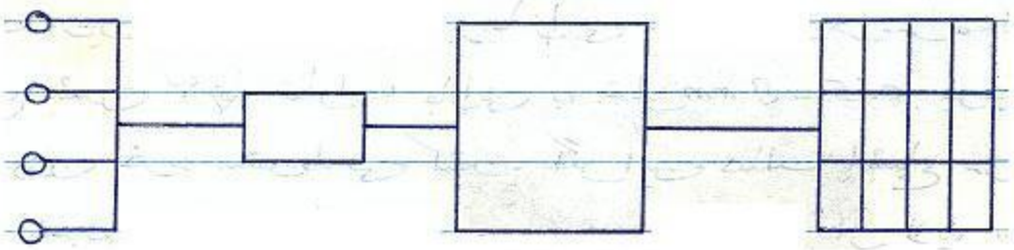
درس : سیستم‌های انتقال آب

استاد : آقای دکتر فرزاد جعفر کاظمی

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

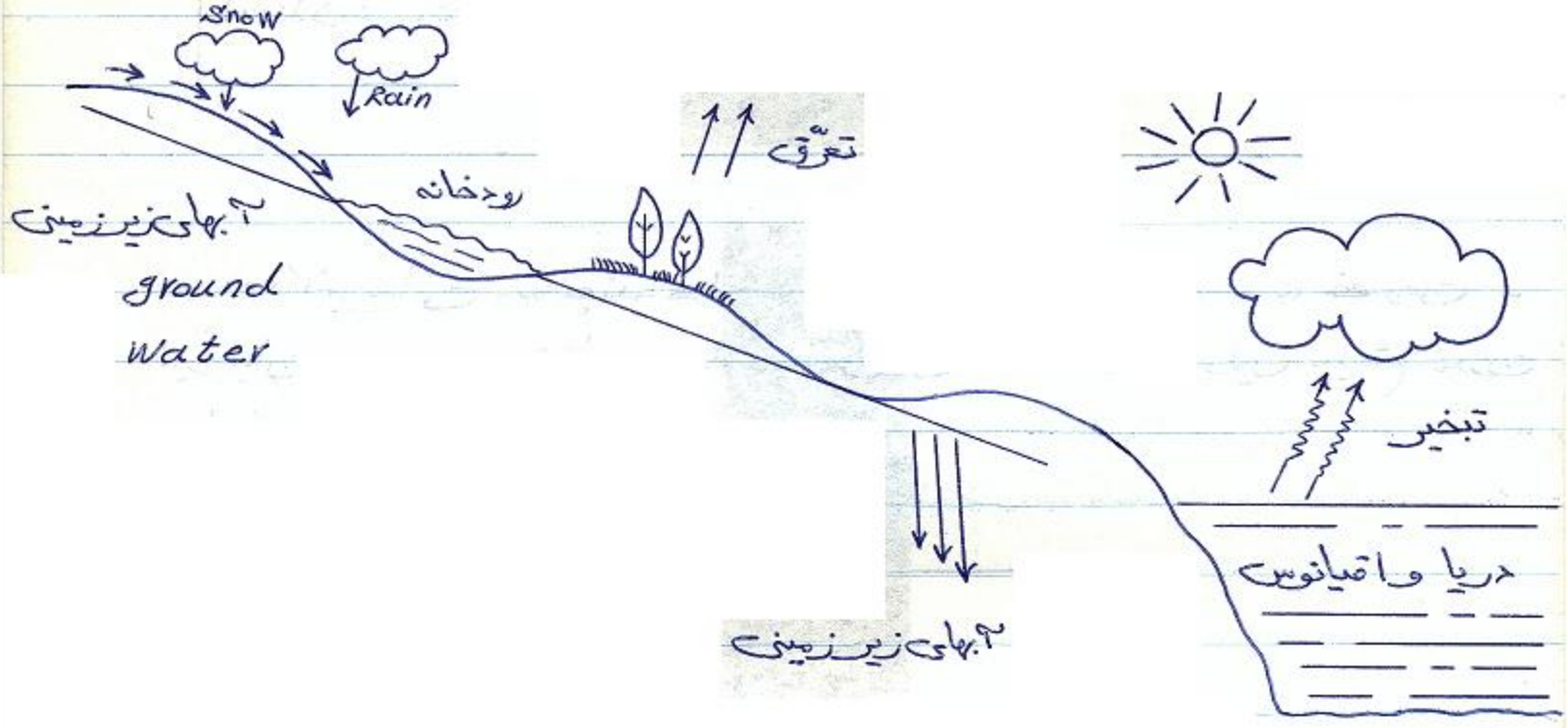
شکل شماتیک آبرسانی شهری



شبکه توزیع ذخیره آب تصفیه منابع آب

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

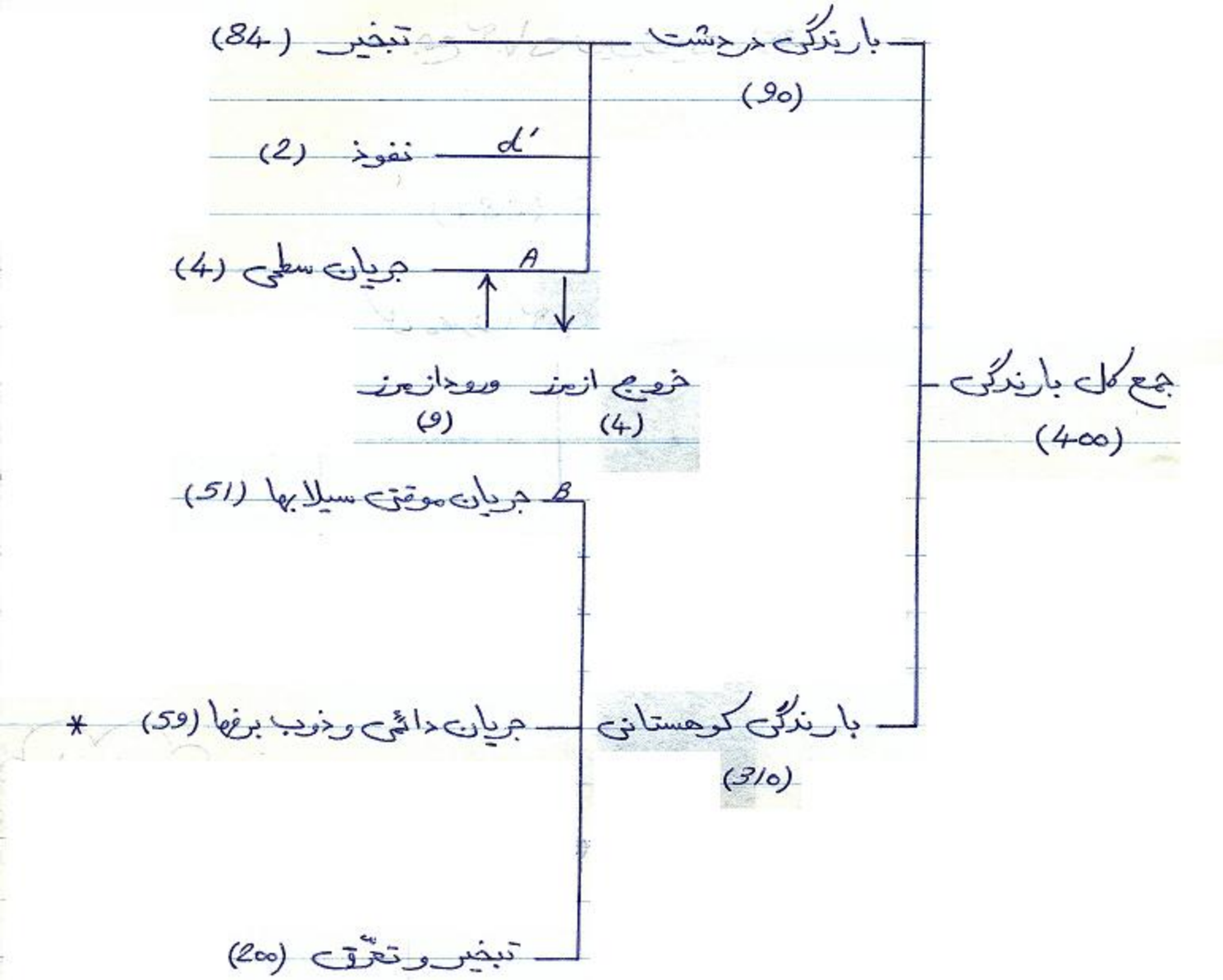
* سطح کل کره زمین $510\ mKm^2$ است که از این مقدار $310\ mKm^2$ را آب پوشانده، که 98.77٪ اقیانوسها، $18\ Mm^3$ جامد، $0.25\ Mm^3$ رودخانه‌ها و دریاچه‌های آب شیرین و $0.25\ Mm^3$ آبهای زیر زمینی.

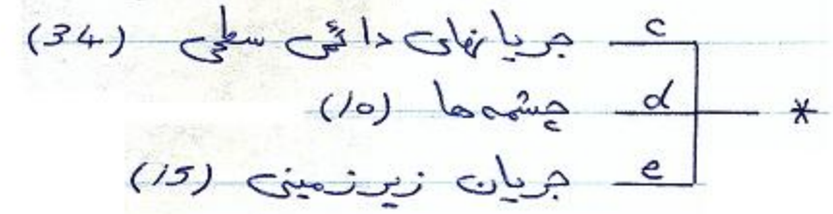


* قسمتی از آبهای روی زمین در اثر تشعشع خورشید تبخیر شده و بصورت ذرات ریز (0.02mm) ابرها را می سازند و در هوا معلق هستند. با اشباع شدن آنها قطرات باران به قطر 8mm - 0.5 بوجود می آید که در اثر وزن خود سقوط می کنند. اگر این حالت اشباع در سطح زمین پدید آید شبنم است و اگر ذرات در حین سقوط از لایه سرد عبور کنند - تگرگ پدید می آید.

---

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


بارندگی در دشت
(90)
تبخیر (84)
d'
نفوذ (2)
A
جریان سطحی (4)
خروج از مرز
(4)
ورود از مرز
(9)
جمع کل بارندگی
(400)
B
جریان موقتی سیلابها (51)
بارندگی کوهستانی
(310)
جریان دائمی و ذوب برفها (59)
*
تبخیر و تعرّق (200)


c
جریانهای دائمی سطحی (34)
d
چشمه‌ها (10)
*
e
جریان زیرزمینی (15)

A + B =
۲جریانهای سطحی (93)
f
نفوذ در زمین (18)
g
چشمه‌ها (75)

جمع آبهای زیرزمینی (35) = $d + e + f$

تبخیر (284)

کل مصرف آب کشور (69)

آب شرب	آب صنعتی	کشاورزی
(1)	(1.5)	(66.5)

منابع آب :

۱- آبهای سطحی : از رودخانه‌ها و دریاچه‌های بزرگ، از رودخانه‌های کوچک و ارتفاعات

۲- آبهای زیرزمینی : چاه، چشمه، قنوات

درجه اطمینان منابع آبرسانی :

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 کاملاً تمام نشدنی و انتقال آن به شهر از نوع ثقلی باشد.

۲- تامین آب بصورت ثقلی از منبعی که در برخی اوقات آبدهی 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.

طراحی آبرسانی شهری آبرسانی شهری :TEXT

نوشته : مهندس آشفته نوشته : منزوی

برآورد نیاز آب : انواع نیازهای آب ۳ بخش است :

۱- مصارف خانگی
۲- " صنعتی
۳- " عمومی

* معمولاً در محاسبات شهری برای هر نفر 250 lit/day-c در نظر می‌گیرند
امّا معمولاً رنج 350 - 225 معقول است.

عوامل موثر در مصرف آب شهری

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

نوسانات آب مصرفی

۱- نوسانات سالیانه
۲- نوسانات ماهانه
۳- نوسانات فصلی

فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴-۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

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 $Q_{d\ max} = (1.5 - 2.5)\ Q_{d\ AV.}$

---

* منابع ذخیره برحسب $Q_{d\ max}$ روزانه طراحی می شوند امّا برای طراحی شبکه از $Q_{h\ max}$ ساعتی بهره می گیرند :

* $Q_{h\ max} = \frac{(1.5 - 2.5)(1.5 - 2)}{24}\ Q_{d\ AV.}$ ⟶

$$Q_{h\ max} = (0.1 - 0.2)\ Q_{d\ AV.} \quad m^3/h$$

---

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

$$P = 180\ t^{-0.1}$$

t : روز

P : درصد

را (۱)، و مثلاً اگر برای هفته بخواهیم x_1 را (۷) قرار می دهیم.

(فرمول گودریچ)

---

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

مسأله - بررسی مصرف آب سالانه یک شهر تغییرات زیر را دارد :

مدت زمان آبرسانی day :	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

(۱) : $$Q_{d\,AV.} = \frac{(150)(6500) + (130)(4000) + (85)(10000)}{365 \times 30000}$$

$$Q_{d\,AV.} = 214 \quad lit/day.c$$

(۲) : $$Q_{d\,Max} = \frac{180}{100}(1)^{-0.1} \times 214 = 385 \; lit/d.c$$

(۳) : جمعیت 30000 ← جدول ← $Q_{Fire} = 333\ lit/s$

پیش بینی افزایش جمعیت شهر :

* عوامل مؤثر در افزایش جمعیت عبارتند از :

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

روشهای پیش بینی جمعیت :

۱- روش حسابی :

$$\frac{dP}{dt} = K \longrightarrow P_n = P_0 + Kt$$

۲- روش هندسی :

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

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

n - سال

K - ضریب رشد جمعیت ٪(۱۰-۵)

* 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 جاداشته باشد.

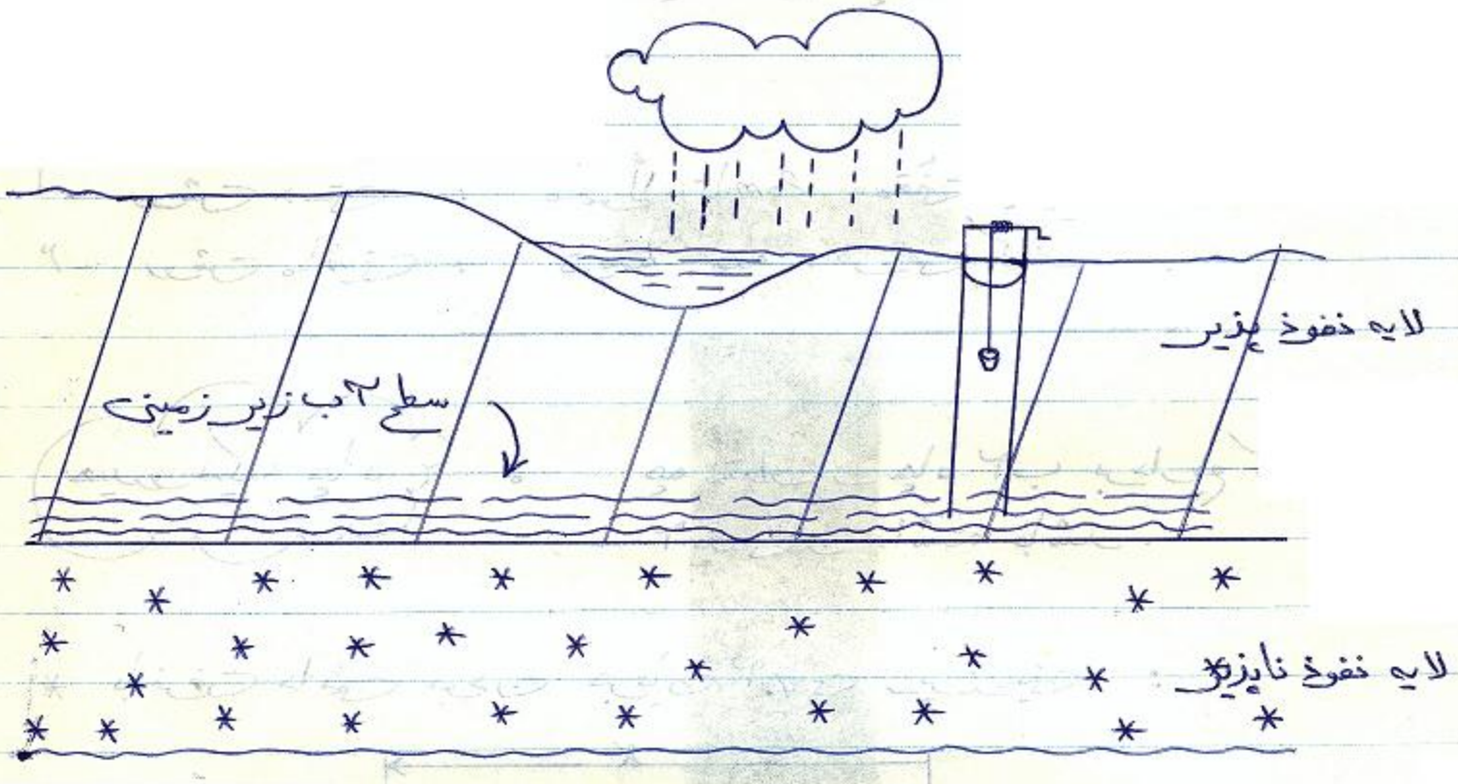
۲- برای شبکه آبرسانی شهری 25 تا 40 سال.

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

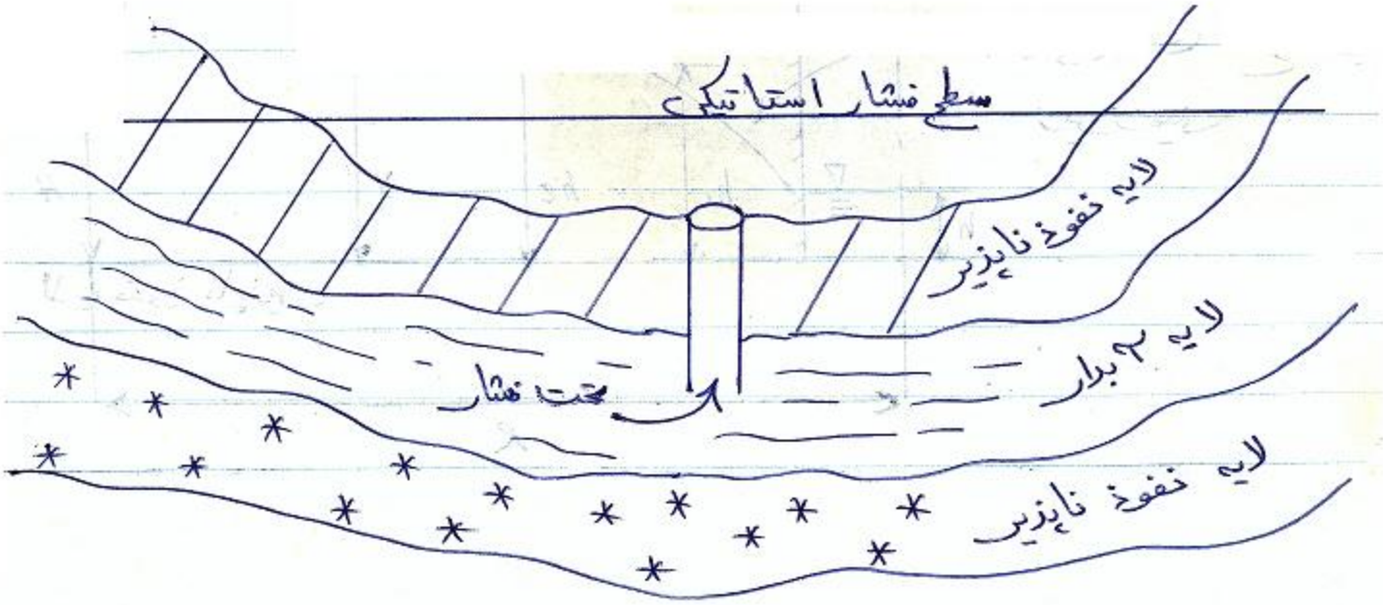
منابع تهیه آب

* سفره‌های آبهای زیرزمینی : حجم آبی است که در زیر لایه‌های زمین گسترده است. برخی تحت فشار و برخی آزاد هستند.

* سفره‌های تحت فشار را چاههای (آرتزین) گویند.



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

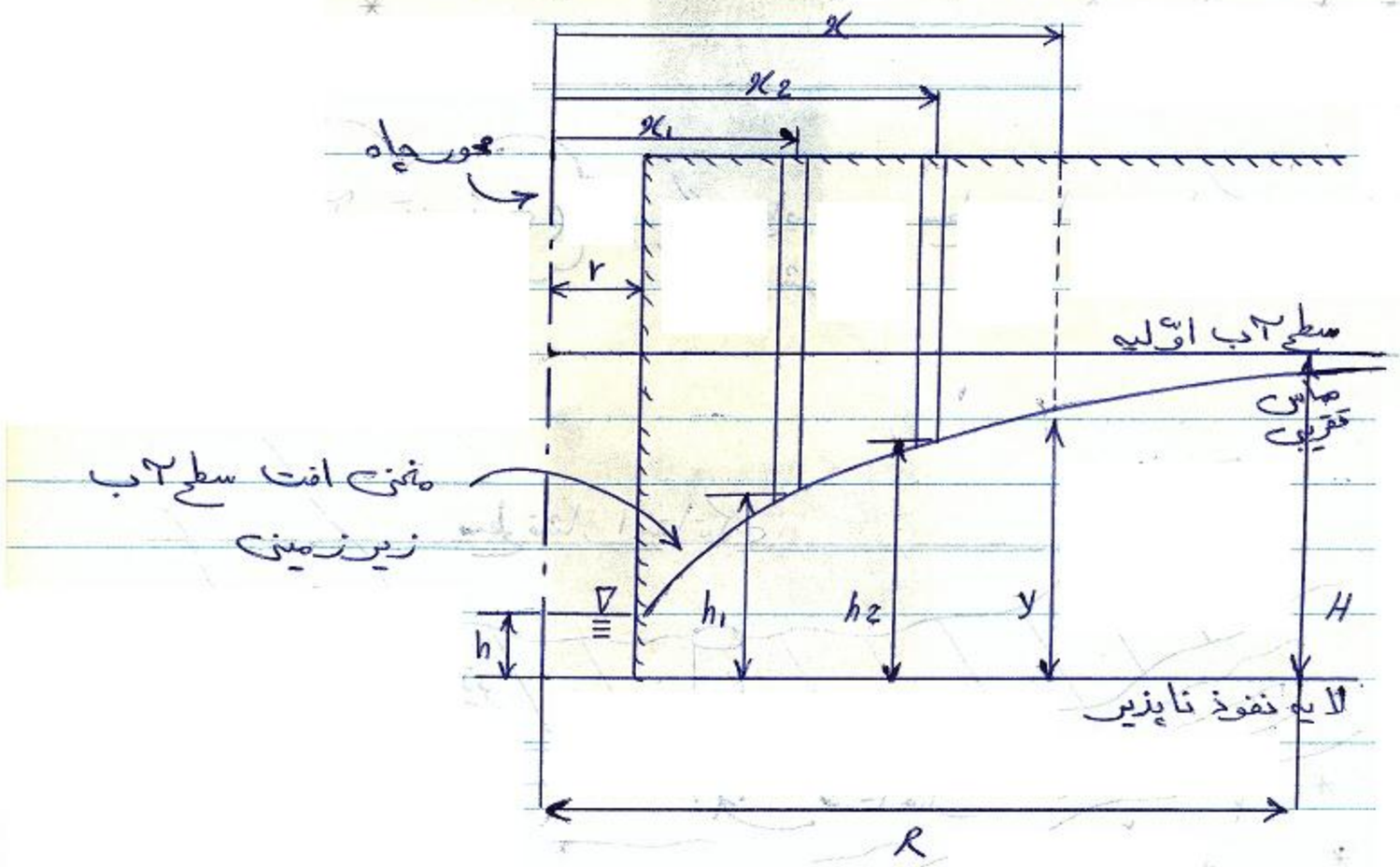


روشهای کندن چاه : اوّل حدس می‌زنند که آب هست یا نه و سپس :

۱- روش دستی : معمولاً تا 20m عمق پایین می‌روند.
۲- روش ماشینی : توسط مته حفر می‌کنند.

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

* با فرض دائمی بودن جریان آبهای 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. اگر همه ارقام را در (SI) قرار دهیم Q برحسب (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 می‌توان Q و سپس پمپ مربوطه را بدست آورد.

* کتاب مطالعه شود.

مخازن آب

۱- مخازن هوائی
- فلزی
- بتنی

۲- مخازن زمینی
- فلزی
- بتنی

دسته بندی موقعیت شهر و مخزن

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

* در این موارد باید حتماً از مخازن هوائی 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.

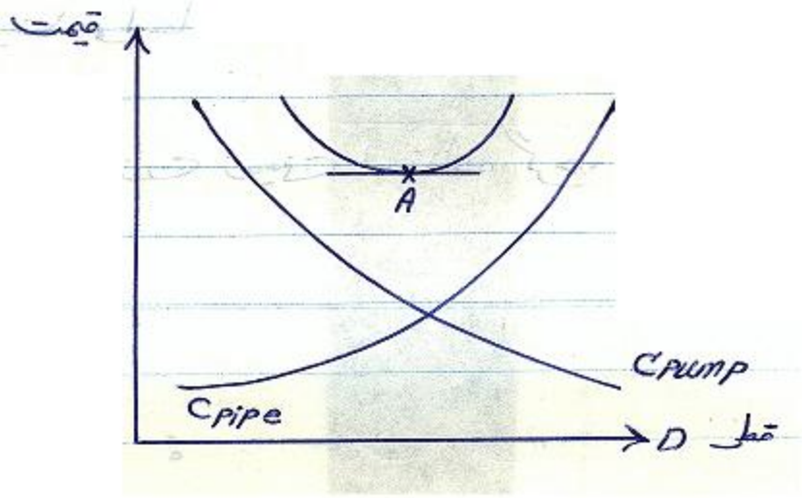
* برای Min کردن هر چیز (مثل قیمت) باید دید آن چیز تابع چه عواملی است و سپس محدودیتها را هم در نظر می گیریم و به روش لاگرانژ آنرا Min می کنیم.

$$\begin{cases} C = A_1 + A_2 + \dots & \text{تابع هدف} \\ Constraint & \text{محدودیتها} \end{cases}$$

مثلاً برای Min کردن هزینه لوله کشی :

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

$$C_{pip} = f(D)$$
$$C_{pump} = f(D)$$



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

۲- 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 امّا در غیر اینصورت حتماً از مخزن زمینی استفاده می کنیم.

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

مثلاً برای شهر تهران می توان از مخازن زمینی استفاده کرد و سعی می شود حتی المقدور 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. استوانه برای حجم ۲۵۰۰ - ۳۰۰ متر مکعب و مکعبی برای حجم کمتر از $300\ m^3$ و بیشتر از $2500\ m^3$ استفاده می شود. معمولاً عمق این مخازن برای حجمهای تا $300\ m^3$ حداکثر $3\ m$ و از 300 تا $4000\ m^3$ بین ۳ تا ۶ متر تغییر 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 هواره باید حداقل به اندازه 15cm و یا 5٪ کل حجم مخزن آب وجود داشته باشد (هر کدام بیشتر بود).

---

* مخازن هوائی معمولاً از حجم 25 - 1000 m^3 ساخته می شوند (البته - برای شبکه شهری) امّا برای یک خانه یا کارگاه خیلی کمتر است. معمولاً این مخازن از حجم 25 - 300 m^3 از فولاد و در حجمهای بیشتر از جنس بتن است.

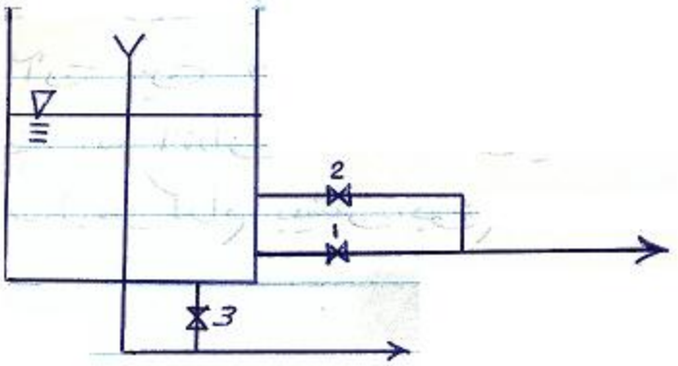
---

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

---

* مخزن هوائی یا زمینی باید حتماً یک سرریز بدون شیر داشته باشد

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



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

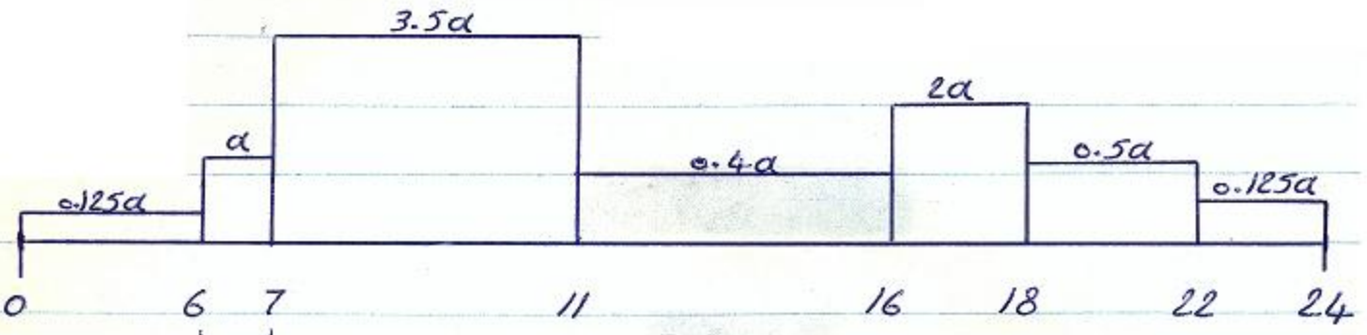
تمرین ۱- حداقل دو روش برای گردش آب در مخزن پیشنهاد کنید (چون اگر شهر چندین سال آتش نگیرد حجم آبی همواره ساکن می ماند و لجن می بندد).

محاسبه حجم مخزن:

* مثال برای محاسبه حجم مخزن:

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

(پمپاژ مداوم = $\alpha\ m^3/h$)



+ جمع داده شده		6α	7α	11α	16α	18α	22α	24α
− جمع خارج شده		0.75α	1.75α	15.75α	17.75α	21.75α	23.75α	24α
تفاضل		+5.25α	+5.25α	−4.75α	−1.75α	−3.75α	−1.75α	0

$$V = (5.25 + 4.75)\,\alpha = 10\alpha\ m^3$$

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

فرشاد سرایی- مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی- نظارت- اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴-۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

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

تصفیه آب

جلسه اول

۱- آب‌های زیرزمینی : نیاز به تصفیه ندارند.
۲- آب‌های سطحی : باید تصفیه شوند.

پارامترهای طراحی تصفیه خانه :

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

سختی آب

: میزان Ca^{2+} موجود در آب و یا میزان ترکیبات منیزیم در آب است. در آمریکا 1mg کربنات کلسیم در lit است. بدن انسان تا ۳۵۰ PPM و حداکثر تا ۵۰۰ PPM را تحمل می‌کند و مقدار آن باید 30mg در آب باشد تا آب بی‌مزه نشود.
(PPM = Part per Million)

نکات تشخیص سختی :

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

* در مورد آبهای زیرزمینی مقدار گاز کربنیک محلول در آب است که باعث خوردگی می شود. در کتاب منزوی مقدار 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 کمی سختی را افزایش می دهد.

PH آب:

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

را دیواکسیژن آب:

الف - حدود تر پی کوری مجاز است.
ب - حدود ۵۰ پی کوری مجاز است.

---

* باید به ترکیبات آهن، ازت و اسید سولفوریک و فسفاتها در آب توجه کرد که معمولاً فسفاتها بیانگر میزان آلودگی است و دترجنتها مع حاصل از پودرهای لباسشوئی هستند و باید مقدار آنها کنترل شود.

روند تصفیه :

۱- مکانیکی
۲- شیمیایی
۳- بیولوژیکی

I - ۲ شغال گیری با توری‌ها.
II — ته نشینی به کمک مواد شیمیائی یا بدون آن. که قسمت بدون کمک مواد شیمیائی را ته نشینی مقدماتی گویند طراحی - حوضچه‌های ته نشینی براساس پارامترهای زیر است :

۱- اگر مواد سی زیاد بود سرعت 0.25 است. m/s
۲- اگر مواد آلی زیاد بود سرعت 0.75-1.7 است. m/s
۳- سرعت ورود به استخر مهم است که از دیواره‌های آرام بخش یا استوانه‌های آرام بخش بهره می گیرند:

۴- نسبت طول به عرض استخر.
۵- ارتفاع استخر.
۶- لایروبی کف استخر (با شیب دادن کف یا به روش مکانیکی)

۷- خروجی استخر حداکثر تا $25\ m^3/h$ باشد.
۸- ۰.۵ - ۰.۱ میلی گرم بر لیتر سولفات مس می افزایم تا جلبکها از میان بروند.

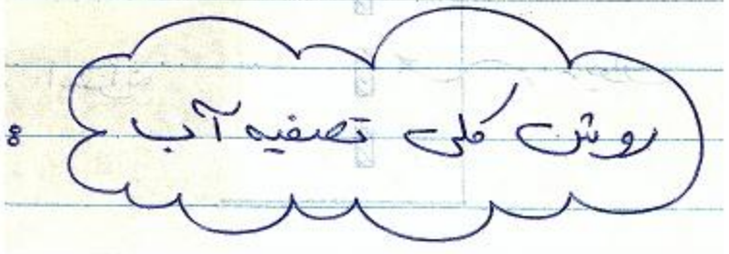
---

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

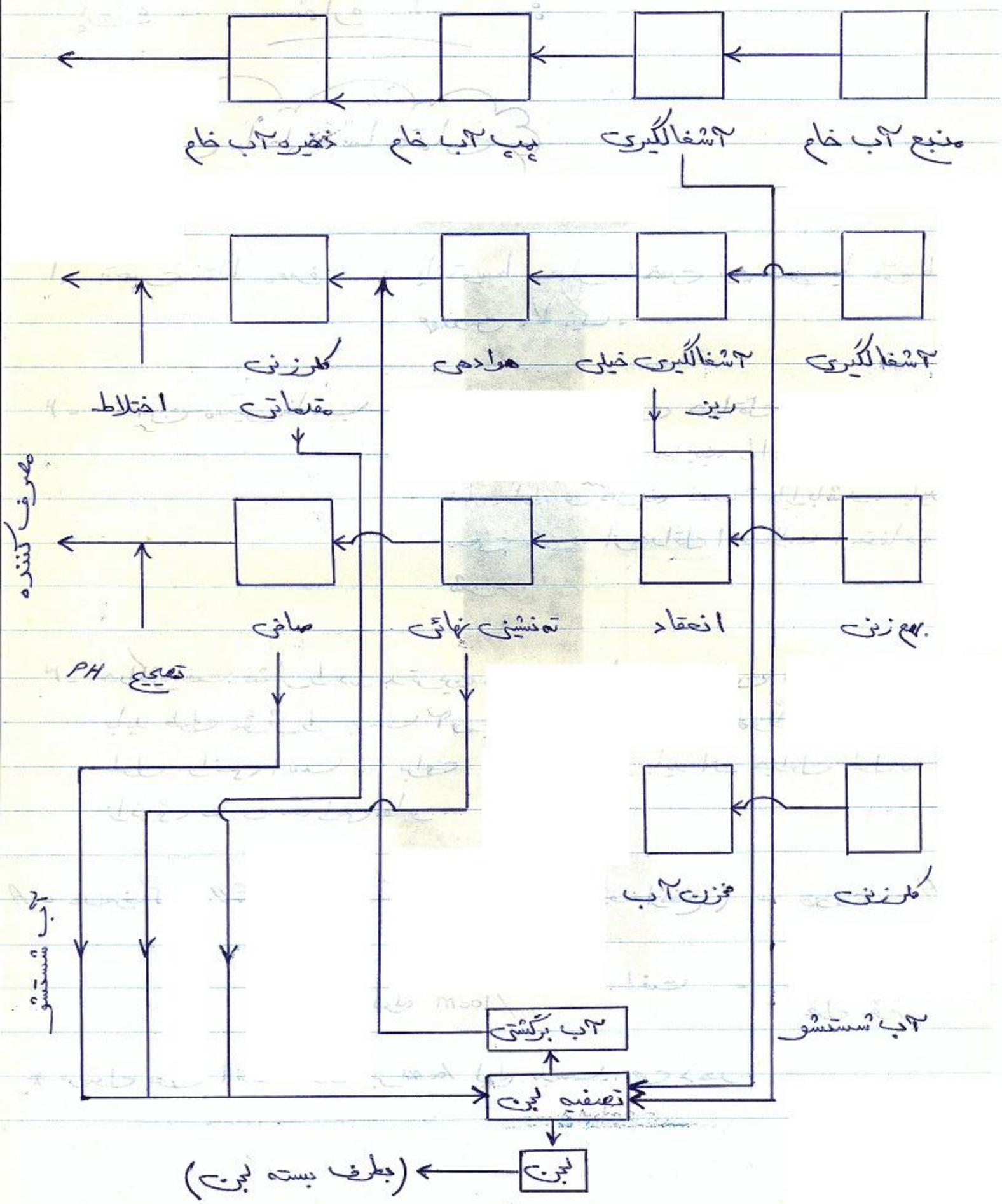
---

* نکته مهم در استخرها این است که تحت هر شرایطی نباید آب زیاد به هم بخورد.

III - کلرزنی آب



* یک فلوچارت کلی در این رابطه وجود دارد:


منبع آب خام
آشغالگیری
پمپ آب خام
ذخیره آب خام
آشغالگیری
آشغالگیری خیلی
مواد شیمیایی
کلرزنی مقدماتی
اختلاط
زمین
بهم زن
انعقاد
ته نشینی نهائی
صافی
مصرف کننده
تصحیح PH
کلرزنی
مخزن آب
آب شستشو
آب برگشتی
تصفیه لجن
لجن
(بطرف بسته لجن)

پروژه شماره ۲ :

۲ بررسی 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 1.5 برابر طول واقعی است. برای طول مؤثر باید از جداول طول معادل زانوئی ها و سه راهی ها و ... بهره برد.

A = هدمصرف کننده $H.F.U$ - افت کنتور H - (اختلاف ارتفاع) - سودی H

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

* فرمول فوق افت هدرا بر 100m لوله بدست می دهد.

۴- برای مصرف کننده‌ها میزان مصرف آب (F.U) را از جدول می یابیم. برای کولر و برج خنک از چارت سایکرومتریک استفاده می کنیم. در این مورد میزان آب می شود:

(اختلاف رطوبت ورود و خروج) × دبی هوا = آب مصرفی

۵- در هر مقطع F.U ها را جمع کرده و تقاضا را می یابیم. ضریب تقاضا (همزمانی) یا بصورت نمودار یا بصورت ضریب ثابت به ما می دهند.

۶- با داشتن دبی در هر مقطع و افت فشار قطر لوله را می یابیم. قطر لوله را از نوموگرام دارسی یا نمودارها می یابیم.

۷- سرعت را می یابیم $3 < V < 5$ ft/s

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.U را در نظر می گیریم.

۸- برای خط آب گرم یک خط برگشت تعبیه می کنیم.

۹- انتخاب پمپ سیرکولاسیون براساس GPM گذرنده انجام می شود.

۱۰- ظرفیت دستگاه گرم کننده:

a - FU ها را با هم جمع می کنیم.
b - تقاضا را می یابیم.
c - ضریب اطمینان برای ذخیره در نظر می گیریم.
d - میزان گرمای لازم را بدست می آوریم.

باتوجه به جمع آب و گرمای لازم مخزن دوجداره را انتخاب می کنیم.

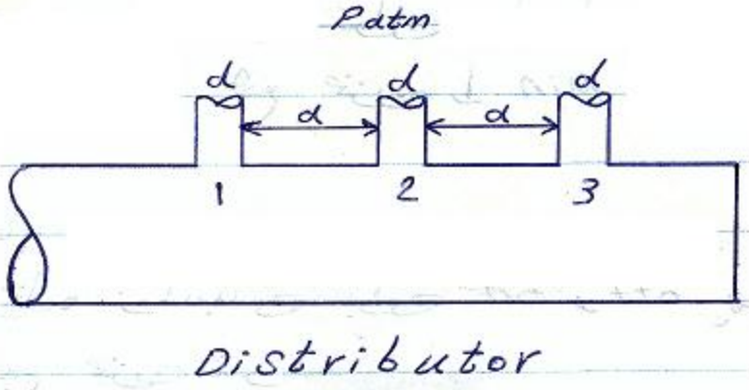
توجه - قطر لوله برگشت :

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

توجه -
۱- در شیر مخلوط آب سرد راست و گرم چپ است.
۲- در توالت کل 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 می کنیم.
۶- محدودیتهای ساختمانی نیز مهم است یعنی نقشه باید اجرائی باشد از نظر عدم برخورد با اسکلت ساختمان و جای آچار خور و...

مسئله ①

* در یک توزیع کننده :



توضیح دهید چه موقع $\begin{cases} 1>2>3 \\ 1<2<3 \\ 1=2=3 \end{cases}$ بی آب

مسئله ②

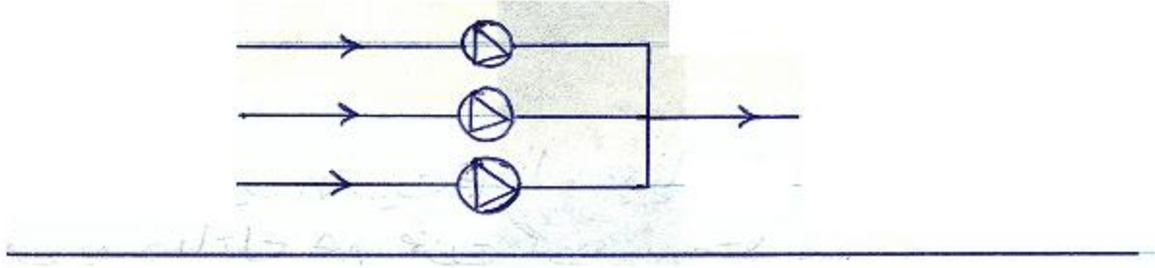
برای مصرف زیر بهترین برنامه پمپاژ را که منجر به حداقل حجم مخزن گردد بدست آورید.

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 را Min کرد.

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

* پمپها موازی هستند و دبی هر پمپ 150 m^3/hr



پروژه : مطلوبست طرح و محاسبه قطر لوله‌ها و ایزومتریک لوله کشی ؛ لوله کشی سرد و گرم بدون برگشت و محاسبه جمع ۲ بگر ممکن اگر :

۱- ساختمان مسکونی ۱۵ 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 ۲ بگر ممکن دوجداره
۶- فشار آب ورودی 50 psi
۷- ارتفاع هر طبقه از کف تا سقف 2.80 m
۸- ارتفاع سقف 30 cm

پمپ : بطور کلی برای انتخاب صحیح پمپ موارد ذیل مهم است :

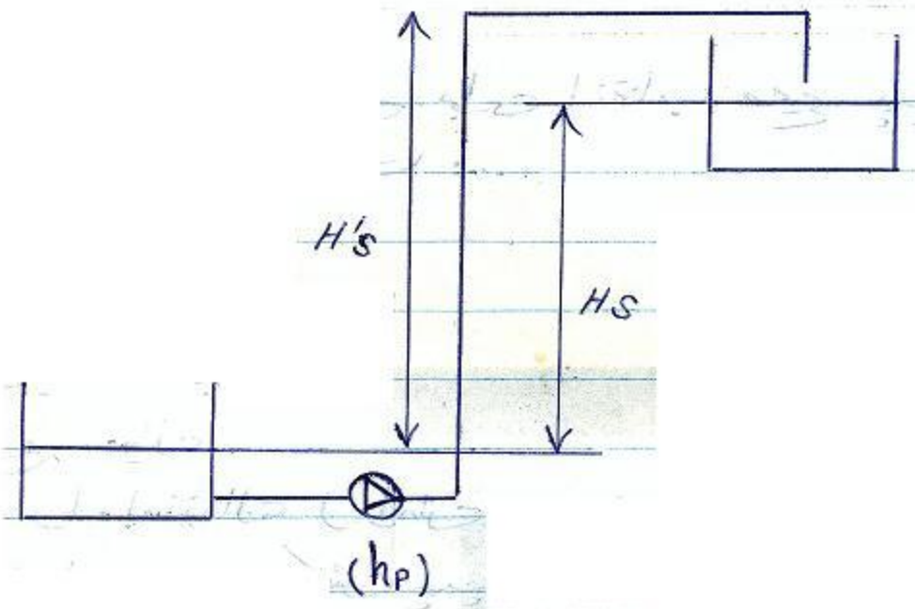
۱- تعداد واحدهای پمپ
۲- ظرفیت و بدهی
۳- نوع سیال
۴- خطوط انتقال (لوله پمپ)
۵- شرایط مکش پمپ
۶- نوع نصب پمپ (عمودی، افقی، سری، موازی)
۷- نوع موتور محرک
۸- برنامه کاری موتور پمپ
۹- محل نصب پمپها (درجه Protection موتور مهم است) IP

---

* 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.
  - سانتریفوژ
  - مختلط
  - محوری

شکل کلی سیستم پمپاژ :



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

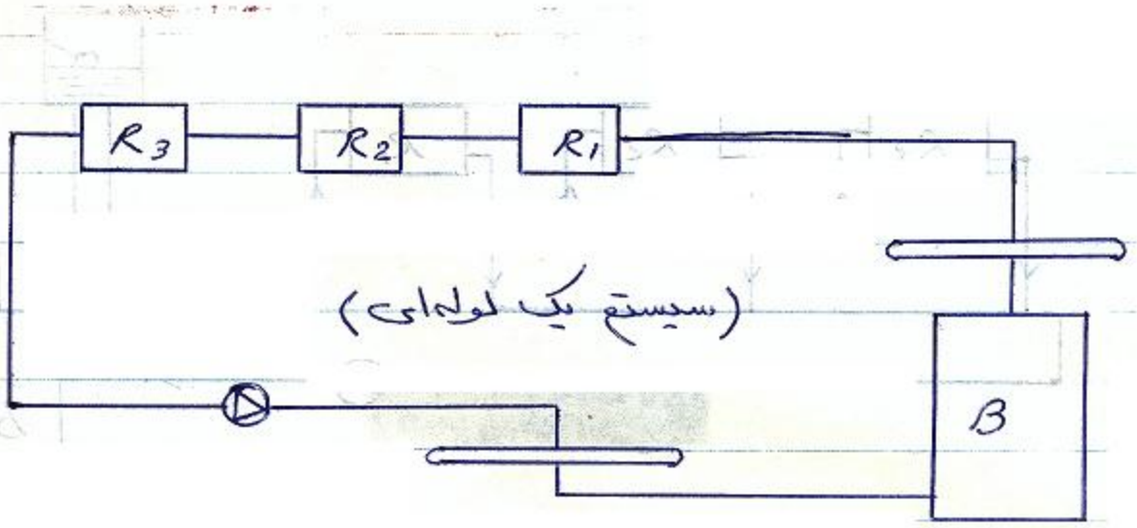
$H's$ یا Hs = ؟

پروژه شماره «۳» « لوله کشی شوفاژ »

انواع سیستمهای حرارت مرکزی :-

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

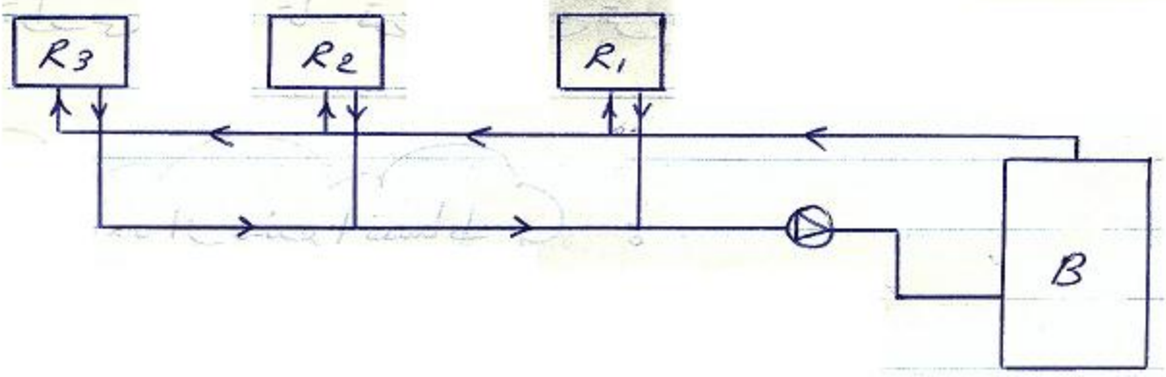
فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴-۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲



(سیستم یک لوله‌ای)

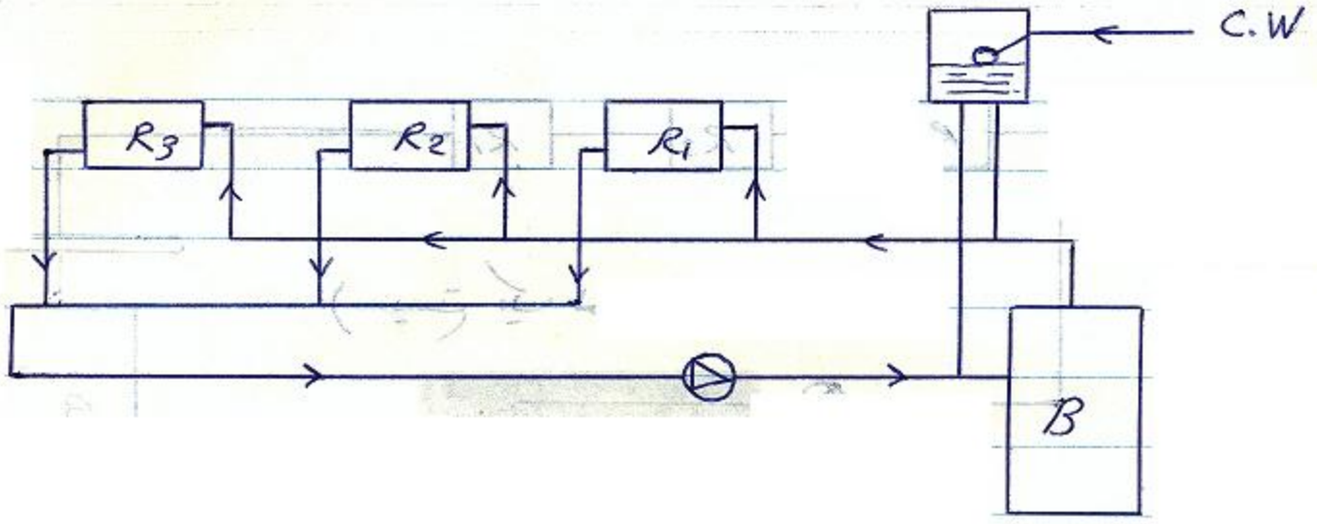
* سیستم یک لوله‌ای عمدتاً برای مکانهای خیلی کوچک بکار می رود چون هرچقدر رادیاتور از Boiler دور شود دمای آن کاهش می یابد.

(سیستم دو لوله‌ای با برگشت مستقیم)



* در این حالت چون طول رفت و برگشت کلی 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. امّا در این حالت هزینه لوله کشی بخاطر افزایش طول زیاد تر می شود. معمولاً تا ۶ پره لوله رفت به سمت راست و بالای رادیاتور و لوله برگشت هم به سمت راست و پایین رادیاتور وصل می شود امّا اگر از ۶ پره بالاتر برود لوله رفت سمت راست و برگشت در سمت چپ قرار می گیرد تا توزیع همگن تر شود.

نوع استفاده از منبع انبساط:

۱- جبران کمبود آب

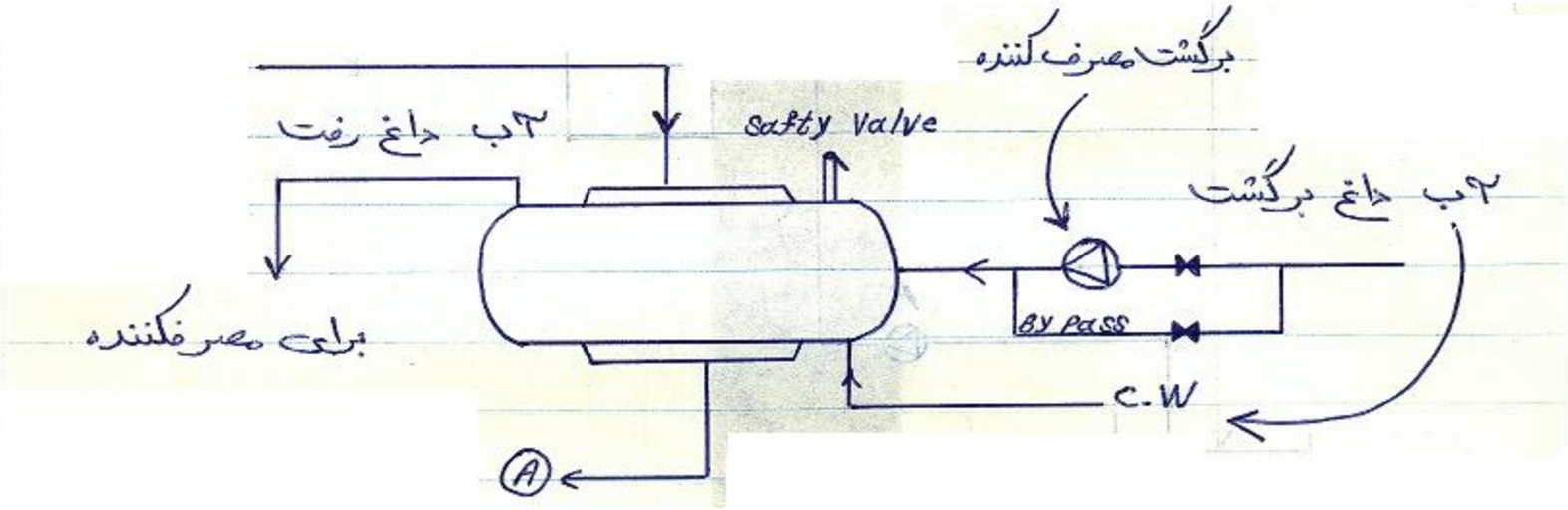
۲- باید در بالاترین رادیاتور فشار مثبتی داشته باشیم تا هوا نگیرد.

۳- افزایش حجم را کنترل می کند.

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

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

منبع آب گرم :

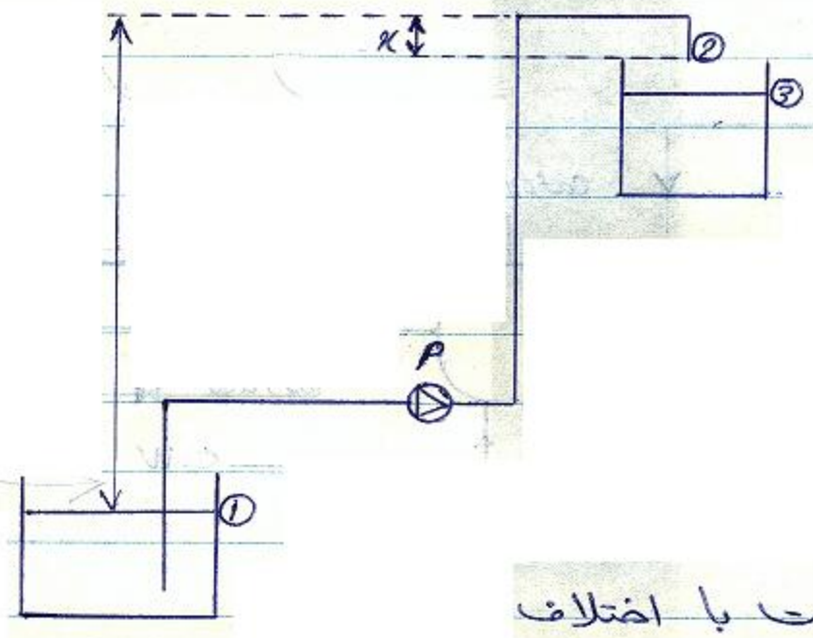


کتاب تأسیسات : مهندس مهدی فرزاد

* پمپ در ورودی Boiler قرار می گیرد (معمولاً) چون دما کمتر است و خوردگی و خرابی کاهش می یابد. پره فلزی تا 85°c و پره پلاستیکی تا 65°c را تحمل می کند. همواره باید در کنار پمپ یک (بای پاس) نصب شود.

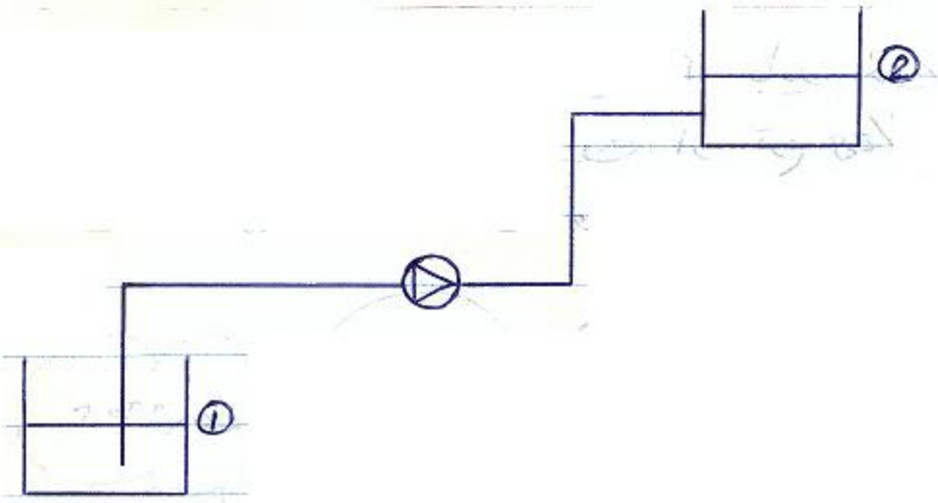
* اگر مصرف کننده در ارتفاعی بالاتر از Boiler واقع باشد و این ارتفاع درصدی باشد که اختلاف دانسیته بتواند اختلاف فشار لازم برای غلبه بر آن را تامین کند می توان از سیرکولاسیون آزاد استفاده کرد و مسیر (بای پاس) را بجای پمپ بکار برد.

محاسبه هد پمپ :



* هد پمپ همواره برابراست با اختلاف ارتفاع سطح آزاد ورودی و سطح آزاد خروجی یعنی اگر لوله داخل مخزن نشود بین نقطه ① و ② واگر وارد مخزن شود بین نقطه ① و ③ . اگر ارتفاع (x) خیلی زیاد باشد خلاء ایجاد می شود (اگر هد پمپ قادر نباشد) واگر هم هد پمپ قادر باشد ارتفاع x را هم بو ششی دهد باید به نحوی هوا گیری شود.

نحوه انتخاب سیستم پمپاژ :



۱- دبی (Flow Rate) : معمولاً مقدار دبی را سفارش دهنده به ما می‌دهد و یا از محاسبات بدست می‌آید. (Q)

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

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_{pump} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \sum \text{Losses}$$

---

* تعریف (۱) - (هد سیستم) مجموع مقاومتهای سیستم است :

1. pressure diffrence : $\frac{P_2 - P_1}{\gamma}$

2. Static Head : $Z_2 - Z_1 = H_s$

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

4. $\sum$ Losses

* مجموع ۴ مورد فوق را هد سیستم گویند که باید در نهایت توسط هد پمپ جبران شود. معمولاً می توان از ترم $V^2/2g$ صرفنظر کرد به خصوص در مواردی که کشش و دهش به دو منبع صورت گیرد:

برای سیستمهای بسته.

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

برای سیستمهای باز (چون به فشار اتمسفر تخلیه می‌کند).

$$H_{system} = H_s + \sum Losses$$

$$\sum Losses \begin{cases} k \dfrac{V^2}{2g} \\ \equiv CQ^2 \\ f \dfrac{L}{D} \dfrac{V^2}{2g} \end{cases}$$

تلفات طولی

تلفات موضعی

طراحی سیستم پمپاژ:

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

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

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

۳- محاسبه توان پمپ : $P = \gamma Q H$

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

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

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

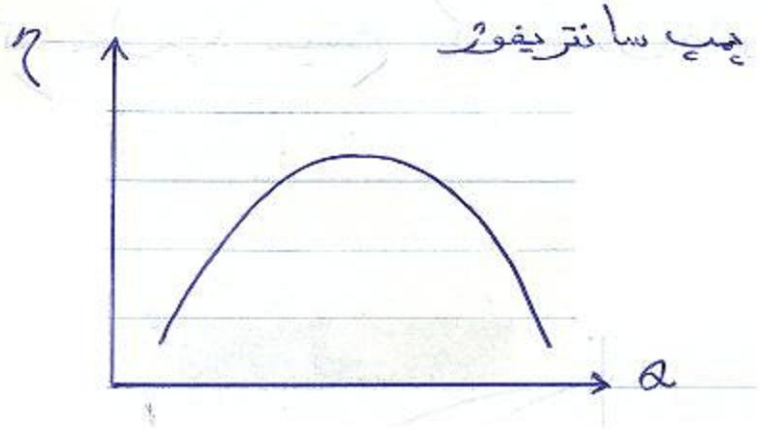
بالاتر می‌رود.

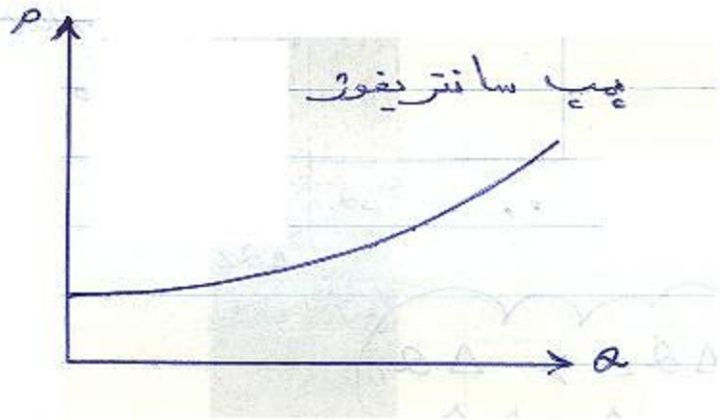
۵- توان الکتروموتور: برای محاسبه توان موتور باید مقدار (P) پمپ را بر راندمان موتور هم تقسیم کرد.

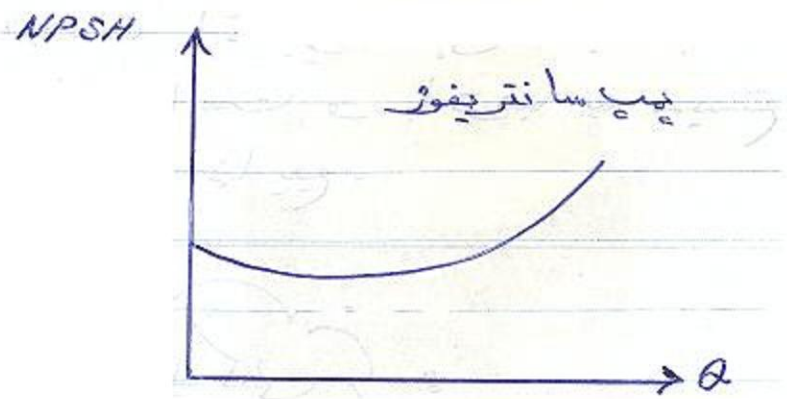
$$\eta_{motor} = (80 - 90)\ \%$$

منحنی‌های مشخصه یک پمپ:

1. $H - Q$
2. $\eta_P - Q$
3. $P - Q$
4. $NPSH - Q$



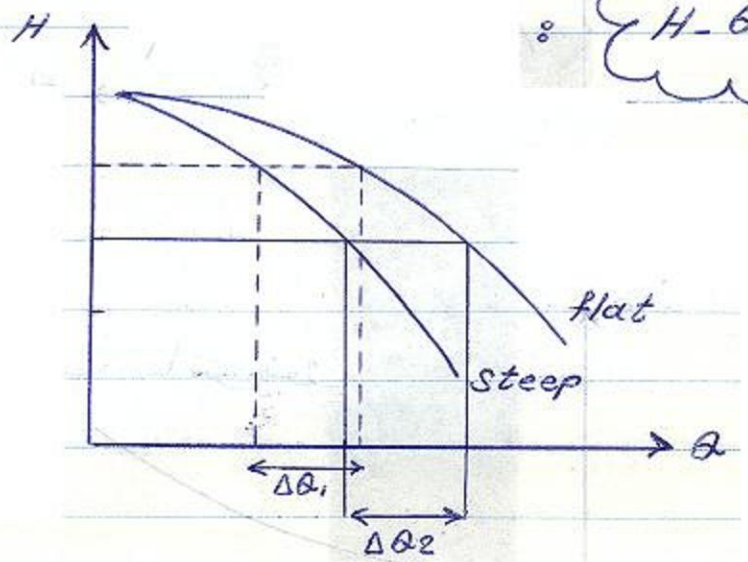




* یک پمپ سانتریفوژ تا بلیت این را دارد که توسط یک شیر دبی Q آن از ۰ تا MAX کار کند. پس هر پمپ یک

محدوده دبی 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 دبی نسبت به تغییرات هد) کمتر از حالت flat است و با توجه به سیستم باید یکی از این دو را انتخاب نمایید.

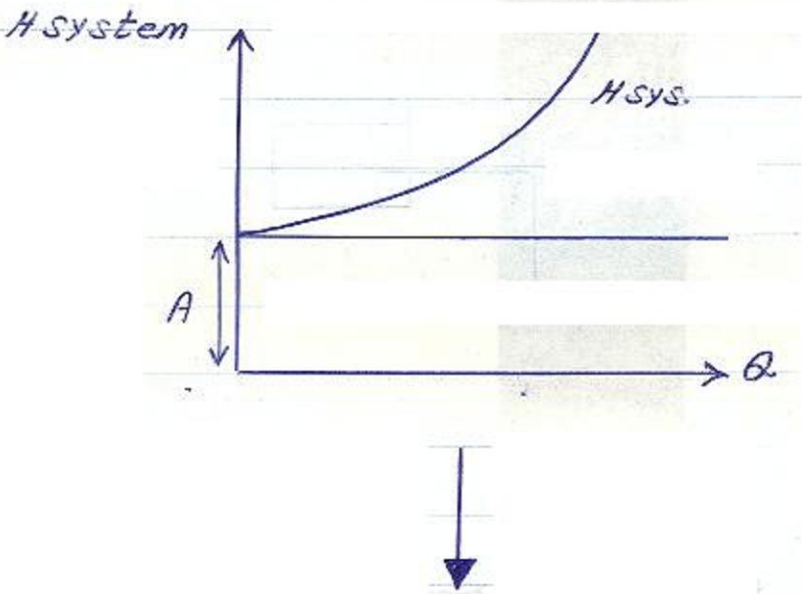
مشخصه سیستم لوله کشی :

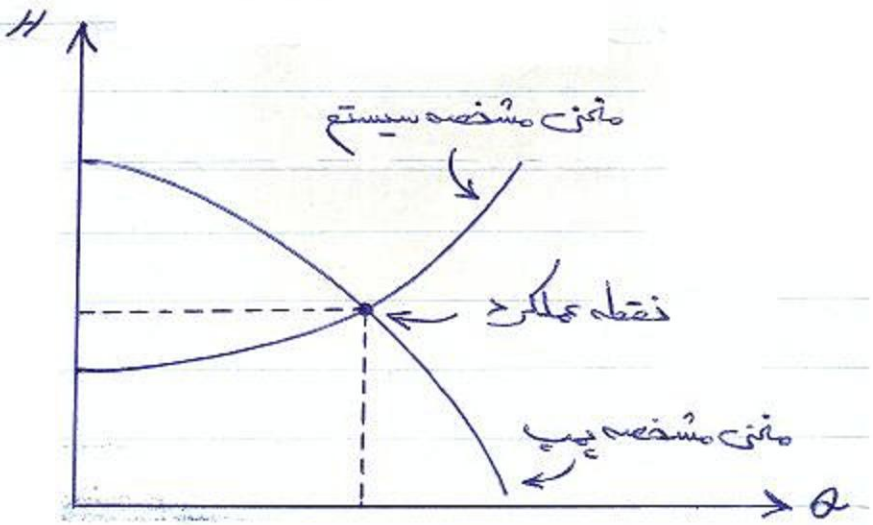
$$H_{system} = HS + \frac{\Delta P}{\sigma} + CQ^2$$ « هد سیستم »

* هر پمپ هم از منحنی مشخصه پست می‌آید . هر پمپ و هر سیستم هر دو با Q متغیر هستند ؛ H_P و $H_{SYS.}$ باید در نقطه ای باهم برابر باشند :

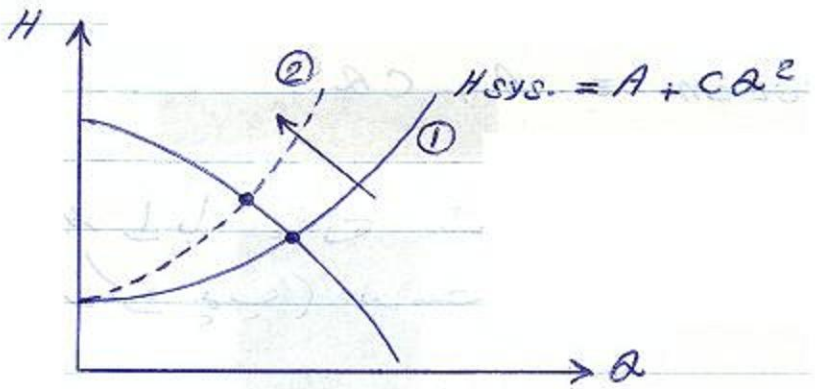
$$H_{system} \equiv A + CQ^2$$

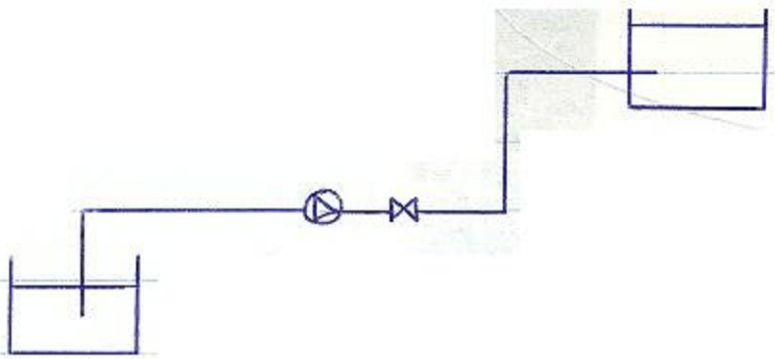
* اگر منحنی H_{system} را با منحنی مشخصه پمپ تلاقی دهیم نقطه اشتراک (نقطه کارکرد پمپ) بدست می‌آید :





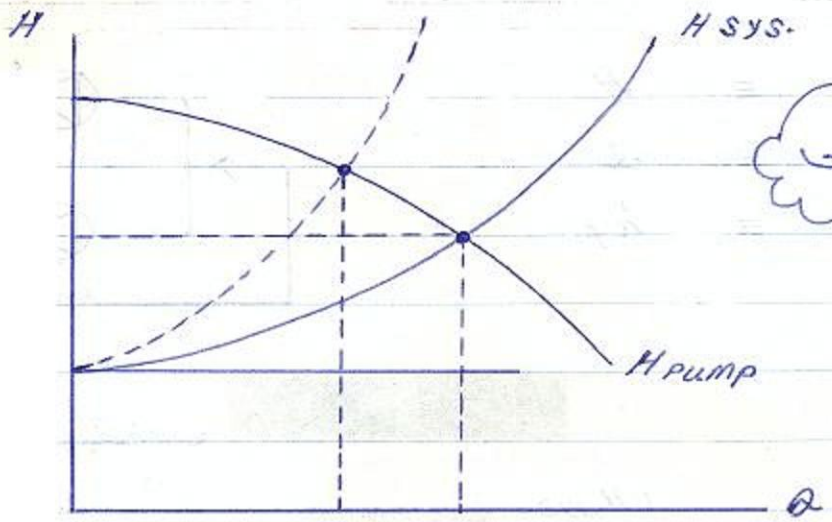
مقایسه دو سیستم لوله‌کشی با اتلاف متفاوت





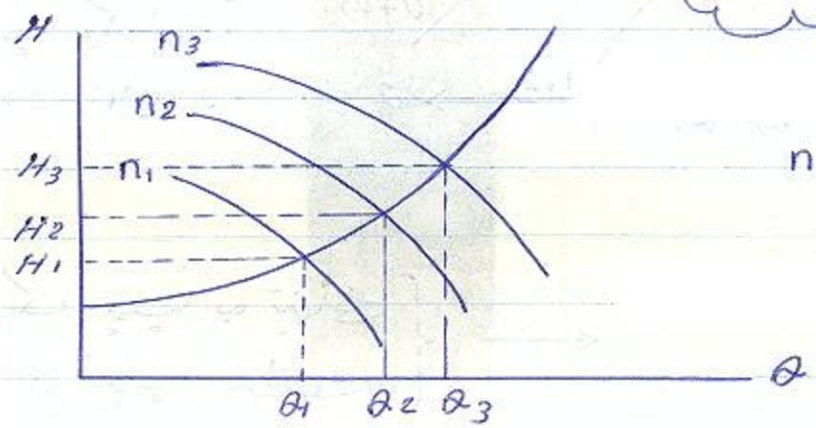
① حالت شیر باز (مقاومت کمتر سیستم)

② حالت شیر بسته‌تر (مقاومت بیشتر سیستم)



اثر تغییر مقاومت

اثر تغییر دور

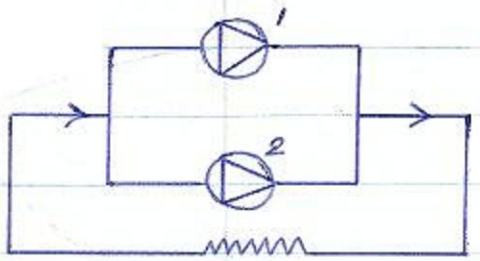


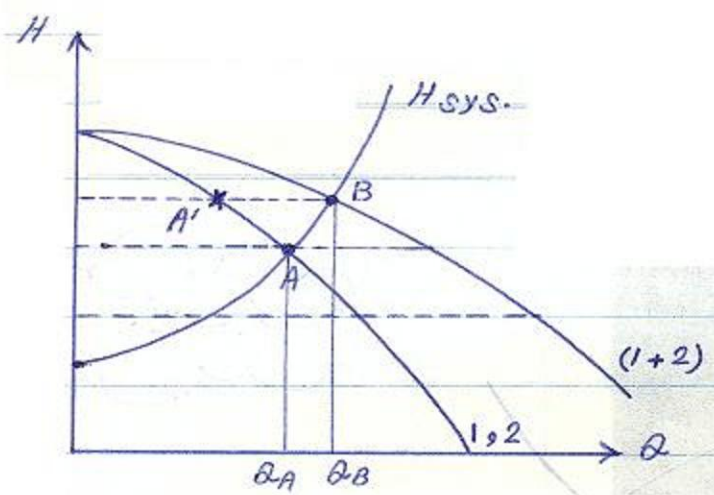
$n_3 > n_2 > n_1$

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

موازی کردن پمپها : درحالتی بکار می‌رود که دبی بالا بخواهیم یا بخواهیم در ساعاتی برق پمپها - خاموش باشد.

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



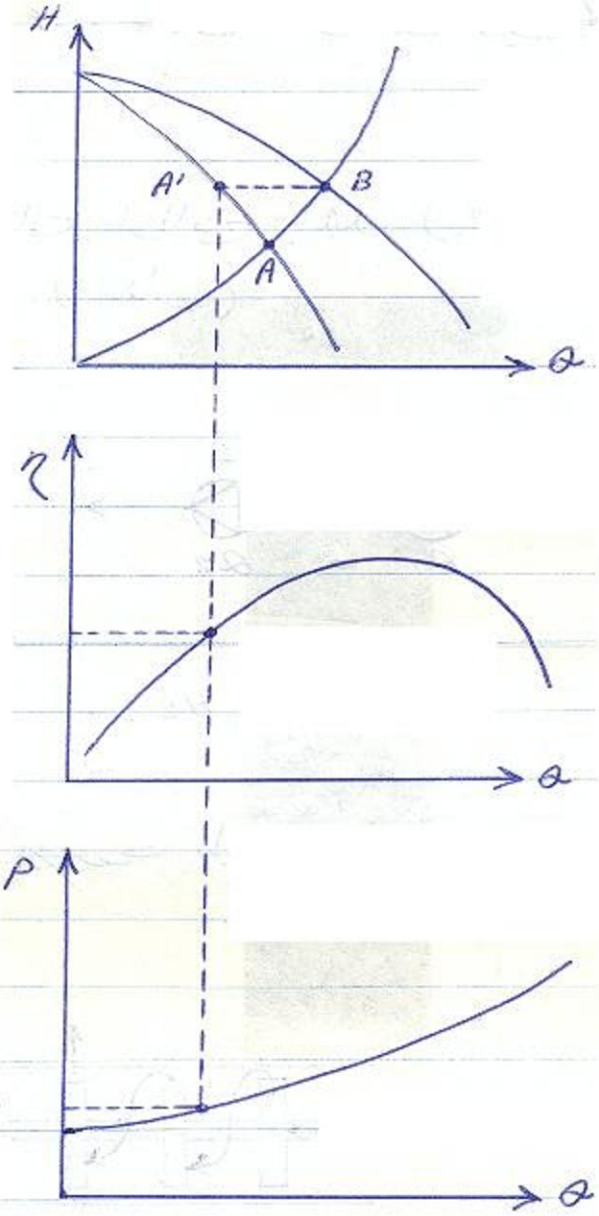


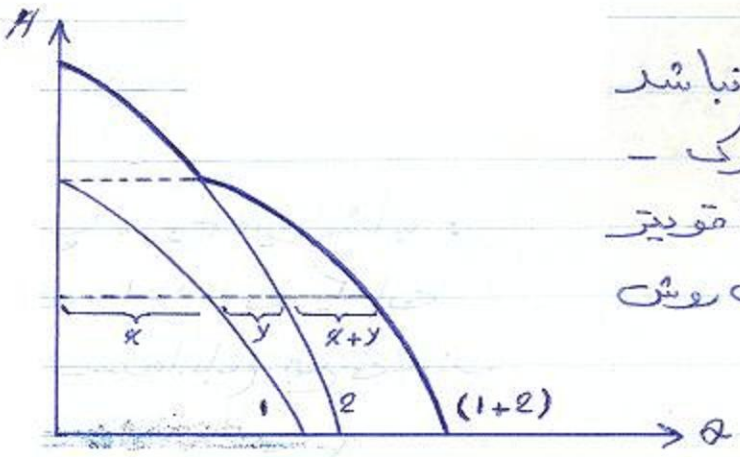
حالت ۱- وقتی منحنی مشخصه دو پمپ یکسان است. ما - خطهای افقی می کشیم و در هر نقطه برخورد طول بدست آمده را به اندازه خودش جلو می آییم تا منحنی (دو پمپ یکسان - موازی شده) بدست آید.

← { A - نقطه عملکرد یک پمپ به تنهائی
B - نقطه عملکرد دو پمپ موازی

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

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

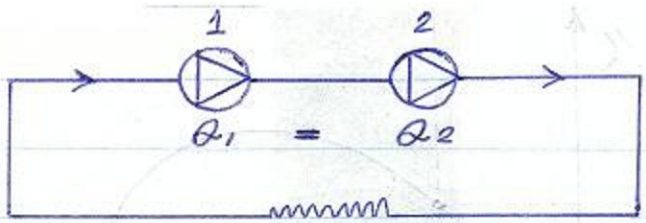




حالت ۲ - اگر دو پمپ یکسان نباشد قسمتی از نمودار مشترک - مربوط به نمودار پمپ قویتر می شود و بقیه به همان روش قبلی است.

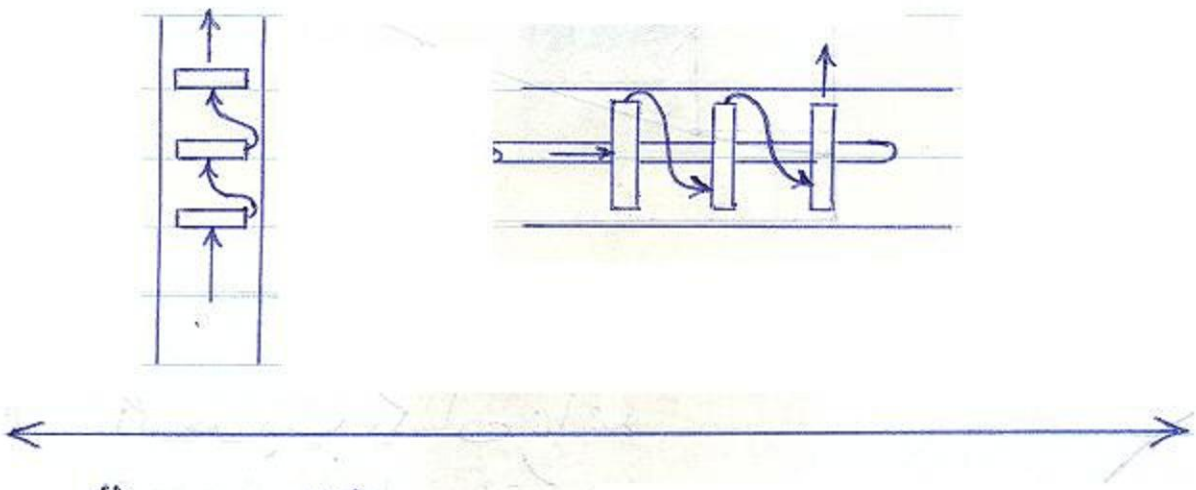
پمپهای سری : معمولاً در موارد زیر بکار می‌روند :

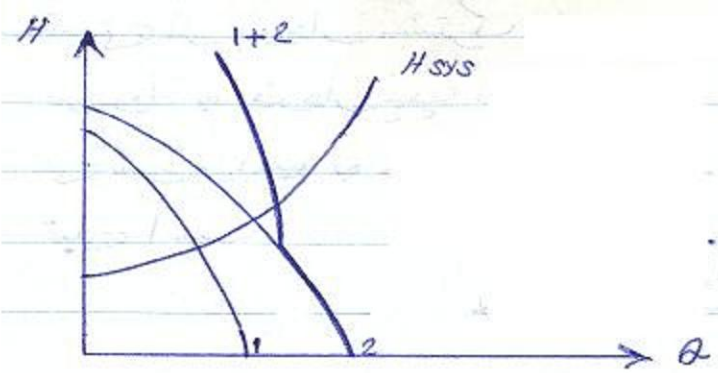
۱- اگر خط انتقال طولانی باشد (مثل خطوط انتقال نفت)
۲- بالا بردن هد (فشار)



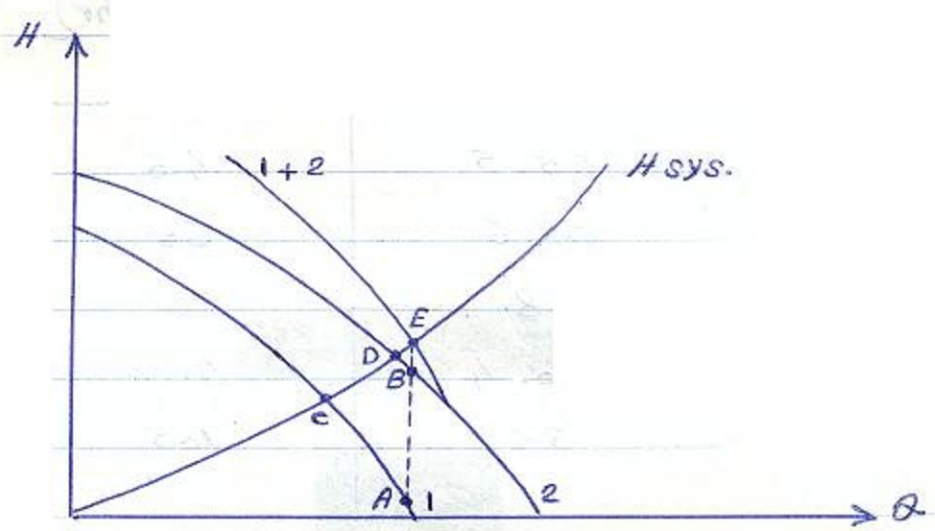
$$H = H_1 + H_2$$

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





* دو پمپ سری غیر مشابه :
در این حالت دبی یکسان است و هدها باهم 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

مسئله - دبی مورد نیاز | مشخصات سیستم

150 m^3/hr

H_s = 16 m

L = 2.5 Km

D = 200 mm

f = 0.026

* نمودار 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 درصورتی که دبی 150 m^3/hr را بدهد.

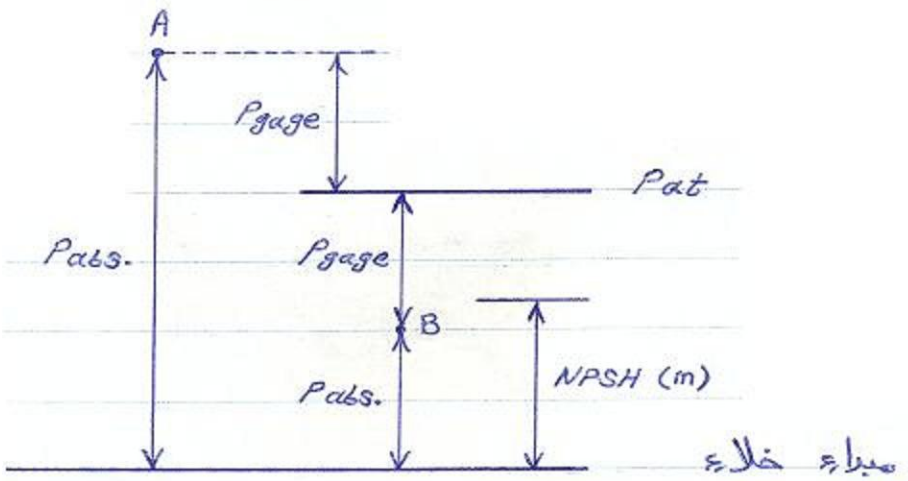
۱- تعداد پمپ لازم؟
۲- منحنی مشخصه یک پمپ تنها و تعداد پمپ مورد استفاده بصورت موازی و منحنی مشخصه سیستم؟
۳- نقطه کارکرد مناسب را بیابید.

(رسم روی کاغذ میلیمتری)

NPSH پمپ : (هد مکش مثبت خالص)

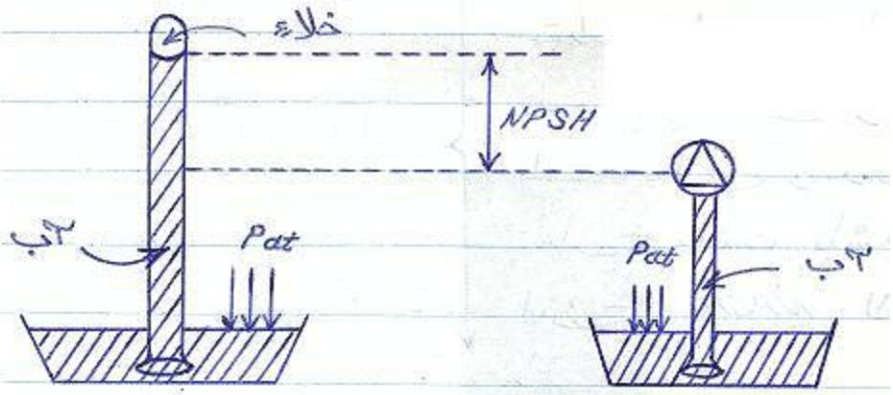
(NPSH Required) : آب ورودی به قسمت مکش پمپ باید مقداری انرژی داشته باشد تا بتواند وارد پمپ شود (مثل آبی که به شیر طبقه بالای ریدو باید در آنجا هم یک فشاری داشته باشد) . این مقدار انرژی را NPSH لازم گویند.

NPSH لازم برای هر پمپ را در کاتالوگ آن درج می کنند . فشار در ضفط 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 آزمایش توریچلی است ، هرچقدر در داخل لوله بالا برویم فشار نسبت به اتمسفر کاهش می یابد تا در نهایت

به قسمت (خلاء) و فشار مطلق صفر می رسد . لذا پمپ باید همواره قبل از رسیدن به به قسمت (خلاء) قرار گیرد تا مانع 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 تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴-۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

تعمیر و نگهداری پمپها

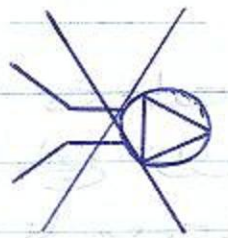
پروژه

۱- هواگیری ناقص
۲- ارتفاع زیاد
۳- معکوس بودن جهت گردش

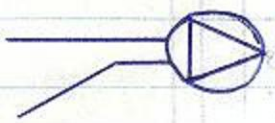
مسئله - چرا پمپهای سانتریفوژ نیاز به هواگیری دارند؟

۴- مسدود بودن پروانه
۵- نوع پمپ مناسب نباشد
۶- تغییر شکل پروانه
۷- تلفات ارتفاع در مسیر مکش
۸- تلفات ارتفاع در مسیر رانش

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

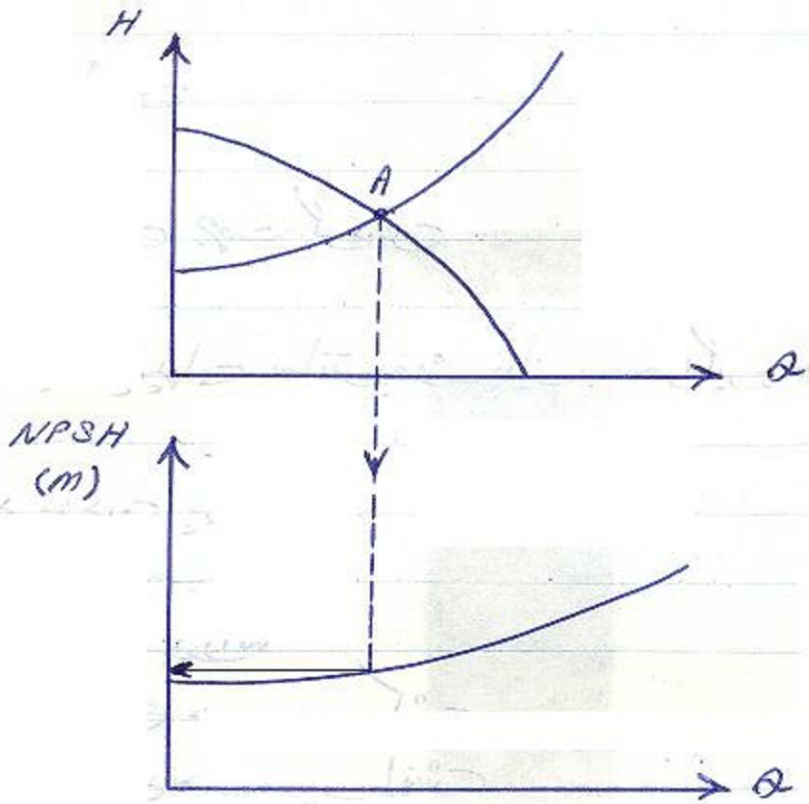


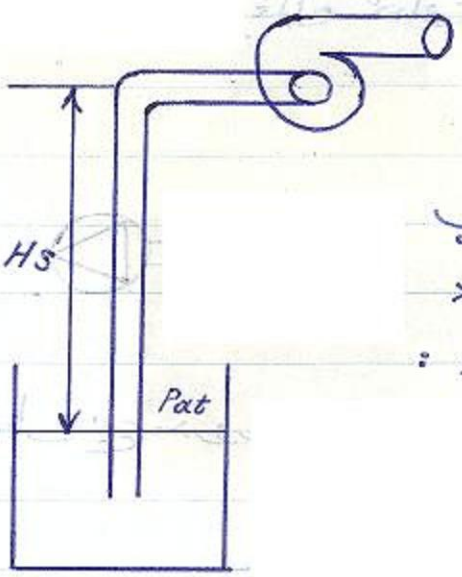
کاهش قطر غلط در ورودی



کاهش قطر صحیح در ورودی

ادامه بحث NPSH :





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

$$H_{S\,(MAX)} = \frac{P_{at}}{\rho g} - h_{L\,suction} - \frac{P_v}{\rho g} - NPSH$$

فشار بخار مایع

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

NPSH فوق را (available) گویند و باید همواره از NPSH required که از منحنی بدست می‌آید (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 می‌خواهیم بدانیم H_S که می‌توانیم تا چه ارتفاع پمپ را بالای سطح مایع قرار دهیم چقدر است؟

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

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

* اگر در مرحله طراحی باشیم باید دو NPSH را مساوی قرار دهیم - تا حداکثر H_S بدست آید. اگر در حال چک کردن یک سیستم هستیم H_S موجود را در سیستم در معادله وقتی قرار می‌دهیم تا ببینیم NPSH لازم را به ما می‌دهد یا خیر.

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

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

- V_s - سرعت مکش m/s
- H - هد پمپ m
- $NPSH$ - برحسب m
- $\sigma = 1.21 \times 10^{-3} N_S^{4/3}$ - σ
- N_S - سرعت مخصوص بدون بعد

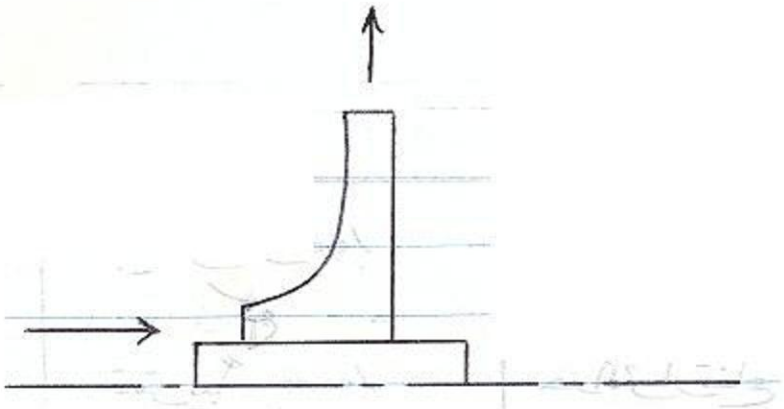
* فرمول فوق برای وقتی بکار می رود که منحنی پمپ را نداریم امّا برخی مشخصات پمپ در دست است.

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

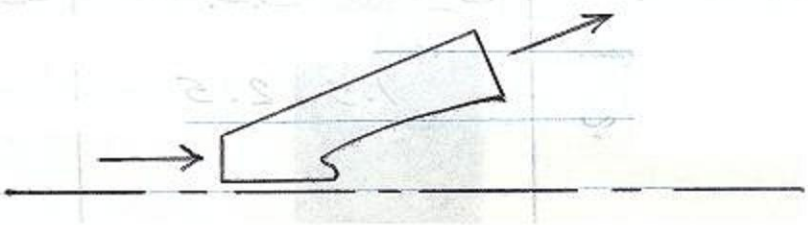
- N - RPM
- Q - m^3/s
- H - m

N_S	نوع پمپ
8 - 24	سانتریفوژ
40 - 160	مختلط
100 - 300	محوری

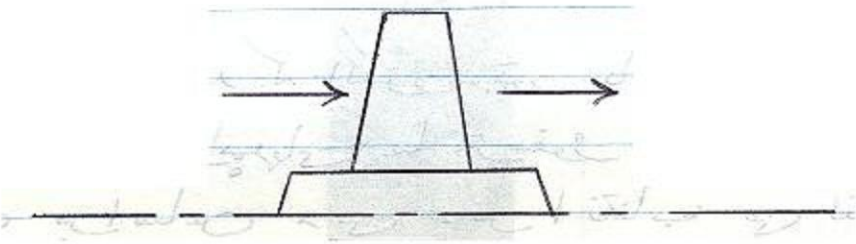
سانتریفوژ



مختلط



محوری



* اگر مشخصات پمپی را بدهند که باید در سیستم خاصی قرار گیرد، باید (NS) 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 راندمان را دارا است).

---

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

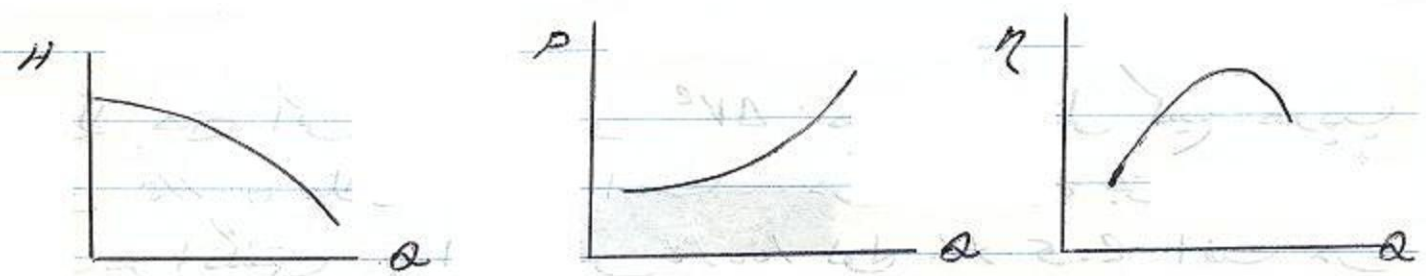
خصوصیات	محوری	سانتریفوژ
N_S	بیشتر از ۱۰۰	8 - 25
$(NPSH)_{req}$	کم	زیاد
حداکثر ارتفاع تولیدی هر طبقه	تقریباً 10 m	تا 180 m
منحنی مشخصه H-Q	شیب زیاد	شیب کم
نسبت فشار تولیدی در $Q=0$ به فشار طراحی	2-3 برابر فشار طراحی	1.1 تا 1.6 برابر فشار طراحی
نسبت قدرت مصرفی در $Q=0$ به قدرت مصرفی در Q_N	1.5 - 2.5	< 1

* نکته ۲ فوق نشان می دهد که الکتروموتور باید براساس دبی Max انتخاب شود (در پمپهای سانتریفوژ) امّا الکتروموتور پمپهای محوری براساس دبی صفر انتخاب می گردند.

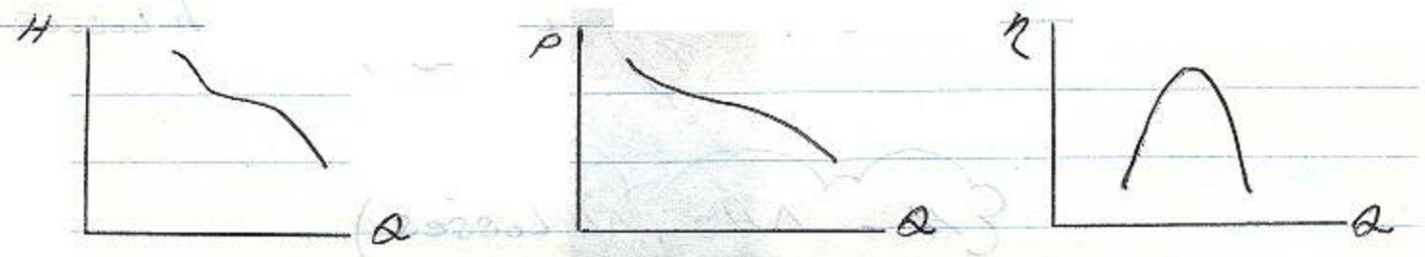
* به عبارت دیگر بستن شیر خروجی برای پمپ محوری مشکل زا است امّا در پمپ سانتریفوژ با بستن شیر خروجی توان کاهش می یابد (برعکس محوری) و مشکلی از لحاظ over load موتور ایجاد نمی کند امّا زمان بسته بودن هم حدی دارد چون دمای آب به واسطه گردش پره ها بالا می رود و به پمپ صدمه می زند.

منحنیهای نمونه :

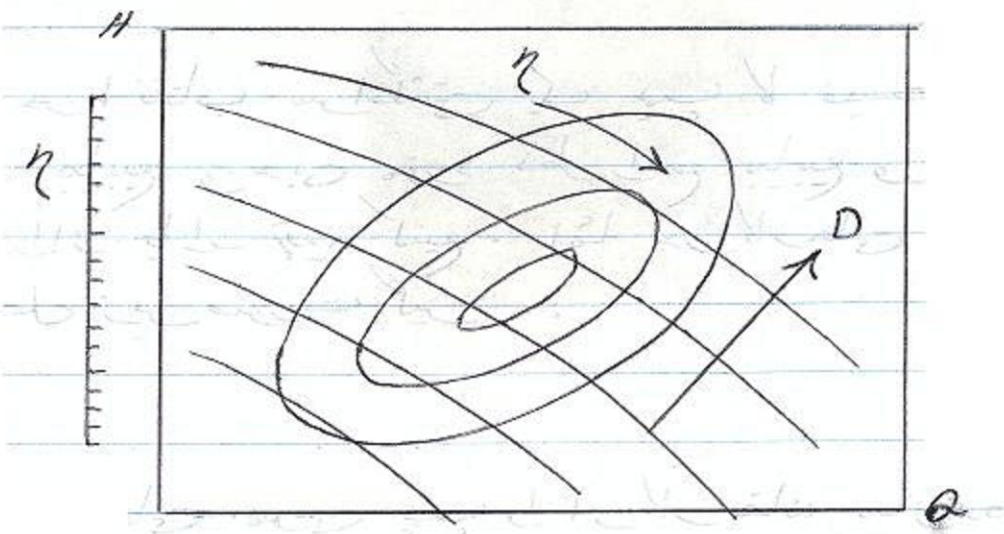
(شعاعی)



(محوری)



* گاهی منحنی های پمپ را باهم و برحسب متغیرهای مختلف به ارائه می دهند :



انتخاب پمپ :

* معمولاً حتی اگر از ΔP و ΔV^2 هم صرفنظر کنیم هدپمپ برابر Hs 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).

$$H = \Delta Hs + \frac{\Delta P}{\gamma} + \frac{\Delta V^2}{2g} + \Delta h\ Losses$$

($\frac{\Delta P}{\gamma} \to 0$, $\frac{\Delta V^2}{2g} \to 0$)

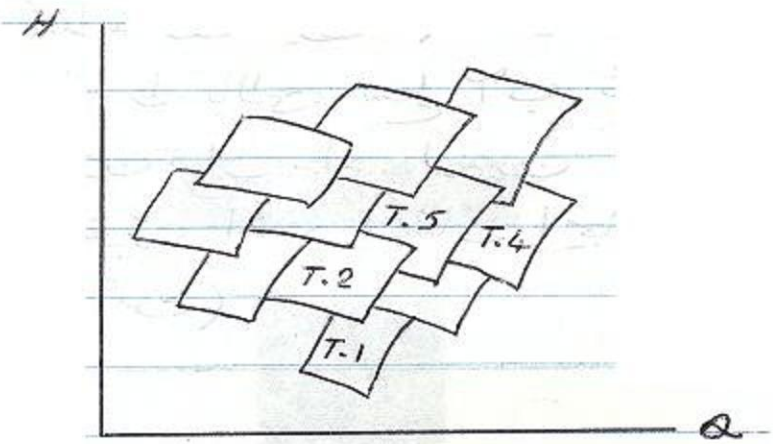
$$H = \Delta Hs + \Delta h\ Losses$$

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

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

۱- منحنیهای معمی پمپ را از کارخانه سازنده می گیریم

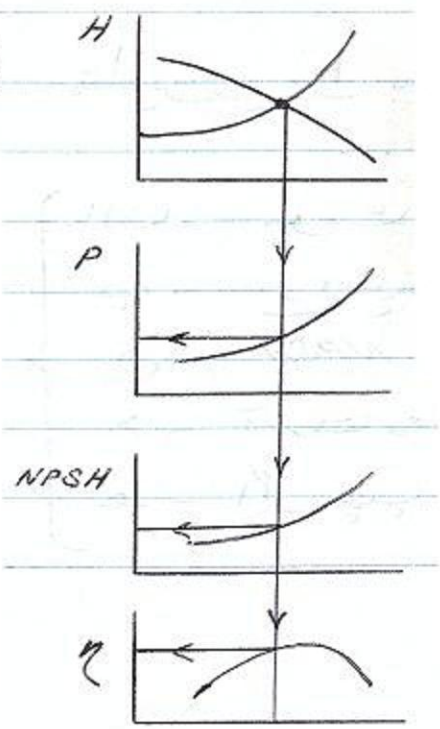
و براساس حدود دبی مورد نظر نوعی پمپ را انتخاب می کنیم.



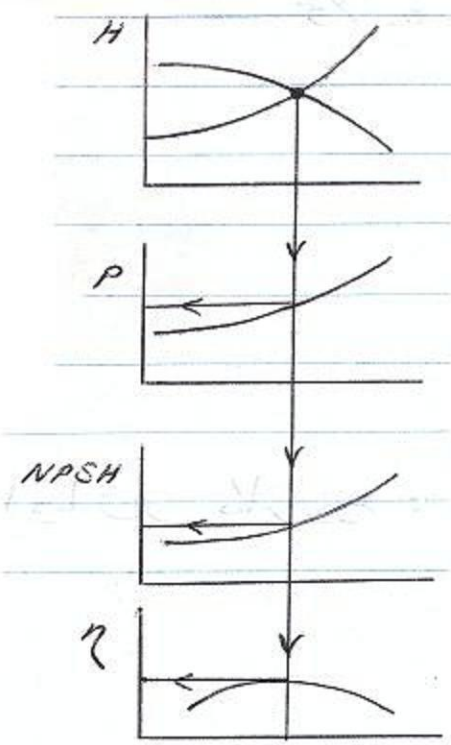
منحنیهای عمومی

۲- اگر دو یا چند پمپ را برای کار مناسب تشخیص دادیم- منحنیهای خاص ۲ تها را از کارخانه می گیریم. سپس منحنی H-Q ۲ تها را با منحنی سیستم تلاقی داده و نقطه عملکرد را یافته و به نمودارهای η و NPSH و... انتقال می دهیم- و پمپی را انتخاب می کنیم که η بالاتر، 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 (P_v) آن بالا است و آمادگی 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 - پمپی با مشخصات زیر در دست است:

$H = 50\ m$
$Q = 360\ m^3/hr$
$N = 1450\ rpm$
$\phi_d = 150\ mm$ قطر لوله رانش
$\phi_I = 404\ mm$ قطر پروانه
$\phi_s = 200\ mm$ قطر مکش
$\eta = 0.75$

* مقادیر زیر را بیابید:

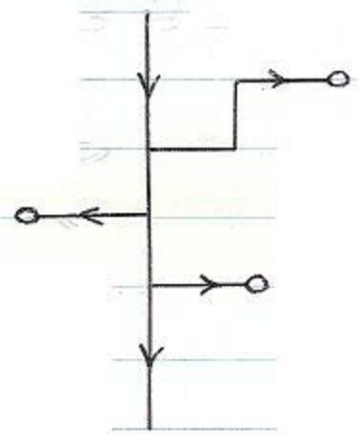
الف - سرعت مخصوص
ب - نوع پمپ
ج - NPSH لازم
د - قدرت مصرفی
هـ - اگر پمپ در شرایط زیر بکار رود:

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

* حداکثر ارتفاع مکش پمپ را بیابید.

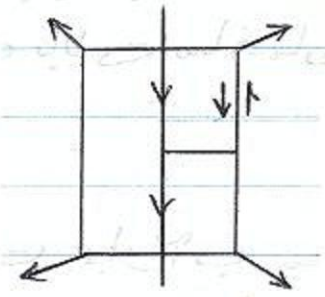
طراحی شبکه های آبرسانی

۱ـ شبکه شاخه ای :



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

۲ـ شبکه حلقوی :



* مشکل این حالت این است که در برفی شاخه‌ها می توان جهت حرکت آب را به درستی تعیین نمود.

نکات طراحی :

۱- اگر مصرف متوسط $a\ m^3/hr$ باشد مقدار طراحی را $3a\ m^3/hr$ در نظر می گیریم.

۲- فشار مورد نیاز ساختمان :

یک طبقه	۱۰-۱۵ m آب
دو "	16-19 m "
سه "	20-23 m "
٤ "	24-27 m "
٥ "	29-32 m "
٦ "	33-36 m "
۷ "	37-40 m "

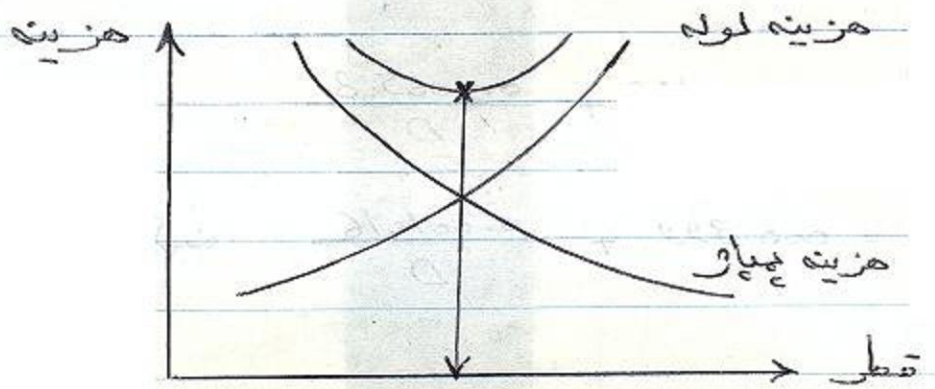
معمولاً سازمان آب تا این حد را تضمین می کند امّا بیشتر از این باید برای ساختمان پمپ طراحی داد تا آب را به یک مخزن بالای ساختمان ببرد.

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

انا این ممکن است ضربه قوچ و سروصدا و... تولید کند.
گاهی فاصله فوق قابل رعایت نیست امّا معمولا بین
0.3 - 2.5 m/s است (2.5 m/s برای حالتی است که
مصرف ۲ تش نشانی داشته باشیع).

---

۴ - هزینه و تعیین قطر اقتصادی:



قطر اقتصادی

* معمولاً قطر لوله‌های شبکه شهری را از (4") 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 : $\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \Sigma h_{LT}$

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

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

۴- رابطه دارسی :

$$\begin{cases} f = 0.0199 + \frac{0.000508}{D} & \text{لوله‌های نو} \\ f = 0.0399 + \frac{0.00106}{D} & \text{لوله‌های زبر و کهنه} \end{cases}$$

باید : $Max\ D = 150\ mm$

(II) قوانین تجربی :

۱- رابطه هیزن - ویلیامز : $h_f = J\,L$

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

- C : ضریب هیزن ویلیامز که در کتابها داده شده .
- D : m
- Q : m^3/s

* هرچه لوله زبرتر یا کهنه تر باشد (C) کمتر است . حدود C ها که می توان استفاده کرد :

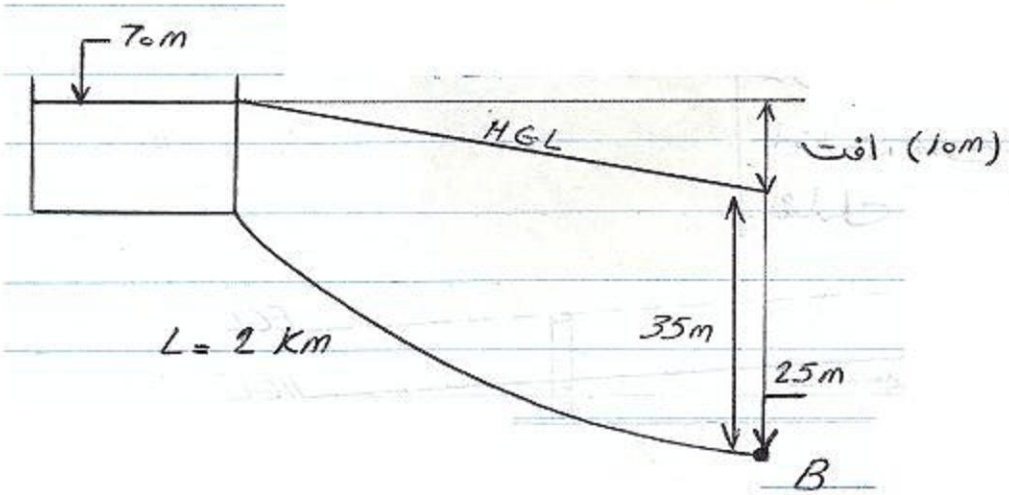
{ لوله صاف → 140
{ لوله زبر ← 90

* J افت برواحد طول لوله است برحسب (m/m)

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

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

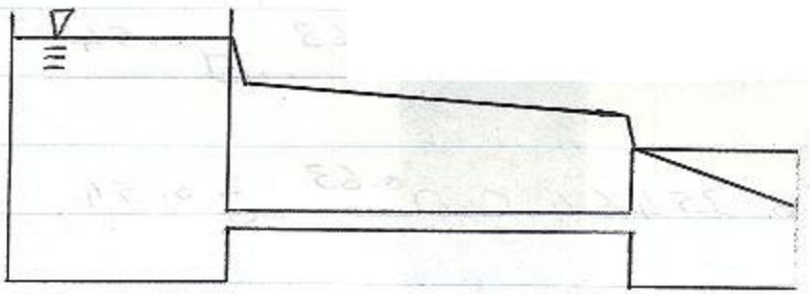
مثال - در شکل زیر جمعیت در نقطه B 0.0000 نفر و ارتفاع از سطح دریا $25\ m$ است. حداقل فشار مورد نیاز در نقطه B $35m$ است. قطر لوله لازم را بیابید.



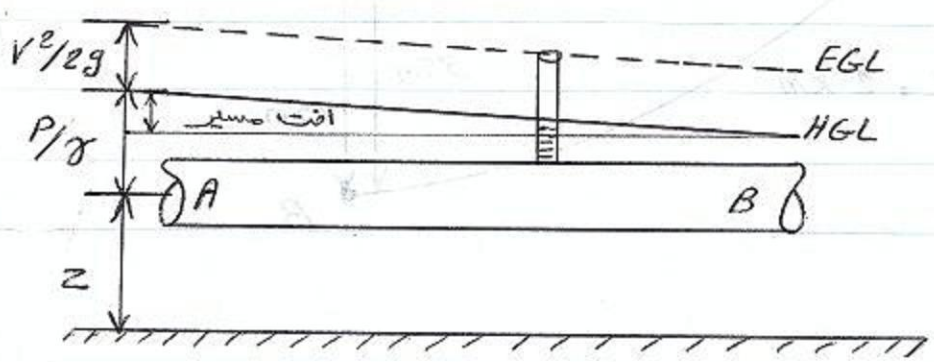
70 - 25 = 45 m

توضیح:

۱- خط تراز هیدرولیکی (HGL): براساس $z+\frac{p}{\gamma}$ رسم می شود یعنی اگر در نقاط مختلف لوله مانومتر قرار دهیم و سطح این مانومترها را بهم وصل کنیم خط تراز هیدرولیکی رسم می شود.



۲- خط تراز انرژی (E.G.L): براساس $z+\frac{p}{\gamma}+\frac{V^2}{2g}$ 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.



* امّا در نقطه B هم 45m قابل مصرف نیست چون مقداری افت داریم امّا چون در B 35m فشار می خواهیم - نباید بیش از 10m افت داشته باشیم :

مصرف سرانه متوسط = 250 lit / day-C

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

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

(سعی و خطا)

فرض

$\phi = 300\,mm \longrightarrow V = 1.23\,m/s \longrightarrow J = 0.0087\,m/m$

$\phi = 350\,mm \longrightarrow V = 0.8\,m/s \longrightarrow J = 0.0037\,m/m$

$\phi = 400\,mm \longrightarrow V = 0.7\,m/s \longrightarrow J = 0.0019\,m/m$

$\longrightarrow h_f = 17.4m \longrightarrow H = 70 - 17.4 - 25 = 27.6m$

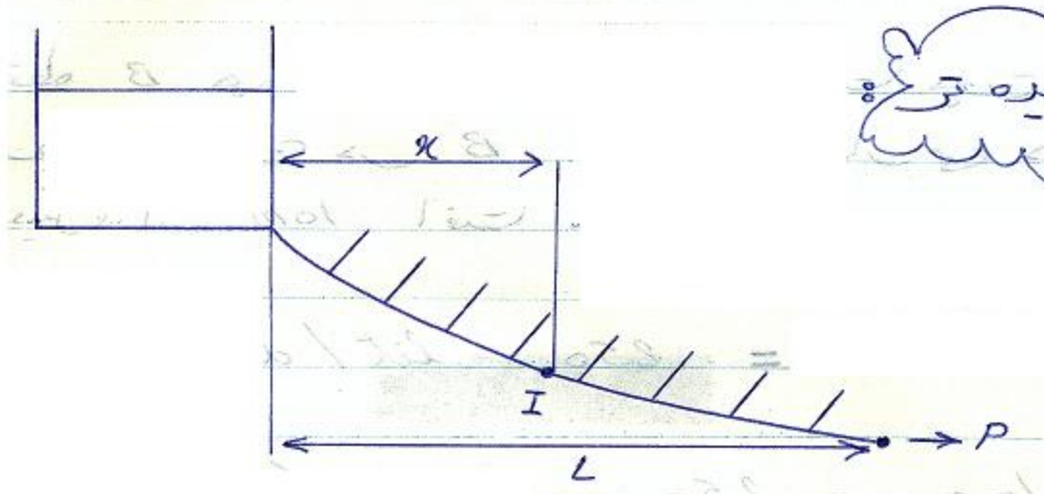
$\longrightarrow h_f = 7.4\,m \longrightarrow H = 37.6\,m$ مناسب

$\longrightarrow h_f = 3.8m \longrightarrow H = 41.2m$

↓

مقدار فشار باقی مانده در نقطه (B)

حالت پیچیده تر:



* منبعی داریم که در خط خروجی آن شاخه‌های مصرف مختلف داریم:

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

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

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

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

$$\begin{vmatrix} x = 0 \\ y = 0 \end{vmatrix} \qquad \begin{vmatrix} x = L \\ y = h_f \end{vmatrix}$$

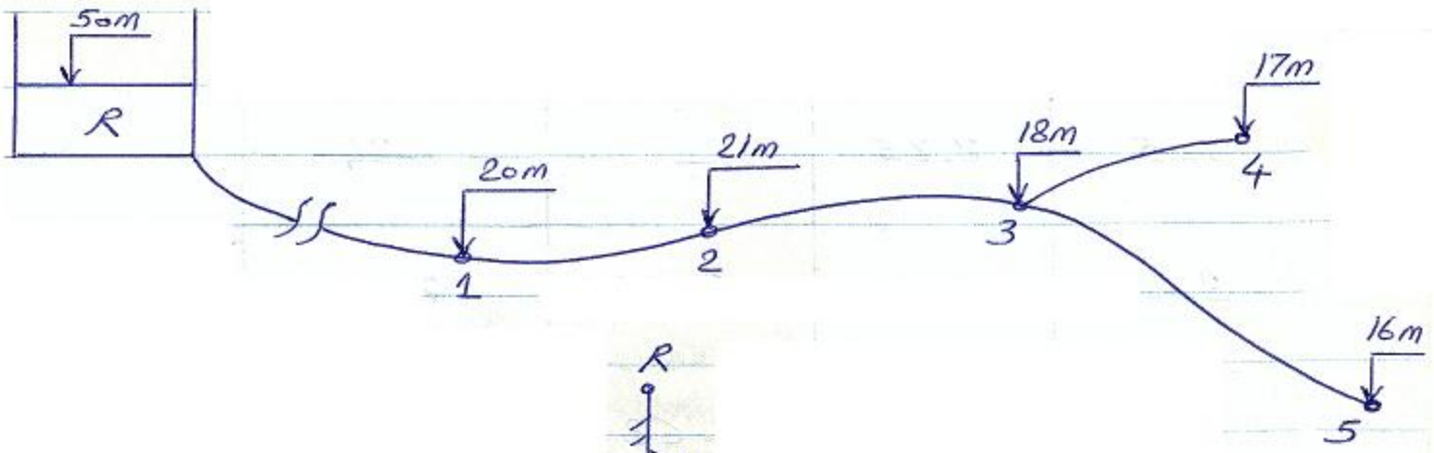
$$h_f = KL\left(P^2 + PQ + \frac{Q^2}{3}\right)$$

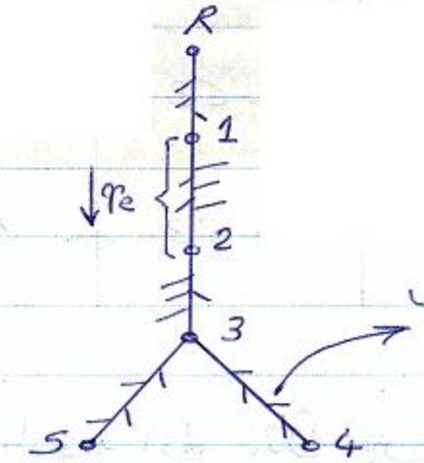
* اگر q_e دبی معادل باشد که همین افت فشار را بدهد یعنی:

$$h_f = K L q_e^2$$

خواهیم داشت: $q_e \approx P + 0.55 Q$

مثال - شبکه ای به شکل زیر منطقه‌ای با جمعیت 2000 نفر را تغذیه می کند 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 24m است.





«نمای بالا»

① ناحیه	② جمعیت	③ مصرف متوسط ② × 0.0017	مصرف ماکزیمم ③ × 3 (معمولاً)
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

ناحیه	مصرف	P جبر پایین دست (خروجی)	q_e جبر 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 امّا دبی متغیر است چون در فواصل لوله از آن انشعاب خارج می شود پس برای محاسبه طول لوله از « دبی معادل » 9e بهره می گیریم که در ضمن همان افت واقعی را به ما می دهد.

ناحیه	طول (m) «معلوم»	قطر (mm) «فرض»	دبی	فرمول H-V J (m/m)	kf (J x L)	V (m/s)	ارتفاع پیزومتریک بالادست «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	min 0.3	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"

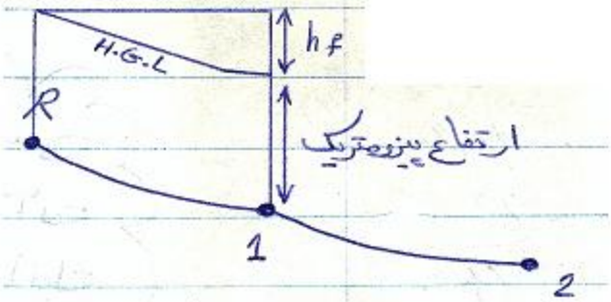
بعد از 14" قطر اسمی لوله با قطر خارجی آن برابر می شود امّا قبل از آن خیر.

ادامه جدول :

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

نکته :

* برای یافتن اعداد جدول (8) عدد بالائی (50) را از (h_f) قبلی (مربوط به ردیف بالائی) کم می کنیم.



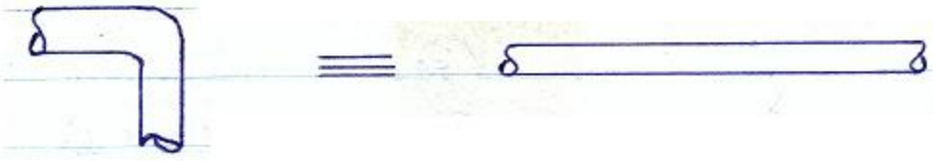
* به عبارتی برای یافتن ارتفاع پیزومتریک در هر مل باید ارتفاع منبع را از h_f های قبل از رسیدن به آن نقطه کم کنیم.

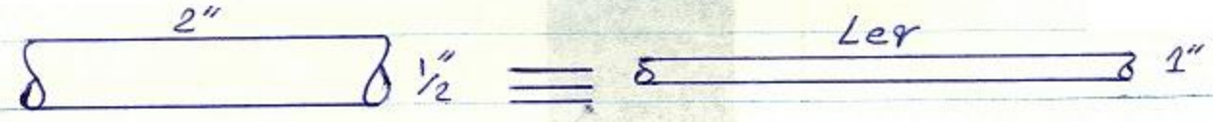
② برای نقطه : $50 - h_f(R-1) - h_f(1-2)$

شبکه های لوله کشی :

1 - روش لوله های معادل :

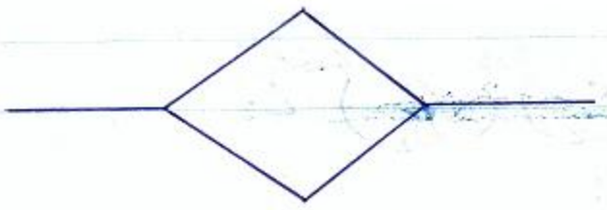
* ما می توانیم به جای هر اتصال یا لوله، لوله ای دیگر قرار دهیم به شرطی که به ازای همان دبی همان افت فشار را به ما بدهد.





* برای حل شبکه ای مطابق شکل زیر از مفهوم طول معادل استفاده می کنیم. دو 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 :

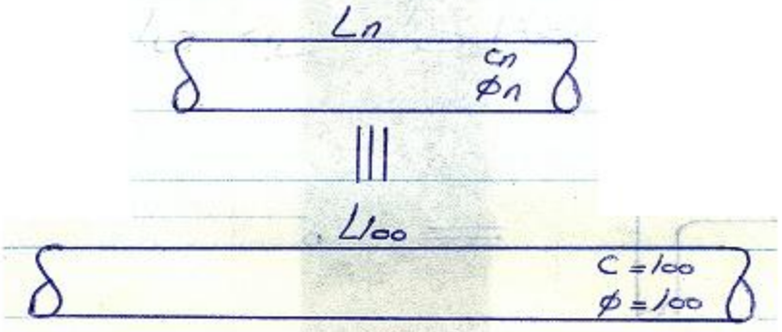
$$h_f = 10.666\, C^{-1.85}\, Q^{1.85}\, D^{-4.87}\, L$$

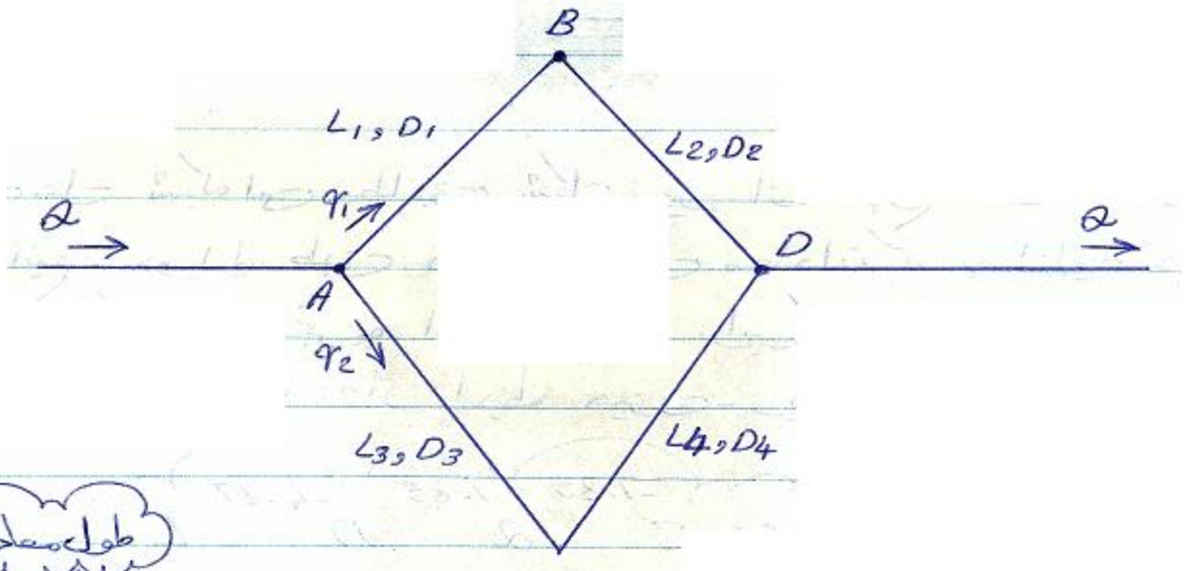


شبکه ساده موازی

* معمول است که لوله معادل را (به قطر $D = 100mm$ و $C = 100$) فرض می کنیم سپس با رابطه زیر می توان هر لوله مورد نظر در یک شبکه را (لوله n ام) به طول لوله معادل تبدیل کرد:

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





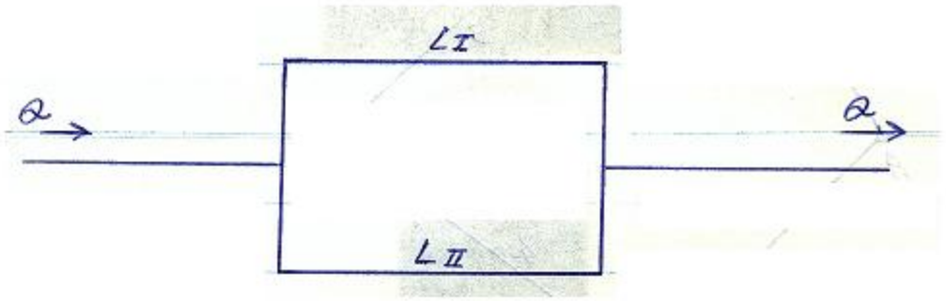
طول معادل هر لوله

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

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

$$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$$

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



* مقدار افت در هر شاخه :

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

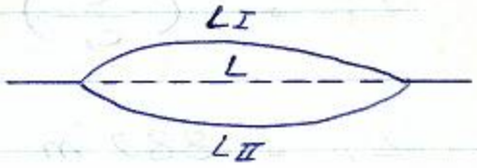
* در هر مدار موازی : $h_{fI} = h_{fII}$

* می توان اثبات کرد :

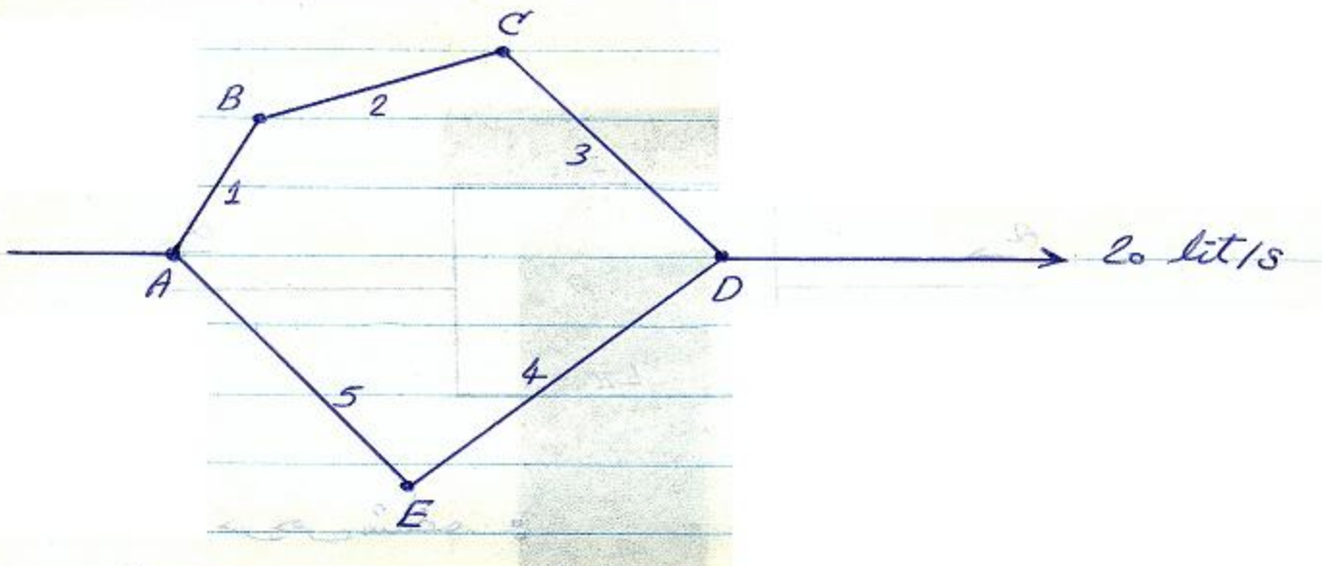
$$Q_I = Q \left(\frac{L}{L_I} \right)^{0.54}$$

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

$$\frac{1}{L^{0.54}} = \frac{1}{L_1^{0.54}} + \frac{1}{L_2^{0.54}}$$



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



$L_1 = 300\ m$	$D_1 = 80$
$L_2 = 100\ m$	$D_2 = 100$
$L_3 = 200\ m$	$D_3 = 150$
$L_4 = 400\ m$	$D_4 = 125$
$L_5 = 200\ m$	$D_5 = 60$

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

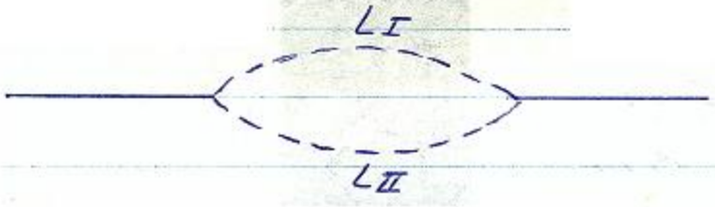
$$L'_1 = \left(\frac{C}{C_1}\right)^{1.85}\left(\frac{D}{D_1}\right)^{4.87} L_1 = (1)^{1.85}\left(\frac{100}{80}\right)^{4.87} \times 300$$

$$L'_1 = 889\ m$$

* به طریق مشابه :

$L'_2 = 100m$
$L'_3 = 28m$
$L'_4 = 135m$
$L'_5 = 2408m$

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



$$\frac{1}{L^{0.54}} = \frac{1}{L_I^{0.54}} + \frac{1}{L_{II}^{0.54}} \longrightarrow L = 418m$$

$$\begin{cases} q_1 = Q\left(\frac{L}{L_I}\right)^{0.54} = 12.37\ lit/s \\ q_2 = Q\left(\frac{L}{L_{II}}\right)^{0.54} = 7.54\ lit/s \end{cases}$$

: ؟ج

(امتحان) : $q_1 + q_2 = 20\ lit/s$

محاسبه افت فشارها:

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

$$h_{f1} = 10.666\,(100)^{-1.85}\,(12.37\times10^{-3}\ m^3/s)^{1.85}\,(0.08m)^{-4.87}\,(300)$$

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

* به طریق مشابه:

$$h_{f2} = 4.7m$$
$$h_{f3} = 1.3\ m$$
$$h_{f4} = 2.5\ m$$
$$h_{f5} = 44.5\ m$$

مسئله - برای مسئله قبل درحالتی که در شاخه (ABCD) مصرف 8 lit/s داشته باشیم مسئله را حل کنید.
(یعنی شاخه مصرفی دارید و باید از دبی معادل Q_e استفاده کنید).

فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴-۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲