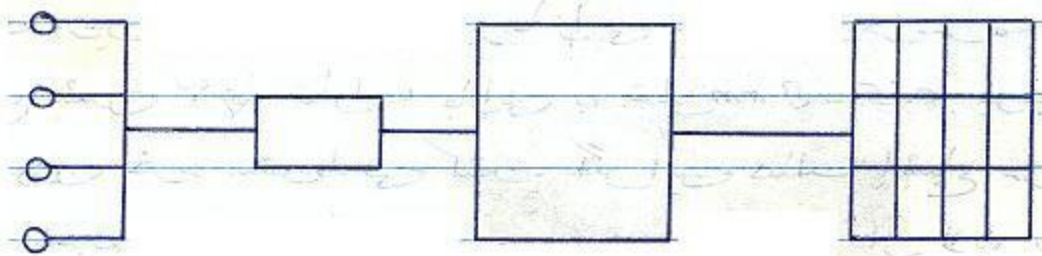


درس : سیستم‌های انتقال آب

استاد : آقای دکتر فرزاد جعفر کاظمی

قدمت آبرسانی به چند هزار سال پیش بازمی‌گردد. به خصوص ایرانیان در زمینه فنات مهارت فراوانی داشتند. اولین سیستم مدرن در ایران ساخت سد امیر کبیر بود.

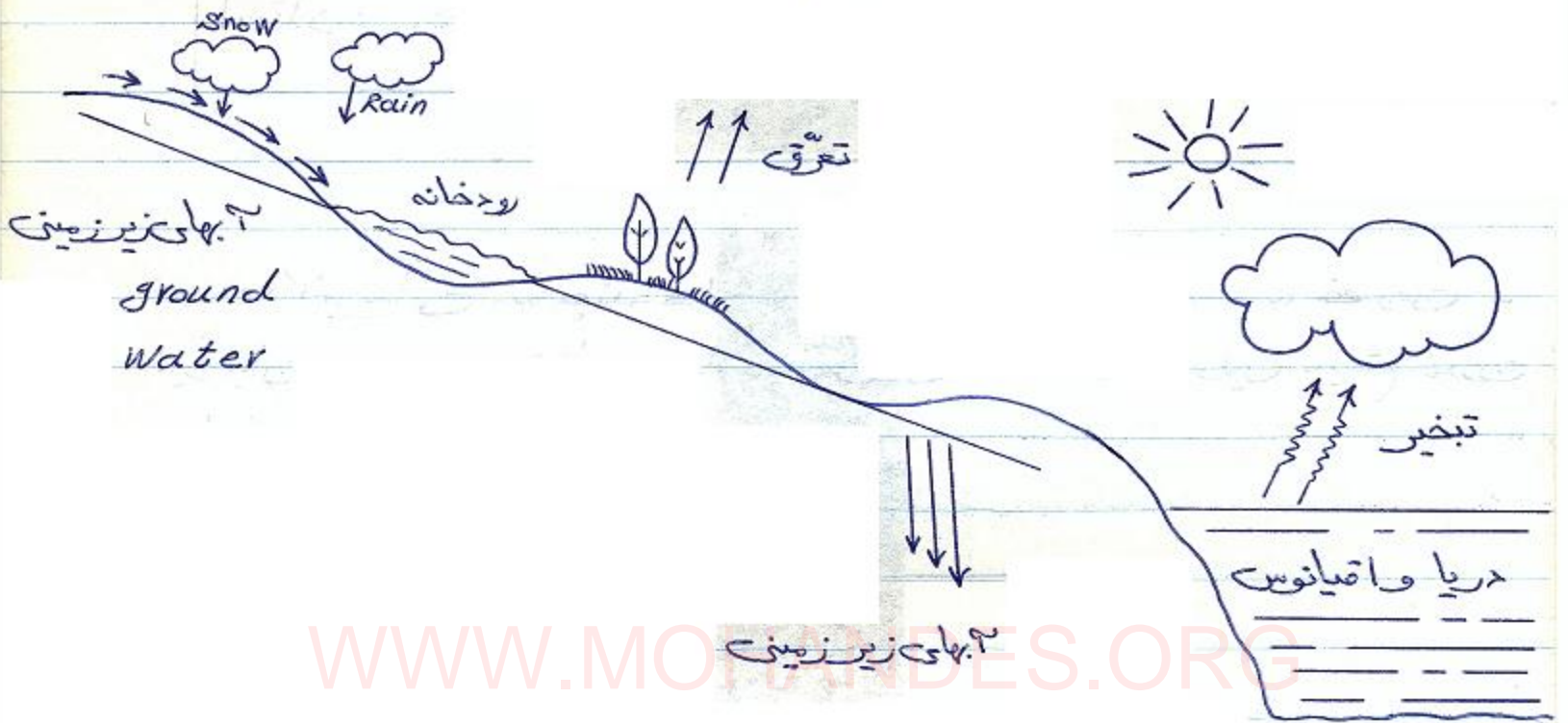
شکل شماتیک آبرسانی شهری



منابع آب تصفیه ذخیره آب شبکه توزیع

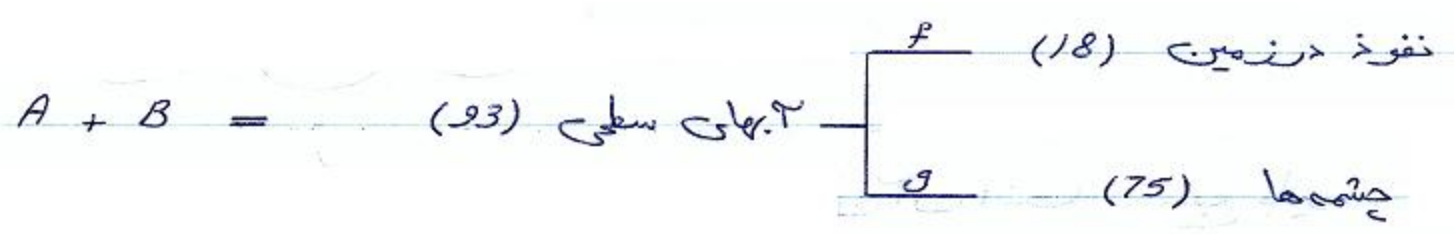
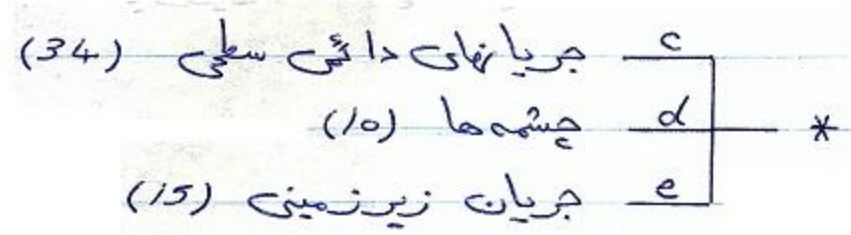
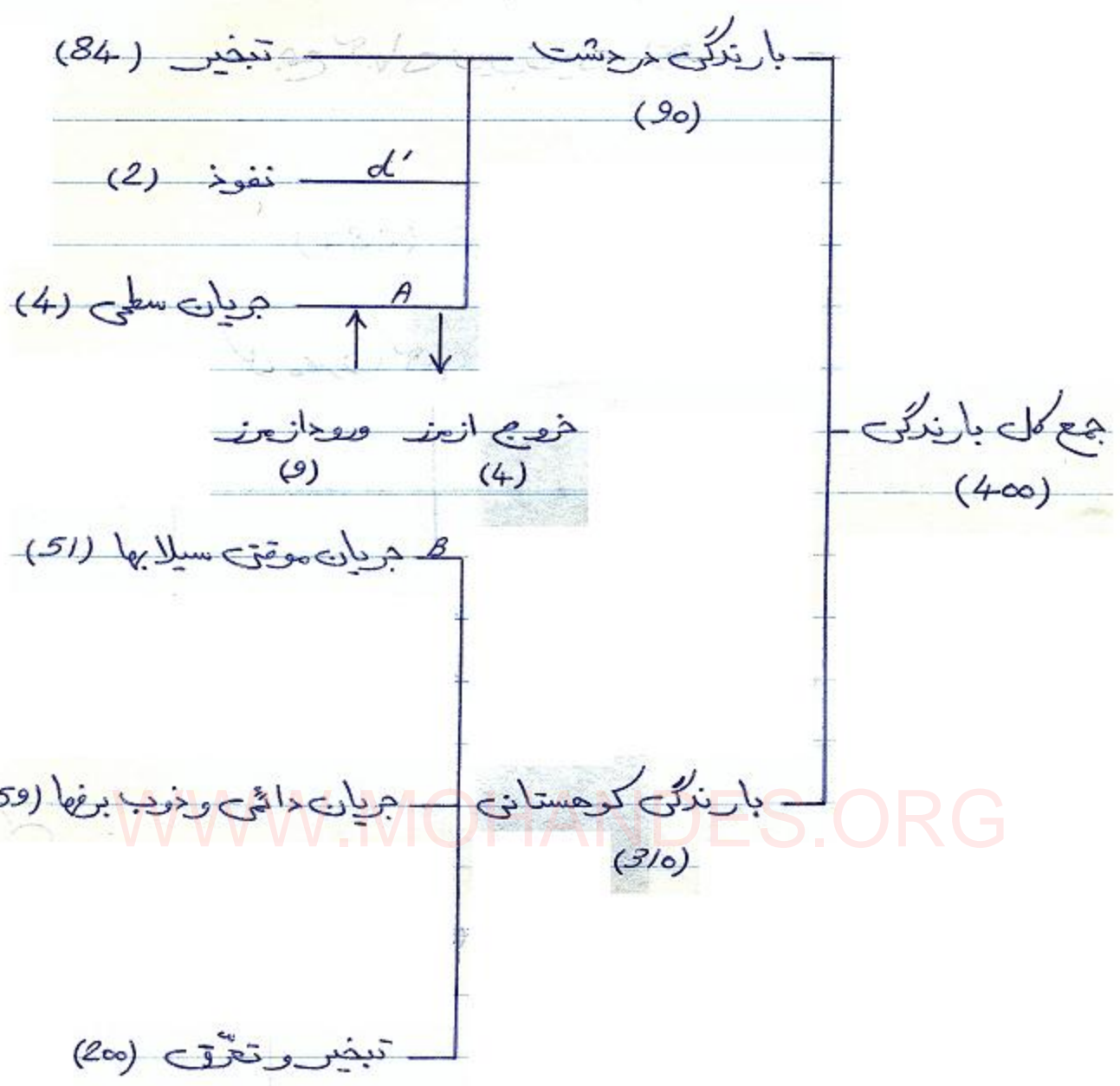
هیدرولوژی : اساس همه سیستم‌های انتقال آب است و در مورد شناخت چگونگی گردش آب در طبیعت بحث می‌کند.

* سطح کل کره زمین 510 mKm^2 است که از این مقدار 310 mKm^2 را آب پوشانده، که 98.77% اقیانوسها و 18 mKm^3 جامد و 0.25 mKm^3 رودخانه‌ها و دریاچه‌های آب شیرین و 0.25 mKm^3 آب زیرزمینی.



* قسمتی از آب‌های روی زمین خرات تشعشع خورشید تبخیر شده و بصورت ذرات ریز (0.02 mm) ابرها را می‌سازند و در هوا معلق هستند. با اشباع شدن آنها قطرات بارانی به قطر $0.5 - 8 \text{ mm}$ بوجود می‌آید که در اثر وزن خود سقوط می‌کنند. اگر این حالت اشباع در سطح زمین پدید آید شبنم است و اگر ذرات در حین سقوط از لایه سرد عبور کنند - بزرگ پدید می‌آید.

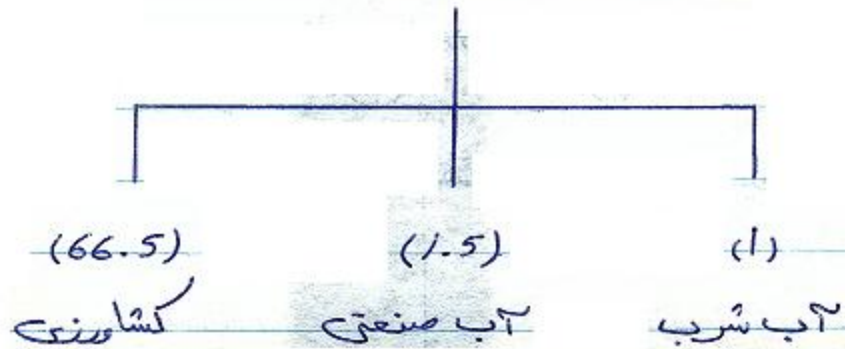
* جمع کل بارندگی ایران در سال 400 میلیون متر مکعب است که بصورت زیر بخش می‌شود. (واحدها mKm^3 است).



جمع آبهای زیرزمینی (35) = $d' + e + f$

(284) تبخیر

کل مصرف آب کشور (69)



WWW.MOHANDES.ORG

از رودخانه‌ها و دریاهای
بزرگ
از رودخانه‌های کوچک و
ارتفاعات

منابع آب

۲- آبهای زیرزمینی : چاه و چشمه و تنوات

درجه اطمینان منابع آب سازش :

نکته مهم در انتخاب یک منبع جدید درجه اطمینان آن است . منبع باید

قابلیت تامین مداوم آب را داشته باشد بدون این که خطری در اثر خرابی یا قطع برق آن را تهدید کند.

انواع روشهای آبرسانی به ترتیب درجه اطمینان:

- ۱- تامین آب از منبعی که عملاً تمام نشدن و انتقال آن به شهر از نوع نقلی باشد.
- ۲- تامین آب بصورت نقلی از منبعی که در برخی اوقات آبروی ناکافی داشته باشد و محتاج به مخازن ذخیره باشد.
- ۳- منبع با آب فراوان و همیشگی ولی محتاج پمپاژ برای انتقال باشد.
- ۴- منبعی که هم نیاز به ذخیره و هم پمپاژ دارد.

TEXT : طراحی آبرسانی شهری : مهندس آسفته
 آبرسانی شهری : نوشته : منزه

بر آورد نیاز آب : انواع نیازهای آب ۳ بخش است :

- ۱- مصرف خانگی
- ۲- " صنعتی
- ۳- " عمومی

* معمولاً در محاسبات شهری برای هر نفر $c = 250 \text{ lit/day}$ در نظر می‌گیرند
اما معمولاً رنج 225 - 350 معقول است.

عوامل مؤثر در مصرف آب شهر :

- ۱- بزرگی شهر
- ۲- وجود صنایع
- ۳- کیفیت آب
- ۴- بالا رفتن فشار شبکه
- ۵- قیمت آب
- ۶- خصوصیات مردم و سطح فرهنگی
- ۷- شرایط جوی
- ۸- بازدهی تسهیلات شبکه شهری

نوسانات آب مصرفی :

- ۱- نوسانات سالانه
- ۲- نوسانات ماهانه
- ۳- نوسانات فصلی

فرشاد سیرایی - مهندس پایه یک، تاسیسات و مکانیک
 طراحی - نظارت - اجرا
 ۱۵۴۰۰-۱۷۲۷۶ - مقام مهندسی
 ۱۵۴۰۰-۰۲۸۱۵ - پروانه مهندسی
 ۱۵۴-۰۱۲۲۲ - شماره شهرسازی

- ۳ - نوسانات هفتگی
- ۴ - نوسانات روزانه
- ۵ - نوسانات ساعتی

جزوه آموزشی درس سیستم های انتقال آب آقای دکتر فرزاد جعفر کاظمی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران - دانشکده فنی (۱۳۷۴)

* معمولاً مصرف روزانه Max را 1.5 تا 2.5 برابر مصرف روزانه متوسط می گیرند :

برای طراحی منابع

$$Q_d \text{ max} = (1.5 - 2.5) Q_d \text{ AV.}$$

* منابع ذخیره بر حسب $Q_d \text{ max}$ روزانه طراحی می شوند اما برای طراحی شبکه از $Q_h \text{ max}$ ساعتی بهره می گیرند :

$$* Q_h \text{ max} = \frac{(1.5 - 2.5) (1.5 - 2)}{24} Q_d \text{ AV.} \rightarrow$$

$Q_h \text{ max} = (0.1 - 0.2) Q_d \text{ AV.} \quad m^3/h$

$$\begin{cases} P = 180 t^{-0.1} \\ t : \text{روز} \\ P : \text{درصد} \end{cases}$$

* فرمول مقابل ضریب تبدیل مقدار متوسط مصرف را به مقدار Max برست می دهد. اگر برای روز بجوای t

۱ (۱) و مثلاً اگر برای هفته بخواهیم \bar{Q} را (۱) قرار می دهیم .

(فرمول گودریچ) \uparrow



* مصرف آتش نشانی را هم باید به مقادیر قبلی مصرف شهری اضافه کرد چون در عمل آتش نشانی در زمان کم مصرف بالائی صورت می گیرد

مسئله - بررسی مصرف آب سالانه یک شهر تخییرات زیر را دارد :

سرعت زمان آبرسانی	150	130	85
مقدار پمپاژ m^3/day	6500	4000	10000

* جمعیت شهر = 30000 نفر است . مقادیر زیر را بیابید :

- ۱- مصرف متوسط روزانه
- ۲- مصرف Max روزانه
- ۳- مصرف آتش نشانی

$$(1) : Q_d AV = \frac{(150)(6500) + (130)(4000) + (85)(10000)}{365 \times 30000}$$

$$Q_d AV = 214 \text{ lit/day.c}$$

$$(2) : Q_d Max = \frac{120}{100} (1)^{-0.1} \times 214 = 385 \text{ lit/d.c}$$

9
(س) : جمعیت 30000 → جدول → $Q_{\text{five}} = 333 \text{ lit/s}$

• پیش بینی افزایش جمعیت شهر :

* عوامل مؤثر در افزایش جمعیت عبارتند از :

- ۱ - مهاجرت
- ۲ - بالارزمتن سطح بهداشت
- ۳ - گسترش راههای ارتباطی
- ۴ - برنامه تنظیم خانواده دولت

• روشهای پیش بینی جمعیت :

۱ - روش حسابی :

$$\frac{dP}{dt} = K$$

$$P_n = P_0 + Kt$$

۲ - روش هندسی :

$$\frac{dp}{dt} = kt$$

$$P_n = P_0 (1+k)^n$$

n - سال

k - ضریب رشد جمعیت % (5-10)

* روش هندسی ارجح می باشد.

برای چند سال طراحی کنیم؟

۱- منابع ذخیره، تصفیه خانه‌ها و استخرهای ته نشینی برای ۱۰ تا ۱۵ سال طراحی می شود و باید در کنارش جا داشته باشد.

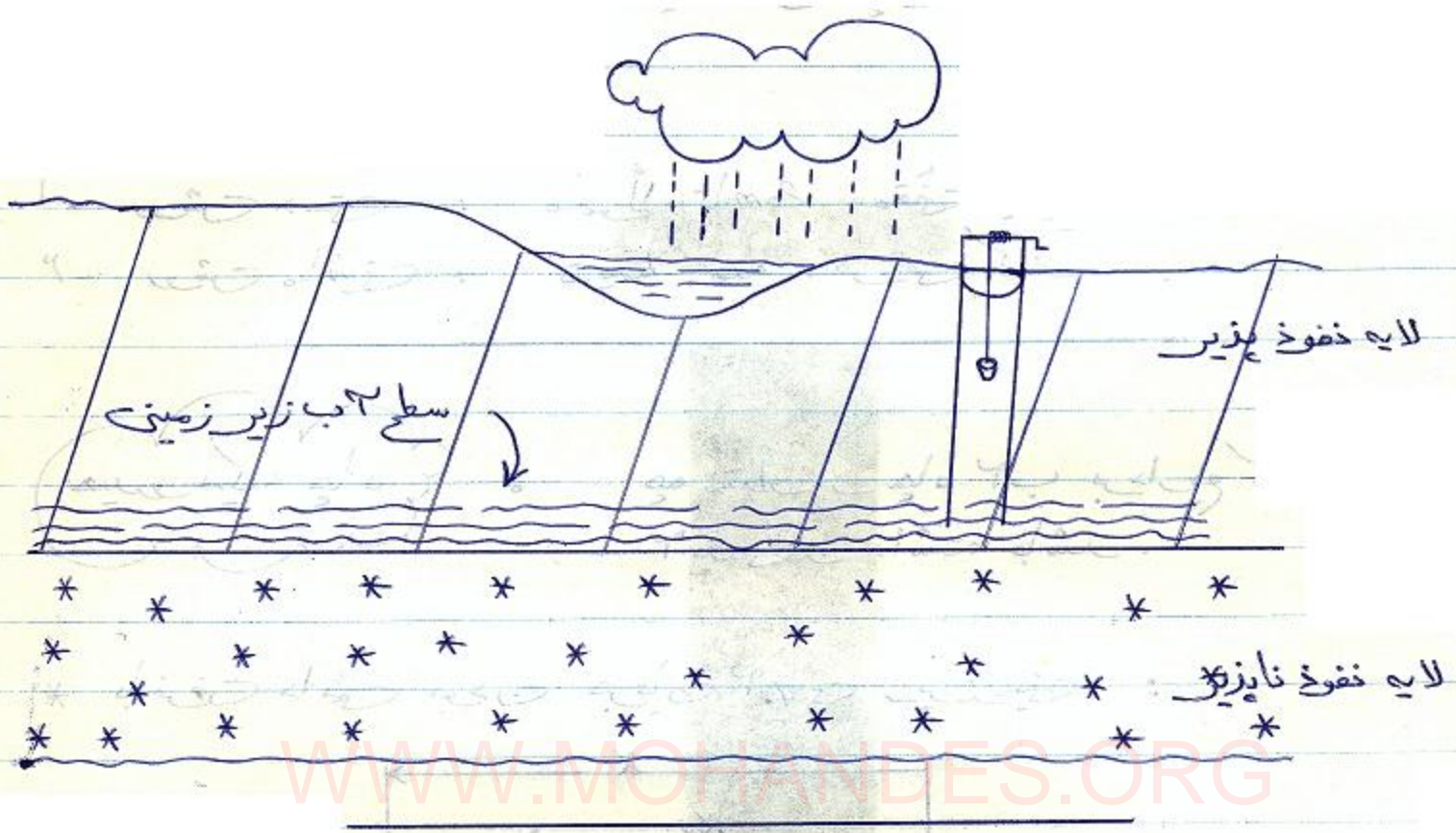
۲- برای شبکه آبرسانی شهری ۲۵ تا ۴۰ سال.

۳- برای قطعات مکانیکی (مثل پمپ) براساس عمر دستگاه.

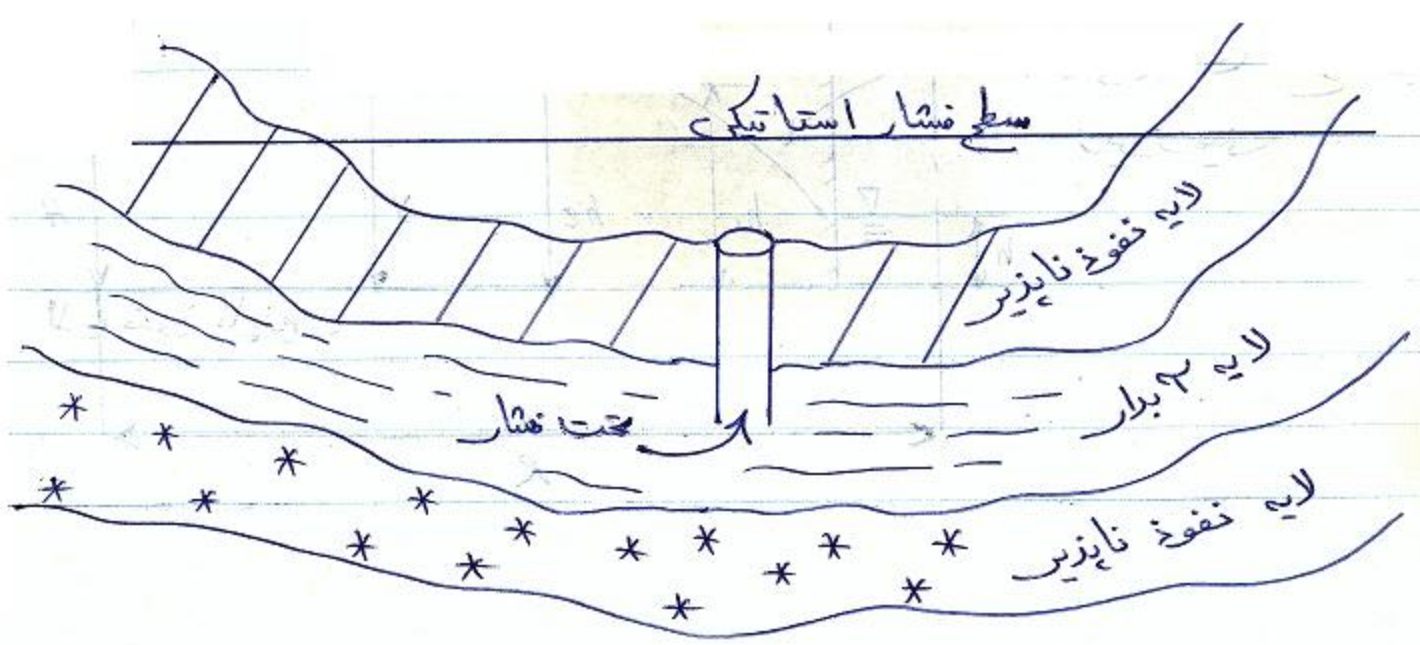
منابع تهیه آب

* سفره‌های آبی زیرزمینی: هم آبی است که در زیر لایه‌های زیرین گسترده است. برفی تحت فشار و برفی آزاد هستند.

* سفره‌های تحت فشار را چاه‌های (آرتزین) گویند



چاه‌های (آرتزین) : اگر چاه زیر سطح فشار استاتیکی منطقه
 کنده شود . . .

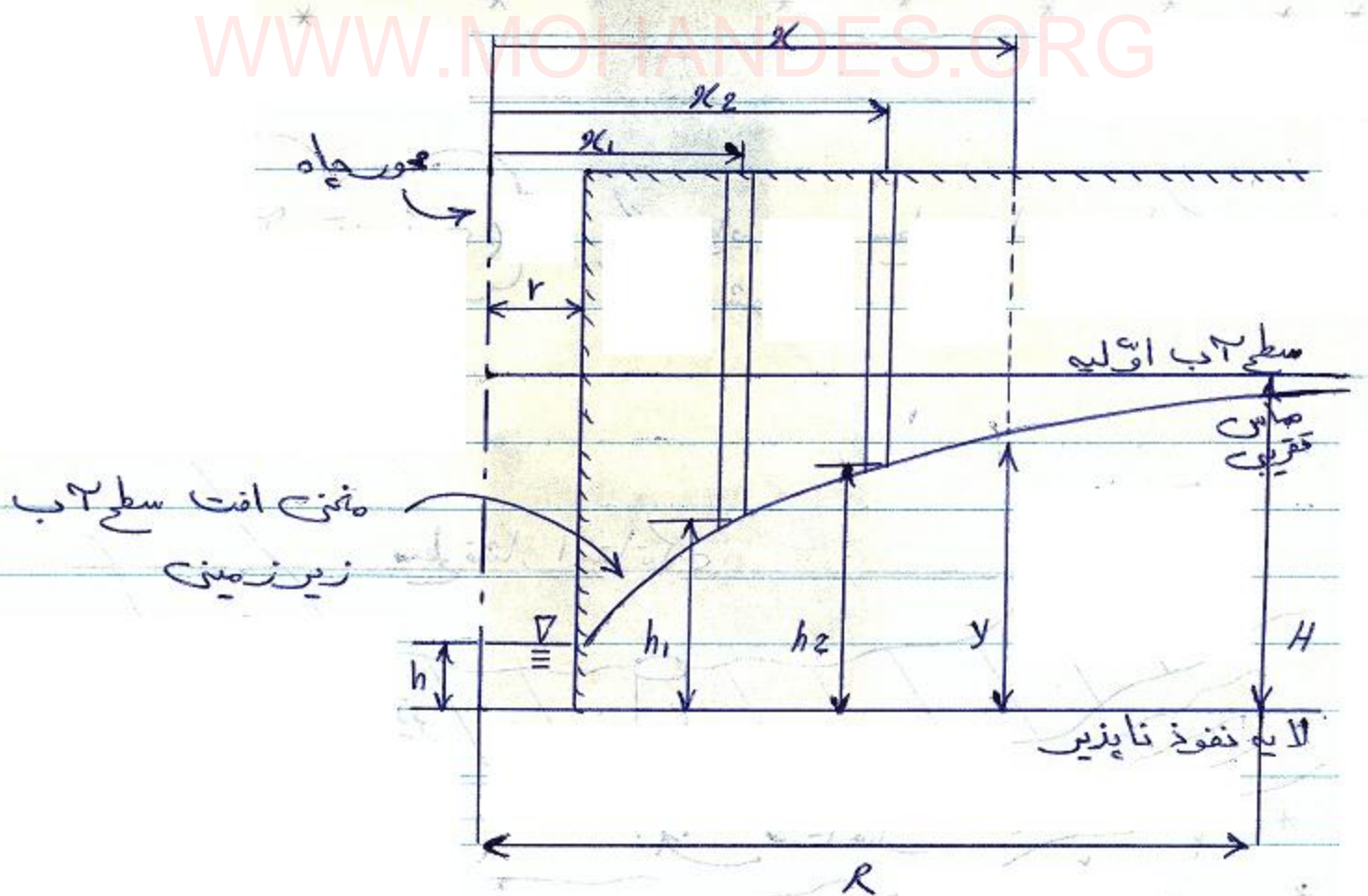


روشهای کنترلی چاه :
 ۱- اتمک حدس می زنند که آیا آب هست یا نه و سپس :

- ۱- روش دستی : معمولاً تا $5m$ عمق پایش می رود.
- ۲- روش ماشینی : توسط مته حفری کنند.

هیدرولیک چاه :
 چه مقدار از چاه آب برداریم که قابلیت آبگیری داشته باشد.

* با فرض دائمی بودن جریان آب زیرزمینی :



$$Q = (H^2 - h^2) \frac{\pi \cdot K_f}{\ln \frac{R}{r}}$$

Q - دبی عبوری یا آبدهی چاه

K_f - ضریب نفوذ پذیری

h - ارتفاع آب ده چاه

r - شعاع چاه

$$Q = \frac{\pi K_f (h_2^2 - h_1^2)}{\ln r_2 / r_1}$$

* h_1 و h_2 سطح آب چاههای گمانه‌ای است. اگرچه ارقام را در (SI) قرار دهیم Q بر حسب (m^3/s) بدست می‌آید.

* $(H - h)$ افت ارتفاع آبدهی چاه است که در مسئله به ما می‌دهند و یا محدودیت قانونی سازمان آب می‌دهد و با داشتن این مقدار و سایر مقادیر می‌توانیم Q و سپس پمپ مربوطه را بدست آورد.

* کتاب مطالعه شود.

مخازن آب

۱- مخازن هوایی
فیزیکی
شیمیایی

۲- مخازن زمینی
فیزیکی
شیمیایی

دسته بندی موقعیت شهر و مخزن

۱- شهر با جمعیت کم و اختلاف ارتفاع ناچیز (مثلاً تا 20m)

* در این مورد باید حتماً از مخازن هوایی استفاده کرد و یا بطور دائم از پمپاژ استفاده کرد، که انتخاب آن به تجربه بستگی دارد و باید سعی کرد حتی المقدور هزینه کاهش یابد.

* برای Min کردن هر چیز (مثل قیمت) باید دید آن چیز تابع چه عواملی است و سپس حدودیها را هم در نظر می گیریم و به روش لاگرانژ آنرا Min می کنیم.

$$\begin{cases} C = A_1 + A_2 + \dots \\ \text{constraint} \end{cases}$$

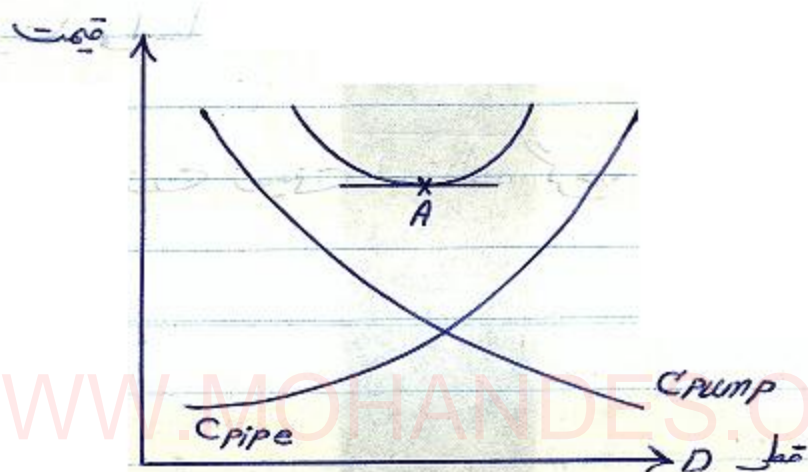
تابع هدف
حدودیها

مثلاً برای \min کردن هزینه لوله کشی :

$$C = C_{\text{piping}} + C_{\text{pump}}$$

$$C_{\text{pip}} = f(D)$$

$$C_{\text{pump}} = f(D)$$



A - نقطه سر به سر می باشد و قطری را بدست می دهد که به ازای آن هزینه کل سیستم بهینه (optimisation) می شود.

۴ - شهر کم جمعیت با اختلاف ارتفاع زیاد :

البته باید توجه کرد که اگر نقطه بلند خیلی از شهر دور باشد اتلاف زیاد می شود و نمی توان از مخزن زمینی بهره برد اما در غیر اینصورت حتماً از مخزن زمینی استفاده می کنیم.

۳- شهر با جهت زیاد و احاطه شده توسط ارتفاعات:

مثلاً برای شهر تهران می توان از مخازن زمینی استفاده کرد و سعی می شود حتی المقنور از چندین مخزن استفاده کرده تا شبکه هم - متعادل شود.

۴- شهر پر جمعیت و احاطه شده توسط ارتفاعات دور:

به صرفه است از مخازن زمینی استفاده کرد.

وظیفه مخازن:

- ۱- ذخیره کردن مقداری آب برای شرایط بحرانی در PIC مصرف
- ۲- ایجاد فشار ثابت در سیستم
- ۳- عدم وجود نوسانهای فشار برای پمپها

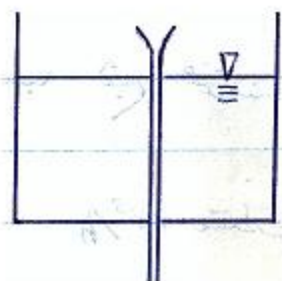
* حجم مخازن زمینی معمولاً میان ۱۵۰ - ۳۰۰ هزار m^3/h است و شکل ظاهری این مخازن بصورت استوانه یا مکعب است. میتوان برای حجم ۲۵۰۰ - ۳۰۰ متر مکعب و مکعبی برای حجم کمتر از $۳۰۰ m^3$ و بیشتر از $2500 m^3$ استفاده می شود. معمولاً عمق این مخازن برای حجمهای تا $۳۰۰ m^3$ حداکثر $۳ m$ و از $۳۰۰ m^3$ تا $4000 m^3$ بین ۳ تا $۴ m$ تعیین می کند.

* همیشه بالای مخزن یک فضای خالی باید در نظر گرفته شود که استاندارد آن بین $30 - 45$ cm است. در کف مخزن هم هوای باید حداقل به اندازه 15 cm و یا 5% کل حجم مخزن آب وجود داشته باشد (هر کدام بیشتر بود).

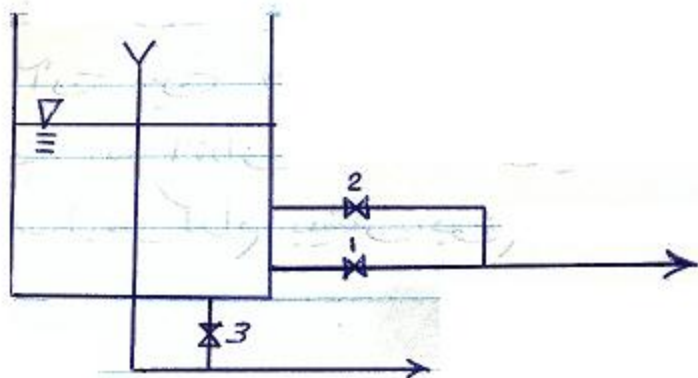
* مخازن هوای معمولاً از حجم $25 - 1000$ m^3 ساخته می‌شوند (البته برای شبکه شهری) اما برای یک خانه یا کارگاه خیلی کمتر است. معمولاً این مخازن از حجم $25 - 300$ m^3 از فولاد و در جاهای بیشتر از جنس بتن است.

* ارتفاع مخزن هوای برای شبکه شهری بین $5 - 7$ m است.

* مخزن هوای یا زمینی باید تماماً یک سر ریز بدون شیر داشته باشد



* جمع آب داخل مخزن هرگز نباید از جمع لازم برای آتش نشانی کمتر شود.



* در مصرف عادی شبکه شیر 2 باز است. شیر 3 برای تخلیه لجن است.

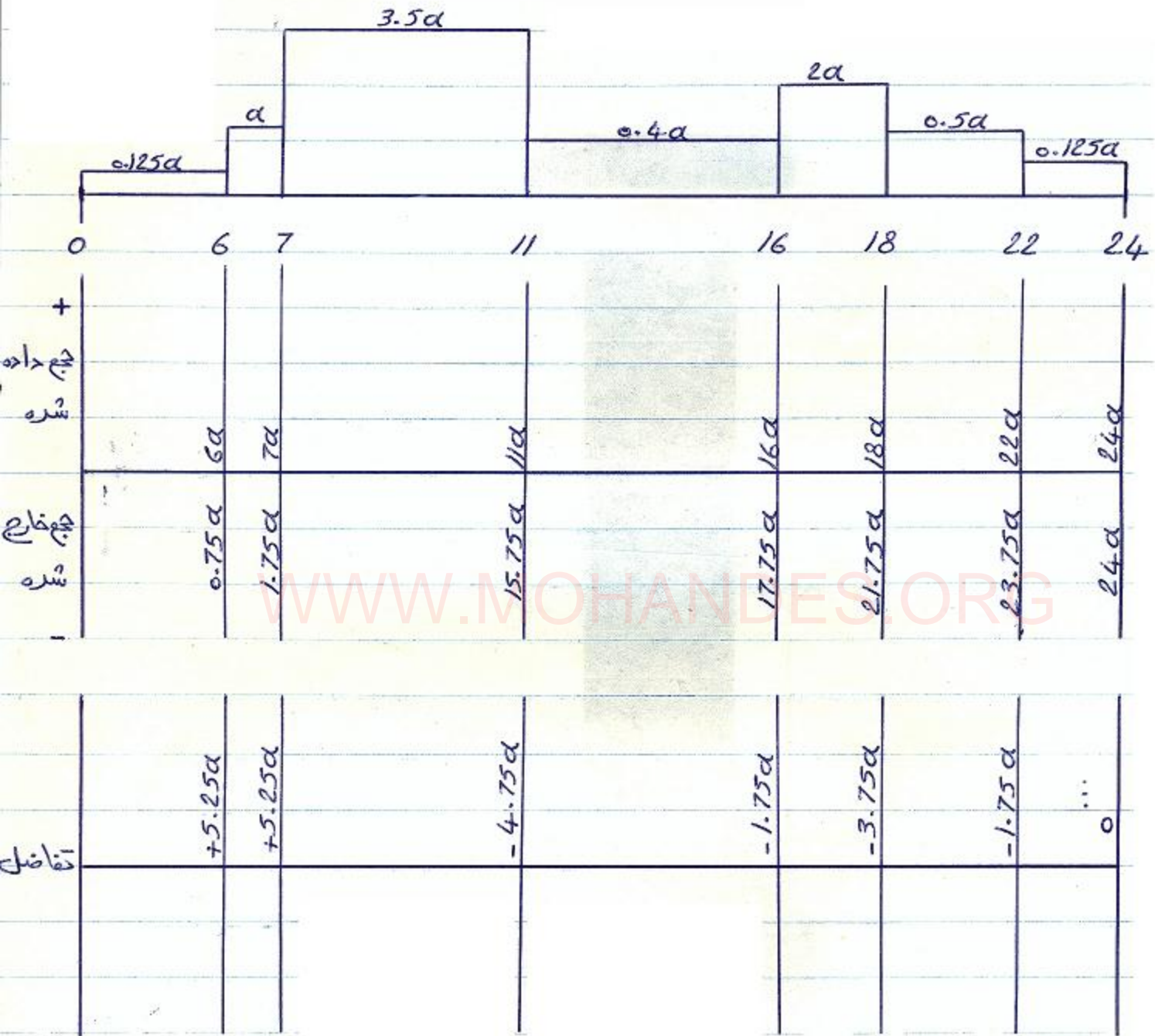
تمرین 1 - حداقل در وقت برای گردش آب در مخزن پیشنهاد کنید چون اگر شهر چندین سال آتش نگیرد جمع آب به هوا ساکن می ماند و لجن می بندد.

حاسبه جمع مخزن :

* مثال برای حاسبه جمع مخزن :

ساعات مصرف	m^3/h مقدار مصرف
6-7	a
7-11	$3.5a$
11-16	$0.4a$
16-18	$2a$
18-22	$0.5a$
22-6	$0.125a$

(پمپاژ مداوم $= \alpha \text{ m}^3/\text{h}$)



$$V = (5.25 + 4.75) \alpha = 10\alpha \text{ m}^3$$

* یعنی جمع برابر مجموع قدر مطلق بیشترین مقادیر + و - است.

WWW.MOHANDES.ORG

فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تأسیسات مکانیکی
 طراحی - نظارت - اجرا
 نظام مهندسی: ۱۵۴۰۰-۱۷۲۷۶
 پروانه مهندسی: ۱۵۴۰۰-۰۲۸۱۵
 شماره شهرسازی: ۱۵۴-۰۱۲۲۲

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

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

نمونه
(۱)

تصفیه آب

- ۱- آب های زیر زمینی : نیاز به تصفیه ندارند .
- ۲- آب های سطحی : باید تصفیه شوند .

پارامترهای طراحی تصفیه خانه :

- ۱- نزدیکی به منبع
- ۲- بررسی جهت
- ۳- میزان آلودگی

WWW.MOHANDES.ORG

سختی آب

میزان آهک موجود در آب و یا میزان ترکیبات
مینریم در آب است. در آمریکا 1mg کربنات
کلسیم در 1L است. بدن انسان تا 350ppm
و حداکثر تا 500ppm را تحمل می کند و مقدار آن
باید 30mg در آب باشد تا آب بی مزه نشود.
($\text{ppm} = \text{part per Million}$)

نکات تشخیص سختی

- ۱- آب موقع گرم شدن رسوب می دهد .
- ۲- دیر کف کردن صابون .

* در مورد آبهای زیرزمینی مقدار گاز کربنیک محلول در آب است که باعث خوردگی می شود. در کتاب منزهه صرفه درصد CO_2 را تعیین می کند که افزایش آن موجب ایجاد رسوب و کاهش آن موجب خوردگی است.

* اگر لوله بتنی داشته باشیم خودش مقداری رسوب را می افزاید که برای حفظ رابطه تعادلی باید میزان CO_2 افزایش یابد. لوله بتنی سختی را افزایش می دهد.

PH آب :

باید کنترل شود (توسط PH سنج) و معرظها یا میزان CO_2 آب که باید حدود 7 باشد تا خوردگی

رادیکال اکسیو آب :

۱ - حدود ۱۰ تا ۱۲ پی کیو مجاز است.
۲ - حدود ۱۰ تا ۱۲ پی کیو مجاز است.

* باید به ترکیبات آهن، زنت و اسید سولفوریک و فسفاتها در آب توجه کرد که معمولاً فسفاتها بیاتر میزان آلودگی است و در جنتها هم حاصل آن پودرهای لباسشوئی هستند و باید مقدار آنها کنترل شود.

روند تصفیه

- ۱- مکانیکی
- ۲- شیمیایی
- ۳- بیولوژیکی

I - ۲ اشغال گیری با توربها.

II - ته نشینی به کمک مواد شیمیایی یا بدون آن. که قسمت بدون کمک مواد شیمیایی را ته نشینی مقدماتی گویند طراحی - موضعهایی ته نشینی بر اساس پارامترهای زیر است:

- ۱- اگر مواد سبک زیاد بود سرعت 0.25 است. m/s
- ۲- اگر مواد آلوده زیاد بود سرعت $1.7 - 0.75$ است. m/s
- ۳- سرعت ورود نه استخراج هم است که از دیواره‌های آرام بخش یا استوانه‌های آرام بخش بهر می گیرند:



۴- نسبت طول به عرض استخراج.

۵- ارتفاع استخراج.

۶- لایروبی کف استخراج (با شیب دادن کف یا به روش مکانیکی)

- ۱- خروجی استخراج حداکثر تا $25 \text{ m}^3/\text{h}$ باشد.
- ۱- ۰.۵ - ۰.۱ میلی گرم بر لیتر سولفات مس می افزایم تا جلبکها از میان برود.

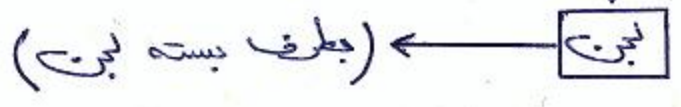
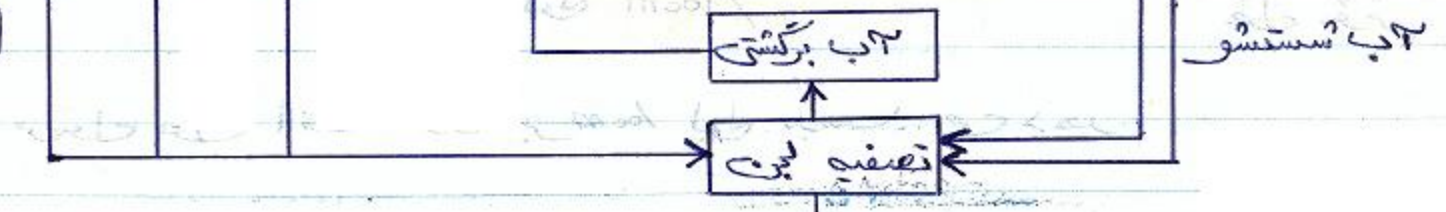
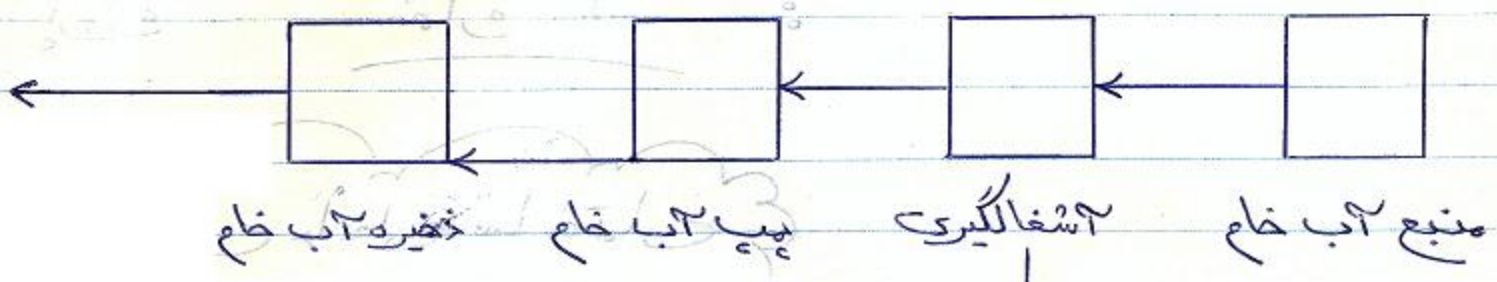
* در روش شیمیائی (عمل انعقاد) انجام می گیرد یعنی یون (+) اضافه می کنیم تا به یونهای (-) پیوند و سنگین شده و ته نشین شود و یا نخلهائی اضافه می کنیم که در آب نخلهائی نامحلول تشکیل دهند و رسوب کنند.

* نکته مهم در استخراج این است که تحت شرایطی نباید آب زیاد به مع بخورد.

III - کلرزنی آب

روش کلی تصفیه آب

* یک فلوجارت کلی در این رابطه وجود دارد:



صرف کننده

آب مستعمل

آب مستعمل

پروژه شماره ۲ :

آبرسانی داخلی ساختمان

۱- تعیین نقاط مصرف : یا توسط معمار مشخص می شود یا توسط مهندس مکانیک.

۲- تعیین مسیر مناسب : مسیر باید دارای حداقل افت فشار بوده و حداقل هزینه را از جهت طول و قطر لوله و هزینه نصب دارا باشد. باید سعی شود از حداقل اتصالات استفاده شود.

۳- حداکثر افت فشار را در بدترین مسیر می یابیم. برای این منظور باید طول مؤثر را بدست آوریم. طول مؤثر معمولاً ۱.۵ برابر طول واقعی است. برای طول مؤثر باید از حداقل طول معادل زانوئرها و سه راهی ها و ... بهره برد.

$A =$ هد مصرف کننده $H.F.U$ - افت کنتور H - (اختلاف ارتفاع) - H - H - H

$$\frac{100 \times A}{\text{طول مؤثر}} = \text{افت لوله } \frac{m}{100m}$$

* فرمول فوق افت هد را بر ۱۰۰م لوله بدست می دهد

۴- برای مصرف کننده‌ها میزان مصرف آب (F.L) را از جدول می‌یابیم. برای کولر و برج خنک از چارت سایکرومتریک استفاده می‌کنیم. در این مورد میزان آب می‌شود:

$$\text{(اختلاف رطوبت ورود و خروج)} \times \text{دبی هوا} = \text{آب مصرفی}$$

۵- در هر مقطع F.L ها را جمع کرده و تقاضا را می‌یابیم. ضریب تقاضا (همزمانی) یا بصورت نمودار یا بصورت ضریب ثابت به ما می‌دهند.

۶- با داشتن دبی در هر مقطع و افت فشار قطر لوله را می‌یابیم. قطر لوله را از فرمول دارسی یا نمودارها می‌یابیم.

۷- سرعت را می‌یابیم ft/s $5 < v < 3$

مراحل فوق هم برای آب گرم است هم برای آب سرد. اگر شیر مخلوط داشته باشیم برای آب گرم و سرد $\frac{3}{4}$ عدد F.L را در نظر می‌گیریم.

۱- برای خط آب گرم یک خط برگشت تعبیه می‌کنیم.

۲- انتخاب پمپ سیرکولاسیون براساس GPM گذرنده انجام می‌شود.

۱۰- ظرفیت دستگاه گرم کننده:

- α - فلها را با هم جمع می‌کنیم.
 b - تقاضا را می‌بایم.
 c - ضریب اطمینان برای ذخیره در نظر می‌گیریم.
 d - میزان گرمای لازم را بدست می‌آوریم.

باتوجه به جمع آب و گرمای لازم مخزن در جداره را انتخاب می‌کنیم.

توجه - قطر لوله برگشت :

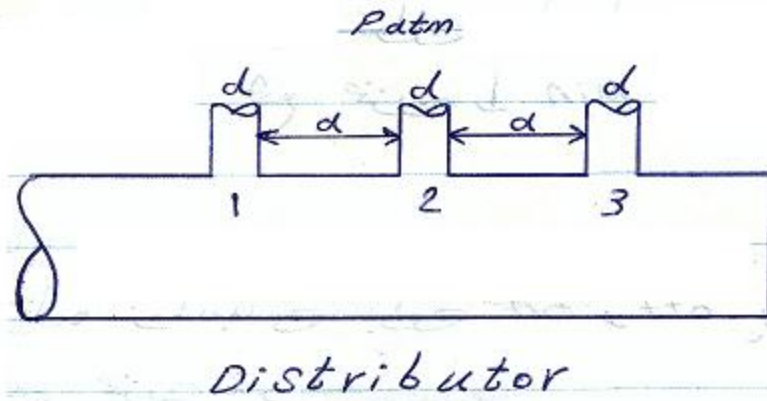
- برای شاخه‌های فرعی $\frac{1}{2}$ "
 برای شاخه‌های اصلی $\frac{3}{4}$ "
 برای شاخه‌های اصلی با قطر زیاد یک سایز کمتر.

WWW.MOHANDES.ORG

- توجه -
- ۱- در شیر مخلوط آب سرد راست و گرم چپ است.
 - ۲- در توالت مک شیر سمت راست است.
 - ۳- آب سرد رنگ آبی و آب گرم قرمز و آب گرم برگشت نارنجی.
 - ۴- باید مسائل تعمیرات در نظر گرفته شود.
 - ۵- برای هر واحد شیر فلکه نصب می‌کنیم.
 - ۶- محدودیت‌های ساخت نیز مهم است یعنی نقشه باید اجرائی باشد از نظر عدم برخورد با اسکلت ساختمان و جایی آچار خورد و ...

* در یک توزیع کننده :

مسئله ①



$$\left\{ \begin{array}{l} 1 > 2 > 3 \\ 1 < 2 < 3 \\ 1 = 2 = 3 \end{array} \right.$$

توزیع دهید چه موقع بی آب :

مسئله ②

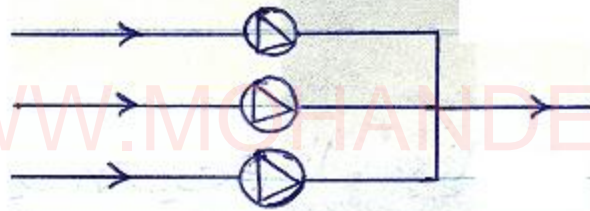
برای مصرف زیر بهترین برنامه پمپاژ را که منجر به حداقل جمع مخزن گردد بدست آورید.

ساعت	مصرف m^3/hr	ساعت	مصرف m^3/hr
0-4	60	10-12	200
4-6	100	12-16	80
6-8	150	16-18	160
8-10	220	18-22	100
		22-24	40

در ایستگاه پمپاژ در برخی ساعات نیاز نیست هم پمپها کار کنند و مخزن پر شود پس می توان با محاسبه تعداد پمپها و برنامه بهینه زمانبندی جمع مخزن $\geq \text{min}$ کرد.

- ۱- تعداد پمپها
- ۲- بهترین برنامه زمانبندی برای on و off پمپها تا منجر به حداقل جمع مخزن شود.

* پمپها معاری هستند و Δ بر هر پمپ $150 \text{ m}^3/\text{hr}$



پروژه :

مطلوبست طرح و محاسبه قطر لوله ها و اینزوتریک لوله کشی ؛ لوله کشی سرد و گرم بدون پرگشت و محاسبه جمع آب گرم کن اگر :

۱- ساختمان مسکونی ۳ طبقه تک واحدی

۲- سیستم لوله کشی Flush Tank است .

۳- تعداد افراد در هر طبقه ۴ نفر .

۴- قطر کنتور $1\frac{1}{4}$ " و عمق آن از کف 30 cm

۵- نوع آب گرم کن دو جداره

۶- فشار آب ورودی 50 PSI

۷- ارتفاع هر طبقه از کف تا سقف 2.80 m

۸- ارتفاع سقف 30 cm



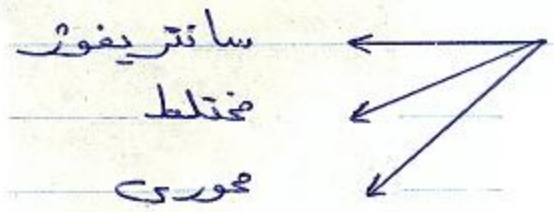
بطور کلی برای انتخاب صحیح پمپ موارد ذیل مهم است :

- ۱- تعداد واحدهای پمپ
- ۲- ظرفیت ۲ بدهی
- ۳- نوع سیال
- ۴- ضوابط انتقال (رانش پمپ)
- ۵- شرایط قسمت مکش پمپ
- ۶- نوع نصب پمپ (عمودی، افقی، سری، موازی)
- ۷- نوع موتور محرک
- ۸- برنامه کاری موتور پمپ
- ۹- محل نصب پمپها (درجه Protection موتور مهم است) IP

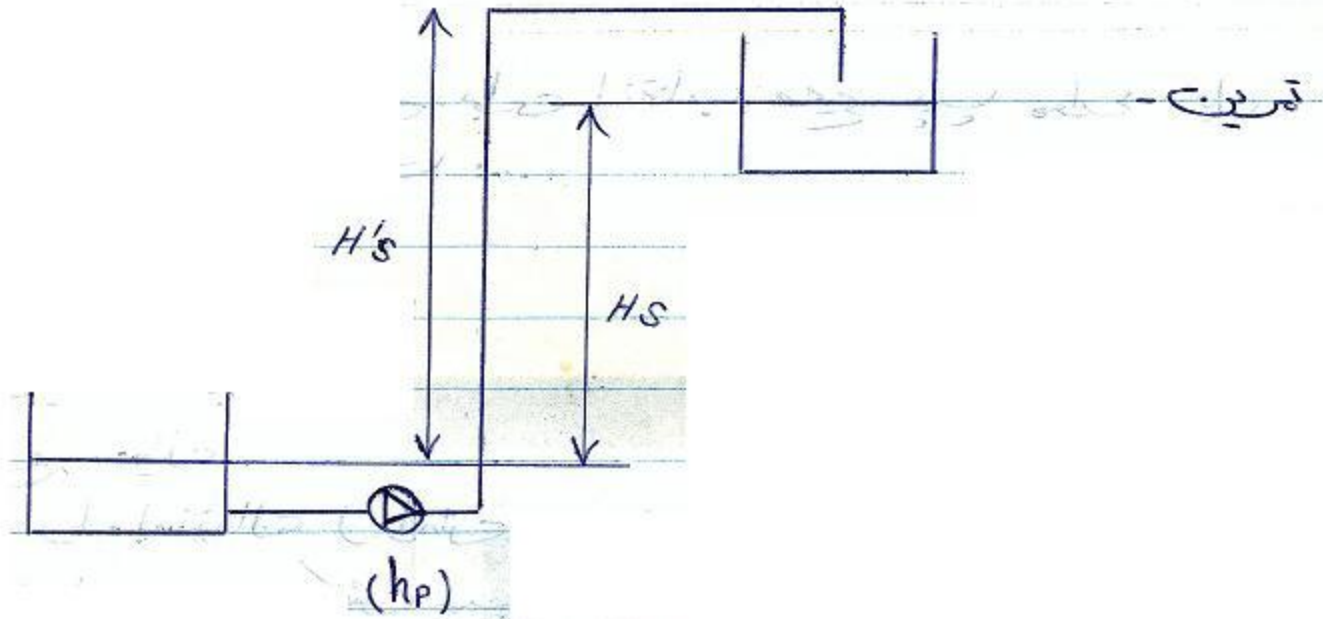
WWW.MOHANDES.ORG

* پمپهای *Positive displacement* برای فشارهای بالا و دبی های پایین و یا برای سیالات با ویسکوزیته بالا استفاده می شود. (پمپهای پیستونی) (دبی تا 50 lit/s)

* پمپهای *(Rotodynamic)* برای دبی بالا و فشار پایین تر.



شکل کلی سیستم پمپاژ :



$$h_p = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + \sum h_{loss}$$

H_s یا $H'_s = ?$

WWW.MOHANDES.ORG

« لوله کشی شوفاژ »

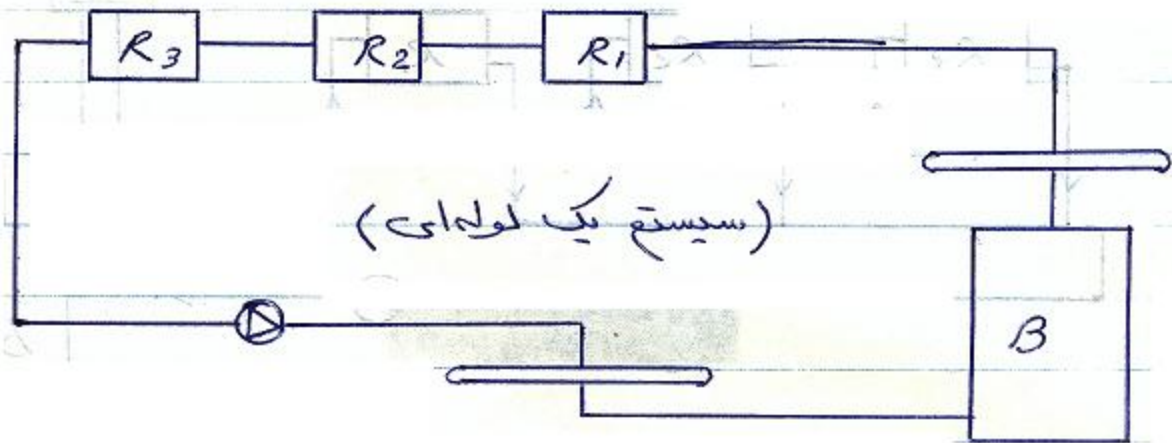
پروژه شماره « ۳ »

انواع سیستمهای حرارت مرکزی :

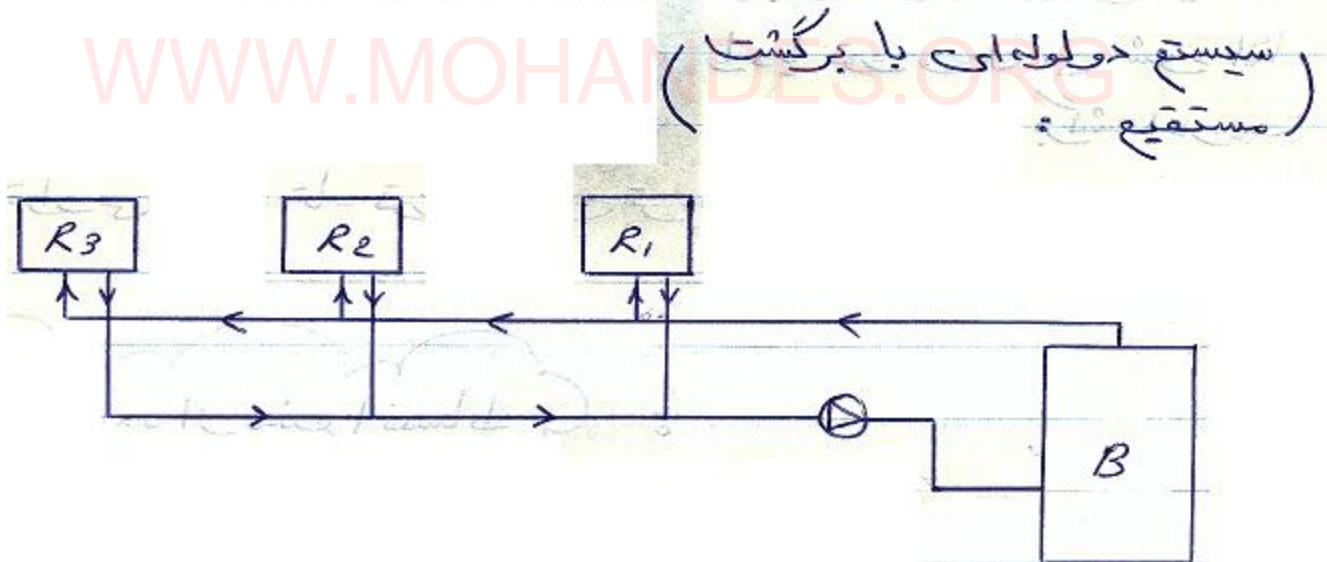
- ۱ - آب داغ
- ۲ - بخار
- ۳ - تهویه مطبوع
- ۴ - صنعتی

فرشاد ناسر ایسی - مهندس پایه یک تأسیسات مکانیکی
 طراحی - نظارت - اجرا
 نظام مهندسی: ۱۷۲۷۶-۴-۱۵
 پروانه مهندسی: ۵۲۸۱۵-۴۰۰-۱۵
 شماره شهرسازی: ۵۱۲۲۲-۱۵۳

جزوه آموزشی درس سیستم های انتقال آب آقای دکتر فرزاد جعفر کاظمی
 دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران - دانشکده فنی (۱۳۷۴)

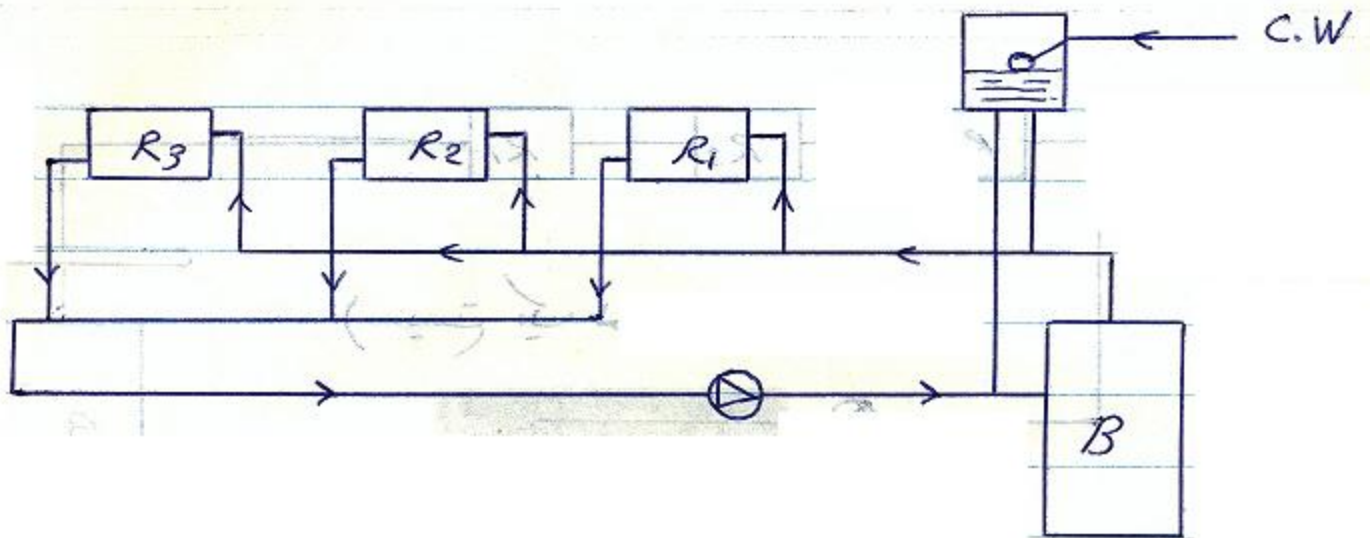


* سیستم یک لوله‌ای عمدتاً برای مکان‌های خیلی کوچک بکاری رود چون هر چقدر رادیاتور از Boiler دور شود دمای آن کاهش می‌یابد.



* در این حالت چون طول رفت و برگشت کل رادیاتورها مساوی نیست لذا افت فشار هم مسیرها یکسان نیست.

(سیستم دو لوله‌ای با برگشت معکوس (Reverse))



* در این حالت طول مسیر رفت و برگشت رادیاتورها یکسان است و لذا افت فشار هم مسیرها یکسان می باشد. اما در این حالت هزینه لوله کشی بخاطر افزایش طول زیاد تر می شود. معمولاً تا هر چه پره لوله رفت به سمت راست و بالای رادیاتور و لوله برگشت هم به سمت راست و پایین رادیاتور وصل می شود. اما اگر از هر چه بالاتر بود لوله رفت سمت راست و برگشت در سمت چپ قرار می گیرد تا توزیع همگن تر شود.

نوع استفاده از منبع انبساط

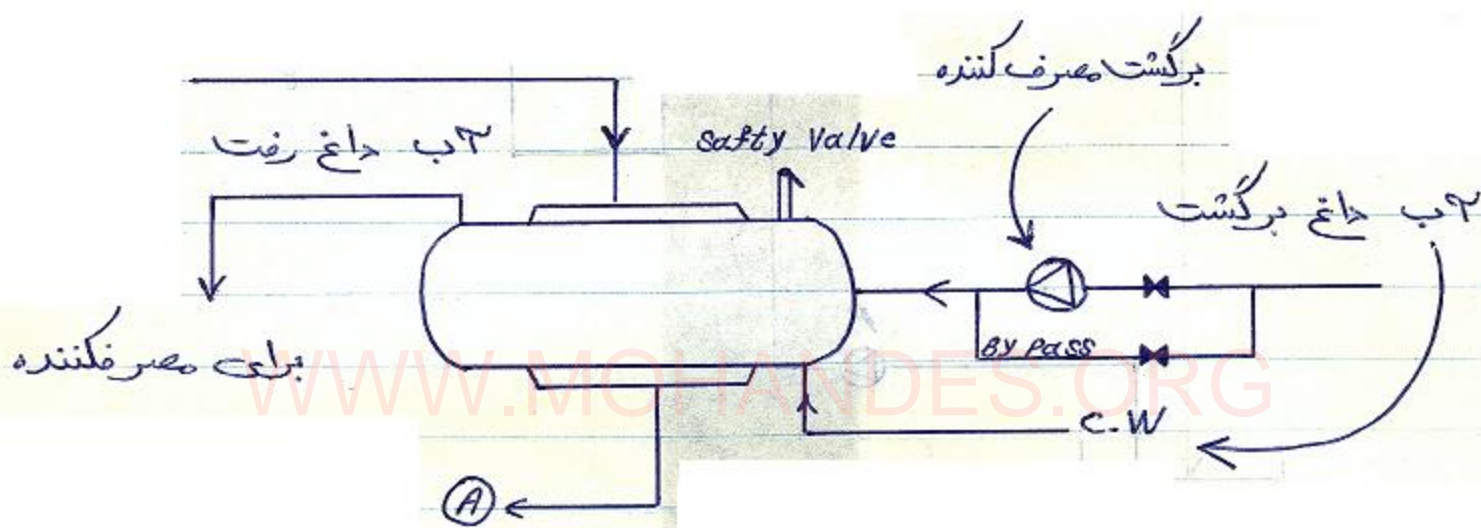
- ۱- جریان کمبود آب
- ۲- باید در بالاترین رادیاتور فشار مثبتی داشته باشد تا هوا نگیرد.
- ۳- افزایش جمع را کنترل می کند.

* نوعی منبع انبساط هم داریم که دارای دیافرام است و توسط گاز (ارت) تحت فشار است. این نوع منبع انبساط را منبع انبساط بسته گویند.

* لوله های رفت و برگشت منبع انبساط نباید هیچ شیر یا سر راه خود داشته باشد.



منبع آب گرم :

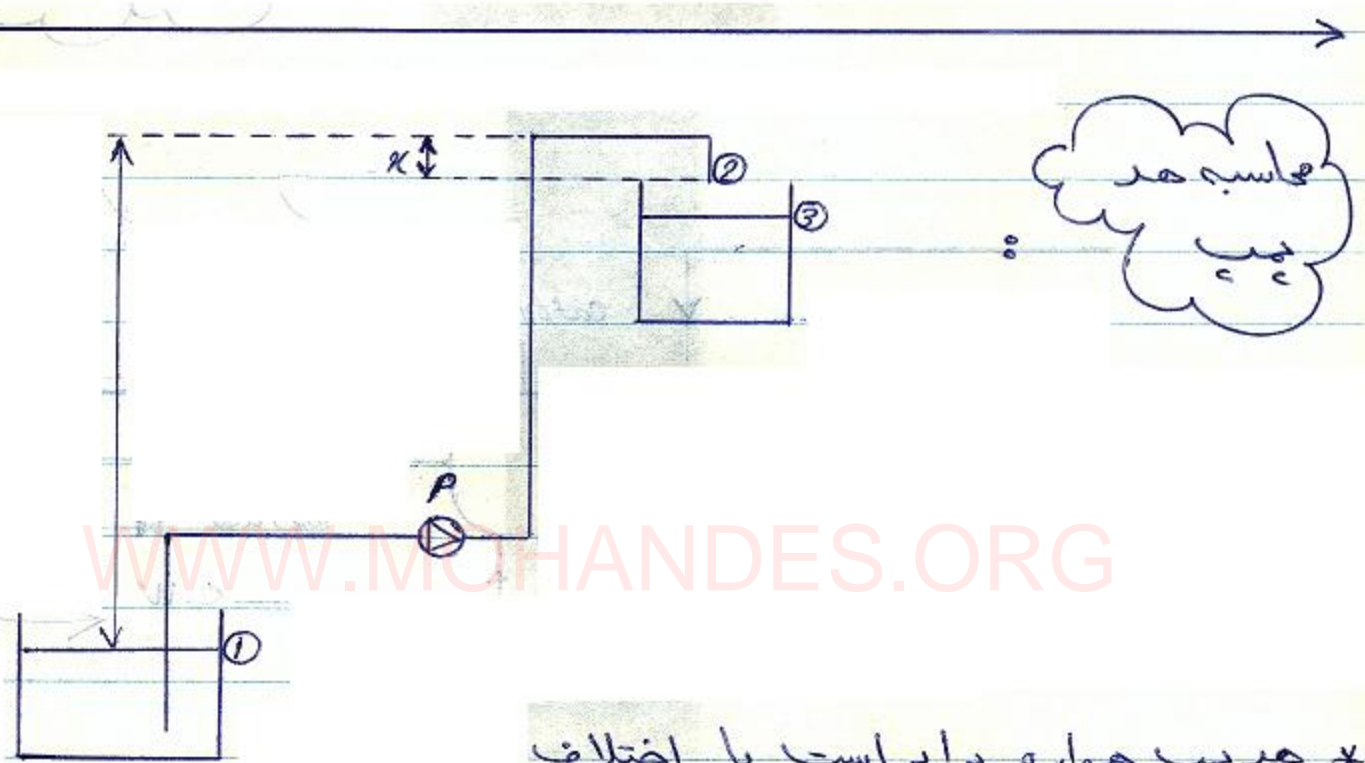


کتاب تأسیسات : مهندس مهدی فزادی



* پمپ در ورودی Boiler قرار می گیرد (معمولاً) چون -
 دما کمتر است و خوردگی و خرابی کاهش می یابد. پرو فلزی
 تا 85°C و پرو پلاستیک تا 60°C تحمل می کند. همواره باید در
 کنار پمپ یک (بای پاس) نصب شود.

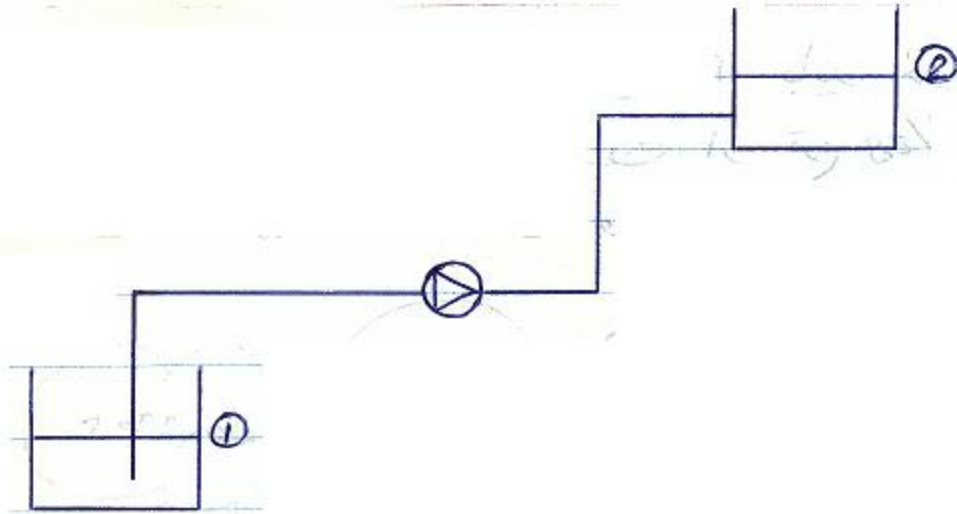
* اگر مصرف کننده در ارتفاع بالاتر از Boiler واقع باشد و این ارتفاع در حدی باشد که اختلاف دانسیته بتواند اختلاف فشار لازم برای غلبه بر آن را تأمین کند می توان از سیرکولاسیون آزاد استفاده کرد و مسیر (بای پاس) را بجای پمپ بکار برد.



* مد پمپ همواره برابر است با اختلاف ارتفاع سطح آزاد ورودی و سطح

آزاد خروجی یعنی اگر لوله داخل مخزن نشود بین نقطه 1 و 2 و اگر وارد مخزن شود بین نقطه 1 و 3. اگر ارتفاع Loop (x) خیلی زیاد باشد. خلاء ایجاد می شود (اگر مد پمپ قادر نباشد) و اگر هم مد پمپ قادر باشد ارتفاع x را هم پوشش دهد باید به خوبی هواگیری شود.

خواه انتخاب سیستم پمپ



1- \dot{Q} (Flow Rate) : معمولاً مقدار \dot{Q} را سفارش دهند به ماسه دهد و یا از محاسبات بدست می آید. (2)

2- H (Head) : برای محاسبه H باید رابطه برنولی را بین سطح 1 و 2 بنویسیم :

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + \text{HPUMP} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + \bar{L} \text{ Losses}$$

* تعریف (1) - (هدر سیست) مجموع مقاومت های سیست است :

1. pressure difference : $\frac{P_2 - P_1}{\rho}$

2. Static Head : $z_2 - z_1 = H_s$

3. Diff. of Velocity Head : $\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$

4. $\bar{L} \text{ Losses}$

* مجموع مورد فوق را هر سیستم گویند که باید در نهایت توسط هر پمپ جبران شود. معمولاً می توان از تع $V^2/2g$ صرف نظر کرد به خصوص در مواردی که کشش و دهنش به دو منبع صورت گیرد:

$$H_{system} = H_s + \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \bar{L} Losses$$

برای سیستمهای بسته.

$$H_{system} = H_s + \bar{L} Losses$$

برای سیستمهای باز همچون به فشرده اتساف تخلیه می کند.

WWW.MOHANDES.ORG

$$\bar{L} Losses \begin{cases} K \frac{V^2}{2g} & \text{تلفات طولی} \\ f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} & \text{تلفات موضعی} \end{cases} = CQ^2$$

طراحی سیستم پمپ:

۱- تعداد پمپ: معمولاً تعداد پمپها را بیشتر از یک در نظر می گیرند تا در زمان حداقل یک پمپ (stand by) باشد.

۲- سرعت دورانی پمپ : هر قدر سرعت دورانی بیشتر باشد از لحاظ خوردگی و Cavitation و ... بیشتر مشکل را خواهد بود . برای یک الکتروموتور دو قطب با فرکانس برق شهر 50 Hz دور نامی حد اکثر 3000 rpm خواهد بود .

No. of Poles frequency	2	4	6	8	10
50 Hz	2900	1450	960	725	580

RPM

$$P = \rho Q H$$

۳- محاسبه توان پمپ :

$$1. P (\text{HP}) = \frac{\rho (\text{m/s}^2) \cdot P (\text{kg/m}^3) \cdot Q (\text{lit/s}) \cdot H (\text{m})}{75 \cdot \eta_p}$$

$$2. P (\text{KW}) = \frac{\rho (\text{m/s}^2) \cdot P (\text{kg/dm}^3) \cdot Q (\text{m}^3/\text{s}) \cdot H (\text{m})}{1000 \cdot \eta_p}$$

۴- انتخاب پمپ : با افزایش ابعاد و اندازه پمپ راندمان پمپ

بالا تر می رود.

۵- توان الکترو موتور : برای محاسبه توان موتور باید مقدار پمپ (P) برابرا زمان موتور هم تقسیم کرد.

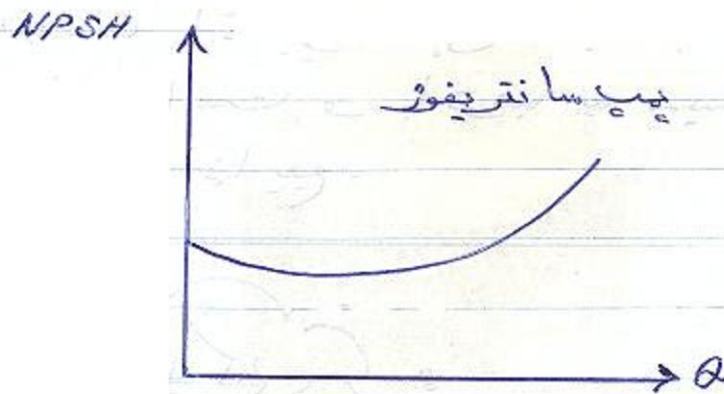
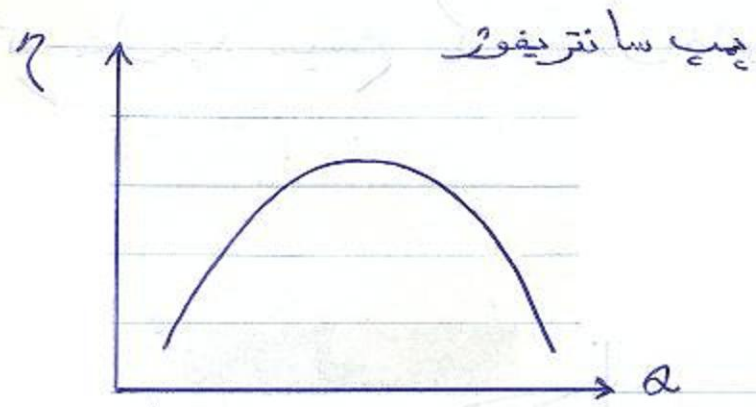
$$\eta_{\text{motor}} = (80 - 90) \%$$

مغز های مشخصه یک پمپ :

WWW.MOHANDES.ORG

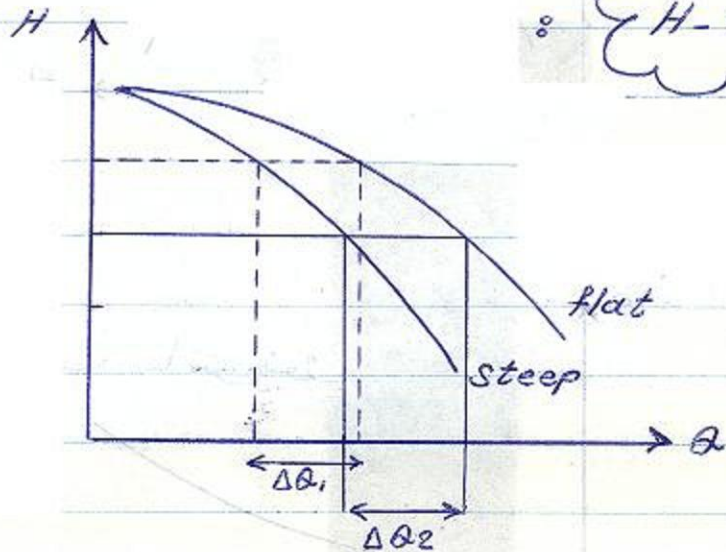
H - Q	-1
$\eta_p - Q$	-2
P - Q	-3
NPSH - Q	-4





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

محدوده دین دارد که مقاومت سیستم یک مقدار خاص از این محدوده 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 نماید.

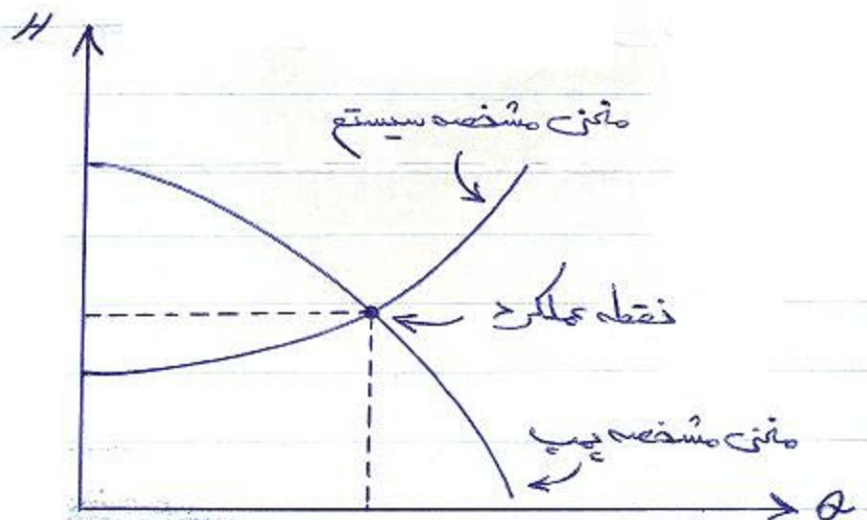
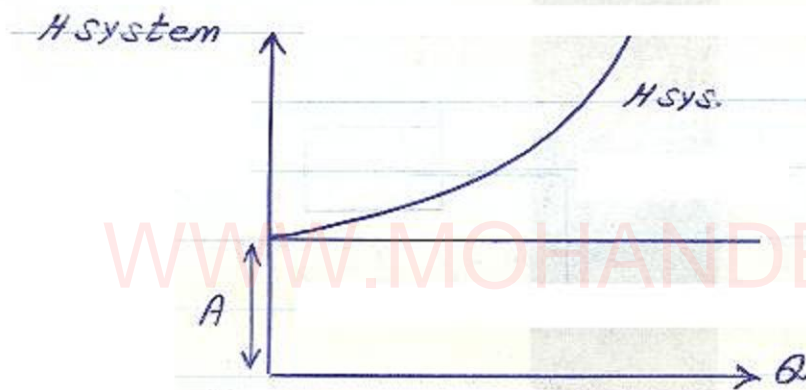
مشخصه سیستم لوله کشی :

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

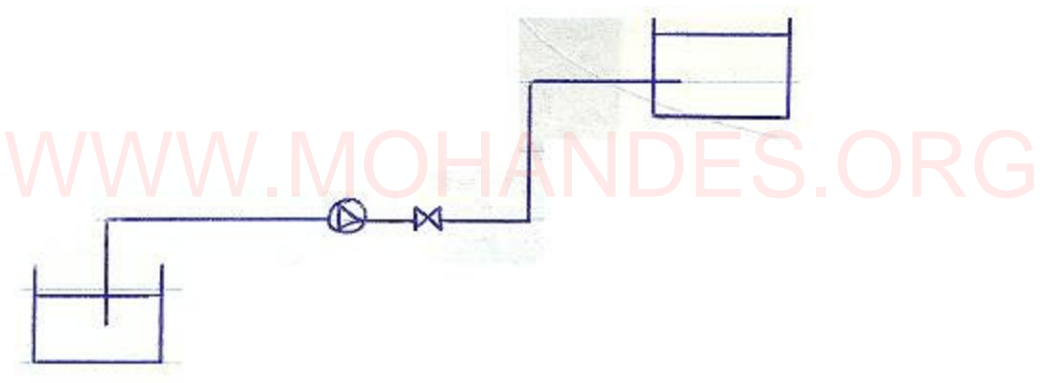
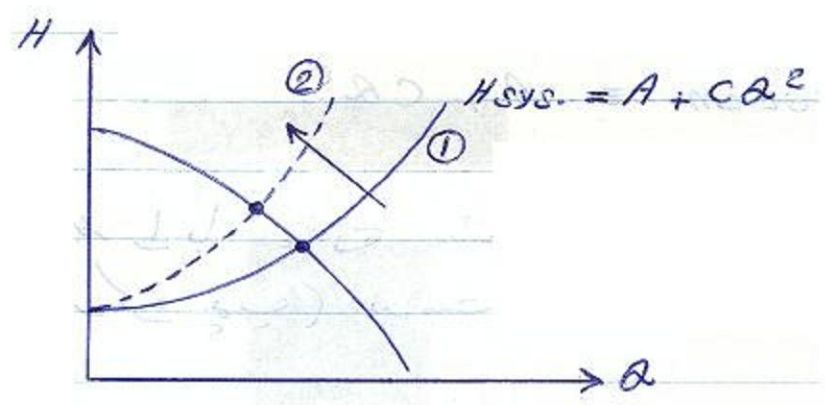
* هد پپ هم از منحنی مشخص بدست می آید . هد پپ و هر سیستم هر دو با Q متغیر هستند ؛ H_p و H_{sys} باید در نقطه ای با هم برابر باشند :

$$H_{system} = A + CQ^2$$

* اگر منحنی H_{system} را با منحنی مشخص پپ تلاقی دهیم نقطه اشتراک (نقطه کارکرد پپ) بدست می آید :

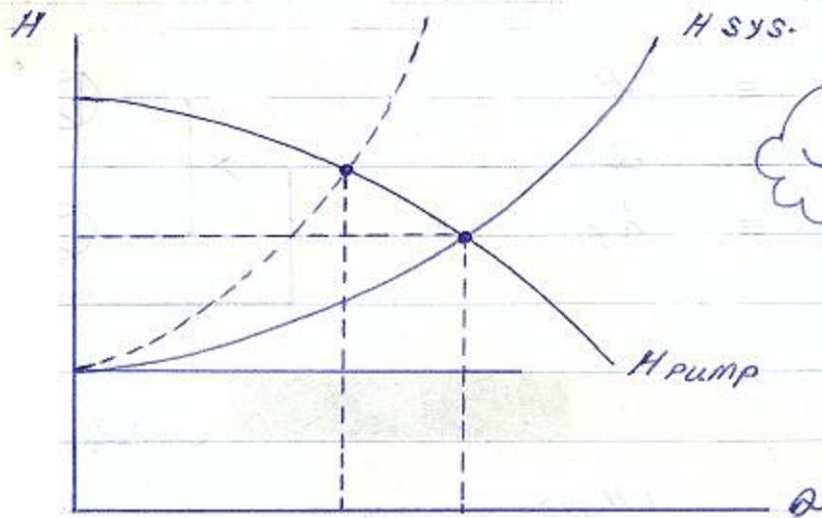


مقایسه دو سیستم لوله کشی با اتلاف متفاوت

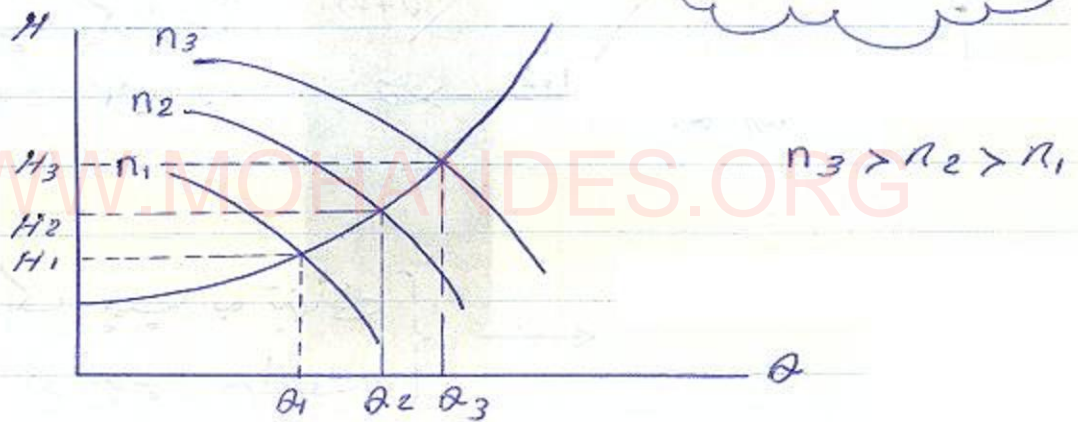


- ① حالت شیر باز (مقاومت کمتر سیستم)
- ② حالت شیر بسته تر (مقاومت بیشتر سیستم)





اثر تغییر دور

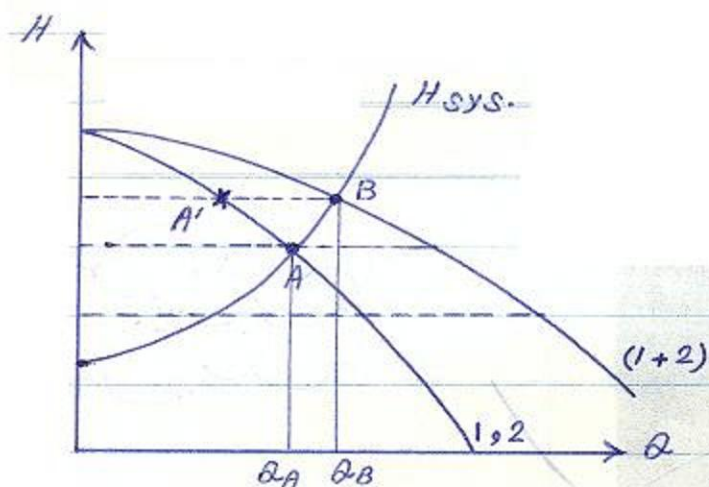
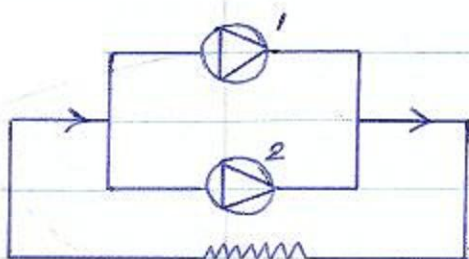


$$\begin{cases} Q_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right) Q_1 & H_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 H_1 \\ P_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 P_1 \end{cases}$$

در حالتی بکاری رود که درین بالا خواجیع
یا خواجیع در ساعاتی برفی پیما -
ظهورن باشد.

موازنی کردن پیما

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



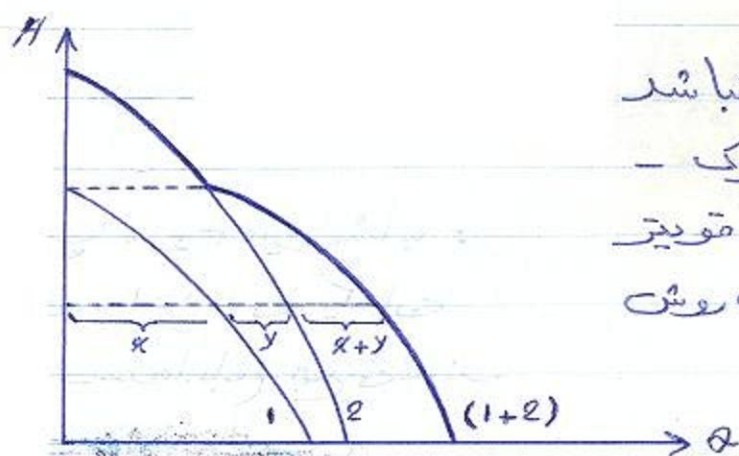
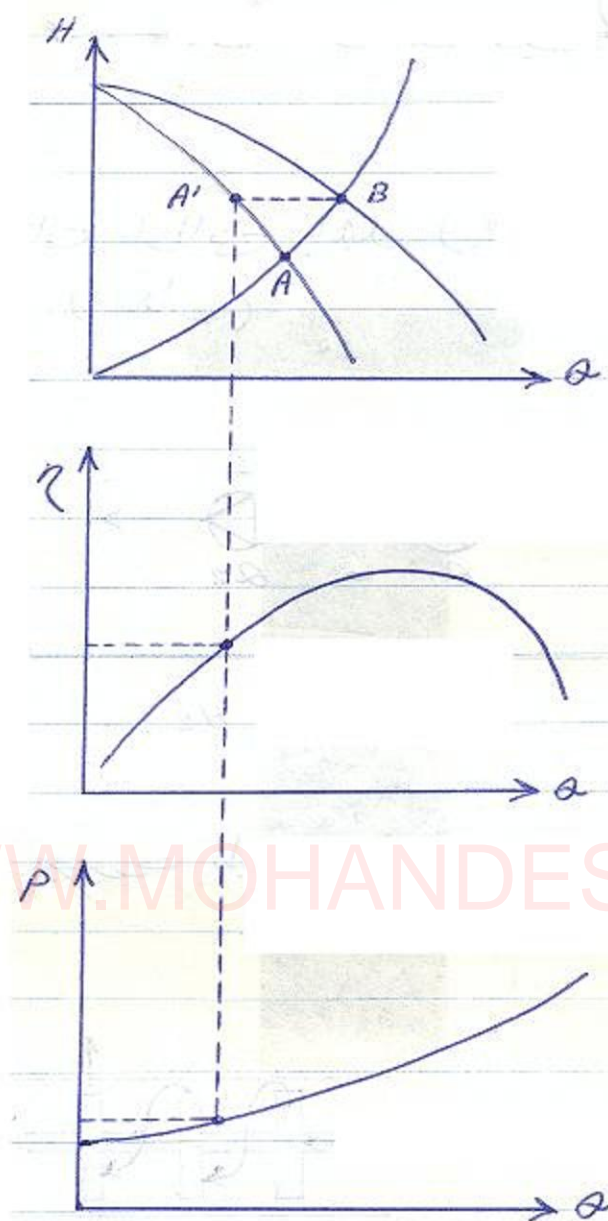
حالت ۱ - وقتی منفی مشخص
 دو پمپ یکسان است. ما -
 خطهای افقی می کشیم و در هر
 نقطه برخورد طول بردست آمده
 را به اندازه خود تن جلومی آیم
 تا نمودار (دو پمپ یکسان -
 موازی شده) بردست آید.

WWW.MOHANDES.ORG

A - نقطه عملکرد یک پمپ به تنهایی ←
 B - نقطه عملکرد دو پمپ موازی

* مقدار دبی کمتر از دو برابر دبی یک پمپ تنها است چون منفی 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 -
 اندامان را باید با رسم یک خط عمود از نقطه عملکرد هر پمپ در سیستم
 جدید و تقاطع آن با منفی اندامان بردست آوریم.

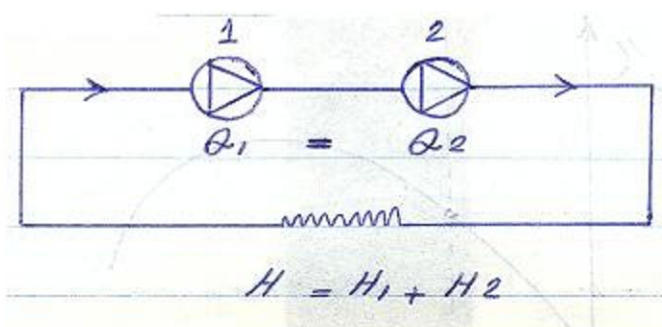


حالت ۳ - اگر دو پمپ یکسان نباشند
 قسمتی از نمودار مشترک -
 مربوط به نمودار پمپ قویتر
 می شود و بقیه به همان روش
 تقسیم است.

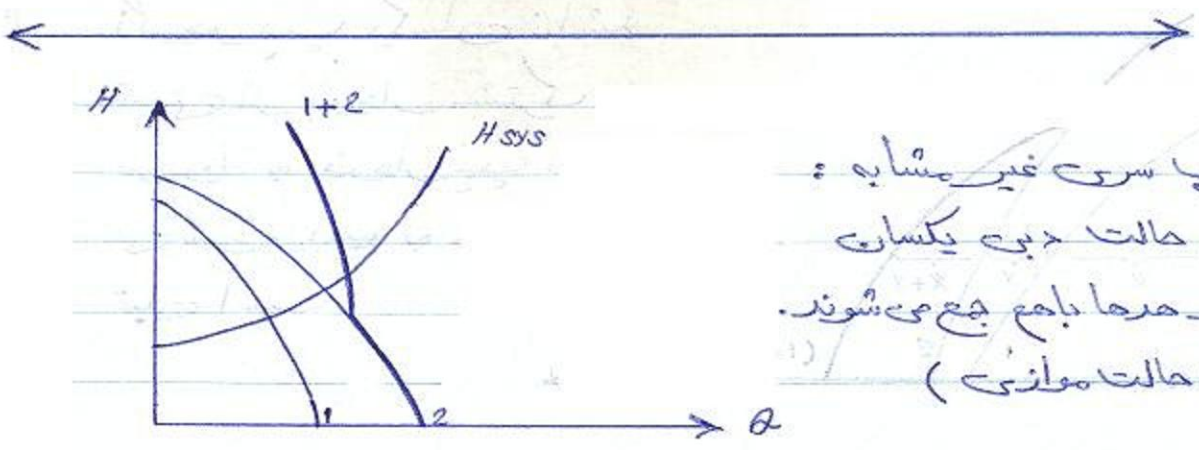
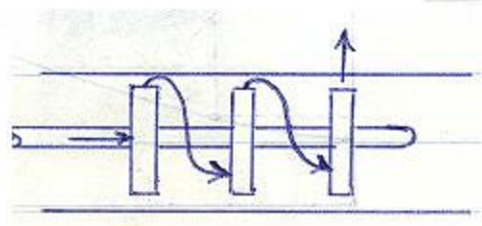
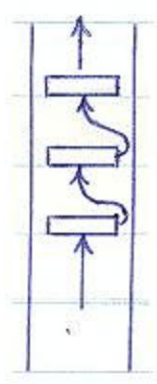
پمپهای سری

معمولاً در موارد زیر بکار می رود :

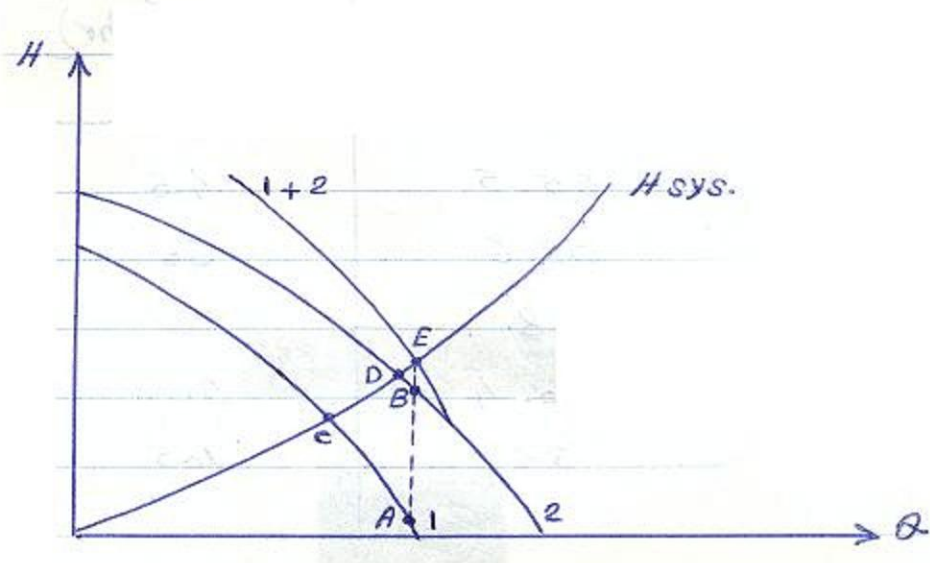
- ۱- اگر خط انتقال طولانی باشد (مثل خطوط انتقال نفت)
- ۲- بالا بردن حد (فشار)



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



* دو پمپ سری غیر مشابه :
در این حالت دین یکسان است و حرما با هم جمع می‌شوند.
(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



مشخصات سیستم	دبی مورد نیاز	مسئله -
$H_s = 16 \text{ m}$	$150 \text{ m}^3/\text{hr}$	
$L = 2.5 \text{ Km}$		
$D = 200 \text{ mm}$		
$f = 0.026$		

* خودار مشخص 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. مطلوب بست طراحی سیستم در صورتی
که دبی $150 m^3/hr$ را بدهد.

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

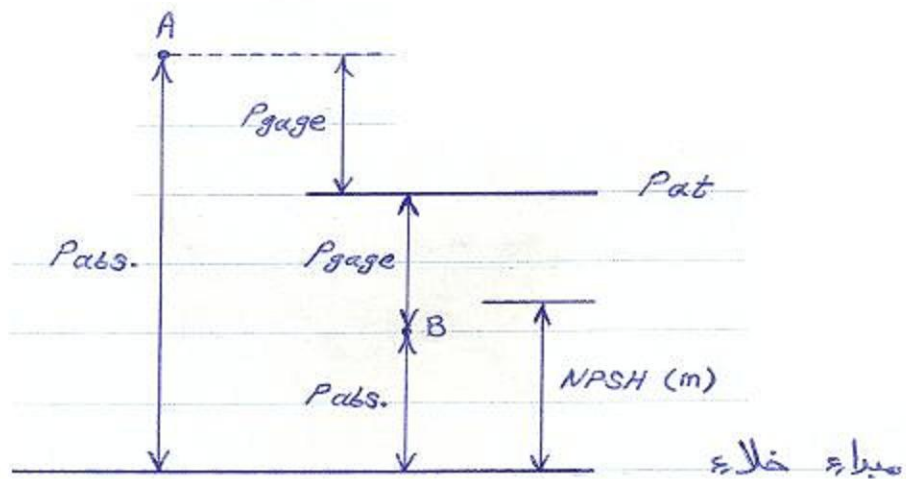
(رسم روی کاغذ میلیتری)

(حد مکش مثبت خالص)

NPSH
پایه

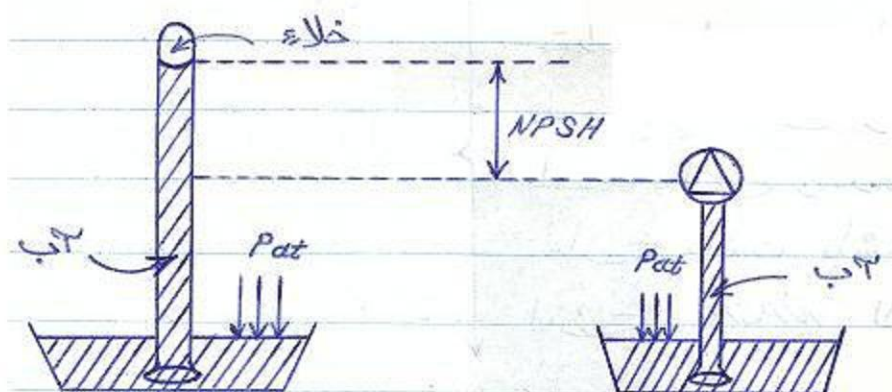
(NPSH Required) : آب ورودی به قسمت مکش پمپ باید مقداری انرژی داشته باشد تا بتواند وارد پمپ شود (مثل آب که به شیر طبقه بالا می رسد و باید در آنجا هم یک فشاری داشته باشد). این مقدار انرژی را NPSH لازم گویند.

NPSH لازم برای هر پمپ را در کاتالوگ آن درج می کنند. فشار در محفظه ورودی پمپ نباید صفر شود یعنی نباید 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 آن 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 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.



WWW.MOHANDES.ORG

فرشاد نوری - مهندس پایه یک تأسیسات مکانیکی
 طراحی - نظارت - اجرا
 ۱۵۴۰۰-۰۱۷۲۷۶ - نظام مهندسی
 ۱۵۴۰۰-۰۲۸۱۵ - پروانه مهندسی
 ۱۵۴-۰۱۲۲۲ - شماره شهرسازی

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

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

پروژه

تجهیز و نگهداری پمپها

۱- هواگیری ناقص

۲- ارتفاع زیاد

۳- معکوس بودن جهت گردش

مسئله - چرا پمپهای سانتریفوج نیاز به هواگیری دارند؟

۴- مسدود بودن پروانه

۵- نوع پمپ مناسب نباشد

۶- تغییر شکل پروانه

۷- تلفات ارتفاع در مسیر مکش

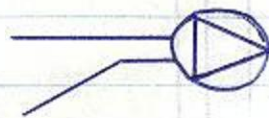
۸- تلفات ارتفاع در مسیر انشعاب

WWW.MOHANDES.ORG

* - پمپ ۳ بدهی ندارد : (علل مختلفی دارد مثلاً هواگیری ناقص)

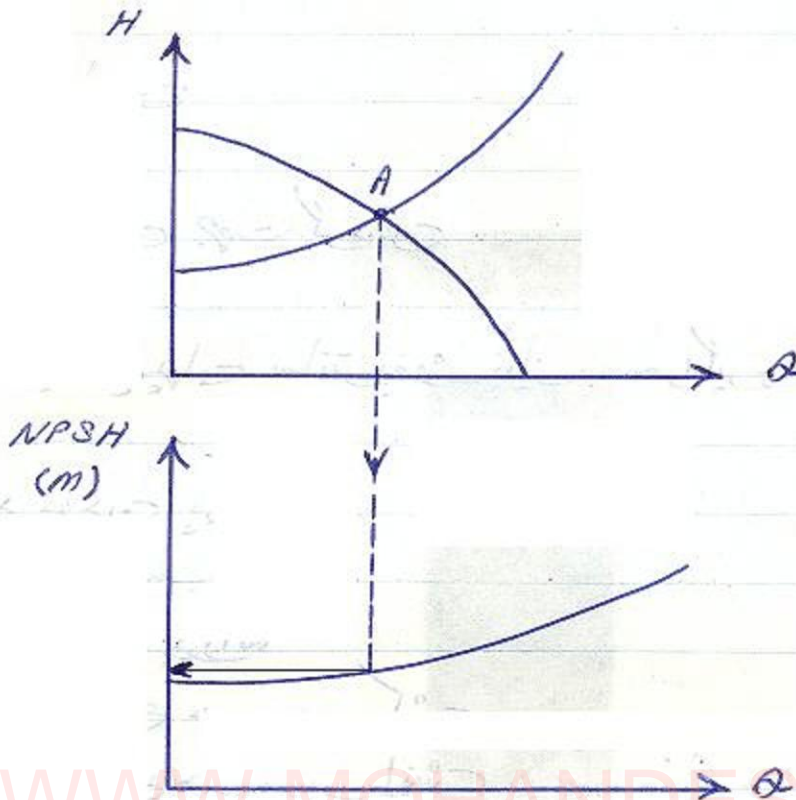


کاهش قطر غلط در ورودی

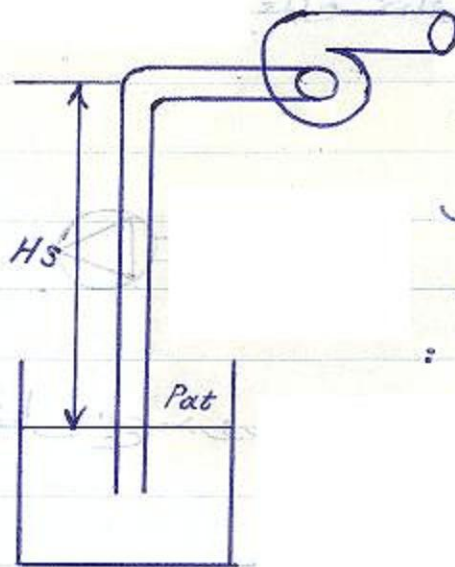


کاهش قطر صحیح در ورودی

اداره بحث NPSH :



WWW.MOHANDES.ORG



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

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

مشارخی مایع

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

NPSH فوق را (available) گویند و باید موارد از NPSH required که از نمودار بدست می آید (یعنی توسط کارخانه تعیین شده) بزرگتر باشد تا پدیده cavitation رخ ندهد.

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

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

مثال - $NPSH_{req.} = 2\text{ m}$ (از منحنی)

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

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

* گاهی می توان $NPSH$ لازم را بصورت سرانگشتی محاسبه نمود :

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

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

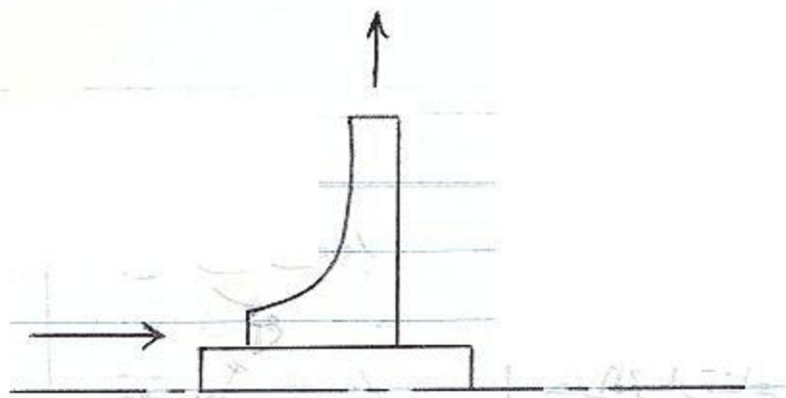
* فرمول فوق برای وقتی بکار می رود که منحنی پمپ را نداریغ اما برخی مشخصات پمپ در دست است.

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

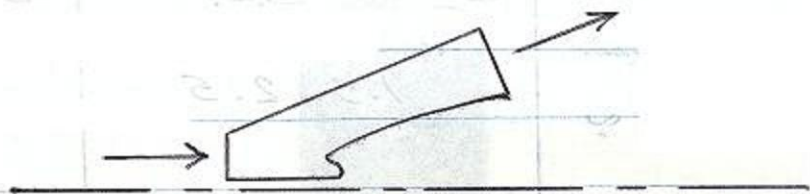
$$\begin{array}{l} \text{RPM} - N \\ m^3/s - Q \\ m - H \end{array}$$

نوع پمپ	Ns
سانتریفوژ	8 - 24
جناط	40 - 160
محوری	100 - 300

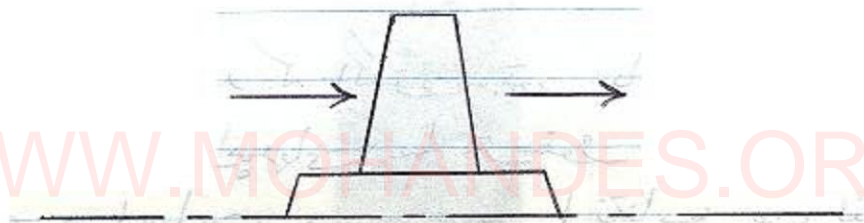
سانتریفوژ



ضخاٹ



صوری



WWW.MOJAHANDES.ORG

- * اگر مشخصات پمپ را بدهند که باید در وسیع خاص قرار گیرد -
 باید (Ns) آن را یافته و ببینیم در چه فاصله ای قرار
 می گیرد و بر مبنای آن یکی از انواع پمپ را انتخاب می کنیم
 (چون آن پمپ در آن فاصله Max را بدمان دارد است).

* معمولاً پمپهای ضخما کمتر در صنعت استفاده می شوند لذا
 از جدول زیر در انتخاب پمپ استفاده می کنیم:

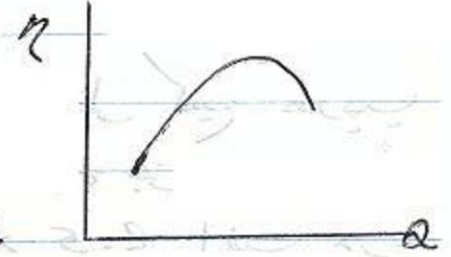
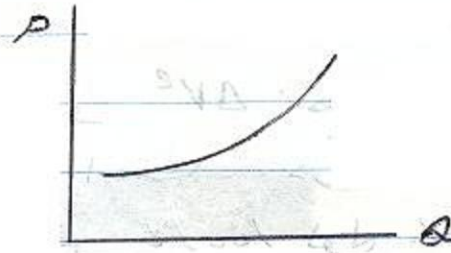
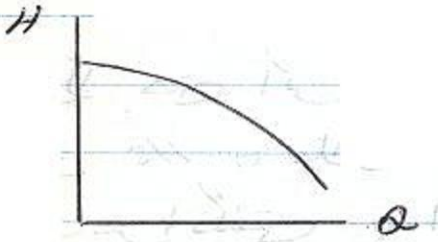
خصوصیات	مجموعی	سائنتر یغور
N_s	بیشتر از ۱۵۰	۸ - ۲۵
$(NPSH)_{req}$	کم	زیاد
حداکثر ارتفاع تولیدی هر طبقه	تقریباً ۱۰ m	تا ۱۸۰ m
مخرج مشخصه $H-Q$	شیب زیاد	شیب کم
نسبت فشار تولیدی در $Q=0$	۲-۳ برابر فشار طراحی	۱.۱ تا ۱.۶ برابر فشار طراحی
نسبت قدرت مصرفی در $Q=0$		
به قدرت مصرفی در Q_N	۱.۵ - ۲.۵	< 1

* نکته ۲ فر نشان می دهد که الکتروموتور باید بر اساس این -
 Max انتخاب شود (در اینجای سائنتر یغور) اما الکتروموتور -
 بهای مجموعی بر اساس این صفر انتخاب می کنند.

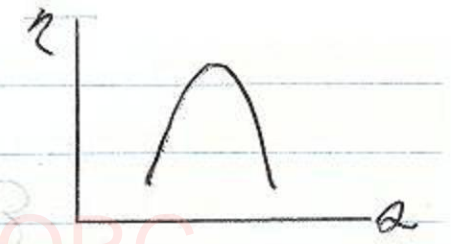
* به عبارت دیگر بستن شیر خروجی برای پمپ مجموعی مشکل ساز
 است اما در پمپ سائنتر یغور با بستن شیر خروجی توان
 کاهش می یابد (برعکس مجموعی) و مشکلی از لحاظ -
 over load موتور ایجاد نمی کند اما زمان بسته بودن
 مع حدی دارد چون دمای آب به واسطه گردش پروپا -
 بالا می رود و به پمپ صدمه می زند.

مختصرهای نمونه

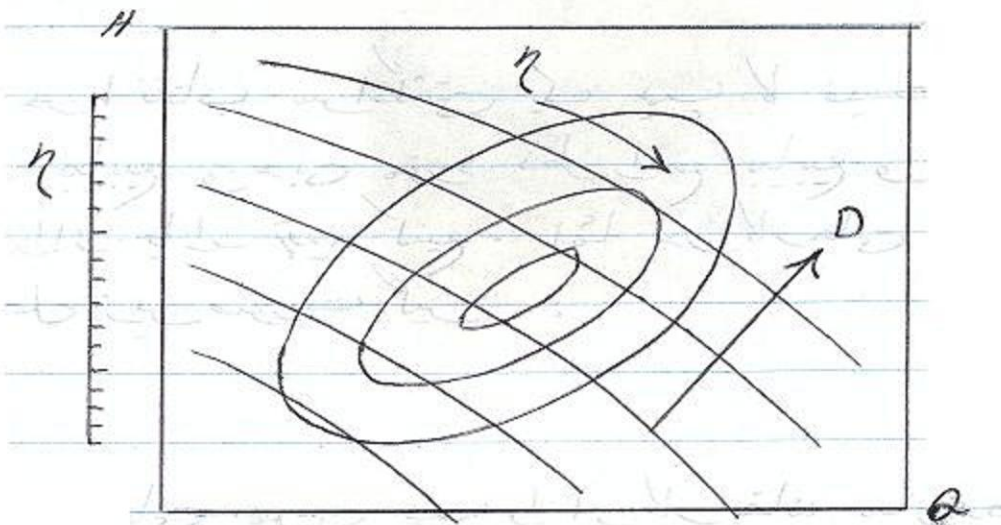
(شعاعی)



(محوری)



* گامی متنی های پمپ را با هم و بر حسب قطره های مختلف بره
ارائه می دهند :



انتخاب پمپ

* معمولاً حتی اگر از ΔP و ΔV^2 هم صرف نظر کنیم هد 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 هم است.

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

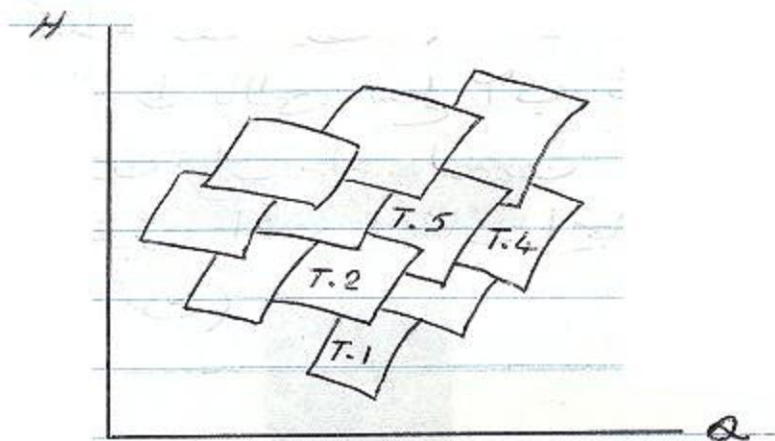
$$H = \Delta H_s + \Delta h_{\text{Losses}}$$

* اما برای کارهای بزرگ محدوده γ بسیار مهم است چون در طول زمان تلفات انرژی با کم بودن γ 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 سپس پمپ مورد نظر را از بازار تهیه کنیم. اما در کارهای مهم و ظریف باید مراحل زیر صورت گیرد:

1- مخزینهای عمومی پمپ را از کارخانه سازنده می گیریم

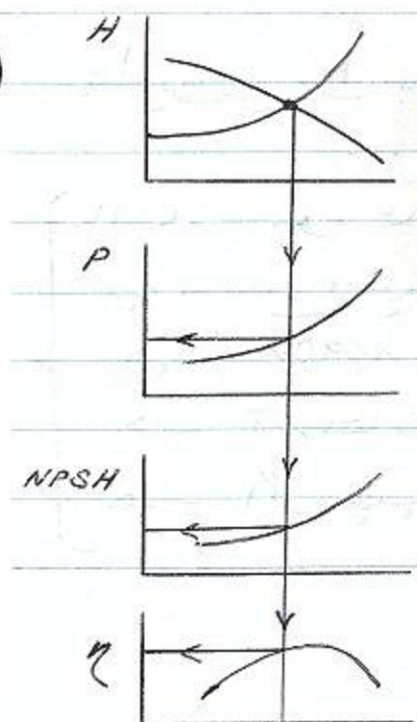
و بر اساس هدر دبی مورد نظر نوعی پمپ را انتخاب می‌کنیم.



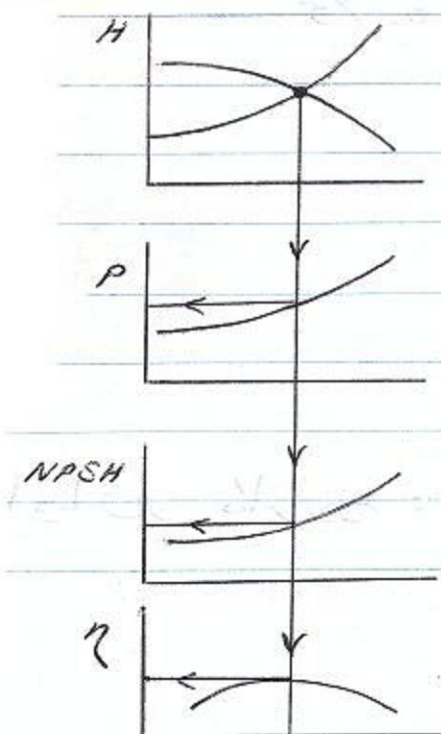
مختبرهای عمومی

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

T.5



T.6



* اگر سیال ما دمای بالا داشته باشد و یا نزدیک به شرایط اشباع باشد (۲۷) آن بالا است و ۲ مادگی بخار شدن را خارج (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 انشعاب

قطر پروانه

قطر مکش

* مقادیر زیر را بیا بید :

الف - سرعت مخصوص

ب - نوع پمپ

ج - $NPSH$ لازم

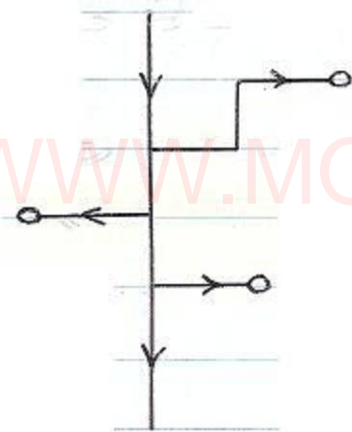
د - قدرت مصرفی

ه - اگر پمپ در شرایط زیر کار رود :

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

* حداکثر ارتفاع مکش پمپ را بیابید.

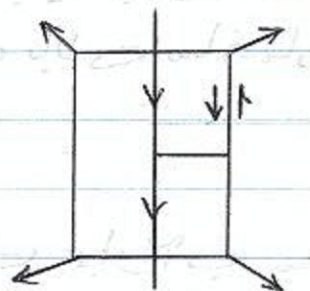
طراحی شبکه های آبرسانی



۱ - شبکه شاخه ای :

WWW.MOHANDES.ORG

* مشکل این شبکه ها این است که اگر در شهرهای بزرگ بار رود اگر در شاخه ای مصرف نباشد آب می گنجد 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 نموده.



نکات 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 :

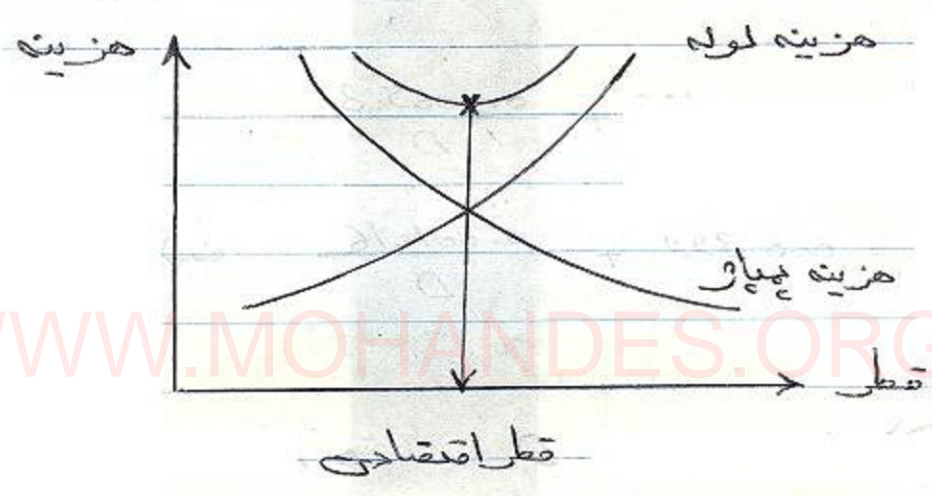
یک طبقه	10-15 m آب
دو "	16-19 m "
سه "	20-23 m "
چهار "	24-27 m "
پنج "	29-32 m "
شش "	33-36 m "
هفت "	37-40 m "

- معمولاً سازمان آب تا این حد را تضمین می‌کند اما بیشتر از این باید برای ساختمان پمپ قرار داد تا آب را به یک مخزن بالای ساختمان برده.

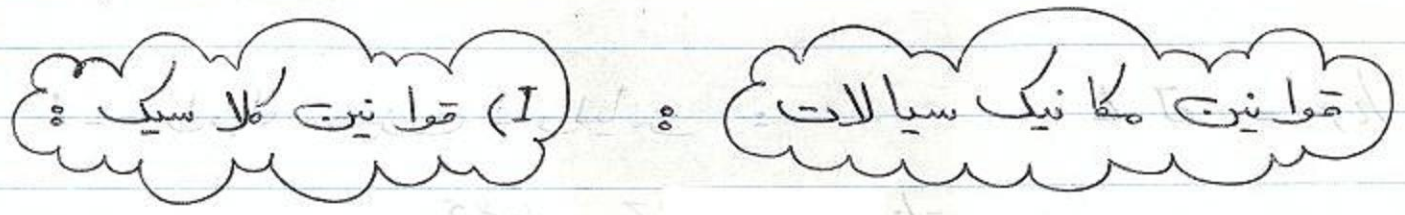
- ۳- سرعت مجاز آب معمولاً $1-1.2 \text{ m/s}$ است. بیشتر

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

ع - هزینه و تعیین قطر اقتصادی :



* معمولا قطر لوله‌های شبکه شهری را از (4") کمتر نمی‌گیرند تا برای سازه‌های جدید مع ظرفیت داشته باشد.



۱ - معادله پیوستگی : $Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$

۲ - معادله برنولی : $\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + \bar{e} h_{LT}$

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

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

۴ - رابطه داریسی :

$$\left\{ \begin{array}{l} f = 0.0199 + \frac{0.000508}{D} \quad \text{لوله های نرغ} \\ f = 0.0399 + \frac{0.001016}{D} \quad \text{لوله های زبر و کهنه} \end{array} \right.$$

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 .
 C
 D m
 Q m³/s

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

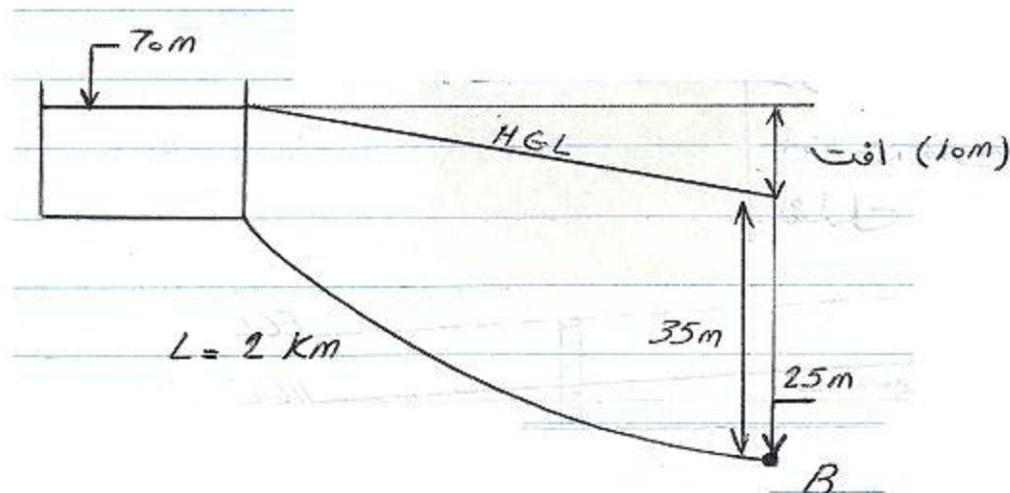
$$\begin{cases} \text{لوله صاف} & \rightarrow 140 \\ \text{لوله زبر} & \leftarrow 90 \end{cases}$$

* 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.



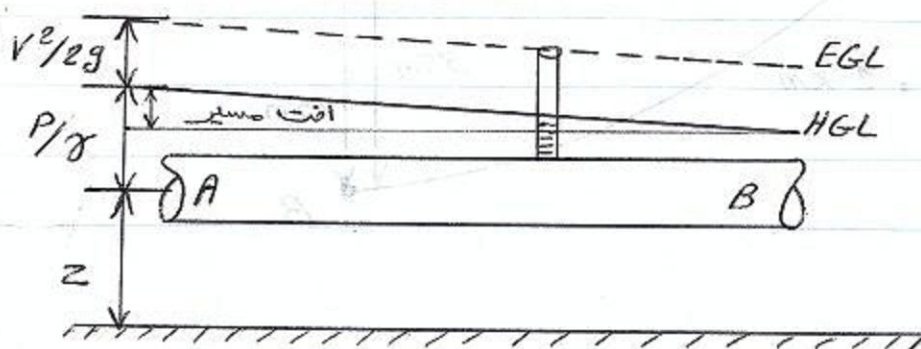
$$\begin{array}{r} 70 - \\ 25 \\ \hline 45 \text{ m} \end{array}$$



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 (E.G.L) :
 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.



* اثر در نقطه B هم 45m قابل مصرف نیست چون مقدار افت در این جا چون در B 35m فشار می خواهیم - نباید بیش 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

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

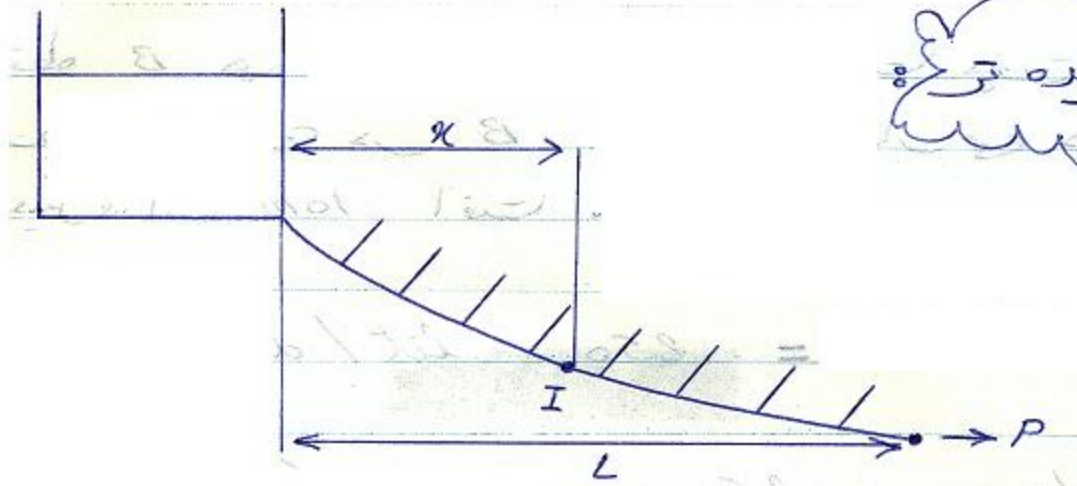
$$\rightarrow h_f = 17.4 \text{ m} \rightarrow H = 70 - 17.4 - 25 = 27.6 \text{ m}$$

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

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



مقدار فشار باقی مانده
در نقطه (B)



* منبعی داریم که در خط فزونی آن سازه‌های صرف مختلف داریم :

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

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

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

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

$$\begin{array}{|l} x = 0 \\ y = 0 \end{array} \quad \begin{array}{|l} x = L \\ y = h_f \end{array}$$

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

* اگر q_e دبی معادل باشد که همین افت فشار را ببرد یعنی :

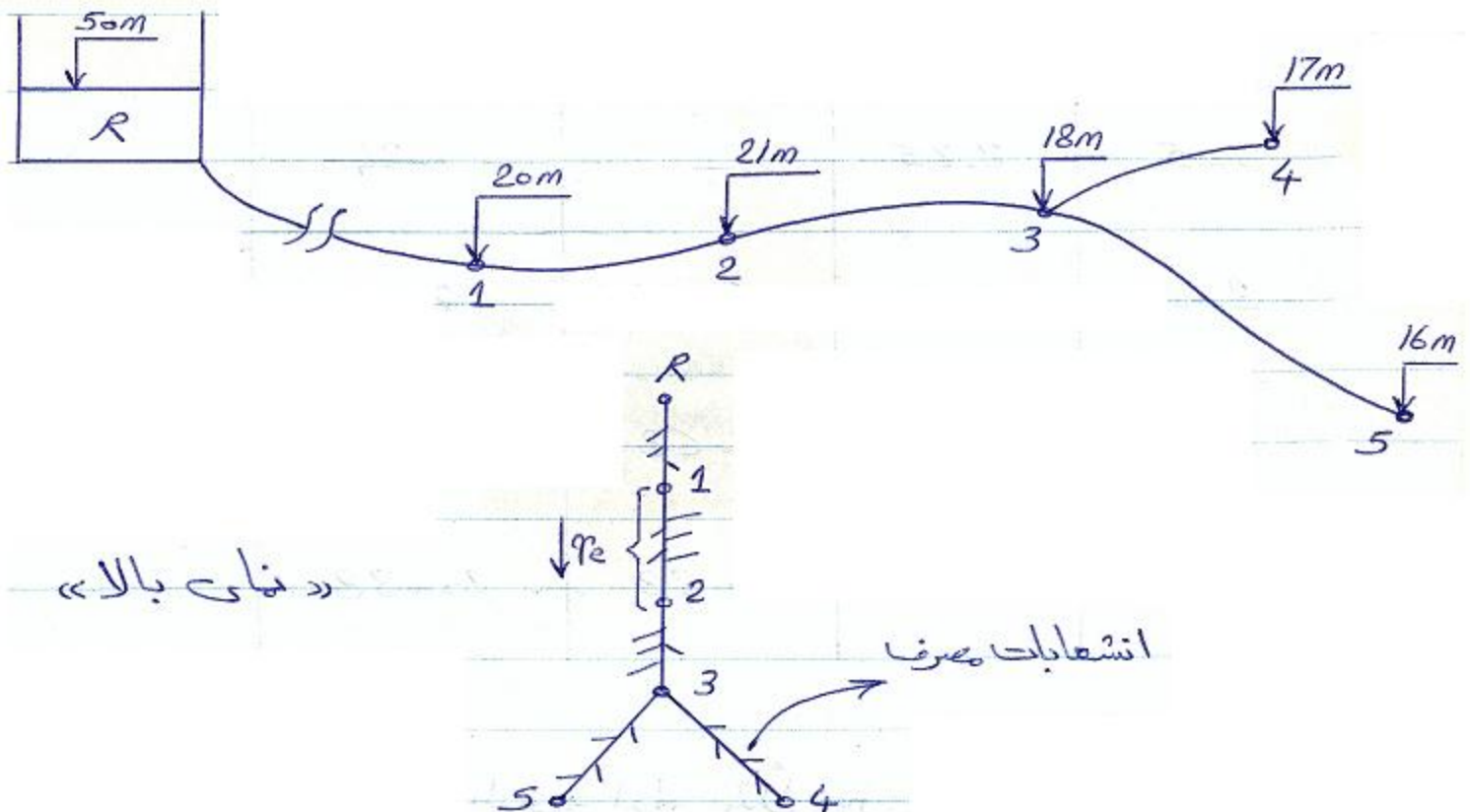
$$h_f = K_L q_e^2$$

$$q_e \approx P + 0.55 Q$$

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 طراحی کنید. حداقل فشار لازم در شبکه 24m است.



① فاہیہ	② جمعیت	③ صرف متوسط $② \times 0.0017$	صرف ماگزیم $3 \times ③$
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

فاہیہ	صرف	دیں پاپرس دست (ترویجی)	دیں 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 بلوں یافتہ طبقہ اولہ مثلاً بین نقطہ 1 و 2 باید

دبی را داشته باشد باشیع اما دبی متغیر است چون در فواصل لوله از آن انشعاب خارج می شود پس برای مناسب طول لوله از « دبی معادل » Q_e بهر می گیریم که در ضمن همان افت واقعی را به ما می دهد.

ناحیه	طول (m)	قطر (mm)	تجهت	فرمول H.V $\frac{H}{L}$ (m/m)	k_f ($J \times L$)	V (m/s)	ارتفاع بین متریک بالا دست « معلوم »	ارتفاع محل
R-1	500	150	10.38	0.0055	2.75	0.6	50	20
1-2	520	150	9.17	0.0043	2.24	0.53	(50 - 2.75) 47.25	21
2-3	200	125	7.23	0.007	1.4	0.6	45	18
3-4	400	100	2.42	0.0024	1	0.3 ^{min}	43.6	17
4-5	100	100	1.24	0.009	1	0.44	42.6	6
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨

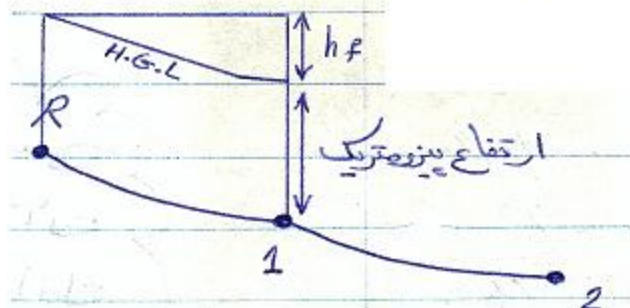
اسم بازاری	قطر اسمی Nominal Dia.
	3/8"
2	1/2"
2.5	3/4"
3	1"
4	1 1/4"
5	1 1/2"
6	2"

بعد از 14" قطر اسمی لوله با قطر خارجی آن برابر می شود اما قبل از آن خیر.

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 بالایی (5) را از (h_f) قبلی
(مربوط به ردیف بالایی) کم می کنند.



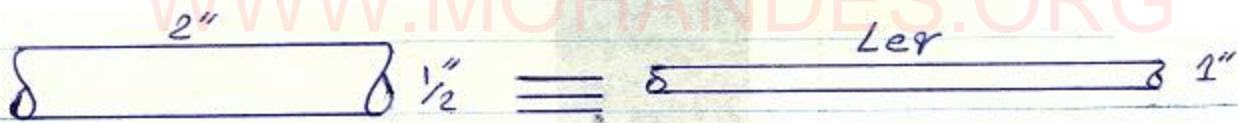
* به عبارتی برای یافتن ارتفاع پیزومتریک در هر محل باید ارتفاع منبع را از h_f های قبل از رسیدن به آن نقطه کم کنند.

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

شبکه های لوله کشی :

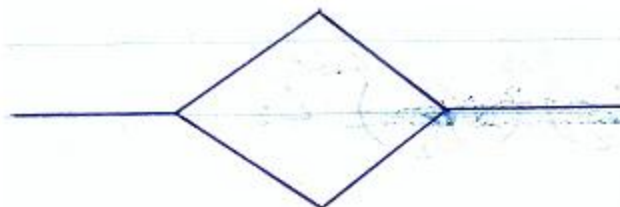
1 - روشن لوله های معادل :

* ما می توانیم به جای هر اتصال یا لوله ، لوله ای دیگر قرار دهیم به شرطی که به ازای 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 ازای دبی - عبوری یکسان منجر به افت فشار برابر گردند. فرمول مورد استفاده برای محاسبه افت فشار رابطه هیزن - ویلیامز است :

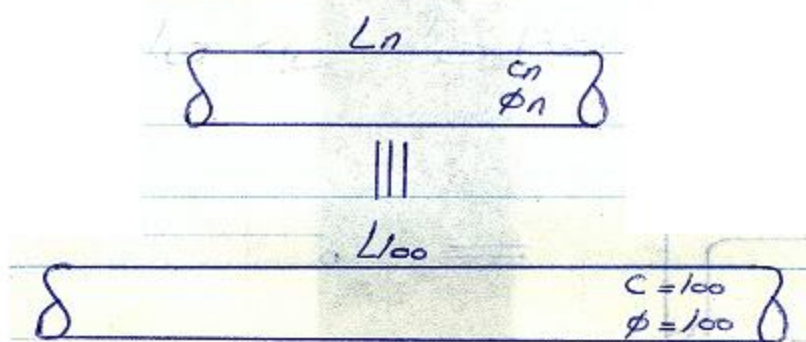
$$k_f = 10.666 C^{-1.85} Q^{1.85} D^{-4.87} L$$



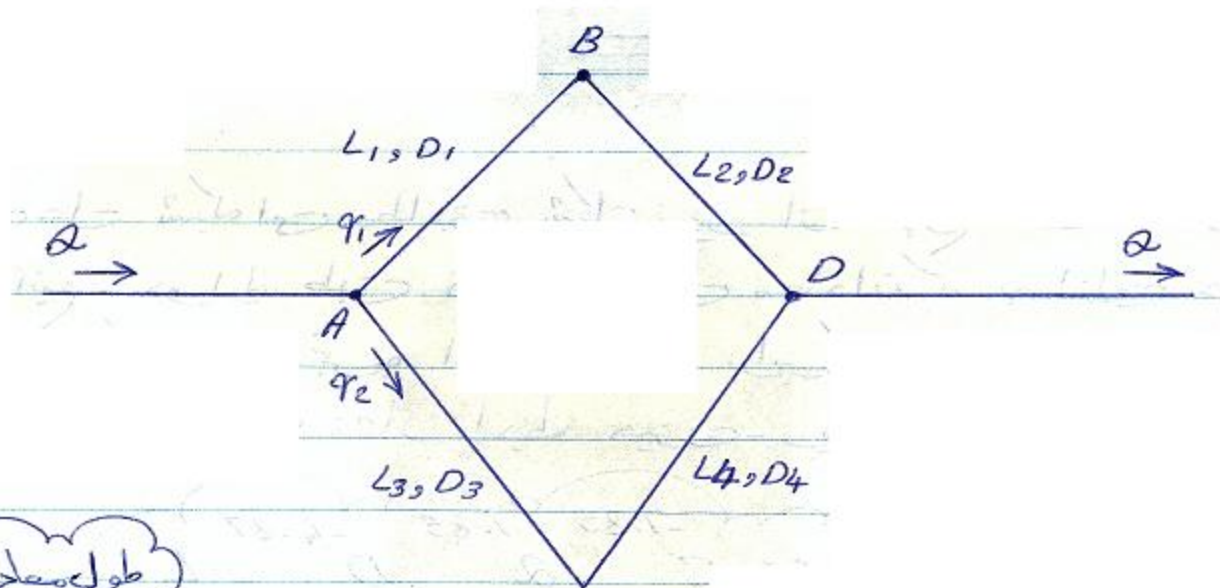
شبکه ساده
موازی

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

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



WWW.MOHANDES.ORG



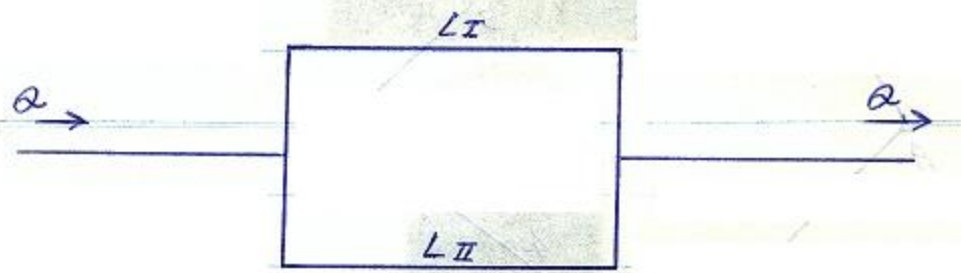
طول معادل لوله

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

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

⋮

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



* مقارنت در هر سازه :

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

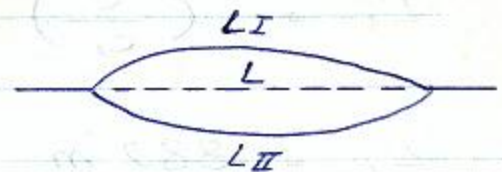
$h_{fI} = h_{fII}$: در هر سازه موافق :

* می توان اثبات کرد :

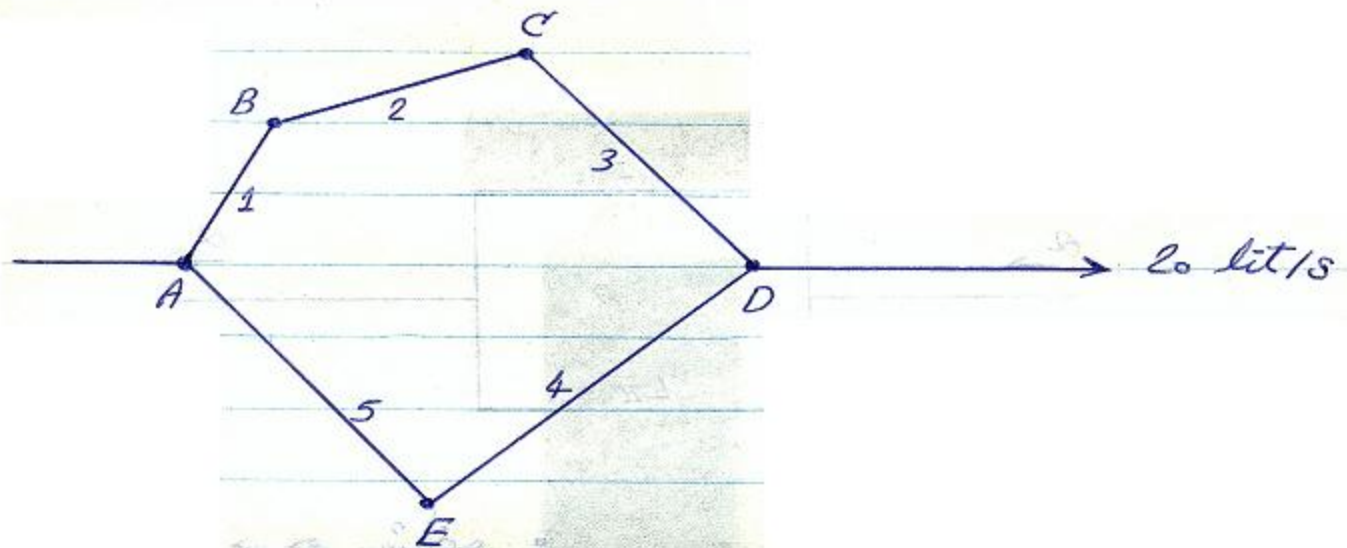
$$Q_I = Q \left(\frac{L}{L_I} \right)^{0.54}$$

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

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



مثال - در شبکه زیر دبی و وقت 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 100 بوده و هر لوله ها از یک جنس باشد. لوله معیار را نیز با C و D برابر 100 در نظر می گیریم. به این ترتیب طول معادل هر شاخه 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 :

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

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

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

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

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



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

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



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



(مقادیر) : $Q_1 + Q_2 = 20 \text{ lit/s}$

حاسبه افت فشارها:

$$h_{f1} = 10.666 C_1 \cdot Q_1 \cdot D_1 \cdot L_1$$

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

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

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

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

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

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

* ب طریق مشابه:

WWW.MOHANDES.ORG

مسئله - برای مسئله قبل در حالی که در شبکه (ABCD) مصرف 8 lit/s داشت باقیمانده مسئله را حل کنید. (یعنی شبکه مصرفی داریم و باید از دبی معادل ۴ استفاده کنیم).

فرشاد نوری - مهندس پایه یک تأسیسات مکانیکی
 طراحی - نظارت - اجرا
 نظام مهندسی: ۱۵۴۰۰-۱۷۲۷۶
 پروانه مهندسی: ۱۵۴۰۰-۰۲۸۱۵
 شماره شهرسازی: ۱۵۴-۰۱۲۲۲

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

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