

۵-۱ مقدمه

این فصل در رابطه با مشخصات، انواع و آرایش چندگانه پمپ‌ها می‌باشد همچنین مطالبی درباره‌ی قوانین پمپ‌ها، چگونگی پیش‌بینی عملکرد پمپ با استفاده از منحنی‌های مربوطه و محاسبه توان و راندمان پمپ، آورده شده است.

۵-۲ پمپ و انواع آن

به‌طور کلی پمپ یا تلمبه به دستگاهی گفته می‌شود که انرژی را از یک منبع خارجی مانند موتور الکتریکی، گرفته و به مایعی که از آن عبور می‌کند، انتقال می‌دهد. این افزایش انرژی به‌صورت‌های مختلف مانند جابه‌جایی سیالات و افزایش فشار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵-۲-۱ انواع پمپ

پمپ‌ها از لحاظ ساختار و نوع کار به دو دسته‌ی پمپ‌های دینامیکی و پمپ‌های جابه‌جایی مثبت تقسیم بندی می‌شوند.

الف) پمپ‌های جابه‌جایی مثبت:

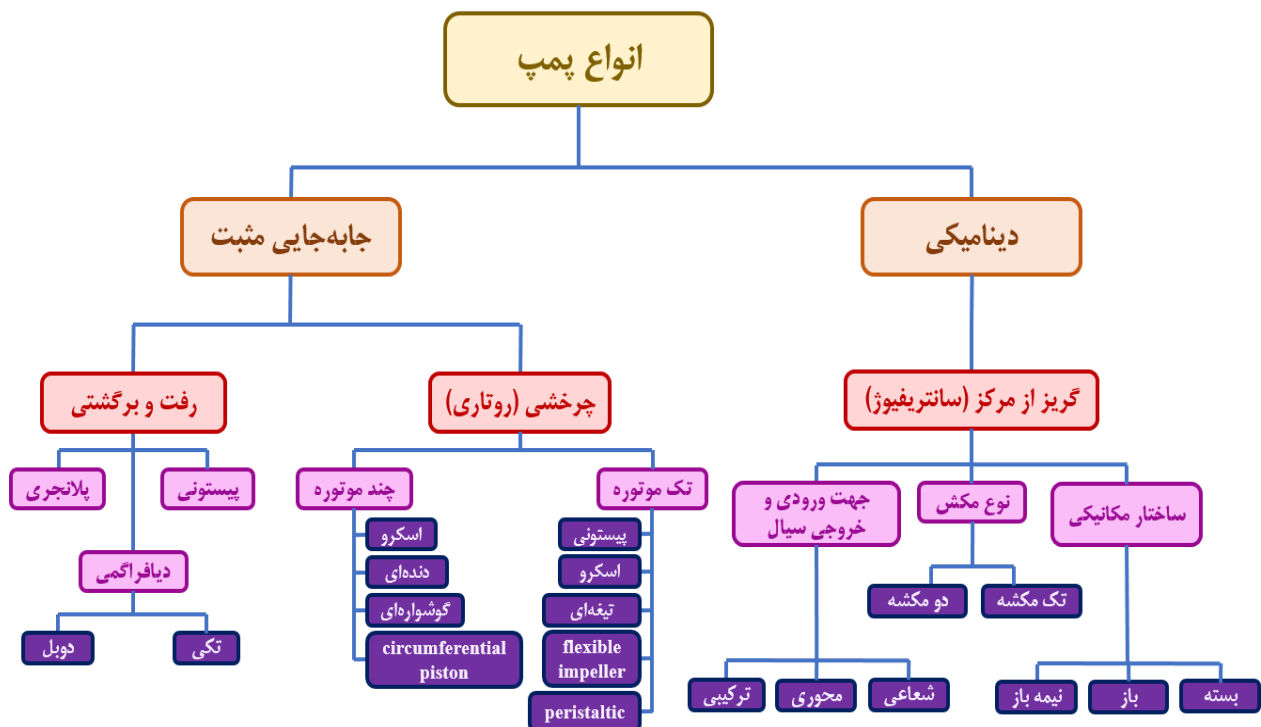
پمپ جابه‌جایی مثبت از مکانیزم تغییر حجم یا انبساط و انقباض برای اعمال فشار به سیال استفاده می‌کند به‌طوری‌که با به دام انداختن مقدار ثابتی مایع و محبوس کردن و آزاد کردن ناگهانی آن، مایع را به حرکت درمی‌آورد.

ب) پمپ‌های حرکتی یا دینامیکی:

در این پمپ‌ها انرژی جنبشی مایع از طریق یک پروانه (impeller) افزایش می‌یابد (مانند نیروی گریزازمرکز) و به مایع سرعت داده می‌شود و بر اساس نحوه طراحی مجرای خروجی پمپ، در نهایت مقداری از انرژی جنبشی مایع تبدیل به فشار می‌شود. به پمپ‌های دینامیکی، پمپ جابه‌جایی غیر مثبت نیز گفته می‌شود.



شکل (۵-۱): سمت راست: پمپ دینامیکی از نوع سانتریفیوژ و موتور آن، سمت چپ: پمپ جابه‌جایی مثبت از نوع پیستونی



شکل (۵-۲): نمودار درختی انواع پمپ



چند نمونه از تفاوت‌های پمپ دینامیکی و پمپ جابه‌جایی مثبت به شرح زیر است:

- تفاوت اصلی پمپ دینامیکی و جابجایی مثبت در نحوه عملکرد و فرآیند پمپاژ سیال است.
- پمپ‌های دینامیکی اساساً برای کاربردهای کم فشار استفاده می‌شوند؛ پمپ‌های جابجایی مثبت برای کارهایی که نیاز به فشار بالا دارند مناسب‌تر است و معمولاً به عنوان پمپ آب کشاورزی و پمپ کف‌کش نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- در پمپ‌های دینامیکی میزان آبدهی، بستگی به مقدار فشار آب دارد، و حداکثر بازدهی را تنها در فشارهایی خاص دارد. اما در پمپ جابجایی مثبت، مقدار آبدهی ثابت بوده و مستقل از فشار آب است.

۵-۲-۲ مقدار گذر آب یا آبدهی یا دبی (Q)

مقدار حجم سیالی که در واحد زمان توسط پمپ از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر جابه‌جا می‌شود. یکای آن در سیستم SI مترمکعب بر ثانیه $\frac{m^3}{s}$ و در سیستم متریک لیتر بر ثانیه $\frac{lit}{s}$ و در سیستم IP از گالن بر دقیقه GPM استفاده می‌شود. در صنعت معمولاً از مترمکعب بر ساعت $\frac{m^3}{hr}$ استفاده می‌شود.

۵-۲-۳ اختلاف ارتفاع یا فشار یا هد پمپ (H)

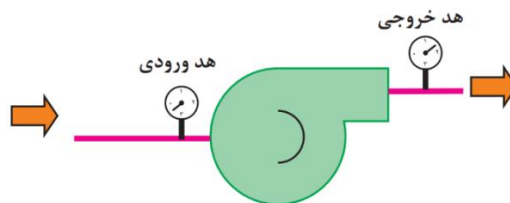
هد پمپ، مجموع انرژی‌هایی است که پمپ روی مایع اعمال می‌کند تا مایع در لوله خروجی به ارتفاع مشخصی بالا رود و برحسب واحد فشار متر ستون آب بیان می‌شود. وقتی گفته می‌شود فشار در یک نقطه برابر با ۱۰ متر آب است به این معنی است که فشار در آن نقطه وزنی از آب به ارتفاع ۱۰ متر روی آن وجود دارد.

$$P = \rho gh \rightarrow h = \frac{P}{\rho g} \quad (۵-۱)$$

در رابطه‌ی بالا P فشار، ρ چگالی، g شتاب گرانش و h هد پمپ می‌باشد. نسبت اختلاف فشار مایع در نقطه‌ی ورودی پمپ (نقطه ۱) و نقطه‌ی خروجی پمپ (نقطه ۲) را بر متغیر وزن مخصوص $\gamma = \rho g$ (گاما) هد پمپ گفته می‌شود.

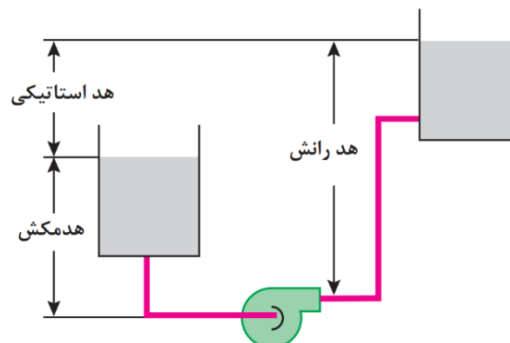
$$h = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} \quad (۵-۲)$$

مطابق شکل زیر هد کل پمپ برابر است با هد یا ارتفاع خروجی منهای هد ورودی پمپ:



شکل (۵-۳): فشار ورودی (مکش) و خروجی (دهش) پمپ

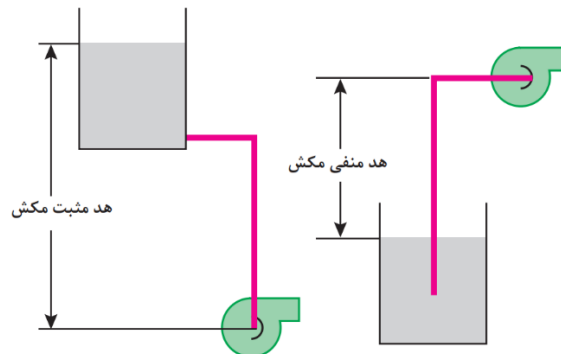
مطابق شکل زیر هد استاتیکی، اختلاف بین دو سطح رانش و مکش پمپ درحالتی که پمپ خاموش است را نشان می‌دهد، اما در مسیر لوله و اتصالاتی وجود دارد که خود باعث افت فشار در مسیر می‌شود که مجموع این هد و افت فشارها را هد کل پمپ گویند.



شکل (۵-۴): هد استاتیکی پمپ

بنابراین هد کل پمپ برابر است با:

افت‌های ناشی از اصطکاک و اتصالات مسیر + هد استاتیک = هد کل پمپ



شکل (۵-۵): سمت راست: پمپ نصب شده در ارتفاع بالاتر از مخزن، سمت چپ: پمپ نصب شده در ارتفاع پایین‌تر از مخزن

نکته ۵-۱) در صورت وجود نشستی به دلیل آب‌بندی نامناسب، ارتفاع مکش خیلی زیاد و وجود فشار منفی و همچنین آسیب‌دیدگی پروانه پمپ، در سیستم پمپاژ آب به مقدار کافی و متناسب با ظرفیت پمپ، پمپاژ نمی‌شود.

پرسش ۵-۱) چرا در پمپ‌های آب، به مقدار کافی و متناسب با ظرفیت آن، پمپ نمی‌شود؟ «چون (د.ت- ۸۶ «۲۳»)

- الف) هوا از خط مکش یا کاسه‌نمدها نشت می‌کند.
 ب) ارتفاع مکش خیلی زیاد است.
 ج) پروانه پمپ آسیب دیده باشد.
 د) هر سه مورد مذکور صحیح است.
 پاسخ) طبق نکته بالا، گزینه د صحیح می‌باشد.

این پرسش، مشابه پرسش «۳» آزمون «تأسیسات سافتمانی دادگستری» سال ۸۴ می‌باشد.

۵-۳ راندمان و توان پمپ

۵-۳-۱ راندمان پمپ

مکانیزم انتقال قدرت در پمپ‌ها متنوع است. وظیفه‌ی انتقال قدرت تبدیل انرژی ورودی به انرژی حرکتی مایع است این انرژی ورودی می‌تواند به صورت انرژی الکتریکی یا شیمیایی ناشی از سوخت فسیلی باشد. برای ارزیابی این سیستم، از راندمان کل پمپ استفاده می‌شود، که بیانگر مقدار اتلاف انرژی در پمپ که صرف تلفات محرک و متحرک و وسیله‌ی انتقال قدرت می‌شود. هر چقدر راندمان بالاتر باشد، اتلاف انرژی کمتری صورت گرفته است. راندمان کل پمپ نسبت توان مفید (خروجی) (انرژی تحویل داده شده به مایع) به توان مصرفی (ورودی) پمپ است که از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$\eta = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{مصرفی}}} \quad (۳-۵)$$

بازده همواره عددی بین صفر و یک است و بازده درصدی پمپ از ضرب این عدد در ۱۰۰ به دست می‌آید.

۵-۳-۲ توان پمپ

اختلاف فشار بین ابتدا و انتها در یک سیستم، یکی از عوامل تعیین کننده در محاسبه توان پمپ است زیرا هدف از بکارگیری پمپ، تقویت جریان سیال و کنترل سرعت آن است، به طور کلی توان پمپ از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$P(W) = (p_1 - p_2) \times Q \quad (۴-۵)$$

در رابطه‌ی بالا، p_1 و p_2 به ترتیب فشار در قسمت مکش و مقدار فشار در خط تخلیه برحسب پاسکال و Q دبی پمپ برحسب مترمکعب بر ثانیه می‌باشد.

توان مفید پمپ (HP یا P): مقدار توانی است که توسط پمپ به سیال داده می‌شود.

توان ترمزی (حقیقی) پمپ (BHP یا BP): مقدار توانی که به پمپ داده می‌شود تا سیال را با دبی و تا هد معینی، پمپاژ کند.

توان کل یا توان ورودی به الکتروموتور پمپ (THP یا TP): مقدار توانی است که به الکتروموتور برای پمپاژ سیال داده می‌شود.



جدول (۱-۵): توان مفید، توان ترمزی و توان کل پمپ در سیستم SI و IP

سیستم IP	سیستم SI
$HP = \frac{Q(\text{gpm}) \times h(\text{ft.H}_2\text{O})}{3960}$	$P(W) = \rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times g \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \times Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \times h(\text{mH}_2\text{O})$
$BHP = \frac{Q(\text{gpm}) \times h(\text{ft.H}_2\text{O})}{3960 \times \eta_p}$	$BP(W) = \frac{\rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times g \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \times Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \times h(\text{mH}_2\text{O})}{\eta_p}$
$THP = \frac{Q(\text{gpm}) \times h(\text{ft.H}_2\text{O})}{3960 \times \eta_p \times \eta_m}$	$TP(W) = \frac{\rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times g \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \times Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \times h(\text{mH}_2\text{O})}{\eta_p \times \eta_m}$
ρ = چگالی، g = شتاب گرانش، Q = دبی، h = هد، η_p = راندمان پمپ، η_m = راندمان الکتروموتور	

پرسش ۲-۵) توان مورد نیاز الکتروپمپ با راندمان ۸۰ درصد و دبی ۱۰ لیتر بر ثانیه و هد ۱۰۰ متر حدود چند کیلووات است؟ (ق.ت-۸۷ «۳۲»)

الف) ۸ (ب) ۰/۸ (ج) ۱۲/۵ (د) ۱/۲۵

پاسخ) طبق رابطه توان پمپ داریم:

$$BP(W) = \frac{\rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times g \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \times Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \times h(\text{mH}_2\text{O})}{\eta_p} = \frac{1000 \times 10 \times 10 \frac{\text{lit}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{m}^3}{1000 \text{lit}} \times 100}{0.8} = 12500 \text{ W} = 12.5 \text{ kW}$$

گزینه ج صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۱۹» آزمون «تاسیسات سافتمانی دادگستری» سال ۷۲ و پرسش «۲» آزمون «تاسیسات سافتمانی قوه قضائیه» سال ۸۵ می‌باشد.

پرسش ۳-۵) پمپ آبی با دبی ۱۰۰ gpm، هد ۶۰ فوت و راندمان ۸۵٪ دارای چه توانی بر حسب hp است؟ (د.ت-۱۴۰۳ «۱۰»)

الف) ۱/۵۸ (ب) ۱/۷۸ (ج) ۲/۵۸ (د) ۲/۷۸

$$Bhp = \frac{Q \times h}{3960 \times \eta} = \frac{100 \times 60}{3960 \times 0.85} = 1.78 \text{ hp}$$

پاسخ) توان ترمزی پمپ از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

گزینه ب صحیح است.

پرسش ۴-۵) در یک پمپ سانتریفیوژ، که آبدهی آن ۲۰ لیتر بر ثانیه است، ارتفاع آبدهی آن ۳۰ متر آب می‌باشد. توان ترمزی موتور پمپ چند کیلووات است؟ (راندمان پمپ ۵۰ درصد است و هر گالن حدود ۴ لیتر و هر متر حدود ۳/۲ فوت در نظر گرفته شود). (د.ت-۸۶ «۲۵»)

الف) ۳/۵ (ب) ۵ (ج) ۱۴/۵۵ (د) ۱۶/۷۵

پاسخ) طبق رابطه توان پمپ، توان برحسب کیلووات برابر است با:

$$BP(W) = \frac{\rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times g \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \times Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \times h(\text{mH}_2\text{O})}{\eta_p} = \frac{1000 \times 10 \times 20 \frac{\text{lit}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{m}^3}{1000 \text{lit}} \times 30}{0.5} = 12000 \text{ W} = 12 \text{ kW}$$

احتمالاً منظور سوال محاسبه‌ی توان برحسب اسب بخار بوده که به اشتباه کیلووات بیان شده است، در این صورت داریم:

$$Bhp = \frac{Q \times h}{3960 \eta} = \frac{20 \frac{\text{lit}}{\text{s}} \times 30 \text{m}}{3960 \times 0.5} = \frac{\left(20 \frac{\text{lit}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{gal}}{4 \text{lit}} \times \frac{60 \text{s}}{1 \text{min}} \right) \times \left(30 \text{m} \times \frac{3.2 \text{ft}}{1 \text{m}} \right)}{3960 \times 0.5} = \frac{\left(300 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \right) \times (96 \text{ft.H}_2\text{O})}{3960 \times 0.5} = 14.54 \text{ hp}$$

گزینه ج صحیح می‌باشد.

این پرسش، مشابه پرسش «۷» آزمون «برق و ماشین آلات کارخانجات دادگستری» سال ۷۵ و پرسش «۱۴» آزمون «برق و ماشین آلات کارخانجات دادگستری» سال ۷۲ می‌باشد.



پرسش ۵-۵) یک الکتروپمپ ۲ مترمکعب آب را ارتفاع ۱۰ متر بالا می‌برد، اگر راندمان پمپ ۵۰٪ باشد قدرت پمپ به کیلووات چقدر است؟ (ق.ت-۸۶ «۲۵»)

- الف) ۰/۵۵ (ب) ۵ (ج) ۰/۰۵ (د) ۰/۵

پاسخ) در صورت سوال تنها از جابه‌جایی حجمی از آب گفته شده اما زمانی برای این جابه‌جایی مشخص نشده است و نمی‌توان مقدار دبی آب و در نهایت توان پمپ را محاسبه کرد، ولی اگر زمان جابه‌جایی را دو ساعت در نظر بگیریم، داریم:

$$BP(W) = \frac{\rho \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times g \left(\frac{m}{s^2} \right) \times Q \left(\frac{m^3}{s} \right) \times h(mH_2O)}{\eta_p} = \frac{1000 \times 10 \times \frac{2}{2 \times 3600} \times 10}{0.5} = 55.5 W = 0.055 kW$$

گزینه الف صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۲۵» آزمون «تأسیسات ساختمانی قوه قضائیه» سال ۸۲ می‌باشد.

پرسش ۵-۶) در یک سیستم آب‌رسانی، اگر مقدار ارتفاع آب‌دهی HEAD پمپ، بیش از مقدار واقعی محاسبه شده باشد، مقدار واقعی BHP نسبت به مقدار محاسبه شده، چه تغییری می‌کند؟ (ق.ت-۹۳ «۳۳»)

- الف) کمتر می‌شود. (ب) بستگی به منحنی مشخصه پمپ دارد. (ج) بیشتر می‌شود. (د) تغییری نمی‌کند.

$$Bhp = \frac{Q \times h}{3960 \eta}$$

پاسخ) طبق رابطه توان پمپ داریم:

ملاحظه می‌شود اگر h محاسبه شده زیاد شود، Bhp محاسبه شده زیاد خواهد شد. از طرفی Bhp واقعی متناسب با است h واقعی و در نتیجه مقدار واقعی آن نسبت به مقدار محاسبه شده کمتر خواهد بود. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۵-۷) در طراحی پمپاژ آب در یک ساختمان بلند به ارتفاع ۶۰ متر، مخزن آب سرد در بالای ساختمان قرار دارد و هر نیم ساعت نیاز به شش هزار لیتر آب از مخزن طبقه هم‌کف به وسیله الکتروپمپ دورانی دارد. با در نظر گرفتن ۳۰٪ ارتفاع جهت اصطکاک لوله‌ها و توان الکتریکی با ۷۵٪ کارایی و با توجه به مقدار توان الکتریکی مورد نیاز چه قدرتی را انتخاب می‌کنید؟ (د.ت-۷۵ «۱۴»)

- الف) ۴ کیلووات (ب) ۳ کیلووات (ج) ۲/۲ کیلووات (د) ۱/۱ کیلووات

پاسخ) مقدار دبی آب بر حسب مترمکعب بر ثانیه برابر است با:

$$Q = \frac{6000}{0.5} = 12000 \frac{lit}{hr} \times \frac{1m^3}{1000 lit} \times \frac{1hr}{3600s} = 0.0033 \frac{m^3}{s}$$

هد مورد نیاز با احتساب اصطکاک لوله‌ها برابر است با:

$$h_1 = 60 \times 0.3 = 18m \Rightarrow h_t = 60 + 18 = 78m$$

توان پمپ برابر است با:

$$BP(W) = \frac{\rho \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times g \left(\frac{m}{s^2} \right) \times Q \left(\frac{m^3}{s} \right) \times h(mH_2O)}{\eta_p} = \frac{1000 \times 10 \times 0.0033 \times 78}{0.75} = 3432 W = 3.432 kW$$

معمولاً مقدار توان محاسبه شده به سمت بالا رند می‌شود تا پمپ با نزدیک‌ترین توان موجود در بازار تهیه گردد. اما در این پرسش با توجه به گزینه‌ها این کار انجام می‌شود. یعنی نزدیک‌ترین مقدار به توان ۳/۴۳۲ مقدار ۴ کیلووات می‌باشد. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۵-۸) در یک سیستم آب‌رسانی از چاهی به عمق صد متر با لوله سه اینچی آب را به مخزنی به حجم سی هزار لیتر که در ارتفاع بیست متری نصب شده در هر ساعت ۱۲۰ مترمکعب آب مورد نیاز تامین می‌گردد. چنانچه راندمان پمپ ۷۵٪ و اصطکاک لوله ۲۵٪ باشد، قدرت الکتروپمپ را حساب کنید. (د.ب-۷۶ «۶»)

پاسخ) در صورتی که منظور از اصطکاک لوله، این باشد که به هد کل بابت اصطکاک ۲۵٪ اضافه گردد، خواهیم داشت:

$$h_a = 100 + 20 = 120m$$



$$h_1 = h_a \times 0.25 = 120 \times 0.25 = 30 \text{ m}$$

$$h = h_a + h_1 = 120 + 30 = 150 \text{ m}$$

$$BP(W) = \frac{\rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times g \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \times Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \times h (\text{mH}_2\text{O})}{\eta_p}$$

$$= \frac{1000 \times 10 \times 120 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ s}} \times 150}{0.75} = 66666.6 \text{ W} = 66.6 \text{ kW}$$

این پرسش، مشابه پرسش «۱۱» آزمون «تاسیسات سافتمانی دادگستری» سال ۷۷ می‌باشد.

نکته ۵-۲) به طور کلی برای محاسبه توان باید مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل را در نظر گرفت، که در محاسبه‌ی توان پمپ، مجموع این دو مقدار هد کل می‌باشد، هد پتانسیل، هد جنبشی و هد کل در محاسبه‌ی توان پمپ به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

هد پتانسیل: نشان‌دهنده افزایش ارتفاع یا اختلاف ارتفاع بین ورودی و خروجی پمپ است و به بیان ساده‌تر، مقدار انرژی لازم برای بالا بردن سیال در یک ارتفاع مشخص است.

هد جنبشی: نشان‌دهنده افزایش سرعت سیال در اثر پمپاژ آن است و به بیان ساده‌تر، مقدار انرژی لازم برای افزایش سرعت سیال در طول عمل پمپاژ می‌باشد.

هد کل (H): مجموع هد پتانسیل و هد جنبشی است و نشان‌دهنده کل انرژی است که پمپ باید به سیال منتقل کند تا آن را از ورودی به خروجی با سرعت و ارتفاع مورد نظر برساند.

معمولاً از پمپ برای بالا بردن سیال تا ارتفاع مشخصی استفاده می‌شود که در این حالت برای محاسبه‌ی توان، هد جنبشی در نظر گرفته نمی‌شود، اما اگر در محاسبات افزایش سرعت سیال یا افزایش سرعت و ارتفاع سیال، هر دو، مد نظر باشد، باید در محاسبه‌ی هد کل، مقدار افزایش سرعت را لحاظ کنیم، از این رو رابطه‌ی توان پمپ را می‌توان به‌صورت زیر در نظر گرفت:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mgh + \frac{1}{2}mv^2}{t} = \frac{mg \left(h + \frac{v^2}{2g} \right)}{t} = \frac{\rho Vg \left(h + \frac{v^2}{2g} \right)}{t} = \rho \dot{V}g \left(h + \frac{v^2}{2g} \right) \quad \begin{matrix} \dot{V}=Q \\ \left(h + \frac{v^2}{2g} \right) = H \end{matrix} \quad P = \rho gQH$$

در رابطه‌ی بالا، P توان پمپ برحسب وات، ρ چگالی برحسب کیلوگرم بر متر مکعب، g شتاب گرانش برحسب متر بر مجذور ثانیه، Q دبی سیال برحسب مترمکعب بر ثانیه، h هد پتانسیل پمپ بر حسب متر آب و v سرعت برحسب متر بر ثانیه می‌باشد. در واقع روابطی که معمولاً برای محاسبه‌ی توان پمپ مورد استفاده قرار می‌گیرند، ساده شده‌ی رابطه‌ی بالا و فقط با در نظر گرفتن تغییرات انرژی پتانسیل است.

پرسش ۵-۹) یک الکتروپمپ در هر دقیقه ۵۰۰ لیتر آب را با سرعت ۲۵ متر در ثانیه پمپاژ می‌کند، در صورت رانندگی ۸۰٪، توان پمپ بر حسب کیلووات چقدر است؟ (ق.ب-۸۴»۷۹)

الف) ۱/۷ کیلووات (ب) ۲/۵ کیلووات (ج) ۳/۲ کیلووات (د) ۴ کیلووات

پاسخ) با توجه به رابطه‌ی کلی توان پمپ، داریم:

$$P_t = \frac{P}{\eta} = \frac{\rho gQ \left(h + \frac{v^2}{2g} \right)}{\eta} = \frac{1000 \times 10 \times 500 \frac{\text{lit}}{\text{min}} \times \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ lit}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \left(0 + \frac{25^2}{2 \times 10} \right)}{0.8} = 3255.2 \text{ W} = 3.25 \text{ kW}$$

گزینه ج صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۶۷» آزمون «تاسیسات سافتمانی قوه قضائیه» سال ۸۴ و مشابه پرسش «۱۴» آزمون «تاسیسات سافتمانی دادگستری» سال ۸۰ و مشابه پرسش «۲۱» آزمون «تاسیسات سافتمانی دادگستری» سال ۷۵ می‌باشد.