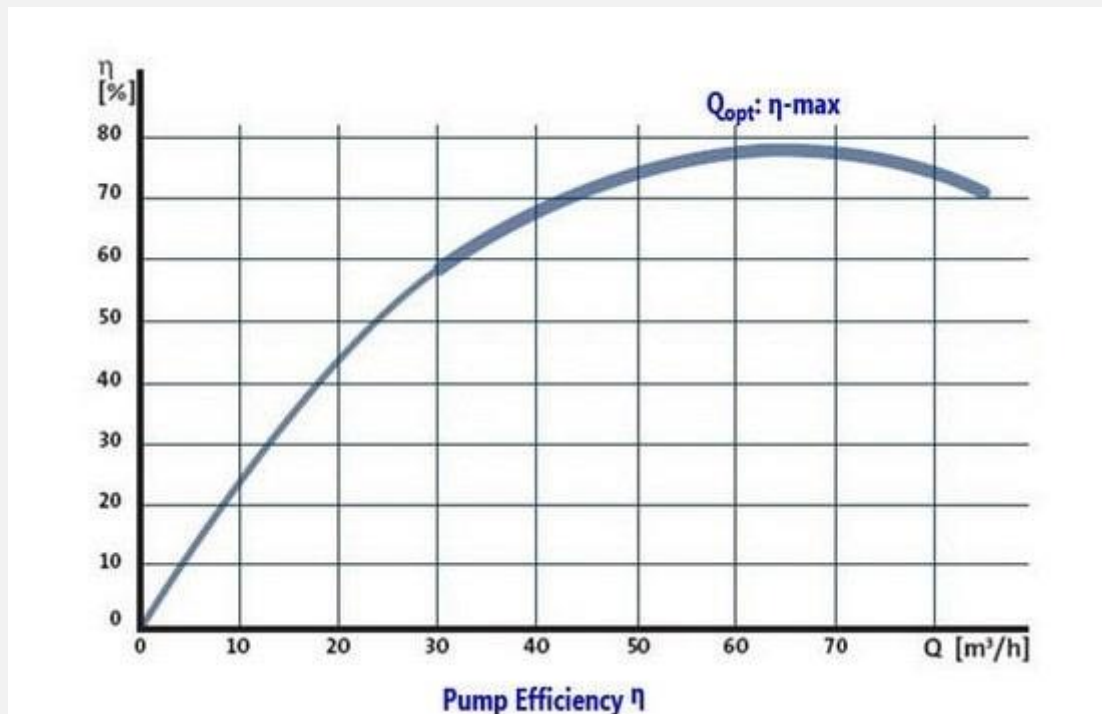
$$3690 / PW = HQ$$

در چنین رابطه ای، H نمایانگر هد پمپ و Q نیز نشان دهنده دبی پمپ است.

حال در رابطه مربوط به بازدهی یک پمپ مشاهده می کنیم که:

$$\eta = PW/PS \times 100\%$$

بنابراین به طور کلی و از نظر تئوریک، می توانیم ادعا کنیم که هد و دبی پمپ هر دو رابطه مستقیمی با بازده یک پمپ دارند. از نظر تجربی هم همین موضوع صادق است؛ زیرا یک پمپ با توان بالاتر، می تواند در ارتفاع های بالاتری هم بر نیروی جاذبه غلبه کند یا آب را با سرعت و فشار بیشتری در واحد زمان از خود عبور دهد.



نمودار فوق نشان دهنده ارتباط میان دبی یک پمپ با بازدهی آن است. هرچه دبی بالاتر برود، بازدهی و توان نیز افزایش پیدا می کند. چنین رابطه ای برای هد نیز نسبت به بازده کمابیش برقرار است.

#۴ اندازه گیری هد و دبی پمپ

پس از خرید، اندازه گیری هد و دبی پمپ در ارزیابی محصول نقش ویژه ای دارد. برای اندازه گیری دبی و هد پمپ از ابزارهای مختلفی می توانید استفاده کنید که مهم ترین آن ها در این بخش بیان شده اند:

- استفاده از دستگاه فلومتر یا همان دبی سنج یکی از مرسوم ترین روش ها برای اندازه گیری دبی در پمپ ها است. در لوله تخلیه یا همان خروجی سیستم، می توانید این دستگاه را به لوله متصل

کنید. اگر می خواهید دقت اندازه گیری توسط این دستگاه بالاتر برود باید تا جایی که می توانید محل نصب آن روی لوله خروجی را به پمپ نزدیک تر کنید.

- در صورتی که یک مخزن با گنجایش دقیق داشته باشید، می توانید مقدار دقیقی از دبی را به دست آورید. برای این کار باید لوله خروجی را در مخزن قرار دهید و از لحظه شروع به کار پمپ و تخلیه سیال درون مخزن با حجم مشخص، زمان را اندازه گیری کنید. این روش در صورت مشخص و دقیق بودن حجم مخزن انتخابی می تواند عدد دقیقی از دبی پمپ را به شما بدهد.
- برای محاسبه هد کل نیز می توانید با داشتن هد استاتیک (اختلاف ارتفاع بین مایع مخزن اول و دوم)، هد اصطکاک و اتصالات مسیر انتقال مایع بین دو مخزن با همان فرمول بیان شده در قسمت هد اقدام کنید. البته یک روش دیگر هم استفاده از سایت های تخمین و اندازه گیری هد به صورت آنلاین است. مثلاً شما با داشتن اطلاعات مرتبط با سیستم انتقال به سایت هایی مانند freecalculator مراجعه کنید. سپس می توانید با کلیک بر روی Calculate Pressure Drop فرآیند تخمین هد را به سرانجام برسانید.

#۵ فرمول های محاسبه هد پمپ

در کنار راندمان پمپ، اندازه گیری هد و دبی پمپ، از آن نظر اهمیت زیادی دارد که امری تأثیرگذار در مصرف انرژی و انتخاب پمپ است. در این قسمت از مقاله اصول اولیه و معادلات اصلی محاسبات مربوط به دبی و هد یک پمپ را برای شما بیان می کنیم.

معادله زیر، یک روش کلی برای محاسبه هد کل یک پمپ است.

$$H = (Z_2 - Z_1) + (h_2 - h_1) + (h_{V2} - h_{V1})$$

در این معادله داریم که:

H هد کل در یک دبی مشخص

Z نشان دهنده ارتفاع در ورودی و خروجی

h هد فشار در نقاط ورود و خروج

و h_V نیز هد سرعت در نقاط ورود و خروج است که برای محاسبه آن می توانیم از فرمول زیر استفاده کنیم:

$$h_V = V^2 / (2.g)$$

در این معادله، V عبارت است از سرعت نقطه ای در ورود یا خروج

g نیز شتاب گرانش زمین است که معمولاً ۹٫۸ یا ۱۰ در نظر گرفته می شود.

با استفاده از این روابط می توان به راحتی به صورت تئوریک و روی کاغذ محاسبات استاندارد مربوط به هد پمپ را انجام داد. همچنین از معادلات زیر می توان برای محاسبه هد و جایگزینی در فرمول کلی استفاده کرد.

$$h = P / (\rho.g)$$

و

$$h = (P * 2.31) / s$$

در این معادلات داریم که:

p نشان دهنده چگالی مایع

P نشان دهنده فشار نقطه ای

s نمایانگر وزن ویژه سیال

با استفاده از مجموعه معادلات فوق می توان نسبت به اندازه گیری هد کل اقدام کرد.

#۶ انواع پمپ های مهم صنعتی و مشخصات دبی و هد آن ها

پمپ های آب بر اساس استفاده به دو دسته پمپ آب خانگی و صنعتی تقسیم بندی می شوند که این فرمول ها و محاسبات برای همه انواع آنها پاسخ خوبی به ما می دهد.

در ادامه به معرفی برخی از پمپ های صنعتی مهم و مقادیر دبی و هد پمپ را در آن ها مطرح می کنیم.



#۶-۱ پمپ آتش نشانی

انواع پمپ های آتش نشانی از جمله پمپ های گریز از مرکز آتش نشانی، معمولا دبی بالایی دارند. این سرعت و حجم بالا از آب به این دلیل است

که آتش سریعتر خاموش شود. بنابراین طبیعی است که چنین پمپ هایی با دبی بالا، هد کمتری نسبت به بقیه داشته باشند؛ زیرا انرژی پمپ در چنین ابزارهایی صرف ایجاد فشار و دبی شدیدتر می شود. اینجاست که انرژی برای پمپ باقی نمی ماند که بخواهد آن را برای غلبه بر گرانش به کار ببرد.

#۲-۶ پمپ اسپرینکلر



اسپرینکلرها از دیگر انواع پمپ های مقابله با آتش سوزی هستند که با استفاده از آب پاش های کوچک کار می کنند. دبی این نوع پمپ ها را می توان به راحتی با استفاده از رابطه ریاضی $Q=K\sqrt{P}$ به دست آورد.

در این رابطه، P نشان دهنده فشار هر اسپرینکلر است.

K نیز یک ضریب خاص در این رابطه است که کاملاً به قطر نازل ها بستگی دارد.

#۳-۶ پمپ دنده ای



پمپ دنده ای یا همان پمپ گیربکس دار یکی از انواع پمپ ها است که در موقعیت های مهم که نیاز به قدرت بیشتر وجود دارد، استفاده می شود. قدرت کشش یا همان مکش در پمپ های دنده ای فوق العاده است. به همین دلیل است که این پمپ ها کاربردهای گسترده ای در صنایع مختلف متوسط، سبک و سنگین دارند.

#۴-۶ پمپ سانتریفیوژ



انواع پمپ سانتریفیوژ در حالت عادی و معمولی در کاربردهایی که نیاز به دبی و فشار بالا وجود دارد، به کار برده نمی شوند. همین امر ممکن است نقطه تفاوت کلیدی این پمپ با سایر پمپ ها باشد. بنابراین از نظر محاسباتی، می توان قدرت هد مناسبی برای چنین پمپ هایی در نظر گرفت.

یکی از برندهای مشهور پمپ در ایران پمپ پنتاکس می باشد که برندی ایتالیایی است؛ اما چند سالی است که به صورت دمونتاژ وارد ایران می شود و نمونه مونتاژ ایران با قیمت مناسب تر هم دارد.