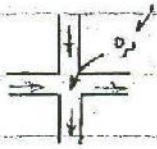
- عالوه بر لوله کلی



- رابطه انرژی ← رابطه برنولی حل باید
- رابطه مجموع $\Sigma Q = 0$ (پیوستگی)
- افت ارتفاع در لوله‌ها ← اصطکاک جداره لوله
  ← اتصالات و شیرآلات

- روابط بیان کننده ارتباط بین افت فشار و دبی

الف) رابطه دارسی ویسباخ Darcy Weisbach Formula

ب) رابطه هزن ویلیامز Hazen Williams Formula

در مورد شبکه‌ها جواب بهتری می‌دهد ولی جواب بستگی به متغیر K دارد که در رابطه قرار می‌گیرد.
این رابطه فقط در شبکه‌های آبرسانی کاربرد دارد.

ج) رابطه مانینگ استریکلر Manning Strickler Formula

د) رابطه کوتر شزی Kutter Chezy Formula

- رابطه دارسی ویسباخ (1855)

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} = \frac{8}{g\pi^2} f L Q^2 D^{-5}$$

$$Q = \sqrt{\frac{g}{8f}}\,\pi D^{2.5}\left(\frac{h_f}{L}\right)^{0.5}$$

h_f: افت انرژی در واحد طول

f: ضریب اصطکاک

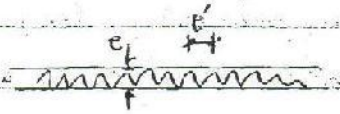
L: طول لوله ، D: قطر لوله ، V: سرعت متوسط سیال در لوله

Q: دبی در لوله ، g: شتاب ثقل زمین

ضریب اصطکاک $f = F\left(R_e, \frac{\varepsilon}{D}, \frac{e'}{D}, m\right)$ عالوه شکل

$R_e = \frac{VDe}{\mu}$ عدد رینولدز ، $\frac{\varepsilon}{D}$ زبری نسبی (اندازه زبری) ، $\frac{e'}{D}$ فاصله زبری‌ها

www.tinar.ir



به طور کلی فاصله زبری‌ها و ضریب شکل، تاثیر زیادی بر ضریب اصطکاک ندارند $\Rightarrow F = f\left(\frac{eVD}{\mu}, \frac{e}{D}\right)$

- در جریان آرام فقط عدد رینولدز در ضریب اصطکاک تاثیر می‌گذارد.
- مقطع لوله‌ها به مقطع هندسی‌های شکل دارند. در این مورد به جای D در رابطه از D_H استفاده می‌کنیم

$D_H = 4R_H$ $\quad (R_H = \frac{A}{P}$ شعاع هیدرولیکی)

- وقتی جریان یک مسیر است، مثل لوله، به عنوان پیرامون مرطوب در نظر گرفته می‌شود.

$R_H = \frac{\pi D^2/4}{\pi D} = \frac{D}{4}$ (شعاع دایره‌ای شکل)

$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{eVD}{\mu}$ عدد رینولدز

$Re < 2300$ جریان آرام $\quad F = \frac{64}{Re}$

جریان آرام در مورد لوله‌ها در عمل بوجود نمی‌آید. مگر در لوله‌های آزمایشگاهی با جریان کم.

کلبروک 1939

$$\frac{1}{\sqrt{F}} = 1.14 - 2\log\left[\frac{e}{D} + \frac{9.35}{Re\sqrt{F}}\right]$$

استفاده از این رابطه مشکل است، چون ضریب F به طور مستقیم بدست نمی‌آید و باید

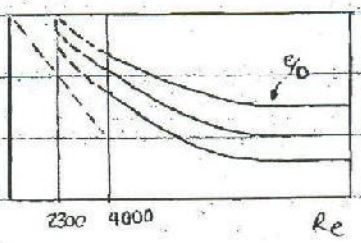
www.itnar.ir

با بعضی روشها مقدار f را بدست آورد. (رابطه جهرا است)

← برای حل این معادله می‌توان از روش نیوتن - رافسون استفاده نمود. این روش نیازمند مشتق گیری از رابطه است.

← این رابطه هر جریان را پوشش می‌دهد.

← دیاگرام مودی بر اساس این رابطه رسم شده است.



* وقتی عدد رینولدز کم است و جریان آرام می‌باشد. نیولایه آرام تری ع را می‌پوشاند و از زبری دیواره‌های صاف می‌توان استفاده نمود.

$$f = \frac{1}{[1.14 - 2\log\frac{e}{D}]^2}$$

$$\frac{e}{D} \gg \frac{9.35}{Re\sqrt{f}}$$

وقتی عدد رینولدز افزایش می‌یابد.

← برای لوله‌های صاف $\frac{e}{D} > 0.05$ خطای رابطه بالا زیاد است.

← بلازیوس 1913 Blasius

$$f = \frac{0.3164}{Re^{1/4}}$$ برای لوله‌های صاف

$Re < 100,000$

مودی $f = 0.0055\left[1 + \left(2000\frac{e}{D} + \frac{10^6}{Re}\right)^{1/3}\right]$

$Re < 10^7$ ، $\frac{e}{D} < 0.01$ خطای ±5٪

www.tmar.ir

$f = a + b\,Re^{-c}$ ← ورد

$a = 0.094\left(\frac{e}{D}\right)^{0.22} + 0.53\left(\frac{e}{D}\right)$

$b = 88\left(\frac{e}{D}\right)^{0.44}$ ، $c = 1.62\left(\frac{e}{D}\right)^{0.134}$

$Re > 100000$ ، $10^{-6} < \frac{e}{D} < 10^{-2}$ (خطای ۱٪)

* دولیدهای آبرسانی شهری معمولاً در محدوده هیدرولیک زبر قرار دارند. بنابراین می‌توان رابطه مناسب را انتخاب نمود.

۱- رابطه کولبروک

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2\log\left[\frac{e}{3.7D} + \frac{5.1286}{Re^{0.89}}\right]$$

۲- سوامی و جین Swamee and A.K. Jain

چون خطای این رابطه کم بوده و معادل f را به طور مستقیم می‌دهد، بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. (خطای ۱٪)

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

$5\times10^3 < Re < 10^8$

$10^{-6} < \frac{e}{D} < 10^{-2}$

A ضریب f تابعی از سرعت و دبی نیز می‌باشد.

$$Q = \frac{1}{\sqrt{f}}\sqrt{\frac{g}{8}}\,\pi D^{2.5}\left[\frac{h_f}{L}\right]^{0.5}$$

$\left(h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}\right.$ ، $\left.V = \frac{Q}{\pi D^2/4}\right)$

www.tmar.ir

$$Q = \left\{ -1.14 - 2\log\left[\frac{e}{D} + \frac{9.35}{\frac{QD}{AV}\sqrt{f}} \right] \right\} \sqrt{\frac{g}{8}}\, \pi D^{2.5} \left(\frac{h_f}{L}\right)^{2.5}$$

★ $\frac{1}{\sqrt{f}}$ را از روی رابطه کلبروک وارد می‌کنیم و یک معادله غیرخطی بدست می‌آوریم.

★ روش‌های حل این معادلات غیرخطی عبارتند از:

۱- روش رسم منحنی

۲- روش تکرار تابع

۳- روش نصف کردن (روشی همگرا می‌باشد از یک ریشه است)

۴- روش نیوتن - رافسون

$$x_{i+1} = x_i - \frac{f(x)}{f'(x)}$$

فرمول‌های تجربی:

← در رابطه دارسی ویسباخ بین ضرایب و واحدها هماهنگی وجود دارد ولی در سه رابطه دیگر، هر ضریب واحد دارد و در سیستم‌های مختلف مقادیرش فرق می‌کند و این یکی از مشکلات این روابط می‌باشد.

★ رابطه هیزن ویلیامز

افت عمارتا افت ارتفاع در لوله

$$h_f = K \frac{L}{D^{1.165}} \left(\frac{V}{C}\right)^{1.85}$$

$$= K' L C^{-1.85} Q^{1.85} D^{-4.87}$$

در سیستم متریک : $K = 6.78$, $K' = 10.7$

در سیستم انگلیسی : $K = 3.0223$, $K' = 4.72$

← ضرایب K دارای ابعاد هستند.

L : طول لوله ، V : سرعت جریان در لوله

D : قطر لوله ، C : ضریب هیزن ویلیامز

www.ttnar.ir

$$Q = K' C D^{2.63} \left(\frac{h_f}{L}\right)^{0.54}$$

سیستم متریک : $K' = 0.2784$

سیستم انگلیسی : $K' = 0.9326$

* از اشکالات این رابطه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- ضرایب بعد دارند و در سیستم های مختلف مقادیر متفاوتی دارند.

۲- همهٔ عوامل در نظر گرفته نشده از جمله نوع جریان (آرام - آشفته)

۳- عدد رینولدز بالا و پایین تأثیری در رابطه ندارد.

۴- زبری لوله در نظر گرفته نشده است.

$$f = \frac{K \times 29}{C^{1.852} D^{0.167} V^{0.148}} \rightarrow f = \frac{29 K}{C^{1.852} D^{0.019} R_e^{0.148}}$$

جریان برای جریان آب در لوله‌های نسبتاً صاف و هیدرولیکی بسط داده شده است.

آبرسانی نوشته شده ← مقدار ثابتی خواهد داشت.

* پس یکی دیگر از اشکالات این روش این است که تنها برای سیال آب کاربرد دارد (اما رابطهٔ داریسی - ویسباخ برای هر سیالی استفاده می‌شود)

* ضریب C در رابطه بازی است و مقادیر مختلفی برای آن پیشنهاد شده است.

* معمولاً این رابطه را در روی دیاگرام مودی پیاده می‌کنیم و تنها محدودهٔ کوچکی را در بر می‌گیرد که برای شبکه‌های آبرسانی مناسب است.

یک فرمول اصلاحی پیشنهاد داده است ← Jain

$$V = 143.5\, C_R R^{0.6575} S^{0.5525}$$

(با مقایسه رابطهٔ هیزن با رابطهٔ داریسی ویسباخ)

$$h_f = \frac{L Q^{1.8099}}{994.62\, C_R^{1.8099} D^{4.8099}}$$

www.ttnar.ir

C_R : ضریب زبری

$$C_R = \frac{-2(2)^{0.5}}{3.83\ R_e^{0.105}} \log\left[\frac{e}{3.7D} + \frac{1.78}{R_e}\right]$$

* رابطه دارسی - ویسباخ برای هر سیال غیر قابل تراکم قابل استفاده است اما رابطه هیزن فقط برای آب با دمای معمولی (0-30°C) پذیرفته شده است

* رابطه مانینگ و رابطه شزی بیشتر برای جریان های با سطح آزاد مورد استفاده قرار می گیرند.

فرمول مانینگ - استریکلر :

ثابت هایی که در این رابطه استفاده می شوند بی بعد نیستند

$$h_f = K \frac{n^2 V^2 L}{D^{4/3}}$$

سیستم متریک $K = 4^{4/3} = 6.35$

" انگلیسی $K = 2.8755$

n : ضریب زبری لوله

$$V = \frac{K_1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

R : شعاع هیدرولیکی لوله $R = D/4$

S : شیب خط انرژی $S = \frac{h_f}{L}$

K_1 : سیستم متریک 1 و سیستم انگلیسی 1.486

$$\text{برحسب دبی حجمی} \rightarrow h_f = \frac{10.29\ n^2 L Q^2}{D^{16/3}}$$

یکی از اشکالات این رابطه این است که عدد رینولدز در آن وارد نمی شود.

$$f = \frac{k n^2 29}{D^{1/3}}$$

* برای زبری های مختلف نتایج حاصل از این رابطه با دیاگرام مودی هم خوانی ندارد فقط در اعداد رینولدز بالا بین آنها هماهنگی وجود دارد.

www.tmar.ir

رابطه دارسی ـ ویسباخ:

$$h_f = \frac{L\left[m + \frac{1}{2}\sqrt{0}\right] J^2 \cdot V^2}{625\, D^2}$$

← در لوله‌های با قطر کم، مقادیر آن بالاست.

m: عدد ضابطی زبری لوله

نکته‌ای که باید به آن توجه کنیم این است که زبری در طول زمان تغییر می‌کند. پس تغییرات زبری در طول دوره طرح را باید در نظر بگیریم.

← اثر عمر لوله بر ظرفیت هیدرولیکی:

با افزایش عمر لوله، زبری زیاد شده و در ظرفیت هیدرولیکی اثر می‌گذارد.

اثر عمر لوله به دو صورت است: ۱) افزایش زبری ۲) کاهش قطر لوله

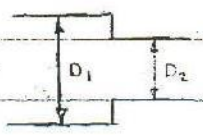
← خوردگی و واکنش PH

$$2\log\alpha = 6.61 - PH$$

α: افت پتانسیل سالانه زبری برحسب میلی‌متر

← افت‌های جزئی یا فرعی:

$$h_m = K_m \frac{V^2}{2g} = \frac{8 K_m}{\pi^2 g D^4} Q^2$$



$$h_m = K_m \frac{V_1^2}{2g} \quad , \quad K_m \frac{V_2^2}{2g} \quad , \quad K_m \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$$

★ افت‌های جزئی را می‌توان به صورت طول معادل به شبکه افزود.

www.tmar.ir

$$h_m = \sum K_m \frac{V^2}{2g} \quad , \quad h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$\Rightarrow \sum K_m \frac{V^2}{2g} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \rightarrow \boxed{L = \frac{\sum K_m D}{f}}$$

* به طریق حول اگر از میزان مصرف کننده ها اطلاعی نداشته باشیم، 15٪ به طول هر لوله اضافه می کنیم.

◄ انواع شبکه های توزیع آب:

۱- شبکه سریال (Serial Network)

۲- شبکه شاخه ای (Branching Network) (Dead End)

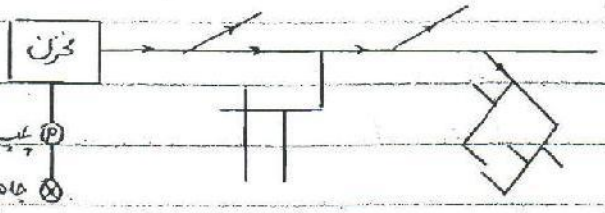
۳- شبکه حلقوی (Looped Network)

۴- شبکه مرکب (Composite Network)

* شبکه سریال معمولاً برای انتقال کار با لفت مورد استفاده قرار می گیرد و ساده ترین نوع شبکه است که از یک نقطه به نام گره چشمه شروع شده و به نقطه ای به نام گره چاه ختم می شود.

ممکن است در بین راه انشعاب هایی از آن گرفته شود یا دبی آن تغییر خواهد کرد.

* شبکه شاخه ای: نوع خاصی از شبکه سریالی است.



www.ttnar.ir

* انتهای این شبکه کور دیده است و اگر مصرف کم شود، آب در انتها جریان پیدا نمی‌کند.
طراحی این شبکه آسان است چون دبی MAX در لوله‌ها مشخص بوده و جهت جریان نیز معلوم می‌باشد.

◄ مزایا:
- آنالیز و طراحی بسیار ساده و دقیق
- اجرای ساده
- آسان بودن گسترش
- هزینه کم اجرائی (به دلیل اجرای ساده)

◄ معایب:
- در صورت خرابی یک لوله، دبی لوله‌ها پایین دست قطع می‌شود.
- به دلیل کوربن انتهائی شاخه‌ها، آب راکد مانده و از نظر بهداشتی مناسب نیست.
- جهت جریان مشخص است و تغییر نمی‌کند.

(در آتش نشانی برخی بر این اعتقاد را این است که برای دبی زیاد آتش‌نشانی در این شبکه جهت جریان مشخص است و به شبکه حلقوی تبدیل می‌شود.)

- غیر اقتصادی بودن برای شرایط آتش نشانی

• شبکه حلقوی یا مداری:

◄ تعیین جهت جریان: جهت در لوله‌ها مشخص است.

◄ مزایا:
- اگر یک خط لوله، برای خطوط دیگر مشکل ساز نیست.
- انتهای کوربن شاخه‌ها وجود ندارد. (همواره جریان وجود دارد)
- برای تأمین دبی آتش نشانی کلیه لوله‌ها مؤثر هستند.

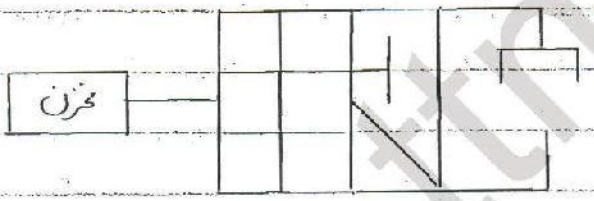
www.ttnar.ir

توزیع فشار هلن

(توزیع فشار در شبکه یکنواخت است و در یک طرف شبکه افت شدید خواهیم داشت)

معایب:
- هزینه بالاتر
- حل و آنالیز با کامپیوتر شبکه پیچیده است.
(شعف بدان جهت جریان در لوله‌ها باعث پیچیده شدن محاسبات می‌گردد.)

شبکه درخت: بخشی از شبکه حلقوی است. بنابراین معایب و مزایای هر دو شبکه را دارا است.

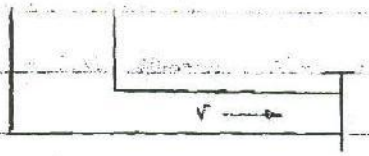


ضوابط فنی:
- شکل جریان: ثقلی
- محدودیت سرعت: الف) سرعت ماکزیمم ب) سرعت مینیمم

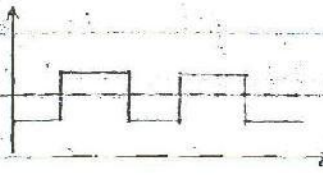
* اگر سرعت از حد مجاز به اتصالات آسیب خواهد رسید و افت فشار زیاد در شبکه داریم و طرح غیر اقتصادی می‌شود.

- سرعت ماکزیمم: هزینه‌ها افت زیاد
- صدمه زدن به اتصالات
- ضربه قوچ یا چکش آبی

* D ≥ 500 mm → 2.0 تا 2.5 m/sec



وقتی لوله بسته می‌شود، جریان از سرعت
زیاد به سرعت صفر می‌رسد بنابراین یک
ضربه فشار زیادی به وجود خواهد آمد که به
فشار تبدیل می‌شود و سبب زیاد شدن قطر لوله می‌شود. در این حالت آب به صورت
موج به سمت مخزن باز می‌گردد و فشار منفی می‌شود. در اینجا قطر لوله به حالت اولیه
باز می‌گردد. این موج به صورت رفت و برگشتی
رخ می‌دهد که به این پدیده ضربه قوچ یا
چکش آبی گفته می‌شود که سبب خرابی تجهیزات
خواهد شد.



طبق آیین نامه
- برای حالت عادی ← 2.0 m/sec
- در شرایط آتش سوزی ← 2.5 m/sec

* در حالت‌های آتش‌نشانی مرکزی : 2.5 تا 3.0 m/sec
* D > 500 mm → 1.5 m/sec : حداکثر سرعت

• سرعت سنجه:
در هر لوله باید سرعت از این مقدار بیشتر شود تا آب جریان داشته باشد
برای اینکه رسوبات در لوله جمع نشود و آب به صورت راکد در لوله نماند باید سرعت
از یک حدی بیشتر باشد چون راکد شدن آب سبب خوردگی شدن آن می‌شود.

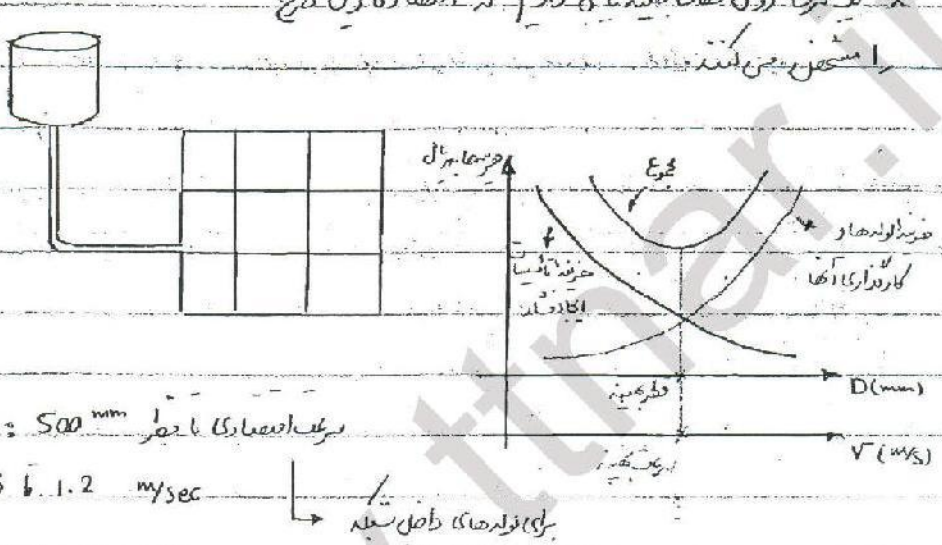
سرعت سنجه = 0.3 m/sec

* اگر امکان کم شدن سرعت در لوله وجود داشته باشد، از یک مخزن نوسان استفاده می‌شود
تا آب با وارد شبکه کردن و خارج کردن سرعت تأمین شود.

www.tnar.ir

* برای تأمین فشار ممکن است لازم باشد ارتفاع مخزن را افزایش دهیم که سبب بالا رفتن اقتصادی شدن طرح خواهد شد. بنابراین با کم کردن قطر لوله‌ها طرح توجیه‌پذیر می‌گردد.
در حد محدودیت ارتفاع داریم با افزایش قطر لوله‌ها ... پس لازم را تأمین می‌کنیم

* یکی از روش‌های جدید یابی داریم که اقتصادی‌ترین طرح را مشخص می‌کند.



سرعت اقتصادی با قطر 500 mm :
0.6 تا 1.2 m/sec → برای لوله‌های داخل شبکه

حداکثر سرعت : 0.8 تا 1.0 m/sec

قطرهای بزرگتر از 500 mm : 1.75 m/sec تا 2.2

- محدودیت قطر : الف) قطر بیشتر ب) قطر کمتر

↓

100 mm و 80 mm (به عنوان تأمین آب آتش‌نشانی)

↓

برای گره‌ها، ترکها و انشعاب‌های جزئی

محدودیت فشار :

- فشار مکزیم : لوله‌ها تا یک حدی می‌توانند فشار را تحمل کنند ← 10 تا 12 اتمسفر
برای شبکه‌ها از همین فشار استفاده می‌کنیم. فشار قابل اطمینان 6 atm است ولی
در حالت فشار استاتیکی نیز باید رعایت شود. (یعنی زمانی که همه شیرها بسته است)

www.itnar.ir

ردیف‌های کشیب زیاد است. عمدتاً سایبانی را می‌توان 7 تا 8 طبقه ایمن داد.

فشار کار در شبکه: 60 تا 80 متر آب

* مشاور حرائق: افت فشار در شرایط خاص را باید در نظر گیرد و حداکثر فشار را تعیین کند.

۱۱ افت فشار لوله‌ها و اتصالات ورودی به هر خانه

۱۲ " " " در کنتور ← 2 تا 6 متر

۱۳ افت فشار لوله کشی در هر طبقه

۱۴ بلندی طبقات ساختمان

۱۵ وجود حداقل 5 متر ارتفاع بالاتری نقطه ساختمان

* افت فشارهای ذکر شده باید با هم جمع شود و فشار در شبکه همیشه از آن بیشتر باشد.

تعداد طبقات	۱	2	3	4	5
ارتفاع ساختمان	5	8	11	14	17
حداقل فشار	29	28	32	36	40

شهرهای بزرگ 40 متر

شهرهای کوچک 30 متر روستاها 20 متر

* max و min فشار در شرایط کارایی بهینه سیستم آبیاری باید تأمین شود.

تأمین فشار در این حالت برای max روزانه کافی است. (آبیاری معمولی max و آبیاری سوری در یک ساعت امکان می‌دهد)

* طول آبیاری نباید بیشتر از 0.3 atm کمتر شود. حداقل فشار برای ساختمان یک طبقه 1.4 atm و به ازای هر طبقه 0.4 atm به این فشار افزوده می‌شود.

www.itnar.ir

طراحی و تحلیل یک لوله

۱ـ تعیین افت (h_f : مجهول ، Q ، L ، D ، e ، ρ ، ν : معلوم)

۲ـ تعیین دبی لوله (Q : مجهول ، h_f ، L ، D ، e ، ν ، ρ : معلوم)

۳ـ تعیین قطر لوله (D : مجهول ، h_f ، Q ، L ، e ، ν ، ρ : معلوم)

این سه مسئله در رابطه هرزن ویلیامز به راحتی ساده است چون عدد رینولدز تأثیری ندارد (در رابطه زیری نسبی $\frac{e}{D}$ نیز مجهول است)

مثال) فرض است هدر لوله چدنی نو به قطر 300 mm و طول 1 Km با دبی $0.1\ m^3/s$ چقدر است؟

الف) رابطه دارسی ویسباخ

$$e = 0.26\ mm \quad , \quad \nu = 1\times10^{-6}\ m^2/sec$$

$$\frac{e}{D} = \frac{0.26}{300} = 8.667\times10^{-4}$$

$$R_e = \frac{4Q}{\pi D\nu} = \frac{4\times0.1}{\pi\times0.3\times10^{-6}} = 424413$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left[\frac{2.51}{424413\sqrt{f}} + \frac{8.667\times10^{-4}}{3.7}\right]$$

حل عددی روش سعی و خطا $\Rightarrow f = 0.01974$

$$h_f = 0.083\frac{fLQ^2}{D^5} = 0.0083\frac{0.01974\times1000\times(0.1)^2}{(0.3)^5} = 6.714\ m$$

ب) رابطه هرزن ویلیامز

$$h_f = \frac{10.68\,LQ^{1.852}}{C^{1.852}D^{4.87}} = \frac{10.68\times1000\times0.1^{1.852}}{(130)^{1.852}(0.3)^{4.87}}$$

$$\Rightarrow h_f = 6.426\ m$$

ضریب C برای لوله‌های با جنس‌های مختلف در جداول داده شده است.

لوله چدنی $\rightarrow C = 130$

www.tnar.ir

فرمول مانینگ ← لوله چدنی ← $n = 0.013$

$$h_f = \frac{10.29\, n^2 L Q^2}{D^{16/3}} = \frac{10.29 \times (0.013)^2 \times 1000 \times (0.6)^2}{(0.3)^{16/3}} = 10.69\ m$$

فرمول مانینگ برای لوله پلاستیکی بالا جواب مناسبی می‌دهد ولی برای لوله فولادی خیلی زیاد است پس جواب با دو فرمول دیگر متفاوت است.

فرمول‌های کلی افت هد:

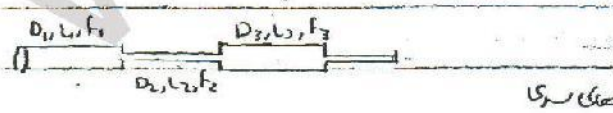
$$h_f = K Q^m$$

فرمول افت هد	K	m
دارسی - ویسباخ	$FL/12.1D^5$ یا $0.083\ FL/D^5$	2
هیزن - ویلیامز	$(10.68L)/(C^{1.852}D^{4.87})$	1.852
مانینگ	$(10.29\, n^2 L)/D^{16/3}$	2

لوله‌های معادل:

گاهی به دلایل پیچیدگی لوله‌ها، از یک سری لوله‌های معادل استفاده می‌شود تا طراحی آسان‌تر شود.

به جای این سه لوله موازی از یک لوله معادل استفاده می‌شود.



لوله‌های سری

* شرایط لوله معادل عبارتند از:

۱۱ افت حداکثری از لوله معادل برای افت هد ناشی از کوچکترین لوله‌ها باشد.

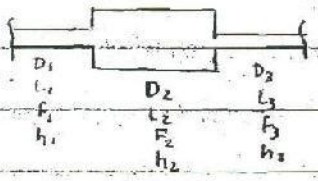
۱۲ دبی عبوری از لوله معادل برای دبی کل عبوری از کل سیستم اصلی باشد.

برای دبی‌های یکسان، افت انرژی ها صعودی در سیستم جاری باشد.

www.tiran.ir

روش حل: { لوله‌های سری / لوله‌های موازی

لوله‌های سری



• رابطه پیوستگی:

$$Q_e = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots$$

• رابطه افت:

$$h_{Le} = h_{L1} + h_{L2} + h_{L3} + \dots = \sum_{x=1}^{n} h_{Lx}$$

$$h_{Le} = \sum_{x=1}^{n} (h_{Lx} + \Sigma h_{mx})$$

↳ افت‌های جزئی

$$\frac{f_e L_e V^2}{D_e (2g)} = \sum_{x=1}^{n} \left[\frac{V_x^2}{2g} \left(\frac{f_x l_x}{D_x} + \Sigma k_{mx} \right) \right]$$

$$\frac{f_e L_e}{D_e} \frac{V^2}{2g} = \sum_{x=1}^{n} \left[\left(\frac{f_x l_x}{D_x} \right) \frac{V_x^2}{2g} \right] \Rightarrow \frac{f_e L_e}{D_e^5} Q^2 = \sum_{x=1}^{n} \frac{f_x l_x}{D_x^5} Q^2$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{f_e L_e}{D_e^5} = \sum_{x=1}^{n} \frac{f_x l_x}{D_x^5}}$$

L_e: طول لوله معادل

D_e: قطر لوله معادل

* وقتی لوله‌های سری از جنس یکسان باشند ⇐

$$\frac{L_e}{D_e^5} = \sum_{i=1}^{n} \frac{l_i}{D_i^5}$$

نوع مسائل لوله‌های سری: ۱- دبی معلوم ← تعیین افت هر طریق و مشخصات لوله معادل

۲- افت هر کل معلوم ← تعیین دبی و مشخصات لوله معادل

۱) دبی معلوم

معلومات: دبی و مشخصات لوله‌ها

روش حل: ۱) محاسبه افت هر یک از لوله‌ها

۲) محاسبه افت هر کل

۳) انتخاب دو مشخصه از لوله معادل (جنس لوله و قطر لوله) ← مثال

۴) محاسبه مشخصه لوله

www.itnar.ir

مثال) لوله‌ای از جنس چدن به قطر 300 mm و طول 200 m با لوله‌ای از جنس چدن به طول 100 m و قطر 150 mm به طور سری به هم متصل شده‌اند. در صورتی که دبی سیستم 0.05 m^3/s باشد مطلوبست: ۱- افت هد کل سیستم ۲- طول لوله معادل به قطر 200 mm از جنس چدن ۳- قطر لوله معادل به طول 300 m از جنس چدن ۴- ضابطه مورد فوق با استفاده از رابطه هیزن ویلیامز.

$C = 130$ ، $\nu = 1.004\ mm^2/sec$

لوله چدنی $\rightarrow$ $e = 0.26\ mm$

$$\left(\frac{e}{D}\right)_1 = \frac{0.26}{300} = 0.000867 \quad , \quad \left(\frac{e}{D}\right)_2 = \frac{0.26}{150} = 0.001733$$

$$\nu = 1.004 \times 10^{-6}\ m^2/sec$$

$$Re_1 = \frac{4 \times 0.05}{\pi \times 0.3 \times 1.004 \times 10^{-6}} = 211360$$

$$Re_2 = \frac{4 \times 0.05}{\pi \times 0.15 \times 1.004 \times 10^{-6}} = 422720$$

رابطه Zigrang & Sylvester :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log\left\{\frac{e}{3.7D} - \frac{5.02}{Re} \log\left[\frac{e}{3.7D} - \frac{5.02}{Re} \log\left(\frac{e}{3.7D} + \frac{13}{Re}\right)\right]\right\}$$

$$\frac{e}{D} \leq 5 \times 10^{-2} \quad , \quad 4000 < Re < 10^5$$

$$\Rightarrow \quad f_1 = 0.02043 \quad , \quad f_2 = 0.02303$$

$$h_{f_1} = \frac{f_1 L_1 Q_1^2}{12.1 \times D_1^5} = \frac{0.02043 \times 200 \times (0.05)^2}{12.1 \times (0.3)^5} = 0.3974\ m$$

$$h_{f_2} = \frac{f_2 L_2 Q_2^2}{12.1\ D_2^5} = \frac{0.02303 \times 100 \times (0.05)^2}{12.1 \times (0.15)^5} = 6.2660\ m$$

$$h_f = h_{f_1} + h_{f_2} = 0.3974 + 6.2660 = 6.6634\ m$$

$$\left(\frac{e}{D}\right)_e = \frac{0.26}{200} = 0.0013$$ طول لوله معادل به قطر 200 mm

www.ttnar.ir

$$Re = \frac{4 \times 0.05}{\pi \times 0.2 \times 1.004 \times 10^{-6}} = 317040 \longrightarrow f_e = 0.02172$$

$$\frac{f_e L_e}{D_e^5} = \sum_{i=1}^{n} \frac{f_i L_i}{D_i^5} \longrightarrow \frac{0.02172 \times L_e}{(0.2)^5} = \frac{0.02043 \times 200}{(0.3)^5} + \frac{0.02303 \times 100}{(0.15)^5}$$

$$\Rightarrow \boxed{L_e = 471.6 \text{ m}}$$

- طول لوله معادل به طول 300 m

$$\frac{f_e \times 300}{D_e^5} = \frac{0.02043 \times 200}{(0.3)^5} + \frac{0.02303 \times 100}{(0.15)^5}$$

$$\Rightarrow D_e = 0.3930 f_e^{0.2}$$

$$Re = \frac{4 \times 0.05}{\pi \times D_e \times 1.004 \times 10^{-6}} = \frac{63408}{D_e}$$

روش سعی و خطا

$f = 0.02 \Rightarrow D_e = 0.1797$ m

$$\begin{cases} \left(\frac{\varepsilon}{D}\right)_e = 0.001997 \\ Re = 352855 \end{cases} \Rightarrow f_e = 0.02217 \longrightarrow D = 0.1835 \text{ m}$$

$$\begin{cases} \left(\frac{e}{D}\right)_e = 0.001817 \\ Re = 345598 \end{cases} \Rightarrow f_e = 0.02208 \longrightarrow D = 0.1833 \text{ m}$$

۴- باید قطرهای بازار را برای طراحی انتخاب کنیم: 7.5 8 in

* حل مسئله با استفاده از رابطه هزن ویلیامز:

$$h_f = KQ^m = \frac{10.68 L}{C^{1.85} D^{4.87}} Q^{1.85}$$

لوله‌ی پلی $\rightarrow C = 130$

$$h_f = \frac{10.68 \times 0.05^{1.85}}{(130)^{1.85}} \left[\frac{200}{(0.3)^{4.87}} + \frac{100}{(0.15)^{4.87}}\right] = 5.562 \text{ m}$$

- طول لوله معادل به قطر 200 mm

$$L_e = 0.2^{4.87} \left[\frac{200}{(0.3)^{4.87}} + \frac{100}{(0.15)^{4.87}}\right] = 433.7 \text{ m}$$

www.ttnar.ir

لوله معادل به طول 300 m

$$\frac{300}{D_e^{4.87}} = \left[\frac{200}{0.3^{4.87}} + \frac{100}{(0.15)^{4.87}}\right] \Rightarrow D_e = 0.1854 \text{ m}$$

۱۲ افت هد طی مطلوم

معادلات: افت هد طی، مشخصات لوله‌ها

۱- در رابطه دارسی - ویسباخ به کمک نمودار و خطا، دبی در یک لوله‌ها بدست می‌آید.

۲- با دخیل مطلوم بودن در مشخصه لوله معادل، مشخصه لوله بدست می‌آید.

مثال) مثل قبل را در حالتی حل کنید که افت هد طی 10 m باشد و از دو لوله دارسی ویسباخ دی بسته موازی عبور کند.

$$\left(\frac{e}{D}\right)_1 = 0.000867 \quad , \quad \left(\frac{e}{D}\right)_2 = 0.001733$$

$$10 = \frac{f_1 \times 200 \times Q^2}{12.1 \times (0.3)^5} + \frac{f_2 \times 100 \times Q^2}{12.1 \times (0.15)^5} = (6802 f_1 + 108832 f_2) Q^2$$

مرتبه سعی و خطا

$$f_1 = f_2 = 0.02 \Rightarrow Q = 0.06576 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} Re_1 = 277980 \\ Re_2 = 555960 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} f_1 = 0.02011 \\ f_2 = 0.02292 \end{cases} \rightarrow Q = 0.06165 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} Re_1 = 260610 \\ Re_2 = 521220 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} f_1 = 0.02018 \\ f_2 = 0.02294 \end{cases} \Rightarrow Q = 0.06162 \text{ m}^3/\text{sec}$$

* طول لوله معادل برای نظر 200 mm

$$Q_e = 0.06162 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\left(\frac{e}{D}\right)_e = \frac{0.26}{200} = 0.0013$$

$$Re = \frac{4 \times 0.06162}{\pi \times 0.2 \times 1.004 \times 10^{-6}} = 390720 \Rightarrow f_e = 0.02158$$

$$10 = \frac{f_e L_e Q^2}{12.1 D_e^5} = \frac{0.02158 \times L_e \times (0.06162)^2}{12.1 \times (0.2)^5} \Rightarrow L_e = 472.5 \text{ m}$$

www.tmar.ir

* تعیین قطر لوله معادل به طول 300 m

$$\frac{f_e \times 300 \times (0.06162)^2}{12.1\, D_e^5} = 10 \Rightarrow D_e = 0.393\, f_e^{0.2}$$

$$Re = \frac{4 \times 0.06162}{\pi \times D_e \times 1.004 \times 10^{-6}} = \frac{78144}{D_e}$$

• حدس اول

$\varepsilon/D = 0.02$ فرض $\rightarrow f_e = 0.02$ $\rightarrow D_e = 0.1729$ m

$$\rightarrow \begin{cases} (\varepsilon/D)_e = 0.001446 \\ Re = 434370 \end{cases} \rightarrow f_e = 0.02205 \rightarrow D_e = 0.1834 \text{ m}$$

$$\rightarrow \begin{cases} (\varepsilon/D)_e = 0.001448 \\ Re = 426090 \end{cases} \rightarrow f_e = 0.02197 \rightarrow D_e = 0.1833 \text{ m}$$

* با استفاده از رابطه هیزن ویلیامز

$$\frac{10.68\, Q^{1.85}}{130^{1.85}} \left[\frac{200}{(0.3)^{4.87}} + \frac{100}{(0.15)^{4.87}} \right] = 10$$

$$\rightarrow Q = 0.06864 \text{ m}^3/\text{sec}$$

• تعیین طول لوله معادل به قطر 200 mm

$$L_e = 0.2^{4.87} \left[\frac{200}{(0.3)^{4.87}} + \frac{100}{(0.15)^{4.87}} \right]$$

$$\rightarrow L_e = 433.7 \text{ m}$$

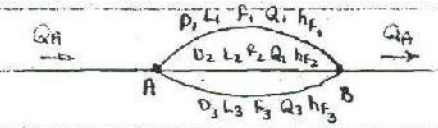
• تعیین قطر معادل به طول 300 m

$$\frac{300}{D^{4.87}} = \left[\frac{200}{0.3^{4.87}} + \frac{100}{0.15^{4.87}} \right]$$

$$\rightarrow D_e = 0.1854 \text{ m}$$

لوله‌های موازی

گره: ابتدا و انتهای هیچ لوله‌ای یکی نیست.



$$Q_R = \sum_{i=1}^{n} Q_i$$

جریان در لوله‌های موازی $\rightarrow h_{f_1} = h_{f_2} = h_{f_3} = \ldots$

$(h_f = h_{f_i})$

www.tmar.ir

$h_{fe} = h_1 = h_{fi}$ ، $Q_e = Q_1 = \sum Q_i$

$$h_{fi} = \frac{K_i L_i}{D_i^5} Q_i^2 \rightarrow Q_i = \left(\frac{h_{fi} D_i^5}{K_i L_i}\right)^{1/2}$$

$$h_{fe} = \frac{K_e L_e}{D_e^5} Q_e^2 \rightarrow Q_e = \left(\frac{h_{fe} D_e^5}{K_e L_e}\right)^{1/2}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{h_{fi} D_i^5}{K_i L_i}\right)^{1/2} = \left(\frac{h_{fe} D_e^5}{K_e L_e}\right)^{1/2}$$

مشخصات لوله‌ها = مشخصات لوله معادل ← $K_i = K_e$

$$\Rightarrow \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{D_i^5}{L_i}\right)^{1/2} = \left(\frac{D_e^5}{L_e}\right)^{1/2}$$

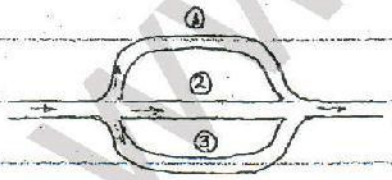
* روش‌های حل دو مورد: ۱- افت هد معلوم ← محاسبه دبی کل و مشخصات لوله معادل

۲- دبی کل معلوم ← تعیین دبی هر لوله و افت هد و مشخصات لوله معادل

۱) افت هد معلوم

معلومات: افت هد، مشخصات لوله‌ها ... مجهول: دبی

مثال)



	L (m)	D (mm)	e (mm)
①	300	200	0.3
②	250	300	0.2
③	400	250	0.4

با استفاده از رابطه دارسی ویسباخ و معادله کولبروک و یا مودی مقدار افت هد 10 m را در کل سیستم محاسبه کنید ... ۲) طول معادل لوله به قطر 300 mm و $e = 0.2$ mm را تعیین کنید ... ۳) جواب مورد ۱ را با استفاده از رابطه هیزن ویلیامز بدست آورید ... ۴) جواب مورد ۲ را با فرض ضریب $C = 130$ برای لوله معادل محاسبه کنید

$C_1 = 120$ ، $C_2 = 130$ ، $C_3 = 110$

www.ttnar.ir

۱) حل سیستم

لوله ۱ → $\frac{e_1}{D_1} = \frac{0.3}{200} = 0.0015$

فرض اولیه $f_1 = 0.02$ → $0.02 \times 300 \times \frac{Q_1^2}{12.1 (0.2)^5} = 10$

$\Rightarrow Q_1 = 0.08033 \ m^3/sec$

$Re_1 = 511400 \rightarrow f_1 = 0.02217 \rightarrow Q_1 = 0.07630 \ m^3/sec$

$Re_1 = 485740 \rightarrow f_1 = 0.02219 \rightarrow Q_1 = 0.07626 \ m^3/sec$ ✓

۲) حل تعیین دبی لوله‌های 2 و 3 از خازن‌بندی گیم:

$Q_2 = 0.2541 \ m^3/sec$ ، $Q_3 = 0.1147 \ m^3/sec$

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0.4451 \ m^3/sec$

۳) تعیین طول لوله معادل

$\left(\frac{e}{D}\right)_e = \frac{0.2}{300} = 0.0015$

$Q = 0.4451 \ m^3/s \Rightarrow Re = 188900$

$\rightarrow f_e = 0.01806 \Rightarrow L_e = 82.18 \ m$

۴) حل سیستم با استفاده از رابطه هیزن ویلیامز

لوله ۱ → $\frac{10.68 \times 30 \times Q_1^{1.852}}{(20)^{1.852} \times 0.2^{4.87}} = 10$

$\rightarrow Q_1 = 0.07731 \ m^3/sec$

$Q_2 = 0.2684 \ m^3/sec$ ، $Q_3 = 0.1091 \ m^3/sec$

$Q = \sum Q_i = 0.4548 \ m^3/sec$

۵) تعیین طول لوله معادل با استفاده از رابطه هیزن ویلیامز

$\frac{10.68 \times L_e \times (0.4548)^{1.852}}{(130)^{1.852} \times 0.3^{4.87}} = 10$

$\Rightarrow L_e = 94.13 \ m$

۶) حل سیستم

عدد رینولدز محاسبه شده باید از روش سعی و خطا اصلاح شود.

www.tnar.ir

۱۱. حدس اولیه برای f در هر لوله ($f = 0.02$)

۱۲. محاسبهٔ Q_1 و Q_2 و Q_3 بر حسب Q_1

۱۳. محاسبهٔ $\sum Q_i$ و استفاده از Q کل برای تعیین Q_1 و Q_2 و ...

۱۴. تعیین ضریب اصطکاک و $\frac{\varepsilon}{D}$ و f در هر لوله و تکرار مرحلهٔ ۲

۱۵. اتمام محاسبات وقتی که fها و یا Qها به دقت مورد نظر رسیده باشد.

۱۶. محاسبهٔ Q_1 و Q_2 و ... و h_f و ...

مثال ۱ ـ در سیستم دو لولهٔ موازی زیر سال مصرف کل 18 ML/day می باشد. مطلوبست:

۱. توزیع دبی در لوله‌ها با استفاده از رابطهٔ داربی ـ ویسباخ

۲. حواب مورد ۱ با استفاده از رابطهٔ هیزن ـ ویلیامز

۳. ضریب هیزن ـ ویلیامز در لولهٔ دوم را طوری بیابید که لوله‌ای به طول 250 m و قطر 300 mm داشته باشیم.

۱. توزیع دبی در لوله‌ها ... $Q = 18\ ML/day = \frac{18000}{3600 \times 24} = 0.2083\ m^3/sec$

حدس $f = 0.02$ برای همهٔ لوله‌ها ... $\frac{300Q_1^2}{(0.2)^5} = \frac{250Q_2^2}{(0.3)^5} = \frac{400Q_3^2}{(0.25)^5}$

$$\Rightarrow \begin{cases} Q_2 = 3.019\,Q_1 \\ Q_3 = 1.513\,Q_1 \end{cases} \rightarrow Q_1 = \frac{0.2083}{1+3.019+1.513} = 1.03765\ m^3/sec$$

$$\rightarrow \begin{cases} Q_2 = 0.11368\ m^3/s \\ Q_3 = 0.05097\ m^3/s \end{cases}$$

$Re_1 \rightarrow f_1 = 0.02264$

$Re_2 \rightarrow f_2 = 0.01865$ ... $Re_3 \rightarrow f_3 = 0.02282$

$$\frac{0.02264 \times 300Q_1^2}{(0.2)^5} = \frac{0.01865 \times 250\,Q_2^2}{(0.3)^5} = \frac{0.02282 \times 400\,Q_3^2}{(0.25)^5}$$

$$\Rightarrow Q_2 = 3.326\,Q_1 \quad , \quad Q_3 = 1.507\,Q_1$$

www.ttnar.ir

$\Rightarrow Q_1 = 0.03571 \ m^3/s$, $Q_2 = 0.11877 \ m^3/sec$

$Q_3 = 0.05382 \ m^3/s$

$$\rightarrow \begin{cases} f_1 = 0.02268 \\ f_2 = 0.01862 \\ f_3 = 0.02286 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Q_1 = 0.0357 \ m^3/sec \\ Q_2 = 0.1188 \ m^3/sec \\ Q_3 = 0.0538 \ m^3/sec \end{cases}$$

$\Rightarrow h_{f_1} = h_{f_2} = h_{f_3} = 2.24 \ m$ صحت‌سنجی

۱۴) محاسبه از رابطه هیزن ـ ویلیامز

$$\frac{300 Q_1^{1.852}}{120^{1.852} \times 0.2^{4.87}} = \frac{250 Q_2^{1.852}}{130^{1.852} \times 0.3^{4.87}} = \frac{400 Q_3^{1.852}}{110^{1.852} \times (0.25)^{4.87}}$$

$\Rightarrow Q_2 = 3.472 \ Q_1$, $Q_3 = 1.411 \ Q_1$

$$\Rightarrow \begin{cases} Q_1 = 0.0354 \ m^3/s \\ Q_2 = 0.1229 \ m^3/s \\ Q_3 = 0.0500 \ m^3/s \end{cases} \quad h_{f_1} = h_{f_2} = h_{f_3} = 2.35 \ m$$

۱۴) محاسبه ضریب هیزن ـ ویلیامز

$$\frac{10.68 \times 250 \times (0.2083)^{1.852}}{C^{1.852} \times (0.3)^{4.87}} = 2.35$$

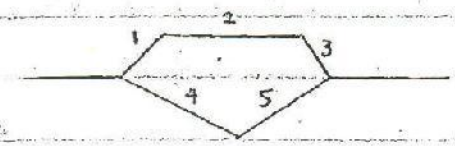
$$\Rightarrow C = 220.5$$

◄ لوله‌های سری موازی

ابتدا برای لوله‌های سری یک لوله معادل در نظر گرفته می‌شود سپس برای لوله‌های موازی

مثال) لوله‌ای به طول $L_e = 900 \ m$ و ضریب هیزن ویلیامز $C_{H.W} = 100$ دارای چه قطری است (دو شکل زیر)؟

www.tmar.ir



لوله	طول (m)	قطر (mm)	$C_{H.W}$
①	300	250	120
②	400	300	130
③	200	200	100
④	500	400	130
⑤	300	250	80

لوله‌های 3، 2، 1 ←

$$\frac{L_e}{C_e^{1.852} D_e^{4.87}} = \sum \frac{L_i}{C_i^{1.852} D_i^{4.87}}$$

$$\frac{900}{(100)^{1.852} \times D_e^{4.87}} = \frac{300}{(120)^{1.852} \times (0.25)^{4.87}} + \frac{400}{(130)^{1.852} (0.3)^{4.87}} + \frac{200}{(100)^{1.852} (0.2)^{4.87}}$$

$$\Rightarrow D_{e_1} = 0.2495 \text{ m}$$

لوله‌های 4، 5 ←

$$\frac{900}{(100)^{1.852} \times D_e^{4.87}} = \frac{500}{(130)^{1.852} (0.4)^{4.87}} + \frac{300}{(80)^{1.852} (0.25)^{4.87}}$$

$$\Rightarrow D_{e_2} = 0.2839 \text{ m}$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$\frac{100 D_e^{2.63}}{L_e^{0.54}} = \frac{100 (0.2495)^{2.63}}{(900)^{0.54}} + \frac{100 (0.2839)^{2.63}}{(900)^{0.54}}$$

$$\Rightarrow \boxed{D_e = 0.3983 \text{ m}}$$

طول معادل اف هدهای حرفی

۱- رابطه دارسی ویسباخ

$$K_m \frac{V^2}{2g} = f \frac{\Delta L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta L = \frac{K_m D}{f}}$$

* طول معادل با ضریب زبری تغییر می‌کند و f نیز با دبی تغییر می‌کند ولی این تغییر زیاد نیست بنابراین اضافه کردن یک طول معادل ثابت، درست نیست چه در هر دبی، یک طول معادل مشخص خواهیم داشت.

www.tnar.ir

۲- رابطه هیزن ویلیامز

$$h_m = K_m \frac{V^2}{2g} = \left[\frac{8K_m}{\pi^2 g D^4}\right] Q^2 = \frac{10.68\, \Delta L\, Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.87}}$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta L = \frac{K_m C^{1.852} D^{4.87} Q^{0.148}}{129}}$$

← تغییرات دبی باعث تغییر زیاد در طول معادل می‌شود. (نسبت به دارسی ویسباخ)

۳- دریول ماسکت

$$h_m = \frac{8 K_m Q^2}{\pi^2 g^2 D^4} = \frac{10.29\, n^2 \Delta L\, Q^2}{D^{16/3}}$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta L = \frac{K_m D^{4/3}}{129.5\, n^2}}$$

← چون در این رابطه دبی در توان ۲ است
بنابراین دقت آن کمتر است.
(چون طول معادل با این رابطه تغییر دارد.)

روش‌های مختلف برای تعیین طول معادل در نظر گرفته شده:

۱- استفاده از جدول بر حسب D (قطر لوله)

۲- استفاده از رابطه تجربی $\Delta L = 35 K_m D$

۳- ۵٪ تا ۱۰٪ به طول لوله‌ها اضافه شود.

(در مورد شبکه‌های پیچیده و مانند اطراف می‌توان از این روش استفاده نمود.)

* اگر فشار خط زیاد باشد ۱۰٪ و اگر اقتصادی مصرف زیاد باشد ۵٪ استفاده می‌شود.

مثال) لوله‌ای به طول 300^m و قطر 200^{mm} دارای یک شیر زاویه با $K_m = 10$ و یک شیر توپی با $K_m = 2$ دبی $Q = 300\ L/min$ را انتقال می‌دهد. طول معادل را با استفاده از رابطه دارسی ویسباخ، هیزن ویلیامز و مانینگ بدست آورید.
در صورتی که دبی دوبرابر شود، جواب‌ها چه تغییری می‌کند؟

$\varepsilon = 0.26\ mm$ ، $C = 130$ ، $n = 0.01$

www.ttnar.ir

57

$$Q = \frac{3000}{1000 \times 60} = 0.05 \ m^3/sec$$

$\Sigma K_m = 10 + 2 = 12$ ، $\nu = 1 \times 10^{-6} \ m^2/sec$ (آب)

الف) رابطه اکرمن - چباخ

$$\left.\begin{aligned} \frac{e}{D} &= \frac{0.26}{200} = 0.0013 \\ R_e &= \frac{4 \times 0.05}{\pi \times 0.2 \times 10^{-6}} = 318310 \end{aligned}\right\} \rightarrow f = 0.02172$$

$$\Delta L = \frac{\Sigma K_m D}{f} = \frac{12 \times 0.2}{0.02172} \rightarrow \boxed{\Delta L = 110.5 \ m}$$

ب) رابطه هیزن - ویلیامز

$$\Delta L = \frac{K_m C^{1.852} D^{4.87} Q^{0.148}}{12.9.3} = \frac{12 \times (130)^{1.852} (0.2)^{4.87} (0.05)^{0.148}}{12.9.3}$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta L = 120.8 \ m}$$

ج) رابطه مانینگ

$$\Delta L = \frac{K_m D^{4/3}}{124.5 \ n^2} = \frac{12 \times 0.2^{4/3}}{124.5 \times (0.01)^2}$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta L = 112.7 \ m}$$

اگر دبی دو برابر شود: $(Q_2 = 2Q)$

الف) $\Delta L_2 =$ ... m

ب) $\Delta L_2 = 133.9 \ m$ ، ج) $\Delta L_2 = 112.7 \ m$

با استفاده از فرمول کاربردی:

$$\Delta L = 35 K_m D = 35 \times 12 \times 0.2 = 84 \ m$$

با استفاده از فرمول:

$$\frac{\Delta L}{D} = 320 \ ; \ K_m = 10 \quad , \quad \frac{\Delta L}{D} = 64 \ ; \ K_m = 2$$

www.tiran.ir

فصل ششم : تحلیل جهت دولنگی شبکه های آبرسانی

تعاریف و پارامترها :

دو نوع تحلیل جهت دولنگی شبکه ها داریم :

۱- تحلیل شبکه ها در حالت ماندگار

۲- تحلیل دینامیکی شبکه ها

* منظور از تحلیل شبکه این است که با توجه به مشخصات لوله ها، دبی را در گره ها بدست آوریم

منظور از تحلیل در حالت ماندگار این است که دبی در گره ها ثابت باشد و با زمان تغییر نکند.

تحلیل دینامیکی شبکه ها یعنی دبی در گره ها با زمان تغییر می کند.

در این حالت دو نوع تحلیل داریم : یکی تحلیل آنی است مثلاً جهت تحلیل یک لوله و یا بستن شیر به طور ناگهانی و دیگری تحلیل تدریجی است که همان تغییرات مصرف می باشد.

در تحلیل دینامیکی ما همان تحلیل آنی را انجام می دهیم.

* تعاریف

۱- لوله : شبیه به شاخه به قطعه لوله ای از شبکه گفته می شود که در آن دبی جریان دارد.

(دبی در دو سر آن ثابت باشد)

در این حالت که انشعابی برای مصرف داریم

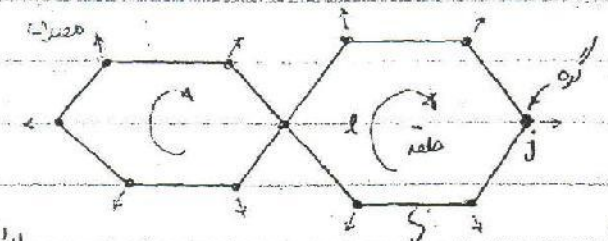
ما می توانیم در هر انشعاب یک گره در نظر بگیریم و یا کل مصرف را در لوله پخش کرده و یک دبی ثابت برای ابتدا و انتهای آن فرض کنیم.

۲- گره : محل تلاقی دو یا چند لوله که مشخصات آنها مساوی است. (چند لوله هم می باشد)

۳- حلقه : در شبکه های حلقوی کاربرد دارد و عبارتست از یک مسیر بسته در شبکه.

حداقل از دو لوله، شبیه یا شاخه تشکیل شده است.

www.tfar.ir



n : تعداد شاخه‌ها در شبکه

j : تعداد گره‌ها در شبکه

l : تعداد حلقه‌ها در شبکه

(n) : اولر یا شجره یا شاخه

رابطه اولر برای هر شبکه

$$n = j + l - 1$$

* تعداد معادلات بر حسب اینکه جریان کدام شاخه‌ها مجهول باشد، متفاوت است.
(معادلات را می‌توان بر حسب گره، شاخه یا حلقه نوشت.)

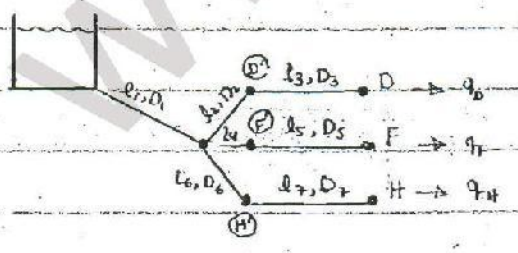
← به تعداد شاخه‌ها مجهول داریم (n) پس باید به تعداد شاخه‌ها معادله هم داشته باشیم.

← هر شاخه‌ای در هر شاخه متفاوت است و مجهول Q_i می‌باشد.

← هدف از مشخصات لوله‌ها مشخص است.

← ابتدا فرض می‌شود که لوله‌ها قطر مساوی دارند. سپس در جایی که دبی افزایش یافته قطر را افزایش و در جایی که دبی کاهش می‌یابد، قطر را کاهش می‌دهند.
باید توجه داشت که قطر با توان ۵ در هزینه‌ها تأثیر دارد پس باید مسئله اقتصادی را نیز در طراحی در نظر گرفت.

← تحلیل شبکه‌های شاخه‌ای:



$$H_{D'} = Z_{D'} + \left(\frac{P}{\gamma}\right)_{D'} + \left(\frac{V^2}{2g}\right)_{D'}$$

بار سرعتی

$$H_{F'} = Z_{F'} + \left(\frac{P}{\gamma}\right)_{F'} + \left(\frac{V^2}{2g}\right)_{F'}$$

$$H_{H'} = Z_{H'} + \left(\frac{P}{\gamma}\right)_{H'} + \left(\frac{V^2}{2g}\right)_{H'}$$

بیشترین سرعت مجاز در شبکه آبرسانی = 0.8 تا 1.5 m/s

www.tmar.ir