

آب‌آك حل فرمول مانینگ

نوشته: مهندس باقر معمارپور

۱- فرمول مانینگ (Manning's formula):

در سال ۱۸۹۰ يك مهندس ایرلندی به نام مانینگ جهت محاسبه سرعت در کانال ها و لوله های نیمه پر فرمول تجربی زیر را ارائه نمود.

$$V = \frac{1.486}{n} R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

فرمول مانینگ با توجه به سادگی و دقت نسبتاً خوب آن جانشین فرمول مشترك چزی، کاتر و کانگوله که تا قبل از تاریخ فوق مورداستفاده قرار میگرفت گردید و اکنون طراحان اکثر کشورهای مخصوصاً آمریکا و اروپا ابعاد و مشخصات شبکه های فاضلاب و کانال های آبیاری را از رابطه مانینگ محاسبه مینمایند.

در رابطه فوق V سرعت جریان بر حسب فوت مکعب در ثانیه، R نسبت مساحت پرشده توسط جریان بر حسب فوت مربع، به محیط تر شده بر حسب فوت میباشد و آنرا شعاع هیدرولیکی می نامند، S شیب کف کانال یا

لوله بر حسب فوت بر فوت و بالاخره n ضریب زبری جدار کانال یا لوله بوده که مقدار آن بستگی به جنس جدار از جدول ذیل استخراج میگردد.

۲- مقدار ضریب زبری n برای لوله های فاضلاب:

همانطوریکه اشاره شد مقدار ضریب زبری n بستگی به جنس جدار و کیفیت ساخت لوله متفاوت و بین 0.0095 تا 0.015 تغییر مینماید. مطالعات بعدی نشان داد که در حین بهره برداری از لوله ها با جنس های مختلف اعم از بتون، سفال لعابدار، آزبست سیمان و غیره عملاً بعد از گذشت چند سال از شروع بهره برداری مقدار n مستقل از جنس لوله بوده و در واقع ضریب n بموادى که جدار لوله را بمشورر میپوشاند مربوط میشود از طرف دیگر این نکته قابل ذکر است که مقدار n بدست آمده در آزمایشگاه تحت شرایط ایده آل نمیزی آب، نو بودن لوله و سرعت کنترل شده با آنچه

جنس جدار	زمین	فولاد ضد زنگ	چدن	بتون پلاستر نشده	بتون پلاستر چوب خراطی شده	چوب خراطی شده
ضریب n	۰/۰۲۵	۰/۰۱۸	۰/۰۱۵	۰/۰۱۴	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲

در حین اجرا و بهره برداری پیش میآید کاملاً متفاوت بوده و بندرت میتوان یافت که فاضلابروئی تحت شرایط ایده آل و کاملاً فنی ساخته شود. باتوجه به موارد فوق الذکر مهندسین طراح جهت محاسبه قطر فاضلابروها ضریب زبری n را با دید واقع بینانه بین ۰/۰۱۲ تا ۰/۰۱۵ در نظر میگیرند.

۲- شرح آبك:

با توجه به اهمیت فرمول مانینگ در محاسبه قطر فاضلابروها فرمول مذکور با قطرهاوسرعتها

مختلف در روی دو محور لگاریتمی Q و S محاسبه و بصورت آبك رسم میگردد از خصوصیات این آبك که آنرا از دیگر آبك ها رسم شده در کتب فاضلاب متمایز می سازد این است که دیمانسیون متغیرهای آن در دستگاه متریک بوده و دامنه آن طوری انتخاب شده که جهت محاسبه قطر لوله های شبکه فاضلاب شهرها قابل استفاده میباشد.

۴- محاسبات رسم آبك برای قطرهای مختلف:

همانطوریکه قبلاً اشاره گردید مانینگ فرمول تجربی خود را بصورت رابطه (۱) بیان نمود:

$$(1) \quad V = \frac{1.486}{n} R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

در رابطه (۱) دیمانسیون متغیرهای مختلف به ترتیب ذیل میباشد.

V فوت بر ثانیه

R فوت

S (بدون بعد) فوت بر فوت یا متر بر متر

با استفاده از رابطه پیوستگی $Q = VA = V \frac{\pi D^2}{4}$ و برای لوله های مدور $R = \frac{D}{4}$ رابطه (۱) بصورت رابطه زیر درمیآید.

$$(2) \quad Q = \frac{1.486}{n} D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

Q فوت مکعب بر ثانیه

D فوت

S بدون بعد

با توجه به اینکه ۱ فوت برابر $30.4/8$ میلی متر و ۱ فوت مکعب بر ثانیه برابر $(3/0.48)^3$ لیتر بر ثانیه میباشد و با فرض $n = 0.015$ رابطه (۲) را در دستگاه متریک میتوان به صورت زیر نوشت:

$$Q = \frac{1.486}{0.015} \times \frac{(3/0.48)^3}{(30.4/8)^{\frac{8}{3}}} D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$(4) \quad Q = 0.000208 D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

Q لیتر در ثانیه

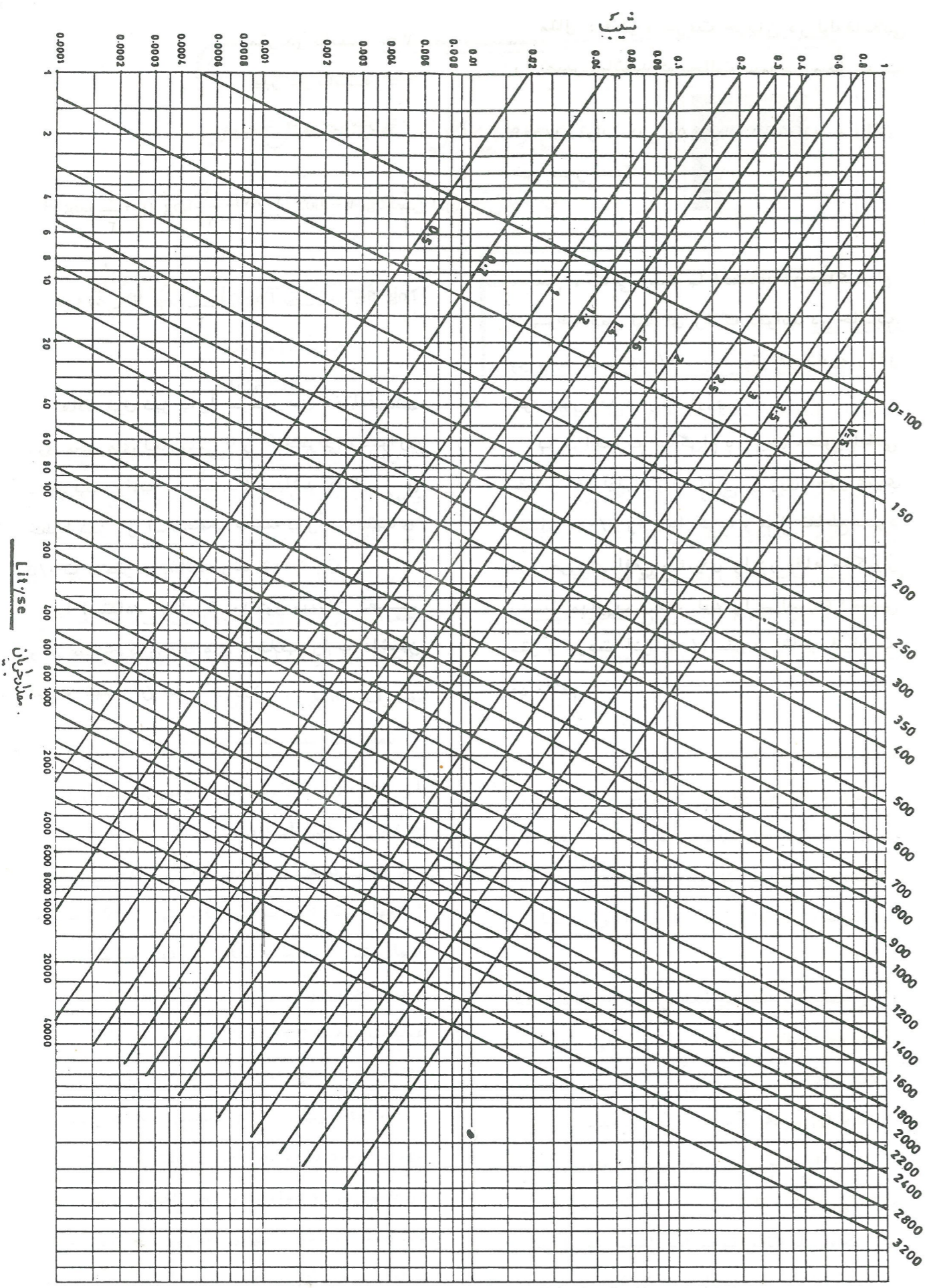
D میلیمتر

S بدون بعد

اگر از طرفین رابطه فوق لگاریتم بگیریم خواهیم داشت:

$$\text{Log } Q = \text{Log } 0.000208 + \frac{8}{3} \text{Log } D + \frac{1}{2} \text{Log } S$$

$$(5) \quad \text{Log } S = \frac{3}{2} \text{Log } Q + \frac{7}{2} \text{Log } D - \frac{16}{3}$$



$$\text{Log } 0.0001 = 2 \text{ Log } Q - 4/242$$

$$\text{Log } Q = 0.121 \Rightarrow Q = 1/22 \text{ Lit}$$

بنابراین نقطه $Q = 1/22$ لیتر در ثانیه را در روی محور افقی بدست آورده و خط $D = 150$ میلیمتر را موازی خط قبلی رسم مینمائیم بهمین ترتیب خطوط مربوط به قطرهای مختلف تا قطر 2200 میلیمتر در روی آباك صفحه ضمیمه ترسیم شده است.

۵- محاسبات رسم آباك برای سرعتهای مختلف: با استفاده از رابطه پیوستگی جریان خواهیم داشت:

$$Q = VA = V \frac{\pi D^2}{4}$$

- $V =$ دسیمتر بر ثانیه
- $D =$ دسیمتر
- $Q =$ لیتر بر ثانیه

رابطه فوق را میتوان بصورت زیر نوشت:

$$(6) \quad D^2 = \frac{4000Q}{\pi V}$$

- $V =$ متر در ثانیه
- $Q =$ لیتر در ثانیه
- $D =$ میلیمتر

اگر بین رابطه (۶) و (۴) را حذف نمائیم خواهیم داشت:

$$Q = 0.000208 \left(\frac{4000Q}{\pi V} \right)^{3/2} \times S$$

$$\frac{4}{V^2} = 2/872 Q^{1/2} \times S$$

معادله (۵) در روی محورهای لگاریتمی برای يك قطر مشخص خطی است با ضریب زاویه ۲ اگر معادله فوق را برای قطرهای مختلف حل نمائیم خطوطی موازی خواهیم داشت که بعنوان مثال به طریق محاسبه و رسم ۲ عدد از این خطوط با قطر $D = 100$ میلیمتر و $D = 150$ میلیمتر ذیلاً اشاره میگردد.

برای $D = 100$ میلیمتر با استفاده از رابطه (۵) خواهیم داشت:

$$\text{Log } S = 2 \text{ Log } Q + 7/264 - \frac{16}{3} \text{ Log } (100)$$

$$\text{Log } S = 2 \text{ Log } Q - 2/302$$

محل تقاطع خط فوق را با خط $Q = 1$ که منطبق بر محور S ها میباشد بدست میآوریم.

$$\text{Log } S = 2 \times \text{Log } (1) - 2/302$$

$$\text{Log } S = -2/302 \Rightarrow S = 0.0005$$

بنابراین در روی محور S ها (محور عمودی) نقطه $S = 0.0005$ را بدست آورده و از آنجا خطی با ضریب زاویه ۲ رسم مینمائیم. بازای $D = 150$ میلیمتر خواهیم داشت:

$$\text{Log } S = 2 \text{ Log } Q + 7/264 - \frac{16}{3} \text{ Log } (150)$$

$$\text{Log } S = 2 \text{ Log } Q - 4/242$$

محل تقاطع خط فوق را با خط $Q = 0.0001$ که منطبق بر محور افقی است بدست میآوریم.

مثال : قطر و سرعت جریان در لوله فاضلابی را تعیین نمائید که بحالت نیمه پر و با شیب ۰/۰۰۶ بتواند دبی ۵۰ لیتر در ثانیه را از خود عبور دهد؟

حل : کافی است با استفاده از دیاگرام مربوطه قطر لوله ای را که بتواند در حالت پر و با شیب ۰/۰۰۶ ، ۱۰۰ لیتر در ثانیه را از خود عبور دهد بدست آوریم .
با مراجعه به دیاگرام در روی محور افقی مقدار ۱۰۰ لیتر بر ثانیه و در روی محور عمودی مقدار ۰/۰۰۶ را جدا کرده و محل تقاطع عمود بر محورهای افقی و عمودی را در نقاط مذکور بدست میآوریم و قطر لوله را برابر ۳۵۰ میلی متر و سرعت آنرا ۱/۰۴ متر بر ثانیه قرائت مینمائیم .

V = متر در ثانیه
Q = لیتر در ثانیه
S = متر بر متر

$$\frac{4}{3} \text{Log } V = \text{Log } 2/872 + \frac{1}{3} \text{Log } Q + \frac{1}{2} \text{Log } S$$

$$\text{Log } S = -\frac{2}{3} \text{Log } Q + \frac{8}{3} \text{Log } V - 0/916$$

معادله فوق نیز بازاً سرعت های مختلف در روی محورهای لگاریتمی Q و S خطوطی موازی با ضریب زاویه ($-\frac{2}{3}$) میباشد که این خطوط نیز در آباك صفحه ضمیمه بازاً سرعتهای ۰/۵ تا ۵ متر بر ثانیه رسم شده است .
با استفاده از آباك مذکور میتوان قطر و سرعت جریان لوله های فاضلاب را با داشتن دبی و شیب آن بدست آورد .