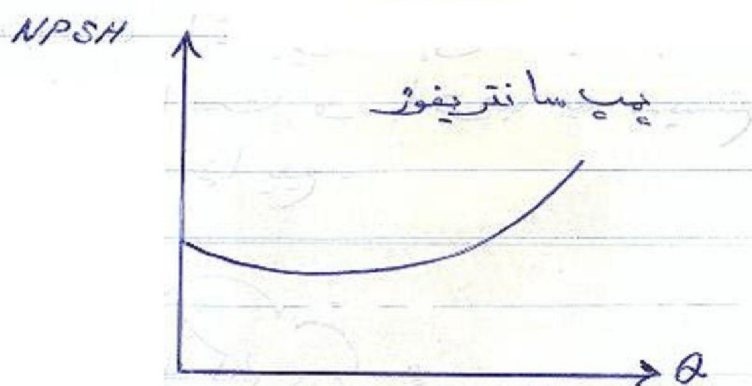
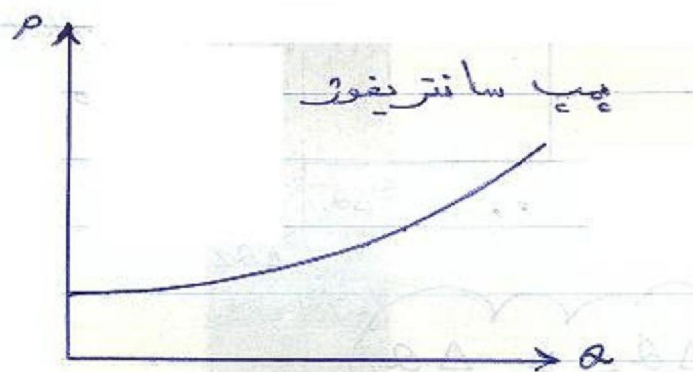
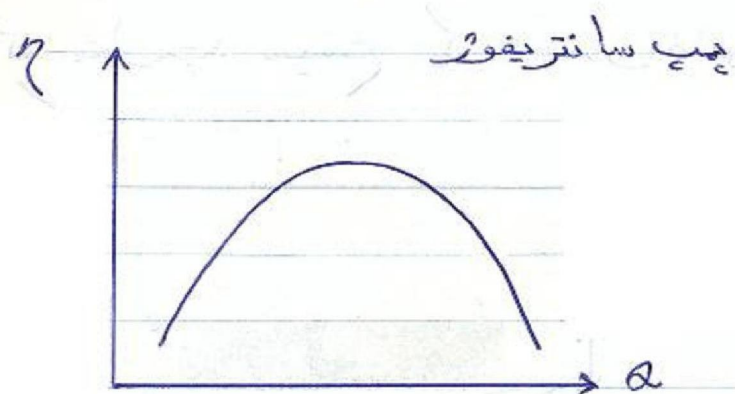
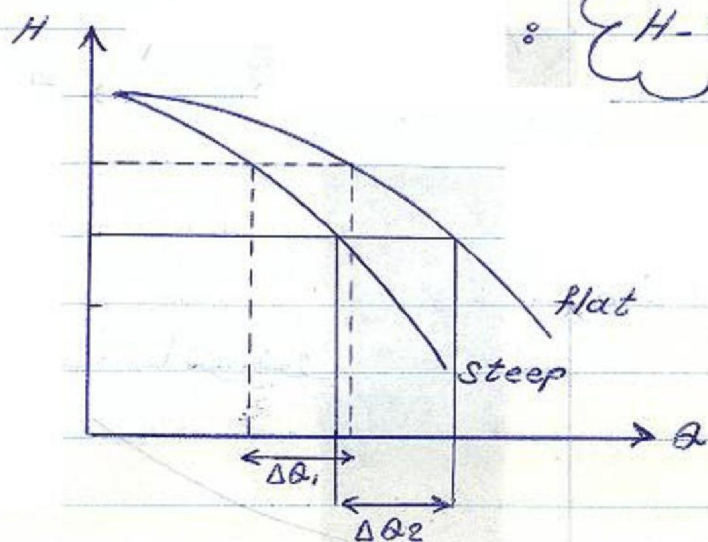




* یک پمپ سانتریفیوژ قابلیت این را دارد که توسط یک شیر
 بین آن از ۰ تا MAX کار کند. پس هر پمپ یک

محور دین دارد که مقاومت سیستم یک مقدار خاص از این محور را تعیین می کند.



شیب منحنی $H-Q$:

$$\Delta Q_2 > \Delta Q_1$$

* در منحنی *steep* (تغییرات دین نسبت به تغییرات هد) کمتر از حالت *flat* است و با توجه به سیستم باید یکی از این دو را انتخاب نماییم.

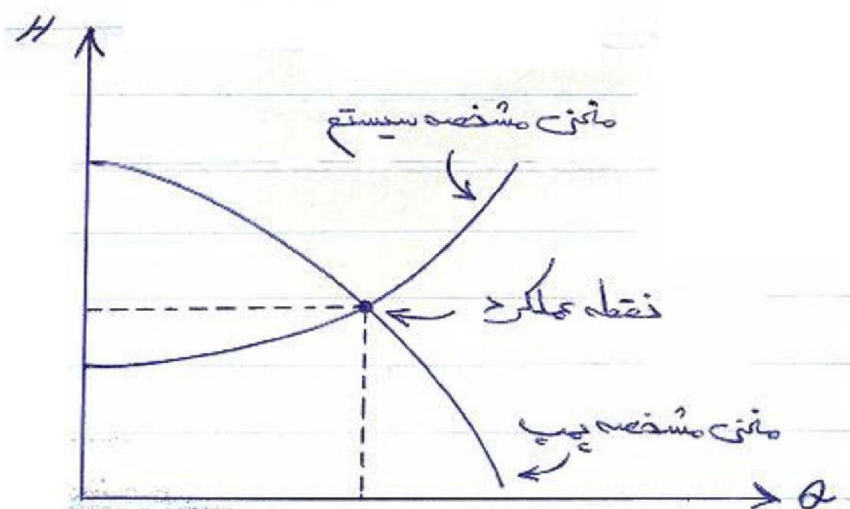
مشخصه سیستم اولیه کشی :

$$H_{system} = H_s + \frac{\Delta P}{\sigma} + CQ^2 \quad \text{« هد سیستم »}$$

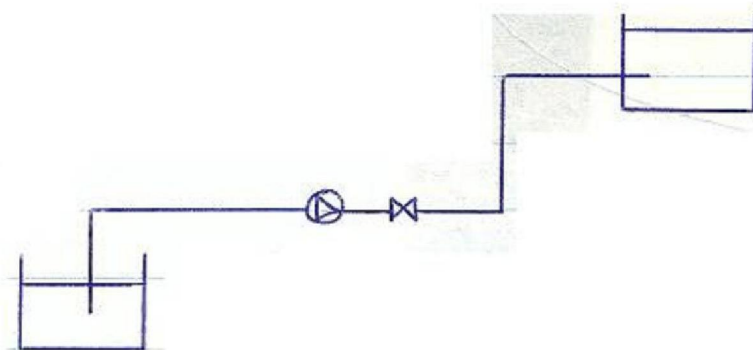
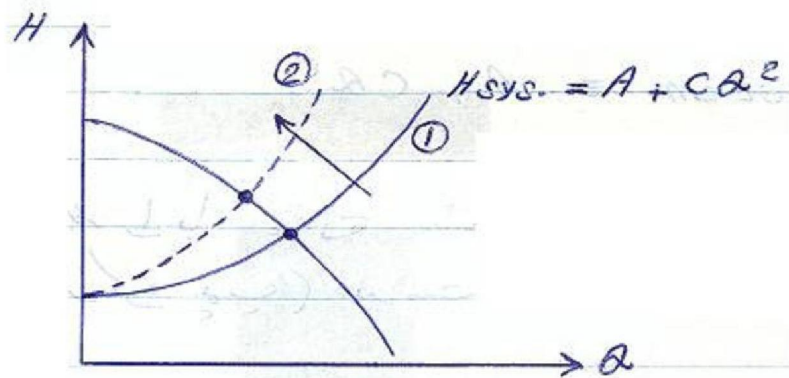
* هدف پمپ هم از منحنی مشخصه بدست می آید. هدف پمپ و هر سیستم هر دو با Q متغیر هستند؛ H_p و $H_{sys.}$ باید در نقطه ای با هم برابر باشند؛

$$H_{system} \equiv A + CQ^2$$

* اگر منحنی H_{system} را با منحنی مشخصه پمپ تلاقی دهیم نقطه اشتراک (نقطه کارکرد پمپ) بدست می آید؛

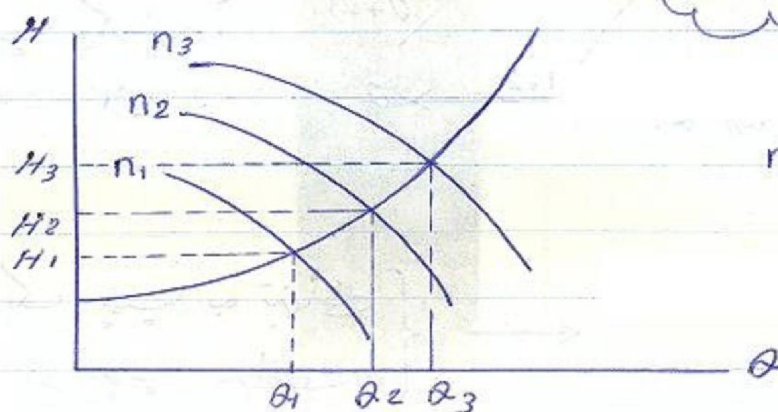
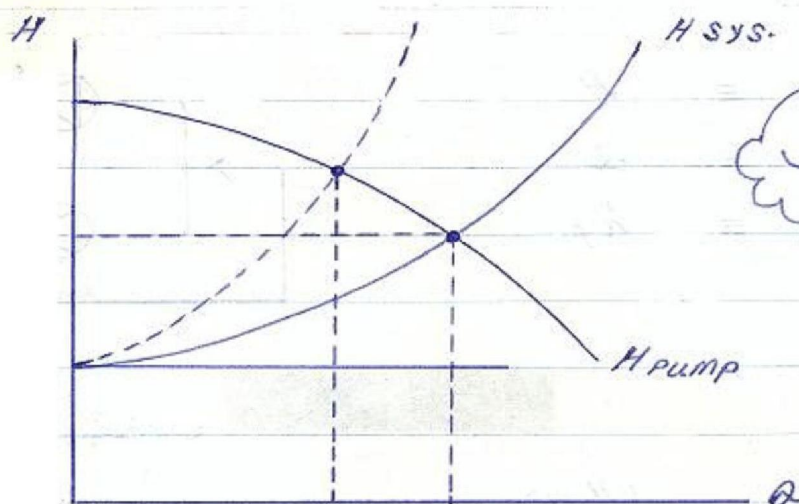


مقایسه دو سیستم لوله کشی با اتلاف متفاوت



- ① حالت شیر باز (مقاومت کمتر سیستم)
- ② حالت شیر بسته تر (مقاومت بیشتر سیستم)



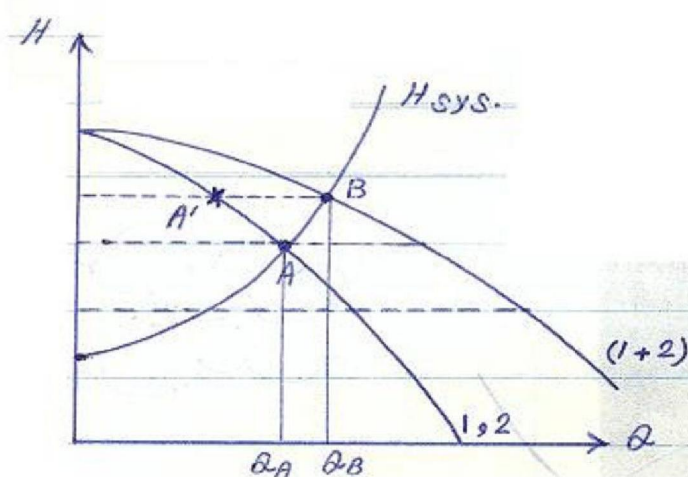
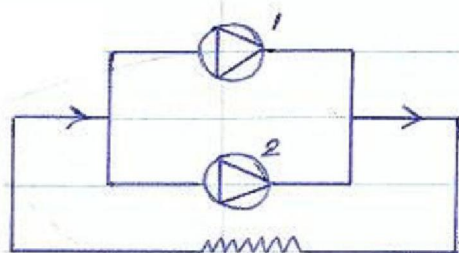


$$\begin{cases} Q_2 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right) Q_1 & H_2 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 H_1 \\ P_2 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 P_1 \end{cases}$$

در حالتی بکاری رود که درین بالا نخواهیم
یا نخواهیم در ساعاتی برق بپیمایم -
خاموش باشد.

موانع کردن پمپها

$$\begin{cases} V & \equiv H \\ I & \equiv Q \\ R & \equiv h_f \end{cases}$$

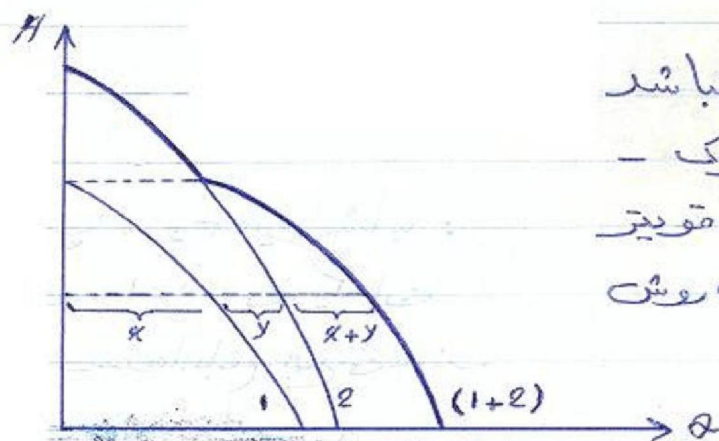
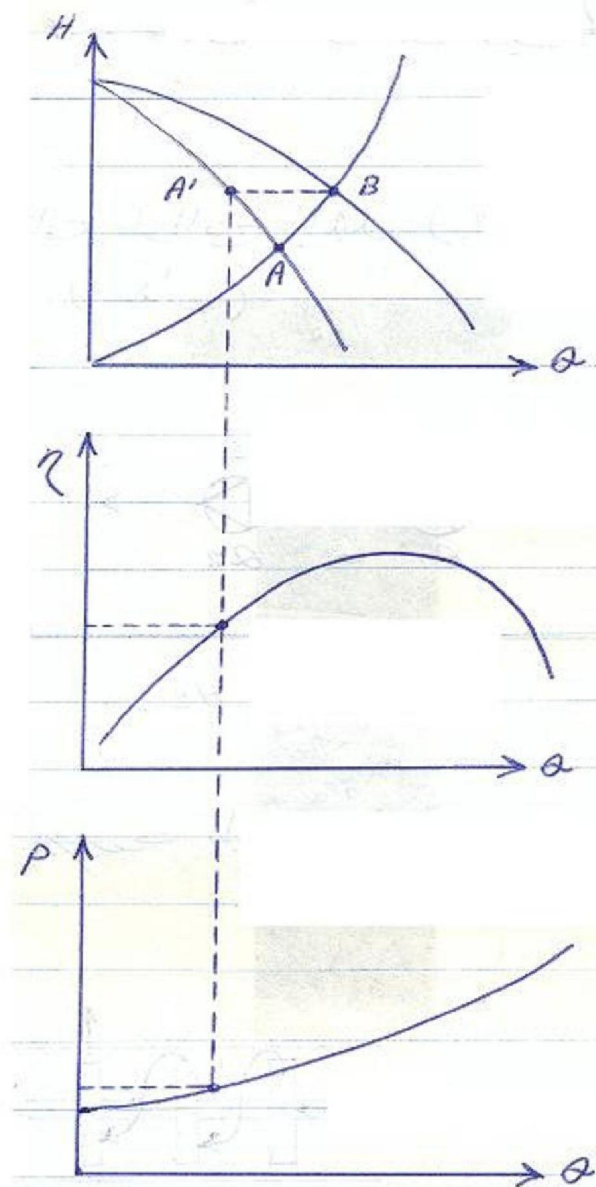


حالت ۱ - وقتی منحنی مشخصه دو پمپ یکسان است. ما - خطهای افقی می کشیم و در هر نقطه برخورد طول بدست آمده را به اندازه خودش جلومی آویسیم تا نمودار (دو پمپ یکسان - موازی شده) بدست آید.

← $\begin{cases} A - \text{نقطه عملکرد یک پمپ به تنهایی} \\ B - \text{نقطه عملکرد دو پمپ موازی} \end{cases}$

* مقدار دبی کمتر از دو برابر دبی یک پمپ تنها است چون منحنی ما سیر نزولی دارد (یعنی هر چقدر تعداد پمپها را زیاد کنیم افت سیستم هم افزایش می یابد).

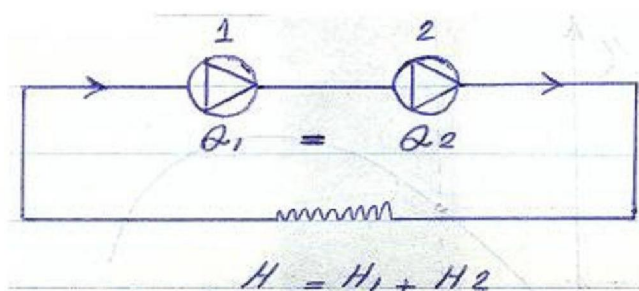
* نقطه A' عملکرد هر پمپ در سیستم جدید است. نقطه B نقطه عملکرد سیستم موازی است و نقطه A نقطه عملکرد هر یک از پمپها به تنهایی در سیستم قدیم است. این نکته حائز اهمیت است چون مقدار اندمان را باید با رسم یک خط عمود از نقطه عملکرد هر پمپ در سیستم جدید و تقاطع آن با منحنی اندمان بدست آوریم.



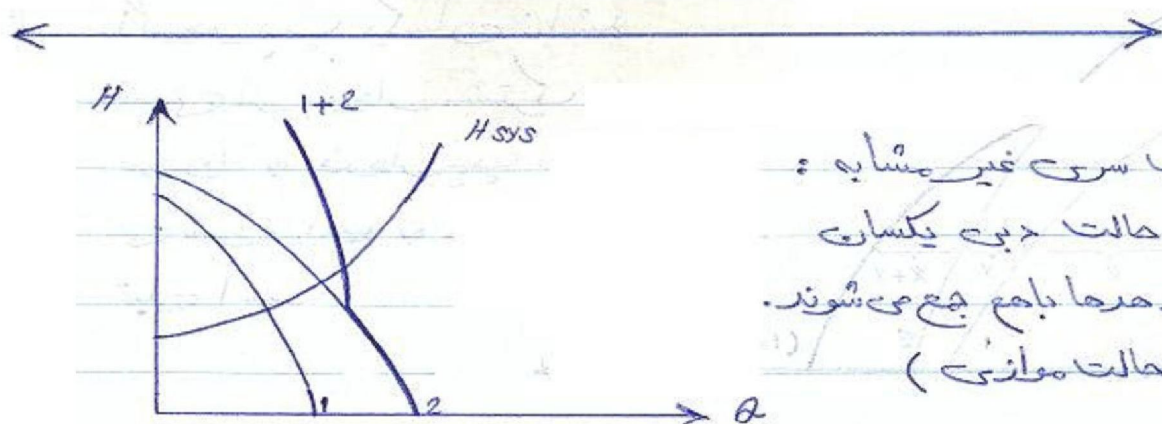
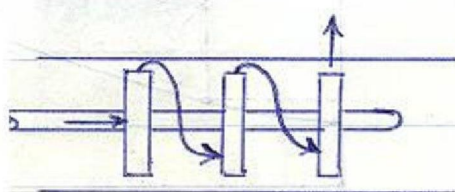
حالت ۳ - اگر دو پپ یکسان نباشد
 قسمتی از نمودار مشترک -
 مربوط به نمودار پپ قویتر
 می شود و بقیه به هان روشن
 قبلی است.

پمپهای سری : معمولاً در موارد زیر بکار می رود :

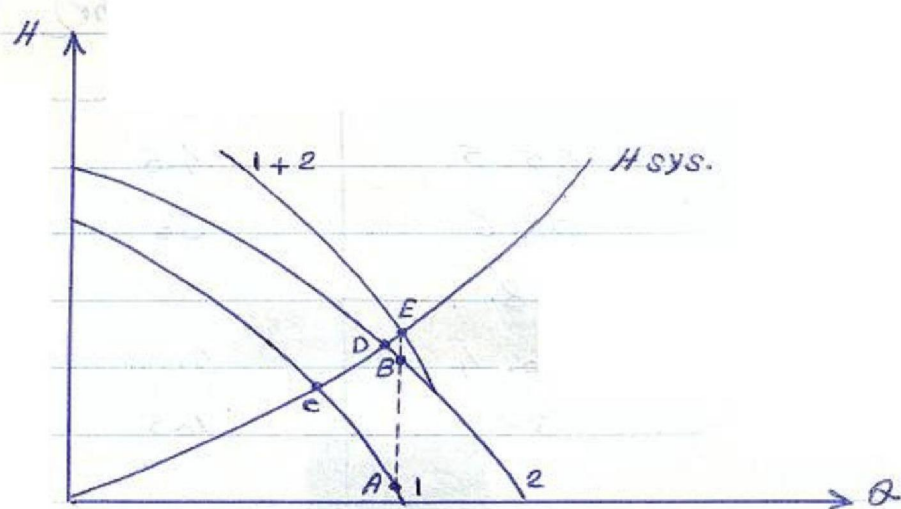
- ۱- اگر خط انتقال طولانی باشد (مثل خطوط انتقال نفت)
- ۲- بالا بردن حد (فشار)



* این پمپها معمولاً بصورت طبقه‌ای ساخته می شود و دو نوع افقی و عمودی دارند



* دو پمپ سری غیر مشابه :
در این حالت دین یکسان
است و هر دو با هم جمع می شوند.
(برعکس حالت موازی)



- A - نقطه عملکرد پمپ در سیستم سری
 B - " " " "
 C - نقطه عملکرد خود پمپ در سیستم قدیم
 D - " " " "
 E - نقطه عملکرد سیستم سری



مسئله - درج مورد نیاز مشخصات سیستم

$$H_s = 16 \text{ m}$$

$$150 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$L = 2.5 \text{ Km}$$

$$D = 200 \text{ mm}$$

$$f = 0.026$$

* مقدار مشخصه پمپ :

$H(m)$	$Q (m^3/hr)$
57	32
55.5	46
52.6	60
48	78
40.4	90
35	105



* چون Max دبی 105 است و ما 150 می خواهیم باید چند پمپ را با هم موازی کنیم. مطلوبست طراحی سیستم در صورتی که دبی $150 m^3/hr$ را بدهد.

- ۱- تعداد پمپ لازم ؟
- ۲- منحنی مشخصه یک پمپ تنها و تعداد پمپ مورد استفاده بصورت موازی و منحنی مشخصه سیستم ؟
- ۳- نقطه کارکرد مناسب را بیابید.

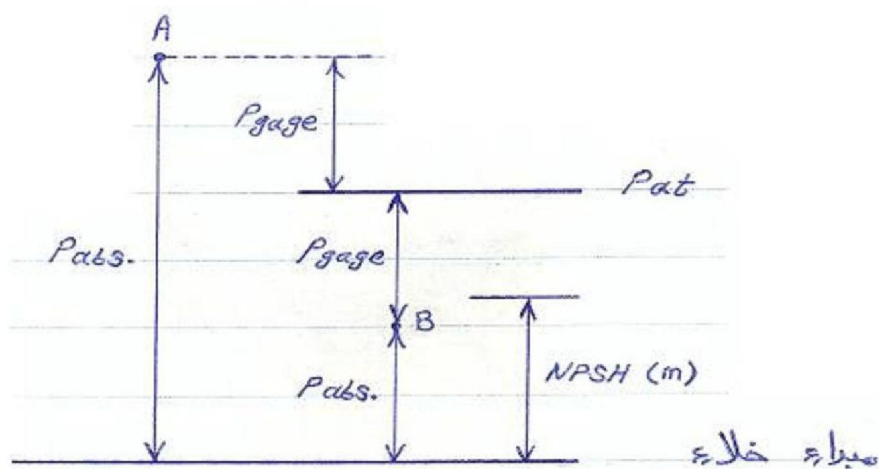
(رسم روی کاغذ میلیمتری)

(حد مکش مثبت خالص)

$NPSH$ پمپ :

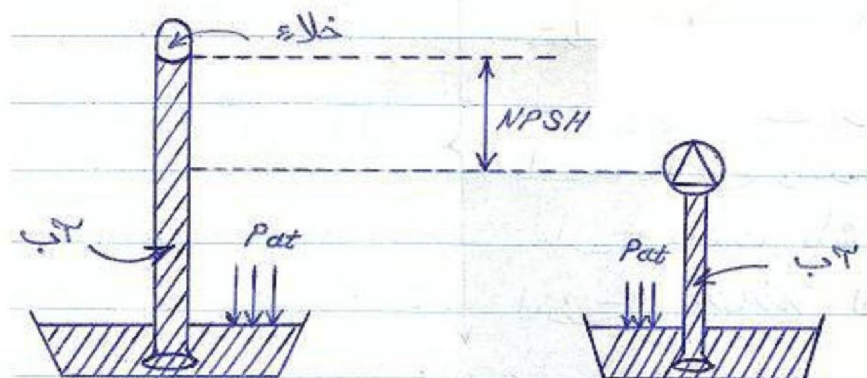
($NPSH$ Required) : آب ورودی به قسمت مکش پمپ باید مقداری انرژی داشته باشد تا بتواند وارد پمپ شود (مثل آب که به شیر طبقه بالایی رسد و باید در آنجا هم یک فشاری داشته باشد). این مقدار - انرژی $NPSH$ لازم گویند.

$NPSH$ لازم برای هر پمپ را در کاتالوگ آن درج می کنند. فشار در محفظه ورودی پمپ نباید صفر شود یعنی نباید پمپ بیش از حد بالا نصب شود. اگر $NPSH$ از حد لازم کمتر شود پمپ قادر به ادامه کار نیست (چون مایع قبل از رسیدن به ورودی پمپ بخار می شود)



* یعنی اگر فرض کنیم که مسئله مشابه آب از مایش توربینی است، هر چقدر در داخل لوله بالا برویم فشار نسبت به اتمسفر کاهش می یابد تا در نهایت

به قسمت (خلأ) و فشار مطلق صفر می رسد. لذا پمپ باید همواره قبل از رسیدن به به قسمت (خلأ) قرار گیرد تا مایع انرژی لازم را برای رسیدن به ورودی پمپ داشته باشد. این مقدار را $NPSH$ لازم گویند و با واحد m نمایش می دهند.



فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تأسیسات و مکانیک
 طراحی - نظارت - اجرا
 ۱۵۴۰۰۰۱۷۲۷۶ - نظام مهندسی
 ۱۵۴۰۰۰۰۲۸۱۵ - پروانه مهندسی
 ۱۵۴۰۰۰۱۲۲۲ - شماره شهرسازی

جزوه آموزشی درس سیستم های انتقال آب آقای دکتر فرزاد جعفر کاظمی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران - دانشکده فنی (۱۳۷۴)

پروژه

تجیر و نگهداری پمپها

۱- هواگیری ناقص

۲- ارتفاع زیاد

۳- محکوس بودن جهت گردش

مسئله - چرا پمپهای سانتریفوج نیاز به هواگیری دارند؟

۴- مسدود بودن پروانه

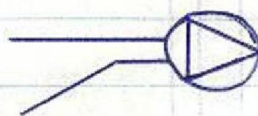
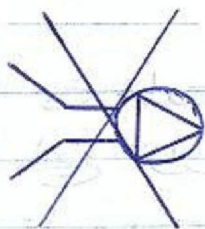
۵- نوع چپ مناسب نباشد

۶- تجیر شکل پروانه

۷- تلفات ارتفاع در مسیر مکش

۸- تلفات ارتفاع در مسیر انشعاب

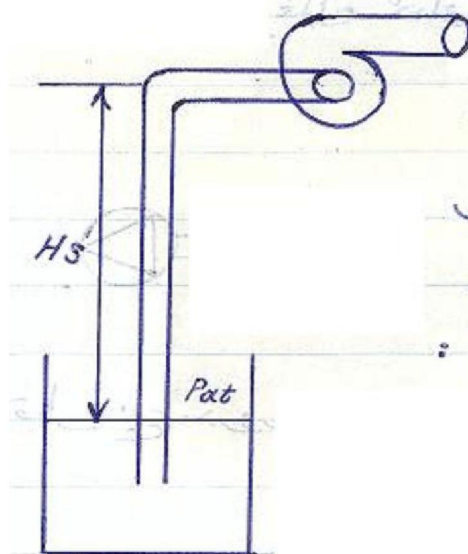
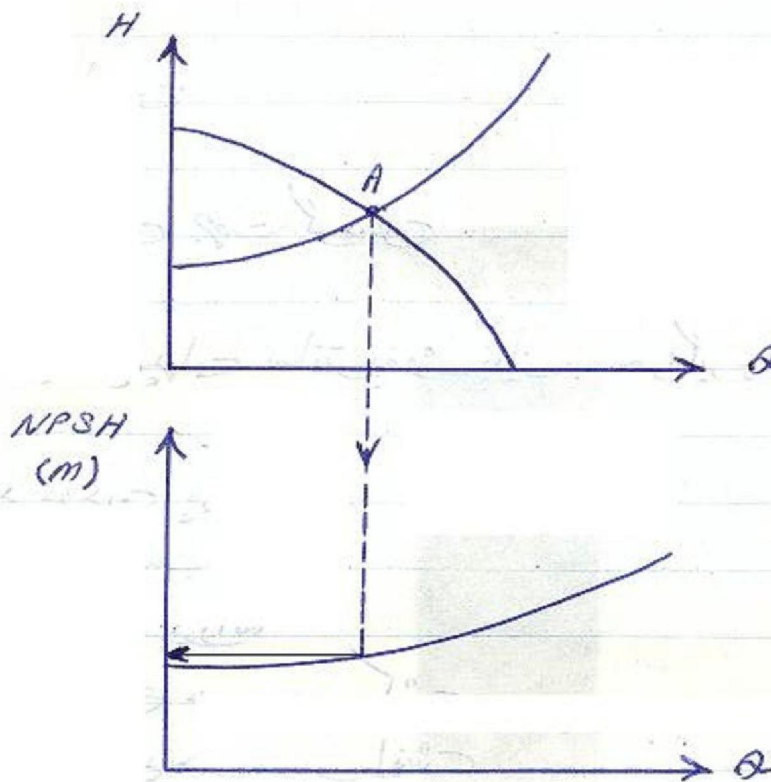
* - پمپ ۲ بدهی ندارد : (علل مختلفی دارد مثلاً هواگیری ناقص)



کاهش قطر غلط در ورودی

کاهش قطر صحیح در ورودی

اداره بخت NPSH :



Max ارتفاعی که می تواند پمپ
را بالای سطح مایع قرار داد
به شکل زیر محاسبه می شود :

$$H_s (\text{Max}) = \frac{P_{at}}{\rho g} - h_{L \text{ suction}} - \frac{P_v}{\rho g} - \text{NPSH}$$

فشار بخار مایع

$$NPSH = \frac{P_{atm}}{\gamma} - \left(h_L + \frac{P_v}{\gamma} + H_s \right)$$

$NPSH$ فوق $\downarrow$ (available) گویند و باید هوای از $NPSH$ $required$ که از خودار بدست می آید (یعنی توسط کارخانه تعیین شده) بزرگتر باشد تا پدیده $cavitation$ رخ نهد.

$$(NPSH)_{av.} > (NPSH)_{req.}$$

* حال اگر $NPSH$ لازم را کارخانه با منحی به ما بدهد و ما می خواهیم بدانیم H_s که می توانیم تا آن ارتفاع پمپ را بالای سطح مایع قرار دهیم چقدر است؟

$$NPSH_{req.} = 2 \text{ m} \quad (\text{از منحی})$$

مثال -

$$(NPSH)_{av.} \approx 10.33 - \left(1 + \frac{3000}{10000} + H_s \right)$$

* اگر در مرحله طراحی باشیم باید دو $NPSH$ را مسأله قرار دهیم - تا حد اکثر H_s بدست آید. اگر در حال چک کردن یک سیستم هستیم H_s موجود را در سیستم در معادله درج قرار می دهیم تا ببینیم $NPSH$ لازم را به ما می دهد یا خیر.

* گاهی می‌توان $NPSH$ لازم را بصورت سرانگشتی محاسبه نمود :

$$(NPSH)_{req} = \sigma H + \frac{V_s^2}{2g}$$

$$\left. \begin{array}{l} V_s - \text{سرعت مکش} \quad m/s \\ H - \text{هد پمپ} \quad m \\ NPSH - \text{بر حسب} \quad m \\ \sigma = 1.21 \times 10^{-3} Ns^{4/3} \\ Ns - \text{سرعت مخصوص بدون بعد} \end{array} \right\}$$

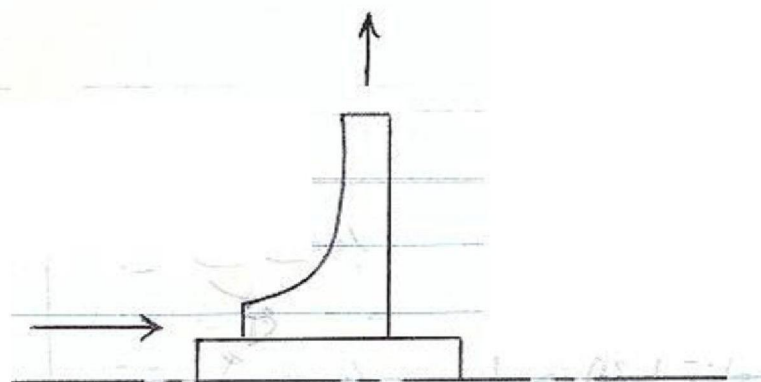
* فرمول فوق برای وقتی بکار می‌رود که مانعی پمپ را نداریغ اما برخی مشخصات پمپ در دست است.

$$Ns = \frac{N \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

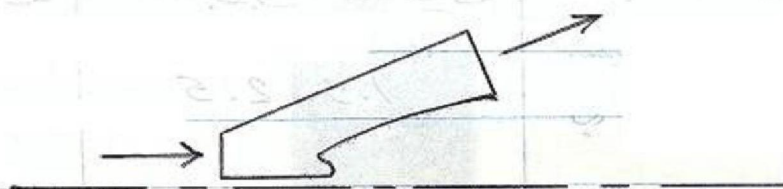
$$\begin{array}{l} rpm - N \\ m^3/s - Q \\ m - H \end{array}$$

نوع پمپ	Ns
سانتریفوز	8 - 24
جتلان	40 - 160
محوری	100 - 300

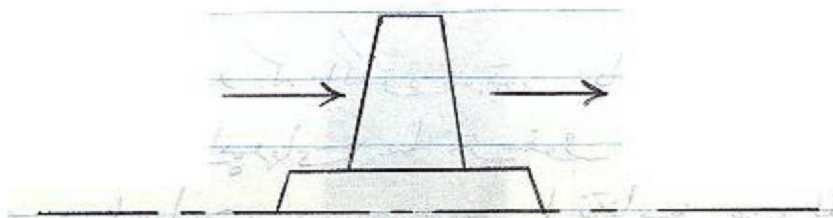
سانتریفوژ



مختلط



محوری



- * اگر مشخصات پمپ را بدهند که باید در سیستم خاصی قرار گیرد -
 باید (No) آن را یافته و ببینیم در چه فاصله‌ای قرار
 می‌گیرد و بر مبنای آن یکی از انواع پمپ را انتخاب می‌کنیم
 (چون آن پمپ در آن فاصله Max زمان را داراست).

* معمولاً پمپهای مختلط کمتر در صنعت استفاده می‌شوند لذا
 از جدول زیر در انتخاب پمپ استفاده می‌کنیم :

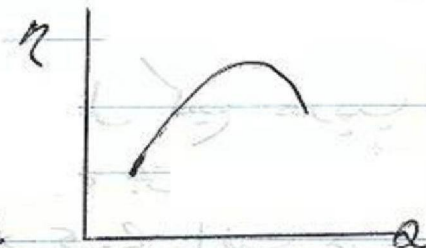
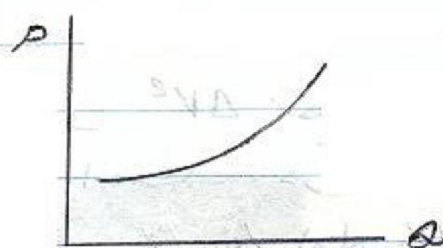
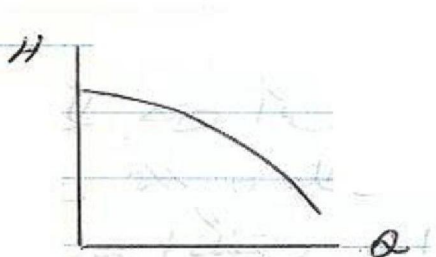
ویژگی‌ها	معمولی	سائنتریفوژ
N_s	بیشتر از 100	8 - 25
$(NPSH)_{req}$	کم	زیاد
حداکثر ارتفاع تولیدی هر طبقه	تقریباً 10 m	تا 180 m
مخزن مشخصه $H-Q$	شیب زیاد	شیب کم
نسبت فشار تولیدی در $Q=0$	2.3 برابر فشار طراحی	1.1 تا 1.6 برابر فشار طراحی
نسبت قدرت مصرفی در $Q=0$		
به قدرت مصرفی در Q_N	1.5 - 2.5	< 1

* نکته ۲: نشان می‌دهد که الکتروموتور باید بر اساس دبی - Max انتخاب شود (در پمپ‌های سائنتریفوژ) اما الکتروموتور - پمپ‌های معمولی بر اساس دبی صفر انتخاب می‌کنند.

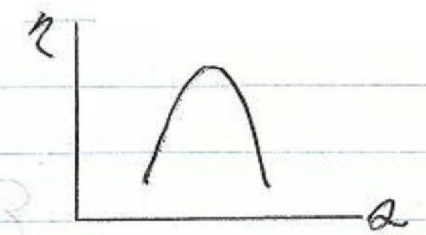
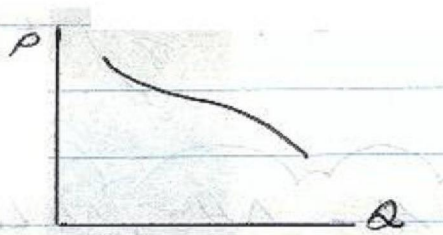
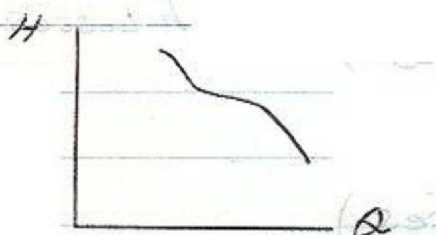
* به عبارت دیگر بستن شیر خروجی برای پمپ معمولی مشکل‌زا است اما در پمپ سائنتریفوژ با بستن شیر خروجی توان کاهش می‌یابد (برعکس معمولی) و مشکلی از لحاظ - $overload$ موتور ایجاد نمی‌کند اما زمان بسته بودن هم کمی دارد چون دمای آب به واسطه گردش پروپا - بالا می‌رود و به پمپ صدمه می‌زند.

مخزنهای نمونه :

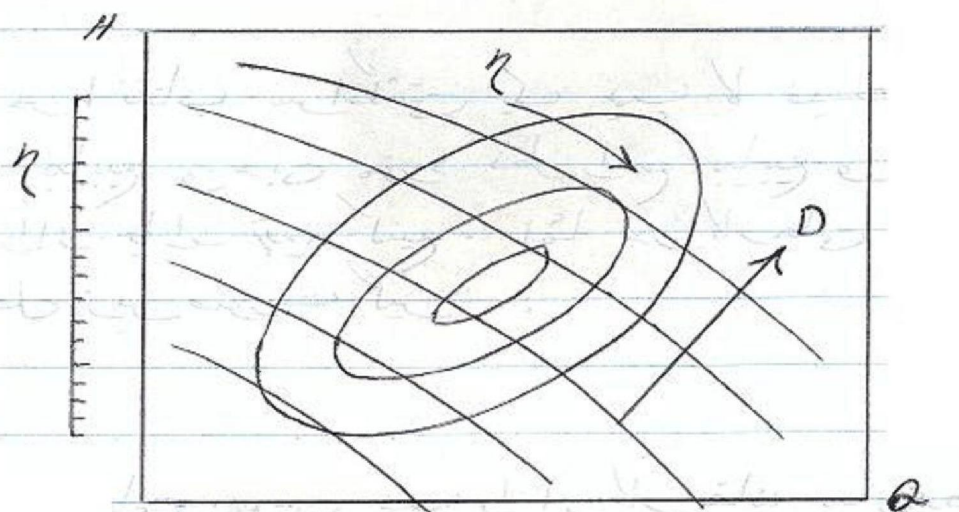
(شعاعی)



(موجی)



* گاهی منحنی های پد را با هم و بر حسب قطرهای مختلف بره
الته می دهند :



انتخاب پمپ

* معمولاً حتی اگر از ΔP و ΔV^2 هم صرف نظر کنیم هر پمپ برابر H_s به علاوه h_L است. در کارهای جزئی معمولاً بطور سرانگشتی به ازای هر 100 ft لوله 2.5 ft افت در نظر می گیریم. البته اگر به داخل یک مخزن تحت فشار پمپ می کنیم ΔP مهم است.

$$H = \Delta H_s + \frac{\Delta P}{\gamma} + \frac{\Delta V^2}{2g} + \Delta h_{\text{Losses}}$$

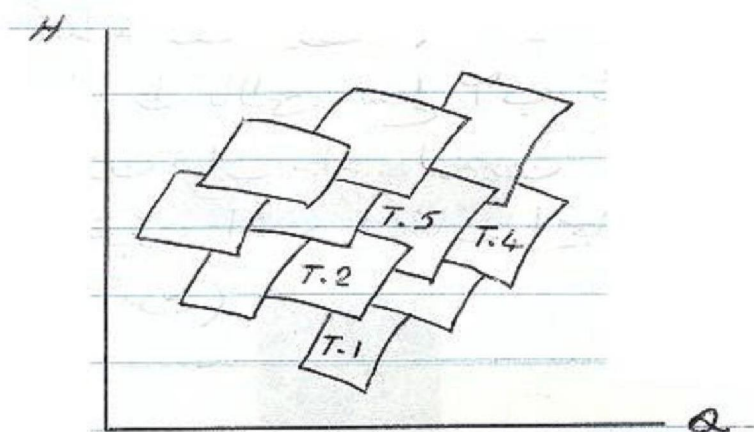
$$H = \Delta H_s + \Delta h_{\text{Losses}}$$

* اما برای کارهای بزرگ محسوسه h بسیار مهم است چون در طول زمان تلفات انرژی با کم بودن h بسیار زیاد می شود.

* پس در انتخاب سرانگشتی یک پمپ کافیت به روش فوق h_L بیابیم و دبی مورد نظر را هم بیابیم و پس پمپ مورد نظر را از بازار تهیه کنیم. اما در کارهای مهم و ظریف باید مراحل زیر صورت گیرد:

۱- مخنیهای مهمی پمپ را از کارخانه سازنده می گیریم

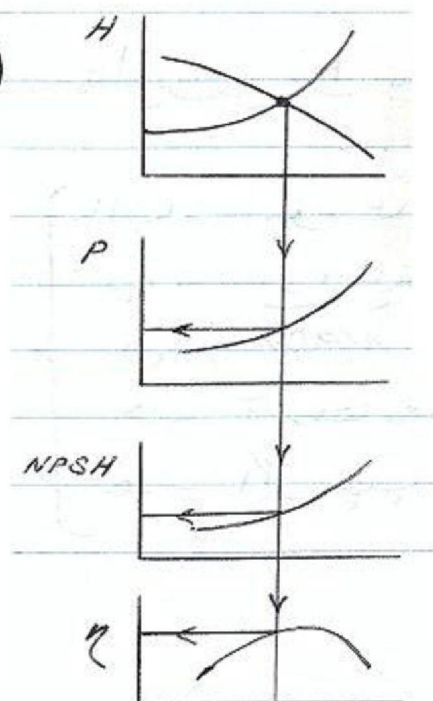
و بر اساس هر دبی مورد نظر نوعی پمپ را انتخاب می‌کنیم.



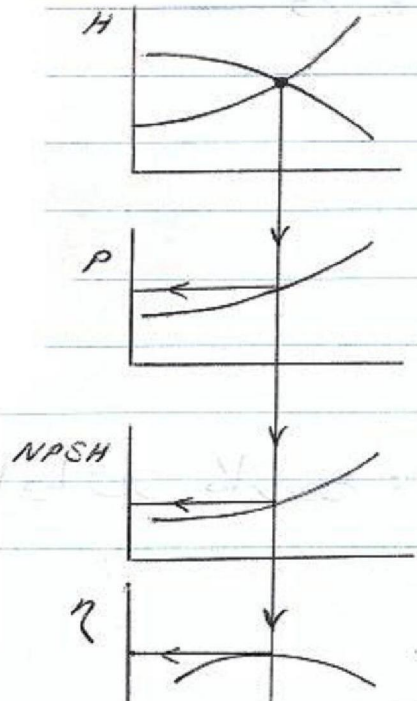
مغنیهای عمومی

۴- اگر دو یا چند پمپ را برای کار مناسب تشخیص دادیم -
 مغنیهای خاص ۲ تا از کارخانه می‌گیریم. سپس مغنی
 H-Q ۲ تا با مغنی سیستم تلاقی داده و نقطه عملکرد را
 یافته و به نمودارهای η و $NPSH$ و انتقال می‌دهیم -
 و پمپ را انتخاب می‌کنیم که بالاتر $NPSH$ بهتر و
 η بهتری داشته باشد.

T.5



T.6



* اگر سیال ما دمای بالا داشته باشد و یا نزدیک به شرایط اشباع باشد (۴۷) آن بالا است و ۲ مادگی بخار شدن را دارد (مثل کندانسور نیروگاه) لذا در این حالت نه تنها نمی توان $NPSH$ را بالای سطح آب قرار داد بلکه باید پمپ را زیر مخزن قرار داد (چون اگر بالا قرار گیرد حتی وجود یک زانوئی افت فشار ایجاد کرده و موجب تبخیر آب می شود).

مثال - پمپ با مشخصات زیر در دست است :

$$\left\{ \begin{array}{l} H = 50 \text{ m} \\ Q = 360 \text{ m}^3/\text{hr} \\ N = 1450 \text{ rpm} \\ \phi_d = 150 \text{ mm} \\ \phi_I = 404 \text{ mm} \\ \phi_s = 200 \text{ mm} \\ \eta = 0.75 \end{array} \right.$$

قطر لوله رانش

قطر پروانه

قطر مکش

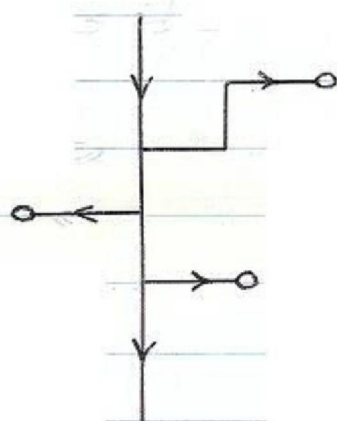
* مقادیر زیر را بیا بید :

- | | |
|-------------------------------------|---|
| الف - سرعت مخصوص | } |
| ب - نوع پمپ | |
| ج - $NPSH$ لازم | |
| د - قدرت مصرفی | |
| ه - اگر پمپ در شرایط زیر بکار رود : | |

ارتفاع از سطح دریا 1500 m
 دما 25°C
 افت فشار در مکش 1.5 m

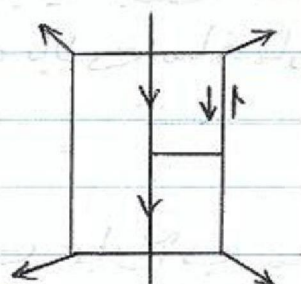
* حداقل ارتفاع مکش پمپ را باید بر...

طراحی شبکه های آب سانی



۱ - شبکه شاخه ای :

* مشکل این شبکه ها این است که اگر در شهرهای بزرگ بار رود اگر در شاخه ای مصرف نباشد آب می گندد و همینطور در هنگام تعمیرات آب بطور کلی قطع می شود.



۲ - شبکه حلقوی :

- * مشکل این حالت این است که در برفی شاخه‌ها نمی‌توانند جهت حرکت آب را به درستی تعیین کنند.



فکات طراحی :

- ۱- اگر مصرف متوسط $\alpha \text{ m}^3/\text{hr}$ باشد مقدار طراحی را $3\alpha \text{ m}^3/\text{hr}$ در نظر می‌گیریم.

- ۲- فشار مورد نیاز ساختمان :

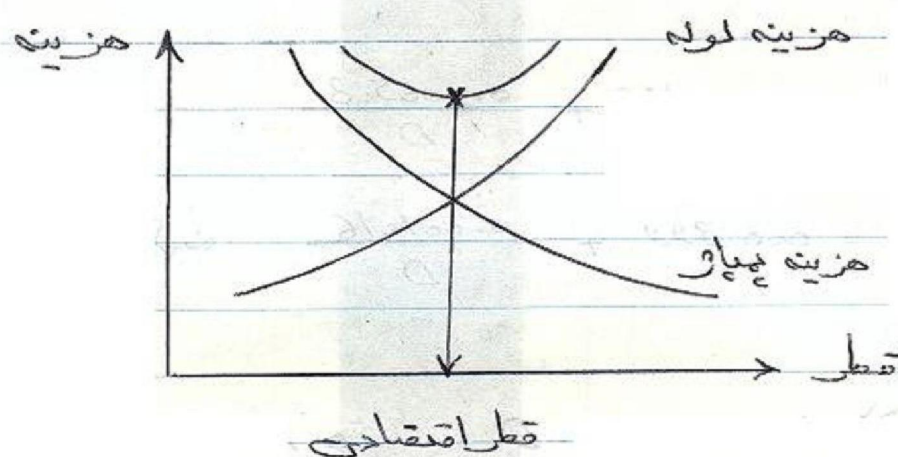
یک طبقه	10-15 m آب
دو	16-19 m "
سه	20-23 m "
چهار	24-27 m "
پنج	29-32 m "
شش	33-36 m "
هفت	37-40 m "

معمولاً سازه‌های آب تا این حد را تضمین می‌کنند اما بیشتر از این باید برای ساختمان پمپ قرار داد تا آب را به یک مخزن بالای ساختمان بریزد.

- ۳- سرعت مجاز آب معمولاً 1.2 m/s - 1 است. بیشتر

انباری ممکن است ضربه قوچ و سروصدای ... تولید کند.
 گاهی فاصله فوق قابل رعایت نیست اما معمولاً بین -
 $0.3 - 2.5 \text{ m/s}$ است (برای حالتی است که -
 مصرف ۲ تنی نشان داده شده باشد).

۴- هزینه و تعیین قطر اقتصادی :



* معمولاً قطر لوله‌های شبکه شهری را از (۴") کمتر نمی‌گیرند
 تا برای شاخه‌های جدید هم ظرفیت داشته باشد.

قوانین مکانیک سیالات : (I) قوانین کلاسیک :

۱- معادله پیوستگی :

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

۲- معادله برنولی :

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{\gamma} + z_2 + \bar{E} h_{LT}$$

$$\sum h_{LT} \begin{cases} \text{افت طولی} & h_{Lf} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \\ \text{افت موضعی} & h_{Lm} = K \frac{V^2}{2g} \end{cases}$$

Colebrook $\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.74 - 2 \log \left(\frac{2K}{D} + \frac{18.7}{Re\sqrt{f}} \right) \quad - ۳$

۴ - رابطه دارسی :

$$\begin{cases} f = 0.0199 + \frac{0.000508}{D} & \text{لوله‌های نزع} \\ f = 0.0399 + \frac{0.001016}{D} & \text{لوله‌های زبر و کهنه} \end{cases}$$

باید : $\text{Max } D = 150 \text{ mm}$

(II) قوانین تجربی :

۱ - رابطه هیزن - ویلیامز :

$$J = 10.666 C^{-1.85} D^{-4.87} Q^{1.85} \quad (m/m)$$

ضریب هیزن ویلیامز که در کتابها داده شده.

m

m^3/s

* هر چه لوله زبرتر یا کهنه تر باشد (C) کمتر است. حدود ۲۰٪ که می توان استفاده کرد :

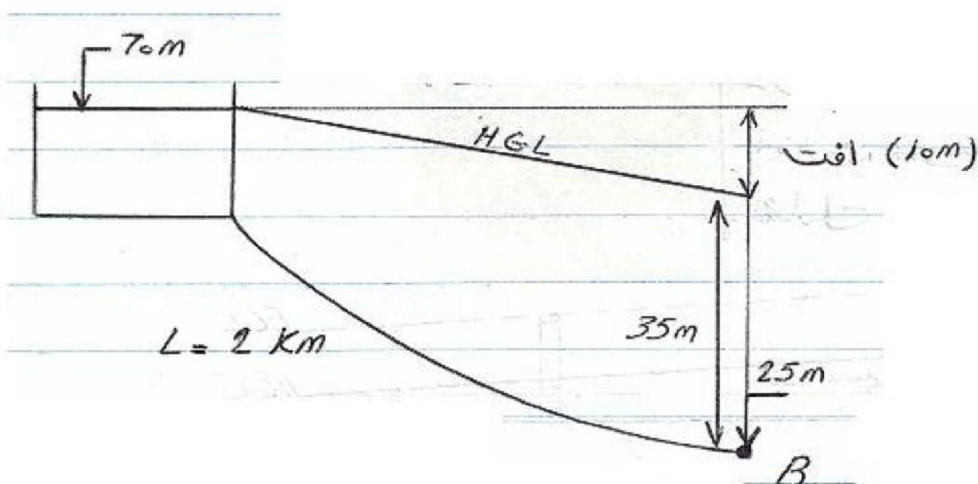
$$\begin{cases} \text{لوله صاف} & \rightarrow 140 \\ \text{لوله زبر} & \leftarrow 90 \end{cases}$$

* J افت بر واحد طول لوله است بر حسب (m/m)

* می توان رابطه فوق را به صورت زیر هم استفاده کرد :

$$\begin{cases} Q = 0.27853 C D^{2.63} J^{0.54} \\ V = 0.35464 C D^{0.63} J^{0.54} \end{cases}$$

مثال - در شکل زیر جمعیت در نقطه B ۱۰۰۰۰ نفر و ارتفاع از سطح دریا ۲۵ m است. حداقل فشار مورد نیاز در نقطه B ۳۵ m است. قطر لوله لازم را بیابید.

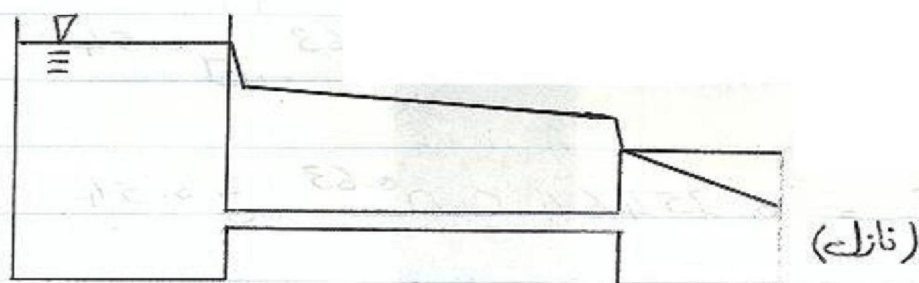


$$\begin{array}{r} 70 - \\ 25 \\ \hline 45 \text{ m} \end{array}$$



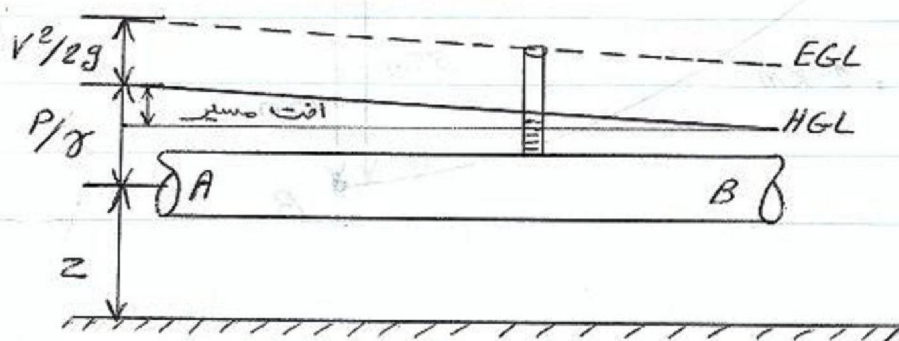
۱- خط تراز هیدرولیکی (HGL) :

بر اساس $z + \frac{p}{\gamma}$ رسم می شود یعنی اگر در نقاط مختلف لوله مانومتر قرار دهیم و سطح این مانومترها را به هم وصل کنیم خط تراز هیدرولیکی رسم می شود.



۲- خط تراز انرژی (EGL) :

بر اساس $z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$ رسم می شود . یعنی - انرژی سیال در هر نقطه - علاوه بر ارتفاع مانومتر - در آن نقطه است بلکه - انرژی سرعت سیال را هم شامل می شود.



* ایا در نقطه B هم 45m قابل مصرف نیست چون مقدار
افت داریم ایا چون در B 35m فشار می خواهیم -
نیاید بعین از 10m افت داشته باشیم :

$$\text{مصرف سرانه متوسط} = 250 \text{ lit/day-c}$$

$$C = 10000 \times 250 = 2.5 \times 10^6 \text{ lit/day}$$

$$q = \frac{2.5 \times 10^6}{24 \times 3600} \times 3 = 78 \text{ lit/s}$$

(سعی و خطا)

فرض

$$\left\{ \begin{array}{l} \phi = 300 \text{ mm} \rightarrow V = 1.23 \text{ m/s} \rightarrow J = 0.0087 \text{ m/m} \\ \phi = 350 \text{ mm} \rightarrow V = 0.9 \text{ m/s} \rightarrow J = 0.0037 \text{ m/m} \\ \phi = 400 \text{ mm} \rightarrow V = 0.7 \text{ m/s} \rightarrow J = 0.0019 \text{ m/m} \end{array} \right.$$

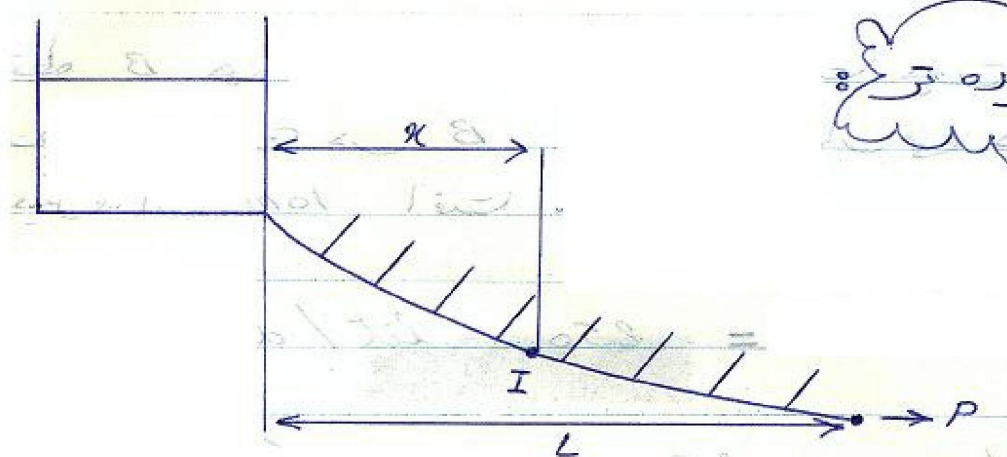
$$\rightarrow h_f = 17.4 \text{ m} \rightarrow H = 70 - 17.4 - 25 = 27.6 \text{ m}$$

$$\rightarrow h_f = 7.4 \text{ m} \rightarrow H = 37.6 \text{ m} \quad \text{مناسب}$$

$$\rightarrow h_f = 3.8 \text{ m} \rightarrow H = 41.2 \text{ m}$$



مقدار فشار باقی مانده
در نقطه (B)



حالت پهنه تر
-c-e

* منبعی داریم که در خط فیزیکی آن شاره‌های صرف مختلف داریم :

$$\begin{cases} Q = \text{دبی کل} \\ Q = \frac{x}{L} Q \text{ دبی صرف شده تا } I \\ Q = (Q - \frac{x}{L} Q) + P \text{ دبی عبوری از نقطه } I \end{cases}$$

* اگر افت فشار در واحد طول dx با dy نشان دهیم خواهیم داشت

$$dy/dx = K \left[(Q - \frac{x}{L} Q) + P \right]^2$$

* وبا انتگرال گیری در طول لوله با شرایط مرزی زیر :

$$\begin{cases} x = 0 \\ y = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = L \\ y = h_f \end{cases}$$

$$h_f = KL \left(P^2 + PQ + \frac{Q^2}{3} \right)$$

* اگر q_e دبی معادل باشد که حین افت فشار ایجاد می‌شود :

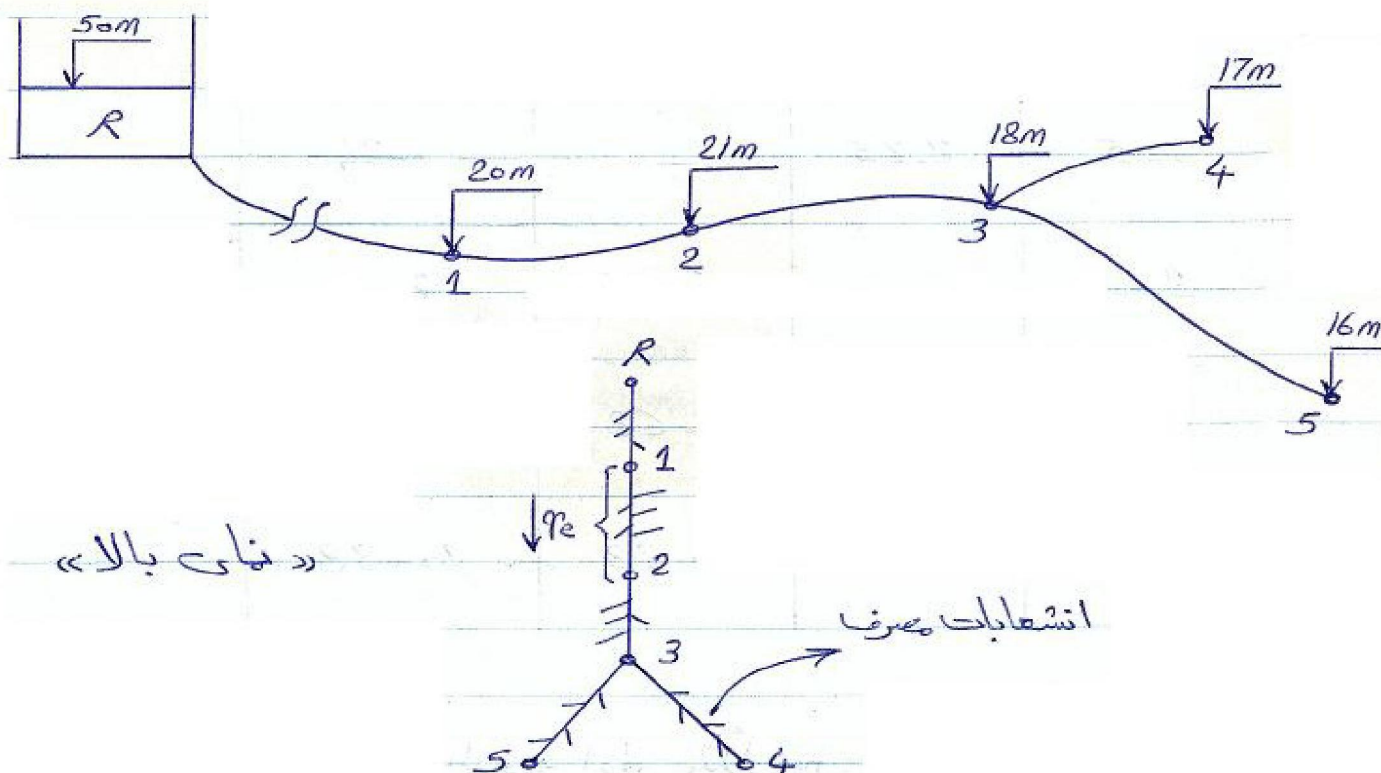
$$h_f = K L q_e^2$$

$$q_e \approx P + 0.55 Q$$

خواص داشت :



مثال - شبکه ای به شکل زیر منطقه‌ای با جمعیت 2000 نفر را تغذیه می‌کند مصرف متوسط هر نفر در روز 150 lit (0.0017 lit/s) است. با فرض ضریب ساعتی حداکثر (K) 3 باشد شبکه را طراحی کنید. حداقل فشار لازم در شبکه 24 m است.



① فاصله	② جمعیت	③ مصرف متوسط $\text{②} \times 0.0017$	③ $\times 3$ مصرف ماکزیمم
R-1	-	-	-
1-2	520	0.9	2.7
2-3	200	0.34	1.02
3-4	850	1.47	4.41
4-5	430	0.75	2.25

فاصله	مصرف	③ بین پایین دست (شرفی)	④ بین معادل $P + 0.55Q$
3-4	4.41	-	2.42
3-5	2.25	-	1.24
2-3	1.02	6.66	7.22
1-2	2.7	7.68	9.17
R-1	-	10.38	10.38

* یعنی برای یافتن طول لوله مثلاً بین نقطه 1 و 2 باید

دبی را داشته باشیم اما دبی متغیر است چون در فواصل لوله از ۲ انشعاب خارج می شود پس برای محاسبه طول لوله از « دبی معادل » q_e بهر می گیریم که در ضمن همان افت واقعی را به ما می دهد.

ارتفاع محل	ارتفاع پیزومتریک بالادست «معلوم»	V (m/s)	k_f ($\Sigma \times L$)	فرسودگی H_f (m/m)	Δ پیم	قطر «فرض» (mm)	طول «معلوم» (m)	تاریخ
20	50	0.6	2.75	0.0055	10.38	150	500	R-1
21	(50 - 2.75) 47.25	0.53	2.24	0.0043	9.17	150	520	1-2
18	45	0.6	1.4	0.007	7.23	125	200	2-3
17	43.6	0.3 ^{min}	1	0.0024	2.42	100	400	3-4
6	42.6	0.44	1	0.009	1.24	100	100	4-5
⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①

اسم بازاری	قطر اسمی Nominal Dia.
	3/8"
2	1/2"
2.5	3/4"
3	1"
4	1 1/4"
5	1 1/2"
6	2"

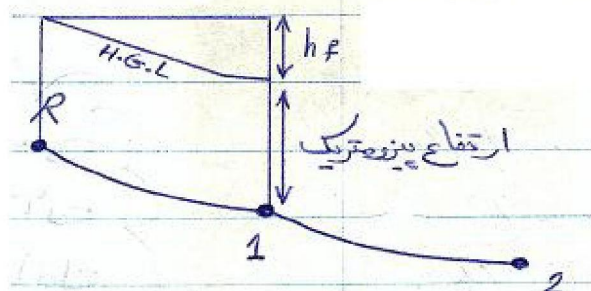
بعد از 1/4" قطر اسمی
لوله با قطر خارجی آن
برابر می شود اما قبل
از آن خیر.

ادامه جدول :

ارتفاع پیزومتریک پایین دست	ارتفاع نظیر فشار
47.25	27.25
→ 45 (47.25 - 2.24)	Min 24 (45 - 21)
43.6	25.6
42.6	25.6
41.6	25.6
(10)	(11)

نکته :

* برای یافتن ابعاد جدول (8) عدد بالائی (5) را از (h_f) قبلی (مربوط به ردیف بالائی) کم می کنند.



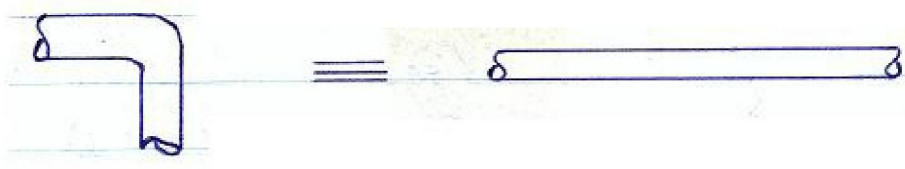
* به عبارتی برای یافتن ارتفاع پیزومتریک در هر محل باید ارتفاع منبع را از h_f های قبل از رسیدن به آن نقطه کم کنیم.

برای نقطه ② : $50 - h_f (R-1) - h_f (1-2)$

شبکه های لوله کشی :

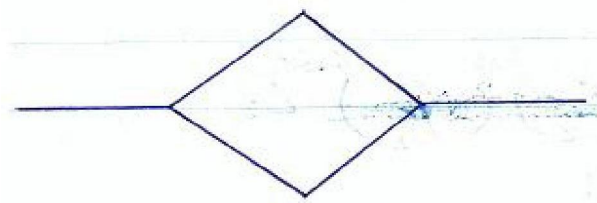
1 - روش لوله های معادل :

* ما می توانیم به جای هر اتصال یا لوله ، لوله ای دیگر قرار دهیم به شرطی که به انالی همان دبی همان افت فشار را به ما بدهد .



* برای حل شبکه ای مطابق شکل زیر از مفهوم طول معادل استفاده می کنیم . در لوله طبق تعریف وقتی معادلند که به انالی دبی - عبور یکسان منجر به افت فشار برابر گردند . ضریب مورد استفاده برای محاسبه افت فشار رابطه هیزن - ویلیامز است :

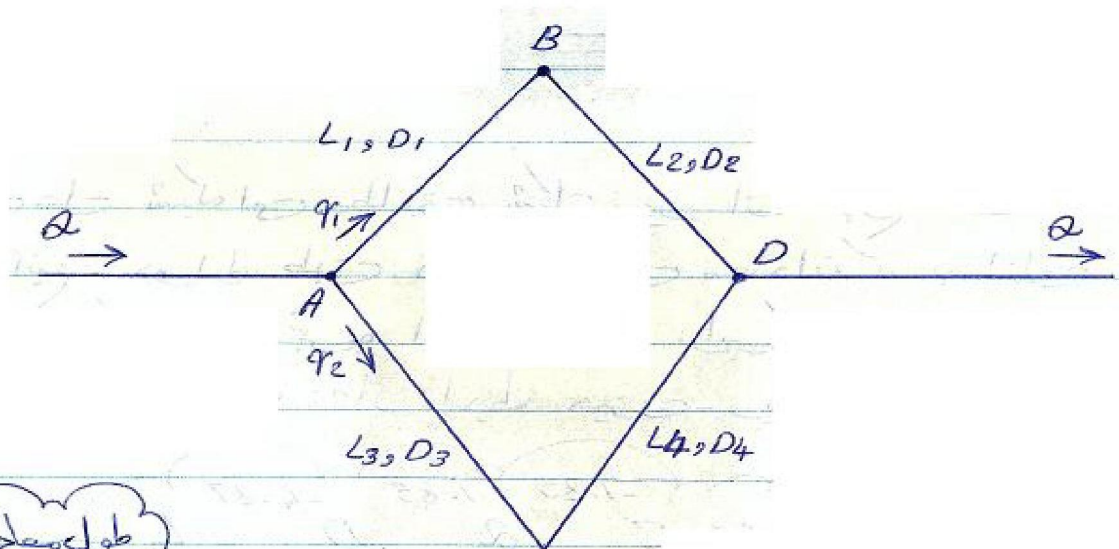
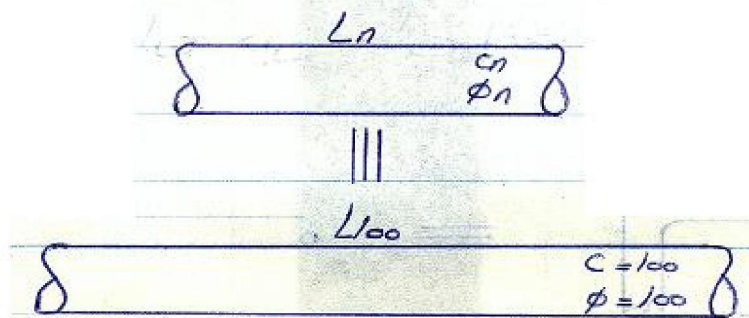
$$h_f = 10.666 C^{-1.85} Q^{1.85} D^{-4.87} L$$



شبکه ساده موازی

* معمول است که لوله معادل را (به قطر $D = 100 \text{ mm}$ و $C = 100$) فرض می‌کنیم سپس با رابطه زیر می‌توان هر لوله مورد نظر در یک شبکه را (لوله نام) به طول لوله معادل تبدیل کرد:

$$L_{100} = \left(\frac{100}{C_n} \right)^{1.85} \left(\frac{100}{D_n} \right)^{4.87} \cdot L_n$$



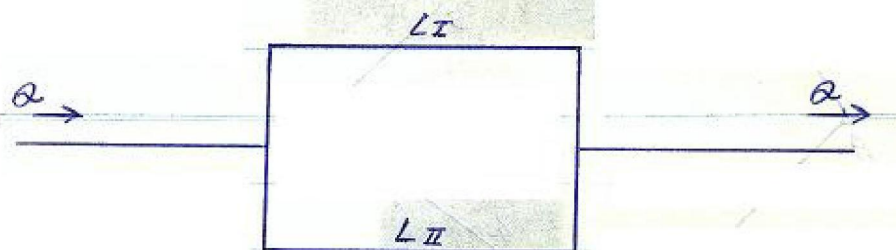
طول معادل هر لوله

$$L'_1 = \left(\frac{C}{C_1} \right)^{1.85} \left(\frac{D}{D_1} \right)^{4.87} L_1$$

$$L'_2 = \left(\frac{C}{C_2} \right)^{1.85} \left(\frac{D}{D_2} \right)^{4.87} L_2$$

⋮ ⋮ ⋮ ⋮

$$\rightarrow \begin{cases} L_I = L'_1 + L'_2 \\ L_{II} = L'_3 + L'_4 \end{cases}$$



* مقدار افت در هر شاخه :

$$\begin{cases} h_{fI} = 10.666 C_I Q_I^{-1.85} D_I^{-4.87} L_I \\ h_{fII} = 10.666 C_{II} Q_{II}^{-1.85} D_{II}^{-4.87} L_{II} \end{cases}$$

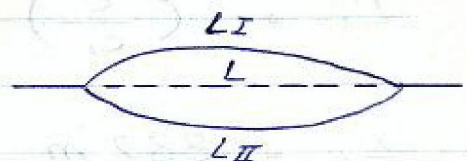
* در هر شاخه موافق : $h_{fI} = h_{fII}$

* می توان اثبات کرد :

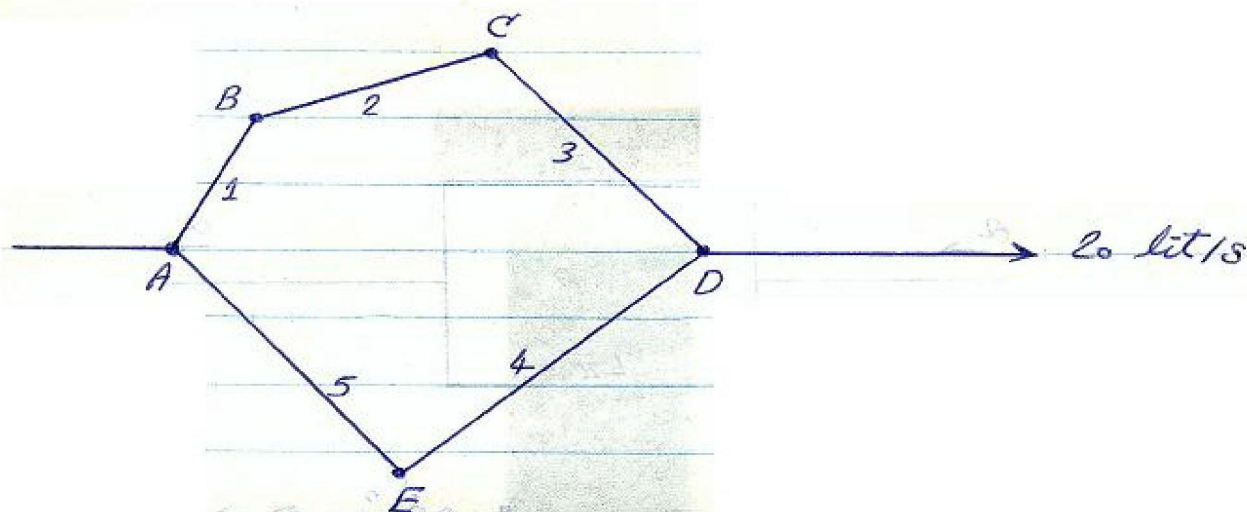
$$Q_I = Q \left(\frac{L}{L_I} \right)^{0.54}$$

$$Q_{II} = Q \left(\frac{L}{L_{II}} \right)^{0.54}$$

$$\frac{1}{L^{0.54}} = \frac{1}{L_I^{0.54}} + \frac{1}{L_{II}^{0.54}}$$



مثال - در شبکه زیر دبی و اوقات فشار را برای هر مسیر بدست آورید.



$$L_1 = 300 \text{ m}$$

$$D_1 = 80$$

$$L_2 = 100 \text{ m}$$

$$D_2 = 100$$

$$L_3 = 200 \text{ m}$$

$$D_3 = 150$$

$$L_4 = 400 \text{ m}$$

$$D_4 = 125$$

$$L_5 = 200 \text{ m}$$

$$D_5 = 60$$

حل : فرض می کنیم ضریب C برای لوله های موجود در شبکه ۱۰۰ بوده و هر لوله ها از یک جنس باشد. لوله معیار را نیز با C و برابر ۱۰۰ در نظر می گیریم. به این ترتیب طول معادل می شود :

$$L'_1 = \left(\frac{C}{C_1}\right)^{1.85} \left(\frac{D}{D_1}\right)^{4.87} L_1 = (1)^{1.85} \left(\frac{100}{80}\right)^{4.87} \times 300$$

$$L'_1 = 889 \text{ m}$$

* به طریق مشابه :

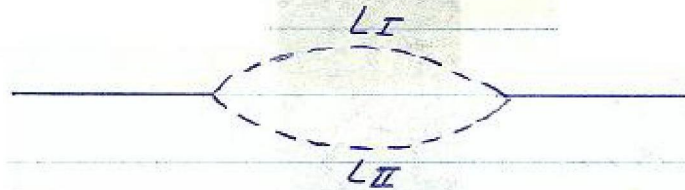
$$L'_2 = 100 \text{ m}$$

$$L'_3 = 28 \text{ m}$$

$$L'_4 = 135 \text{ m}$$

$$L'_5 = 2408 \text{ m}$$

$$\begin{cases} L_I = L'_1 + L'_2 + L'_3 = 1017 \text{ m} \\ L_{II} = L'_4 + L'_5 = 2543 \text{ m} \end{cases}$$



$$\frac{1}{L^{0.54}} = \frac{1}{L_I^{0.54}} + \frac{1}{L_{II}^{0.54}}$$

$$L = 418 \text{ m}$$



$$\begin{cases} Q_1 = Q \left(\frac{L}{L_I} \right)^{0.54} = 12.37 \text{ lit/s} \\ Q_2 = Q \left(\frac{L}{L_{II}} \right)^{0.54} = 7.54 \text{ lit/s} \end{cases}$$

چون ؟

$$Q_1 + Q_2 = 20 \text{ lit/s} \quad (\text{امكان})$$

حسابات فشارها:

$$h_{f1} = 10.666 C_1^{-1.85} Q_1^{1.85} D_1^{-4.87} L_1$$

$$h_{f1} = 10.666 (100)^{-1.85} (12.37 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})^{1.85} (0.08 \text{ m})^{-4.87} (300)$$

$$h_{f1} = 41.5 \text{ m}$$

$$h_{f2} = 4.7 \text{ m}$$

$$h_{f3} = 1.3 \text{ m}$$

$$h_{f4} = 2.5 \text{ m}$$

$$h_{f5} = 44.5 \text{ m}$$

* به طریق مشابه:



مسئله - برای مسئله قبل در حالتی که در شاقه (ABCD) مصرف 8 لیتر/ثانیه داشته باشیم مسئله را حل کنید.
(یعنی شاقه مصرفی داریم و باید از دبی معادل ۹۰ استفاده کنیم).

فرشاد نسری - مهندس پایه یک تأسیسات و لوله‌کشی
 طراحی - نظارت - اجرا
 نظام مهندسی: ۱۵۴۰۰۰۱۷۲۷۶
 پروانه مهندسی: ۱۵۴۰۰۰۰۲۸۱۵
 شماره شهرسازی: ۱۵۴۰۰۱۲۲۲

جزوه آموزشی درس سیستم های انتقال آب آقای دکتر فرزاد جعفر کاظمی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران - دانشکده فنی (۱۳۷۴)