دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

دانشکده مهندسی زراعی

گروه: مهندسی کشاورزی - آب

عنوان: نمونه سوالات درس پمپ‌ها و ایستگاه‌های پمپاژ

(ضمیمه جزوه اصلی پمپاژ)

استاد: دکتر رامین فضل‌اولی

نام و نام‌خانوادگی تنظیم کننده: مهسا صبوری

زمان:

نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۲-۱۳۹۱

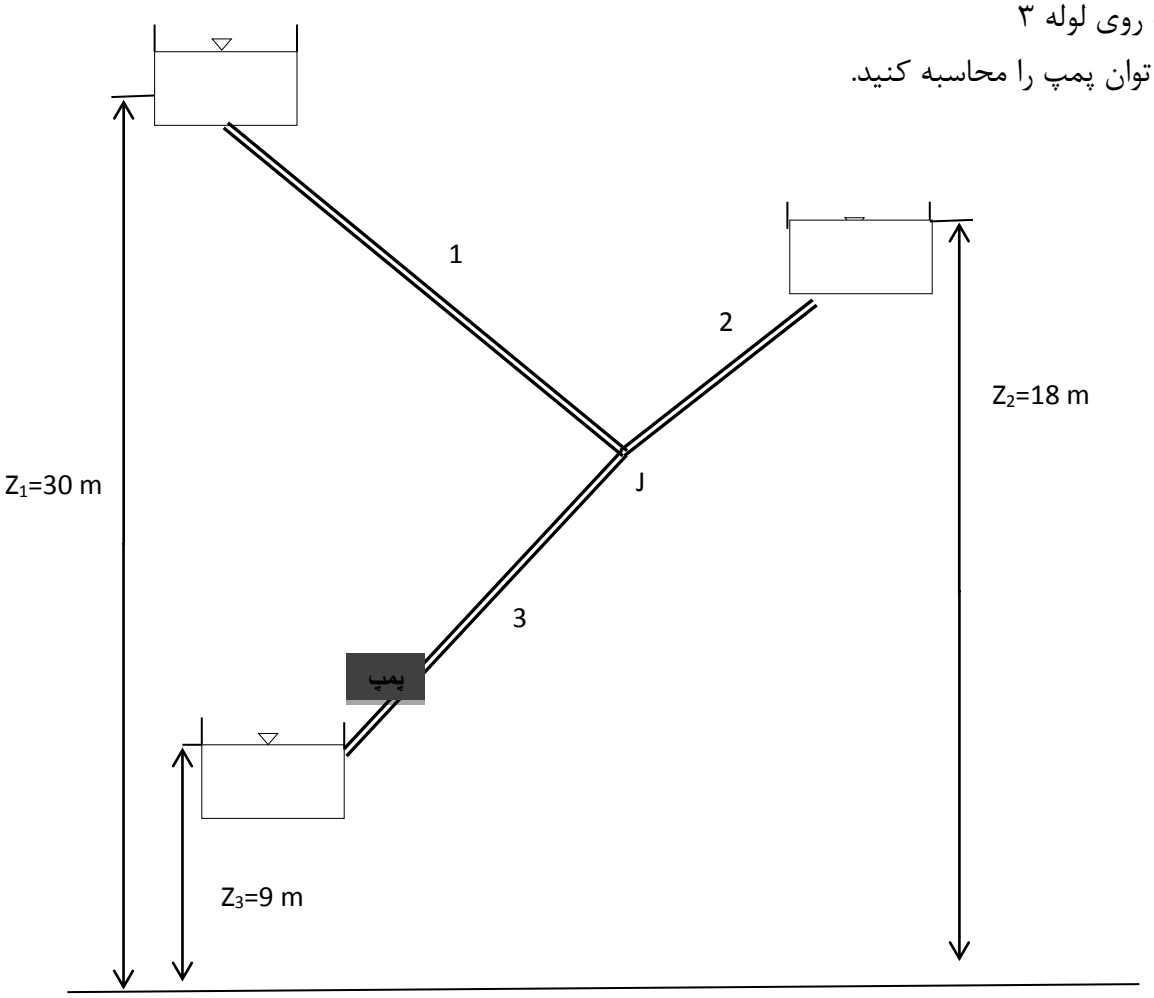
نمونه سوالات فصل سوم:

۱- در شکل زیر با صرف نظر کردن از افت های جزئی دبی لوله ها را برای هنگامی که آب 20° در درون مخازن بوده برای دو حالت (**تذکر مهم: این مسئله مربوط به فصل دهم است**)

الف) بدون وجود پمپ روی لوله ۳

ب) با وجود پمپ روی لوله ۳

به دست آورده و توان پمپ را محاسبه کنید.



حل مسئله(۱):

ɵ=20° ⟶ ν=1.007×10^{-6} m^2/s

H_n= 80 – 40 Q^2 منحنی مشخصه پمپ

L_1=3000 m , D_1=1 m , e_1=0.0002 m

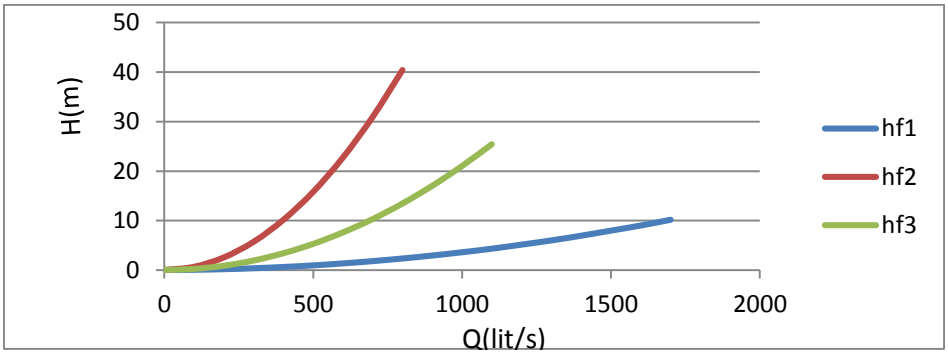
L_2=600 m , D_2=0.45 m , e_2=0.0009 m

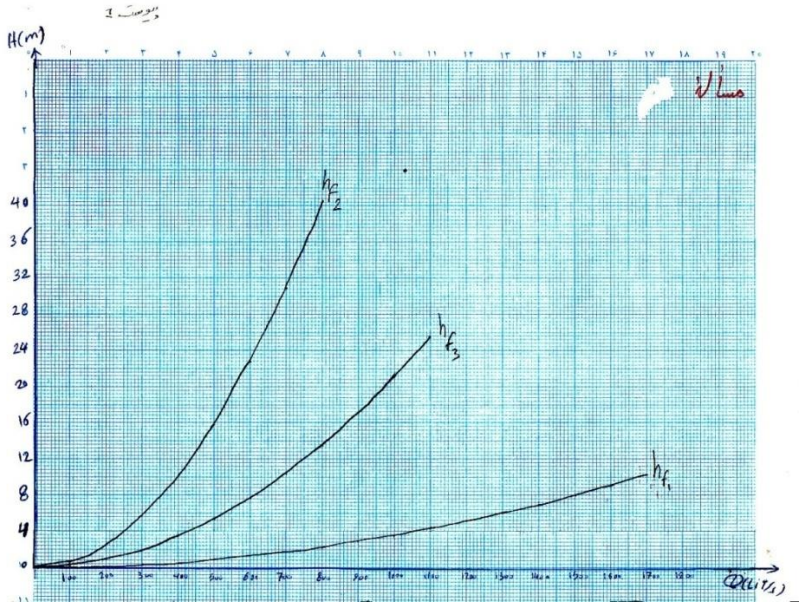
L_3=1000 m , D_3=0.6 m , e_3=0.0006 m

در حالتی که پمپ وجود نداشته باشد ابتدا فرض می شود که جریان از لوله ۱ به داخل لوله های ۲ و۳ وارد می شود. لذا دو لوله ۲ و ۳ به صورت موازی با هم خواهند بود و مولفه برآیند آنها با مشخصه لوله ۱ قطع می شود و نقطه کار محل تلاقی این دو منحنی خواهد بود.

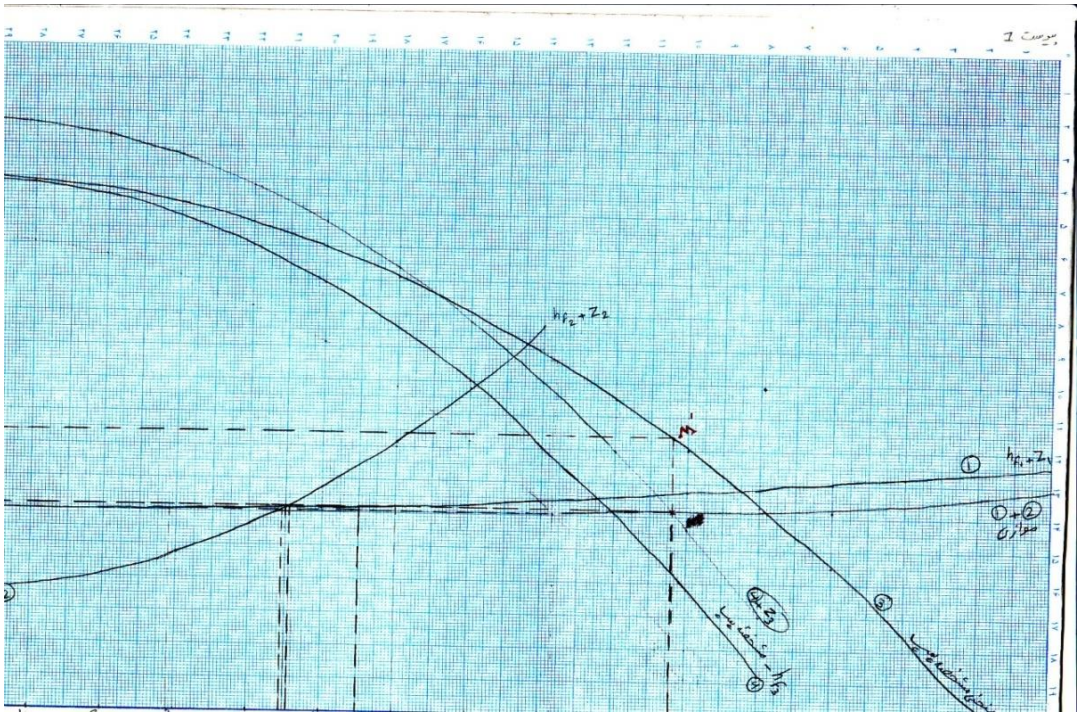
$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{v^2}{2g} = \frac{8fLQ^2}{g\,\pi^2 D^5}$$

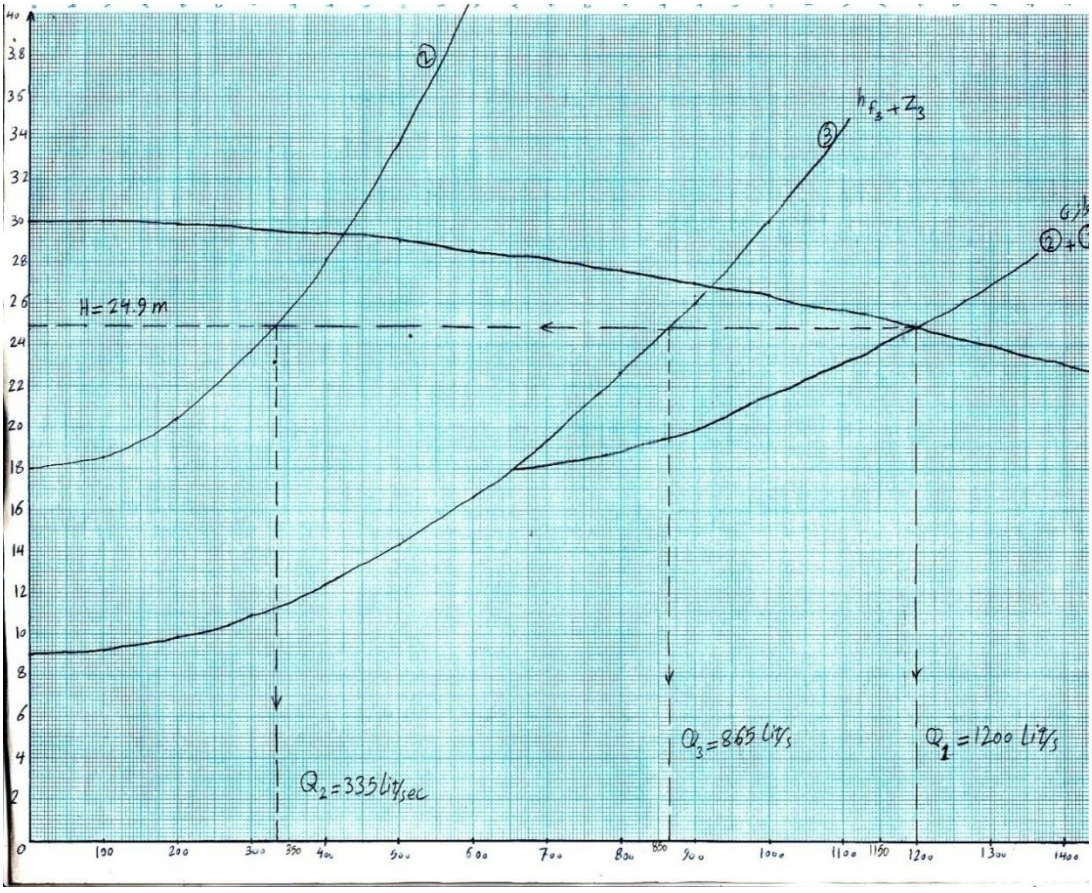
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{e}{3.71\,D} + \frac{2.51\,\pi\nu D}{4Q\sqrt{f}}\right) = -2\log\left(\frac{e}{3.71\,D} + \frac{2.51}{R_e\sqrt{f}}\right)$$



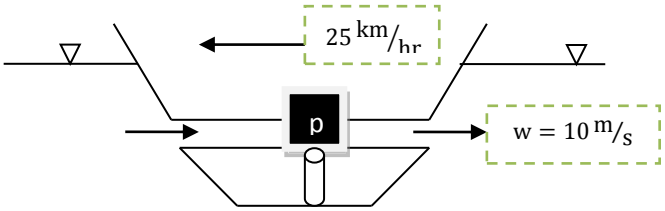


Q (l/s)	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
لوله ۱	L_1=300 m , D_1=1 m , e_1=0.0002 m , z_1=30 m																	
f_1	_	0.0183	0.0166	0.0159	0.0154	0.0151	0.015	0.0148	0.0147	0.0146	0.0145	0.0144	0.014	0.0143	0.0143	0.0143	0.0142	0.0142
$h_{f1}=h_{L1}$ (m)	0	0.045	0.165	0.335	0.611	0.936	1.339	1.798	2.332	2.931	3.594	4.319	5.14	5.991	6.948	7.976	9.011	10.173
$h_{f1}+z_1$ (m)	30	30.045	30.165	30.335	30.611	30.936	31.339	31.798	32.332	32.931	33.594	34.319	35.14	35.991	36.948	37.976	39.011	40.173
z_1-h_{f1} (m)	30	29.955	29.835	29.665	29.389	29.064	28.661	28.202	27.668	27.069	26.406	25.681	24.86	24.009	23.052	22.024	20.989	19.827
لوله ۲	L_2=600 m , D_2=0.45 m , e_2=0.0009 m , z_2=18 m																	
$h_{f2}=h_{L2}$ (m)	_	0.024	0.0237	0.0236	0.0236	0.0235	0.0235	0.0235	0.0235	0.0235	0.0235	0.0235	0.024	0.0235	0.0235	0.0234	0.0234	0.0234
$h_{f2}+z_2$ (m)	0	0.645	2.547	5.706	10.145	15.784	22.729	30.937	40.407									
z_2-h_{f2} (m)	18	18.645	20.547	23.706	28.145	33.784	40.729	48.937	58.407									
لوله ۳	L_3=1000 m , D_3=0.6 m , e_3=0.0006m , z_1=9 m																	
$h_{f3}=h_{L3}$ (m)	_	0.021	0.0203	0.0201	0.02	0.0199	0.0199	0.0198	0.0198	0.0198	0.0198	0.0198	0.02	0.0197	0.0197	0.0197	0.0197	0.0197
$h_{f3}+z_3$ (m)	0	0.223	0.863	1.922	3.4	5.286	7.612	10.309	13.465	17.042	21.039	25.457						
z_3-h_{f3} (m)	9	9.223	9.863	10.922	12.4	14.286	16.612	19.309	22.465	26.042	30.039	34.457						
منحنی مشخصه پمپ																		
$H_n=80-40Q_2$	80	79.6	78.4	76.4	73.6	70	65.6	60.4	54.4	47.6	40	31.6	22.4	12.4	10.6			
H_n-h_{f3}	80	79.377	77.537	74.478	70.2	64.714	57.988	50.091	40.935	30.558	18.961	6.143						
$z_3+(H_n-hf3)$	89	88.377	86.537	83.478	79.2	73.714	66.988	59.091	49.935	39.558	27.961	15.143						
$(H_n-h_{f3})-z_3$	71	70.377	68.537	65.478	61.2	55.714	48.988	41.091	31.935	21.558	9.961	-2.857						


$h_{f_2}+Z_2$
M'
①
$h_{f_1}+Z_1$
①+②
③
④


$h_{f_3}+Z_3$
H=24.9 m
Q_2=335 lit/sec
Q_3=865 lit/s
Q_1=1200 lit/s

۲- پمپ سانتریفوژی مطابق شکل آب را ازجلوی قایق مکش نموده واز نازل خروجی باسرعت W=10 m/s به خارج هدایت می کند در اثر این عمل قایق با سرعت ۲۵ کیلومتردرساعت به جلو حرکت می کند اگرسطح سوراخ نازل پمپ برابربا $A = 225\text{cm}^2$ باشد مطلوب است قدرت موردنیاز پمپ جهت تامین سرعت قایق .



حل مسئله(۲) :

سرعت قایق $V = 25\frac{km}{hr} \times \frac{1hr}{3000s} \times \frac{1000m}{1km} = 6.944\frac{m}{s}$

دبی پمپ $\text{Q} = \text{A} \times \text{W} = \frac{225}{10^4} \times 10 = 0.225\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

قدرت مورد لزوم پمپ $\text{P} = \gamma\text{Qh} = \gamma\text{Q}\left(\frac{\text{W}^2}{2\text{g}} - \frac{\text{V}^2}{2\text{g}}\right) = 9810 \times 0.225\left(\frac{10^2}{19.62} - \frac{6.944^2}{19.62}\right)$

بار سرعت در خروج از پمپ — بار سرعت حرکت قایق

$\longrightarrow \text{p} = 5825.347\text{wat} = 5.825\text{kwat} \times \frac{1\text{hp}}{745.7\text{w}} \times \frac{1000\text{w}}{1\text{kw}} = 7.812\ \text{hp}$

نمونه سوالات فصل پنجم :

۱- فرض کنید که پمپ خاصی (منحنی مشخصه آن داده شده است) در حداکثر راندمان خود با سرعت 3600rpm کار می کند حداقل NPSH موجود را حساب کنید.

حداکثر ارتفاع مکش مجاز چقدر خواهد بود؟ دمای آب $70^{\circ}F$ ، ارتفاع از سطح دریا $h_1 = 1500'$ ، $3'$ و σ_c را حساب کنید.

حل مسئله(۱) :

$$\begin{cases} H_1 = 140 \\ N_1 = 1450 \\ \text{NPSH}=10.4 \end{cases} \qquad \frac{H_1}{H_2} = \frac{N_1^2}{N_1^2} \longrightarrow \frac{140}{H_2} = (\frac{1450}{3600})^2 \longrightarrow H_2 = 875'$$

(ثابت)$\sigma_c = \frac{NPSH_1}{H_1} = \frac{NPSH_2}{H_2} \longrightarrow \sigma_c = \frac{10.4}{140} = 0.0743$

$NPSH_2 = \sigma_c \times H_2 = 0.0743 \times 875 = 65.01$

$\theta = 70^{\circ F} \longrightarrow \frac{\rho V}{\gamma} = 0.84'$

فشارجو در ارتفاع $1500'$ از جدول با میانگین گیری =32.08 =($\frac{32.67+31.50}{2}$)

$$Z_{max} = \frac{p_a}{\gamma} - \left(\frac{p_v}{\gamma} + \text{NPSH} + \text{h}_\text{l}\right)$$

$$Z_{S_{max}} = 32.08 - (0.84 + 65.01 + 3) = -36.3'$$

سرعت موج در حالت غیر ارتجاعی $C=\sqrt{\frac{g}{\gamma}E_v}$ or $\sqrt{\frac{E_V}{\rho}}$ ⟶ مدول الاسیته آب

برای آب $E_V = 3 \times 10^5 Psi$ یا $E_V = 3 \times 10^5 \times 144\ PSF$

$$\sqrt{\frac{3 \times 10^5 \times 144}{1.94}} = 4720\,{}^{ft}/_{s}$$

سرعت فوق برای حالتی است که لوله غیر قابل ارتجاع فرض شود اگر لوله قابل ارتجاع باشد این مقدار کمتر می شود.

$C=\sqrt{\frac{K}{\rho}}$, $K=\frac{\mathrm{E_V}}{1+\left(\frac{\mathrm{D}}{\mathrm{e}}\right)\left(\frac{\mathrm{E_V}}{\mathrm{E}}\right)}$ ⟵ مدول الاسیته لوله

قطر داخلی لوله ⟵ ضخامت جدار لوله

نمونه سوالات فصل ششم:

۱- اگر سرعت جریان آب در یک لوله به قطر 2ft و از جنس چدن $E = 24 \times 10^6$ psi با بستن شیر فلکه ای که به فاصلهٔ 1000 ft از مخزنی قرار دارد از 2ft/sec به صفر برسد ، افزایش فشار احتمالی که موجب ضربهٔ قوچ می شود را محاسبه نمایید . ضخامت جداره لوله$\frac{3}{4}$ اینچ است ، فرض می شود $K = 3 \times 10^5$psi است . در ضمن لوله در سرتاسر آن دارای اتصالات انبساطی می باشد . $(\mu = 0.28)$

حل مسئله(۱) :

$$\frac{D}{e} = \frac{2}{\frac{\left(\frac{3}{4}\right)}{12}} = 32 < 40 \quad \rightarrow$$ لوله با جداره ضخیم وحالت ج

$$C_1 = \frac{1}{1+\frac{e}{D}}\left[1 + 2\frac{e}{D}(1+\mu)\left(1+\frac{e}{D}\right)\right] = 1.050$$

$$A = 1 + \frac{e}{D}$$

$$C = \sqrt{\frac{1}{\rho(\frac{1}{k} + \frac{DC_1}{Ee})}} = \sqrt{\frac{32.2}{62.4\left(\frac{1}{300000 \times 144} + \frac{2 \times 1.05}{(\frac{\frac{3}{4}}{12}) \times 24 \times 10^6 \times 144}\right)}} =$$

$$C = 3962.172 \quad \text{ft/sec}$$

$$\Delta P = \rho c\, \Delta V = \frac{\gamma c \Delta V}{g} = \frac{62.4}{32.2} \times 3962.172 \times 2 = 15356.493 \text{ psf}$$

$$\Delta P = \frac{15356.493}{144} = 106.642 \text{ psi}$$

$$\Delta H = \frac{c\,\Delta V}{g} = \frac{3962.172 \times 2}{32.2} = 246.098\ \text{ft}$$

۲ - یک لوله PVC به قطر داخلی 16 اینچ و به ضخامت 1 اینچ آب را با سرعت 5 ft/s هدایت می نماید ، مطلوبست محاسبه افزایش فشار در پشت شیر فلکه ای که از مخزن به فاصلهٔ 5000 فوت قرار دارد در صورتیکه زمان بستن شیر 2 ثانیه باشد و لوله در سرتاسر آن دارای اتصالات انبساطی باشد . تعیین کنید که آیا پدیده ضربه قوچ در محل شیر اتفاق می افتد یا خیر ؟

برای لوله PVC از جدول: $E = 4 \times 10^5 \text{psi}$ ، $K = 3 \times 10^5 \text{psi}$ ، $\mu = 0.45$

حل مسئله(۲) :

$\frac{D}{e} = \frac{16}{1} = 16 < 40 \quad \rightarrow$ لوله با جداره ضخیم وحالت ج

$$C_1 = \frac{1}{A}\left[1 + 2\frac{e}{D}(1+\mu)A\right] \quad ، \quad A = 1 + \frac{e}{D}$$

$$A = 1 + \frac{1}{16} = 1.0625$$

$$C_1 = \frac{1}{1.0625}\left[1 + 2 \times \frac{1}{16}(1 + 0.45) \times 1.0625\right] = 1.122$$

$$C = \sqrt{\frac{1}{\frac{\gamma}{g}\left(\frac{1}{k} + \frac{DC_1}{Ee}\right)}}$$

$$= \sqrt{\frac{32.2}{62.4\left(\frac{1}{3 \times 10^5 \times 144} + \frac{16 \times 1.122}{4 \times 10^5 \times 144}\right)}} = 1241.462 \quad \text{ft/sec}$$

$$t = \frac{2L}{C} = \frac{2 \times 5000}{1241.462} = 8.055 > 2 \text{(زمان بستن شیر)} \rightarrow$$ پس ضربه قوچ اتفاق می افتد

$$\Delta P = \rho c\, \Delta V = \frac{62.4}{32.2} \times 1241.462 \times 5 = 12029.073 \text{ psf} = 83.535 \text{ psi}$$

$$\Delta H = \frac{c\, \Delta V}{g} = \frac{1241.462 \times 5}{32.2} = 192.774 \text{ ft}$$

۳ - یک لوله فولادی دو سرگیردار به قطر داخلی 6 ft و ضخامت 0.25 اینچ آب را به توربینی که تیغه های آن از فولاد ساخته شده است هدایت می کند . هنگامی که سرعت جریان 8 ft/s است دریچه آب به سرعت بسته می شود . فشار اضافی نزدیک دریچه را که موجب ضربه قوچ می شود محاسبه کنید ، ماکزیمم زمان ممکن برای بستن شیر بدون کاهش این فشار چقدر است ؟چنانچه طول لوله 15200 ft باشد ، زمان لازم برای اینکه فشار اضافی به 100 psi برسد را تعیین کنید .

حل **مسئله(۳)** :

برای آب $K = 3 \times 10^5 \ psi$

لولهٔ فولادی $\rightarrow \ E = 30 \times 10^6 \ psi \quad ، \quad \mu = 0.30$

$$\frac{D}{e} = \frac{6}{(0.25/12)} = 288 \geq 40 \quad \Rightarrow \text{لوله با جداره نازک وحالت} \Rightarrow C_1 = 1 - \mu^2$$

$$C_1 = 1 - 0.3^2 = 0.910$$

$$C = \sqrt{\frac{g}{\gamma(\frac{1}{k} + \frac{DC_1}{Ee})}} = \sqrt{\frac{32.2}{62.4\left(\frac{1}{3 \times 10^5 \times 144} + \frac{6 \times 0.91}{30 \times 10^6 \times 144 \times (\frac{0.25}{12})}\right)}}$$

$$C = 2481.277 \ \text{ft/sec}$$

$$\Delta P = \frac{\gamma}{g} c\,\Delta V = \frac{62.4}{32.2} \times 2481.277 \times 8 = 38467.499 \text{ psf} = 267.135 \text{ psi}$$

$$t = \frac{2L}{C} = \frac{2 \times 15200}{2481.277} = 12.252 \quad \text{sec}$$

$$\Delta P = \frac{\gamma}{g} c\,\Delta V \Rightarrow 144 \times 100 = \frac{62.4}{32.2} \times C \times 8 \Rightarrow C = 928.846 \text{ ft/s}$$

$$\Rightarrow t = \frac{2L}{C} = \frac{2 \times 15200}{928.846} = 32.729 \text{ sec}$$

نمونه سوالات فصل هفتم:

۱- چرخ پمپ سانتریفوژی باقطرخارجی $D_2 = 30 \text{ cm}$ درسرعت $N = 900 \frac{\text{دور}}{min}$ دبی ۴۰۰۰لیتردردقیقه را منتقل می نماید زاویه خروجی پره $\beta_2 = 30°$ وضخامت آن ۸درصدازسطح مفیدعبورسیال را اشغال میکند .پهنای خروجی چرخ $b_2 = 5\ cm$ است.(زاویه مطلق سیال درورود ۹۰° فرض شود)مطلوبست ارتفاع تولیدی توسط این چرخ؟

حل مسئله(۱) :

$$Q = 2\pi K R b V_m \qquad I \ , \ u = \frac{2\pi N}{60} R = \omega R \qquad II$$

$$N = 900 \frac{\text{دور}}{min} \times \frac{1 min}{60 s} = 15 \frac{\text{دور}}{s}$$

$$D_2 = 30\text{cm} = 0.3\text{m} => R_2 = \frac{0.3}{2} = 0.15$$

$$Q = 4000\frac{\text{lit}}{\text{min}} = 4000\frac{\text{lit}}{\text{min}} \times \frac{1\text{m}^3}{1000\text{lit}} \times \frac{1\text{min}}{60\text{sec}} = \frac{1}{15}\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

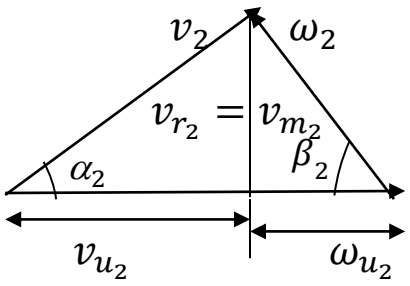
$\beta_2 = 30°$

$k = 100 - 8 = 92\% = 0.92$ ضریب انسدادپره ها

$b_2 = 5\text{cm} = 0.05\text{m}$

$\alpha_1 = 90°$

$$(II)\ u_2 = (2\pi \times 900 \times 0.15)/60 = 14.137\frac{m}{s}$$



$$(I)\ V_{r_2} = V_{m_2} = \frac{Q}{2\pi K_2 R_2 b_2} = (1/15)/(2\pi \times 0.92 \times 0.15 \times 0.05)$$
$$= 1.538\frac{m}{sec}$$

$$V_{u_2} = V_2 cos\alpha_2 = u_2 - \omega_{u_2} = u_2 - \frac{V_{m_2}}{\tan\beta_2} = 14.137 - \frac{1.538}{tag30} = 11.473$$

$$H_i = \frac{u_2 V_2 cos\alpha_2 - u_1 V_1 cos\alpha_1}{g} \qquad \alpha_1 = 90°$$

$$\text{H}_\text{i} = (14.137 \times 11.473)/9.81 = 16.534\text{m}$$

۲- یک پمپ سانتریفوژکه ابعادپروانه اش به صورتr_2 =۱۲۷mmو r_1 =۵۱mm و$\beta_2 = 60°$
b_1 =۳۸mmو b_1 = ۷۶mm است بده ۱۴۲لیتربرثانیه راباهد۱۹,۵mتولیدمی نماید.تعیین کنید:
الف- β۱؟ ب-سرعت دوران ج-توان مصرفی د-ازدیادفشاردرپروانه
ازاتلاف صرفه نظرکرده وفرض کنید که جریان بدون شوک واردپروانه میشود.

حل مسئله (۲) :

$\alpha = 90°$
$\text{Q} = \text{V}_{\text{r}_1}\text{S}_{\text{r}_1} = \text{V}_1\text{Sin}\alpha_1 \times 2\pi\text{r}_1\text{b}_1 =>$

$0.142 = \mathrm{V_1 sin90} \times 2\pi \times 0.051 \times 0.076 => \mathrm{V_1} = 5.831 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

$$\frac{V_1}{sin\beta_1} = \frac{\omega_1}{sin90} = \frac{u_1}{\sin(180 - (\alpha_1 + \beta_1)} = \frac{5.831}{sin\beta_1} = \frac{\omega_1}{1} = \frac{u_1}{cos\beta_1}$$

$$H_e = \frac{u_2 V_2 cos\alpha_2}{g} => \frac{u_2 V_2 cos\alpha_2}{9.81} = 19.5 => u_2 V_2 cos\alpha_2 = 191.295$$

$\mathrm{Q = V_{r_2} S_{r_2} = V_2 Sin\alpha_2 \times 2\pi r_2 b_2 =>}$

$0.142 = V_2 sin\alpha_2 \times 2\pi \times 0.127 \times 0.038 => V_2 Sin\alpha_2 = 4.683$

$$\frac{V_2}{sin\beta_2} = \frac{\omega_2}{sin\alpha_2} = \frac{u_2}{\sin(180 - (\alpha_2 + \beta_2)} = \frac{V_2}{sin\beta_2} = \frac{u_2}{\sin(180 - \alpha_2 - 60)} = \frac{u_2}{\sin(120 - \alpha_2)}$$

$$V_2(sin120 \times cos\alpha_2 - cos120 \times sin\alpha_2) = \frac{\sqrt{3}}{2} u_2$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} V_2 cos\alpha_2 + 0.5 V_2 sin\alpha_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} u_2$$

$\mathrm{u_2\ V_2 cos\alpha_2 = 191.295 => V_2 cos\alpha_2 = \frac{191.295}{u_2}}$

$\mathrm{v_2 sin\alpha_2 = 4.683}$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \mathrm{V_2 cos\alpha_2} + 0.5 \mathrm{V_2 sin\alpha_2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \mathrm{u_2}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{191.295}{u_2} + 0.5 \times 4.683 = \frac{\sqrt{3}}{2} u_2$$

$$165.666 + 2.342 u_2 - 0.866 u_2^2 = 0 => u_2 = 15.249 \frac{m}{s}$$

$$u_2 \cot \alpha_2 = \frac{191.295}{4.683} =>$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{4.683 \times u_2}{191.295} = \frac{4.683 \times 15.249}{191.295} => \alpha_2 = 20.471°$$

$$\mathrm{u_2 = \frac{2\pi n r_2}{60} => 15.249 = \frac{2\pi n}{60} \times 0.127 => n = 1146.6 rpm}$$

$$u_1 = \frac{2\pi n r_1}{60} = \frac{2\pi \times 1146 \times 0.051}{60} = 6.120\frac{m}{s}$$

$$\frac{5.831}{sin\beta_1} = \frac{u_1}{cos\beta_1} = \frac{6.12}{cos\beta_1} => \frac{sin\beta_1}{cos\beta_1} = \frac{5.831}{6.12} = \tan\beta_1$$

$$=> \beta_1 = 43.615°$$

$$N_0 = \gamma Q H_e = (9810 \times 0.142 \times 19.5)/1000 = 27.164km$$

$$\omega_1 = \frac{5.831}{sin\beta_1} = \frac{5.831}{sin43.615} = 8.453\frac{m}{s}$$

$$\frac{\omega_2}{sin20.471} = \frac{15.249}{\sin(120 - 20.471)} => \omega_2 = 5.408\frac{m}{s}$$

$$h_p = \frac{(u_2^2 - u_1^2) - (\omega_2^2 - \omega_1^2)}{2g}$$

$$= \frac{(15.249^2 - 6.12^2) - (5.408^2 - 8.453^2)}{19.62}$$

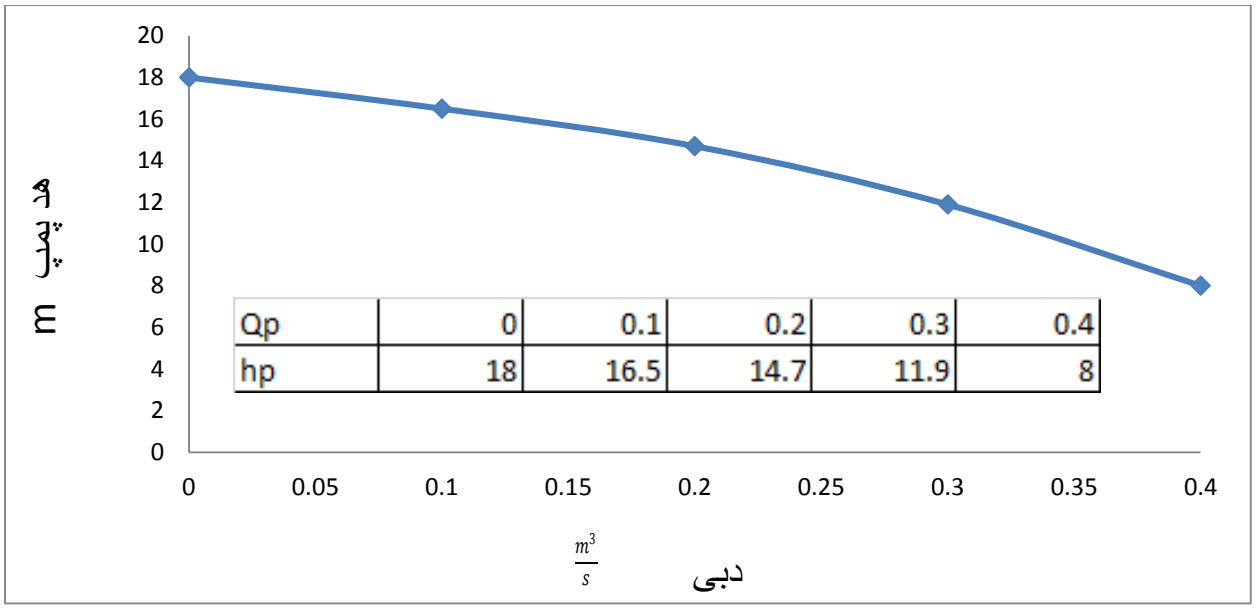
$$h_p = 12.094\ \text{m}$$

$$h_p = \frac{p}{\gamma} => p = \gamma h_p = 9810 \times 12.094 = 118642\frac{N}{m^2}$$

$$P = 118.642\frac{kN}{m^2} = \text{kpa}$$

نمونه سوالات فصل هشتم :

۱- داده های هد -دبی و منحنی مربوط به یک پمپ در شکل زیرنشان داده شده است. با فرض آنکه دامنه بهره برداری پمپ بین ۰,۱ تا ۰,۳ متر معکب در ثانیه باشد ضرایب a,b,c را در رابطه منحنی مشخصه پمپ که به صورت کلی $H_P = aQ^2 + bnQ + cn^2$ نوشته می شود برای این پمپ بدست آورید.



حل مسئله(۱):

معادلات هیزن ویلیامز در لوله ها:

$$V = 0.3545\ C_{HV} D^{0.63} S^{0.54}$$

$$Q = 0.2784\ C_{HW} D^{2.63} S^{0.54}$$

$$h_f = \frac{10.68\ LQ^{1.852}}{C_{HW}^{1.852} D^{4.87}}$$

ثابت مقاومت لوله(pipe resistance constant) $R^* = \frac{10.68\ L}{C_{HW}^{1.852} D^{4.87}}$

v = سرعت متوسط جریان($\frac{m}{s}$)

S = شیب خط انرژی ($S=\frac{h_f}{l}$)

Q = دبی ($\frac{m^3}{s}$)

L = طول لوله(m)

D = قطر لوله (m)

C_{HW} = ضریب هیزن- ویلیامز

فرمول هیزن ویلیامز در کانالهای روباز :

$$V = 0.849\ C_{HW} R_H^{0.63} S^{0.54}$$

R_H :شعاع هیدرولی($R_H=\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{p}}$) برحسب متر

برای لوله های دایره ای: $V=\frac{4Q}{\pi D^2}$ و $R_{\mathrm{H}}=\frac{\mathrm{D}}{4}$

n ثابت فرض میشود: (اگر n =1450 rpm باشد)

$$\begin{cases} \mathrm{a}=\acute{\mathrm{a}} \\ \mathrm{b}=\mathrm{b}\acute{/}\mathrm{n} \\ \mathrm{c}=\mathrm{c}\acute{/}\mathrm{n} \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} \mathrm{a}=-50 \\ \mathrm{b}=-0.00207 \\ \mathrm{c}=-0.0000082 \end{cases}$$

$$\mathrm{h_p}=\mathrm{aQ^2}+\mathrm{bnQ}+\mathrm{cn^2}$$

$$\mathrm{h_p}=\acute{\mathrm{a}}\mathrm{Q^2}+\acute{\mathrm{b}}\mathrm{Q}+\acute{\mathrm{C}}$$

سه معادله سه مجهول:

$$\begin{cases} 16.5=\acute{\mathrm{a}}\times 0.1^2+\acute{\mathrm{b}}\times 0.1+\acute{\mathrm{c}} \\ 14.7=\acute{\mathrm{a}}\times 0.2^2+0.2\times\acute{\mathrm{b}}+\acute{\mathrm{c}} \\ 11.9=\acute{\mathrm{a}}\times 0.3^2+0.3\times\acute{\mathrm{b}}+\acute{\mathrm{c}} \end{cases}$$

$$\begin{array}{ll} \text{-2} & 16.5=0.01\acute{\mathrm{a}}+0.1\acute{\mathrm{b}}+\acute{\mathrm{c}} \\ & 14.7=0.04\acute{\mathrm{a}}+0.2\acute{\mathrm{b}}+\acute{\mathrm{c}} \\ \text{-2/3} & 11.9=0.09\acute{\mathrm{a}}+0.3\acute{\mathrm{b}}+\acute{\mathrm{c}} \end{array}$$

$$\begin{cases} -33=-0.02\acute{\mathrm{a}}-0.2\acute{\mathrm{b}}-2\acute{\mathrm{c}} \\ 14.7=0.04\acute{\mathrm{a}}+0.2\acute{\mathrm{b}}+\acute{\mathrm{c}} \\ -7.933=-0.06\acute{\mathrm{a}}-0.2\acute{\mathrm{b}}-(^2/_3)\acute{\mathrm{c}} \end{cases}$$

$$\left\{\begin{array}{l} -18.3=0.02\acute{\mathrm{a}}-\acute{\mathrm{c}} \\ 6.767=-0.02\acute{\mathrm{a}}+{}^1/_3\,\acute{\mathrm{c}} \end{array}\right\} \Longrightarrow +11.533=+\frac{2}{3}\acute{\mathrm{c}}$$

$\acute{c} = 17.300 \longrightarrow \acute{a} = -50.000 \longrightarrow \acute{b} = -3.000$

$h_p = -50Q^2 - 3Q + 17.30$

یا $h_p = -50Q^2 - 0{,}00207nQ + 0.0000082n^2$

Q_p	h_p
0.1	16.5
0.2	14.7
0.3	11.9

1

۲- پمپی آب را از یک چاهک با رقوم سطح آب Elev.=100.00m به یک مخزن مرتفع با رقوم سطح آب Elev.=110.00m پمپاژ می کند. طول لوله مسیر پمپاژ ۲۰۰متر، قطر آن ۳۰۰میلیمتر و e=0.26mm است. با به کار بردن دادهای پمپ مثال قبل وبا قرار دادن $\vartheta = 1\ \frac{mm^2}{s}$ برای آب،دبی پمپاژ را تعیین کنید.از رابطه سوامی-جاین که به صورت زیر نوشته می شود برای تعیین f در فرمول دارسی-ویسباخ استفاده نمایید.

رابطه سوامی-جاین

$$f = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{e}{3.7D} + \frac{5.74}{R_e{}^{0.9}}\right)\right]^2}$$

نکته : میزان خطای رابطه فوق در محدوده $5000 \leq R_e \leq 10^8$ و $10^{-6} \leq \frac{e}{D} \leq 10^{-2}$ درصد $\pm 1{,}$ می باشد.

حل مسئله(۲):

L=200m طول مسیر پمپاژ

D=300mm=0.3m

e =0.26mm زبری جدار لوله

$$v = 1\frac{mm^2}{s} \times \frac{1m^2}{(1000 \times 1000)mm^2} = 1 \times 10^{-6}\frac{m^2}{s}$$

Q_p =?

$H_{TS} = 110 - 100 = 10m$ ستون کلی استاتیکی(ارتفاع هندسی پمپاژ)

$$f = \frac{0.25}{\left[\log(\frac{e}{3.7D} + \frac{5.74}{R_e{}^{0.9}})\right]^2}$$

$$R_e = \frac{VD}{\vartheta} = \frac{Q4D}{\pi D^2 \vartheta} = \frac{4Q}{\pi D \vartheta}$$

(۱) تعیین افت هد در مسیر پمپاژ بافرض f=0.02 (فرض اولیه)

$$h_f = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5} Q_P{}^2 = \frac{8 \times 0.02 \times 200}{9.81\pi^2 \times 0.3^5} Q_p{}^2 = 136.011 Q_P{}^2$$

(۲) تعیین رابطه هر سیستم، h_{yss} :

$$H_{SYS} = H_{TS} + h_f = 10 + 136.011 Q_P{}^2$$

(۳) تعیین رابطه h_p به عنوان تابعی از Q_p : با فرض دامنه بهره برداری ۰,۱ تا ۰,۳ مترمعکب برثانیه.برای پمپ از مثال ۱:

$$H_p = 17.30 - 3Q_P - 50Q_P{}^2$$

(۴) تعیین نقطه بهر برداری: در نقطه بهره برداری $h_p = h_{sys}$

$$17.30 - 3Q_P - 50Q_P{}^2 = 10 + 136.011Q_P{}^2$$

$$186.011{Q_P}^2 + 3Q_P - 7.3 = 0 \quad \rightarrow Q_P = 0.1902\ \frac{m^3}{s}$$

این مقدار Q_P در محدوده فرض شده بهره برداری پمپ قرار دارد.

تکرار محاسبات :

	R_e	f	h_f	h_{TS}	$h_{sys} = h_{TS} + h_f \quad (m)$	$h_p \quad (m)$	$Q_P \quad (\frac{m^3}{s})$
تکراراول	-	0.02	$136.011Q^2$	10	$10+136.011Q^2$	$17.3-3Q_P+50{Q_P}^2$	0.1902
تکراردوم	807233.87	0.01949	$132.521Q^2$	10	$10+132.521Q^2$	$17.3-3Q_P+50{Q_P}^2$	0.1919
تکرارسوم	814448.90	0.01948	$132.494Q^2$	10	$10+132.494Q^2$	$17.3-3Q_P+50{Q_P}^2$	0.1920
تکرارچهارم	814873.31	0.01948	$132.492Q^2$	10	$10+132.492Q^2$	$17.3-3Q_P+50{Q_P}^2$	0.1920

$$R_e = \frac{VD}{\vartheta} = \frac{Q4D}{\pi D^2 \vartheta} = \frac{4Q}{\pi D \vartheta}$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log(\frac{e}{3.7D} + \frac{5.74}{{R_e}^{0.9}})\right]^2}$$

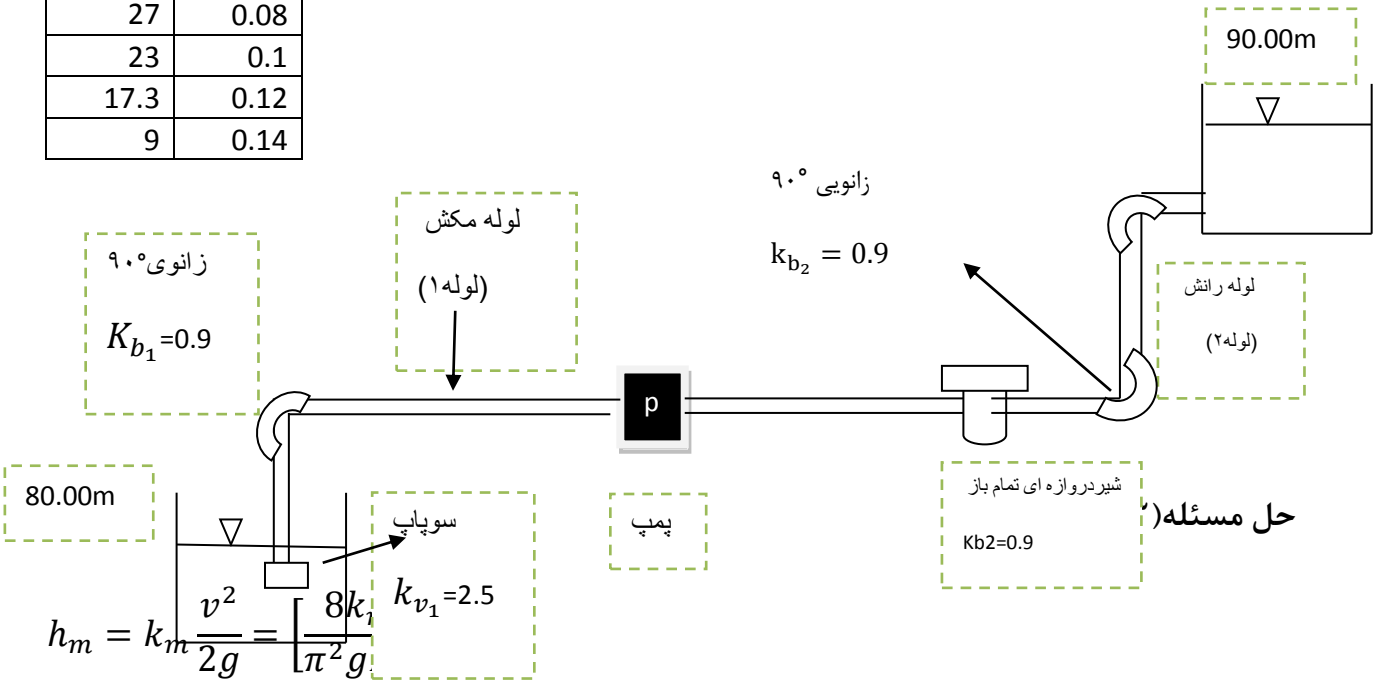
$$h_f = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5} Q^2$$

۳- یک پمپ آب را از مخزن پایین تر(Elev.=80.00m)به یک مخزن مرتفع (Elev.=90.00m) همانند شکل زیر پمپاژ می کند. طول لوله مکش ۳۰متر، قطر آن ۳۰۰ میلیمتر و طول لوله رانش ۱۵۰ متر وقطر آن ۲۵۰میلیمتر است. هردو لوله ازجنس چدن نشکن با e=0.26mm هستند.در طول لوله پمپاژ متعلقاتی نصب شده که مقادیر k آنها در شکل نشان داده شده است. داده های هد- دبی درجدول زیر داده شده است. منحنی

هد-دبی را رسم کنید و از روی آن دبی و هد حالت ماندگار را مشخص کنید. از رابطه سوامی- جاین برای تعیین f استفاده کنید. برای آب $\vartheta = 1.3 \frac{mm^2}{s}$ فرض شود.

جدول۱-داده های هد-دبی پمپ

هد (m)	دبی($\frac{m^3}{s}$)
30.8	0
30.9	0.02
30.8	0.04
29	0.06
27	0.08
23	0.1
17.3	0.12
9	0.14



حل مسئله(

$$h_m = k_m \frac{v^2}{2g} = \left[\frac{8k_1}{\pi^2 g}\right.$$

(۱)تعیین رابطه ی هد سیستم

الف)ستون کل استاتیکی = ارتفاع هندسی پمپاژ

$$H_{ST} = 90 - 80 = 10m$$

ب)افت هدهای اصطکاکی

$$h_f = \left[\frac{8l_1}{g\pi^2 D_1^5} f_1 + \frac{8l_2}{g\pi^2 D_2^5} f_2\right] Q^2$$

$$h_f = \left[\frac{8\times30}{9.81\times\pi^2\times(0.3)^5} f_1 + \frac{8\times150}{9.81\times\pi^2\times(0.25)^5} f_2\right] Q^2 =$$

$=\gg (1020.085\, f_1 + 12691.485 f_2)Q^2$

ج) افت هدهای فرعی برابرند با:

$$h_m = h_{v_1} + h_{b_1} + h_{v_2} + 2h_{b_2} + h_{ex}$$

$$h_m = \left[\frac{8}{g\pi^2 D_1^4}(k_{v_1} + k_{b_1}) + \frac{8}{g\pi^2 D_2^4}\,(k_{v_2} + 2k_{b_2} + k_{ex})\right] Q^2$$

$$h_m = \left[\frac{8}{9.81 \times \pi^2 \times (0.3)^4}(2.5 + 0.9) + \frac{8}{9.81 \times \pi^2 \times (0.25)^4}\,(0.19 + 2 \times 0.9 + 1)\right] Q^2 = 97.93 Q^2$$

بنابراین رابطه هد سیستم به صورت زیر بدست می آید:

$$h_{sys} = 10 + (1020.085 F_1 + 12691.485 F_2 + 97.93) Q^2$$

(۲)تعیین هد سیستم به ازای مقادیر مختلف دبی:

خلاصه محاسبات در جدول صفحه ی زیر آمده است

R_{e_2}	R_{e_1}	h_{sys}(m)	h_l(m)	$\sum h_m$(m)	$\sum h_f$(m)	F_2	F_1	$Q(m^3/s)$
		10	0	0	0			0
								0.02
								0.04
								0.06
								0.08
								0.1
								0.12
								0.13
								0.14

معادله ی منحنی پمپ اگر داده می شد می توانستیم به راحتی با سعی وخطا جواب را بدست آوریم ولی اکنون باید از نمودار استفاد کنیم .

$$h_{sys} = h_p$$

$$R_e = \frac{4Q}{\pi DV}$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log(\frac{e}{3.7D} + \frac{5.74}{R_e{}^{0.9}})\right]^2}$$

(۳) منحنی های هد-دبی پمپ وهد-دبی سیستم در صفحه ی ضمیمه رسم شده اند.

(۴)با توجه به محل تلاقی منحنی های فوق که نقطه ی بهره برداری پمپ است مختصات نقطه ی کار پمپ بدست می آید

$h_p = 15.9m$ $\qquad$ $Q = 0.124\frac{m^3}{s}$

Sikma km_1	3.4	
Sikma km_2	2.99	
H_{ts}	10.00	m

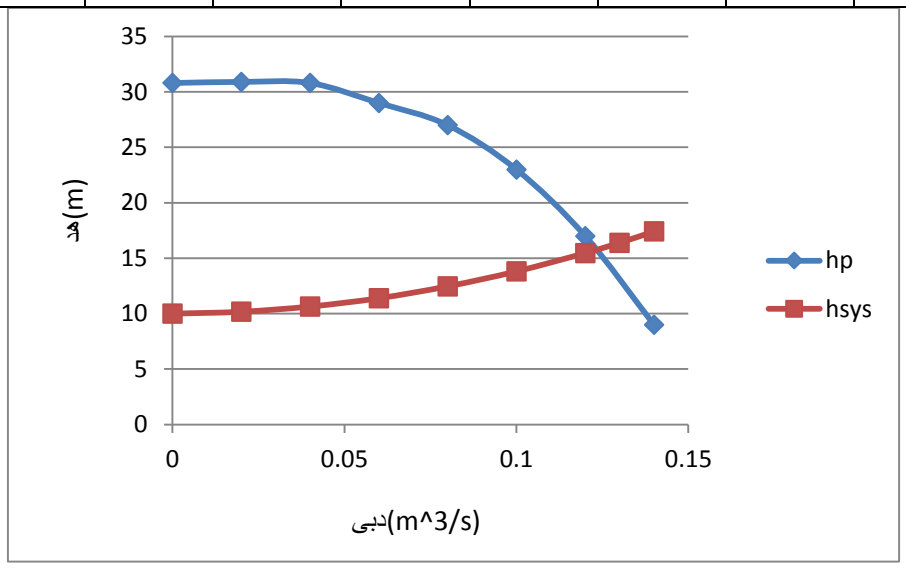
$L_1 =$	30	m
$L_2 =$	150	m
e =	0.00026	m

مشخصات پمپ

Hp	Q
m	m^3/s
30.8	0
30.9	0.02
30.8	0.04
29	0.06
27	0.08
23	0.1
17	0.12
9	0.14

مشخصات سیستم

h_{sys}	h_l	h_m	h_f	f_2	f_1	Re_2	Re_1	Q
m	m	m	m	-	-	-	-	m^3/s
10	0	0	0	0	0	0	0	0
10.17	0.17	0.04	0.13	0.02303	0.02295	78353	65294	0.02
10.64	0.64	0.16	0.48	0.02168	0.02133	156706	130589	0.04
11.39	1.39	0.35	1.04	0.02116	0.02068	235060	195883	0.06
12.46	2.46	0.63	1.83	0.02087	0.02032	313413	261177	0.08
13.81	3.81	0.98	2.83	0.02069	0.02009	391766	326472	0.1
15.46	5.46	1.41	4.05	0.02057	0.01993	470119	391766	0.12
16.39	6.39	1.65	4.74	0.02052	0.01987	509296	424413	0.13
17.41	7.41	1.92	5.49	0.02047	0.01981	548472	457060	0.14



۴- مطابق شکل زیر پمپی آب را از مخزن پایین (Elev.=90.00m) به مخزن بالا (Elev.=100.00m) ونقطه آزاد۳ (تخلیه آزاد) پمپاژ می کند. مقادیرطول، قطر و ضریب هیزن ویلیامز C_{HW} لوله ها به ترتیب عبارتند از:

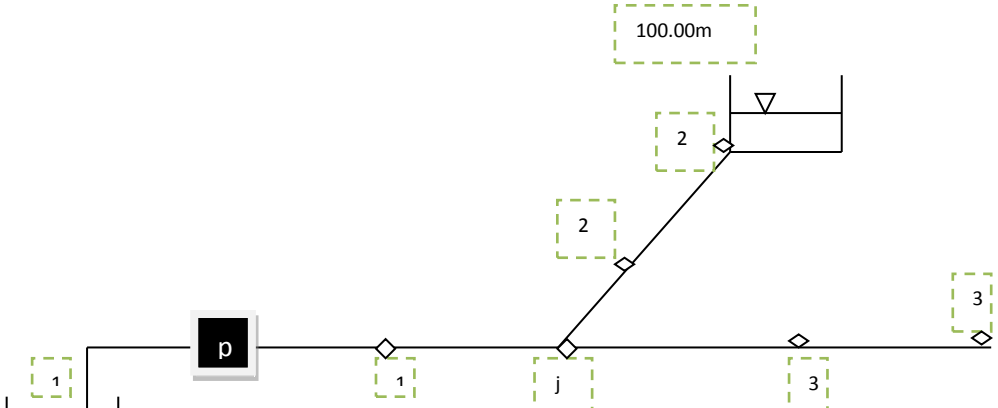
۱- 100،300mm،300m

۲-۱۳۰،200mm،150m

۳-۱۰۰،300mm،200m

دبی لوله های۱و۲ ومقادیر هد کل درنقاط j و۳ را درحالتی که دبی خروجی نقطه۳مساوی:

(۱) 0.1m^3/s و(۲)0.4m^3/s باشد بدست آورید. منحنی مشخصه پمپ همانند مسئله یک است.



حل مسئله (۴):

(۱)محاسبه ثابت مقاومت لوله ها: R_1، R_2، R_3 :با استفاده از فرمول افت هیزن-ویلیامز مقادیر R لوله ها محاسبه می شوند:

$$h_{\mathrm{f}} = \frac{10.68L}{{\mathrm{C_{HW}}}^{1.87}\mathrm{D}^{4.87}}\mathrm{Q}^{1.852} = R^{*}\mathrm{Q}^{1.852}$$

$$R^{*} = \frac{10.68L}{{\mathrm{C_{HW}}}^{1.87}\mathrm{D}^{4.87}} \quad \rightarrow \begin{cases} R_1 = 222.901 \\ R_2 = 493.882 \\ R_3 = 148.601 \end{cases}$$

(۲) حالت اول، خروجی درنقطه 3 مساوی 0.1m3/s باشد:

با فرض $H_{\mathrm{j}} = 100\ \mathrm{m}$ آنگاه $Q_2 = 0$ و $Q_1 = 0.1\ \ {m^3}/{s}$ با استفاده از رابطه هد-دبی پمپ که در مسئله اول بدست آمد:

$$\mathrm{h_p} = 17.3 - 3\mathrm{Q_p} - 50{\mathrm{Q_p}}^2$$

$$H_{\mathrm{j}} = 90 + [17.3 - 3 \times 0.1 - 50 \times 0.1^2] - 222.901 \times 0.1^{1.852}$$
$$= 103.366\mathrm{m} > 100m$$

بنابراین جهت جریان در لوله۲ از گره*j* به سمت مخزن شماره۲ است.

اگر Q_1 دبی لوله۱ باشد آنگاه $Q_2 = Q_1 - 0.1$ و $Q_3 = 0.1\frac{m^3}{s}$. در مسیر *1-j-2* داریم:

$$90 + \left[17.3 - 3 \times Q_1 - 50 \times {Q_1}^2\right] - 222.901 \times {Q_1}^{1.852} - 493.882$$
$$\times (Q_1 - 0.1)^{1.452} = 100$$

باحل معادله فوق به روش سعی وخطا:

$Q_1 = 0.1316\frac{m^3}{s}$ بنابراین: $Q_2 = 0.1316\frac{m^3}{s}$ (از j به۲)،

$$H_j = 100.830m$$

$$H_3 = H_J - R_3 Q_3{}^{1.852} = 100.830 - 148.601 \times 0.1^{1.852} = 98.741\text{m}$$

(۳) حالت دوم:خروجی در نقطه ۳ مساوی $0.4\frac{m^3}{s}$ باشد:

بافرض $H_j = 100m$ آنگاه $Q_2 = 0$، $Q_1 = 0.4\frac{m^3}{s}$.

$$h_j = 90 + [17.3 - 3 \times 0.4 - 50 \times 0.4^2] - 222.901 \times 0.4^{1.852}$$
$$= 57.256\text{m} < 100m$$

بنابراین جهت جریان از لوله۲ از مخزن۲ به سمت گرهj است.

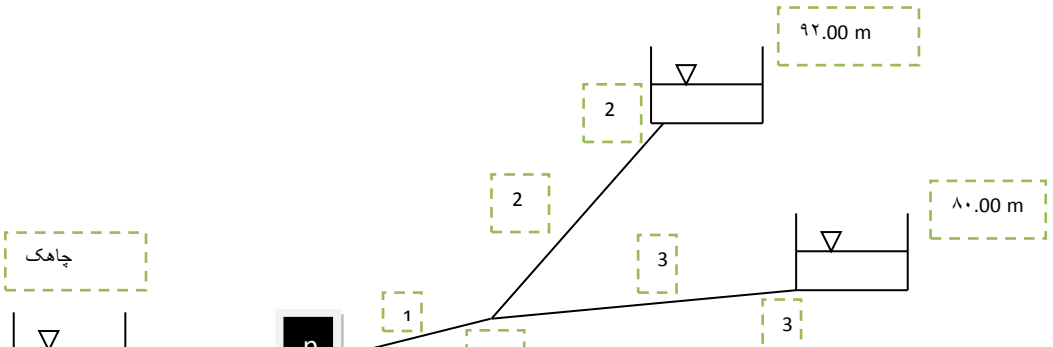
اگر Q_1 دبی لوله۱ باشدآنگاه $Q_2 = 0.4 - Q_1$ و $Q_3 = 0.4\frac{m^3}{s}$ در مسیر *1-j-2* داریم:

$$90 + [17.3 - 3 \times Q_1 - 50Q_1{}^2] - 222.901 \times Q_1{}^{1.852} - 493.882$$
$$\times (0.4 - Q_1)^{1.852} = 100$$

باحل معادله فوق به روش سعی وخطا:

$$Q_1 = 0.2531\frac{m^3}{s} \rightarrow \quad Q_2 = 0.4 - Q_1 = 0.1469\frac{m^3}{s} \qquad Q_3 = 0.4\frac{m^3}{s}$$
$$H_j = 90 + [17.3 - 3 \times 0.2531 - 50 \times 0.2531^2] - 222.901$$
$$\times 0.2531^{1.852} = 85.839\text{m}$$
$$H_3 = H_J - R_3 Q_3{}^{1.852} = 85.839 - 148.601 \times 0.4^{1.852} = 58.610\text{m}$$

۵- در سیستم شکل زیر،پمپی با منحنی مشخصه همانند مسئله یک، آب را از چاهکی به دو مخزن یکی با Elev.=92.00m و دیگری با Elev.=80.00m پمپاژ می کند.اگر مقادریر طول،قطر و C_{HW} لوله ها همانند مسئله چهار باشد،دبی هرلوله و HGLدر نقطه J در حالتی که رقوم سطح آب در چاهک مساوی *(۱)* 80.00m و 98.00m باشد را بدست آورید.



حل مسئله(۵):

(۱) محاسبه ثابت مقاومت لوله ها، R_1، R_2 ، R_3 :از مسئله قبل داریم:

$$\Rightarrow \begin{cases} R_1 = 222.901 \\ R_2 = 493.882 \\ R_1 = 148.601 \end{cases}$$

(۲) حالت اول: *Elev.* درچاهک مساوی *80.00m* باشد:

اگر فرض شود $H_J = H_2 = 92.00\text{m}$ باشد آنگاه $Q_2 = 0$ بنابراین برای لوله ۱:

$$80 + \left[17.3 - 3 \times Q_1 - 50{Q_1}^2\right] - 222.901 \times {Q_1}^{1.852} = 92.00$$

با سعی وخطا ⟵ $\mathrm{Q_1} = 0.1179 \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{s}}$

به طور مشابه برای لوله۳ داریم:

$$92 - 148.601{Q_3}^{1.852} = 80 \qquad \rightarrow Q_3 = 0.2570 \frac{m^3}{s}$$

چون $Q_1 < Q_3$ بنابراین نتیجه گرفته می شودکه باید $H_J < 92.00m$ باشد به طوری که $Q_1 + Q_2 = Q_3$ حال با قرار دادن $Q_1 = Q$، $Q_2 = mQ$، $Q_3 = (1+m)Q$ ، در مسیر *1-J-3* داریم:

$$80 + [17.3 - 3Q - 50Q^2] - 222.901Q^{1.852} - 148.601[(1+\mathrm{m})\mathrm{Q}]^{1.852} = 80.00 \qquad \text{(الف)}$$

یا به طور مشابه برای مسیر*2-J-3* داریم:

$$92 - 493.882(mQ)^{1.852} - 148.601[(1+\mathrm{m})Q]^{1.852} = 80\ .00$$

از حل دستگاه دو معادله دو مجهول غیرخطی فوق مقادیر Q، m بدست می آیند:

برای حل دستگاه فوق به ترتیب زیر عمل می کنیم(البته دو روش برای حل دستگاه فوق داریم):

۱-استفاده از روش تبدیلی وجایگذاری

۲-با استفاده از روش سعی وخطا،روش نیوتن رافسون و تشکیل ماتریس ژاکوبین

۱)ابتدا با استفاده از روش تبدیل و جایگذاری با استفاده از معادله (ب):

$$12 = 493.882(mQ)^{1.852} - 148.601[(1+\mathrm{m})Q]^{1.852} \qquad *$$

$$\Longrightarrow \qquad Q = \left[\frac{12}{493.882(m)^{1.852}148.601(1+\mathrm{m})^{1.852}}\right]^{\frac{1}{1.852}}$$

حال Q را در رابطه الف قرار می دهیم :

$$17.3 - 3\times\left[\frac{12}{493.882(m)^{1.852}+148.601(1+\mathrm{m})^{1.852}}\right]^{\frac{1}{1.852}} - 50\left[\frac{12}{493.882(m)^{1.852}+148.601(1+\mathrm{m})^{1.852}}\right]^{\frac{2}{1.852}} - 222.901 \times\left[\frac{12}{493.882(m)^{1.852}+148.601(1+\mathrm{m})^{1.852}}\right] - 148.601\left[(1+m)^{1.852} \times\left[\frac{12}{493.882(m)^{1.852}+148.601(1+\mathrm{m})^{1.852}}\right]\right] = 0$$

از حل معادله فوق: با ماشین حساب۴۸۰۰جا نمی شود با استفاده از صفحه گسترده Excel حل می شود M=0.4290

با بدست آمدن $Q، m$ از رابطه * بدست می آید:

$$Q_1 = Q = 0.1525\frac{m^3}{s}، Q_2 = 0.0654\frac{m^3}{s}، Q_3 = 0.2179\frac{m^3}{s}$$

$$92 - 493.882{Q_2}^{1.852} = H_J \qquad \rightarrow H_J = 88.84m$$

۲-با استفاده از روش نیوتن رافسون به کمک ماتریس ژاکوبین

$$\begin{cases} F_1 = F_1(\mathrm{m}, \mathrm{Q}) \\ F_2 = F_2(\mathrm{m}, \mathrm{Q}) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial m} & \frac{\partial F_1}{\partial Q} \\ \frac{\partial F_2}{\partial m} & \frac{\partial F_2}{\partial Q} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta m \\ \Delta Q \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} F_1(\mathrm{m}, \mathrm{Q}) \\ F_2(\mathrm{m}, \mathrm{Q}) \end{bmatrix}$$

$$F_1(\mathrm{m}, \mathrm{Q}) = 493.882(mQ)^{1.852} + 148.601[(1 + \mathrm{m})Q]^{1.852} - 12 = 0$$

$$F_2(\mathrm{m}, \mathrm{Q}) = 50\mathrm{Q}^2 + 222.901\mathrm{Q}^{1.852} + 148.601[(1 + \mathrm{m})Q]^{1.852} + 3\mathrm{Q} - 17.3 = 0$$

$$\frac{\partial F_1}{\partial m} =$$

خیلی سنگین می شود.

(۳) حالت دوم، .Elev در چاهک مساوی 98.00m باشد.

با تعقیب روش حالت اول،خواهیم داشت :

اگر فرض شود $H_J = H_2 = 92.00m$ باشد،آنگاه $Q_2 = 0$ بنابراین برای لوله۱:

$$98 + \left[17.3 - 3Q_1 - 50{Q_1}^2\right] - 222.901{Q_1}^{1.852} = 92.00$$

با سعی وخطا:

$$Q_1 =$$

و به طور مشابه برای لوله۳ داریم:

$$92 - 148.601{Q_3}^{1.852} = 80 \qquad \rightarrow Q_3 = 0.2570\frac{m^3}{s}$$

چون $Q_1 > Q_3$ بنابراین نتیجه گرفته می شودکه باید $H_J > 92.00m$ باشد به طوری که $Q_1 = Q_2 + Q_3$. حال با قرار دادن $Q_1 = Q$، $Q_2 = mQ$ ، $Q_3 = (1 - m)Q$ در مسیرهای 2-j-1، 3-j-1،دو معادله به دست می آیند که از حل آنها داریم:

(الف)-در مسیر 2-j-1

$$98 + [17.3 - 3Q - 50Q^2] - 222.901Q^{1.852} - 493.882[(\mathrm{m})\mathrm{Q}]^{1.852} = 92$$

(ب)-درمسیر 3-j-1

$$98 + [17.3 - 3Q - 50Q^2] - 222.901Q^{1.852} - 148.601[(1 - \mathrm{m})\mathrm{Q}]^{1.852} = 80$$

از معادله الف

$$23.3 - 3Q - 50Q^2 - 222.901Q^{1.852} = 493.882[(\mathrm{m})\mathrm{Q}]^{1.852}$$

$$\rightarrow \quad mQ = \left[\frac{(23.3 - 3Q - 50Q^2 - 222.901Q^{1.852})}{493.882}\right]^{\frac{1}{1.852}}$$

حال به جای MQ در رابطه (ب) قرار می دهیم:

$$35.3 - 3Q - 50Q^2 - 222.901Q^{1.852} - 148.601\left(Q - \left[\frac{(23.3 - 3Q - 50Q^2 - 222.901Q^{1.852})}{493.882}\right]^{\frac{1}{1.852}}\right)^{1.852} = 0$$

باحل معادله فوق:

$$m = 0.0257 \text{ ،} Q = 0.2643 \ \frac{m^3}{s}$$

بنابراین $Q_1 = 0.2643 \ \frac{m^3}{s}$ ، $Q_2 = 0.0068 \ \frac{m^3}{s}$ ، $Q_3 = 0.2575 \ \frac{m^3}{s}$ ،

$$H_J = 92 + 493.882{Q_2}^{1.852} \qquad \rightarrow H_J = 92.05m$$

۶- در یک پمپ سانتریفوژ با مشخصات $r_1 = r_{2/3} = 50\ \mathrm{mm},\ b_1 = 2b_2 = 25\mathrm{mm}$, $\beta_1 = \beta_2$, $\propto_1 = 90^\circ$, هد تئوری در نقطه بهترین بازده برابر با 30m و دبی برابر با $30^{\mathrm{Lit}}/_{\mathrm{S}}$ می باشد. مطلوبست محاسبه زوایای β_1 و β_2 و سرعت دورانی پروانه پمپ.

راهنمایی: از ضخامت تیغه ها صرفنظر کرده و فرض کنید که جریان به خوبی هدایت می شود.

حل مسئله(۶):

$r_1 = 50mm = 0.05m$ Q=$V_{r_1} S_{r_1} = V_{r_2} S_{r_2}$ رابطه پیوستگی

$r_2 = 150mm = 0.15m$

$b_1 = 25mm = 0.025m$ Q=$V_1 \sin \propto_1 2\pi r_1 b_1 = V_2 \sin \propto_2 2\pi r_2 b_2$

$b_2 = 12.5mm = 0.012m$

$H_e = 30m$ $0.03 = V_1 \sin \propto_1 (2\pi \times 0.05 \times 0.025)$

Q=$30^{Lit}/_{S} = 0.030^{m^3}/_{S}$ $= V_2 \sin \propto_2 (2\pi \times 0.15 \times 0.0125)$

$\propto_1 = 90$,$\beta_1 = \beta_2 = ?$, n=?

$$\longrightarrow \boxed{\begin{aligned} V_1 \sin \propto_1 &= 3.820 \\ V_2 \sin \propto_2 &= 2.546 \end{aligned}}$$

$\propto = 90^\circ$

(I) $\boxed{V_1 = 3.820\, {}^{m^3}/_{S}}$

رابطه اولر: $H_e = \frac{V_{u_2} u_2 - V_{u_1} u_1}{g} \longrightarrow H_e = \frac{U_2 V_2 \cos \propto_2 - U_1 V_1 \cos \propto_1}{g}$

$30 = \frac{U_2 V_2 \cos \propto_2 - U_1 V_1 \cos \propto_1}{9.81}$

$U_2 V_2 \cos \propto_2 - U_1 V_1 \cos \propto_1 = 294.300$ (II)

$U_1 = r_1 w = r_1 . \frac{2\pi n}{60}$ $U_2 = r_2 w = r_2 . \frac{2\pi n}{60}$

رابطه سینوس ها برای مثلث های سرعت ورودی و خروجی :

$$\begin{cases} \frac{V_1}{\sin \beta_1} = \frac{W_1}{\sin \alpha_1} = \frac{U_1}{\sin(180 - (\alpha_1 + \beta_1))} = \frac{U_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} \\ \frac{V_2}{\sin \beta_2} = \frac{W_2}{\sin \alpha_2} = \frac{U_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \frac{V_1}{\sin\beta_1} = \frac{W_1}{\sin\alpha_1} = \frac{u_1}{\sin\propto_1\cos\propto_1+\cos\propto_1\sin\beta_1} \\ \frac{V_2}{\sin\beta_1} = \frac{W_2}{\sin\alpha_2} = \frac{u_2}{\sin\propto_2\cos\propto_1+\cos\propto_2\sin\beta_1} \end{cases} \quad \beta_1 = \beta_2$$

$$\rightarrow \begin{cases} V_1 \sin\propto_1 \cos\beta_1 + V_1\cos\propto_1 \sin\beta_1 = U_1\sin\beta_1 \\ V_2 \sin\propto_2 \cos\beta_1 + V_2\cos\propto_2 \sin\beta_1 = U_2\sin\beta_1 \end{cases}$$

$$\begin{matrix} u_1 \times \\ u_2 \times \end{matrix} \begin{cases} 3.82\cot\beta_1 + V_1\cos\alpha_1 = U_1 \\ 2.546\cot\beta_1 + V_2\cos\alpha_2 = U_2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 3.82\cot\beta_1 u_1 + V_1u_1\cos\alpha_1 = u_1^2 \\ 2.546u_2\cot\beta_1 + V_2u_2\cos\alpha_2 = u_2^2 \end{cases}$$

$$\rightarrow V_2u_2\cos\alpha_2 - V_1u_1\cos\alpha_1 + 2.546u_2\cot\beta_1 - 3.82\cot\beta_1u_1 = u_2^2 - u_1^2$$

$$\rightarrow 294.3+\cot\beta_1(2.546u_2 - 3.820u_1) = u_2^2 - u_1^2$$

$$\rightarrow 294.3+\cot\beta_1(2.546 \times \frac{2\pi n}{60} r_2 - 3.82 \times \frac{2\pi n}{60} r_1) = (\frac{2\pi n}{60} r_2)^2 - (\frac{2\pi n}{60} r_1)^2$$

$$\rightarrow 294.3+\cot\beta_1 \times n\left(\frac{2.546\times2\pi\times0.15}{60} - \frac{3.82\times2\pi\times0.05}{60}\right) = n^2\left(\frac{2\pi}{60}\right)^2(0.15^2 - 0.05^2)$$

$$\rightarrow 294.3+n\cot\beta_1 \times 0.01999 = 0.00022n^2$$

$$\rightarrow 0.00022n^2 - 0.01999n\cot\beta_1 - 294.3 = 0 \qquad (ш)$$

از طرفی داشتیم:

$$\begin{cases} \frac{V_1}{\sin\beta_1} = \frac{u_1}{\sin(\alpha_1+\beta_1)} = \frac{2\pi n r_1}{60(\sin\propto_1\cos\beta_1+\cos\propto_1\sin\beta_1)} \\ \propto_1 = 90^\circ \ , V_1 = 3.820\ {}^m/_s \ , r_1 = 0.05m \end{cases}$$

$$\frac{V_1}{\sin\beta_1}=\frac{2\pi n r_1}{60\cos\beta_1}\longrightarrow \cot\beta_1=\frac{2\pi}{60}\times\frac{0.05}{3.820}n\longrightarrow \boxed{\cot\beta_1=0.00137n\ \ (IV)}$$

حال رابطه ی (IV) را در رابطه (III) قرار می دهیم:

$$\longrightarrow 0.00022n^2-0.01999n\times 0.00137n-294.3=0$$

$$0.00022n^2-0.00003n^2-294.3=0$$

$$\longrightarrow 0.00019n^2=294.3\longrightarrow \boxed{n=1244.6\ \text{rpm}}$$

$$\rightarrow \cot\beta_1=0.00137\times n=0.00137\times 1244.6=1.705\longrightarrow \boxed{\beta_1=\beta_2=30.39^\circ}$$

۷- اعداد پروانه یک پمپ سانتریفوژ عبارتست از : $b_1=50mm$, $r_1=75mm$, $\beta_1=\beta_2=30^\circ$, $r_2=160mm$, $b_2=30mm$ برای دبی $55^{lit}/_{s}$ و در هنگامی که جریان بدون شوک وارد تیغه ها می شود. محاسبه کنید:

الف)سرعت دورانی پرواز ب)هد ج) گشتاور پ) توان مصرفی ه) ازدیاد فشار در پروانه ، از اتلافات صرفنظر کرده و $\propto_1=90^\circ$ فرض نمائید.

حل مسئله(۷):

$$H_e=\frac{U_2V_2\cos\propto_2-U_1V_1\cos\propto_1}{g}$$

$s_r=2\pi krb\longrightarrow$ ضریب مربوط به سطح مقطع مفید جریان

$Q=V_{r_1}S_{r_1}=V_{r_2}S_{r_2}$ $\qquad$ $Q=V_{r_1}2\pi r_1b_1=V_{r_2}2\pi r_2b_2$

$$u_1=\frac{2\pi n}{60}r_1$$

$$V_1\sin\propto_1 2\pi r_1b_1=V_2\sin\propto_2 2\pi r_2b_2$$

$$0.055=V_2\sin\propto_2\times 2\pi\times 0.16\times 0.03=V_1\sin 90\times 2\pi\times 0.075\times 0.05$$

$$V_1 = \frac{0.055}{2\pi \times 0.075 \times 0.05} = 2.334\ {}^{m}/_{s}$$

$$\frac{V_1}{\sin\beta_2} = \frac{W_1}{\sin\alpha_2} = \frac{U_1}{\sin(180-(90+30_))}$$

$$\frac{2.334}{\sin 30} = \frac{W_1}{1} = \frac{U_1}{0.866} \qquad U_1 = 4.042\ {}^{m}/_{s} = \frac{2\pi n r_1}{60} = \frac{2\pi n 0.075}{60}$$

n=515rpm $\qquad w_1 = 4.668\ {}^{m}/_{s}$

$$U_2 = \frac{2\pi n r_2}{60} = \frac{2\pi \times 515 \times 0.16}{60} = 8.629\ {}^{m}/_{s} \qquad U_2 = 8.629\ {}^{m}/_{s}$$

$$\frac{V_2}{\sin 30} = \frac{8.629}{\sin(180-\propto_2-30)} = 1.824 \qquad V_2 = \frac{1.824}{\sin\alpha_2}$$

$$\frac{1.824}{\sin\alpha_2}\sin(150-\alpha_2) = 4.315$$

$$\frac{\sin 150\cos\alpha_2 - \cos 150\sin\alpha_2}{\sin\alpha_2} = \frac{4.315}{1.824}$$

$$0.5\cot\alpha_2 + 0.866 = 2.366 \qquad \cot\alpha_2 = 3.000$$

$$\tan\alpha_2 = \frac{1}{3} \qquad \alpha_2 = \cot^{-1}\left(\frac{1}{3}\right) \qquad \boxed{\alpha_2 = 18.435^{\circ} = 18^{\circ}\ 26'\ 6''}$$

$$V_2 = \frac{1.824}{\sin 18.435} \qquad V_2 = 5.768\ {}^{m}/_{s}$$

$$\frac{V_2}{\sin 30} = \frac{W_2}{\sin\alpha_2} \longrightarrow \frac{5.768}{\sin 30} = \frac{W_2}{\sin 18.435} \qquad \boxed{W_2 = 3.648\ {}^{m}/_{s}}$$

$$H_e = \frac{U_2 V_2 \cos\propto_2 - U_1 V_1 \cos\propto_1}{g}$$

$$H_e = \frac{8.629 \times 5.768\cos 18.435}{9.81} = 4.813\ \text{m}$$

ج)

M=PQ($V_{u_2} r_2 - V_{u_1} r_1$)

M=1000× $0.055(5.768 \times \cos 18.435 \times 0.16) = 48.154\ (N.m)$

د)

$N_o = \gamma Q H_e = 9810 \times 0.055 \times 4.813 = 2596.854$ watt

---

$$\Delta h_p = \frac{(u_2^2 - u_1^2) - (w_2^2 - w_1^2)}{2g} = \frac{(8.629^2 - 4.042^2) - (3.648^2 - 4.668^2)}{19.62} = 3.395\ m$$

نمونه سوالات فصل نهم :

۱- داده های آزمایش پمپاژ برای پمپی با قطر پروانه 0.4463m (17.57in) که با سرعت1170 rpm کار می کند در شکل زیر(نقاط a تاg)و در جدول۲ نشان داده شده است.

(۱) مختصات نقاط متناظر با نقاط a تا g را برای پمپ با قطر پروانه جدید 0.3810m (15in) (نقاط a` تا b`) تعیین کنید.

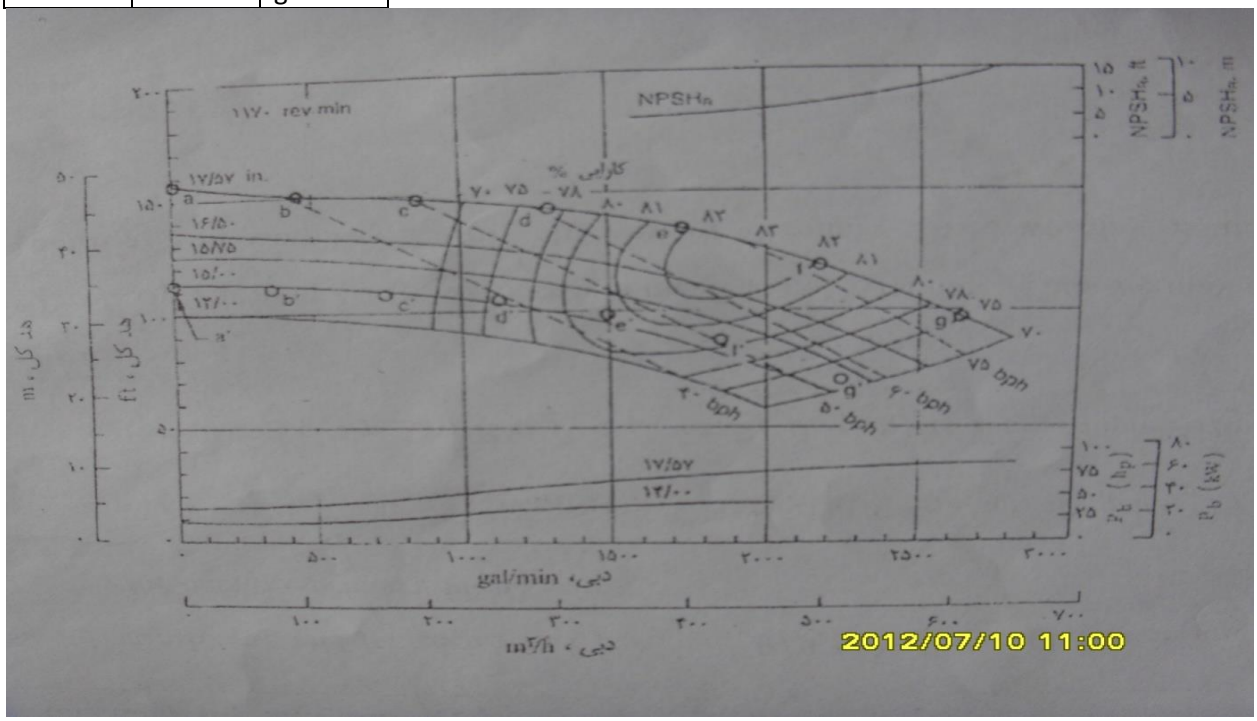
(۲) نتایج بند(۱) را با منحنی ارائه شده در شکل که مبتنی برآزمایش است مقایسه کنید.

(۳) برای آن که عملکرد پروانه جدید مساوی پروانه قبلی باشد،سرعت دوران چقدر باید افزایش یابد؟

جدول۲-داده های پمپ

نقطه	دبی (m^3/h)	هد (m)
a	0	47.6
b	100	46.3
c	200	45.3
d	300	44
e	400	41

36.5	500	f
29.8	600	g



حل مسئله(۱):

(۱)محاسبه مختصات نقاط a` تا g` :با استفاده از فرمولهای (۴) و(۵) از صفحه (۹-۲) جزوء درسی پمپ وایستگاههای پمپاژ و با ثابت درنظر گرفتن n خواهیم داشت:

$$\frac{Q_{\mathrm{I}}}{\mathrm{Q_{II}}}=\frac{(\mathrm{nD^3})_{\mathrm{I}}}{(\mathrm{nD^3})_{\mathrm{II}}}$$

$$\frac{\mathrm{H_{PI}}}{\mathrm{H_{PII}}}=\frac{(\mathrm{n^2D^2})_{\mathrm{I}}}{(\mathrm{n^2D^2})_{\mathrm{II}}}$$

$$\longrightarrow \begin{cases} Q_{II}=Q_I\frac{{D_{II}}^3}{{D_I}^3} \\ H_{PII}=H_{PI}\frac{{D_{II}}^2}{{D_I}^2} \end{cases}$$

a (0,47.6)

$$\longrightarrow \begin{cases} Q_{\mathrm{a`}}=Q_{\mathrm{a}}\left(\frac{{D_{II}}^3}{{D_I}^3}\right)=0\times(\frac{{D_{II}}^3}{{D_I}^3})=0 \\ H_{P\mathrm{a`}}=H_{P\mathrm{a}}\frac{{D_{II}}^2}{{D_I}^2}=47.6\times\left(\frac{0.3810}{0.4463}\right)^2= \end{cases}$$

و به همین ترتیب برای سایر نقاط مختصات نقاط جدید بدست می آید،نتایج محاسبات در جدول زیر:

نقطه	دبی($\frac{m^3}{h}$)	هد (m)	نقطه متناظر	دبی($\frac{m^3}{h}$)	هد(محاسبه شده) m	هد قرائت شده از گراف منحنی
a	0	47.6	a`	0	34.7	
b	100	46.3	b`	62.2	33.7	
c	200	45.3	c`	124.4	33	
d	300	44	d`	186.6	32.1	
e	400	41	e`	248.9	29.9	
f	500	36.5	f`	311.1	26.6	
g	600	29.8	g`	373.3	21.7	

(۲)-مراجعه به مرجع اصلی

(۳)-محاسبه سرعت دوران جدید برای عملکرد یکسان دوپروانه:ازکاربرد معادله۸ صفحه ۹-۲ جزوء پمپاژ

$$n_2 = n_1\sqrt{\frac{H_{P2}}{H_{P1}}} = 1170 \times \sqrt{\frac{47.6}{34.7}} = 1370.3 \text{ rpm}$$

۲- برای آبیاری یک مزرعه قرار است که آب به وسیله لوله فولادی به قطر داخلی 4in و به کمک پمپی با مشخصات داده شده در جدول زیر از رودخانه مجاور تامین شود، طول لوله با در نظر گرفتن طول معادل اتلاف انرژی در اتصالات برابر با ۱ کیلومتر و سطح مزرعه در محلی که آب از لوله خارج خواهد شد ۶ متر بالاتر از آب رودخانه است.

الف) شدت جریان آب و توان مصرفی پمپ چقدر است؟

ب) اگر امکان نصب پمپی در نزدیکی رودخانه وجود نداشته باشد پمپ را درچه فاصله ای از رودخانه می توان نصب کرد؟

دبی $Q(m^3/s)$	۰,۰	۰,۰۰۵	۰,۰۱۰	۰,۰۱۵	۰,۰۲۰	۰,۰۲۵	h= f$\frac{L}{D}$ $\frac{V^2}{2g}$
بار(هد)پمپ $H_p(m)$	۲۲,۶	۲۲,۰	۲۱,۰	۱۹,۰	۱۶,۵	۱۳,۰	h= k$\frac{v^2}{2g}$
راندمان(٪) η	۰,۰	۴۰,۰	۶۶,۰	۸۴,۰	۸۷,۰	۷۶,۰	

حل مسئله(۲):

$h_p=\frac{8fL}{gD^5\pi^2}Q^2$, $h_m=\frac{8\sum k_i}{gD^4\pi^2}Q^2$, $\sum_{i=1}^{n} K_i \frac{v^2}{2g}$

$K=\frac{8}{g\pi^2D^4}(\sum_{i=1}^{n} k_i + f\frac{L}{D})$

$TDH=TSH+KQ^2$, L=1000 , D=4″=4×0.0254

$K=\frac{8}{g\pi^2D^4}\left(1+f\frac{L}{D}\right)=776.54+7.643\times10^6 f$

$TDH=6+(776.54+7.643\times10^6 f)Q^2$

محل تلاقی منحنی فوق با منحنی مشخصه پمپ نقطه کار پمپ را می دهد.

راندمان مکانیکی $e_m=\frac{Bh_p}{Bh_p+fh_p}$ ← افت مکانیکی

$wH_p=Bh_p+Fh_p+$ افت هیدرولیکی

$e_m=\frac{Bh_p-fh_p}{Bh_p}$ پمپ :

$e=e_m.e_h.e_r$ (راندمان کل) ←

, $Bh_p=\frac{\gamma Qh}{550e}$

روابط تشابه:

$$Q_i=K_2D_i^3n_i \quad , \quad T_i=K_3\gamma_iD_i^5n_i^2 \quad , \quad P_i=K_4\gamma_iD_i^5n_i^3 \ , \ h_i=K_1D_i^2n_i^2$$

۳- پمپ سانتریفوژی با پروانه ای به قطر $18"$ دارای دبی $25\frac{ft^3}{s}$ می باشد.ارتفاع معادل فشار روی پمپ $h=100'$ و $n=1200rpm$ اگر راندمان آن $e=85\%$ باشد:

۱- Bh_p را حساب کنید.

۲- اگر دور را به $n=1800rpm$ برسانید مقدار h,Q, h_p را حساب کنید.

۳- مقدار K_1, K_2, K_4 را حساب کنید.

حل مسئله(۳):

$Bh_p=\frac{\gamma Qh}{550e}=\frac{62.4\times25\times100}{550\times0.85}=333.7$ اسب بخار

$h=K_1D^2n^2 \longrightarrow 100=K_1(1.5)^2(1200)^2$

$K_1=309\times10^{-7}$

$h=k_1D^5n^2 \longrightarrow h_2=309\times10^{-7}\times(1.5)^2(1800)^2=225ft$

$Q=k_2D^3n \longrightarrow 25=K_2(1.5)^2(1200) \longrightarrow K_2=617\times10^{-5}$

$Q_2=K_2D_2^3n_2 \longrightarrow Q_2=617\times10^{-5}(1.5)^3(1800) \longrightarrow Q_2=37.5\frac{ft^3}{s}$

$Bh_p=K_4\gamma D^5n^3 \longrightarrow 333.7=K_4(62.4)(1.5)^5(1200)^3 \longrightarrow K_2=4.075\times10^{-10}$

$Bh_p=4.075\times10^{-5}\times62.4\times(1.5)^5(1800)^3=1126$ اسب بخار

۴- دریک آبیاری بارانی دبی موردنیازطرح ۱۱۴۰لیتردردقیقه برآوردشده است. آب می بایست ازچاهی باعمق ۱۵متراستخراج وسپس باسیستم بارانی درسطح مزرعه پخش شود.افت اصطکاکی درلوله ها ازچاه تا آب پاشها مجموعا ۵متروفشارلازم درآبپاشها ۱۰متراست.پمپ توسط موتوری به حرکت درمی آیدکه سرعت چرخش شافت آن ۱۷۵۰دور در دقیقه است.

الف-مناسب ترین تیپ پمپ (نوع پروانه پمپ)رابرای این طرح تعیین کنید.

ب-فشاری راکه یک پمپ پروانه ای باجریان محوری درحداکثرراندمان با همان دبی وسرعت تولید میکند حساب کنید.

حل مسئله(۴):

الف-معادله سرعت مخصوص دینامیکی رابکارمیبریم:

$$n_s = 3.65n\frac{Q^{\frac{1}{2}}}{H_n^{\frac{3}{4}}}$$

$$H_n = 15.0 + 5.0 + 10 = 30.0m\,, Q = 1140\frac{Lit}{min} \times \frac{1min}{60s} \times \frac{1m^3}{1000Lit} = 0.019\frac{m^3}{s}$$

$$=> n_s = 3.65 \times 1750 \times \frac{0.019^{\frac{1}{2}}}{30^{\frac{3}{4}}} \cong 68.7rpm \cong 70rpm$$

چون سرعت مخصوص دینامیکی درمحدوده پمپهای جریان شعاعی است لذامناسب ترین پمپ برای این منظورپمپ باپروانه شعاعی میباشد.

ب-چنانچه سرعت مخصوص دینامیکی رادرپمپهای پروانه ای باجریان محوری۱۰۰۰درنظربگیریم براساس معادله سرعت مخصوص دینامیکی میتوانیم بارفشارتولیدی را به صورت زیر محاسبه کنیم:

$$H_n^{0.75} = 3.65n\frac{Q^{\frac{1}{2}}}{n_s} = 3.65 \times 1750 \times \frac{0.019^{0.5}}{1000} = 0.880m$$

$$H = 0.843m$$

۵- اگرمعادله منحنی مشخصه پمپی بادورموتور۱۲۰۰ rpmبه صورت زیرباشد:

$$h_p = 12 - 0.1Q^2$$

مطلوبست :الف-تعیین معادله ی منحنی مشخصه این پمپ هنگامی که دورموتورآن به ۲۴۰۰ rpmتغییریابد.

ب-تعیین معادله منحنی مشخصه برآیندپمپ ها هنگامی که سه عدد ازاین نوع پمپ رابه صورت سری درسیستم ببندیم (برای n=۱۲۰۰rpm)

ج-تعیین معادله منحنی مشخصه برآیند پمپها هنگامی که سه عدد ازاین نوع پمپ رابه صورت موازی درسیستم ببندیم(برای n=۱۲۰۰rpm):

حل مسئله(۵):

الف -

$$n_1 = 1200\text{rpm}$$

$$n_2 = 2400\text{rpm}$$

$$Q_1 = \frac{n_1}{n_2} Q_2 = \frac{1200}{2400} Q_2 = 0.5Q_2$$

$$h_1 = \frac{{n_1}^2}{{n_2}^2} h_2 = \frac{1200^2}{2400^2} h_2 = 0.25h_2$$

$$n_1 = 1200\text{rpm} \xrightarrow{\text{منحنی مشخصه}} h_1 = 12 - 0.1{Q_1}^2$$

$$n_2 = 2400\text{rpm} \longrightarrow 0.25\, h_2 = 12 - 0.1(0.5Q_2)^2$$

$$=> \quad h_2 = 48 - 0.1{Q_2}^2$$

منحنی مشخصه پمپ بادور موتور ۲۴۰۰ rpm:

$$h_p = 48 - 0.1Q^{\,2}$$

ب - درحالتی که سه عددازاین پمپها به صورت سری درسیستم وصل شونددبی هرسه پمپ یکسان وبرابر بادبی Q می باشدوهدی که توسط هرپمپ به سیستم اضافه میشود به میزان۳ / ۱ هدکل میباشد:

$$\frac{h_p}{3} = 12 - 0.1Q^{\,2}$$

ولذا منحنی مشخصه برآیندسه پمپ (درحالت سری)به صورت زیر است:

$$h_p = 36 - 0.3Q^{\ 2}$$

ج - درحالتی که سه عددازاین نوع پمپ به صورت موازی درسیستم بسته شود،دبی ای که ازهرپمپ میگذرد ۱ / ۳ دبی کل سیستم است وهدی که توسط هرپمپ اضافه می شود برابربا هدکل درسیستم میباشد.بنابراین :

$$h_p = 12 - 0.1(\frac{Q}{3})^{\ 2}$$

ولذا منحنی مشخصه برآیندسه پمپ (درحالت موازی)به صورت زیر است:

$$h_p = 12 - 0.011Q^{\ 2}$$

۶- دریک سیستم آبیاری بارانی دبی۳۰۰۰ لیتردردقیقه با بارفشار ۶۲ متر توسط یک پمپ درجریان است. قطرپره های پمپ ۲۵سانتیمتر وسرعت چرخش آن ۱۷۶۰دوردردقیقه است. دراین طرح یک موتور با قدرت خروجی ۵۴ اسب بخار برای چرخاندن پمپ مورد نیاز است . می خواهیم سیستم موجود را طوری تغیر دهیم تا با آبپاشهای با فشار کم کار کند ونتیجه افت فشار کاهش یابد درسیستم جدید دبی موردنیاز تغیر داده نشده است اما فشار آب به ۵۰متر کاهش داده می شود.تصمیم گرفته شده است که پمپ موجود را نگهداریم وفقط پره ها را تراش کاری کنیم تادرسیستم جدید کار گذاشته شود.

الف-تعیین کنیدقطر پره های مورد لزوم را برای شرایط جدید وقدرت لازم برای چرخاندن پمپ جدید را.

ب-حساب کنید دبی را که می بایست با یک پمپ دیگر تامین شودتا نیاز آب اولیه $3000\ ^{lit}/_{S}$ برای هنگامی که پمپ تغیر داده شده است تامین گردد.

حل مسئله(۶):

الف -

$$\frac{\mathrm{H_1}}{\mathrm{H_2}} = \frac{\mathrm{n_1}^2\mathrm{D_1}^2}{\mathrm{n_2}^2\mathrm{D_2}^2} = \frac{\mathrm{D_1}^2}{\mathrm{D_2}^2} \quad \rightarrow D_2 = D_1\left(\frac{H_2}{H_1}\right)^{0.5} = 25 \times \left(\frac{50}{62}\right)^{0.5} = 22.45\ \mathrm{cm}$$

بنابراین قطر پره ها باید حدود۱۰٪ (2.5cm) تراش داده شود،

$$\text{تراش درصد} = \frac{25 - 22.45}{25} \times 100 = 10.2\%$$

برای تعیین قدرت از معادله ذیل استفاده می کنیم:

$$\frac{N_1}{\mathrm{N}_2} = \frac{\mathrm{n}_1{}^3 \mathrm{D}_1{}^5}{\mathrm{n}_2{}^3 \mathrm{D}_2{}^5} = \frac{\mathrm{D}_1{}^5}{\mathrm{D}_2{}^5} \quad \rightarrow N_2 = \mathrm{N}_1 \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^5 = 54 \times \left(\frac{22.45}{25}\right)^5 = 31.534 \text{ HP}$$

ب-دبی جریان برای سیستم جدید بااستفاده از رابطه ذیل بدست می آید:

$$\frac{Q_1}{\mathrm{Q}_2} = \frac{\mathrm{n}_1 \mathrm{D}_1{}^3}{\mathrm{n}_2 \mathrm{D}_2{}^3} = \frac{\mathrm{D}_1{}^3}{\mathrm{D}_2{}^3} \quad \rightarrow Q_2 = \mathrm{Q}_1 \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3 = 3000 \times \left(\frac{22.45}{25}\right)^3$$
$$= 2172.452 \, {}^{lit}/_{min}$$

چون در نظراست دبی درهمان حد۳۰۰۰لیتردردقیقه باقی بماند لذا می بایست یک پمپ دیگر به اندازه اختلاف آنها آب راانتقال دهد یعنی:

$$Q_{\mathrm{dd}} = \mathrm{Q}_1 - \mathrm{Q}_2 = 3000 - 2172.452 = 827.548 \, {}^{lit}/_{min}$$

نمونه سوالات فصل دهم :

۱- منحنی های مشخصه $\eta=f(Q)$, $H=f(Q)$ یک پمپ سانتریفوژ برای سرعت ثابت $n=1470rpm$ مطابق شکل پیوست داده شده است.

این پمپ در روی یک لوله رانش بده 50 l/s را به ارتفاع 120 m (ارتفاع هندسی پمپاژ) پمپ می کند.

۱. نقطه کار پمپ (H,Q,η) و توان جذب شده توسط پمپ را تعیین کنید.

۲. معادله افت بار در لوله رانش را به صورت زیر می نویسیم:

$h_f=aQ^2+b$

h_f=افت بار Q=بده جریان

ضریبa را برای لوله رانش موردنظر بدست آورید.

۳. اگر دو پمپ یکسان با منحنی مشخصه داده شده را به صورت سری در روی لوله رانش مذکور را به هم مرتبط سازیم در اینصورت بده و راندمان هریک از دو پمپ را بدست آورید.

(حذف) 4. اگر تنها یک پمپ در روی دو لوله موازی نظیر لوله رانش مذکور کار کند در اینصورت دبی و راندمان پمپ را بدست آورید .

5. منحنی مشخصه $H=f(Q)$ پمپ مذکور را برای سرعت $n=1100\ rpm$ رسم کنید.

(حذف) ۶. هزینه پمپاژ هر متر مکعب آب را در حالت (۱) بدست آورید . در صورتی که بدانیم راندمان الکتروموتور۹۵ ٪ و قیمت هر کیلووات ساعت انرژی برابر ۱۰ ریال می باشد .

حل مسئله(۱):

۱.مختصات دو نقطه از منحنی مشخصه سیستم(مجرای رانش) در صورت مسئله داده شده است. به این صورت که منحنی مشخصه سیستم باید از نقطه ای که بده در آن صفر است با ارتفاع 120m شروع شود و در نقطه ای که دبی به ۵۰ l/s می رسد منحنی مشخصه پمپ را قطع نماید که این نقطه همان نقطه کار پمپ است و مختصات آن با توجه به شکل به صورت زیر به دست می آید:

نقطه کار پمپ D
$Q_D = 50\ l/s$
$H_D = 445\ m$
$\eta_D = 69.5\ \%$

1 hp = 745.7 w

$$p = \frac{\gamma Q H}{\eta} = \frac{9810 \times 50/1000 \times 445}{0.695} = 314061\ w = 314.06\ kw = 421.16\ hp$$

۲. می دانیم منحنی مشخصه مجرای رانش (منحنی مشخصه سیستم) با عبارتی به شکل $h_{sys}=H_{TS}+h_f$ بیان می شود و با توجه به اینکه $H_{TS}=120m$ است، داریم:

$$H_{sys}=120+aQ^2$$

که معادله فوق معادله یک سهمی است که از نقطه $\begin{cases} Q = 0\ l/s \\ H = 120\ m \end{cases}$ و نقطه کار پمپ $\begin{cases} Q = 50\ l/s \\ H = 445\ m \end{cases}$ می گذرد بنابراین با توجه به مختصات نقطه کار پمپ می توان ضریب a را به شکل زیر به دست آورد:

$$445 = 120 + a \times \left(\frac{50}{1000}\right)^2 \longrightarrow 325 = 0.0025a \longrightarrow \underline{a = 130000}$$

(m) ← $H_{sys} = 120 + 130000Q^2$ → (m^3/s)

$445 = 120 + a\times50^2 \longrightarrow 325 = 2500a \longrightarrow \underline{a = 0.13}$

پس اگر Q بر حسب CMS و H بر حسب متر باشد، $a = 130000$ و اگر Q بر حسب L/s و H بر حسب متر باشد، $a = 0.13$ خواهد بود.

(m) ← $H_{sys} = 120 + 0.13Q^2$ → (l/s)

۳. با مشخص بودن منحنی مشخصه یک پمپ می توان منحنی مشخصه دو پمپ سری متشابه با آن را از دو برابر کردن ارتفاعات حاصل از یک پمپ در بده های مشخص به دست آورد. بدین ترتیب مختصات تعدادی از نقاط منحنی مشخصه دو پمپ سری را به دست آورده و از وصل نمودن این نقاط منحنی مشخصه دو پمپ با سری متشابه به دست می آید. محل تلاقی این منحنی جدید با منحنی مشخصه سیستم نقطه کار دو پمپ در حالت سری خواهد بود که مختصات آن به صورت زیر خواهد بود:

(Q=69.25 l/s , H=743.75 m , η=65.5 %)

لذا بده هریک از پمپ ها برابر است با: $Q_1 = Q_2 = Q = 69.25$ l/s

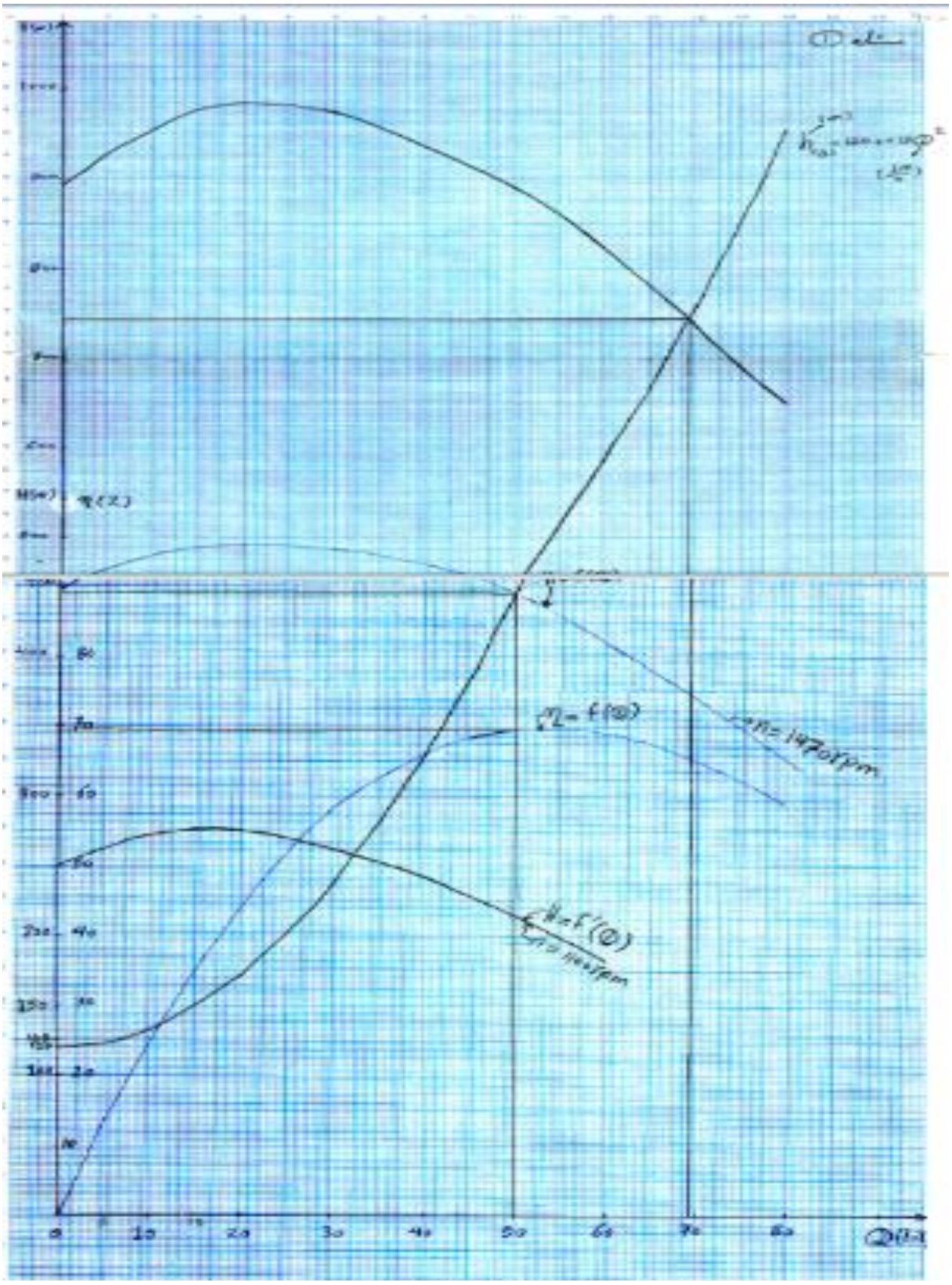
و هد هریک از پمپ ها برابر است با : $H_1 = H_2 = H/2 = \frac{743.75}{2} = 371.875$ m

و راندمان هریک از پمپ ها برابر است با: $\eta_1 = \eta_2 = \eta = 65.5$ %

۴. مختصات تعدادی از نقاط منحنی مشخصه پمپ به ازای n=1100 rpm از روابط $\frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2}$ و $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$ و به ازای تعدادی از نقاط دلخواه به صورت جدول زیر به دست می آید و از وصل کردن این نقاط منحنی مشخصه مذکور به ازای n= 1100 rpm بدست می آید :

n_1 = 1470 rpm	H_1	447.5	465	480	448.75	492.5	487.5	445	400	325
n_2 = 1100 rpm	H_2	250.6	260.4	268.8	273.7	275.8	273	249.2	224	182
n_1 = 1470 rpm	Q_1	0	5	10	15	20	30	50	62.5	80

n_2 = 1100 rpm	Q_2	0	3.7	7.5	11.2	15	22.4	37.4	46.8	59.9


η=f(Q)
n=1470 tr/min
H=f'(Q)
0
10
20
30
40
50
60
70
80

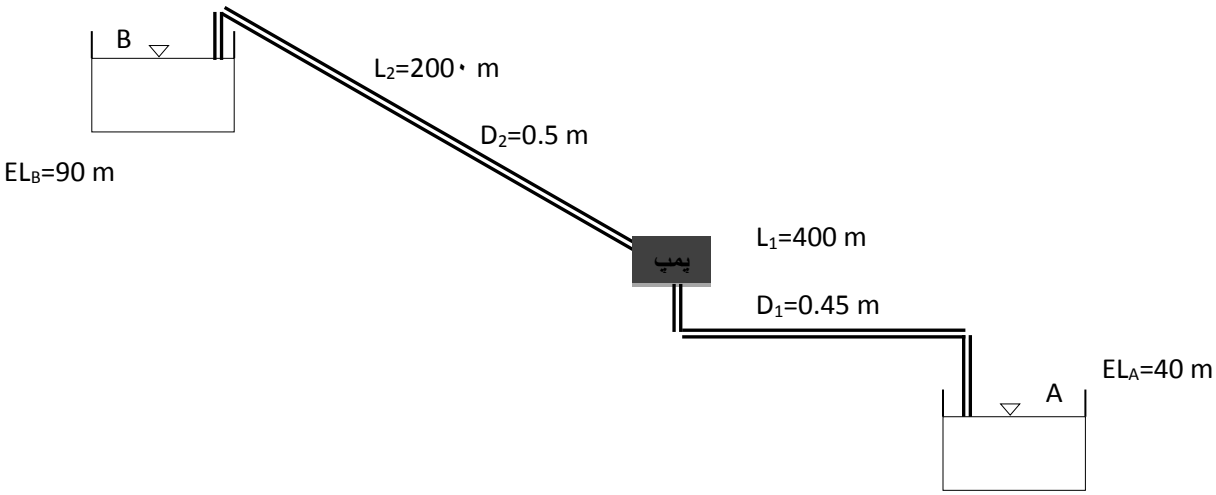
۲- منحنی مشخصه و منحنی های هم راندمان یک پمپ در نمودار زیر ارائه گردیده است. در صورتیکه قرار باشد پمپ فوق الذکر را در مسیر خط لوله مطابق کروکی زیر قرار دهیم :

۱.پیدا کنید نقطه کار پمپ و انرژی مصرف شده برای پمپاژ یک مترمکعب آب اگر راندمان الکتروموتور 95% باشد.

۲.اگر دبی Q=150 L/s مورد تقاضا باشد در اینصورت n′ (دور پمپ در دقیقه) را حساب کنید.

۳.برای دبی Q=160 L/s درصد تراش چرخ را به دست آورید.

(n=1450 rpm , f=0.03)



حل مسئله(۲) :

Q (l/s)	0	30	60	90	120	150	180	210
h_{f1} (m)	0	0.048	0.193	0.435	0.774	1.209	1.741	2.37
h_{f2} (m)	0	0.143	0.571	1.285	2.284	3.569	5.14	6.996
h_f (m) کل	0	0.191	0.765	1.72	3.058	4.778	6.881	9.366
$H_{TS}+h_f$ (m)	50	50.191	50.765	51.72	53.058	54.778	56.881	59.366

در جدول فوق :

$$h_{f_1} = \frac{8 f_1 L_1 Q^2}{g\pi^2 D_1^5} = \frac{8\times 0.03\times 400 Q^2}{9.81\times\pi^2\times 0.45^5}$$ (Q : m^3/s)

$$h_{f_2} = \frac{8 f_2 L_2 Q^2}{g\pi^2 D_2^5} = \frac{8\times 0.03\times 2000 Q^2}{9.81\times\pi^2\times 0.5^5}$$ (Q : m^3/s)

از تلاقی منحنی مشخصه پمپ و منحنی مشخصه سیستم مختصات نقطه کار پمپ به صورت زیر بدست می آید:

$$D\begin{cases} Q = 156\frac{l}{s} = 561.6\ m^3/hr \\ H = 55.167m \\ \eta = 79\ \% \end{cases}$$

انرژی مصرفی توسط پمپ = $\frac{\gamma Q H_n}{\eta_p} = \frac{9810\times0.156\times55.167}{0.79}$ = 106868 w

انرژی مصرفی کل (پمپ+کوپلیگ+الکتروموتور) = $\frac{106868}{\eta_{motor}} = \frac{106868}{0.95}$ = 112493 w = 112.493 kw

انرژی مصرفی برای انتقال

آب 561.6 m^3/hr 112.493 kw5

⇨ X= 0.2 kw

انرژی مصرفی برای انتقال X

آب $1\frac{m^3}{hr}$

انرژی مصرفی برای $1\frac{m^3}{\text{hr}}$ آب معادل 0.2 kw است .

۲.

Q_2=150 l/s⟶ n_2=?

$n_2 = n_1\frac{Q_2}{Q_1} = 1450 \times \frac{150}{156}$ = 1394 rpm

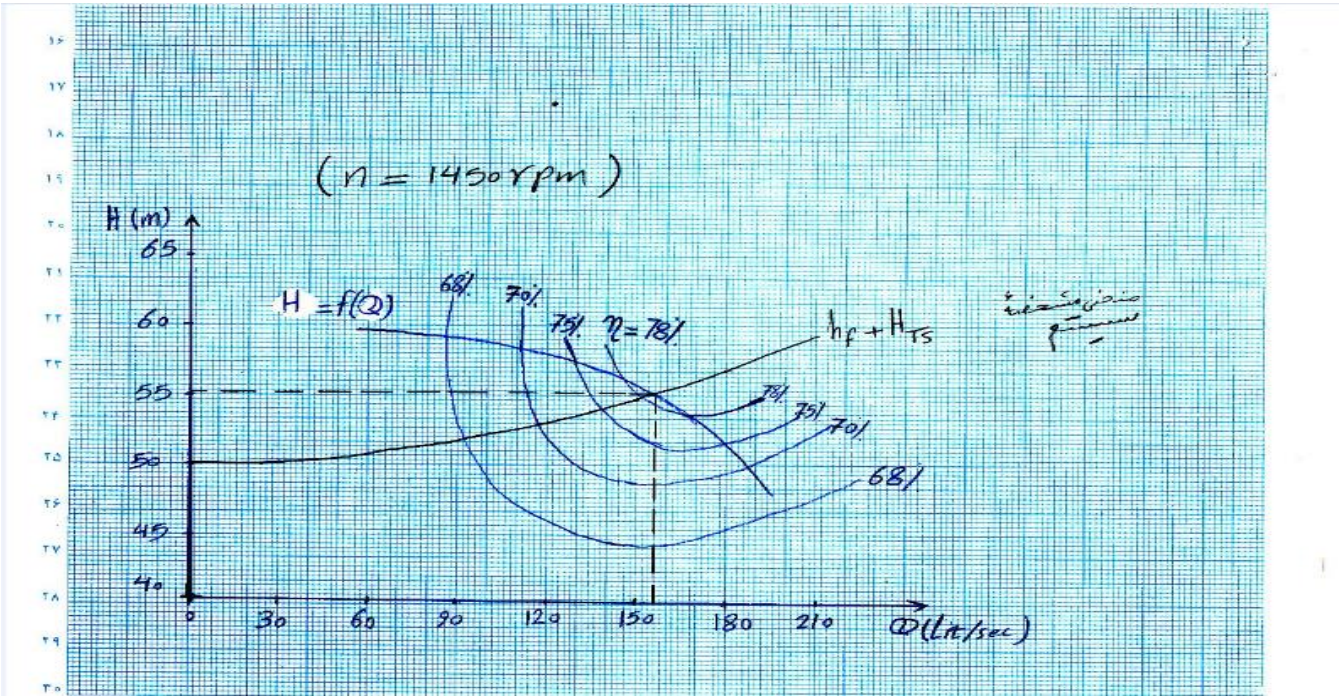
$H_2 = H_1\frac{n_2^2}{n_1^2} = 55.167 \times \frac{1394^2}{1450^2}$ = 50.988 rpm

۳.

$\frac{D_2}{D_1} = \sqrt[3]{\frac{Q_2}{Q_1}} = \sqrt[3]{\frac{160}{156}}$ = 1.008 ⟶ D_2 = 1.008 D_1

درصد تراش چرخ = $\frac{D_1-D_2}{D_1} = \frac{D_1-1.008\,D_1}{D_1} \times 100 = 0.8\ \%$

به مقدار 0.8 % به قطر چرخ باید افزوده شود



۳- منحنی مشخصه دو پمپ P_1 ،P_2 و مشخصات لوله رانش مطابق پیوست داده شده است(وشکل مقابل)

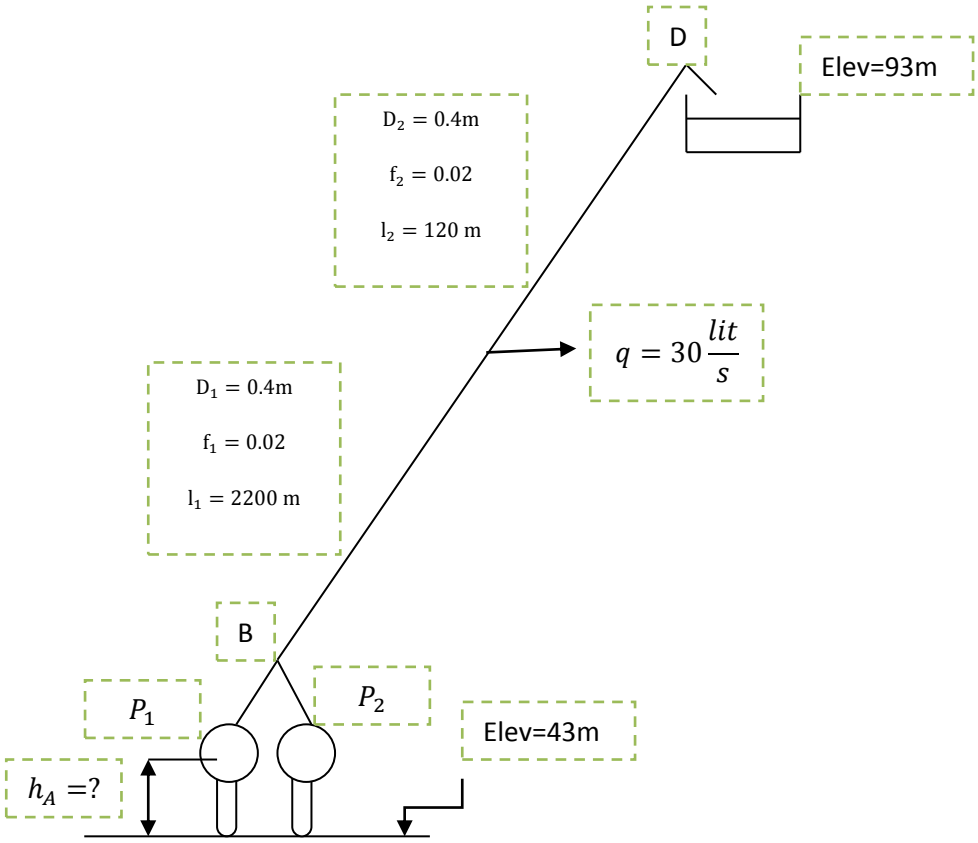
۱-نقطه کار دو پمپ را بدست آورید.

۲-پمپهای P_1 ،P_2 هر یک به تنهایی چه دبی و چه ارتفاعی ایجاد می کنند؟

۳-حداکثر ارتفاع مکش h_A را طوری تعیین کنید که هرگاه هر یک از دوپمپ به تنهایی کار کنند پدیده جدارخوردگی به وجود نیاید.

۴-درصورتیکه دوپمپ همیشه باهم کارکنند حداکثر h_A را چند متر می توان درنظر گرفت؟(از افت بار در لوله مکش صرفنظر می شود)

(حذف) ۵-در صورتیکه راندمان الکتروموتور را ۹۰٪ درنظر بگیریم و بهاء هرکیلووات ساعت انرژی برابر ۱۰ریال باشد هزینه مصرف انرژی برای پمپاژ هرمتر مکعب آب را در حالیکه دوپمپ کار کنند بدست آورید.



(n=1450 rpm)

$$\frac{P_{atm}}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} = 10m$$

حل مسئله(۳):

$$h_{f1} = \frac{8 f_1 l_1 Q^2}{g\pi^2 {D_1}^5} = \frac{8 \times 0.02 \times 2200 Q^2}{9.81 \times \pi^2 \times 0.4^5}$$

$$h_{f2} = \frac{8 f_2 l_2 Q^2}{g\pi^2 {D_2}^5} = \frac{8 \times 0.02 \times 1200 (Q - 0.03)^2}{9.81 \times \pi^2 \times 0.4^5}$$

Q(lit/s)	0	10	20	30	40	50	75	100	125	150	175
h_{f1} (m)	0	0.036	0.142	0.32	0.568	0.888	1.997	3.55	5.547	7.988	10.873
h_{f2} (m)	0	0	0	0	0.019	0.077	0.392	0.949	1.748	2.789	4.072
h_f کل(m)	0	0.036	0.142	0.32	0.587	0.965	2.389	4.499	7.295	10.777	14.945
$H_{TS} + h_f$	50	50.036	50.142	50.32	۵۰,۵۸۷	50.965	52.389	54.499	57.295	60.777	64.945

برای وقتی که دوپمپ به صورت موازی بسته شوند مختصات نقطه کار دوپمپ به صورت زیر خواهد بود:

$$Q = 167\ {}^{lit}/_{S} \quad ، \quad H = 63.5m$$

دراین حالت سایر مشخصات از گراف به صورت زیر بدست می آید :

$$\eta_1 = 63.4\% \quad , \eta_2 = 66.8\% \quad , \ H_1 = H_2 = H = 63.5m$$

$$Q_1 = 65.5\,{}^{lit}/_{S} \ , \ Q_2 = 93.75\,{}^{lit}/_{S} \quad \rightarrow \quad Q_1 + Q_2 = 161.25\ {}^{lit}/_{S}$$

$$Q - (\ Q_1 + Q_2) = 167 - 161.25 = 5.75\ {}^{lit}/_{S}$$ خطای ناشی از ترسیم

$$NPSH_{r_1} = 2.7m \ , \ NPSH_{r_2} = 4.6m$$

هرگاه هر دوپمپ همیشه باهم کار کنند حداکثر h_A باتوجه به $NPSH_r$ بزرگتر یعنی $NPSH_{r_2}$ به صورت زیر بدست می آید:

$$z_{smax_1} = \frac{P_{atm}}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - NPSH_{r_1} - h_{f1} = 10 - 2.7 = 7.3m$$

$$z_{smax_2} = \frac{P_{atm}}{\gamma} = \frac{P_v}{\gamma} - NPSH_{r_2} - h_{f2} = 10 - 4.6 = 5.4m$$

پس حداکثر ارتفاع نصب پمپ ها ۵,۴متر خواهد بود.(درحالت کارموازی آنها)

-اگرپمپ(۱) به تنهایی کار کند:

$$NPSH_{r_1} = 3.4m$$

$$h_A = z_{smax} = \frac{P_{atm}}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - NPSH_{r_1} = 10 - 3.4 = 6.6m$$

-اگرپمپ (۲) به تنهایی کار کند:

$$NPSH_{r_2} = 6.8m$$

$$h_A = z_{smax} = \frac{P_{atm}}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - NPSH_{r_2} = 10 - 6.8 = 3.2m$$

$$\eta_{motor} = 90\%$$

$$N = \gamma H \left(\frac{Q_1}{\eta_{motor}\eta_{PUMP}} + \frac{Q_2}{\eta_{motor}\eta_{PUMP}} \right)$$

$$= 9810 \times 63.5 \left(\frac{0.0655}{0.9 \times 0.634} + \frac{0.09375}{0.9 \times 0.668} \right) = 168647\ W$$

$N = 168.647\ KW$=168.647 W

انرژی مصرفی برای انتقال آب

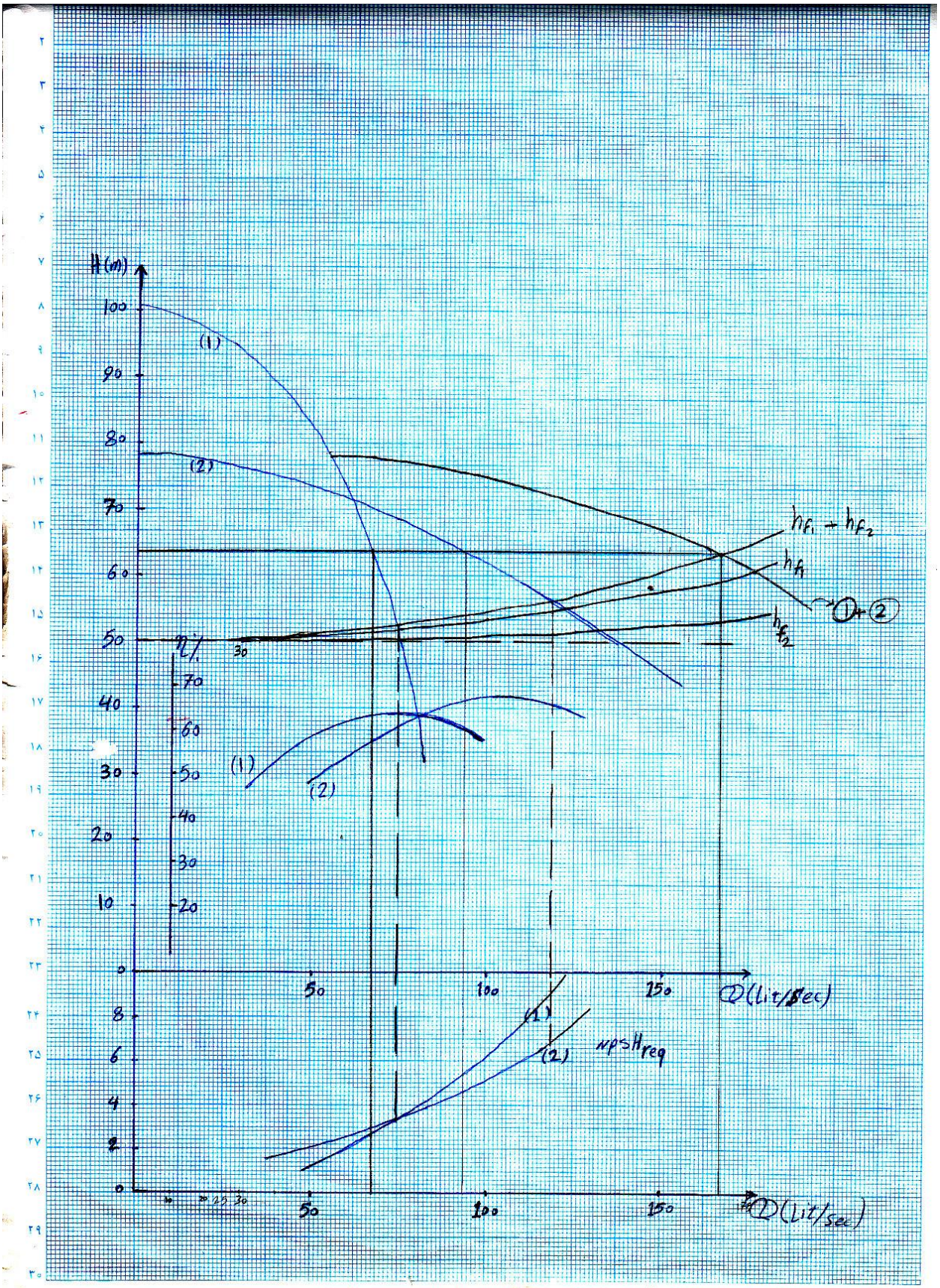
$580.5 \frac{m^3}{hr}$ 168.647kw

$1 \frac{m^3}{hr}$ x

} ⟶ x=0.291kw

هزینه مصرف انرژی برای پمپاژ هرمترمکعب آب درساعت

هزینه $= 10 \times 0.291 = 2.905$ rials


H(m)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
(1)
(2)
$h_{f_1} + h_{f_2}$
h_{f_1}
h_{f_2}
① + ②
η_1
30
70
60
50
40
30
20
(1)
(2)
50
100
150
Q(Lit/sec)
8
6
4
2
0
(1)
(2)
$NPSH_{req}$
50
100
150
Q(Lit/sec)

۴- دو پمپ متشابه با منحنی مشخصه جدول ذیل برای انتقال آب بین دو منبع با اختلاف ارتفاع ۱۵ متر به کار گرفته شده است طول لوله بین دو منبع 2.5kmو قطرلوله 200mm و جنس لوله از pvc با زبری مطلق e=0.15mm میباشد افتهای موضعی شامل شیرها و دریچه ها و زانویی ها و غیره را برابر $\sum j_x = 10\frac{v^2}{2_g}$ منظور کنید. نقطه کار

الف) یک پمپ ب) دو پمپ به صورت موازی ج) دو پمپ به صورت سری را بدست آورید.

ضریب افت وارسی وایزباخ f را با استفاده از دیاگرام مودی یا معادله کلبروک بدست آورید.

$\vartheta = 1.13 \times 10^{-6}\frac{m^2}{s}$

دبی (lit/s)	0	10	20	30	40
h(m)	30	27.5	23.5	17	7.5
η	-	44	58	50	18

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left[\frac{e}{3.7d} + \frac{2.51}{R_{e\sqrt{F}}}\right]$$

حل مسئله(۴):

نقطه کار یک پمپ:

$$\begin{cases} Q=22.5\text{Lit/sec} \\ H=22.0\text{m} \\ \eta=56.0\% \end{cases}$$

نقطه کار دو پمپ به صورت موازی

$$\begin{cases} Q_1+Q_2 = Q = 28.5m \rightarrow \text{برای هریک ازپمپها } Q_{1,2} = \frac{28.5}{2} = 14.25\,\frac{\text{Lit}}{\text{s}} \\ H_1=H_2=H=25.5\text{m} \\ \eta=53\% \quad \text{راندمان هریک از پمپها} \end{cases}$$

نقطه کار دو پمپ به صورت سری:

Q=32.5Lit/sec $Q_1 = Q_2$

$H = 29.5m$ → هریک از پمپها۱۴,۷۵متر ،هد ایجاد می کنند

η=43% برای هریک از پمپها با این راندمان کار می کنند.

Q(Lit/sec	0	10	20	30	40
v(m/sec)	0	0.318	0.637	0.955	1.273
V^2/2g(m)	0	0.00515	0.02068	0.04648	0.0826
R_e	0	5.63E4	1.13E5	1.69E5	2.25E5
F	0	0.023	0.0211	0.0204	0.02
$h_l(m)$	0	1.481	5.454	11.852	20.65
$\sum j_x = 10v^2/2g$	0	0.0515	0.2068	0.4648	0.826
$h_{f(m)}$ افت کل	0	1.533	5.661	12.317	21.476
$h_{f+h_{TS}}$	15	16.533	20.661	27.317	36.476

$\vartheta = 1.13 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}$ $L = 2.5km = 2500m$ $R_e = \frac{VD}{v}$

$A = \frac{\pi D^2}{4} = \pi \times \frac{0.2^2}{4}\ m^2$ $V = \frac{Q/_{1000}}{A}$

$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left[\frac{e}{3.7d} + \frac{2.51}{R_{e\sqrt{F}}}\right]$ $\sum j_x = 10v^2/2g$

$h_L = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$ $h_f = h_L + \sum j_x$

دوپمپ موازی:

Q(Lit/s)	0	20	40	60	80
H(m)	30	27.5	23.5	17	7.5

$Q = Q_1 + Q_2$

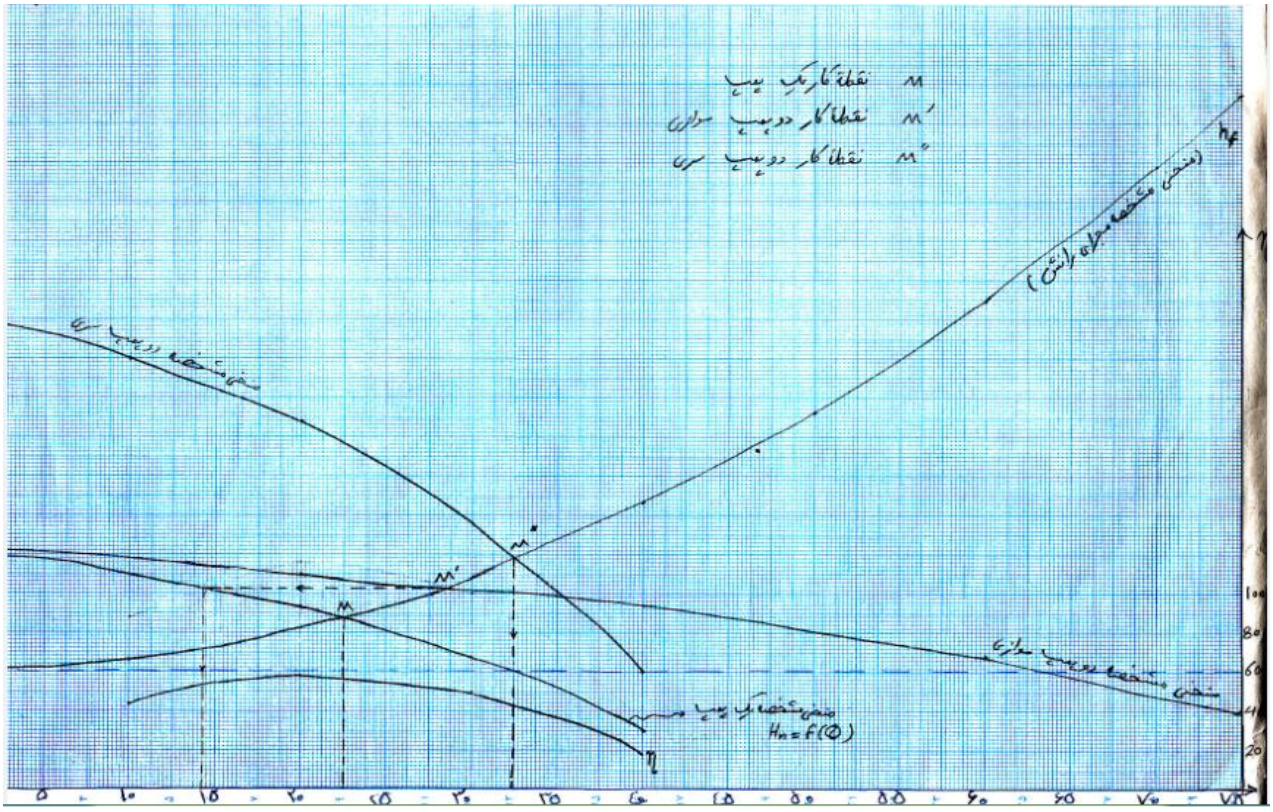
$H = H_1 = H_2$

دوپمپ سری:

Q(Lit/s)	0	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰
H(m)	۶۰	۵۵	۴۷	۳۴	۱۵

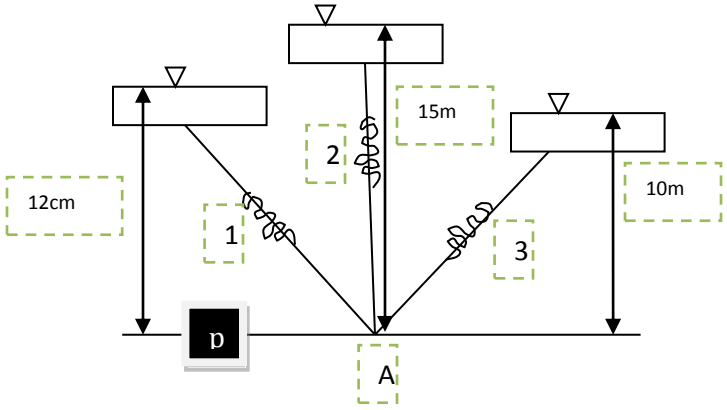
$$Q = Q_1 = Q_2$$

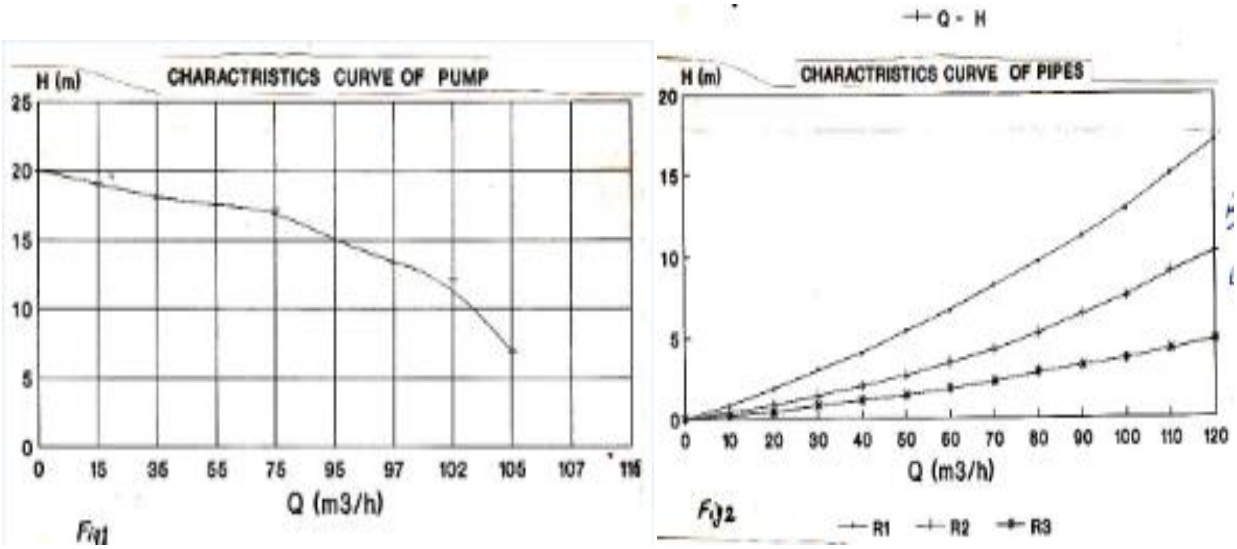
$$H = H_1 + H_2$$



۵- منحنی های مشخصه پمپ ومدار شکل زیر به صورت نشان داده می باشد،مطلوب است تعیین:

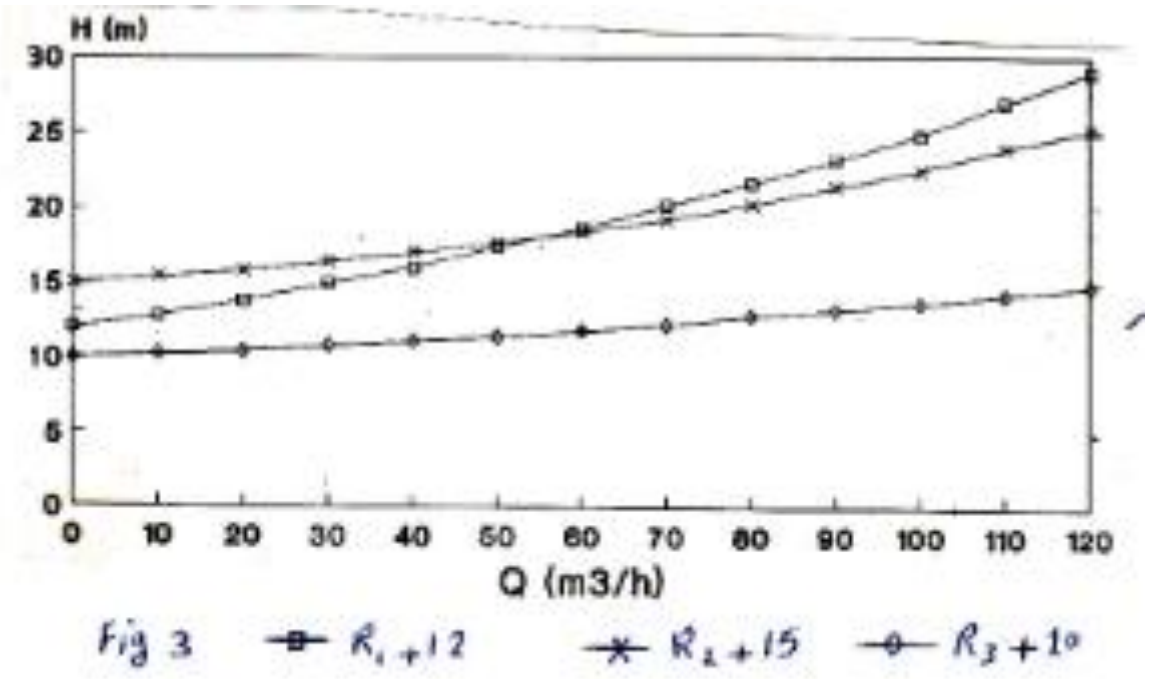
الف-دبی کل Q ب-*دبی های* Q_1, Q_2, Q_3 ج-*فشار مانومتریک نقطه* A





حل مسئله(۵):

ابتدا منحنی های مشخصه مدار را باارتفاع استاتیکی هرکدام جمع می نماییم منحنی های حاصل درشکل۳ نشان داده شده است.این سه مدار بایکدیگر موازی بوده وبنا به قاعده جمع مدارهای موازی،مدار برآیند آنها ترسیم می گردد(به علت ملایم بودن شیب منحنی ها، عملاً ترسیم برآیند آنها دراین صفحه مقدر نمی باشد.) منحنی برآیند مدارها،منحنی مشخصه پمپ را در نقطه ای مثلM قطع می کند که نقطه کار پمپ می باشد. ازنقطهM،خطی به موازات محور افقی رسم می شود.این خط منحنی های $(R_1 + 12)$، $(R_2 + 15)$، $(R_3 + 10)$ را در نقاطی قطع می کند،که مختصات نقاط بدست آمده،معرف دبی وفشارهایی است که در ابتدای هرکدام از شاخه ها وجود دارد. بدیهی است فشارهای کلیه شاخه ها همان فشار نقطه M خواهدبود که برابر فشار نقطهA می باشد.

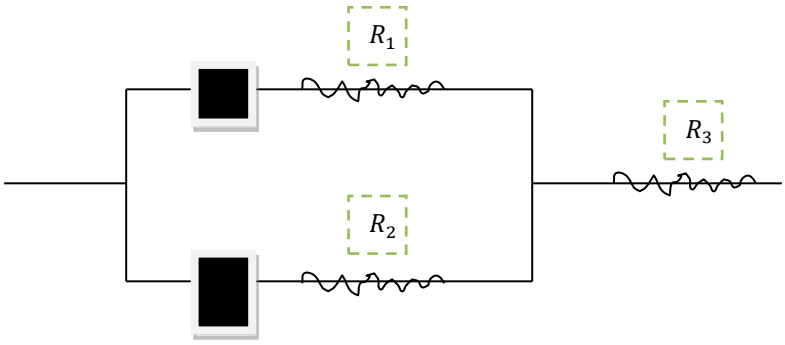


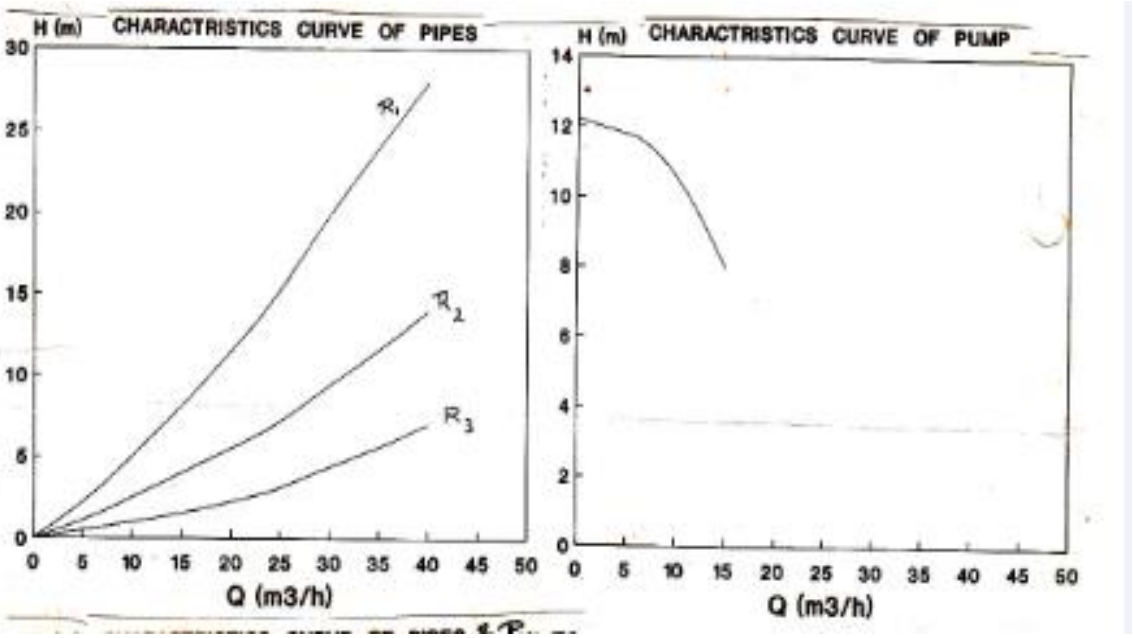
۶- دو پمپ مشابه بامنحنی مشخصه زیر برروی مدار شکل زیر کار می کنند.منحنی تغییرات افت مدار برحسب دبی نیز به صورت داده شده درشکل می باشد.مطلوبست تعیین:

الف-دبی کل Q

ب-دبی های Q_1, Q_2, Q_3

ج-ارتفاعی که هرپمپ تولید می کند.





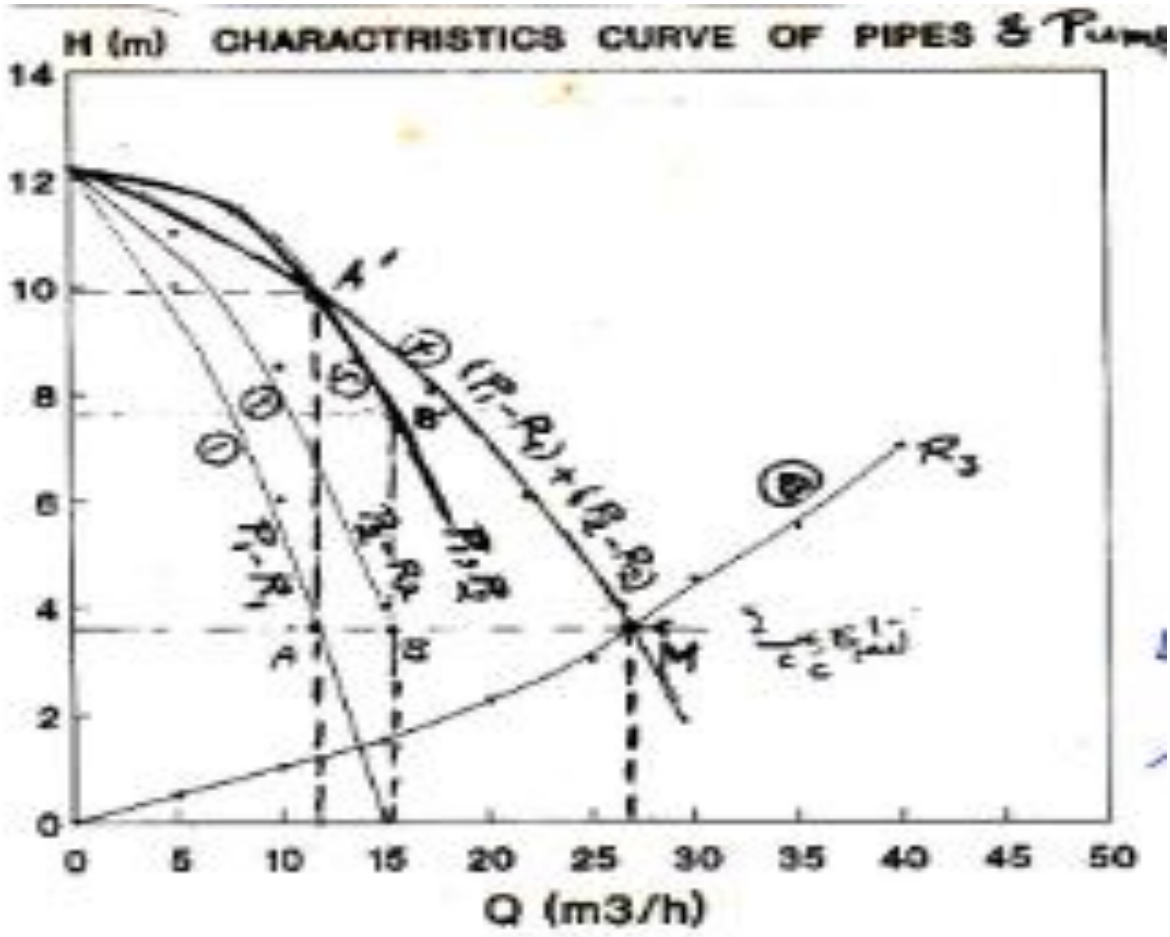
حل مسئله(۶):

مشخصه های $P_1 - \mathrm{R}_1$، $P_2 - \mathrm{R}_2$ را رسم نموده،از آنجایی که دو پمپ به صورت موازی درمدار قرار گرفته اند بنابراین به صورت نشان داده شده در منحنی(۴) بایکدیگرجمع می شوند.از تلاقی منحنی(۴) ومنحنی(۵)(مشخصه مجرای R_3)،نقطه کارپمپ (M) بدست می اید.از نقطهM خطی موازی محورافقی رسم می شودتا منحنی های(۱) و(۲) را در نقاط A,B قطع نمایدمقادیر دبی هریک از این نقاط دبی هایی هستند که در هریک از شاخه ها جریان دارد،چنانچه نقاط متناظر A,B را روی منحنی مشخصه پمپها بدست آوریم،ارتفاع ایجاد شده توسط هر پمپ مشخص خواهد شد.

M(26.7,3.7)

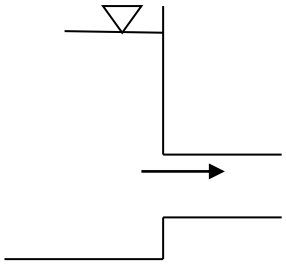
پمپ P_1 ،دبی $11.7\frac{m^3}{s}$ با ارتفاع $9.9m$ ایجاد خواهد کرد.

پمپ P_2 ،دبی $15\frac{m^3}{s}$ با ارتفاع $7.8m$ایجاد خواهد کرد.

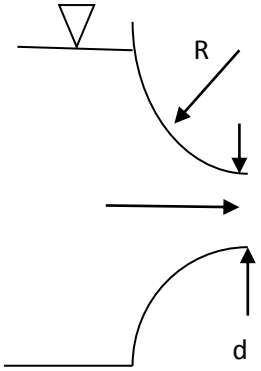

H (m) CHARACTRISTICS CURVE OF PIPES &
14
12
10
8
6
4
2
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
Q (m3/h)
A'
A
B
R3

پیوست الف: افتهای جزئی در اتصالات

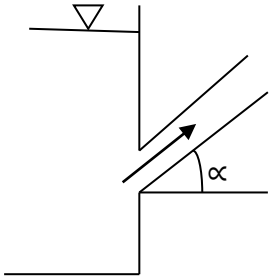
معادله عمومی افت در اتصالات: $h_m = k\frac{v^2}{2g}$



K=0.50

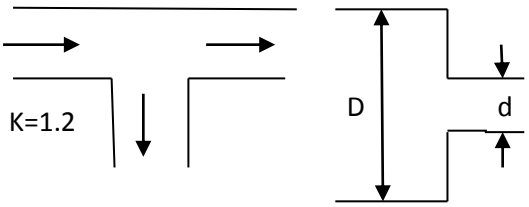


$R/_d$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4
K	0.25	0.17	0.08	0.05	0.04

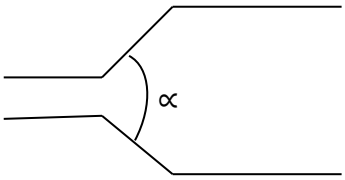


K=0.505+0.303sin $\propto$+0.226sin^2 $\propto$

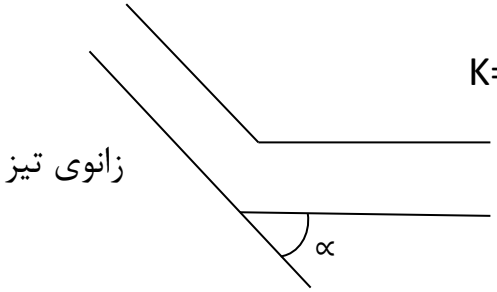
تنگ شدگی



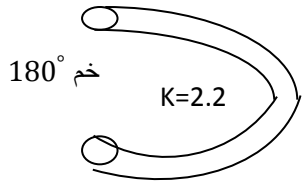
$d/_D$	0.01	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8
K	0.5	0.5	0.42	0.33	0.25	0.15

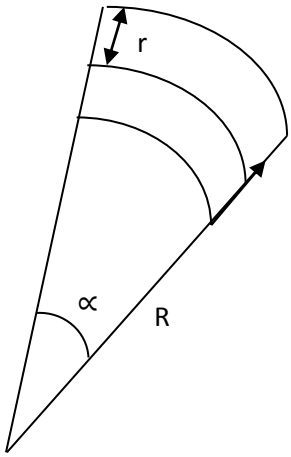


$\propto^{\circ}$	20	40	60	80
K	0.20	0.28	0.32	0.35



$K=67.6\times 10^{-6}(\propto^{\circ})$





$$K=(0.13+1.85(\frac{r}{R})^{2.5})\sqrt{\frac{\propto^{\circ}}{180}}$$