



# WHITE PAPERS

---

ASK-RD-ENG-012

R&D Department

ARYA SEPEHR KAYHAN (ASK) | SHAHID SALIMI INDUSTRIAL CITY, TABRIZ, IRAN

شرکت آریا سپهر کیهان با نام اختصاری ASK، طراح و تولیدکننده پمپ های گریز از مرکز و روتاری و ارائه دهنده راهکارهای بهینه سازی سیستم های فرایندی و پمپاژ می باشد.

---

## توجه!

مقالات تخصصی با عنوان White Papers جهت افزایش دانش عمومی پمپ ها در بخش تحقیق و توسعه این شرکت نگارش شده است. استفاده از این مقالات رایگان می باشد و لازم است جهت استفاده از محتویات آن به موارد ذیل توجه فرمایید:

- 1- انتشار مجدد مطالب مقالات (به شکل اولیه و بدون تغییر در ساختار محتوایی و ظاهری) با ذکر منبع، بلامانع است.
- 2- استفاده تجاری از محتویات مقالات در نشریات مجاز نمی باشد.

## عملکرد پمپ سانتریفیوژ طی پمپاژ سیال لزج

مقدمه

عملکرد پمپ های سانتریفیوژ برای پمپاژ مایعاتی با لزجتی متفاوت از آب با عملکرد آن برای پمپاژ آب متفاوت است. هد، دبی، توان، NPSH و ... با تغییر لزجت رژیمی متفاوت خواهند داشت. برای تعیین رژیم پارامترهای عملکردی یک پمپ طی پمپاژ مایعی با لزجت دلخواه می توان از عملکرد پمپ طی پمپاژ آب استفاده کرد. به همین ترتیب عملکرد پمپ مذکور به دو روش قابل تعیین است:

۱. روش تجربی ارائه شده توسط موسسه هیدرولیک (HI) که شیوه ای عمومی جهت تخمین عملکرد پمپ و انتخاب پمپ مناسب است.

۲. روش تئوری که بر مبنای جزئیات بیشتر از هندسه ی پمپ و شرایط جریان یک تقریب قابل اطمینان را نتیجه می دهد.

که در این مقاله به بررسی روش تجربی پرداخته می شود.

ضرایب تصحیح

هنگامی که سیالی با لزجتی بیشتر از آب توسط پمپی پمپاژ می شود، به دلیل افزایش تلفات عملکرد آن نسبت به آب تغییر می کند. این تغییر که با کاهش پارامترهای عملکردی پمپ همراه است را می توان با استفاده از ضرایب تصحیح زیر برآورد کرد:

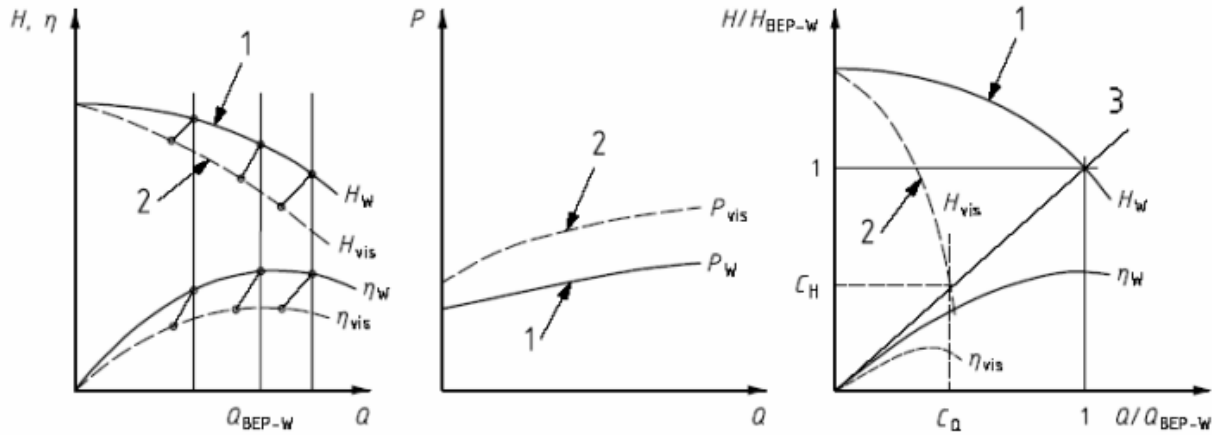
$$C_H = \frac{H_{vis}}{H_w}$$

$$C_Q = \frac{Q_{vis}}{Q_w}$$

$$C_\eta = \frac{\eta_{vis}}{\eta_w}$$

در روابط فوق  $C_H$ ،  $C_Q$  و  $C_\eta$  به ترتیب ضرایب تصحیح هد، دبی و بازده می باشند. اندیس  $vis$  به معنای سیال ویسکوز و اندیس  $w$  به معنای آب است. در شکل ۱ به صورت شماتیک تغییرات پارامترهای هد، بازده و توان پمپاژ مایع لزج نشان داده شده است.

در نمودارهای شکل ۱، عدد ۱ نماینده ی آب و عدد ۲ نماینده ی مایع لزج است. همچنین به خط ۳ خط پارامتر دیفیوزر یا حلزونی گفته می شود. این خط، خط راستی است که مبدا منحنی هد دبی را به نقطه ی بهترین عملکرد پمپ آب ( $BEP_w$ ) وصل می کند.



شکل ۱

برای تعیین ضرایب تصحیح از روش تجربی، با داشتن مشخصه های آب، معادلاتی بر اساس عدد رینولدز و سرعت مخصوص نوشته شده و با اطلاعاتی که از بانک اطلاعات تجربی در دست است عملکرد پمپ برای پمپاژ سیال لزج تخمین زده می شود. برای استفاده از روش تجربی و حصول اطمینان از صحت پاسخ ها محدوده ای مشخص شده است که عبارت است از:

۱. لزجت سینماتیکی بین ۱ تا ۳۰۰۰ سانتی استوکس
۲. دبی آب در نقطه بهترین عملکرد بین ۳ تا ۳۶۰ مترمکعب بر ساعت
۳. هد آب برای هر طبقه در نقطه بهترین عملکرد بین ۶ تا ۱۳۰ متر
۴. نوع پروانه بسته و نیمه باز

اگر از روش تجربی برای پمپی خارج از محدوده ی تعیین شده استفاده شود، پاسخ های به دست آمده قابل اطمینان نخواهد بود. همچنین لازم به ذکر است که این روش برای مواردی که اختلاف بین NPSH موجود و NPSH مورد نیاز زیاد باشد مورد استفاده قرار می گیرد تا سیستم از عهده ی افزایش NPSH ناشی از افزایش لزجت برآید.

برای استفاده از روش تجربی گام اول تعیین اعتبار این روش برای تعیین عملکرد پمپ است. به همین منظور از الگوریتم ۱ زیر استفاده می شود.



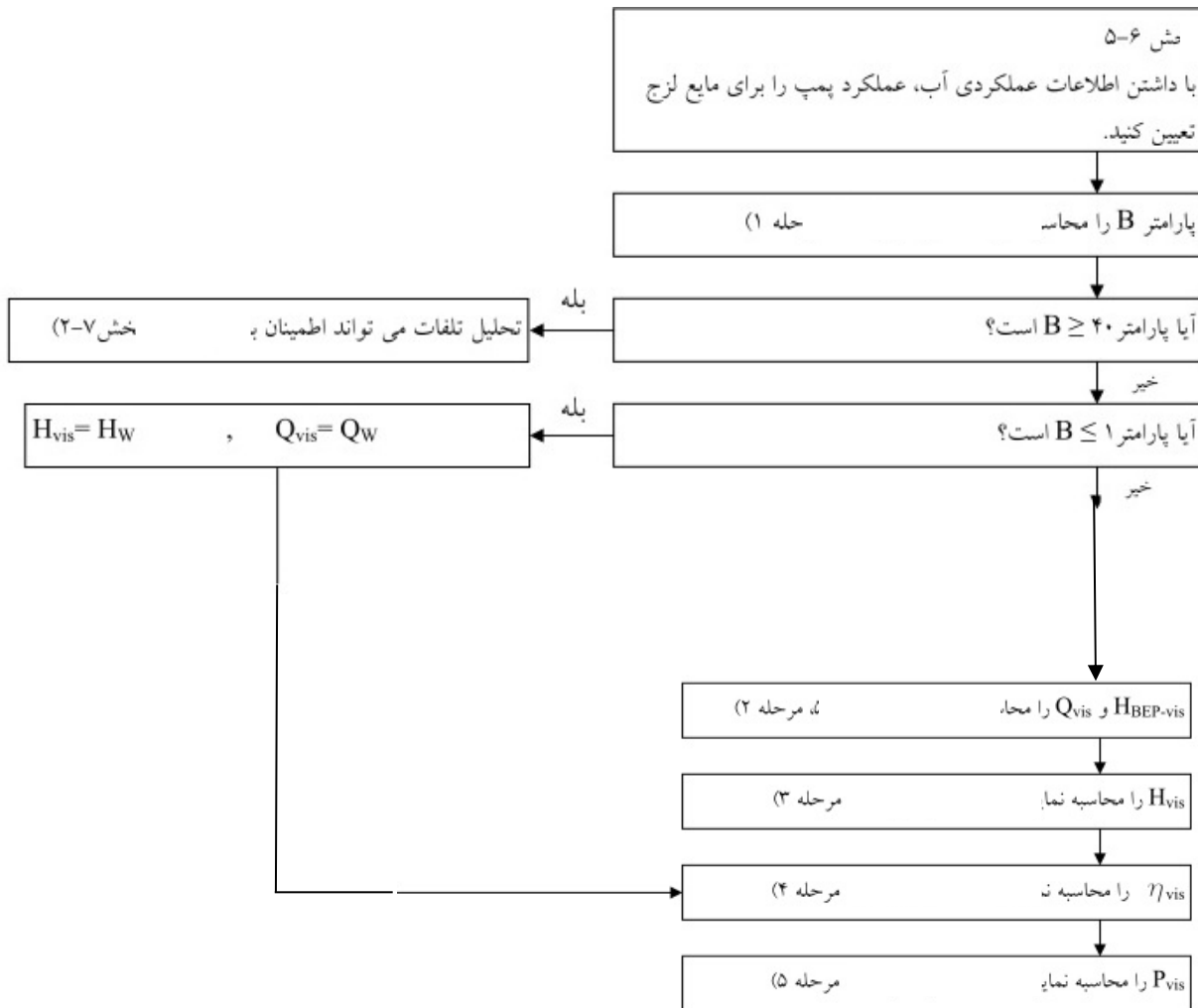
#### الگوریتم ۱

پس از اینکه اعتبار این روش برای پمپ و سیال اثبات شد، نوبت به محاسبه ی عملکرد پمپ تحت مایع لزج با استفاده از اطلاعات پمپ تحت آب می رسد. به همین منظور از الگوریتم ۲ استفاده می شود.

در ادامه پیرامون پارامترهای الگوریتم فوق توضیحات لازم داده خواهد شد.

حال با استفاده از اطلاعات به دست آمده می توان برای هد و دبی و شرایط لزجت پمپ مناسب را تعیین کرد. الگوریتم ۳ برای همین منظور پیشنهاد می شود.

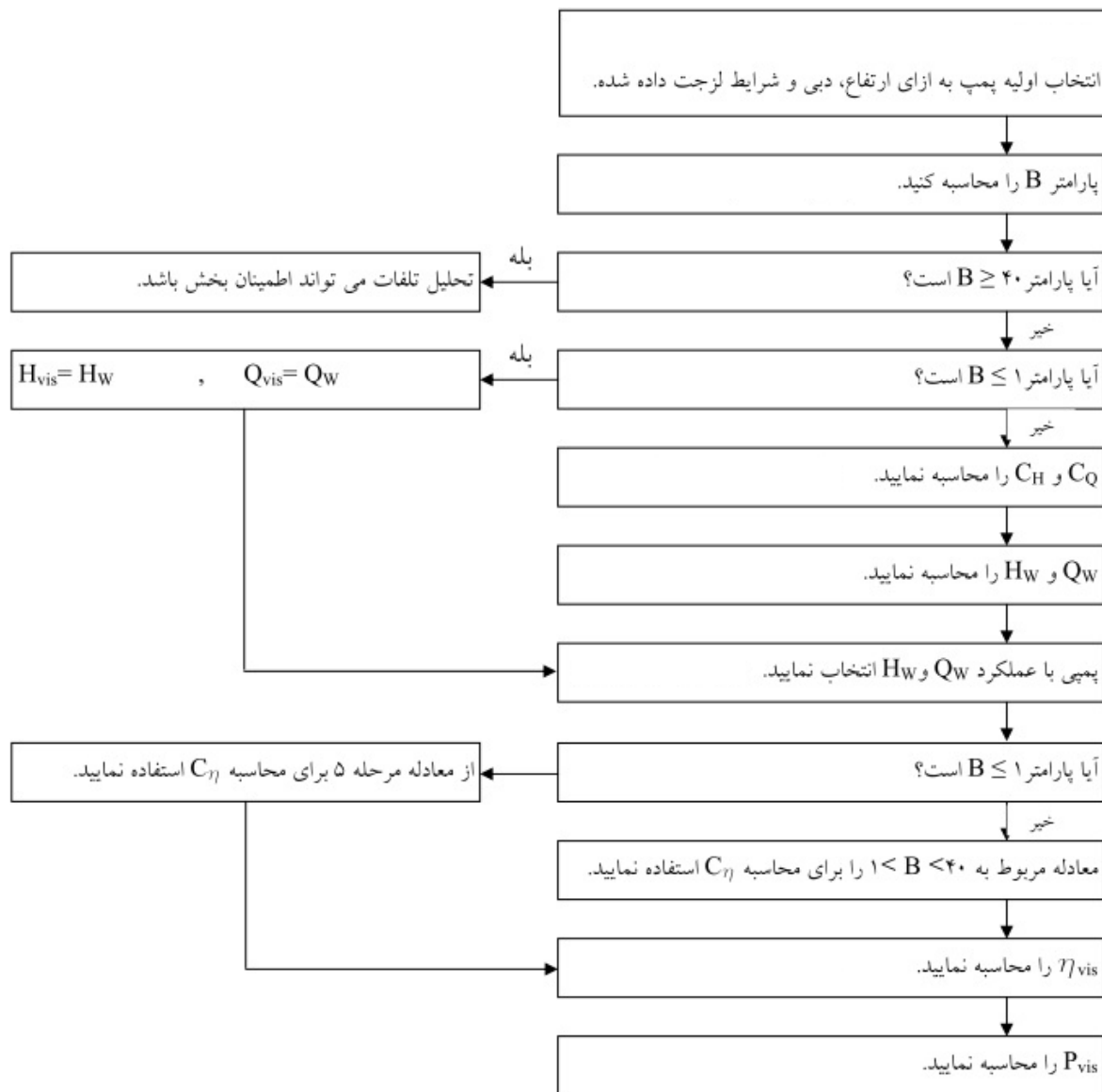
اکنون پارامترهای ارائه شده در الگوریتم ها معرفی می شوند. معادلات زیر برای تبدیل مشخصه های عملکردی پمپ آب به پمپ سیال لزج مورد استفاده قرار می گیرد. مراحل تبدیل عبارتند از:



الگوریتم ۲

### مرحله اول

پارامتر B بر اساس دبی آب در نقطه بهترین عملکرد از طریق رابطه زیر محاسبه شود:



الگوریتم ۳

$$B = 16.5 \times \frac{(V_{vis})^{0.5} (H_{BEP-W})^{0.0625}}{(Q_{BEP-W})^{0.375} N^{0.25}}$$

که در آن دبی بر حسب متر مکعب بر ساعت، هد بر حسب متر، سرعت بر حسب دور در دقیقه و ویسکوزیته بر حسب سانتی استوکس می باشد. اگر مقدار  $B$  به دست آمده در بازه  $1 < B < 40$  بود، به مرحله دو بروید.

اگر  $B \geq 40$  باشد، روش تجربی برای محاسبه ی عملکرد پمپ مناسب نمی باشد و می توان از روش تئوری (که در ادامه شرح داده خواهد شد) استفاده کرد.

اگر  $B \leq 1$  باشد،  $C_H = 1$  و  $C_Q = 1$  و به مرحله ی چهارم بروید.



مرحله دوم

ضریب تصحیح جریان متناظر با دبی نقطه بهترین عملکرد از رابطه ی زیر محاسبه می شود:

$$C_Q = 2.71^{-0.165 (\log B)^{3.15}}$$

با به دست آوردن ضریب تصحیح دبی، از رابطه ی زیر دبی در سایر نقاط نیز به دست می آید:

$$Q_{vis} = C_Q \times Q_w$$

مرحله سوم

ضریب تصحیح هد در نقطه بهترین عملکرد برابر با ضریب جریان است. یعنی:

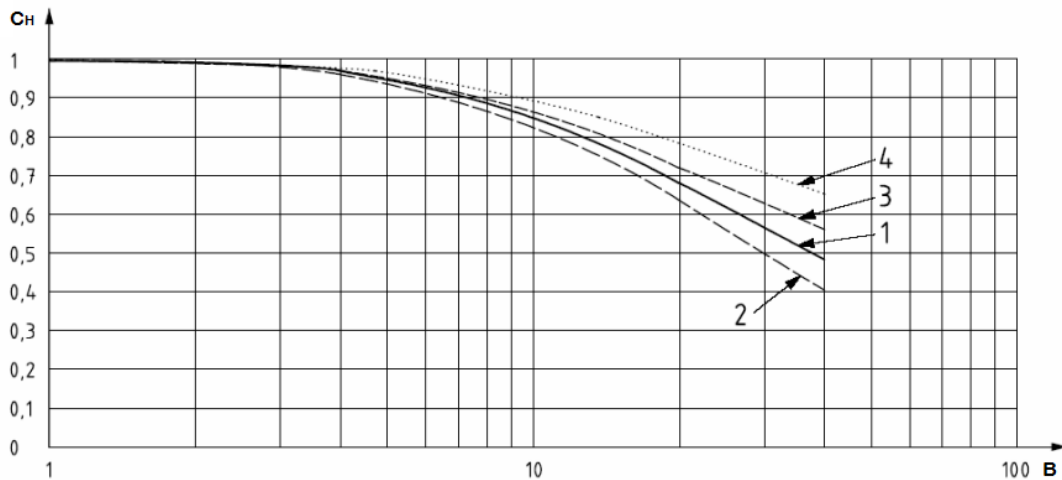
$$C_{BEP-H} = C_Q$$

$$H_{BEP} = C_Q \times H_{BEP-W}$$

ضریب تصحیح هد در سایر نقاط با استفاده از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$C_H = 1 - \left[ (1 - C_{BEP-H}) \times \left( \frac{Q_w}{Q_{BEP-W}} \right)^{0.75} \right]$$

$$H_{vis} = C_H \times H_w$$



شکل ۲

همچنین از نمودار شکل ۲ نیز می توان مقادیر ضریب هد را محاسبه کرد. در این نمودار عدد ۱ نماینده ی ضریب بر حسب B در دبی  $Q_{BEP}$  است. عدد ۲ نماینده ی ضریب بر حسب B در دبی  $1/2 Q_{BEP}$ ، عدد ۳ نماینده ی ضریب بر حسب B در دبی  $0/8 Q_{BEP}$  و عدد ۴ نماینده ی ضریب بر حسب B در دبی  $0/6 Q_{BEP}$  است.

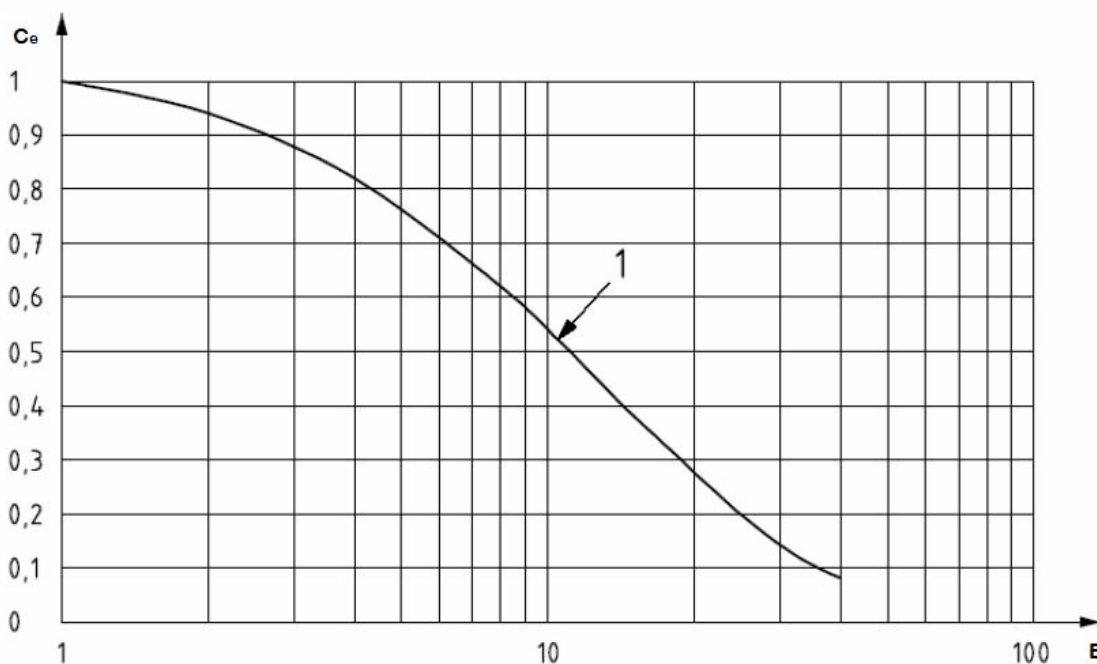
مرحله چهارم

ضریب تصحیح بازده را با توجه به مقدار B به دست آمده می توان از یکی از روابط زیر محاسبه کرد:

برای  $1 < B < 40$ :

$$C_{\eta} = B^{-(0.0547 \times B^{0.69})}$$

همچنین می توان از شکل ۳ نیز استفاده کرد.



شکل ۳

برای  $B < 1$ :

$$C_{\eta} = \frac{1 - [(1 - \eta_{BEP-W}) \times (\frac{V_{vis}}{V_W})^{0.07}]}{\eta_{BEP-W}}$$

در هر دو حالت در نهایت:

$$\eta_{vis} = C_{\eta} \times \eta_W$$

مرحله پنجم

مقدار توان ورودی برای سیال لزج از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$P_{vis} = \frac{Q_{vis} \times H_{vis-tot} \times S}{367 \times \eta_{vis}}$$

که در آن دبی بر حسب متر مکعب بر ساعت، ارتفاع بر حسب متر و توان بر حسب کیلووات است.

### انتخاب پمپ با استفاده از دبی، هد و لزجت داده شده

برای انتخاب پمپ با دانستن هد و دبی و لزجت سیال در دمای پمپاژ از الگوریتم زیر استفاده می شود. شایان ذکر است که با توجه به این نکته که معمولاً اطلاعات پمپ ها بر اساس عملکرد آب آنها ارائه می شود، تعدادی از مراحل این الگوریتم به تبدیل مشخصه ها ی لزج به مشخصه های آب اختصاص می یابد.

#### مرحله اول

از معادله ی زیر پارامتر B محاسبه می شود:

$$B = 2.8 \times \frac{(V_{vis})^{0.5}}{(Q_{vis})^{0.25}(H_{vis})^{0.125}}$$

که در آن دبی بر حسب متر مکعب بر ساعت، هد بر حسب متر، سرعت بر حسب دور در دقیقه و ویسکوزیته بر حسب سانتی استوکس می باشد. اگر مقدار B به دست آمده در بازه ی  $1 < B < 40$  بود، به مرحله دو بروید.

اگر  $B \geq 40$  باشد، روش تجربی برای محاسبه ی عملکرد پمپ مناسب نمی باشد و می توان از روش تئوری (که در ادامه شرح داده خواهد شد) استفاده کرد.

اگر  $B \leq 1$  باشد،  $C_H = 1$  &  $C_Q = 1$  و به مرحله ی چهارم بروید.

#### مرحله دوم

ضریب تصحیح جریان متناظر با دبی نقطه بهترین عملکرد از رابطه ی زیر محاسبه می شود:

$$C_Q = 2.71^{-0.165 (\log B)^{3.15}}$$

#### مرحله سوم

هد و دبی آب از روابط زیر محاسبه می شود:

$$Q_W = \frac{Q_{vis}}{C_Q}$$

$$H_W = \frac{H_{vis}}{C_H}$$

همانطور که پیشتر بیان شد ضریب تصحیح هد و ضریب تصحیح دبی در نقطه ی بهترین عملکرد با هم مساوی اند و با توجه به انتخاب پمپ در این نقطه می توان در این مرحله مقدار ضریب تصحیح هد را همان مقدار ضریب تصحیح دبی در نظر گرفت.

#### مرحله چهارم

با هد و دبی به دست آمده از مرحله ی سوم پمپ مناسب انتخاب می شود.

### مرحله ی پنجم

ضریب تصحیح بازده را با توجه به مقدار B به دست آمده می توان از یکی از روابط زیر محاسبه کرد:

برای  $1 < B < 40$  :

$$C_{\eta} = B^{-(0.0547 \times B^{0.69})}$$

برای  $B < 1$  :

$$C_{\eta} = \frac{1 - [(1 - \eta_{BEP-W}) \times \left(\frac{V_{vis}}{V_W}\right)^{0.07}]}{\eta_{BEP-W}}$$

در هر دو حالت در نهایت :

$$\eta_{vis} = C_{\eta} \times \eta_W$$

### مرحله ششم

مقدار توان ورودی برای سیال لزج از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$P_{vis} = \frac{Q_{vis} \times H_{vis-tot} \times S}{367 \times \eta_{vis}}$$

که در آن دبی بر حسب متر مکعب بر ساعت، ارتفاع بر حسب متر و توان بر حسب کیلووات است.

### منابع و مراجع

استاندارد ایزو ۱۷۷۶۶ - پمپ های سانتریفیوژ در حال پمپاژ سیال لزج - تصحیح عملکرد

ISO/TR 17766 – Centrifugal pumps handling viscous liquids – Performance corrections

ISO17766:2005(E)