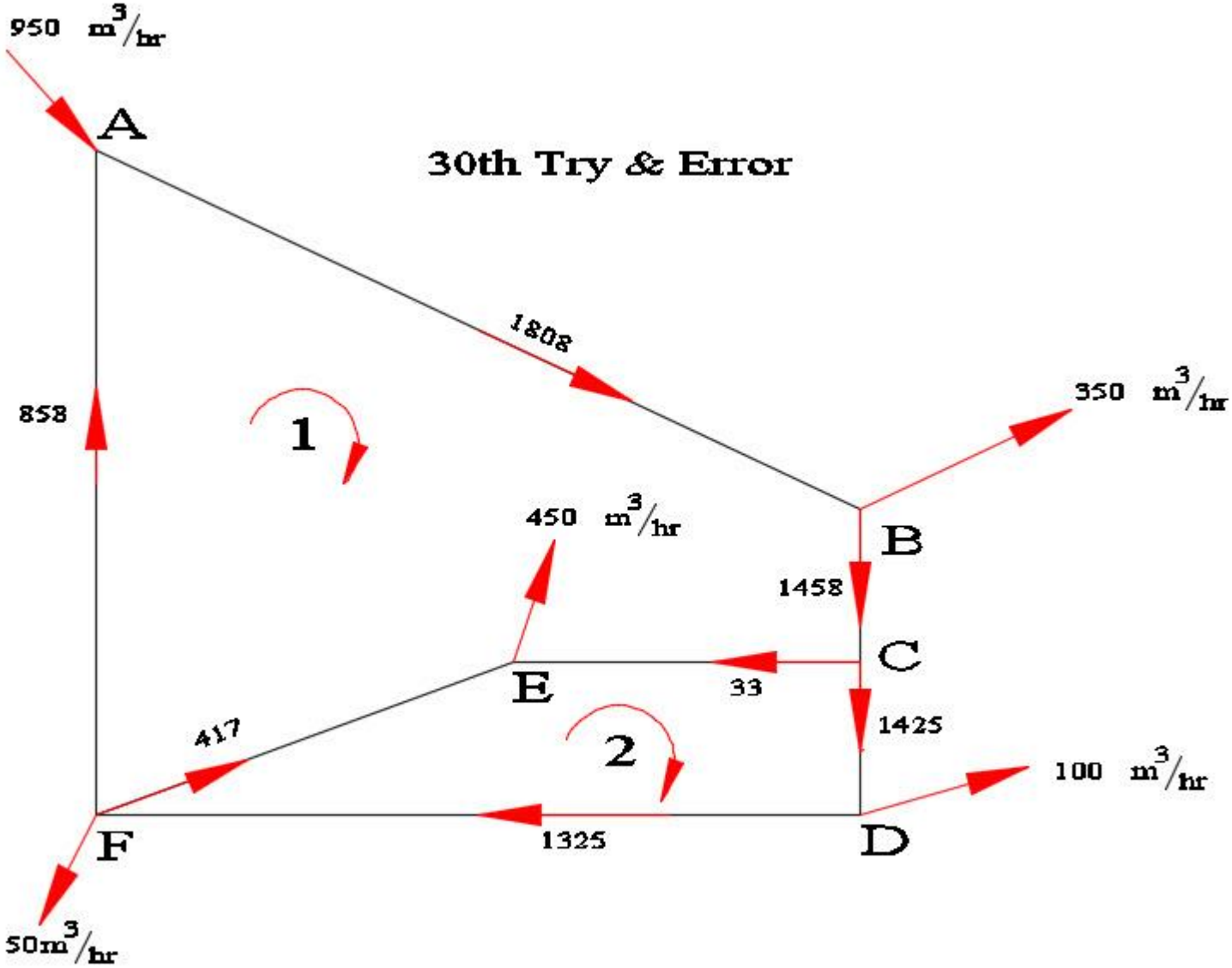
سیستم گاز رسانی

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	3250	3.85E-03	6.2591	-1625	-1442		-1442	1808
1	BC	200	4	7.85E-05	2900	4.55E-01	660.5445	-1450	-1442		-1442	1458
1	CE	150	4	5.89E-05	42	4.89E-03	0.10165	-21	-1442	-1434	-8	33
1	EF	80	6	3.61E-06	-408	-2.95E-03	0.6028	204	-1442	-1434	-8	-417
1	FA	180	8	1.75E-06	2300	8.06E-03	9.2757	-1150	-1442		-1442	858
Total						4.69E-01	676.78377	-1442				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	408	2.95E-03	0.6028	-204	-1434	-1442	8	417
2	CE	150	4	5.89E-05	-42	-4.89E-03	0.1016	21	-1434	-1442	8	-33
2	CD	80	4	3.14E-05	2859	1.80E-01	256.7027	-1429	-1434		-1434	1425
2	DF	200	6	9.03E-06	2759	4.98E-02	68.7530	-1379	-1434		-1434	1325
Total						2.27E-01	326.16009	-1434				

30


950 m3/hr
A
30th Try & Error
1808
858
1
350 m3/hr
450 m3/hr
B
1458
C
E
33
1425
417
2
100 m3/hr
F
1325
D
50m3/hr

دراین کلیپ آموزشی شما خواهید دید

1- سیستم گاز رسانی خانگی و صنعتی.

2- جدول ظرفیت گاز ها در لوله های فولادی هم برای خانگی و هم برای صنعتی به توسط اکسل بدست آمد.

3- در مبحث 17 نظام مهندسی جدول ظرفیت گاز ها برای لوله های پلی ایتلن وجود ندارد؛اینجانب برای لوله های پلی ایتلن فرمولی بوجود آوردم.وبا کمک آن فرمول جدول ظرفیت گازرا با فشارهای مختلف وقطر های مختلف اعم از خانگی وصنعتی را بدست آوردم؛هر چند شرکت گاز به خاطر ضعف اجرایی مصرف لوله پلی ایتلن برای خانگی ندارد.

4- فرمول اینجانب چنین است

$$Q = 132.21\left(\frac{T_b}{P_b}\right)\left(\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{G^{0.795}\mu^{0.205}T_f\,LZ}\right)^{0.557} D^{2.6713}$$

$$Q = 132.21\left(\frac{T_b}{P_b}\right)\left(\frac{{P_1}^2 - e^s{P_2}^2}{G^{0.795}\mu^{0.205}T_f\,L_eZ}\right)^{0.557} D^{2.6713}$$ برای لوله شیبدار

5- بحث روی معادلات ویموت و پندهندل ها.ومثال های مربوط به آن.

6-مثال مربوط به لوله های میان شهری و ایستگاه ها.

7-بحث روی فرمول عمومی گاز.AGA

8-بحث روی لوله های پلی ایتلن و ضعف اجرایی آن.

9-بحث روی شبکه ها.

10- روش شاخه ای ومثال مربوط به آن.

11- روش حلقوی.

12- سری بستن لوله ها ومثال مربوط به آن .

13- موازی بستن لوله ها (یا همان حلقوی کردن)ومثال مربوط به آن .

14- بحث گره ها یا همان.Net works

15- روش هاردی کراس و مثال مربوط به آن که در صفحه اول مشاهده می فرمایید.

16- یک مثال صنعتی و کارخانه ای و تعیین قطر لوله.

17- مقاومت مصالح لوله های فولادی گاز.

18- ایستگاه کمپروسر و تعیین قدرت آن(H.P)

19- تمام 173صفحه های این کلیپ آموزشی به صورت pdfدر سایت اینجانبjtaskini.comآپلود شده است.

سیستم گاز رسانی

سلام دانشجویان عزیز ؛امروز می خواهم به شما سیستم گاز رسانی را آموزش بدهم

سیستم گاز رسانی به دو بخش تقسیم شده است.

1 – سیستم گاز رسانی خانگی،که فشارشبکه فرعی شهری که 60 پوند است را به وسیله رگلاتور به فشار 0.25 پوند تبدیل می کند.

2- سیستم گاز رسانی صنعتی؛که شامل تمام فشار های بالاتر از دوپوند را تشکیل می دهد.برای مثال اگر یک کارخانه نیاز به90پوند فشاربرای دستگاه های اش دارد ،اداره گاز در خود کارخانه ایستگاه های فشار ایجاد می نماید.

سیستم گاز رسانی خانگی

خصوصیات و مشخصات فیزیکی گاز طبیعی که جزو هیدروکربورهای اشباح شده است به صورت کلی چنین نوشته می شود

$$C_n\ H_{2n+2}$$

که گاز طبیعی (متان $C\ H_4$ و اتان $C_2\ H_6$)است

که گازمایع (پروپان $C_3\ H_8$ و بوتان $C_4\ H_{10}$) است

گاز طبیعی که مورد مصرف ما است نه اتان است نه متان ،بلکه مخلوطی از پروپان($C_3\ H_8$) وبوتا ن($C_4\ H_{10}$) وپنتان($C_5\ H_{12}$) و هگزان($C_6\ H_{14}$) و سولفور آب و گاز کربنیک می باشد. در پالایشگاه سولفورو آب جدا می شود. چگلی نسبی (G)گاز چنین تعریف می شود.

$$G = \frac{\text{جرم مولکولی گاز طبیعی}}{\text{جرم مولکولی هوا}}$$

چگالی گاز که در کشور ما استفاده می شود G=0.65 است.

مثال :1

گاز استخراج شده از چاهی؛مخلوطی از 85 درصد متان و10درصد اتان و5 درصد پروپان است،چگالی این مخلوط چقدر است. جرم مولکولی هوا 29 است

$$M\left(\text{جرم مولکولی}\right) = 0.85x16\left(\text{متان}\right) + 0.10x30\left(\text{اتان}\right) + 0.05X44\left(\text{پروپان}\right) = 18.846$$

$$G = \frac{\text{جرم مولکولی گاز طبیعی}}{\text{جرم مولکولی هوا}} = \frac{18.846}{29} = 0.65$$

چون گاز جریان می یابد؛پس باید در رده سیالات باشد،اگر بر گاز فشار وارد شود و چون ملکول های گاز از هم فاصله دارند پس بر اثر فشار متراکم می شوند و براثر حرکت ملکول ها حرارت گاز زیاد می شودبنابراین باید گفت گاز جزو سیالات تراکم پذیر است ولی مایعات غیر قابل تراکم پذیر هستند و در فشارهای بسیار بالا کمی متراکم می شوندوحجم آن به صورت ناچیز کم می شود. ، بنابراین گاز نسبت به مایعات بحث علمی آن سخت تر و در آوردن فرمول آن ساده نمی باشد.بهر حال می توان گفت که ظرفیت لوله ها تابعی است از:قطر؛فشار؛سرعت؛حرارت؛ضریب تراکم؛ضریب اصطکاک

$$Q = f(D, P, V, T, Z, f)$$

که در اینجا ضریب اصطکاک f تابعی است از:

عدد رینولدز Re و ناهمواری نسبی $\frac{e}{D}$

$$f = f(Re, \frac{e}{D})$$

چون گاز ها بر اثر فشار سریع متراکم می شود،پس ضریب تراکم(Z)

Gas Compressibility factor می تواند تابعی از فشارو حرارت باشد،بنابراین

$$Z = f(T, P)$$

فرمول ضریب تراکم(Z) بدست آمده به شرح زیر است.

$$Z = \frac{1}{1 + [\frac{P_{ave} X 344400 (10^{1.785G})}{T_f{}^{3.825}}]} \qquad (1)$$

1 - P_{avg} فشار متوسط گاز باید بر حسب فشار گیج باشد Psig .

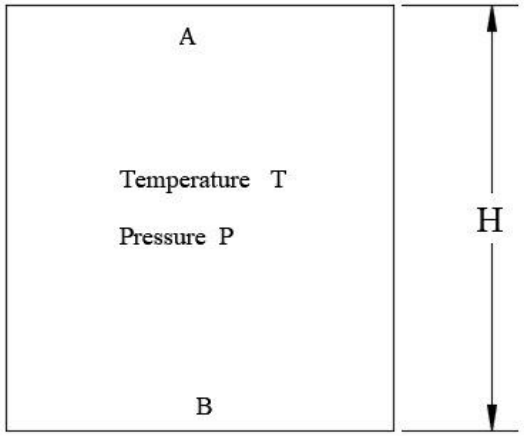
2- T_f حرارت گاز بر حسب R^o است.

3- G چگالی گاز

در اینجا اگرفشار کمتر از P<100Psig باشد $Z \cong 1$ خواهد بود و برای فشار های بالاتر از P>100Psig ضریب تراکم Z<1 خواهد بود،در اینجا فشار متوسط مجموع دوفشار بخش بر دو نیست بلکه، برابر است با

$$P_{ave} = \frac{2}{3}\left(P_A + P_B - \frac{P_A P_B}{P_A + P_B}\right) \qquad (2)$$

در اینجا فشار بر حسب Psia است



فشار گاز

گاز در یک ظرف بسته با حرارت T و فشار Pدر حالت تعادل قرار دارد.درتمام نقاط ظرف فشار و حرارت ثابت است وچون چگالی گاز نسبت به مایع بسیار ناچیز است؛لذا فشار در نقطه Aمساوی نقطه B است، چون

$$P_A = \rho H + P_B$$

چگالی گاز ناچیز است لذا می توان گفت که فشار گاز در همه نقاط ظرف ثابت می باشد ؛ در سیستم انگلیسی ρ

فشار پوند بر اینچ مربع ویا پوند بر فوت مربع نشان داده می شود(Psi Psf)

USCS($\frac{lb}{ft^2}$ $\frac{lb}{in^2}$)

به طور کلی فشار در سیستم متریک بار Bar و یا , Mpa Kpa است وآن بار چنین تعریف می شود

$$Bar = 1\frac{Kg}{cm^2} \qquad Kpa = \frac{10g}{cm^2}$$

فشار در سیستم انگلیسی که پوند بر اینچ مربع است وبه صورتPsi نشان می دهند،مثلاًفشاری که بوسیله compressor هوابه داخل یک لوله اثر می کند و مثلاً فشار 100psiرا نشان می دهد که همان 100 پوند بر اینچ مربع را انتقال می دهد.

Psiaکه همان پوند بر اینچ مربع مطلق(یا همان فشار مطلق) را نشان می دهد؛گاهی به یک فشار کل اطلاق می شودویا گاهی فشاری که نسبت به صفر و یا یک واکیوم مطلق را نشان می دهد.

Psig (که این فشار گیج را نشان می دهد).

$$1\ Psia = 1Psig + atmospheric\ pressure$$

$$1\ Psia = 1Psig + 14.7atm$$

ظرفیت گاز لوله های خانگی

فرمولSpitzglass یکی از تازه ترین فرمولی است که برای فشار کمتر از یک پوند(6.9 کیلو پاسکال)و برای اختلاف فشار ناچیز (12.7 میلی متر ستون آبpsi 0.018) ویا 0.5 اینچ ستون آب درست شده است.

می توان از این فرمول برای ظرفیت لوله ها در گاز رسانی خانگی استفاده کرد ولی دقت عمل کافی را ندارد برای اینکه فشار کمتر از یک پوند درست شده و افت فشار گاز خانگی همان 0.5 اینچ ستون آب است که دارا است ولی فشار اولیه 0.25 پوند را ندارد برای همین دقت کافی را ندارد

$$Q = 3550K\left(\frac{h}{LG}\right)^{0.50} \qquad (3)$$

$$K = [\, d^5/(1 + 3.6/\mathrm{d} + 0.03\mathrm{d}\ ]^{0.50} \qquad (4)$$

که Q بر حسب ft^3/hr است

که d قطر داخلی لوله بر حسب in است

که G چگالی گاز که 0.65 است

که L طول لوله بر حسب فوت است.

که h اختلاف فشار گاز در لوله 0.50 اینچ ستون آب است

$1\ m^3 = 35.28\ ft^3$

1m=3.28 ft

$$Q = \frac{3550\ {}^{m^3}/_{hr}}{35.28\ {}^{ft^3}/_{hr}} K(0.5^{0.5})X(0.65^{-0.50})X(L^{-0.50})$$

$$Q = 10.67K(L^{-0.50})$$

$$Q = 88.3K(L^{-0.50})(3.28^{-0.50})$$

$$Q = 48.7K(L^{-0.50}) \qquad (5)$$

که Q بر حسب m^3/hr است

که L طول لوله بر حسب متر است.

که d قطر داخلی لوله بر حسب اینچ است.

سرعت متوسط گاز در لوله طبق فرمول زیر است

$$V = 0.002122\left(\frac{P_b}{T_b}\right)\left(\frac{Q}{D^2}\right)\left(\frac{ZT}{P_{avg}}\right) \qquad (6)$$

1- V سرعت متوسط گاز برحسب ft/s

2- Q ظرفیت گاز بر حسب ft^3/Day

3- D قطر داخلی لوله بر حسب in

4- P_b فشار پایه گاز بر حسب psia که در اینجا 14.7psia است.

5- T_b حرارت پایه گاز بر حسب R^o که در اینجا R^o 460+60=520 است.

6- P_{avg} فشار متوسط گاز بر حسب psia

7- ظریب تراکم پذیری گاز،که در اینجا(Z=1)در نظر گرفته می شود.

8- یک متر مکعب برابر با 35.28 فوت مکعب است

با توجه به ظرایب موجود جا گذاری می کنیم.

$$V = 0.002122\left(\frac{P_b}{T_b}\right)\left(\frac{Q}{D^2}\right)\left(\frac{ZT}{P_{avg}}\right)$$

$$V = 0.002122\left(\frac{14.7}{520}\right)\left(\frac{24 * 35.28}{D^2}\right)\left(\frac{1xT}{P_{avg}}\right)$$

$$V = 0.0155\frac{QT}{P_{avg}D^2} \qquad (7)$$

که در فرمول (7) ،

1- Vسرعت متوسط گاز برحسبm/s

2- Q ظرفیت گاز بر حسبm^3/Hr

3- D قطر داخلی لوله بر حسبin

4- P_{avg} فشار متوسط گاز بر حسبpsia

سرعت بهینه گاز یا سرعت اوپتیمم(Optimum) برای شبکه های شهری گازدر طراحی باید رعایت شود.شبکه با سرعت فوق 10 الی 15 در صد افت فشار را همراه دارد. در لوله ها اگر سرعت گاز بزرگتر از20متر در ثانیه باشد باعث سروصدا در لوله می شود وباعث خوردگی وفرسایش لوله ها در دراز مدت می شود،پس سرعت حد گاز در لوله برای مسیر های کوتاه برابر است با.

$$2.0\,{}^{m}/_{s} < V < 20\,{}^{m}/_{s}$$

اما سرعت ماکزیمم گاز در لوله ها برای مسیر طولانی اگر به وسیله شیر اطمینان کنترل شده باشد تا سرعت $V < 100\,{}^{m}/_{s}$ گفته شده که قابل قبول است(خیلی با احتیاط باید گفته شود چون کنترل آن سخت است.)

100 متر بر ثانیه سرعت گاز مشکوک وغیر قابل قبول برای من است چون ؛سرعت گاز به جایی می رسد که به آن سرعت خوردگی(Erosional velocity) ویا سرعت فرسایشی می گویند در این سرعت گاز عین سمباده به جان سطح لوله می افتد وتخریب اش می کند واین فرمول برابر است با

$$V_{Er}(\text{سرعت خوردگی}) = 100\sqrt{\frac{ZRT}{29GP_{ave}}} \qquad (8)$$

در طراحی سعی شده سرعت گاز از 20 متر بر ثانیه بالاتر نرود ودر جدول ظرفیت گاز ها سرعت خوردگی محاسبه شده ونشان داده شده است

1- V_{Er}سرعت متوسط گاز برحسبft/s

2- P_{avg} فشار متوسط گاز بر حسبpsia

3-Gas Compressibility factor ضریب تراکم(Z)

4- عدد ثابت گاز

عدد ثابت گاز $= 10.73 ft^3 \frac{psia}{lb} - mole\ R$

5- حرارت گاز R

6- G گاز

چگالی گاز در کشور مان G=0.65است برای محاسبه ظرفیت گاز در لوله ها به غیر از چگالی گاز 0.65 باید ظرفیت گاز را در ضریب n ضرب کردوآن برابر است با

$$n = \left(\frac{0.65}{G}\right)^{0.50} \qquad (9)$$

برای مثال اگر چگالی گاز برابر G=0.80باشد وضریب آن

$$n = \left(\frac{0.65}{0.8}\right)^{0.50} = 0.90$$

در دنیای مجازی؛ سایت ذیل که مشاهده می کنید وجود دارد

https://www.engineeringtoolbox.com/natural-gas-pipe-calculator

می توانید اطلاعات مستقیماً وارد کنید و جواب بگیرید ، مثلاً در سیستم متریک برای قطر داخلی یک اینچ وبه طول 50متر $d = 1.0479\ in = 26.64\ mm$ واختلاف فشار 12.7 میلی متر ستون آب و چگالی 0.65 در می آید 3.67 که با محاسبات اینجانب کاملاً هم خوانی دارد و این را در صفحه 17 و اینترنت صفحه18 می توانید مشاهده به فرمایید.
برای 3 اینچ مثلاً در سیستم متریک برای قطر داخلیسه اینچ $d = 3.156\ in = 80.162\ mm$ واختلاف فشار 12.7 میلی متر ستون آب و چگالی 0.65 وبه طول 50متر در می آید 81.5 که با محاسبات اینترنت کاملاً هم خوانی دارد این را در صفحه 19 می توانید مشاهده به فرمایید.

به محاسبه ساده توجه کنید. برای یک اینچ داریم

$$Q = 48.7K(L^{-0.50})$$

$$K = [\, d^5/(1 + 3.6/\mathrm{d} + 0.03\mathrm{d}\ ]^{0.50}$$

$$Q = 48.7[\ d^5/(1 + 3.6/\mathrm{d} + 0.03\mathrm{d}\ ]^{0.50}(L^{-0.50})$$

$$Q = 48.7[\ 1.049^5/(1 + \frac{3.6}{1.049} + 0.03\mathrm{x}1.049\ ]^{0.50}(50^{-0.50})$$

$$Q = 48.7x0.533x0.1414 = 3.67\ \ {}^{m^3}/_{hr}$$

محاسبه 3 اینچ را به شما دانشجویان عزیز واگذار می کنم.

$$Q = 81.4\ \ {}^{m^3}/_{hr}$$

q = 3550 0.117 ((0.5 in) / (100 ft

= 37.9 (cfh)

pecific gravity of natural gas is se

www.engineeringtoolbox.com says

Capacity (m3/h) : 3.67

OK

latural Gas Pipe Calculator - Imperial Units

1.049	*pipe inside diameter - d (in)*
0.5	*pressure drop - h (in WC)*
164	*pipe length - l (ft)*
0.65	*specific gravity - SG*

Calculate Volume Flow!

latural Gas Pipe Calculator - Metric Units

26.64	*pipe inside diameter - d (mm)*
12.7	*pressure drop - h (mm WC)*
50	*pipe length - l (m)*
0.65	*specific gravity - SG*

Calculate Volume Flow!

q = 3550 0.117 ((0.5 in) / (100 ft

= 37.9 (cfh)

ecific gravity of natural gas is se

www.engineeringtoolbox.com says

Capacity (m3/h) : 81.4

tural Gas Pipe Calculator - Imperial Units

3.156	*pipe inside diameter - d (in)*
0.5	*pressure drop - h (in WC)*
164	*pipe length - l (ft)*
0.65	*specific gravity - SG*

Calculate Volume Flow!

tural Gas Pipe Calculator - Metric Units

80.162	*pipe inside diameter - d (mm)*
12.7	*pressure drop - h (mm WC)*
50	*pipe length - l (m)*
0.65	*specific gravity - SG*

همان طور که در فرمول ها مشاهده می شود ازقطر داخلی صحبت می شود ؛ پس قطر داخلی لوله های فولادی وپلی ایتلن در جداول زیر داده شده مشاهده می فرمایید

(Pipe Schedules 40)

Pipe Dimensions

Manufactured to
Industry Standard Pipe Classifications

Pipe Size	Outside Diameter	AVERAGE WALL THICKNESS (inches)						
		SDR 41	SDR 32.5	SDR 26	SDR 21	SDR 17	SCH 40	SCH 80
1/2"	0.840"	—	—	—	—	—	0.119"	0.157"
3/4"	1.050"	—	—	—	0.070"	0.072"	0.123"	0.164"
1"	1.315"	—	—	0.070"	0.073"	0.087"	0.143"	0.190"
1-1/4"	1.660"	—	0.070"	0.074"	0.089"	0.108"	0.180"	0.203"
1-1/2"	1.900"	—	0.070"	0.083"	0.100"	0.122"	0.155"	0.212"
2"	2.375"	—	0.083"	0.101"	0.123"	0.150"	0.164"	0.231"
2-1/2"	2.875"	—	0.098"	0.120"	0.147"	0.179"	0.215"	0.293"
3"	3.500"	0.095"	0.118"	0.145"	0.177"	0.219"	0.229"	0.318"
3-1/2"	4.000"	0.108"	0.133"	0.164"	0.202"	0.249"	0.240"	0.337"
4"	4.500"	0.120"	0.148"	0.183"	0.227"	0.281"	0.251"	0.357"
5"	5.563"	0.146"	0.182"	0.228"	0.281"	0.347"	0.274"	0.398"
6"	6.625"	0.172"	0.216"	0.271"	0.335"	0.414"	0.297"	0.458"
8"	8.625"	0.223"	0.281"	0.352"	0.435"	0.539"	0.342"	0.530"
10"	10.750"	0.278"	0.351"	0.438"	0.542"	0.670"	0.387"	0.629"
12"	12.750"	0.330"	0.416"	0.520"	0.643"	0.795"	0.431"	0.728"

قطر داخلی لوله های فولادی (Pipe Schedules 40)

قطر اسمی لوله اینچ	قطر خارجی لوله برحسب اینچ	ضخامت لوله برحسب اینچ	قطر داخلی لوله بر حسب اینچ
$D = {}^{1}/_{2}\ in$	0.84	0.109	0.622
$D = {}^{3}/_{4}\ in$	1.05	0.113	0.824
$D = 1.0\ in$	1.315	0.133	1.049
$D = 1\,{}^{1}/_{4}\ in$	1.66	0.14	1.38
$D = 1\,{}^{1}/_{2}\ in$	1.9	0.145	1.61
$D = 2.0\ in$	2.375	0.154	2.067
$D = 2\,{}^{1}/_{2}\ in$	2.875	0.203	2.469
$D = 3.0\ in$	3.5	0.216	3.068
$D = 4.0\ in$	4.5	0.237	4.026
$D = 5.0\ in$	5.563	0.258	5.047
$D = 6.0\ in$	6.625	0.28	6.065

$$D_I = 0.84 - 2x0.109 = 0.622\ in$$

قطر داخلی لوله های پلی ایتلن (Pipe Schedules 40)

قطر اسمی لوله اینچ	قطر خارجی لوله برحسب اینچ	ضخامت لوله برحسب اینچ	قطر داخلی لوله بر حسب اینچ
$D = {}^{1}/_{2}\ in$	0.84	0.119	0.602
$D = {}^{3}/_{4}\ in$	1.05	0.123	0.804
$D = 1.0\ in$	1.315	0.143	1.029
$D = 1\,{}^{1}/_{4}\ in$	1.66	0.18	1.3
$D = 1\,{}^{1}/_{2}\ in$	1.9	0.156	1.588
$D = 2.0\ in$	2.375	0.164	2.047
$D = 2\,{}^{1}/_{2}\ in$	2.875	0.215	2.445
$D = 3.0\ in$	3.5	0.229	3.042
$D = 4.0\ in$	4.5	0.251	4.0
$D = 5.0\ in$	5.563	0.274	5.015
$D = 6.0\ in$	6.625	0.297	6.031

$$D_I = 0.84 - 2x0.119 = 0.602\ in$$

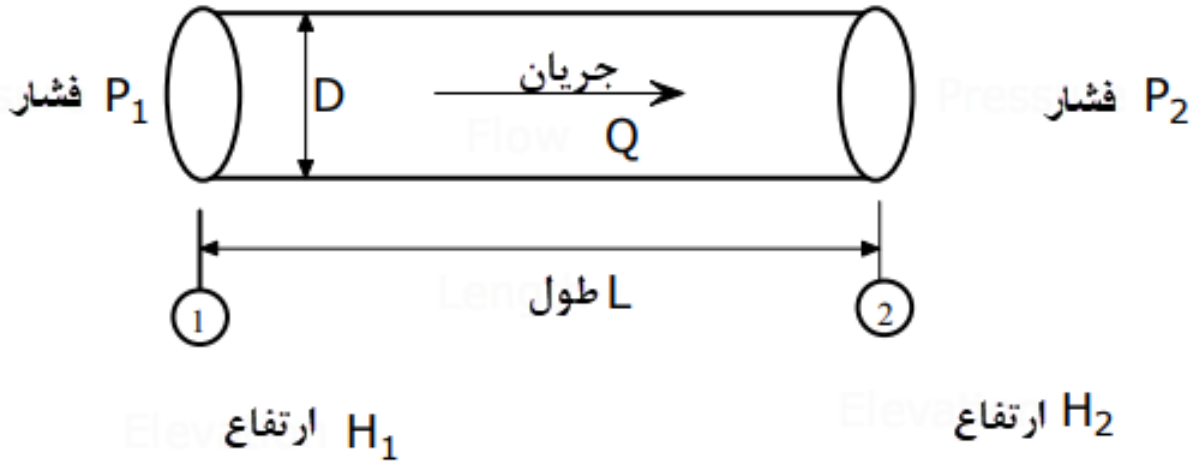
تعیین ظرفیت گاز برای لوله های فولادی اعم از خانگی و صنعتی

چون ظرفیت گاز Qمی تواند با فشار و حرارت، متغیر شود یعنی ثابت نماند،پس ما باید فشار 14.7 psiaوحرارت 60 درجه فارانهایت به عنوان پایه در نظر بگیریم.

ظرفیت گاز را به صورت استاندارد $(SCFD)$ $ft^3/_{Day}$ و یا میلیون متر مکعب در روز $(MMSCFD)$ ویا به صورت استاندارد $(SCFH)$ $ft^3/_{hr}$ نشان داده می شود ،در سیستم متریک Si ظرفیت گاز را به صورت $m^3/_{hr}$ ویا $m^3/_{Day}$ نمایش می دهند. همچنین در سیستم انگلیسی(USCS) در شکل پایین مشاهده می شود،که فشار P1را به عنوان فشار پایین دست و فشار P2 را به عنوان فشار بالا دست می گویند در اینجا ارتفاع H1 را به عنوان ارتفاع پایین دست و ارتفاع H2را به عنوان ارتفاع بالا دست می گویند.

انجمن گاز آمریکاAGA(American Gas Association) طبق شکل پایین ظرفیت گاز در سیستم انگلیسی چنین تعریف کرده است. این فرمول AGAبه نام فرمول عمومی جریان گاز نامیده می شود(General Flow equation)

$$Q = 77.54 \left(\frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{G\ T_f\ LZf} \right)^{0.50} D^{2.5} \qquad (10)$$



1-Q ظرفیت لوله بر حسب ft^3 / Day است.

2- T_bحرارت پایه گاز R^o 60+460=520

3- P_bفشار پایه گاز در اینجاpsia 14.7.

4-p_1 فشار ورودی گاز. بر حسبPsia

5-P_2 فشار خروجی گاز،بر حسبPsia

6- چگالی گاز G=0.65

7- T_fحرارت متوسط جریان(Flowing Temperature)گاز در اینجا $70+460=530\ R^o$

در اینجا وقتیکه گاز از پایین دست به بالا دست جریان می یابد فرض بر این است که حرارت متوسط جریان گاز T_f ثابت باقی می ماند ؛یعنی یک جریان ایزوترمال (Isothermal flow) فرض می شود،البته این فرض درست نیست ، ولی چون لوله دفن شده و دیگر اینکه لوله پرایمر خورده و کاملاً عایق بندی شده اند بنابراین.میان گاز در داخل لوله و اطراف آن تبادل انتقال حرارت به حداقل خود می رسد. پس می توان چنین فرضی گرفت.

8-چون فشار اولیه P=60psiاست،(کمتر از 100)پس می توان Z=1 در نظر گرفت (این با احتیاط باید باشد چون در فرمول فشار متوسط باید منظور شود).

9-طول لوله برحسب مایل.

10-قطرداخلی لوله برحسب اینچ.

11-ضریب تراکم Z

در اینجا f رابطه مستقیمی با ناهمواری نسبی و عدد رینولدز دارد

$$f = f(Re, \frac{e}{D})$$

در اینجا عدد رینولدز در سیستم انگلیسی برای گاز رسانی چنین تعریف می شود.

$$Re = 0.0004778 \left(\frac{P_b}{T_b}\right)\left(\frac{GQ}{\mu D}\right) \qquad (11)$$

1- Q ظرفیت لوله بر حسب ft^3 / Day است.

2- T_b حرارت پایه گاز R^o 60+460=520

3- P_b فشار پایه گاز در اینجا psia 14.7

4- D قطر داخلی لوله بر حسب اینچ in

5- μ ویسکوزیته گاز بر حسب $^{lb}/_{ft-s}$

6- چگالی گاز G=0.65

در فرمول (10) همان طور که مشاهده می کنید،ضریب اصطکاک نقش بسیار مهمی در تعیین ظرفیت گاز دارد ،آقای Colebrookفرمولی تهیه کرده که رابطه fو Re در طرفین معادله است باید f را حدث زد و اینقدر با سعی و خطا این کار را کرد تا طرفین معادله مساوی شود مخصوصاً بااکسل کار خیلی ساده است به یک مثال توجه به فرمایید.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2Log_{10}\left(\frac{e}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right) \qquad (12)$$

البته از فرمول 6 استفاده کرده و سرعت گاز در لوله برابر است با

$$V = 0.002122(\frac{P_b}{T_b})(\frac{Q}{D^2})(\frac{ZT}{P_{avg}})$$

در سیستم انگلیسی تمام پارامتر ها مثل قبل است .

مثال :2

مطلوبست ظرفیت گاز به طول 10 مایل وبه قطر اسمی20و به ضخامت لوله 0.375 اینچ به شرطی اینکه فشار ورودی گاز 1000psigو فشار خروجی گاز 800psigباشد فشار پایه گاز 14.7 psiaوحرارت پایه گاز 60 درجه فارانهایت و حرارت جریان گاز 70 درجه فارانهایت باشد.

$$D_i = 20 - 2x0.375 = 19.25 \ in$$

$$T_f = 70 + 460 = 530\ ^R$$

$$T_b = 60 + 460 = 520^R$$

$$P_b = 14.7 \ psia$$

از فرمول عمومی گاز (فرمول 10) استفاده می کنیم

$$Q = 77.54 \left(\frac{T_b}{P_b} \right) \quad \left(\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{G \ T_f \ LZf} \right)^{0.50} \quad D^{2.5}$$

قبل از آن باید فشار متوسط گاز را حساب کرد(فرمول 2).

$$P_{avg} = \frac{2}{3}(P_1 + P_2 - \frac{P_1 P_2}{P_1 + p_2})$$

$$p_{avg} = \frac{2}{3}(1014.7 + 814.7 - \frac{1014.7x814.7}{1014.7 + 814.7})$$

$$p_{avg} = 918.3\ psia \quad \rightarrow \quad 903.6\ psig$$

$$Z = \frac{1}{1 + [\frac{P_{ave}X344400(10^{1.785G})}{T_f{}^{3.825}}]}$$

$$Z = \frac{1}{1 + [\frac{903.6X344400(10^{1.785X0.65})}{530^{3.825}}]}$$

$$Z = \frac{1}{1 + 0.1826} = 0.854$$

در اینجا ما حدث می زنیم که f=0.02باشد؛پس

$$Q = 77.54 \left(\frac{520}{14.7} \right) \quad \left(\frac{1014.7^{\,2} - 814.7^2}{0.65x530x10x0.854x0.02} \right)^{0.50} \quad 19.25^{2.5}$$

$$Q = 3.54x10^8 \quad {ft^3}/{day}$$

در اکسل زیر(صفحه 31) مشاهده می کنید که fرا حدث می زنیم 0.02 وبعد سمت راست معادله کولبوروک$\frac{1}{\sqrt{f}}$ را بدست می آوریم می شود 4.876 و بعد سمت چپ معادله را بدست می آوریم می شود 7.07 اینقدر این سعی و خطا را انجام می دهیم تا ستون 1و2 مساوی شود و f=0.042045بدست می آید.روش دیگر اینکه عدد بدست آمده را مساوی سمت چپ قرار می دهیم.سرعت گاز 8.75 متر بر ثانیه بدست آمده که مطلوب است

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 4.877135$$

$$f = 0.042$$

fاز اینجا سریع بدست می آید که همان f=0.042 است؛ بنابراین باید ظرفیت با ضریب اصطکاک جدید اصلاح شود

$$Q = 77.54 \left(\frac{520}{14.7} \right) \quad \left(\frac{1014.7^{\,2} - 814.7^2}{0.65x530x10x0.854x0.042} \right)^{0.50} \quad 19.25^{2.5}$$

ظرفیت اصلاح شده چنین است

$$Q = 2.43x10^{8} \quad {ft^3}/{day} = 28699 \ {m^3}/{Hr}$$

$$2.0\frac{m}{sec} \leq V \leq 20\frac{m}{sec} \qquad \mu = 8x10^{-6}\frac{lb}{ft-sec}$$

$$e = 1.8x10^{-3}\ in$$

Q ft3/Day	Inside D in	Re	f حدث	f 1	2	3	V m/sec
3.54E+08	19.25	2.02E+07	0.02	7.035757	7.071067812	0.02020125	8.751547198
3.54E+08	19.25	6.25E+08	0.0202	4.877339	7.035975447	0.04203723	8.751547198
3.54E+08	19.25	6.25E+08	0.042048	4.877341	4.876714467	0.04203719	8.751547198
3.54E+08	19.25	6.25E+08	0.042044	4.877341	4.876946442	0.04203719	8.751547198
3.54E+08	19.25	6.25E+08	0.042045	4.877341	4.876888445	0.04203719	8.751547198

0.8540 Z=0.854

$$V = 0.002122(\frac{P_b}{T_b})(\frac{Q}{D^2})(\frac{ZT}{P_{avg}})$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2Log_{10}\left(\frac{e}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right)$$

$$Re = 0.0004778(\frac{P_b}{T_b})(\frac{GQ}{\mu D})$$

همان طور که مشاهده کردید پیدا کردن ضریب اصطکاکf کار سختی است بنابراین بجای ضریب اصطکاک پارامتر دیگریF به نام

ضریب فاکتور(F)(Transmission factor). تعریف شده است.

کهAGA رابطه ای تهیه کرده که نیاز به داشتن عدد رینولدز نیست این فرمول با ناهمواری مطلق و قطر لوله بستگی دارد

بنابراین Fبرابر است با

$$F = 4Log(\frac{3.7D}{e}) \qquad 13$$

حتی می توان F را از رابطه زیر بدست آورد

$$F = \frac{2}{\sqrt{f}} \qquad 14$$

حدود Fبرابر است با

$$9 < F < 20$$

$$Q = 77.54 \left(\frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{P_1^{\,2} - P_2^{\,2}}{G\ T_f\ LZf} \right)^{0.50} D^{2.5}$$

فرمول عمومی ظرفیت (فرمول 9) با حذف f می توان به فرمول پایین تبدیل کرد.

$$Q = 38.77\ F \left(\frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{P_1^{\,2} - P_2^{\,2}}{G\ T_f\ LZ} \right)^{0.50} D^{2.5} \qquad 15$$

برای مسیر شیب دار فرمول چنین است.

$$Q = 38.77\ F \left(\frac{T_b}{P_b} \right) \left[\frac{P_1^{\,2} - (e^s) P_2^{\,2}}{G T_f L_e\ Z} \right]^{0.50} D^{2.5} \qquad 16$$

بیایم مسئله 2 را با فرمول (15) تکرار کنیم.

$$Q = 38.77\ \ F \left(\frac{520}{14.7} \right) \left(\frac{1014.7^{\,2} - 814.7^2}{0.65x530x10x0.854} \right)^{0.50} 19.25^{2.5}$$

اما *F* برابر با فرمول 12 چنین است با توجه به اینکه با سعی وخطا *f=0.042* بدست آمده بود پس

$$F = \frac{2}{\sqrt{f}}$$

$$F = \frac{2}{\sqrt{0.042}} \qquad \rightarrow F = 9.75$$

جا گذاری می کنیم

$$Q = 38.77\ x9.75\ \left(\frac{520}{14.7}\right)\ \left(\frac{1014.7^{\,2} - 814.7^{2}}{0.65x530x10x0.854}\right)^{0.50}\ 19.25^{2.5}$$

$$Q = 13400x\ 11.1x\ 1625.8 = 2.43x10^{8}\ \ {ft^3}/{Day}$$

همان عددی بود که بدست آوردیم.

$$Q = 2.43x10^{8}\ \ {ft^3}/{day} = 28699\ {m^3}/{Hr}$$

معادله ویموت:

معادله Weymouth یکی ازکهنه ترین(سال1912)و پر مصرف ترین فرمولی است که تا کنون مورد استفاده قرار گرفته است و خواهد گرفت، اما فرمول پند هندلBکه در سال 1940ارائه شده است از روش انرژی قابل تراکم(Compressiable flow)بدست آمده و پند هندلA در سال1998که همان فرمول قبلی است، که تکمیل شده است.

چون گاز بر اثر فشار متراکم می شود، بنابراین نسبت به مایعات بحث علمی آن سخت تر و در آوردن فرمول آن ساده نمی باشد.بهر حال می توان گفت که ظرفیت لوله ها تابعی است از:

قطر؛فشار؛سرعت؛حرارت؛ضریب تراکم؛ضریب اصطکاک

$$Q = f(D, P, V, T, Z, f)$$

که در اینجا ضریب اصطکاک f تابعی است از:

عدد رینولدز Re و ناهمواری نسبی $\frac{e}{D}$

$$f = f(Re, \frac{e}{D})$$

چون گاز ها بر اثر فشار سریع متراکم می شود،پس ضریب تراکم(Z)

Gas Compressibility factor می تواند تابعی از فشارو حرارت باشد،بنابراین

$$Z = f(T, P)$$

فرمول ضریب تراکم(Z) بدست آمده به شرح زیر است.

$$Z = \frac{1}{1 + [\frac{P_{ave} X 344400 (10^{1.785G})}{T_f{}^{3.825}}]}$$

بهر حال معادله Weymouthرا می توان اینطور نوشت:

$$Q = 433.5(E)(\frac{T_b}{P_b})\left[\frac{P_1{}^2 - P_2{}^2}{GT_f ZL}\right]^{0.50} D^{8/3} \qquad (17)$$

معادله ویموت برای محاسبه ظرفیت گاز در لوله های فولادی مورد استفاده قرار می گیرد.در اینجا آقای ویموت از ضریب اصطکاکfriction factor (f) که بالا اشاره کرده بودم استفاده نکرد ، بلکه از ضریب فاکتور

(Pipe line efficiency factor)(E) (ضریب کارایی لوله) استفاده کرد. در اینجا E،ضریب کارایی لوله است هر چه لوله تازه تر باشد، نزدیک به یک است.بنابراین می توانE=1 در نظر گرفت.پس

1-Q ظرفیت لوله بر حسب ft^3 / Day است.

2- T_bحرارت پایه گاز $60+460=520\ R^o$

3- P_bفشار پایه گاز در اینجاpsia 14.7.

4-p_1 فشار ورودی گاز. بر حسبPsia

5-P_2 فشار خروجی گاز،بر حسبPsia

6- چگالی گاز G=0.65

7- T_fحرارت متوسط جریان(Flowing Temperature)گاز در اینجا $60+460=520\ R^o$

در اینجا وقتیکه گاز از پایین دست به بالا دست جریان می یابد فرض بر این است که حرارت متوسط جریان گاز T_f ثابت باقی می ماند ؛یعنی یک جریان ایزوترمال (Isothermal flow) فرض می شود،البته این فرض درست نیست ، ولی چون

لوله دفن شده و دیگر اینکه لوله پرایمر خورده و کاملاً عایق بندی شده اند بنابراین.میان گاز در داخل لوله و اطراف آن انتقال حرارت صورت یه حداقل خود می رسد. پس می توان چنین فرضی گرفت.

8-چون فشار P=60psiاست،(کمتر از 100)پس می توان Z=1 در نظر گرفت.

9-طول لوله برحسب مایل.

10-قطرداخلی لوله برحسب اینچ.

همه این موارد را جا گذاری می کنیم،می دانیم هر مایل برابر 1609 متر است و بجای طول لوله 1609می گذاریم و چون لوله تازه استE=1در نظر می گیرند

$$Q = 433.5(1)(\frac{520}{14.7})\left[\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{GT_fZL}\right]^{0.50} D^{8/3}$$

$$Q = 433.5(1)(\frac{520}{14.7})(\frac{1609}{0.65 * 520 * 1})\left[\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{GT_fZL}\right]^{0.50} D^{8/3}$$

$$Q = 33457.6\left[\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{L}\right]^{0.50} D^{8/3} \qquad (18)$$

که در فرمول (18)،Q بر حسبft^3/Day وLبرحسب m وDبرحسب.in

هر $1m^3=35.28ft^3$ برای تبدیل آن، چنیین میکنیم

$$Q = \frac{33457.6}{24 * 35.28}\left[\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{L}\right]^{0.50} D^{8/3}$$

$$Q = 39.58\left[\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{L}\right]^{0.50} D^{8/3} \quad 18$$

$$Q \rightarrow \frac{m^3}{hr}$$

$$P_1 \rightarrow Psia$$

$$P_2 \rightarrow Psia$$

$$L \rightarrow m$$

$$D \rightarrow inside\ Diameter \rightarrow in$$

این معادله 18ویموت بسیار مهم است برای تعیین جداول ظرفیت گاز ها از 2 پوند به بالا استفاده می شود.

$$P_1{}^2 - P_2{}^2 = \frac{LQ^2}{1567D^{16/3}} \quad (19)$$

در فرمول (19)

P_1, P_2 بر حسب Psia

Q بر حسب m^3/Hr

L بر حسب m

D قطر داخلی بر حسب in

همان طور که قبلاً توضیح دادم برای محاسبه ظرفیت گاز خانگی نمی توان از فرمولSpitzglass استفاده کرد،چون گفته فشار کمتر از یک پوند؛افت فشار درست است ولی نگفته فشار ورودی چقدر است و هم چنین فرمول ویموت برای ظرفیت گاز خانگی مناسب نمی باشد.

یکی دیگر از فرمول هایی که مورد استفاده کمپانی های بزرگ قرار گرفته فرمول پند هندل(Panhandle A &B) است در این فرمول ها بجای استفاده از ضریب اصطکاک و ناهمواری لوله ، از ضریب کارایی لوله استفاده کرده اند.این معادلات برای اعداد رینولد 4 تا 40 میلیون به طور موفقیت آمیزی استفاده شد. فرمول پند هندل Aچنین است.

$$Q = 435.87\, E \left(\frac{T_b}{P_b}\right)^{1.0788} \left[\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{G^{0.8539}\, T_f L\, Z}\right]^{0.5394} D^{2.6182} \qquad (20)$$

1-Q ظرفیت لوله بر حسب ft^3 / Day است.

2- T_b حرارت پایه گاز 60+460=520 R°

3- P_b فشار پایه گاز در اینجا psia 14.7.

4- p_1 فشار ورودی گاز. بر حسب Psia

5- P_2 فشار خروجی گاز،بر حسب Psia

6- چگالی گاز G=0.65

7- T_f حرارت متوسط جریان(Flowing Temperature)گاز در اینجا 60+460=520 R°

8-ضریب Z چون فشار P=60psiاست،(کمتر از 100)پس می توان Z=1 در نظر گرفت.

9-طول لوله برحسب مایل.

10-قطرداخلی لوله برحسب اینچ.

11- E ضریب کارایی لوله می تواند برای لوله های تازه عدد یک باشد

فرمول پند هندل Bچنین است

$$Q = 737\ E \left(\frac{T_b}{P_b}\right)^{1.02} \left[\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{G^{0.961}\ T_f L\ Z}\right]^{0.51} D^{2.53} \qquad (21)$$

مثال :3

فشار خروجی دریک لوله به قطر اسمی18 و به ضخامت دیواره لوله 0.25 inو به طول 20 مایل را بدست آورید به شرطی اینکه ظرفیت گاز $(MMSCFD)$ 150 باشد و حرارت متوسط جریان 70 درجه فارانهایت باشد.فشار پایه 14.7 psiaوحرارت پایه 60 درجه فارانهایت است. فشار ورودی 1000psigو وضریب تراکم Z=0.85برای کل مسیر فرض گرفته

شود و ضریب کارایی لوله E=0.95 باشد.فشار خروجی را برای فرمول پند هندل A&Bو ویموت بدست آورده و مقایسه کنید.چگالی گاز را 0.60 در نظر بگیرید.

قطر داخلی لوله برابر است با

$$D = 18 - 2x0.25 = 17.5 \ in$$

حرارت متوسط جریان

$$T_f = 70 + 460 = 530 \ R^o$$

حرارت پایه

$$T_b = 60 + 460 = 520 \ R^o$$

فشار پایه

$$P_b = 14.7 \ psia$$

فشار بالا دستی

$$P_1 = 1000 + 14.7 = 1014.7 \ psia$$

فرمول پند هندل A

$$Q = 435.87\, E \left(\frac{T_b}{P_b}\right)^{1.0788} \left[\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{G^{0.8539}\, T_f L\, Z}\right]^{0.5394} D^{2.6182}$$

$$150x10^6 = 435.87x0.95 \left(\frac{520}{14.7}\right)^{1.0788} \left[\frac{1014.7^2 - {P_2}^2}{0.60^{0.8539}x530x20x0.85}\right]^{0.5394} 17.5^{2.6182}$$

$$P_2 = 970.8\, psia$$

فرمول پند هندل B

$$150x10^6 = 737\, x0.95 \left(\frac{520}{14.7}\right)^{1.02} \left[\frac{1014.7^2 - {P_2}^2}{0.60^{0.961}\, x530x20x0.85}\right]^{0.51} 17.5^{2.53}$$

$$P_2 = 971.81\, psia$$

تفاوتی بسیار ناچیزی در پند هندل A&Bمشاهده می شود و می توان نادیده گرفت.

فرمول ویموت در اینجا ضریب کارایی لوله را 0.95 در نظر می گیریم

$$Q = 433.5(E)(\frac{T_b}{P_b})(\frac{P_1^{\,2} - P_2^{\,2}}{GT_f ZL})^{\frac{1}{2}}\ D^{\frac{8}{3}}$$

$$150x10^6 = 433.5x0.95(\frac{520}{14.7})[\frac{1014.7^2 - P_2^{\,2}}{0.60x530x20x0.85}]^{0.50}\ x17.5^{2.667}$$

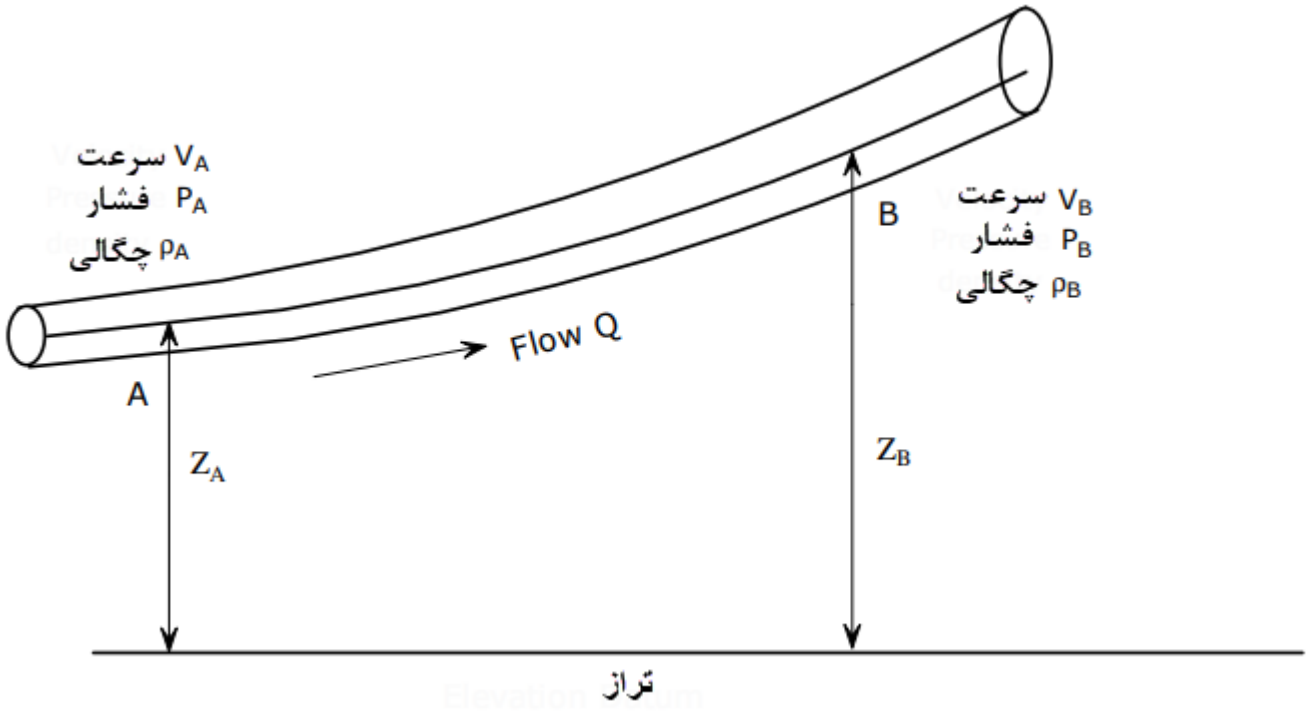
$$P_2 = 946.24\ psia$$

برای هر سه همان طور که شرایط فرمول یکسان بوده مشاهده می شود فشار خروجی که برای فرمول ویموت بدست آوردیم تفاوتی کمی(2.7 در صد) نسبت به دو فرمول دیگر دارد. باید گفت فرمول ویموت سنتی تر ومحافظه کار تر است.

اثر شیب لوله:

در فرمول های قبل ما اثرات ارتفاع بالا دستی وپایین دستی را در نظر نگرفته بودیم (یعنی لوله افقی باشد)

در شکل زیر می توان فرمول زیر را نوشت



فرمول عمومی گاز چنین است

$$Q = 77.54\left(\frac{T_b}{P_b}\right)\left[\frac{{P_A}^2 - (e^s){P_B}^2}{GT_f L_e Zf}\right]^{0.50} D^{2.5} \quad 21$$

$$L_e = \frac{L(e^s - 1)}{s} \quad 22$$

$$s = 0.0375G\frac{Z_A - Z_B}{T_f Z} \quad 23$$

که: Q بر حسب $\frac{ft^3}{Day}$

که:L برحسب مایلmi

که : Dقطر داخلی لوله بر حسب اینچ

که:فشار P_B فشار پایین دستی بر حسب Psia

که: فشارP_A فشار بالا دستی بر حسب Psia

که : فشارP_b فشار پایه (معمولاً 14.7 Psia)

که : T_b حرارت پایه گاز برحسب°R (معمولاً °R 60+460=540)

که: T_f حرارت متوسط جریان گاز بر حسب°R

که :Gوزن مخصوص گاز 0.65

که: Z ضریب تراکم(Z) که بالا توضیح دادم

که : fضریب اصطکاک که بدون بعد است.

که :s تنظیم شیب خط لوله بدون بعد.

که: Z_A بلندی بالا دستی بر حسب ft

که: $-Z_B$ بلندی پایین دستی بر حسب ft

فشار متوسط گاز در لوله باید بر حسب psia باشد

$$P_{ave} = \frac{2}{3}(P_A + P_B - \frac{P_A P_B}{P_A + P_B})$$

مثال: 4

1- برای مثال مسیر رشت به امام زاده هاشم؛ ظاهراً جاده افقی است ولی اختلاف ارتفاع 8 متر دارد در امام زاده هاشم ایستگاه (Town Border Stations) (T.B.S)با فشار1250 psig پوند است و می خواهیم لوله فولادی به رشت احداث کنیم که در آنجا فشار60 psig پوند نیاز است سایز لوله چقدر باید باشد اگر در محوطه ای که انتهای لوله به ایستگاه وصل شده باشد نیاز به 14500 مترمکعب گاز در ساعت دارد.(طول لوله 28 کیلومتر در نظر بگیرید).ضریب اصطکاک f=0.02است درجه حرارت گاز T_b=60 Fاست وحرارت جریان متوسط گاز T_f=80F .آیا می توان بجای لوله فولادی لوله پلی ایتلن استفاده کرد،اگر هست قطر اش چقدر است؟ چرا اداره گاز این کار را نمی کند؟.

$$P_{ave} = \frac{2}{3}(1264.7 + 74.7 - \frac{1264.7x74.7}{1264.7 + 74.7})$$

$$P_{ave} = 846\, psia$$

$$Z = \frac{1}{1 + [\frac{P_{ave} X 344400(10^{1.785G})}{T_f{}^{3.825}}]}$$

$$Z = \frac{1}{1 + [\frac{846X344400(10^{1.785x0.65})}{(540)^{3.825}}]}$$

$$Z = \frac{1}{1 + 0.1485} = 0.870$$

$$s = 0.0375G\,\frac{Z_A - Z_B}{T_f Z}$$

$$s = 0.0375(0.65)\,\frac{8x3.28}{(460 + 80)(0.870)}$$

$$s = 0.00136$$

$$L_e = \frac{L(e^s - 1)}{s}$$

$$L_e = \frac{\frac{28}{1.6}(e^{0.00136} - 1)}{0.00136}$$

$$L_e = \frac{17.5(1.00136 - 1)}{0.00136} = 17.5\ mi$$

$$Q = 77.54\left(\frac{T_b}{P_b}\right)\left[\frac{{P_A}^2 - (e^s){P_B}^2}{GT_f L_e Zf}\right]^{0.50} D^{2.5}$$

$$14500x35.28x24 = 77.54\left(\frac{460 + 60}{14.7}\right)\left[\frac{1264.7^2 - (e^{0.00136})74.70^2}{0.65x(460 + 80)X17.5x0.02X0.870}\right]^{0.50} D^{2.5}$$

$$D^{2.5} = 35.3$$

$D_i = 4.16 \qquad \rightarrow D_O = 4\ in$ برای لوله فولادی

بجای لوله فولادی می خواهیم لوله پلی ایتلن استفاده کنیم از فرمول رینولدز استفاده می کنیم

$$V = 0.002122(\frac{P_b}{T_b})(\frac{Q}{D^2})(\frac{ZT}{P_{avg}})$$

که: Q بر حسب $\frac{ft^3}{Day}$

که : فشار P_b فشار پایه (معمولاً Psia 14.7)

که : T_b حرارت پایه گاز برحسب°R (معمولاً °R 60+460=540)

که :μ ویسکوزیته گاز برحسب $\frac{lb}{ft-sec}$

که : Dقطر داخلی لوله بر حسب اینچ

$$Q = 14500x35.28x24 = 1.23X10^7 \ {ft^3}/{Day}$$

همان طور که در صفحه 54 محاسبات اکسل را مشاهده می کنید قطر D=3 in (قطر داخلی D=3.156 in)را حدس می زنیم،با توجه به اینکه f=0.02 بوده عدد رینولدز را بدست می آوریم می شود $4.27X10^6$ ستون 1 سمت راست کولبوروک

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2Log_{10}\left(\frac{e}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right)$$

می شود8.5576 این را مساوی سمت چپ این معادله قرار می دهیم عدد f=0.014بدست می آید و اگر این عدد را در معادله بالا بگذاریم می شود

$$D^{2.5} = 30$$

$$D_i = 3.8 \ \ in \qquad \rightarrow D_O = 3.5 \ \ in$$ برای لوله ایتلن پلی

البته قطر داخلی لوله پلی ایتلن این است 3.548 ؛که ما در آوردیم 3.8 که می توان آنرا قبول کرد. و دیگر اینکه سرعت گاز محاسبه شده 9.92 متر بر ثانیه بدست آمده که مناسب است . همان طور که مشاهده می کنیم می توانیم لوله 4 اینچ را هم انتخاب کرد و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست باید طراح همیشه در فکر اقتصادی طرح هم باشد.

چون لوله پلی ایتلن را جزو لوله های صاف در نظر می گیرند,طبیعی است که قطربدست آمده کوچک تر از فولادی باشد ؛ یعنی جداره لوله های فولادی ناهمواری آن بیشتر از جداره لوله های پلی ایتلن است .حالا چرا اداره گاز کمتر از این لوله پلی ایتلن استفاده می کند بعداً در مبحث پلی ایتلن خواهم گفت.

For Polyethelyen pipe

$$2.0\frac{m}{sec} \leq V \leq 20\frac{m}{sec} \qquad V = 0.002122\left(\frac{P_b}{T_b}\right)\left(\frac{Q}{D^2}\right)\left(\frac{ZT}{P_{avg}}\right)$$

D in	Q ft3/day	Inside D in	Guess	Re	1	2	V m/sec
3	1.23E+07	3.156	0.02	4.27E+06	8.557632	0.013655032	12.5475588
3	1.23E+07	3.156	0.01365	4.27E+06	8.552625	0.013671026	12.5475588
3.5	1.23E+07	3.548	0.014	3.80E+06	8.454433	0.013990428	9.92809689
4	1.23E+07	4.156	0.013	3.24E+06	8.319943	0.014446389	7.23572664
4	1.23E+07	4.156	0.014	3.24E+06	8.320762	0.014443545	7.23572664

$$e = 6x10^{-5}\ in \qquad \mu = 8x10^{-6}\frac{lb}{ft - sec}$$

$$Re = 0.0004778\left(\frac{P_b}{T_b}\right)\left(\frac{GQ}{\mu D}\right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2Log_{10}\left(\frac{e}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right)$$

حالا ظرفیت گاز برای لوله های فولادی و مصارف خانگی برای قطر های مختلف و برای مصارف صنعتی با فشار اولیه 2و5و15و30و50و60 پوند و برای طول های لوله 15متر الی 600 متر و برای قطرهای مختلف حساب می کنیم و افت فشار 10 درصد اعمال می شود اما برای مصرف خانگی فشار 0.25 پوند و وافت فشار 12.7 میلی متر ستون آب است.

برای طول لوله از 2تا 300متر جدول آن محاسبه می شود.

برای این کار از فرمول عمومی گاز AGA و Transmission Factor (F) استفاده می کنیم ؛ در صفحه (56) مشاهده می کنید.و برای مصارف صنعتی از معادله ویموت استفاده می کنیم

حداکثر ظرفیت لوله های فولادی بدست آمده در مبحث 17 سازمان نظام مهندسی در صفحه 59 آمده است ،با محاسبات اینجانب که در صفحه 56 مشاهده می فرمایید تفاوت بسیار کمی دارد .

ظرفیت گاز برای لوله های فولادی با فشار اولیه 0.25 پوند وافت فشار 12.7 میلی متر ستون آب

Inside,Dian	0.622	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026
Diameter	1/2 in	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in
Length m	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$
2	6.83	14.33	27.06	55.64	83.39	157.07	226.00	349.00	601.00
4	4.83	10.14	19.14	39.34	58.96	111.06	180.78	319.09	601.00
6	3.94	8.28	15.63	32.12	48.14	90.68	147.61	260.53	529.90
8	3.41	7.17	13.53	27.82	41.69	78.53	127.83	225.63	458.91
10	3.05	6.41	12.10	24.88	37.29	70.24	114.34	201.81	410.46
12	2.79	5.85	11.05	22.72	34.04	64.12	104.38	184.23	374.70
14	2.58	5.42	10.23	21.03	31.52	59.37	96.63	170.56	346.90
16	2.41	5.07	9.57	19.67	29.48	55.53	90.39	159.54	324.50
18	2.28	4.78	9.02	18.55	27.80	52.36	85.22	150.42	305.94
20	2.16	4.53	8.56	17.60	26.37	49.67	80.85	142.70	290.24
22	2.06	4.32	8.16	16.78	25.14	47.36	77.09	136.06	276.73
24	1.97	4.14	7.81	16.06	24.07	45.34	73.80	130.27	264.95
26	1.89	3.98	7.51	15.43	23.13	43.56	70.91	125.16	254.56
28	1.82	3.83	7.23	14.87	22.29	41.98	68.33	120.60	245.30
30	1.76	3.70	6.99	14.37	21.53	40.55	66.01	116.51	236.98
35	1.63	3.43	6.47	13.30	19.93	37.55	61.12	107.87	219.40
40	1.53	3.21	6.05	12.44	18.65	35.12	57.17	100.90	205.23
45	1.44	3.02	5.71	11.73	17.58	33.11	53.90	95.13	193.49
50	1.37	2.87	5.41	11.13	16.68	31.41	51.13	90.25	183.56
55	1.30	2.73	5.16	10.61	15.90	29.95	48.75	86.05	175.02
60	1.25	2.62	4.94	10.16	15.22	28.68	46.68	82.39	167.57
70	1.15	2.42	4.57	9.41	14.10	26.55	43.22	76.28	155.14
80	1.08	2.27	4.28	8.80	13.18	24.83	40.42	71.35	145.12
90	1.02	2.14	4.03	8.29	12.43	23.41	38.11	67.27	136.82
100	0.97	2.03	3.83	7.87	11.79	22.21	36.16	63.82	129.80
120	0.88	1.85	3.49	7.18	10.77	20.28	33.01	58.26	118.49
150	0.79	1.66	3.13	6.42	9.63	18.14	29.52	52.11	105.98
200	0.68	1.43	2.71	5.56	8.34	15.71	25.57	45.13	91.78
250	0.61	1.28	2.42	4.98	7.46	14.05	22.87	40.36	82.09
300	0.56	1.17	2.21	4.54	6.81	12.82	20.88	36.85	74.94

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شد

محاسبه سرعت

Inside, Diam	0.622	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026			
Diameter	1/2 in	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in			
Length	Q=m/sec	Q=m/sec	Q=m/sec	Q=m/sec	Q=m/sec	Q=m/sec	Q=m/sec	Q=m/sec	Q=m/sec			
2	9.5	11.4	13.3	15.8	17.4	19.8	20.0	20.0	20.0	2.469	3.068	4.026
4	6.7	8.1	9.4	11.1	12.3	14.0	16.0	18.3	20.0	226	349	601
6	5.5	6.6	7.7	9.1	10.0	11.5	13.1	14.9	17.6			601
8	4.8	5.7	6.6	7.9	8.7	9.9	11.3	12.9	15.3			
10	4.3	5.1	5.9	7.0	7.8	8.9	10.1	11.6	13.7			
12	3.9	4.6	5.4	6.4	7.1	8.1	9.2	10.6	12.5			
14	3.6	4.3	5.0	6.0	6.6	7.5	8.6	9.8	11.5			
16	3.4	4.0	4.7	5.6	6.1	7.0	8.0	9.1	10.8			
18	3.2	3.8	4.4	5.3	5.8	6.6	7.5	8.6	10.2			
20	3.0	3.6	4.2	5.0	5.5	6.3	7.2	8.2	9.7			
22	2.9	3.4	4.0	4.8	5.2	6.0	6.8	7.8	9.2			
24	2.7	3.3	3.8	4.6	5.0	5.7	6.5	7.5	8.8			
26	2.6	3.2	3.7	4.4	4.8	5.5	6.3	7.2	8.5			
28	2.5	3.0	3.5	4.2	4.6	5.3	6.0	6.9	8.2			
30	2.5	2.9	3.4	4.1	4.5	5.1	5.8	6.7	7.9			
35	2.3	2.7	3.2	3.8	4.1	4.7	5.4	6.2	7.3			
40	2.1	2.5	3.0	3.5	3.9	4.4	5.1	5.8	6.8			
45	2.0	2.4	2.8	3.3	3.7	4.2	4.8	5.5	6.4			
50	1.9	2.3	2.7	3.2	3.5	4.0	4.5	5.2	6.1			
55	1.8	2.2	2.5	3.0	3.3	3.8	4.3	4.9	5.8			
60	1.7	2.1	2.4	2.9	3.2	3.6	4.1	4.7	5.6			
70	1.6	1.9	2.2	2.7	2.9	3.4	3.8	4.4	5.2			
80	1.5	1.8	2.1	2.5	2.7	3.1	3.6	4.1	4.8			
90	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	3.0	3.4	3.9	4.6			
100	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.2	3.7	4.3			
120	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.6	2.9	3.3	3.9			
150	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.6	3.0	3.5			
200	1.0	1.1	1.3	1.6	1.7	2.0	2.3	2.6	3.1			
250	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.7			
300	0.8	0.9	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	2.1	2.5			

محاسبه ظرفیت با فرمول F انجام گرفته است

Inside,Dian	0.622	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026
Diameter	1/2 in	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in
Length m	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr
2	6.83	14.33	27.06	55.64	83.39	157.07	226.00	349.00	601.00
4	4.83	10.14	19.14	39.34	58.96	111.06	180.78	319.09	601.00
6	3.94	8.28	15.63	32.12	48.14	90.68	147.61	260.53	529.90
8	3.41	7.17	13.53	27.82	41.69	78.53	127.83	225.63	458.91
10	3.05	6.41	12.10	24.88	37.29	70.24	114.34	201.81	410.46
12	2.79	5.85	11.05	22.72	34.04	64.12	104.38	184.23	374.70
14	2.58	5.42	10.23	21.03	31.52	59.37	96.63	170.56	346.90
16	2.41	5.07	9.57	19.67	29.48	55.53	90.39	159.54	324.50
18	2.28	4.78	9.02	18.55	27.80	52.36	85.22	150.42	305.94
20	2.16	4.53	8.56	17.60	26.37	49.67	80.85	142.70	290.24
22	2.06	4.32	8.16	16.78	25.14	47.36	77.09	136.06	276.73
24	1.97	4.14	7.81	16.06	24.07	45.34	73.80	130.27	264.95
26	1.89	3.98	7.51	15.43	23.13	43.56	70.91	125.16	254.56
28	1.82	3.83	7.23	14.87	22.29	41.98	68.33	120.60	245.30
30	1.76	3.70	6.99	14.37	21.53	40.55	66.01	116.51	236.98
35	1.63	3.43	6.47	13.30	19.93	37.55	61.12	107.87	219.40
40	1.53	3.21	6.05	12.44	18.65	35.12	57.17	100.90	205.23
45	1.44	3.02	5.71	11.73	17.58	33.11	53.90	95.13	193.49
50	1.37	2.87	5.41	11.13	16.68	31.41	51.13	90.25	183.56
55	1.30	2.73	5.16	10.61	15.90	29.95	48.75	86.05	175.02
60	1.25	2.62	4.94	10.16	15.22	28.68	46.68	82.39	167.57
70	1.15	2.42	4.57	9.41	14.10	26.55	43.22	76.28	155.14
80	1.08	2.27	4.28	8.80	13.18	24.83	40.42	71.35	145.12
90	1.02	2.14	4.03	8.29	12.43	23.41	38.11	67.27	136.82
100	0.97	2.03	3.83	7.87	11.79	22.21	36.16	63.82	129.80
120	0.88	1.85	3.49	7.18	10.77	20.28	33.01	58.26	118.49
150	0.79	1.66	3.13	6.42	9.63	18.14	29.52	52.11	105.98
200	0.68	1.43	2.71	5.56	8.34	15.71	25.57	45.13	91.78
250	0.61	1.28	2.42	4.98	7.46	14.05	22.87	40.36	82.09
300	0.56	1.17	2.21	4.54	6.81	12.82	20.88	36.85	74.94

$(\text{لوله های فولادی}) = 1.8x10^{-3}\ in$

	F
1/2 in	12.4269
3/4 in	12.9154
1.0 in	13.3348
11/4 in	13.8112
1.1/2 in	14.079
2.0 in	14.5131
21/2 in	14.8218
3.0 in	15.1991
4.0 in	15.6712

$V=0.0155(QT)/(P_{ave}\ D^2)$

$P_{ave}=2/3(p_1+p_2-p_1p_2/p_1+p_2)$

0.9972

1/4 Psi فشار اولیه

G=0.65 چگالی

Z=0.9972

$Q=m^3/Hr$

P_1,P_2~psia

L=m

D=Inside diameter, in

2 m/s<V<20 m/s

$$F = 4Log(\frac{3.7D}{e}) \qquad 12$$

P_2=14.95-0.018=14.933 Psia

P_1=14.95psia

P_{ave}=14.94 psia

$$Q = 38.77\ F \left(\frac{T_b}{P_b}\right) \left(\frac{P_1^{\ 2} - P_2^{\ 2}}{G\ T_f\ LZ}\right)^{0.50} D^{2.5}$$

$$V_{Er}(\text{سرعت خوردگی}) = 100\sqrt{\frac{ZRT}{29GP_{ave}}}$$

$$V_{Er}(\text{سرعت خوردگی}) = 136.31\ ^m/_s$$

جدول ۱۷-۴-۲ حداکثر ظرفیت لوله‌های فولادی به‌مترمکعب در ساعت برای گاز طبیعی با فشار ۱۷۶ میلی‌متر ستون آب و افت فشار ۱۲/۷ میلی‌متر ستون آب و چگالی ۰/۶۵*

طول لوله (متر)	قطر اسمی لوله (اینچ)								
	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	۱	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	۲	$2\frac{1}{2}$	۳	۴
۲	۵/۹	۱۲/۳	۲۳/۳۰	۴۷/۹	۷۲/۰	۱۳۸/۳	۲۲۰/۰	۳۹۰/۷	۸۰۱/۹
۴	۴/۰	۸/۵	۱۶/۰	۳۲/۹	۴۹/۴	۹۵/۱	۱۵۱/۲	۲۶۸/۵	۵۵۱/۱
۶	۳/۲	۶/۸	۱۲/۹	۲۶/۴	۳۹/۷	۷۶/۴	۱۲۱/۵	۲۱۵/۷	۴۴۲/۸
۸	۲/۸	۵/۸	۱۱/۰	۲۲/۶	۳۴/۰	۶۵/۴	۱۰۴/۰	۱۸۴/۷	۳۷۹/۱
۱۰	۲/۴	۵/۰	۹/۶	۱۹/۷	۲۹/۶	۵۶/۹	۹۰/۴	۱۶۰/۶	۳۲۹/۷
۱۲	۲/۲	۴/۷	۸/۸	۱۸/۱	۲۷/۳	۵۲/۵	۸۳/۴	۱۴۸/۲	۳۰۴/۳
۱۴	۲/۰	۴/۳	۸/۱	۱۶/۷	۲۵/۰	۴۸/۲	۷۶/۶	۱۳۶/۱	۲۷۹/۴
۱۶	۱/۹	۴/۰	۷/۵	۱۵/۵	۲۳/۳	۴۴/۸	۷۱/۳	۱۲۶/۷	۲۶۰/۰
۱۸	۱/۸	۳/۷	۷/۱	۱۴/۶	۲۱/۹	۴۲/۲	۶۷/۱	۱۱۹/۳	۲۴۴/۸
۲۰	۱/۷	۳/۵	۶/۷	۱۳/۸	۲۰/۷	۳۹/۸	۶۳/۳	۱۱۲/۵	۲۳۱/۰
۲۲	۱/۶	۳/۳	۶/۳	۱۳/۱	۱۹/۶	۳۷/۸	۶۰/۱	۱۰۶/۸	۲۱۹/۲
۲۴	۱/۵	۳/۲	۶/۱	۱۲/۵	۱۸/۷	۳۶/۱	۵۷/۴	۱۰۱/۹	۲۰۹/۲
۲۶	۱/۴	۳/۱	۵/۸	۱۲/۰	۱۸/۰	۳۴/۶	۵۵/۱	۹۷/۹	۲۰۰/۹
۲۸	۱/۴	۲/۹	۵/۵	۱۱/۴	۱۷/۲	۳۳/۱	۵۲/۶	۹۳/۶	۱۹۱/۰
۳۰	۱/۳	۲/۸	۵/۳	۱۱/۰	۱۶/۶	۳۱/۹	۵۰/۸	۹۰/۲	۱۸۵/۱
۳۵	۱/۲	۲/۶	۴/۹	۱۰/۲	۱۵/۳	۲۹/۴	۴۶/۸	۸۳/۱	۱۷۰/۶
۴۰	۱/۱	۲/۴	۴/۶	۹/۴	۱۴/۱	۲۷/۱	۴۳/۳	۷۶/۹	۱۵۷/۹
۴۵	۱/۱	۲/۲	۴/۳	۸/۸	۱۳/۳	۲۵/۵	۴۰/۶	۷۲/۲	۱۴۸/۱
۵۰	۱/۰	۲/۱	۴/۱	۸/۴	۱۲/۶	۲۴/۳	۳۸/۶	۶۸/۷	۱۴۱/۰
۵۵	۰/۹۹	۲/۰	۳/۹	۸/۰	۱۲/۰	۲۳/۱	۳۶/۷	۶۵/۲	۱۳۳/۹
۶۰	۰/۹۴	۱/۹	۳/۷	۷/۶	۱۱/۵	۲۲/۱	۳۵/۱	۶۲/۴	۱۲۸/۱
۷۰	۰/۸۵	۱/۸	۳/۳	۶/۹	۱۰/۴	۲۰/۰	۳۱/۸	۵۶/۵	۱۱۶/۱
۸۰	۰/۸۰	۱/۶	۳/۱	۶/۵	۹/۷	۱۸/۸	۲۹/۸	۵۳/۱	۱۰۸/۹
۹۰	۰/۷۵	۱/۵	۲/۹	۶/۱	۹/۱	۱۷/۶	۲۸/۰	۴۹/۷	۱۰۲/۰
۱۰۰	۰/۷۱	۱/۴	۲/۸	۵/۷	۸/۶	۱۶/۶	۲۶/۴	۴۷/۰	۹۶/۵
۱۲۰	۰/۶۴	۱/۳	۲/۵	۵/۲	۷/۸	۱۵/۰	۲۳/۹	۴۲/۵	۸۷/۳
۱۵۰	۰/۵۷	۱/۲	۲/۲	۴/۶	۶/۹	۱۳/۳	۲۱/۲	۳۷/۷	۷۷/۵
۲۰۰	۰/۴۹	۱/۰	۱/۹	۳/۹	۵/۹	۱۱/۴	۱۸/۱	۳۲/۲	۶۶/۲
۲۵۰	۰/۴۳	۰/۹۱	۱/۷	۳/۵	۵/۲	۱۰/۱	۱۶/۱	۲۸/۶	۵۸/۸
۳۰۰	۰/۳۹	۰/۸۲	۱/۵	۳/۱	۴/۷	۹/۲	۱۴/۶	۲۵/۹	۵۳/۲

* برای سایر چگالی‌ها باید ظرفیت لوله‌ها را در ضرایب جدول (۱۷-۴-۳) ضرب نمود.

09

ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 2 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$
15	15.7	29.9	62.2	93.8	176.0	251.1	387.7	667.7	1515.2
30	11.1	21.2	44.0	66.3	129.1	207.3	370.0	667.7	1515.2
45	9.1	17.3	35.9	54.1	105.4	169.3	302.1	623.6	1515.2
60	7.9	15.0	31.1	46.9	91.3	146.6	261.7	540.1	1515.2
75	7.0	13.4	27.8	41.9	81.6	131.1	234.0	483.0	1440.5
90	6.4	12.2	25.4	38.3	74.5	119.7	213.6	441.0	1315.0
120	5.6	10.6	22.0	33.2	64.5	103.7	185.0	381.9	1138.8
150	5.0	9.5	19.7	29.7	57.7	92.7	165.5	341.6	1018.6
200	4.3	8.2	17.0	25.7	50.0	80.3	143.3	295.8	882.1
250	3.8	7.3	15.2	23.0	44.7	71.8	128.2	264.6	789.0
300	3.5	6.7	13.9	21.0	40.8	65.6	117.0	241.5	720.3
350	3.3	6.2	12.9	19.4	37.8	60.7	108.3	223.6	666.8
400	3.0	5.8	12.0	18.2	35.4	56.8	101.3	209.2	623.8
450	2.9	5.5	11.3	17.1	33.3	53.5	95.5	197.2	588.1
500	2.7	5.2	10.8	16.2	31.6	50.8	90.6	187.1	557.9
550	2.6	4.9	10.3	15.5	30.1	48.4	86.4	178.4	532.0
600	2.5	4.7	9.8	14.8	28.9	46.4	82.7	170.8	509.3

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شد

محاسبه سرعت که برای بعضی ها اصلاح شده است

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s
15	11.2	13.2	15.8	17.6	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
30	7.9	9.3	11.2	12.4	14.7	16.5	19.1	20.0	20.0
45	6.5	7.6	9.2	10.1	12.0	13.5	15.6	18.7	20.0
60	5.6	6.6	7.9	8.8	10.4	11.7	13.5	16.2	20.0
75	5.0	5.9	7.1	7.9	9.3	10.4	12.1	14.5	19.0
90	4.6	5.4	6.5	7.2	8.5	9.5	11.0	13.2	17.4
120	4.0	4.7	5.6	6.2	7.3	8.3	9.5	11.4	15.0
150	3.6	4.2	5.0	5.6	6.6	7.4	8.5	10.2	13.4
200	3.1	3.6	4.3	4.8	5.7	6.4	7.4	8.9	11.6
250	2.8	3.2	3.9	4.3	5.1	5.7	6.6	7.9	10.4
300	2.5	3.0	3.5	3.9	4.6	5.2	6.0	7.2	9.5
350	2.3	2.7	3.3	3.6	4.3	4.8	5.6	6.7	8.8
400	2.2	2.6	3.1	3.4	4.0	4.5	5.2	6.3	8.2
450	2.1	2.4	2.9	3.2	3.8	4.3	4.9	5.9	7.8
500	1.9	2.3	2.7	3.0	3.6	4.0	4.7	5.6	7.4
550	1.9	2.2	2.6	2.9	3.4	3.9	4.5	5.3	7.0
600	1.8	2.1	2.5	2.8	3.3	3.7	4.3	5.1	6.7

					اصلاح دبی Q
	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
	176.0	251.1	387.7	667.7	1515.2
				667.7	1515.2
					1515.2
					1515.2

ظرفیت گاز مبحث 17 نظام مهندسی،که با محاسبات اینجانب که درصفحه 60 آمده تفاوت کمی دارد

جدول شماره پ-۴-۴ ظرفیت لوله‌ها با قطر و طول مختلف بر حسب متر مکعب در ساعت برای گاز طبیعی با چگالی ۰/۶۵ و فشار اولیه ۲ پوند بر اینچ مربع (۱۳۷۹۰ پاسکال) و حداکثر افت فشار ۱۰ درصد

طول لوله (متر)	قطر اسمی لوله (اینچ)								
	$\frac{3}{4}$	۱	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	۲	$2\frac{1}{2}$	۳	۴	۶
۱۵	۱۶	۳۰	۶۲	۹۳	۱۸۰	۲۷۶	۴۱۸	۷۲۵	۱۶۵۷
۳۰	۱۱	۲۱	۴۳	۶۴	۱۲۴	۲۱۷	۳۷۵	۷۲۵	۱۶۵۷
۴۵	۹	۱۷	۳۴	۵۲	۹۹	۱۷۵	۳۰۱	۶۲۰	۱۶۵۷
۶۰	۸	۱۴	۳۰	۴۴	۸۵	۱۵۰	۲۵۸	۵۳۱	۱۵۶۹
۷۵	۷	۱۳	۲۶	۳۹	۷۵	۱۳۲	۲۲۹	۴۷۰	۱۳۹۰
۹۰	۶	۱۲	۲۴	۳۵	۶۸	۱۲۰	۲۰۷	۴۲۶	۱۲۶۰
۱۲۰	۵	۱۰	۲۰	۳۰	۵۸	۱۰۳	۱۷۷	۳۶۵	۱۰۷۸
۱۵۰	۴/۶	۹	۱۸	۲۷	۵۲	۹۱	۱۵۷	۳۲۳	۹۵۶
۲۰۰	۴	۷	۱۵	۲۲	۴۴	۷۸	۱۳۴	۲۷۷	۸۱۸
۲۵۰	۳/۵	۶/۵	۱۳	۲۰	۳۹	۶۹	۱۱۹	۲۴۵	۷۲۵
۳۰۰	۳/۲	۶	۱۲	۱۸/۵	۳۶	۹۳	۱۰۸	۲۲۲	۹۵۷
۳۵۰	۲/۹	۵/۵	۱۱	۱۷	۳۳	۵۸	۹۹	۲۰۴	۶۰۶
۴۰۰	۲/۷	۵/۱	۱۰/۵	۱۵/۵	۳۱	۵۴	۹۲	۱۹۰	۵۶۲
۴۵۰	۲/۵	۴/۸	۱۰	۱۴/۵	۲۹	۵۰	۸۷	۱۷۹	۵۲۷
۵۰۰	۲/۴	۴/۵	۹/۵	۱۴	۲۷	۴۷	۸۲	۱۶۹	۴۹۸
۵۵۰	۲/۳	۴/۳	۹	۱۳/۵	۲۶	۴۵	۷۸	۱۶۰	۴۷۳
۶۰۰	۲/۲	۴/۱	۸	۱۳	۲۵	۴۳	۷۴	۱۵۳	۴۵۱

یادآوری:

۱- ظرفیتهای جدول فوق براساس حداکثر سرعت گاز ۲۰ متر در ثانیه محاسبه شده است .

۲- برای سایر چگالی‌ها لازم است ارقام فوق در ضرایبی که در جدول شماره ۳ داده شده است ضرب گردد.

ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 5 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Dian	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr
15	26.9	51.2	92.0	125.0	206.0	294.0	454.0	782.0	1775.0
30	19.0	36.2	75.2	113.5	206.0	294.0	454.0	782.0	1775.0
45	15.5	29.6	61.4	92.7	206.0	294.0	454.0	782.0	1775.0
60	13.4	25.6	53.2	80.2	156.2	250.9	447.8	782.0	1775.0
75	12.0	22.9	47.6	71.8	139.7	224.4	400.5	782.0	1775.0
90	11.0	20.9	43.4	65.5	127.6	204.9	365.6	754.7	1775.0
120	9.5	18.1	37.6	56.7	110.5	177.4	316.7	653.6	1775.0
150	8.5	16.2	33.6	50.7	98.8	158.7	283.2	584.6	1743.4
200	7.4	14.0	29.1	43.9	85.6	137.4	245.3	506.3	1509.8
250	6.6	12.5	26.1	39.3	76.5	122.9	219.4	452.8	1350.4
300	6.0	11.4	23.8	35.9	69.9	112.2	200.3	413.4	1232.7
350	5.6	10.6	22.0	33.2	64.7	103.9	185.4	382.7	1141.3
400	5.2	9.9	20.6	31.1	60.5	97.2	173.4	358.0	1067.6
450	4.9	9.3	19.4	29.3	57.0	91.6	163.5	337.5	1006.5
500	4.7	8.9	18.4	27.8	54.1	86.9	155.1	320.2	954.9
550	4.4	8.5	17.6	26.5	51.6	82.9	147.9	305.3	910.4
600	4.3	8.1	16.8	25.4	49.4	79.4	141.6	292.3	871.7

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 15 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$
15	49	79	137	186	307	438	676	1165	2643
30	40	77	137	186	307	438	676	1165	2643
45	33	62	130	186	307	438	676	1165	2643
60	28	54	112	170	307	438	676	1165	2643
75	25	48	101	152	295	438	676	1165	2643
90	23	44	92	138	270	433	676	1165	2643
120	20	38	79	120	233	375	669	1165	2643
150	18	34	71	107	209	335	598	1165	2643
200	16	30	62	93	181	290	518	1070	2643
250	14	27	55	83	162	260	464	957	2643
300	13	24	50	76	148	237	423	873	2605
350	12	22	47	70	137	220	392	809	2412
400	11	21	44	66	128	205	367	756	2256
450	10	20	41	62	121	194	346	713	2127
500	10	19	39	59	114	184	328	677	2018
550	9	18	37	56	109	175	313	645	1924
600	9	17	36	54	104	168	299	618	1842
800	8	15	31	46	90	145	259	535	1595
1000	7	13	28	42	81	130	232	478	1427

محاسبه سرعت که برای بعضی ها اصلاح شده است

nside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s
15	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
30	16.5	19.4	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
45	13.5	15.8	19.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
60	11.6	13.7	16.4	18.2	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
75	10.4	12.2	14.7	16.3	19.2	20.0	20.0	20.0	20.0
90	9.5	11.2	13.4	14.9	17.6	19.8	20.0	20.0	20.0
120	8.2	9.7	11.6	12.9	15.2	17.1	19.8	20.0	20.0
150	7.4	8.7	10.4	11.5	13.6	15.3	17.7	20.0	20.0
200	6.4	7.5	9.0	10.0	11.8	13.3	15.3	18.4	20.0
250	5.7	6.7	8.0	8.9	10.5	11.9	13.7	16.4	20.0
300	5.2	6.1	7.3	8.1	9.6	10.8	12.5	15.0	19.7
350	4.8	5.7	6.8	7.5	8.9	10.0	11.6	13.9	18.2
400	4.5	5.3	6.4	7.1	8.3	9.4	10.8	13.0	17.1
450	4.3	5.0	6.0	6.6	7.9	8.8	10.2	12.2	16.1
500	4.0	4.7	5.7	6.3	7.4	8.4	9.7	11.6	15.3
550	3.8	4.5	5.4	6.0	7.1	8.0	9.2	11.1	14.6
600	3.7	4.3	5.2	5.8	6.8	7.7	8.8	10.6	13.9
800	3.2	3.7	4.5	5.0	5.9	6.6	7.7	9.2	12.1
1000	2.9	3.4	4.0	4.5	5.3	5.9	6.9	8.2	10.8

اصلاح دبی

0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
49	79	137	186	307	438	676	1165	2643
		137	186	307	438	676	1165	2643
			186	307	438	676	1165	2643
				307	438	676	1165	2643
					438	676	1165	2643
					438	676	1165	2643
						676	1165	2643
							1165	2643
								2643
								2643
								2643

ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 30 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Dia	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$
15	73	118	204	278	458	654	1009	1738	3945
30	69	118	204	278	458	654	1009	1738	3945
45	57	108	204	278	458	654	1009	1738	3945
60	49	93	194	278	458	654	1009	1738	3945
75	44	84	174	262	458	654	1009	1738	3945
90	40	76	159	239	458	654	1009	1738	3945
120	35	66	137	207	403	648	1009	1738	3945
150	31	59	123	185	361	579	1009	1738	3945
200	27	51	106	160	312	502	895	1738	3945
250	24	46	95	143	279	449	801	1653	3945
300	22	42	87	131	255	410	731	1509	3945
350	20	39	80	121	236	379	677	1397	3945
400	19	36	75	113	221	355	633	1307	3897
450	18	34	71	107	208	334	597	1232	3674
500	17	32	67	101	198	317	566	1169	3486
550	16	31	64	97	188	303	540	1114	3324
600	16	30	61	93	180	290	517	1067	3182
800	13	26	53	80	156	251	448	924	2756
1000	12	23	48	72	140	224	400	827	2465

ظرفیت با قرمز اصلاح شده است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

محاسبه سرعت که برای بعضی ها اصلاح شده است

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s
15	20	20	20	20	20	20	20	20	20
30	19	20	20	20	20	20	20	20	20
45	16	18	20	20	20	20	20	20	20
60	13	16	19	20	20	20	20	20	20
75	12	14	17	19	20	20	20	20	20
90	11	13	16	17	20	20	20	20	20
120	10	11	13	15	18	20	20	20	20
150	9	10	12	13	16	18	20	20	20
200	7	9	10	12	14	15	18	20	20
250	7	8	9	10	12	14	16	19	20
300	6	7	9	9	11	13	14	17	20
350	6	7	8	9	10	12	13	16	20
400	5	6	7	8	10	11	13	15	20
450	5	6	7	8	9	10	12	14	19
500	5	5	7	7	9	10	11	13	18
550	4	5	6	7	8	9	11	13	17
600	4	5	6	7	8	9	10	12	16
800	4	4	5	6	7	8	9	11	14
1000	3	4	5	5	6	7	8	10	12

اصلاح دبی Q

0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
73	118	204	278	458	654	1009	1738	3945
	118	204	278	458	654	1009	1738	3945
		204	278	458	654	1009	1738	3945
			278	458	654	1009	1738	3945
				458	654	1009	1738	3945
				458	654	1009	1738	3945
						1009	1738	3945
						1009	1738	3945
							1738	3945
								3945
								3945
								3945

ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 50 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$
15	105	170	294	400	660	941	1453	2503	5680
30	105	170	294	400	660	941	1453	2503	5680
45	88	167	294	400	660	941	1453	2503	5680
60	76	145	294	400	660	941	1453	2503	5680
75	68	129	269	400	660	941	1453	2503	5680
90	62	118	246	370	660	941	1453	2503	5680
120	54	102	213	321	625	941	1453	2503	5680
150	48	92	190	287	559	897	1453	2503	5680
200	42	79	165	249	484	777	1387	2503	5680
250	37	71	147	222	433	695	1241	2503	5680
300	34	65	135	203	395	635	1133	2338	5680
350	31	60	125	188	366	588	1049	2164	5680
400	29	56	117	176	342	550	981	2024	5680
450	28	53	110	166	323	518	925	1909	5692
500	26	50	104	157	306	492	877	1811	5400
550	25	48	99	150	292	469	836	1726	5149
600	24	46	95	143	279	449	801	1653	4929
800	21	40	82	124	242	389	694	1431	4269
1000	19	35	74	111	216	348	620	1280	3818

ظرفیت با قرمز اصلاح شده است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

محاسبه سرعت که برای بعضی ها اصلاح شده است

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s
15	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
45	16.8	19.7	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
60	14.5	17.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
75	13.0	15.2	18.3	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
90	11.8	13.9	16.7	18.5	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
120	10.3	12.0	14.5	16.0	18.9	20.0	20.0	20.0	20.0
150	9.2	10.8	12.9	14.3	16.9	19.1	20.0	20.0	20.0
200	7.9	9.3	11.2	12.4	14.7	16.5	19.1	20.0	20.0
250	7.1	8.3	10.0	11.1	13.1	14.8	17.1	20.0	20.0
300	6.5	7.6	9.1	10.1	12.0	13.5	15.6	18.7	20.0
350	6.0	7.1	8.5	9.4	11.1	12.5	14.4	17.3	20.0
400	5.6	6.6	7.9	8.8	10.4	11.7	13.5	16.2	20.0
450	5.3	6.2	7.5	8.3	9.8	11.0	12.7	15.3	20.0
500	5.0	5.9	7.1	7.9	9.3	10.4	12.1	14.5	19.0
550	4.8	5.6	6.8	7.5	8.8	10.0	11.5	13.8	18.1
600	4.6	5.4	6.5	7.2	8.5	9.5	11.0	13.2	17.4
800	4.0	4.7	5.6	6.2	7.3	8.3	9.5	11.4	15.0
1000	3.6	4.2	5.0	5.6	6.6	7.4	8.5	10.2	13.4

اصلاح دبی Q

0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
105	170	294	400	660	941	1453	2503	5680
105	170	294	400	660	941	1453	2503	5680
		294	400	660	941	1453	2503	5680
		294	400	660	941	1453	2503	5680
			400	660	941	1453	2503	5680
				660	941	1453	2503	5680
					941	1453	2503	5680
						1453	2503	5680
							2503	5680
							2503	5680
								5680
								5680
								5680
								5680

ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 60 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diar	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr
15	121	196	339	461	761	1085	1676	2885	6548
30	121	196	339	461	761	1085	1676	2885	6548
45	103	196	339	461	761	1085	1676	2885	6548
60	89	170	339	461	761	1085	1676	2885	6548
75	80	152	316	461	761	1085	1676	2885	6548
90	73	139	289	436	761	1085	1676	2885	6548
120	63	120	250	377	735	1085	1676	2885	6548
150	57	108	224	338	657	1056	1676	2885	6548
200	49	93	194	292	569	914	1631	2885	6548
250	44	83	173	261	509	818	1459	2885	6548
300	40	76	158	239	465	746	1332	2749	6548
350	37	71	146	221	430	691	1233	2545	6548
400	35	66	137	207	402	646	1154	2381	6548
450	33	62	129	195	379	609	1088	2245	6548
500	31	59	123	185	360	578	1032	2130	6351
550	30	56	117	176	343	551	984	2030	6055
600	28	54	112	169	329	528	942	1944	5798
800	24	47	97	146	285	457	816	1684	5021
1000	22	42	87	131	255	409	730	1506	4491

ظرفیت با قرمز اصلاح شده است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

محاسبه سرعت که برای بعضی ها اصلاح شده است

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s
15	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
45	17.1	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
60	14.8	17.4	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
75	13.2	15.5	18.7	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
90	12.1	14.2	17.0	18.9	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
120	10.5	12.3	14.8	16.4	19.3	20.0	20.0	20.0	20.0
150	9.4	11.0	13.2	14.6	17.3	19.5	20.0	20.0	20.0
200	8.1	9.5	11.4	12.7	15.0	16.8	19.5	20.0	20.0
250	7.3	8.5	10.2	11.3	13.4	15.1	17.4	20.0	20.0
300	6.6	7.8	9.3	10.3	12.2	13.8	15.9	19.1	20.0
350	6.1	7.2	8.6	9.6	11.3	12.7	14.7	17.6	20.0
400	5.7	6.7	8.1	9.0	10.6	11.9	13.8	16.5	20.0
450	5.4	6.3	7.6	8.4	10.0	11.2	13.0	15.6	20.0
500	5.1	6.0	7.2	8.0	9.5	10.7	12.3	14.8	19.4
550	4.9	5.7	6.9	7.6	9.0	10.2	11.7	14.1	18.5
600	4.7	5.5	6.6	7.3	8.6	9.7	11.2	13.5	17.7
800	4.1	4.8	5.7	6.3	7.5	8.4	9.7	11.7	15.3
1000	3.6	4.3	5.1	5.7	6.7	7.5	8.7	10.4	13.7

اصلاح دبی Q

0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
121	196	339	461	761	1085	1676	2885	6548
121	196	339	461	761	1085	1676	2885	6548
	196	339	461	761	1085	1676	2885	6548
		339	461	761	1085	1676	2885	6548
			461	761	1085	1676	2885	6548
				761	1085	1676	2885	6548
					1085	1676	2885	6548
						1676	2885	6548
							2885	6548
							2885	6548
								6548
								6548
								6548
								6548

ظرفیت گاز در لوله های پلی ایتلن

در صفحه 102 مبحث 17 نظام مهندسی گفته طراحی شبکه گاز با استفاده از لوله های پلی ایتلن باید به صورت شاخه ای با استفاده از فرمول IGT و با نرم افزار های طراح که مورد تایید شرکت ملی گاز ایران انجام گیرد

این فرمول IGT(Institute of Gas Technology) (بنیاد تکنولوژی گاز) که آمریکایی است ،همچین فرمول پیچیده ای نیست،اینجا به شما هم شاخه ای را یاد می دهم وهم افزارهای طراحی .دلیل اینکه شرکت گاز ایران فقط از لوله 2و4 اینچ پلی ایتلن استفاده می کند و بالاتر را استفاده نمی کند به خاطر ضعف در اجرای جوش دادن اتصالات لوله است،یادم می آمد که شرکت کاز گیلان نامه ای به دانشگاه گیلان نوشته بود ودر آن نامه توضیح داده بود که روی لوله های پلی ایتلن مشکل دارند وچندین انفجار در لوله و در شهرک ها پیش آمده بود و تقاضای کمک وحل این مسئله را داشت.

معاون محترم فنی دانشگاه گیلان اینجانب (به خاطر اینکه سابقه 15 سال کار در صنعت داشتم)و دو هم کار دیگر را برای اینکار انتخاب کرد،ودو همکار دیگر گفتند چون تو در صنعت کار کرده ای تو در جلسات شرکت کن وگزارش کار را به ما بده و اگر نیاز بود در جلسه شرکت می کنیم.

من پس از بررسی متوجه شدم تمام ترکیدگی لوله ها در اتصالات لوله است. اینجانب نمونه ها را گرفته وبا برش در جا های مختلف "اتصالات" متوجه شدم که مشکل روی اتصالات الکتروفیوژن است .

المنت های برقی اتصالات همان طور که در پایین مشاهده می کنید جوش دادن این اتصال کار بسیار سخت است باید نکات فنی که در پروتکل آن دستگاه است رعایت شود که نمی شود. برای همین جوش خوب نمی خورد واین اتصال بر اثر تنش های وارده طاقت نیاورده می ترکد.باز یادم می آید که باشرکت مربوطه که این دستگاه ها و لوله های پلی ایتلن را فروخته بودند تماس گرفتم ؛مسئولش مرد بسیار محترم وخوبی بود و خوشحال شد که از شرکت گاز گیلان کسی است که به تواند مسائل را انتقال بدهد و می گفت با من تماس می گرفتند من نمی فهمیدم آنها چی می گفتند،خیلی جالب است که می دانست که مسئول دستگاه جوش ،یک کارگر که 4 کلاس سواد دارد و می گفت باید مسئول دستگاه مهندس باشد و می گفت مسئول دستگاه رعایت نکات فنی را نمی کند و باعث ترکیدگی می شود.من به عنوان بازرسی که 25 سال در نظام مهندسی کار می کنم ندیدم که پیمان کارها؛ مهندسی روی این دستگاه بگذارند.بنابراین شرکت گاز خودش را راحت کرد ولوله بزرگتر از 4 اینچ به مرحله اجراء نمی گذارد.اگر می گذارد به ندرت و خیلی با احتیاط

این فرمول IGT توجه بسیار زیادی روی ویسکوزیته سیال و ضریب کارایی لوله دارد.این فرمول برای مسیری که شیب لوله دارد چنین است

$$Q = 136.9E\left(\frac{T_b}{P_b}\right)\left[\frac{{P_A}^2 - (e^S){P_B}^2}{G^{0.8}T_f L_e \mu^{0.2}}\right]^{0.555} D^{2.667} \qquad 24$$

که: Q بر حسب $\frac{ft^3}{Day}$

که:L برحسب مایلmi

که : Dقطر داخلی لوله بر حسب اینچ

که:فشار P_B فشار پایین دستی بر حسب Psia

که: فشار P_A فشار بالا دستی بر حسب Psia

که : فشار P_b فشار پایه (معمولاً 14.7 Psia)

که : T_b حرارت پایه گاز برحسب°R (معمولاً °R 60+460=520)

که: T_f حرارت متوسط جریان گاز بر حسب°R

که :Gوزن مخصوص گاز 0.65

که:Z ضریب تراکم(Z) که بالا توضیح دادم

که :s تنظیم شیب خط لوله بدون بعد.

که: Z_A بلندی بالا دستی بر حسب ft

که: $-Z_B$ بلندی پایین دستی بر حسب ft

که: μ ویسکوزیته گاز بر حسب $^{lb}/_{ft-sec}$

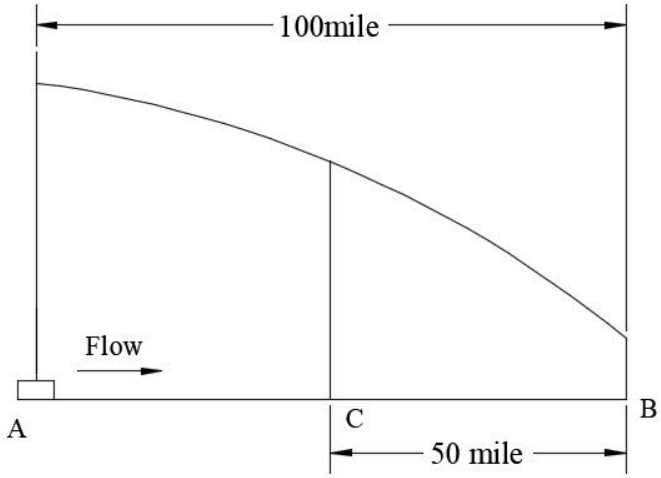
این فرمول بجای ضریب اصطکاک f ضریب کارایی لوله E را در نظر گرفته است هر چه لوله تازه تر باشد E=1 قرار می دهند و ویسکوزیته گاز $\mu = 0.000008\ ^{lb}/_{ft-sec}$ است و ناهمواری مطلق لوله پلی ایتلن $e = 0.00006\ in$ می باشد.

همان طور که مشاهده کردید برای محاسبه ظرفیت گاز در لوله ها فولادی فرمول ویموت ویا پند هندل A&B و یا فرمول عمومی گاز برای مسیر های کوتاه کارایی دارد و دقت عمل در آن زیاد است ولی برای مسیر طولانی مثلا 300 کیلومتر دیگر این دقت عمل لازم را ندارد برای اینکه فشاروظرفیت گازدر لوله رابطه مستقیم دارد. مثلاً اگر مسیر A ,B 300 کیلومتر باشد و با دانستن فشار خروجی در B اگر فشار ورودی را محاسبه کنیم بطور حتم خطای محاسبه خواهیم داشت ؛پس اگر مسیر را به چند قسمت مثلاً سه یا چهار ویا بیشتر قسمت کنیم دقت محاسبه بیشتر خواهد شد، البته این مستلزم کار اکسل ویا برنامه کامپیوتر است.

مثال : 5

مسیر خط گاز AB به طول 100 مایل به قطر اسمی 16 و به ضخامت 0.25 اینچ است (این مسیر را افقی در نظر بگیرید) ضرفیت گاز 100MMSCFD اگر فشار خروجی گاز PB=1000Psig باشد مطلوبست فشار ورودی گاز و ویسکوزیته گاز برابر با $\mu = 0.000008\ ^{lb}/_{ft-sec}$ است حرارت پایه گاز 60 درجه فارانهایت و فشار پایه گاز 14.7psia وضریب فاکتور Fبرابر 20 در نظر بگیرید.

قطر داخلی $D_i = 16 - 2x0.25 = 15.5\ in$



برای اینکه ضریب تراکم Z را بدست آوریم باید حرارت جریان گاز و فشار متوسط را داشته باشیم. در اینجا حدث می زنیم که فشار متوسط 1200 psig باشد ؛پس

$$Z = \frac{1}{1 + [\frac{P_{ave} X 344400 (10^{1.785G})}{T_f{}^{3.825}}]}$$

$$Z = \frac{1}{1 + [\frac{1200 X 344400 (10^{1.785 x 0.65})}{530^{3.825}}]}$$

$$Z = \frac{1}{1 + 0.227} = 0.815$$

استفاده از فرمول 13 داریم اول برای مسیر 100 مایل را حساب می کنیم

$$Q = 38.77\ F \left(\frac{T_b}{P_b} \right) \quad (\frac{P_A{}^2 - P_B{}^2}{G\ T_f\ LZ})^{0.50} \quad D^{2.5} \qquad 13$$

$$100x10^6 = 38.77\ x20 \left(\frac{520}{14.7} \right) \quad (\frac{P_A{}^2 - 1014.7^2}{0.65x530x100x0.815})^{0.50} \quad 15.5^{2.5}$$

$$P_A = 1202.8\ \ psia \qquad \rightarrow 1188\ psig$$

همان طور که در اکسل پایین مشاهده می کنید ،فشار ورودی 1202.8 psia بدست می ایدپس با سعی و خطا دوباره Z را محاسبه می کنیم تا Zمحاسبه شده یکسان شود ویک عدد را نشان دهد با خط قرمز در اکسل صفحه 79نشان داده شده است. بنابراین

$$P_A = 1205.58\ psia \qquad \rightarrow 1190.86\ psig$$

$$V = 0.002122\left(\frac{P_b}{T_b}\right)\left(\frac{Q}{D^2}\right)\left(\frac{ZT}{P_{avg}}\right) \qquad Z = \frac{1}{1+\left[\frac{1200X344400\left(10^{1.785x0.65}\right)}{530^{3.825}}\right]}$$

PB=1000 Psig

$$2.0\frac{m}{sec} \leq V \leq 20\frac{m}{sec}$$

For L=100 Mile

Psig P_{ave}	Q ft3/day	Inside D in	Z		$(P_A^2 - 1014.7^2)^{0.5}$	P_A^2	Psia P_A	psig P_A	Psia P_{ave}	Psig P_{ave}	V m/sec
1200	1.00E+08	15.5	0.8150		645.83	1446717	1202.80	1188.10	1111.407	1096.707	3.09941
1096.707	1.00E+08	15.5	0.8281		651.04	1453469	1205.60	1190.90	1112.885	1098.185	3.09941
1098.185	1.00E+08	15.5	0.8280		650.96	1453370	1205.56	1190.86	1112.864	1098.164	3.09941
1098.164	1.00E+08	15.5	0.8280		650.97	1453372	1205.56	1190.86	1112.864	1098.164	3.09941

$$100x10^6 = 38.77\,x20\left(\frac{520}{14.7}\right)\left(\frac{P_A^{\,2} - 1014.7^2}{0.65x530x100x0.815}\right)^{0.50} 15.5^{2.5}$$

$$P_{ave} = \frac{2}{3}\left(P_A + P_B - \frac{P_A P_B}{P_A + P_B}\right) \quad (2)$$

تعیین جدول ظرفیت گاز برای لوله پلی ایتلن

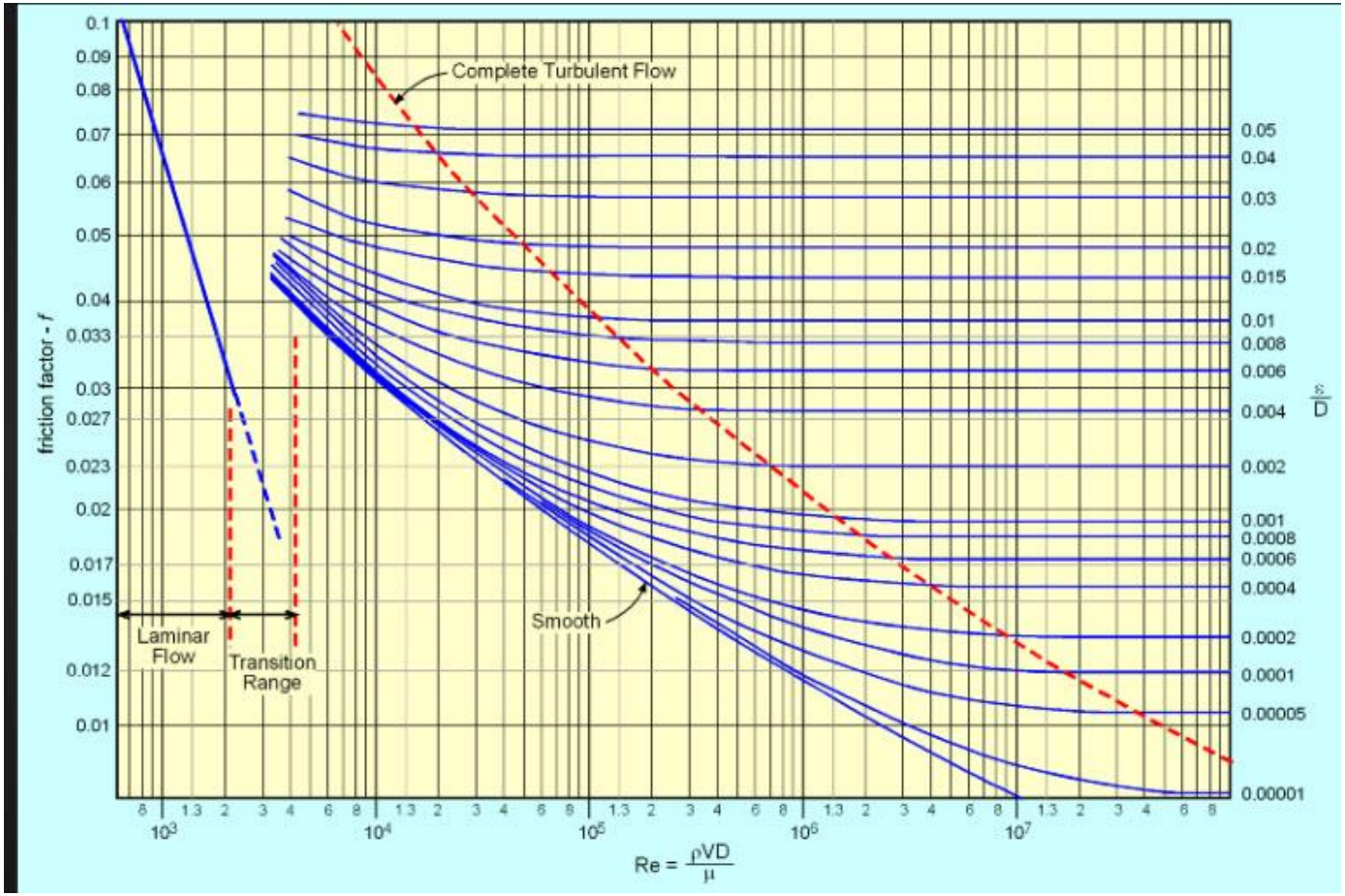
اینکه بتوانیم جدول ظرفیت گاز برای لوله پلی ایتلن را تهیه کنیم باید به ضریب اصطکاک **f** توجه خاصی داشته باشیم ضریب اصطکاک رابطه مستقیم ی با ناهمواری نسبی لوله وعدد رینولدز دارد اگر دایاگرام مودی را مورد بررسی قرار بدهیم(صفحه 81)،مشاهده می کنیم که منحنی لوله ها ی صاف (Smooth pipe) در این نمودار است ؛آقای مودی لوله صاف را این طور تعریف کرده ؛وآن اینکه اگر ناهمواری مطلق هر سطحی از اندازه $e = 5x10^{-6}\ ft = 0.0015\ mm$ کمتر باشد آن سطح را صاف می گویند؛وچون ناهمواری مطلق پلی ایتلن $f = 0.005mm = 0.16x10^{-6}\ ft$ است و از اندازه تعریف شده کمتر است ؛ پس می توان لوله پلی ایتلن را جزو لوله های صاف قرار داد. اگر ما ناهمواری نسبی را به حداقل برسانیم . یعنی جدار لوله را صاف در نظر بگیریم درنتیجه ضریب اصطکاک تابعی از عدد رینولد خواهد بود،فردی که توانست در لوله های صاف و در جریان متلاطم ضریب اصطکاک را بر حسب عدد رینولد فرموله کند، آقای بلاسیوس (Blasius) بود که ایشان با آزمایشات مکرر اطلاعات را جمع آوری نمود. واز آنها فرمول زیر را بدست آورد و این فرمول تا عدد رینولدز

Re< 100,000. صحیح عمل می کند

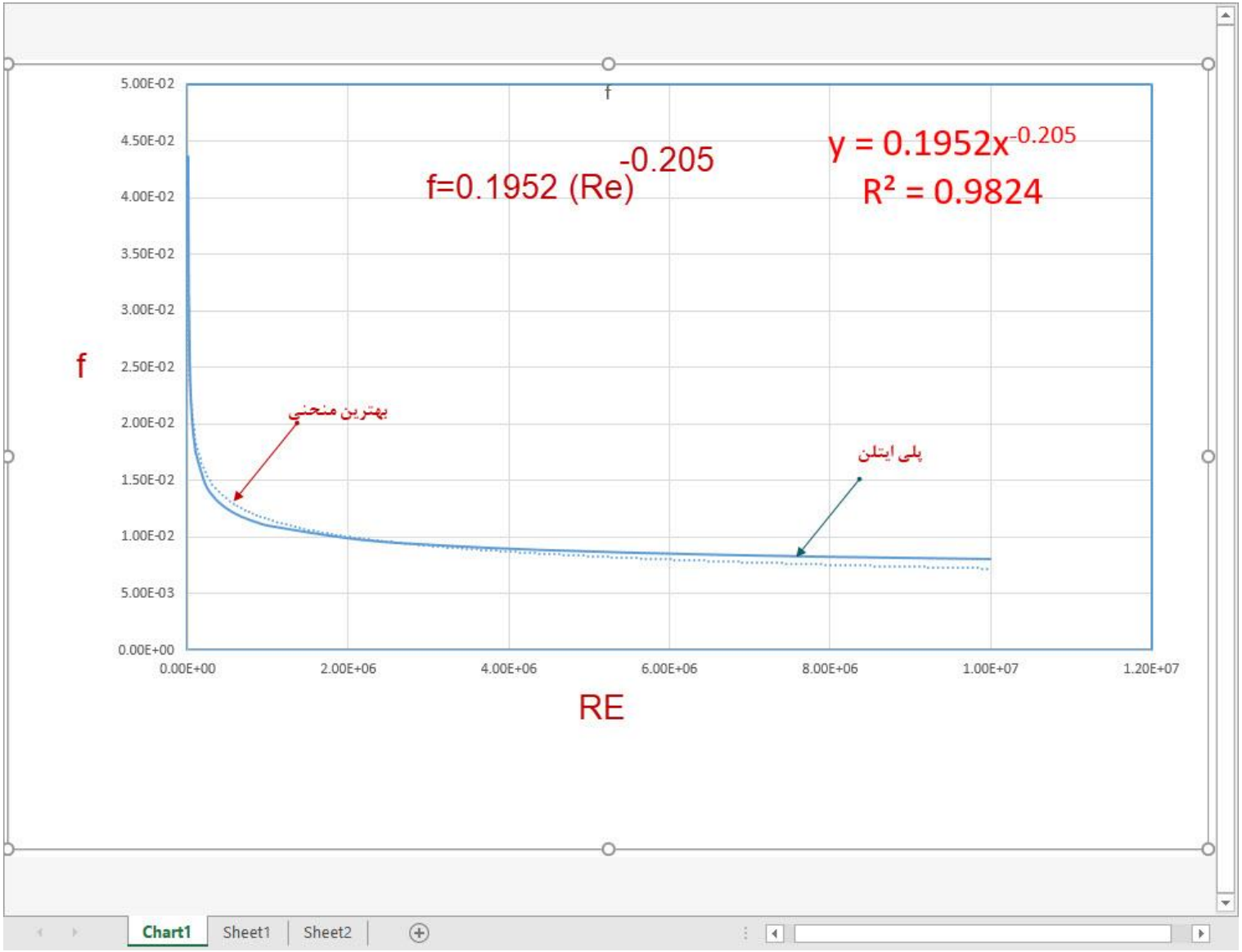
$$f = \frac{0.316}{Re^{0.25}}$$

اما اینجانب با گرفتن اطلاعات از چارت مودی رابطه f وعدد رینولدزRe را بدست آوردم و در اکسل گذاشته وبهترین فرمول (Best Curve) را تهیه کردم مشاهده به فرمایید وفرمول چنین است. این فرمول تا عدد $Re = 10^7$ صحیح می باشد

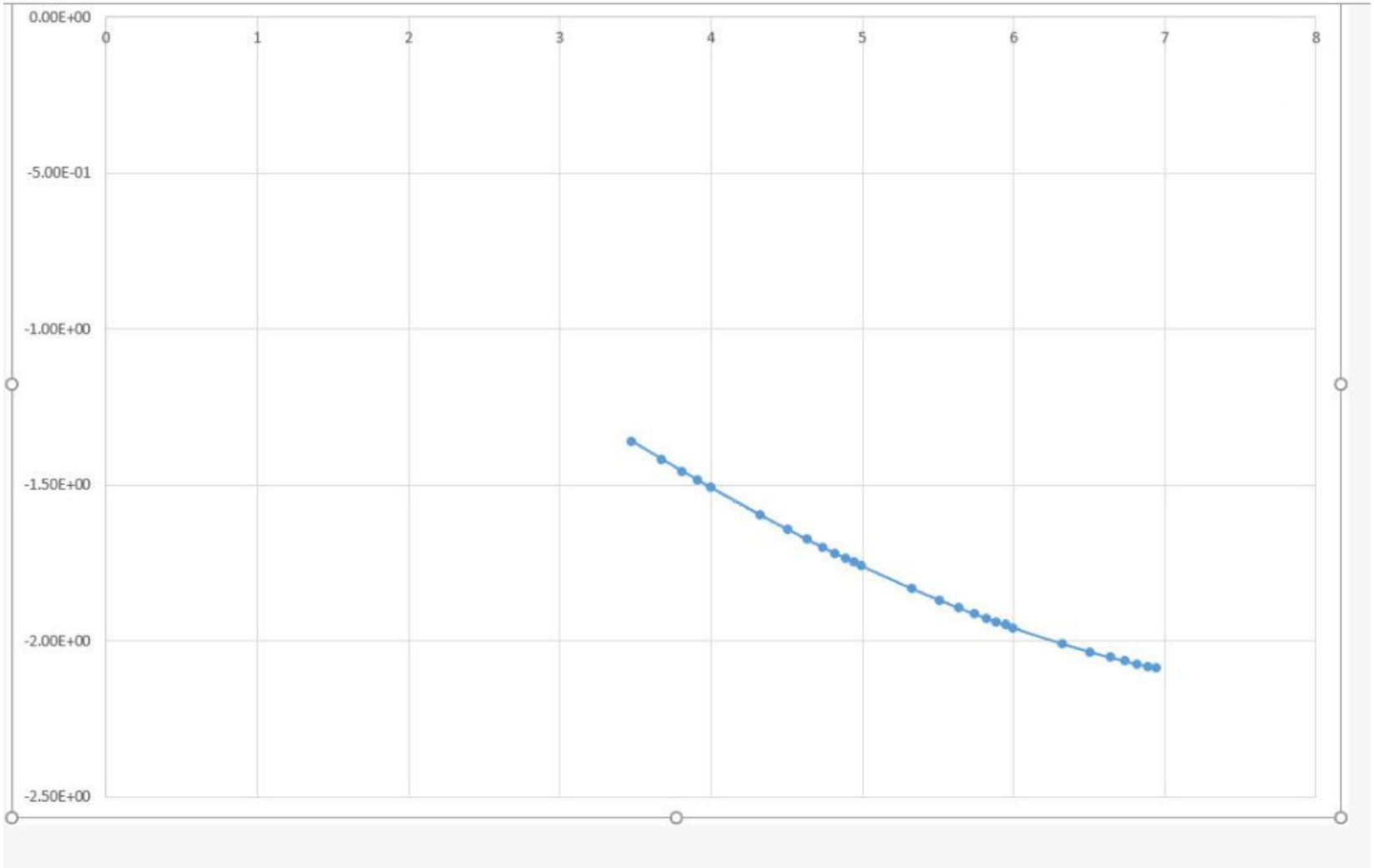
$$f = 0.1952(Re)^{-0.205} \quad Polyethelen \quad 25$$



اطلاعات بدست آمده و تعیین فرمول در اکسل



آقای مودی اطلاعات خود را در چارت LOG-LOG پلات کردو اینجانب اطلاعات بدست آمده خود را LOG-LOG به کمک اکسل ترسیم کردم ؛مشاهده می فرمایید



اینجانب برای اینکه فرمول ظرفیت گاز برای پلی ایتلن تهیه کنیم

از فرمول عمومی جریان گاز(General Flow equation)استفاده می کنیم که در آن فرمول ضریب اصطکاکf منظور شده است

$$Q = 77.54 \left(\frac{T_b}{P_b} \right) \quad \left(\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{G\ T_f\ LZf} \right)^{0.50} \quad D^{2.5}$$

رابطهf و Re که اینجانب بدست آوردم چنین است

$$f = 0.1952(Re)^{-0.205} \quad Polyethelen$$

فرمول رینولدز چنین است

$$Re = 0.0004778 \left(\frac{P_b}{T_b} \right) \left(\frac{GQ}{\mu D} \right)$$

ظرفیت گاز را می توان چنین نوشت یعنی fرا خارج می کنیم

$$Q = 77.54 \left(\frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{G\ T_f\ LZ} \right)^{0.50} f^{-0.5}\ D^{2.5}$$

جا گذاری می کنیم با توجه به اینکه توان تبدیل؛ میشود به-0.205x-0.5=0.1025

$$f^{-0.5} = 0.1952^{-0.5}(Re)^{0.1025}$$

عدد رینولدز را جاگذاری می کنیم

$$f^{-0.5} = 0.1952^{-0.5}(0.0004778)^{0.1025}\left(\frac{P_b}{T_b}\right)^{0.1025}\left(\frac{GQ}{\mu D}\right)^{0.1025}$$

$$Q = 77.54 \left(\frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{G\ T_f\ LZ} \right)^{0.50} 0.1952^{-0.5}(0.0004778)^{0.1025}\left(\frac{P_b}{T_b}\right)^{0.1025}\left(\frac{GQ}{\mu D}\right)^{0.1025} D^{2.5}$$

طرفین معادله را بر $Q^{0.1025}$ تقسیم می کنیم با توجه با اینکه1-0.1025=0.8975 است پس

$$Q^{0.8975} = 77.54 \left(\frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{G\ T_f\ LZ} \right)^{0.50} 0.1952^{-0.5}(0.0004778)^{0.1025}\left(\frac{P_b}{T_b}\right)^{0.1025}\left(\frac{G}{\mu D}\right)^{0.1025} D^{2.5}$$

$$Q^{0.8975} = 77.54 \left(\frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{G\ T_f\ LZ} \right)^{0.50} 0.1952^{-0.5}(0.0004778)^{0.1025}\left(\frac{P_b}{T_b}\right)^{0.1025}\left(\frac{G}{\mu D}\right)^{0.1025} D^{2.5}$$

طرفین معادله را به توان $\frac{1}{0.8975} = 1.1142$ می رسانیم با توجه به اینکه

$$\left(\frac{T_b}{P_b}\right)^{1.1142}\left(\frac{P_b}{T_b}\right)^{0.1142} = \frac{T_b}{P_b}$$

با توجه به اینکه0.5/0.8975=0.557

و0.1025/0.8975=0.1142

و2.5/0.8975=2.7855

1/0.8975=1.1142

$$Q = 77.54^{1.1142}\left(\frac{T_b}{P_b}\right)^{1.1142}\left(\frac{P_1^{\,2} - P_2^{\,2}}{G\ T_f\ LZ}\right)^{0.557}\ 0.1952^{-0.557}(0.0004778)^{0.1142}\left(\frac{P_b}{T_b}\right)^{0.1142}\left(\frac{G}{\mu D}\right)^{0.1142} D^{2.7855}$$

عددG را از مخرج خارج می کنیم

$$Q = 77.54^{1.1142}\left(\frac{T_b}{P_b}\right)^{1}\left(\frac{P_1^{\,2} - P_2^{\,2}}{T_f\ LZ}\right)^{0.557}\ 0.1952^{-0.557}(0.0004778)^{0.1142}\left(\frac{G}{\mu D}\right)^{0.1142} G^{-0.557}\ D^{2.7855}$$

قطرD را از مخرج خارج می کنیم

$$Q = 77.54^{1.1142}\left(\frac{T_b}{P_b}\right)^{1}\left(\frac{P_1^{\,2} - P_2^{\,2}}{T_f\ LZ}\right)^{0.557}\ 0.1952^{-0.557}(0.0004778)^{0.1142}\left(\frac{1}{\mu}\right)^{0.1142} D^{-0.1142} G^{-0.443}\ D^{2.6713}$$

عدد ها را دوباره طبق رابطه زیر زیر مخرج می بریم

$$\left(\frac{1}{\mu}\right)^{0.1142} = \left(\frac{1}{\mu}\right)^{0.205\,X0.557}$$

$$G^{-0.443} = G^{-0.795x0.557}$$

$$Q = 77.54^{1.1142}\left(\frac{T_b}{P_b}\right)\ \left(\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{G^{0.795}\mu^{0.205}T_f\,LZ}\right)^{0.557}\ 0.1952^{-0.557}(0.0004778)^{0.1142}\ D^{2.6713}$$

فرمولی که اینجانب بدست آوردم این است

$$Q = 132.21\left(\frac{T_b}{P_b}\right)\ \left(\frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{G^{0.795}\mu^{0.205}T_f\,LZ}\right)^{0.557}\ D^{2.6713}\qquad 26$$

برای لوله شیب دار داریم

$$Q = 132.21\left(\frac{T_b}{P_b}\right)\ \left(\frac{{P_1}^2 - e^s{P_2}^2}{G^{0.795}\mu^{0.205}T_f\,L_eZ}\right)^{0.557}\ D^{2.6713}\qquad 27$$

بیایم مسئله 4 را با این فرمول لوله پلی ایتلن حل کنیم

$$14500x35.28x24 = 132.21\left(\frac{460+60}{14.7}\right)\left[\frac{1264.7^2-(e^{0.000128})74.70^2}{0.65^{0.795}x(460+80)x0.0000008^{0.205}x17.5x0.870}\right]^{0.557} D^{2.6713} \quad (4)$$

$$D^{2.7855} = \frac{14500x35.28x24x14.7x0.65^{0.443}x530^{0.557}x0.000008^{0.1142}x17.5^{0.557}}{132.21x520x(1264.7^2-74.7^2)^{0.557}}$$

$$D^{2.6713} = 32.34 \qquad \rightarrow D = 3.5 \ in$$

قبلاً با سعی وخطاء همین عدد را بدست آوردیم

حالا می توانیم با فرمول بدست آمده اینجانب برای پلی ایتلن؛ ظرفیت گاز برای لوله های پلی ایتلن با فشار اولیه 0.25 و 2و5و15و30و50و60 پوند و برای طول های لوله 15متر الی 600 متر و برای قطرهای مختلف حساب می کنیم و افت فشار 10 درصد اعمال می شود.

اما برای فشار 0.25 پوند وافت فشار 12.7 میلی متر ستون آب طول لوله را از 2 تا 300 متر در نظر می گیریم.

$$12.7\ mm - H_2o = 0.018\ psi$$

حداکثر افت فشار $12.7\ mm\text{-}H_2O$ و یا $0.50\ In\text{-}H_2O$

شرکت گاز استفاده از لوله پلی ایتلن را بری خانگی ممنوع کرده ولی من این جدول را درست کردم

ظرفیت گاز برای لوله های پلی ایتلن با فشار اولیه 0.25 پوند وافت فشار 12.7 میلی متر ستون آب

Inside,Dia	0.602	0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4
Diameter	N s 1/2 in	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in
Length m	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr
2	5.79	12.96	25.76	49.41	86.57	155.30	221.60	343.10	593.20
4	3.93	8.81	17.51	33.58	58.84	118.94	195.10	343.10	593.20
6	3.14	7.03	13.97	26.79	46.95	94.90	155.66	286.07	593.20
8	2.67	5.99	11.90	22.83	40.00	80.85	132.61	243.71	522.49
10	2.36	5.29	10.51	20.16	35.32	71.40	117.12	215.23	461.42
12	2.13	4.78	9.50	18.21	31.91	64.50	105.81	194.45	416.87
14	1.96	4.38	8.71	16.71	29.29	59.20	97.10	178.45	382.57
16	1.82	4.07	8.09	15.52	27.19	54.95	90.14	165.66	355.14
18	1.70	3.81	7.58	14.53	25.46	51.46	84.42	155.14	332.59
20	1.60	3.59	7.14	13.70	24.01	48.53	79.60	146.29	313.64
22	1.52	3.41	6.78	12.99	22.77	46.02	75.49	138.73	297.42
24	1.45	3.25	6.45	12.38	21.69	43.84	71.92	132.17	283.35
26	1.39	3.10	6.17	11.84	20.75	41.93	68.78	126.40	270.99
28	1.33	2.98	5.92	11.36	19.91	40.24	66.00	121.29	260.04
30	1.28	2.87	5.70	10.93	19.16	38.72	63.51	116.72	250.23
35	1.18	2.63	5.23	10.03	17.58	35.53	58.29	107.12	229.64
40	1.09	2.44	4.86	9.31	16.32	32.99	54.11	99.44	213.18
45	1.02	2.29	4.55	8.72	15.28	30.89	50.67	93.12	199.65
50	0.96	2.16	4.29	8.22	14.41	29.13	47.78	87.82	188.27
55	0.91	2.05	4.07	7.80	13.67	27.62	45.31	83.28	178.53
60	0.87	1.95	3.87	7.43	13.02	26.32	43.17	79.34	170.09
70	0.80	1.79	3.56	6.82	11.95	24.15	39.62	72.81	156.09
80	0.74	1.66	3.30	6.33	11.09	22.42	36.78	67.59	144.90
90	0.69	1.55	3.09	5.93	10.39	21.00	34.44	63.30	135.70
100	0.65	1.47	2.92	5.59	9.80	19.80	32.48	59.69	127.97
120	0.59	1.32	2.63	5.05	8.85	17.89	29.34	53.93	115.61
150	0.52	1.17	2.33	4.46	7.82	15.80	25.91	47.62	102.10
200	0.45	1.00	1.98	3.80	6.66	13.46	22.08	40.57	86.98
250	0.39	0.88	1.75	3.36	5.88	11.89	19.50	35.83	76.82
300	0.36	0.80	1.58	3.03	5.31	10.74	17.61	32.37	69.40

ظرفیت با قرمز اصلاح شده است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده

محاسبه سرعت که برای بعضی ها اصلاح شده است

Inside,Diam	0.602	0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4
Diameter	3/4 in	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in
Length	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s
2	8.6	10.8	13.1	15.8	18.5	20.0	20.0	20.0	20.0
4	5.9	7.3	8.9	10.7	12.6	15.3	17.6	20.0	20.0
6	4.7	5.9	7.1	8.6	10.0	12.2	14.0	16.7	20.0
8	4.0	5.0	6.1	7.3	8.5	10.4	12.0	14.2	17.6
10	3.5	4.4	5.4	6.4	7.5	9.2	10.6	12.5	15.6
12	3.2	4.0	4.8	5.8	6.8	8.3	9.5	11.3	14.1
14	2.9	3.7	4.4	5.3	6.2	7.6	8.8	10.4	12.9
16	2.7	3.4	4.1	5.0	5.8	7.1	8.1	9.7	12.0
18	2.5	3.2	3.9	4.6	5.4	6.6	7.6	9.0	11.2
20	2.4	3.0	3.6	4.4	5.1	6.2	7.2	8.5	10.6
22	2.3	2.8	3.5	4.1	4.9	5.9	6.8	8.1	10.0
24	2.2	2.7	3.3	4.0	4.6	5.6	6.5	7.7	9.6
26	2.1	2.6	3.1	3.8	4.4	5.4	6.2	7.4	9.1
28	2.0	2.5	3.0	3.6	4.2	5.2	6.0	7.1	8.8
30	1.9	2.4	2.9	3.5	4.1	5.0	5.7	6.8	8.4
35	1.7	2.2	2.7	3.2	3.8	4.6	5.3	6.2	7.7
40	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5	4.2	4.9	5.8	7.2
45	1.5	1.9	2.3	2.8	3.3	4.0	4.6	5.4	6.7
50	1.4	1.8	2.2	2.6	3.1	3.8	4.3	5.1	6.3
55	1.4	1.7	2.1	2.5	2.9	3.6	4.1	4.9	6.0
60	1.3	1.6	2.0	2.4	2.8	3.4	3.9	4.6	5.7
70	1.2	1.5	1.8	2.2	2.5	3.1	3.6	4.2	5.3
80	1.1	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.3	3.9	4.9
90	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.1	3.7	4.6
100	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.9	3.5	4.3
120	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.6	3.1	3.9
150	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.3	2.8	3.4
200	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9
250	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.1	2.6
300	0.5	0.7	0.8	1.0	1.1	1.4	1.6	1.9	2.3

اصلاح دبی Q				
2.047	2.445	3.042	4	
155.3	221.6	343.1	593.2	
		343.1	593.2	
			593.2	

ظرفیت گاز برای لوله های پلی ایتلن با فشار اولیه 2 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam		0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
Diameter		3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	Z	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$
15	0.9969	17.83	35.46	68.00	104.10	172.60	246.20	381.20	659.10	1498.20
30	0.9969	12.12	24.10	46.22	80.99	163.71	246.20	381.20	659.10	1498.20
45	0.9969	9.67	19.23	36.88	64.62	130.62	214.25	381.20	659.10	1498.20
60	0.9969	8.24	16.38	31.42	55.05	111.28	182.53	335.45	659.10	1498.20
75	0.9969	7.28	14.47	27.75	48.62	98.27	161.20	296.24	635.10	1498.20
90	0.9969	6.57	13.07	25.07	43.92	88.78	145.63	267.63	573.77	1498.20
120	0.9969	5.60	11.14	21.36	37.42	75.64	124.07	228.01	488.82	1498.20
150	0.9969	4.95	9.83	18.86	33.05	66.80	109.57	201.36	431.69	1354.90
200	0.9969	4.21	8.38	16.07	28.15	56.91	93.35	171.55	367.77	1154.29
250	0.9969	3.72	7.40	14.19	24.86	50.26	82.44	151.50	324.79	1019.38
300	0.9969	3.36	6.68	12.82	22.46	45.40	74.47	136.87	293.43	920.95
350	0.9969	3.09	6.13	11.76	20.61	41.67	68.35	125.61	269.28	845.17
400	0.9969	2.86	5.69	10.92	19.14	38.68	63.45	116.60	249.98	784.59
450	0.9969	2.68	5.33	10.23	17.92	36.22	59.42	109.20	234.11	734.77
500	0.9969	2.53	5.03	9.64	16.90	34.16	56.03	102.97	220.76	692.89
550	0.9969	2.40	4.77	9.15	16.03	32.39	53.14	97.65	209.35	657.06
600	0.9969	2.28	4.54	8.71	15.27	30.86	50.62	93.03	199.45	625.98

ظرفیت با قرمز اصلاح شده است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده

محاسبه سرعت که برای بعضی ها اصلاح شده است

Inside,Diam	0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s
15	13.4	16.3	19.5	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
30	9.1	11.1	13.3	15.6	19.0	20.0	20.0	20.0	20.0
45	7.3	8.8	10.6	12.4	15.1	17.4	20.0	20.0	20.0
60	6.2	7.5	9.0	10.6	12.9	14.8	17.6	20.0	20.0
75	5.5	6.6	8.0	9.3	11.4	13.1	15.5	19.3	20.0
90	4.9	6.0	7.2	8.4	10.3	11.8	14.0	17.4	20.0
120	4.2	5.1	6.1	7.2	8.8	10.1	12.0	14.8	20.0
150	3.7	4.5	5.4	6.3	7.7	8.9	10.6	13.1	18.1
200	3.2	3.8	4.6	5.4	6.6	7.6	9.0	11.2	15.4
250	2.8	3.4	4.1	4.8	5.8	6.7	7.9	9.9	13.6
300	2.5	3.1	3.7	4.3	5.3	6.0	7.2	8.9	12.3
350	2.3	2.8	3.4	4.0	4.8	5.6	6.6	8.2	11.3
400	2.2	2.6	3.1	3.7	4.5	5.2	6.1	7.6	10.5
450	2.0	2.4	2.9	3.4	4.2	4.8	5.7	7.1	9.8
500	1.9	2.3	2.8	3.2	4.0	4.6	5.4	6.7	9.2
550	1.8	2.2	2.6	3.1	3.8	4.3	5.1	6.4	8.8
600	1.7	2.1	2.5	2.9	3.6	4.1	4.9	6.1	8.4
									اصلاح دبی Q
				1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
				104.1	172.6	246.2	381.2	659.1	1498.2
						246.2	381.2	659.1	1498.2
							381.2	659.1	1498.2
								659.1	1498.2
									1498.2
									1498.2
									1498.2

ظرفیت گاز برای لوله های پلی ایتلن با فشار اولیه 5 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$
15	31.0	51.0	82.0	122.0	202.0	289.0	447.0	772.0	1755.0
30	22.1	43.9	82.0	122.0	202.0	289.0	447.0	772.0	1755.0
45	17.6	35.0	67.1	117.6	202.0	289.0	447.0	772.0	1755.0
60	15.0	29.8	57.2	100.2	202.0	289.0	447.0	772.0	1755.0
75	13.2	26.3	50.5	88.5	178.9	289.0	447.0	772.0	1755.0
90	12.0	23.8	45.6	80.0	161.6	265.1	447.0	772.0	1755.0
120	10.2	20.3	38.9	68.1	137.7	225.8	415.0	772.0	1755.0
150	9.0	17.9	34.3	60.2	121.6	199.4	366.5	772.0	1755.0
200	7.7	15.2	29.2	51.2	103.6	169.9	312.3	669.4	1755.0
250	6.8	13.5	25.8	45.3	91.5	150.1	275.8	591.2	1755.0
300	6.1	12.2	23.3	40.9	82.6	135.6	249.1	534.1	1676.3
350	5.6	11.2	21.4	37.5	75.8	124.4	228.6	490.2	1538.4
400	5.2	10.4	19.9	34.8	70.4	115.5	212.2	455.0	1428.1
450	4.9	9.7	18.6	32.6	65.9	108.2	198.8	426.1	1337.4
500	4.6	9.2	17.6	30.8	62.2	102.0	187.4	401.8	1261.2
550	4.4	8.7	16.6	29.2	59.0	96.7	177.7	381.1	1196.0
600	4.2	8.3	15.9	27.8	56.2	92.1	169.3	363.0	1139.4

ظرفیت با قرمز اصلاح شده است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده

محاسبه سرعت که برای بعضی ها اصلاح شده است

Inside,Diam	0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s
15	20	20.0	20	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
30	14	17.2	20	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
45	11	13.7	16.5	19.3	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
60	10	11.7	14.0	16.4	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
75	8	10.3	12.4	14.5	17.7	20.0	20.0	20.0	20.0
90	8	9.3	11.2	13.1	16.0	18.4	20.0	20.0	20.0
120	7	7.9	9.5	11.2	13.6	15.7	18.6	20.0	20.0
150	6	7.0	8.4	9.9	12.0	13.8	16.4	20.0	20.0
200	5	6.0	7.2	8.4	10.2	11.8	14.0	17.3	20.0
250	4	5.3	6.3	7.4	9.0	10.4	12.3	15.3	20.0
300	4	4.8	5.7	6.7	8.2	9.4	11.2	13.8	19.1
350	4	4.4	5.3	6.2	7.5	8.6	10.2	12.7	17.5
400	3	4.1	4.9	5.7	7.0	8.0	9.5	11.8	16.3
450	3	3.8	4.6	5.3	6.5	7.5	8.9	11.0	15.2
500	3	3.6	4.3	5.0	6.1	7.1	8.4	10.4	14.4
550	3	3.4	4.1	4.8	5.8	6.7	8.0	9.9	13.6
600	3	3.2	3.9	4.6	5.6	6.4	7.6	9.4	13.0

0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031	اصلاح دبی Q
31	51	82	122	202	289	447	772	1755	
		82	122	202	289	447	772	1755	
				202	289	447	772	1755	
				202	289	447	772	1755	
					289	447	772	1755	
						447	772	1755	
							772	1755	
							772	1755	
								1755	
								1755	

ظرفیت گاز برای لوله های پلی ایتلن با فشار اولیه 15 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$
15	31.0	51.0	82.0	122.0	202.0	289.0	447.0	772.0	1755
30	31.0	51.0	82.0	122.0	202.0	289.0	447.0	772.0	1755
45	31.0	51.0	82.0	122.0	202.0	289.0	447.0	772.0	1755
60	31.0	51.0	82.0	122.0	202.0	289.0	447.0	772.0	1755
75	30.5	51.0	82.0	122.0	202.0	289.0	447.0	772.0	1755
90	27.6	51.0	82.0	122.0	202.0	289.0	447.0	772.0	1755
120	23.5	46.7	82.0	122.0	202.0	289.0	447.0	772.0	1755
150	20.7	41.2	79.1	122.0	202.0	289.0	447.0	772.0	1755
200	17.7	35.1	67.4	118.0	202.0	289.0	447.0	772.0	1755
250	15.6	31.0	59.5	104.2	202.0	289.0	447.0	772.0	1755
300	14.1	28.0	53.7	94.2	190.4	289.0	447.0	772.0	1755
350	12.9	25.7	49.3	86.4	174.7	286.6	447.0	772.0	1755
400	12.0	23.9	45.8	80.2	162.2	266.0	447.0	772.0	1755
450	11.2	22.4	42.9	75.1	151.9	249.1	447.0	772.0	1755
500	10.6	21.1	40.4	70.9	143.2	234.9	431.8	772.0	1755
550	10.1	20.0	38.3	67.2	135.8	222.8	409.4	772.0	1755
600	9.6	19.0	36.5	64.0	129.4	212.2	390.1	772.0	1755

ظرفیت با قرمز اصلاح شده است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده

محاسبه سرعت که برای بعضی ها اصلاح شده است

Inside,Diam	0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s
15	20	20.0	20	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
30	20	20.0	20	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
45	20	20.0	20	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
60	20	20.0	20	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
75	19.6	20.0	20	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
90	17.7	20.0	20	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
120	15.1	18.3	20	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
150	13.3	16.1	19.4	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
200	11.3	13.7	16.5	19.3	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
250	10.0	12.1	14.6	17.1	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
300	9.0	11.0	13.2	15.4	18.8	20.0	20.0	20.0	20.0
350	8.3	10.1	12.1	14.2	17.3	19.9	20.0	20.0	20.0
400	7.7	9.3	11.2	13.2	16.0	18.4	20.0	20.0	20.0
450	7.2	8.8	10.5	12.3	15.0	17.3	20.0	20.0	20.0
500	6.8	8.3	9.9	11.6	14.2	16.3	19.3	20.0	20.0
550	6.4	7.8	9.4	11.0	13.4	15.4	18.3	20.0	20.0
600	6.1	7.5	9.0	10.5	12.8	14.7	17.5	20.0	20.0

اصلاح دبی Q

0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
31	51	82	122	202	289	447	772	1755
		82	122	202	289	447	772	1755

ظرفیت گاز برای لوله های پلی ایتلن با فشار اولیه 30 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$
15	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
30	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
45	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
60	63.61	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
75	56.17	111.69	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
90	50.75	100.91	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
120	43.24	85.97	164.87	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
150	38.18	75.92	145.60	255.13	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
200	32.53	64.68	124.04	217.36	439.34	641.10	992.00	1716.00	3900.80
250	28.73	57.12	109.54	191.95	387.99	636.43	992.00	1716.00	3900.80
300	25.95	51.60	98.97	173.42	350.52	574.98	992.00	1716.00	3900.80
350	23.82	47.36	90.82	159.15	321.68	527.67	992.00	1716.00	3900.80
400	22.11	43.96	84.31	147.74	298.62	489.84	900.22	1716.00	3900.80
450	20.71	41.17	78.96	138.36	279.66	458.74	843.05	1716.00	3900.80
500	19.53	38.83	74.46	130.47	263.72	432.59	795.00	1704.38	3900.80
550	18.52	36.82	70.61	123.73	250.09	410.23	753.90	1616.26	3900.80
600	17.64	35.08	67.27	117.87	238.26	390.82	718.23	1539.79	3900.80
800	15.03	29.88	57.31	100.42	202.98	332.95	611.89	1311.81	3900.80
1000	13.27	26.39	50.61	88.68	179.26	294.04	540.37	1158.49	3636.05

ظرفیت با قرمز اصلاح شده است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده

ظرفیت با قرمز اصلاح شده است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده

محاسبه سرعت که برای بعضی ها اصلاح شده است									
Inside,Diam	0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s
15	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
45	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
60	18.4	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
75	16.2	19.7	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
90	14.6	17.8	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
120	12.5	15.1	18.2	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
150	11.0	13.4	16.1	18.8	20.0	20.0	20	20.0	20.0
200	9.4	11.4	13.7	16.0	19.6	20.0	20	20.0	20.0
250	8.3	10.1	12.1	14.2	17.3	19.9	20	20.0	20.0
300	7.5	9.1	10.9	12.8	15.6	17.9	20	20.0	20.0
350	6.9	8.3	10.0	11.7	14.3	16.5	20	20.0	20.0
400	6.4	7.7	9.3	10.9	13.3	15.3	18	20.0	20.0
450	6.0	7.3	8.7	10.2	12.4	14.3	17	20.0	20.0
500	5.6	6.8	8.2	9.6	11.7	13.5	16	19.9	20.0
550	5.3	6.5	7.8	9.1	11.1	12.8	15	18.8	20.0
600	5.1	6.2	7.4	8.7	10.6	12.2	14	17.9	20.0
800	4.3	5.3	6.3	7.4	9.0	10.4	12	15.3	20.0
1000	3.8	4.6	5.6	6.5	8.0	9.2	11	13.5	18.6
									اصلاح دبی Q
	0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
	69.3	113.6	181.2	271.1	449.4	641.1	992	1716	3900.8
	69.3	113.6	181.2	271.1	449.4	641.1	992	1716	3900.8
	69.3	113.6	181.2	271.1	449.4	641.1	992	1716	3900.8

ظرفیت گاز برای لوله های پلی ایتلن با فشار اولیه 50 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$
15	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
30	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
45	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
60	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
75	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
90	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
120	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
150	62.31	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
200	53.09	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
250	46.88	93.22	178.78	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
300	42.36	84.22	161.51	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
350	38.87	77.29	148.23	259.73	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
400	36.08	71.75	137.60	241.11	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
450	33.79	67.19	128.86	225.80	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
500	31.87	63.36	121.52	212.93	430.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
550	30.22	60.09	115.24	201.92	408.15	641.10	992.00	1716.00	3900.80
600	28.79	57.24	109.78	192.37	388.84	637.82	992.00	1716.00	3900.80
800	24.53	48.77	93.53	163.89	331.27	543.39	992.00	1716.00	3900.80
1000	21.66	43.07	82.60	144.73	292.55	479.88	881.90	1716.00	3900.80

ظرفیت با قرمز اصلاح شده است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده

محاسبه سرعت که برای بعضی ها اصلاح شده است

Inside,Diam	0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s
15	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
45	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
60	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
75	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
90	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
120	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
150	18.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
200	15.3	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
250	13.5	16.4	19.7	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
300	12.2	14.8	17.8	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
350	11.2	13.6	16.4	19.2	20.0	20.0	20	20.0	20.0
400	10.4	12.6	15.2	17.8	20.0	20.0	20	20.0	20.0
450	9.7	11.8	14.2	16.7	20.0	20.0	20	20.0	20.0
500	9.2	11.2	13.4	15.7	19.2	20.0	20	20.0	20.0
550	8.7	10.6	12.7	14.9	18.2	20.0	20	20.0	20.0
600	8.3	10.1	12.1	14.2	17.3	19.9	20	20.0	20.0
800	7.1	8.6	10.3	12.1	14.7	17.0	20	20.0	20.0
1000	6.2	7.6	9.1	10.7	13.0	15.0	18	20.0	20.0

اصلاح دبی Q

0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
69.3	113.6	181.2	271.1	449.4	641.1	992	1716	3900.8
69.3	113.6	181.2	271.1	449.4	641.1	992	1716	3900.8
69.3	113.6	181.2	271.1	449.4	641.1	992	1716	3900.8

ظرفیت گاز برای لوله های پلی ایتلن با فشار اولیه 60 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$
15	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
30	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
45	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
60	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
75	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
90	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
120	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
150	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
200	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
250	56.20	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
300	50.77	100.96	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
350	46.60	92.65	177.69	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
400	43.26	86.01	164.95	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
450	40.51	80.55	154.48	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
500	38.20	75.96	145.67	255.26	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
550	36.23	72.03	138.14	242.06	489.27	641.10	992.00	1716.00	3900.80
600	34.51	68.62	131.60	230.61	466.12	641.10	992.00	1716.00	3900.80
800	29.40	58.46	112.12	196.46	397.11	651.39	992.00	1716.00	3900.80
1000	25.97	51.63	99.01	173.50	350.69	575.26	1057.18	1716.00	3900.80

ظرفیت با قرمز اصلاح شده است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده

محاسبه سرعت که برای بعضی ها اصلاح شده است

Inside,Diam	0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s	V=m/s
15	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
45	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
60	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
75	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
90	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
120	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
150	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
200	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
250	16.2	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
300	14.6	17.8	20.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
350	13.4	16.3	19.6	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
400	12.5	15.1	18.2	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
450	11.7	14.2	17.0	20.0	20.0	20.0	20	20.0	20.0
500	11.0	13.4	16.1	18.8	20.0	20.0	20	20.0	20.0
550	10.5	12.7	15.2	17.9	21.8	20.0	20	20.0	20.0
600	10.0	12.1	14.5	17.0	20.7	20.0	20	20.0	20.0
800	8.5	10.3	12.4	14.5	17.7	20.3	20	20.0	20.0
1000	7.5	9.1	10.9	12.8	15.6	17.9	21	20.0	20.0

اصلاح دبی Q

0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
69.3	113.6	181.2	271.1	449.4	641.1	992	1716	3900.8
69.3	113.6	181.2	271.1	449.4	641.1	992	1716	3900.8
69.3	113.6	181.2	271.1	449.4	641.1	992	1716	3900.8

ظرفیت با قرمز اصلاح شده است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده

ظرفیت با قرمز اصلاح شده است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه است وسرعت خوردگی هم نشان داده شده است

Inside,Diam	0.804	1.029	1.3	1.59	2.047	2.445	3.042	4	6.031
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr
15	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
30	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
45	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
60	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
75	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
90	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
120	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
150	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
200	69.30	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
250	56.20	113.60	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
300	50.77	100.96	181.20	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
350	46.60	92.65	177.69	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
400	43.26	86.01	164.95	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
450	40.51	80.55	154.48	271.10	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
500	38.20	75.96	145.67	255.26	449.40	641.10	992.00	1716.00	3900.80
550	36.23	72.03	138.14	242.06	489.27	641.10	992.00	1716.00	3900.80
600	34.51	68.62	131.60	230.61	466.12	641.10	992.00	1716.00	3900.80
800	29.40	58.46	112.12	196.46	397.11	651.39	992.00	1716.00	3900.80
1000	25.97	51.63	99.01	173.50	350.69	575.26	1057.18	1716.00	3900.80

62.1

$$V_{Er}\,(\text{سرعت خوردگی}) = 100\sqrt{\frac{ZRT}{29GP_{ave}}}$$

$$V_{Er}\,(\text{سرعت خوردگی}) = 62.1\,{}^{m}/_{s}$$

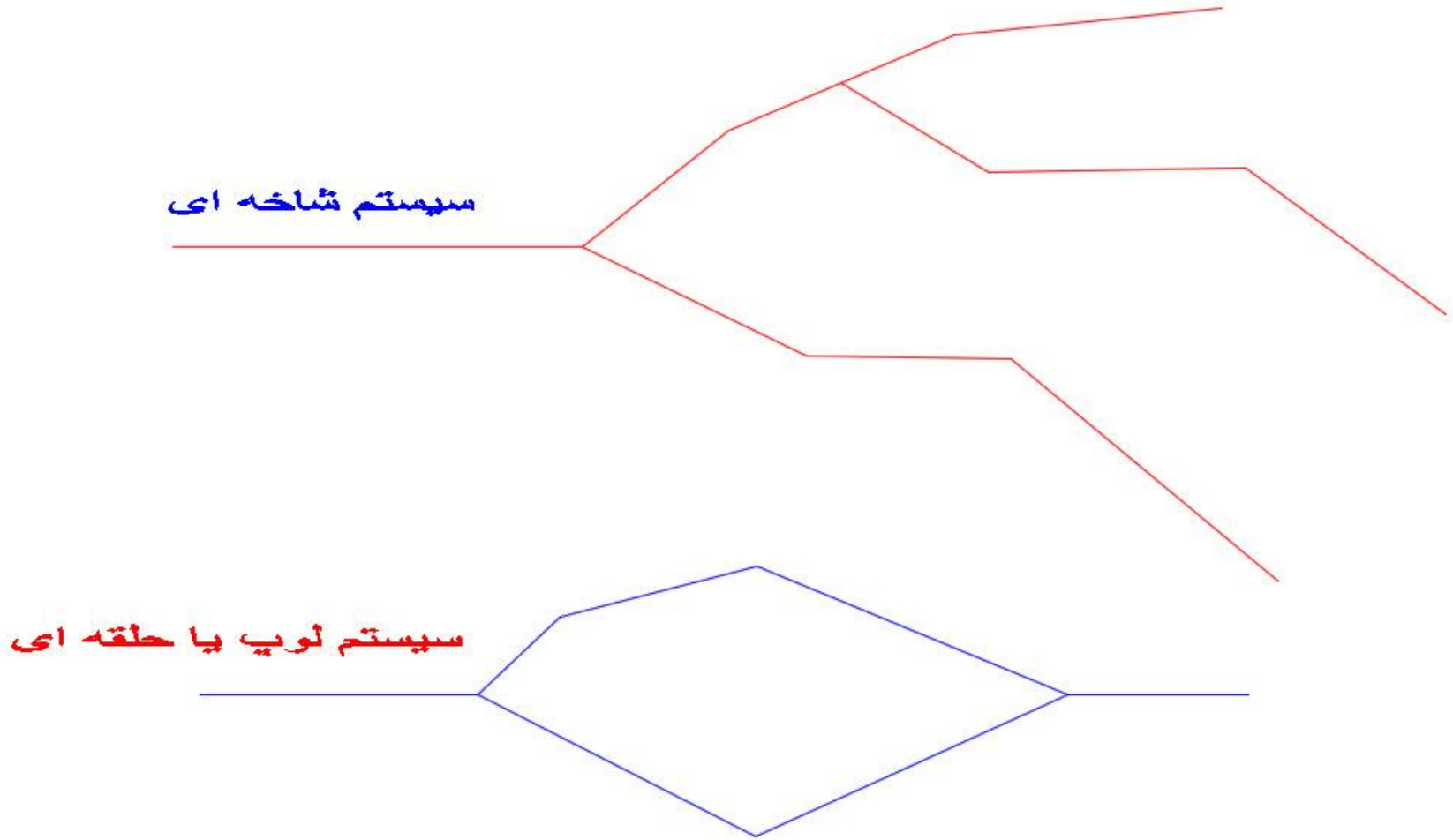
همان طور که مشاهده فرمودید جدول ظرفیت گاز برای لوله های فولادی وپلی ایتلن بدست آمد؛اما برای شهرک ها وراه دور مثلاً شهر به شهر؛چگونه گاز رسانی می کنند،در این جا سه روش است

1- مستقیم لوله کشی می شود.(یا به صورت سری ویا به صورت موازی بسته می شود)
2- با روش شاخه ای
3- باروش لوپ یا حلقه ای.

روش اول که چند تا مثال زدم؛روش دوم و یا سوم را توضیح می دهم،در شکل زیر روش دوم و سوم با نقشه نشان داده شده است

سیستم شاخه ای بیشتر در شهرک ها ویا در کارخانه ها انجام می گیرد

سیستم لوپ بیشتر شهر به شهر انجام می گیرد.

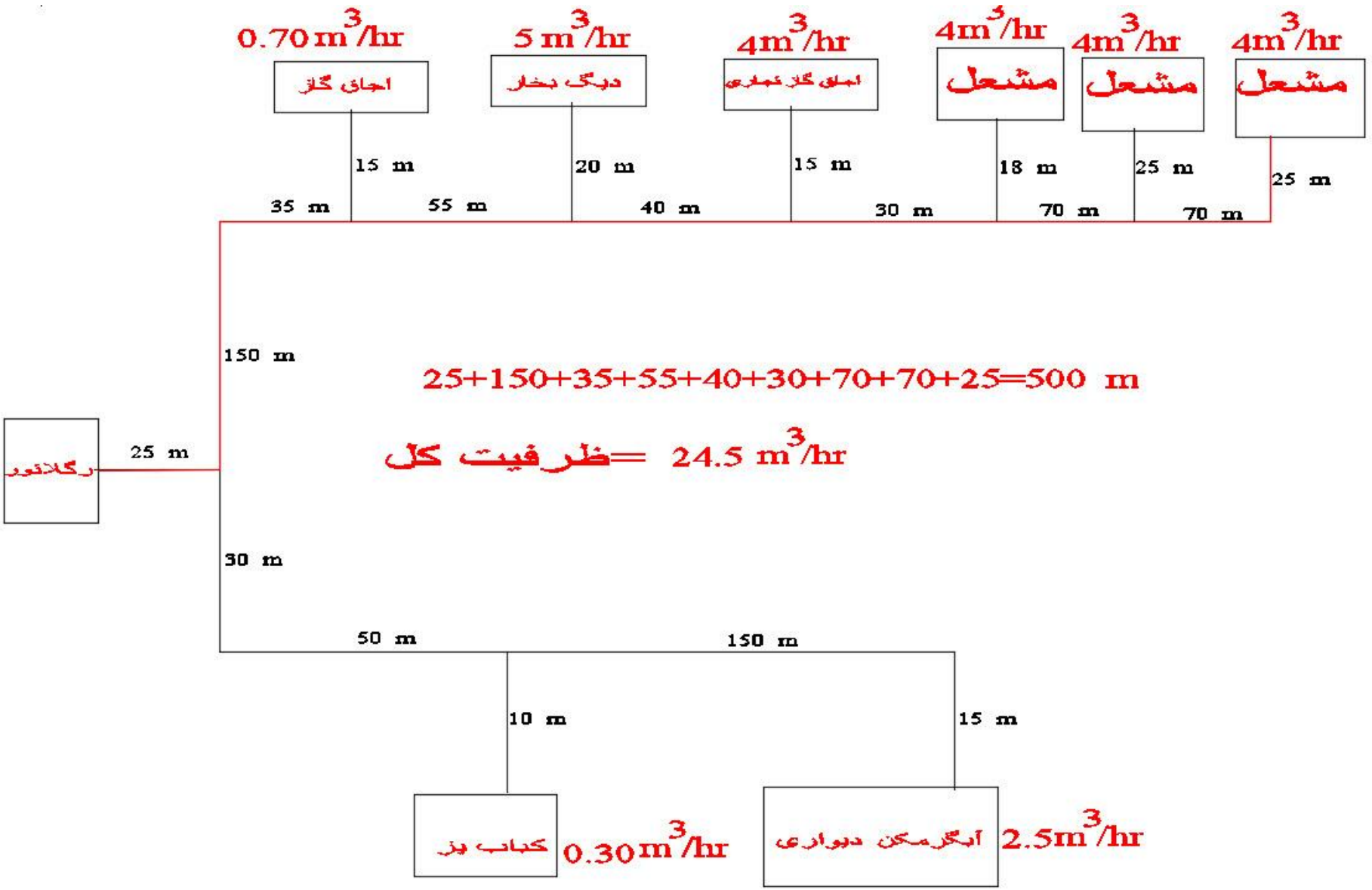

سیستم شاخه ای
سیستم لوپ یا حلقه ای

مثال: 6

درکارخانه برنج کوبی که من بازرسی کرده بودم طبق چارت زیر نیاز به گاز داشت وسایل گاز سوز مورد نیاز در نقشه کشیده شده ،سایز لوله ها را بدست آورید

با توجه به اینکه بیش از 300 متر لوله کشی شده بایداز جدول فشار دو پوند استفاده شود.با در دست داشتن جدول ظرفیت گاز در صفحه 92 آمده می توانیم قطر لوله ها را بدست آوریم

1- در اینجا دو مسیر شاخه ای داریم (یکی بالایی و پائینی)اولین کار این است که طولانی ترین مسیر از رگلاتور به وسیله گازسوزرا بدست آوریم (مسیری که با خط قرمز نشان داده شده است) طول این مسیر 500 متر است
2- مجموع ظرفیت کل گاز سوز ها را بدست می آوریم؛ که در اینجا $24.5\ {}^{m^3}/_{hr}$ است
3- همیشه طول لوله ای که نزدیک تر و یا ظرفیت لوله ای که نزدیکتر است از جدول انتخاب می شود


0.70 m3/hr
اجاق گاز
5 m3/hr
دیگ بخار
4m3/hr
اجاق گاز نمازی
4m3/hr
مشعل
4m3/hr
مشعل
4m3/hr
مشعل
15 m
20 m
15 m
18 m
25 m
25 m
35 m
55 m
40 m
30 m
70 m
70 m
150 m
25+150+35+55+40+30+70+70+25=500 m
ظرفیت کل= 24.5 m3/hr
رگلاتور
25 m
30 m
50 m
150 m
10 m
15 m
کباب پز
0.30m3/hr
آبگرمکن دیواری
2.5m3/hr

طبق جدول زیر لوله 2.0 in انتخاب می شود

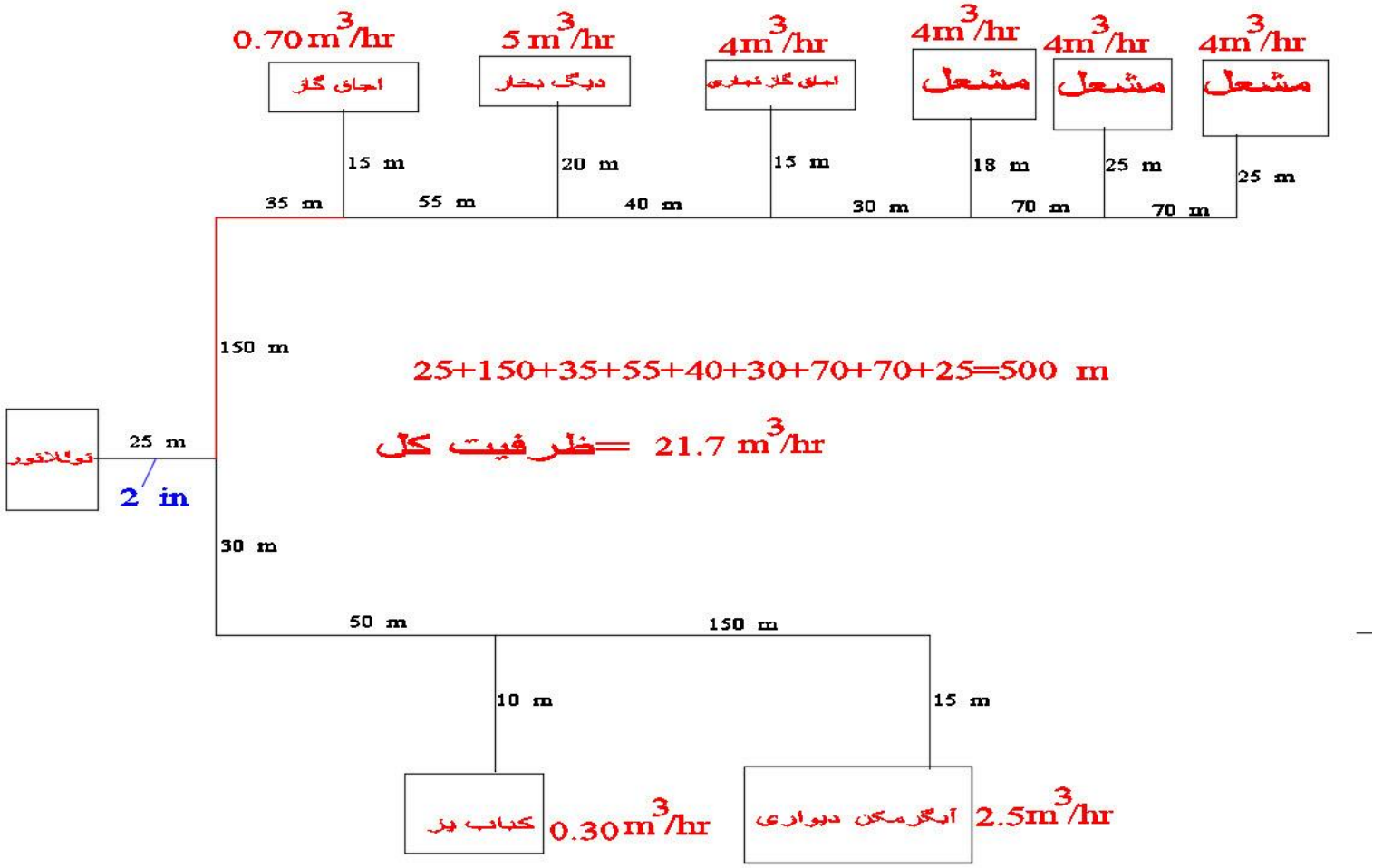
ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 2 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr
15	15.7	29.9	62.2	93.8	176.0	251.1	387.7	667.7	1515.2
30	11.1	21.2	44.0	66.3	129.1	207.3	370.0	667.7	1515.2
45	9.1	17.3	35.9	54.1	105.4	169.3	302.1	623.6	1515.2
60	7.9	15.0	31.1	46.9	91.3	146.6	261.7	540.1	1515.2
75	7.0	13.4	27.8	41.9	81.6	131.1	234.0	483.0	1440.5
90	6.4	12.2	25.4	38.3	74.5	119.7	213.6	441.0	1315.0
120	5.6	10.6	22.0	33.2	64.5	103.7	185.0	381.9	1138.8
150	5.0	9.5	19.7	29.7	57.7	92.7	165.5	341.6	1018.6
200	4.3	8.2	17.0	25.7	50.0	80.3	143.3	295.8	882.1
250	3.8	7.3	15.2	23.0	44.7	71.8	128.2	264.6	789.0
300	3.5	6.7	13.9	21.0	40.8	65.6	117.0	241.5	720.3
350	3.3	6.2	12.9	19.4	37.8	60.7	108.3	223.6	666.8
400	3.0	5.8	12.0	18.2	35.4	56.8	101.3	209.2	623.8
450	2.9	5.5	11.3	17.1	33.3	53.5	95.5	197.2	588.1
500	2.7	5.2	10.8	16.2	31.6	50.8	90.6	187.1	557.9
550	2.6	4.9	10.3	15.5	30.1	48.4	86.4	178.4	532.0
600	2.5	4.7	9.8	14.8	28.9	46.4	82.7	170.8	509.3

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

قطر لوله ای که با خط قرمز نشان داده شده است باید حساب کنیم

طول مسیر 500 متر است را حفظ می کنیم و ظرفیت مجموع مصرف هایی است که به اش متصل است؛پس می شود $21.7\ m^3/_{hr}$ از جدول قطر 2 اینچ محاسبه می شود



پس از جدول طول 500 متر وظرفیت بالاتر از 21.7 که31.6 $21.7\ {}^{m^3}/_{hr}$ از جدول قطر 2 اینچ محاسبه می شود

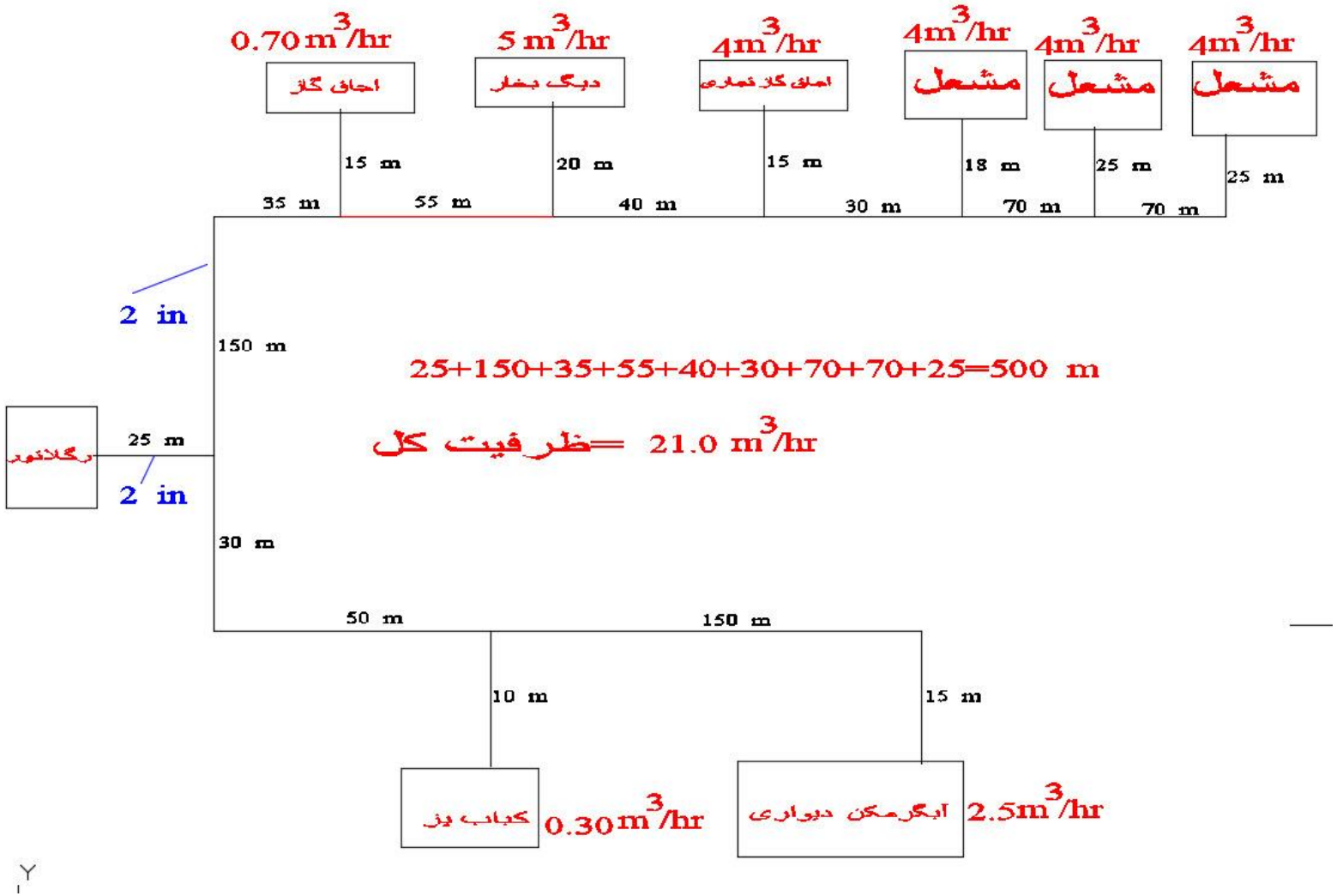
ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 2 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$
15	15.7	29.9	62.2	93.8	176.0	251.1	387.7	667.7	1515.2
30	11.1	21.2	44.0	66.3	129.1	207.3	370.0	667.7	1515.2
45	9.1	17.3	35.9	54.1	105.4	169.3	302.1	623.6	1515.2
60	7.9	15.0	31.1	46.9	91.3	146.6	261.7	540.1	1515.2
75	7.0	13.4	27.8	41.9	81.6	131.1	234.0	483.0	1440.5
90	6.4	12.2	25.4	38.3	74.5	119.7	213.6	441.0	1315.0
120	5.6	10.6	22.0	33.2	64.5	103.7	185.0	381.9	1138.8
150	5.0	9.5	19.7	29.7	57.7	92.7	165.5	341.6	1018.6
200	4.3	8.2	17.0	25.7	50.0	80.3	143.3	295.8	882.1
250	3.8	7.3	15.2	23.0	44.7	71.8	128.2	264.6	789.0
300	3.5	6.7	13.9	21.0	40.8	65.6	117.0	241.5	720.3
350	3.3	6.2	12.9	19.4	37.8	60.7	108.3	223.6	666.8
400	3.0	5.8	12.0	18.2	35.4	56.8	101.3	209.2	623.8
450	2.9	5.5	11.3	17.1	33.3	53.5	95.5	197.2	588.1
500	2.7	5.2	10.8	16.2	31.6	50.8	90.6	187.1	557.9
550	2.6	4.9	10.3	15.5	30.1	48.4	86.4	178.4	532.0
600	2.5	4.7	9.8	14.8	28.9	46.4	82.7	170.8	509.3

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

قطر لوله ای که با خط قرمز نشان داده شده است باید حساب کنیم

طول مسیر 500 متر است حفظ می شود و ظرفیت $21.0\ ^{m^3}/_{hr}$ از جدول قطر 2 اینچ محاسبه می شود



طول مسیر 500 متر است حفظ می شود و ظرفیت $21.0\ ^{m^3}/_{hr}$ از جدول قطر 2 اینچ محاسبه می شود

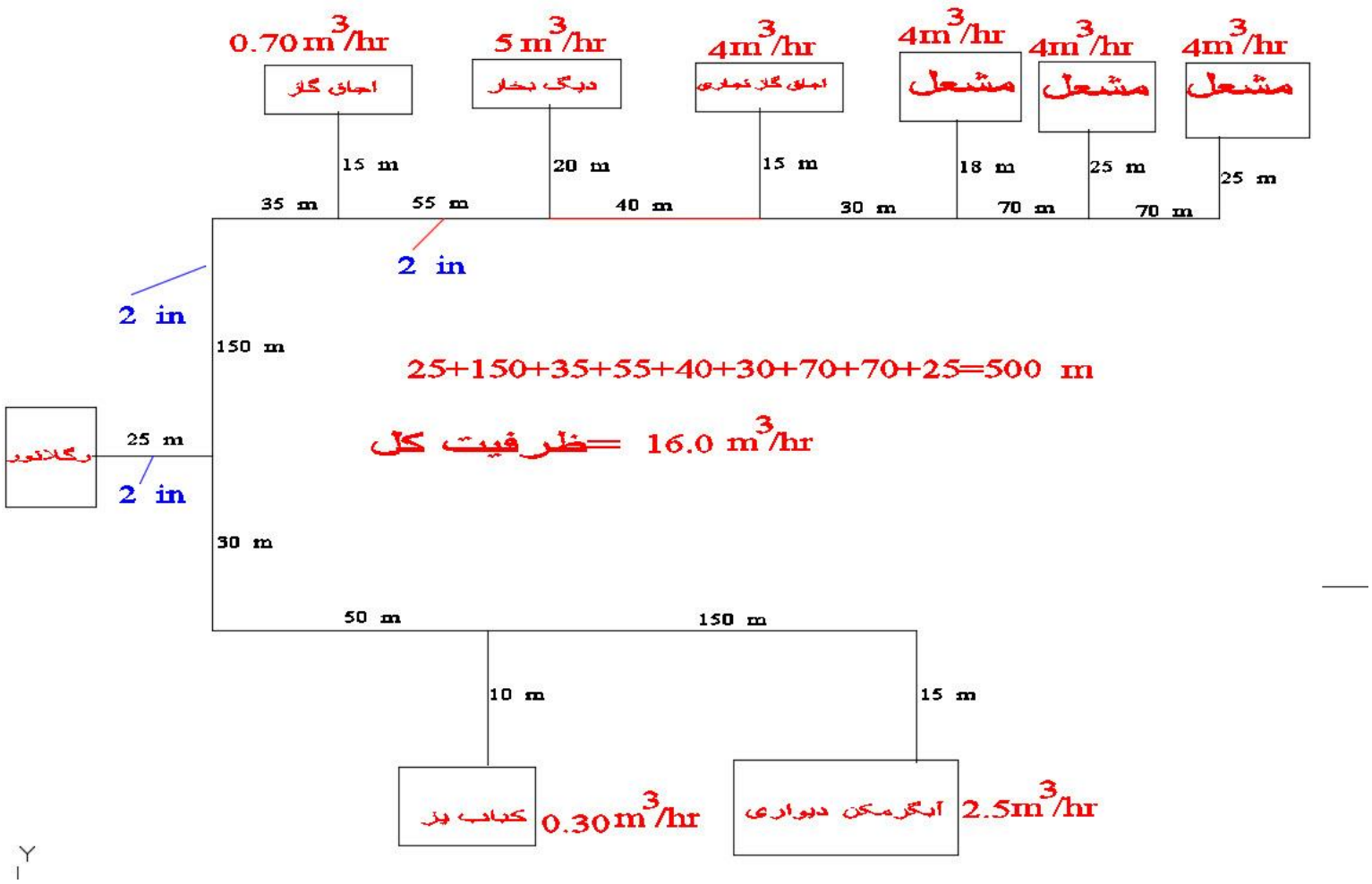
ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 2 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	Q=m³/Hr	Q=m³/Hr	Q=m³/Hr	Q=m³/Hr	Q=m³/Hr	Q=m³/Hr	Q=m³/Hr	Q=m³/Hr	Q=m³/Hr
15	15.7	29.9	62.2	93.8	176.0	251.1	387.7	667.7	1515.2
30	11.1	21.2	44.0	66.3	129.1	207.3	370.0	667.7	1515.2
45	9.1	17.3	35.9	54.1	105.4	169.3	302.1	623.6	1515.2
60	7.9	15.0	31.1	46.9	91.3	146.6	261.7	540.1	1515.2
75	7.0	13.4	27.8	41.9	81.6	131.1	234.0	483.0	1440.5
90	6.4	12.2	25.4	38.3	74.5	119.7	213.6	441.0	1315.0
120	5.6	10.6	22.0	33.2	64.5	103.7	185.0	381.9	1138.8
150	5.0	9.5	19.7	29.7	57.7	92.7	165.5	341.6	1018.6
200	4.3	8.2	17.0	25.7	50.0	80.3	143.3	295.8	882.1
250	3.8	7.3	15.2	23.0	44.7	71.8	128.2	264.6	789.0
300	3.5	6.7	13.9	21.0	40.8	65.6	117.0	241.5	720.3
350	3.3	6.2	12.9	19.4	37.8	60.7	108.3	223.6	666.8
400	3.0	5.8	12.0	18.2	35.4	56.8	101.3	209.2	623.8
450	2.9	5.5	11.3	17.1	33.3	53.5	95.5	197.2	588.1
500	2.7	5.2	10.8	16.2	31.6	50.8	90.6	187.1	557.9
550	2.6	4.9	10.3	15.5	30.1	48.4	86.4	178.4	532.0
600	2.5	4.7	9.8	14.8	28.9	46.4	82.7	170.8	509.3

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

قطر لوله ای که با خط قرمز نشان داده شده است باید حساب کنیم

طول مسیر 500 متر است حفظ می شود و ظرفیت $16.0\ m^3/_{hr}$ از جدول قطر 1/2 1 اینچ محاسبه می شود



طول مسیر 500 متر است حفظ می شود و ظرفیت $16.0\ ^{m^3}/_{hr}$ از جدول قطر 1/2 1 اینچ محاسبه می شود

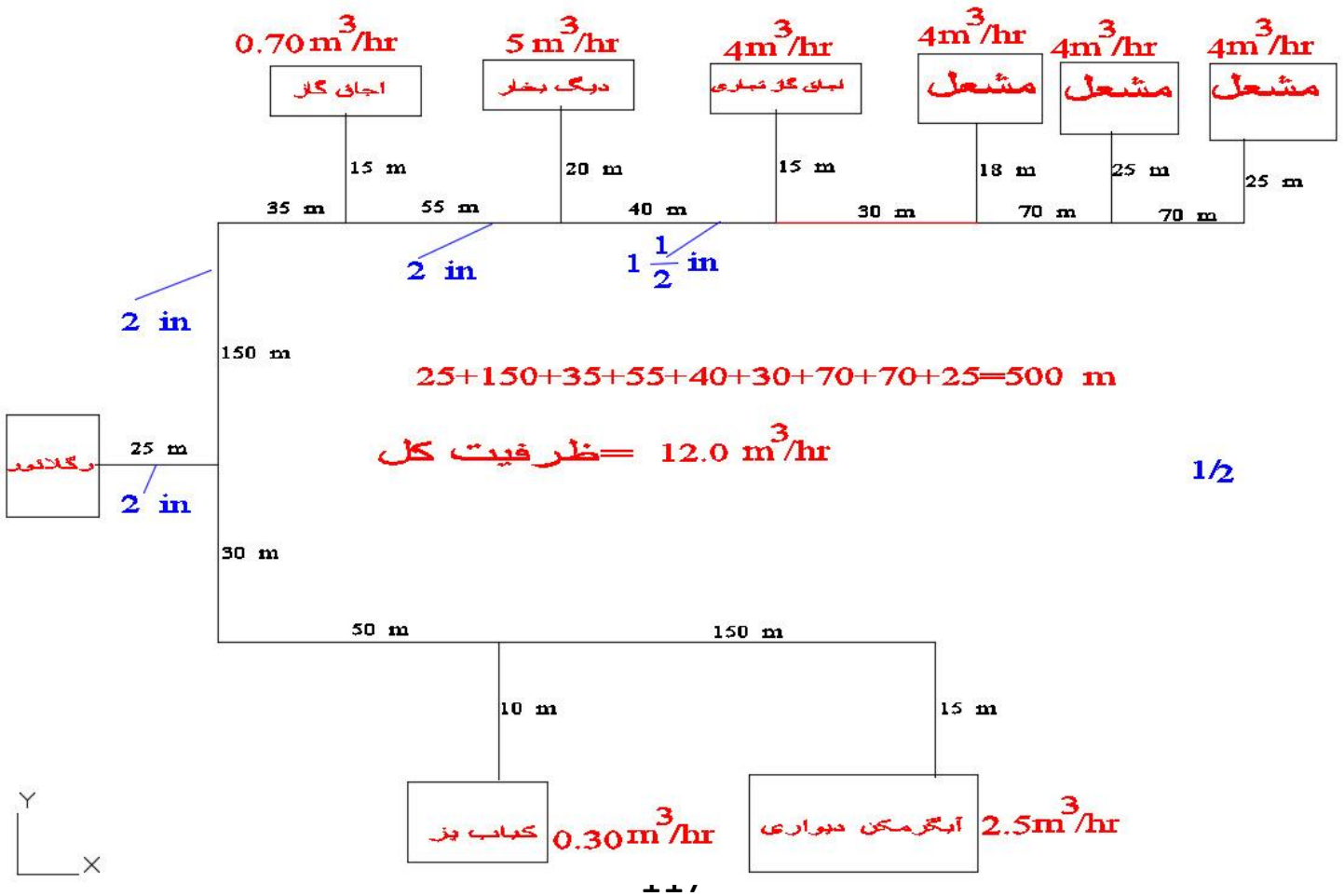
ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 2 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$
15	15.7	29.9	62.2	93.8	176.0	251.1	387.7	667.7	1515.2
30	11.1	21.2	44.0	66.3	129.1	207.3	370.0	667.7	1515.2
45	9.1	17.3	35.9	54.1	105.4	169.3	302.1	623.6	1515.2
60	7.9	15.0	31.1	46.9	91.3	146.6	261.7	540.1	1515.2
75	7.0	13.4	27.8	41.9	81.6	131.1	234.0	483.0	1440.5
90	6.4	12.2	25.4	38.3	74.5	119.7	213.6	441.0	1315.0
120	5.6	10.6	22.0	33.2	64.5	103.7	185.0	381.9	1138.8
150	5.0	9.5	19.7	29.7	57.7	92.7	165.5	341.6	1018.6
200	4.3	8.2	17.0	25.7	50.0	80.3	143.3	295.8	882.1
250	3.8	7.3	15.2	23.0	44.7	71.8	128.2	264.6	789.0
300	3.5	6.7	13.9	21.0	40.8	65.6	117.0	241.5	720.3
350	3.3	6.2	12.9	19.4	37.8	60.7	108.3	223.6	666.8
400	3.0	5.8	12.0	18.2	35.4	56.8	101.3	209.2	623.8
450	2.9	5.5	11.3	17.1	33.3	53.5	95.5	197.2	588.1
500	2.7	5.2	10.8	16.2	31.6	50.8	90.6	187.1	557.9
550	2.6	4.9	10.3	15.5	30.1	48.4	86.4	178.4	532.0
600	2.5	4.7	9.8	14.8	28.9	46.4	82.7	170.8	509.3

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

قطر لوله ای که با خط قرمز نشان داده شده است باید حساب کنیم

طول مسیر 500 متر است حفظ می شود و ظرفیت $12.0\ m^3/hr$ از جدول قطر 1/2 1 اینچ محاسبه می شود



طول مسیر 500 متر است حفظ می شود و ظرفیت $12.0\ m^3/hr$ از جدول قطر 1/2 1 اینچ محاسبه می شود

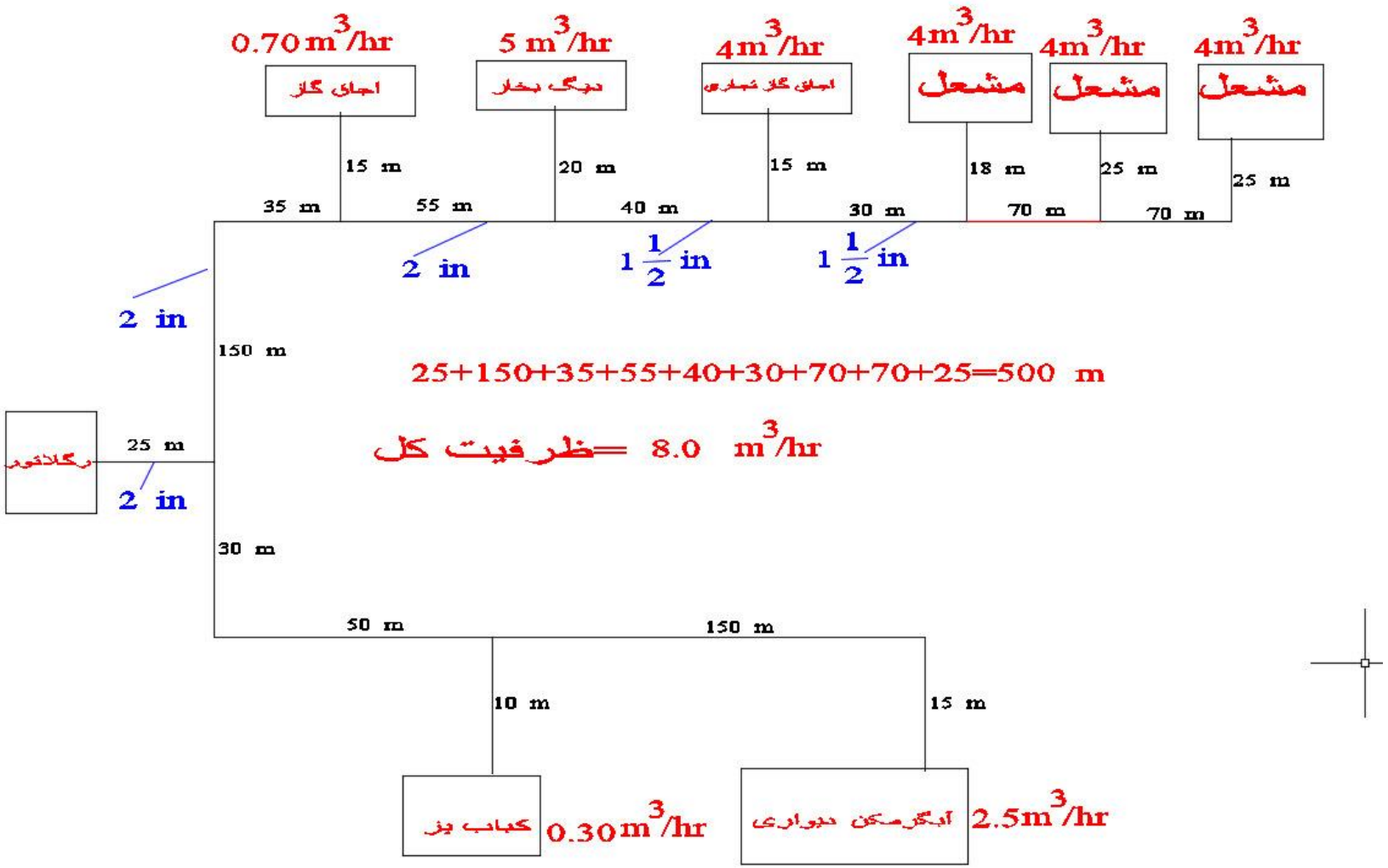
ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 2 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr
15	15.7	29.9	62.2	93.8	176.0	251.1	387.7	667.7	1515.2
30	11.1	21.2	44.0	66.3	129.1	207.3	370.0	667.7	1515.2
45	9.1	17.3	35.9	54.1	105.4	169.3	302.1	623.6	1515.2
60	7.9	15.0	31.1	46.9	91.3	146.6	261.7	540.1	1515.2
75	7.0	13.4	27.8	41.9	81.6	131.1	234.0	483.0	1440.5
90	6.4	12.2	25.4	38.3	74.5	119.7	213.6	441.0	1315.0
120	5.6	10.6	22.0	33.2	64.5	103.7	185.0	381.9	1138.8
150	5.0	9.5	19.7	29.7	57.7	92.7	165.5	341.6	1018.6
200	4.3	8.2	17.0	25.7	50.0	80.3	143.3	295.8	882.1
250	3.8	7.3	15.2	23.0	44.7	71.8	128.2	264.6	789.0
300	3.5	6.7	13.9	21.0	40.8	65.6	117.0	241.5	720.3
350	3.3	6.2	12.9	19.4	37.8	60.7	108.3	223.6	666.8
400	3.0	5.8	12.0	18.2	35.4	56.8	101.3	209.2	623.8
450	2.9	5.5	11.3	17.1	33.3	53.5	95.5	197.2	588.1
500	2.7	5.2	10.8	16.2	31.6	50.8	90.6	187.1	557.9
550	2.6	4.9	10.3	15.5	30.1	48.4	86.4	178.4	532.0
600	2.5	4.7	9.8	14.8	28.9	46.4	82.7	170.8	509.3

قطر

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

طول مسیر 500 متر است حفظ می شود و ظرفیت $8.0\ m^3/hr$ از جدول قطر 1/4 1 اینچ محاسبه می شود



طول مسیر 500 متر است حفظ می شود و ظرفیت $8.0\ {}^{m^3}/_{hr}$ از جدول قطر 1/4 1 اینچ محاسبه می شود

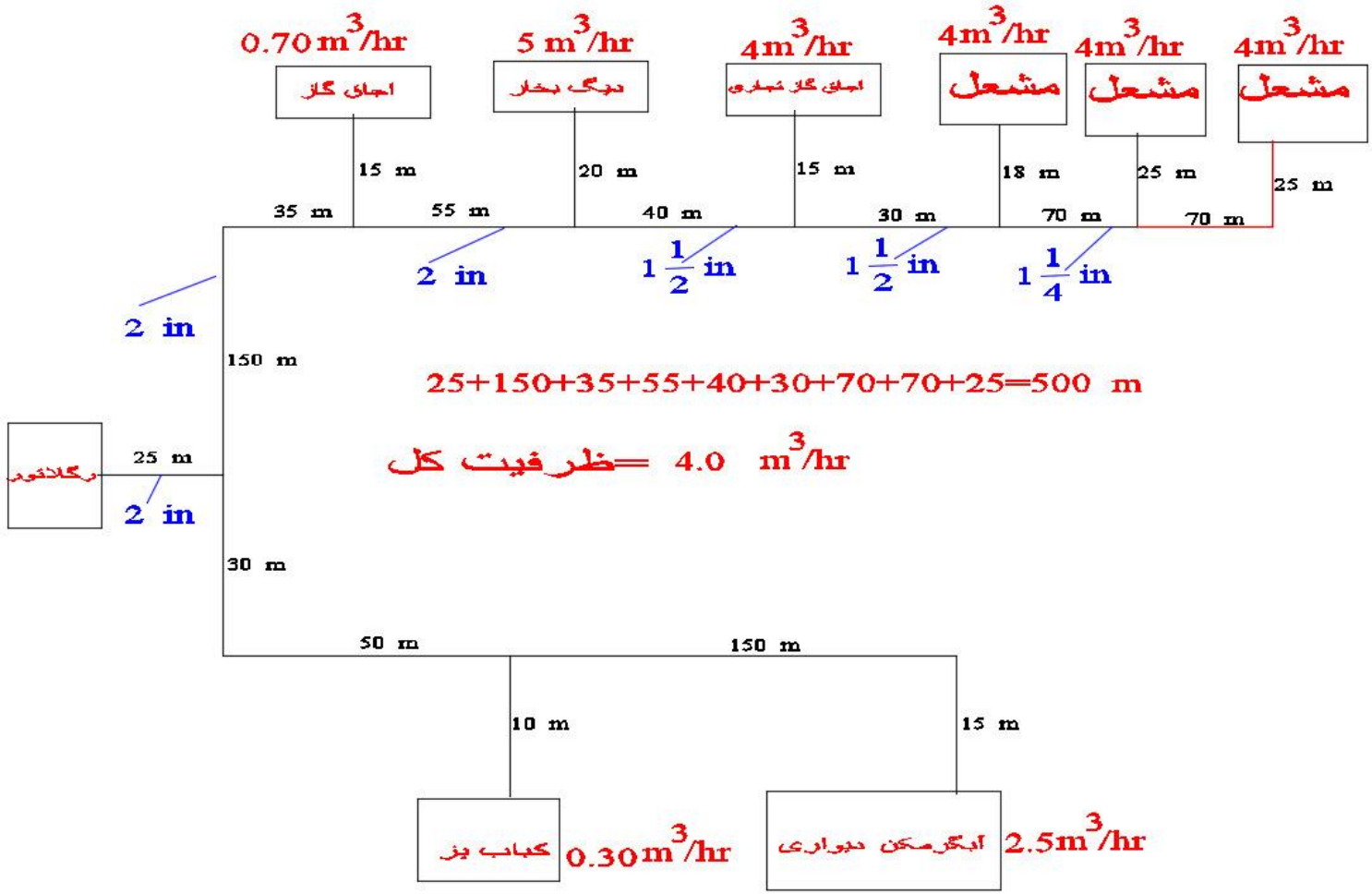
ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 2 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$
15	15.7	29.9	62.2	93.8	176.0	251.1	387.7	667.7	1515.2
30	11.1	21.2	44.0	66.3	129.1	207.3	370.0	667.7	1515.2
45	9.1	17.3	35.9	54.1	105.4	169.3	302.1	623.6	1515.2
60	7.9	15.0	31.1	46.9	91.3	146.6	261.7	540.1	1515.2
75	7.0	13.4	27.8	41.9	81.6	131.1	234.0	483.0	1440.5
90	6.4	12.2	25.4	38.3	74.5	119.7	213.6	441.0	1315.0
120	5.6	10.6	22.0	33.2	64.5	103.7	185.0	381.9	1138.8
150	5.0	9.5	19.7	29.7	57.7	92.7	165.5	341.6	1018.6
200	4.3	8.2	17.0	25.7	50.0	80.3	143.3	295.8	882.1
250	3.8	7.3	15.2	23.0	44.7	71.8	128.2	264.6	789.0
300	3.5	6.7	13.9	21.0	40.8	65.6	117.0	241.5	720.3
350	3.3	6.2	12.9	19.4	37.8	60.7	108.3	223.6	666.8
400	3.0	5.8	12.0	18.2	35.4	56.8	101.3	209.2	623.8
450	2.9	5.5	11.3	17.1	33.3	53.5	95.5	197.2	588.1
500	2.7	5.2	10.8	16.2	31.6	50.8	90.6	187.1	557.9
550	2.6	4.9	10.3	15.5	30.1	48.4	86.4	178.4	532.0
600	2.5	4.7	9.8	14.8	28.9	46.4	82.7	170.8	509.3

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

قطر لوله ای که با خط قرمز نشان داده شده است باید حساب کنیم

طول مسیر 500 متر است حفظ می شود و ظرفیت $4.0\ {}^{m^3}/_{hr}$ از جدول قطر 1 اینچ محاسبه می شود



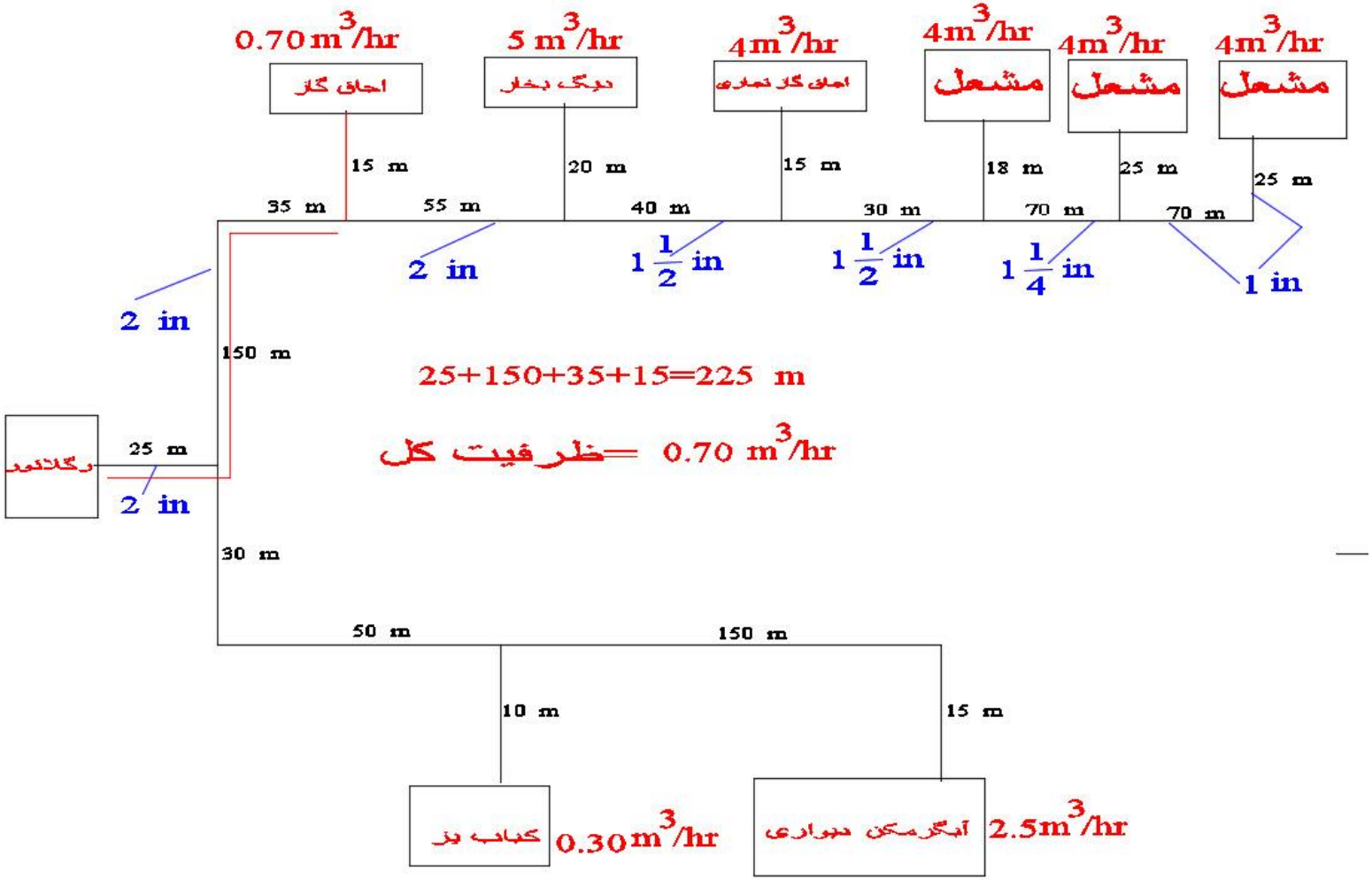
طول مسیر 500 متر است حفظ می شود و ظرفیت $4.0\ ^{m^3}/_{hr}$ از جدول قطر 1 اینچ محاسبه می شود

ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 2 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr
15	15.7	29.9	62.2	93.8	176.0	251.1	387.7	667.7	1515.2
30	11.1	21.2	44.0	66.3	129.1	207.3	370.0	667.7	1515.2
45	9.1	17.3	35.9	54.1	105.4	169.3	302.1	623.6	1515.2
60	7.9	15.0	31.1	46.9	91.3	146.6	261.7	540.1	1515.2
75	7.0	13.4	27.8	41.9	81.6	131.1	234.0	483.0	1440.5
90	6.4	12.2	25.4	38.3	74.5	119.7	213.6	441.0	1315.0
120	5.6	10.6	22.0	33.2	64.5	103.7	185.0	381.9	1138.8
150	5.0	9.5	19.7	29.7	57.7	92.7	165.5	341.6	1018.6
200	4.3	8.2	17.0	25.7	50.0	80.3	143.3	295.8	882.1
250	3.8	7.3	15.2	23.0	44.7	71.8	128.2	264.6	789.0
300	3.5	6.7	13.9	21.0	40.8	65.6	117.0	241.5	720.3
350	3.3	6.2	12.9	19.4	37.8	60.7	108.3	223.6	666.8
400	3.0	5.8	12.0	18.2	35.4	56.8	101.3	209.2	623.8
450	2.9	5.5	11.3	17.1	33.3	53.5	95.5	197.2	588.1
500	2.7	5.2	10.8	16.2	31.6	50.8	90.6	187.1	557.9
550	2.6	4.9	10.3	15.5	30.1	48.4	86.4	178.4	532.0
600	2.5	4.7	9.8	14.8	28.9	46.4	82.7	170.8	509.3

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

می خواهیم لوله های فرعی را حساب کنیم ؛ لوله ای که به اجاق گاز وصل است (با خط قرمز)طول مسیر 225 متر است حفظ می شود و ظرفیت $0.70\ m^3/hr$ از جدول قطر 3/4 اینچ محاسبه می شود

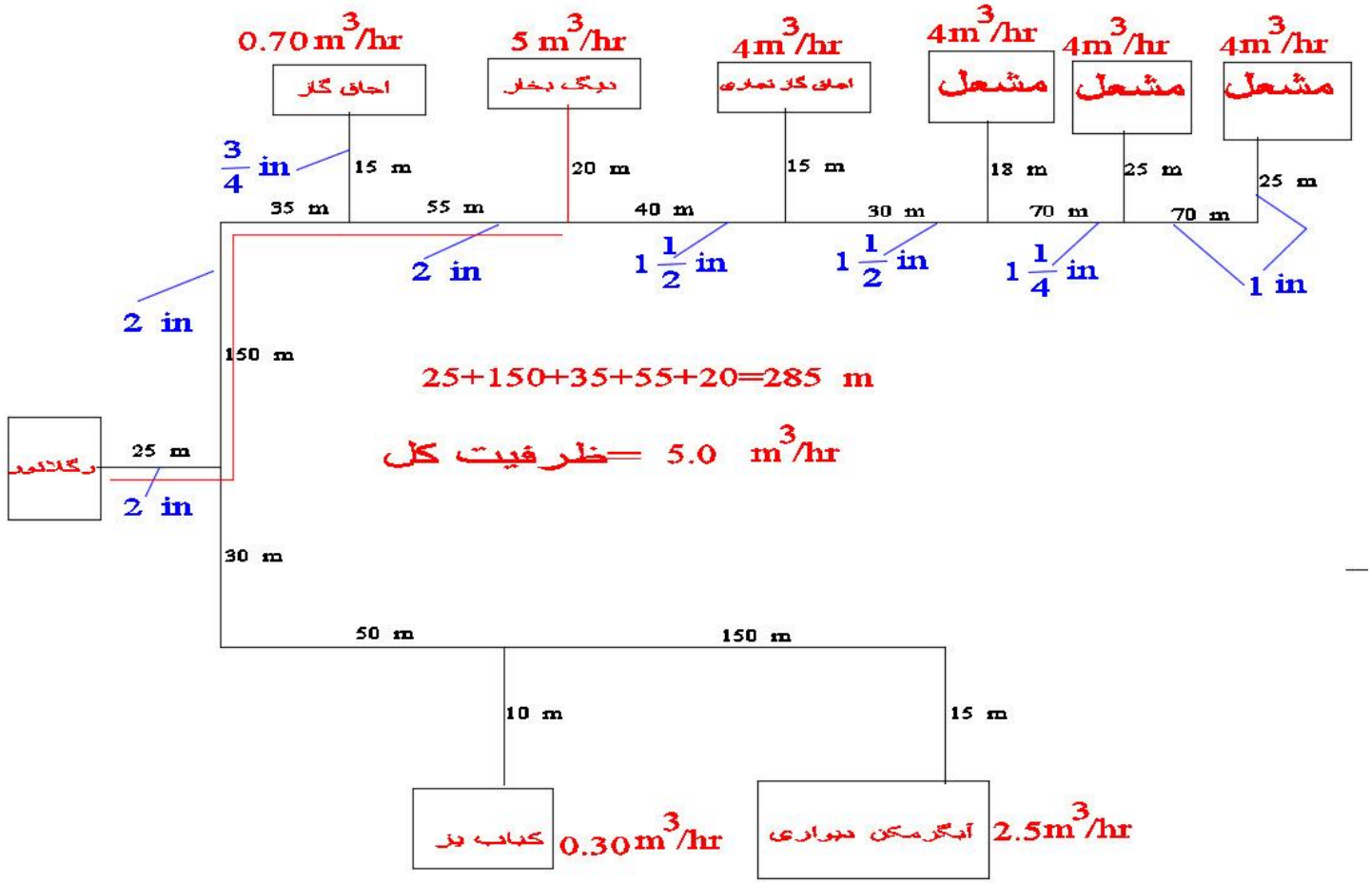


ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 2 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$
15	15.7	29.9	62.2	93.8	176.0	251.1	387.7	667.7	1515.2
30	11.1	21.2	44.0	66.3	129.1	207.3	370.0	667.7	1515.2
45	9.1	17.3	35.9	54.1	105.4	169.3	302.1	623.6	1515.2
60	7.9	15.0	31.1	46.9	91.3	146.6	261.7	540.1	1515.2
75	7.0	13.4	27.8	41.9	81.6	131.1	234.0	483.0	1440.5
90	6.4	12.2	25.4	38.3	74.5	119.7	213.6	441.0	1315.0
120	5.6	10.6	22.0	33.2	64.5	103.7	185.0	381.9	1138.8
150	5.0	9.5	19.7	29.7	57.7	92.7	165.5	341.6	1018.6
200	4.3	8.2	17.0	25.7	50.0	80.3	143.3	295.8	882.1
250	3.8	7.3	15.2	23.0	44.7	71.8	128.2	264.6	789.0
300	3.5	6.7	13.9	21.0	40.8	65.6	117.0	241.5	720.3
350	3.3	6.2	12.9	19.4	37.8	60.7	108.3	223.6	666.8
400	3.0	5.8	12.0	18.2	35.4	56.8	101.3	209.2	623.8
450	2.9	5.5	11.3	17.1	33.3	53.5	95.5	197.2	588.1
500	2.7	5.2	10.8	16.2	31.6	50.8	90.6	187.1	557.9
550	2.6	4.9	10.3	15.5	30.1	48.4	86.4	178.4	532.0
600	2.5	4.7	9.8	14.8	28.9	46.4	82.7	170.8	509.3

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

می خواهیم قطر لوله ای که به دیگ بخار وصل است را حساب کنیم ؛طول مسیر 285 متر است حفظ می شود و ظرفیت $5.0\ m^3/hr$ از جدول قطر 1 اینچ محاسبه می شود



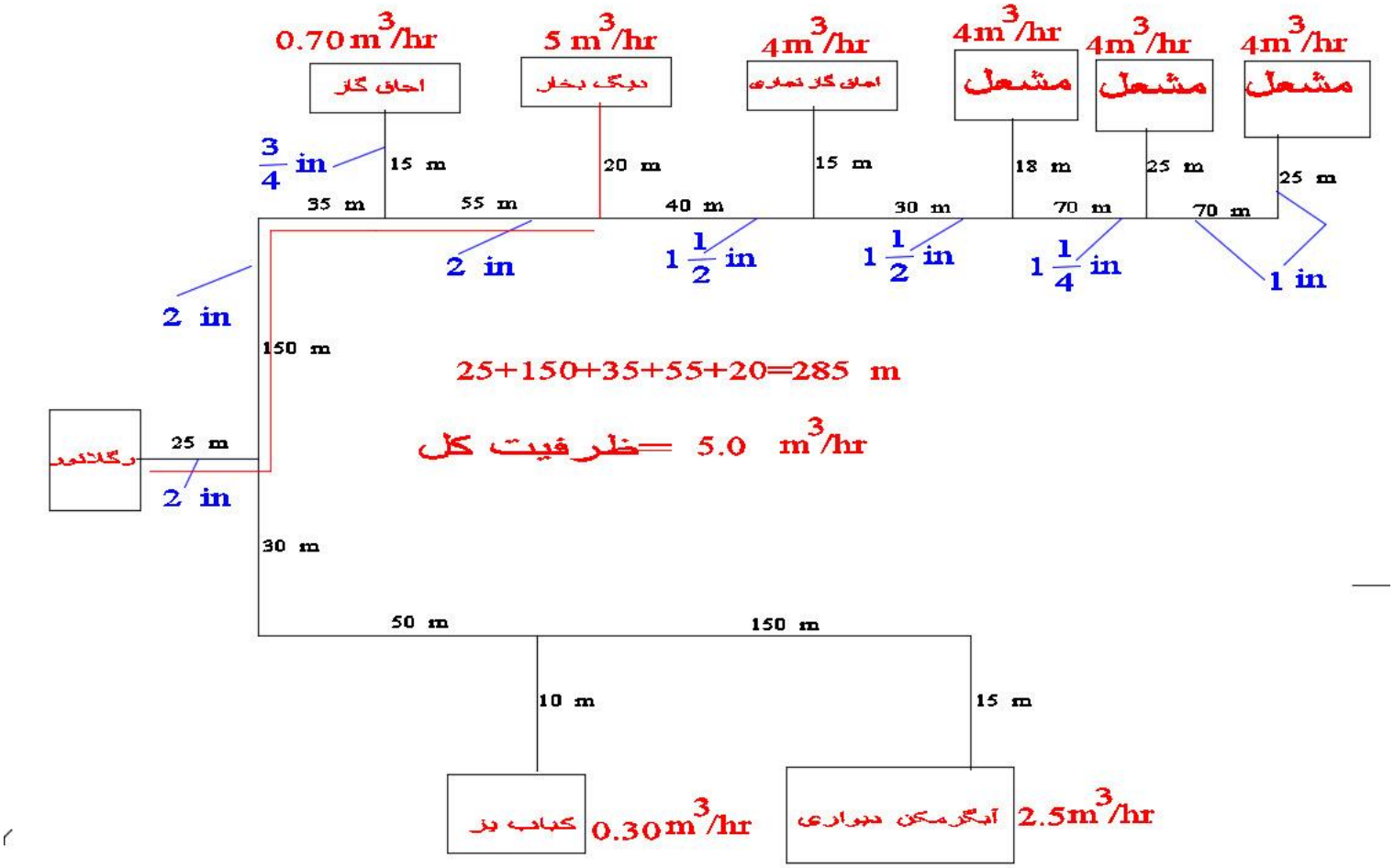
می خواهیم قطر لوله ای که به دیگ بخار وصل است را حساب کنیم ؛طول مسیر 285 متر است حفظ می شود و ظرفیت $5.0\ ^{m^3}/_{hr}$ از جدول قطر 1 اینچ محاسبه می شود

ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 2 پوند وافت فشار 10 درصد

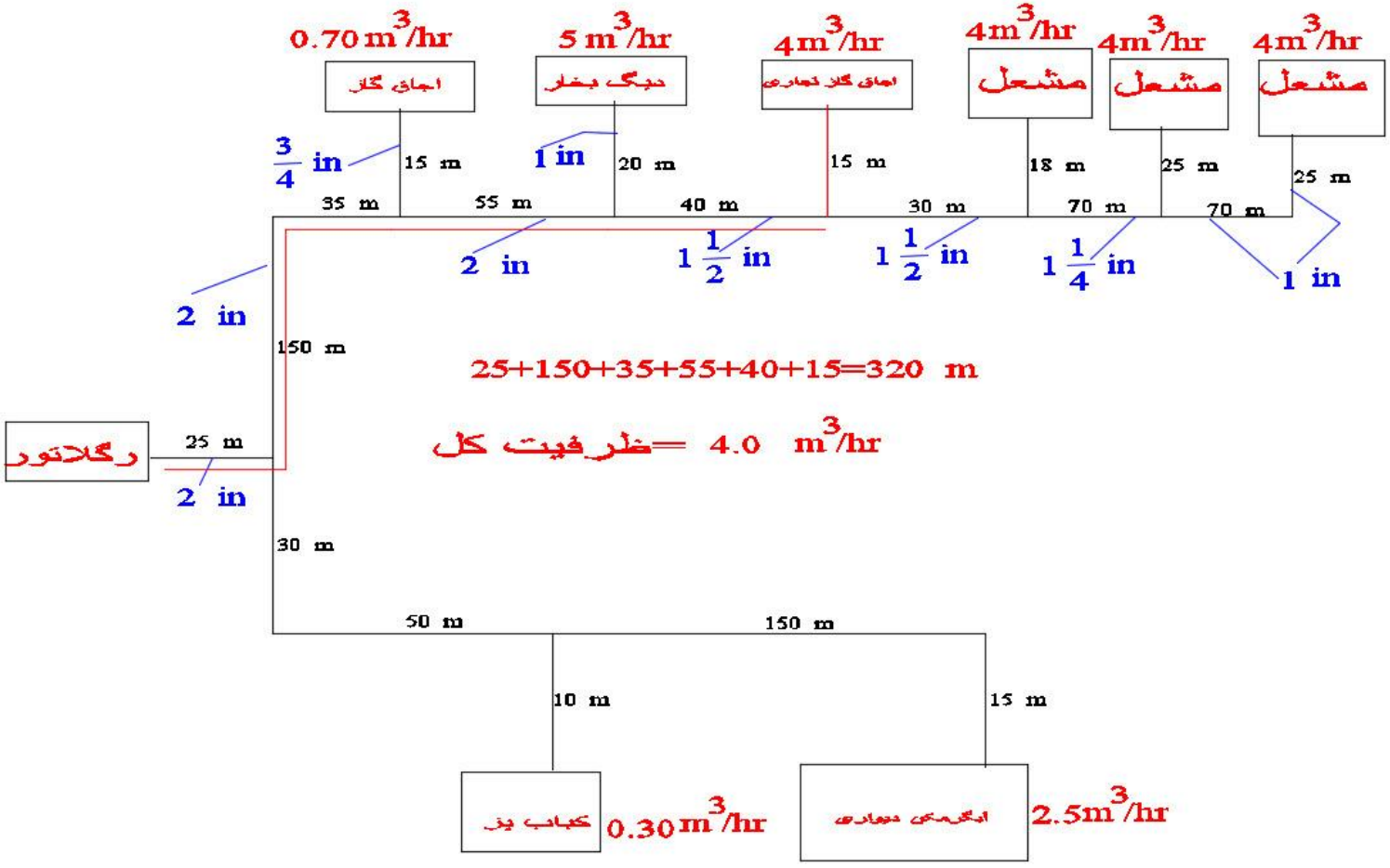
Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr
15	15.7	29.9	62.2	93.8	176.0	251.1	387.7	667.7	1515.2
30	11.1	21.2	44.0	66.3	129.1	207.3	370.0	667.7	1515.2
45	9.1	17.3	35.9	54.1	105.4	169.3	302.1	623.6	1515.2
60	7.9	15.0	31.1	46.9	91.3	146.6	261.7	540.1	1515.2
75	7.0	13.4	27.8	41.9	81.6	131.1	234.0	483.0	1440.5
90	6.4	12.2	25.4	38.3	74.5	119.7	213.6	441.0	1315.0
120	5.6	10.6	22.0	33.2	64.5	103.7	185.0	381.9	1138.8
150	5.0	9.5	19.7	29.7	57.7	92.7	165.5	341.6	1018.6
200	4.3	8.2	17.0	25.7	50.0	80.3	143.3	295.8	882.1
250	3.8	7.3	15.2	23.0	44.7	71.8	128.2	264.6	789.0
300	3.5	6.7	13.9	21.0	40.8	65.6	117.0	241.5	720.3
350	3.3	6.2	12.9	19.4	37.8	60.7	108.3	223.6	666.8
400	3.0	5.8	12.0	18.2	35.4	56.8	101.3	209.2	623.8
450	2.9	5.5	11.3	17.1	33.3	53.5	95.5	197.2	588.1
500	2.7	5.2	10.8	16.2	31.6	50.8	90.6	187.1	557.9
550	2.6	4.9	10.3	15.5	30.1	48.4	86.4	178.4	532.0
600	2.5	4.7	9.8	14.8	28.9	46.4	82.7	170.8	509.3

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

می خواهیم قطر لوله ای که به اجاق گاز تجاری وصل است را حساب کنیم ؛طول مسیر 320 متر است حفظ می شود و ظرفیت $4.0\ {}^{m^3}/_{hr}$ از جدول قطر 1 اینچ محاسبه می شود



می خواهیم قطر لوله ای که به اجاق گاز تجاری وصل است را حساب کنیم ؛طول مسیر 320 متر است حفظ می شود و ظرفیت $4.0\ m^3/_{hr}$ از جدول قطر 1 اینچ محاسبه می شود



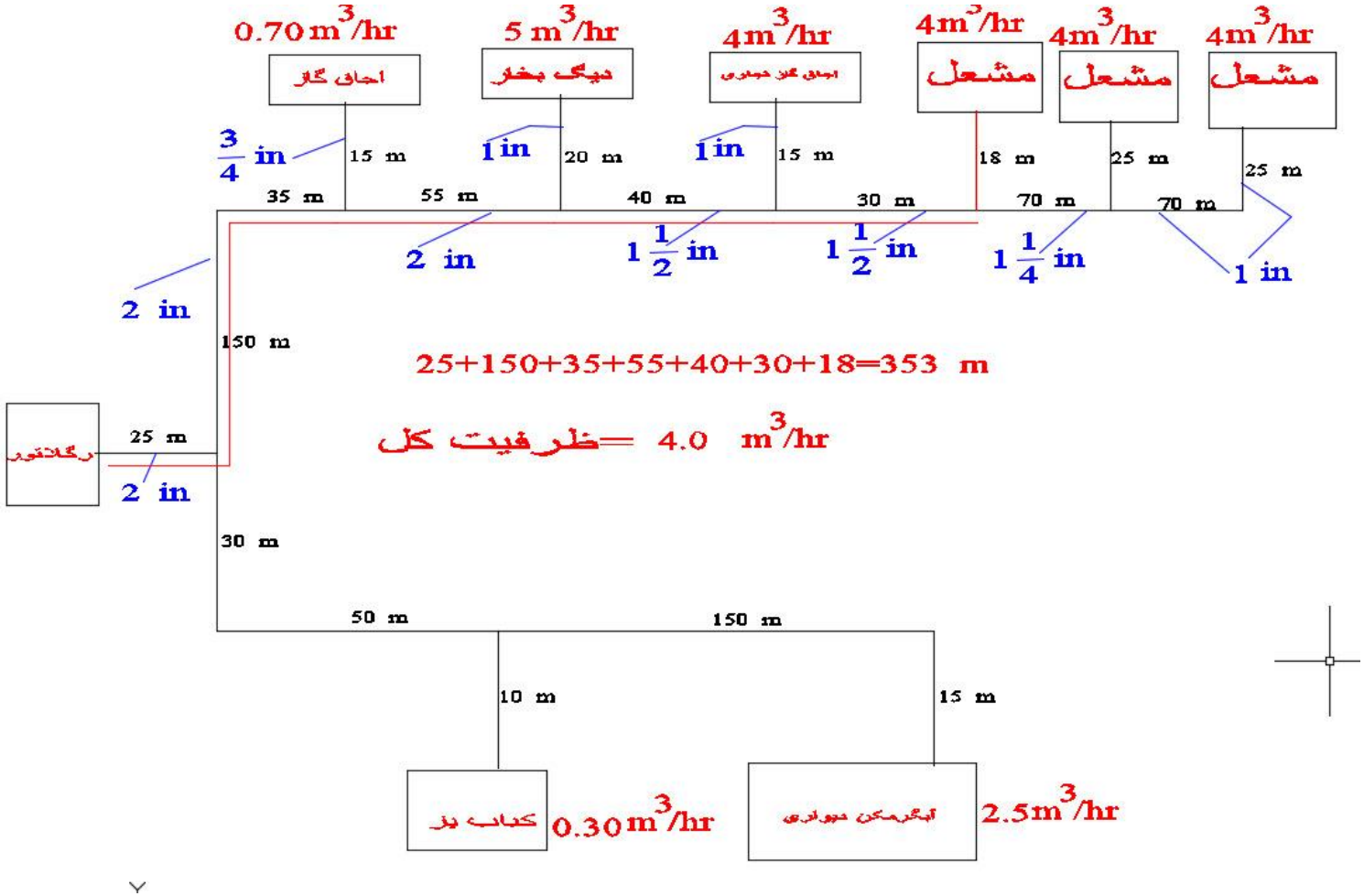
می خواهیم قطر لوله ای که به اجاق گاز تجاری وصل است را حساب کنیم ؛طول مسیر 320 متر است حفظ می شود و ظرفیت $4.0\ m^3/_{hr}$ از جدول قطر 1 اینچ محاسبه می شود

ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 2 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr
15	15.7	29.9	62.2	93.8	176.0	251.1	387.7	667.7	1515.2
30	11.1	21.2	44.0	66.3	129.1	207.3	370.0	667.7	1515.2
45	9.1	17.3	35.9	54.1	105.4	169.3	302.1	623.6	1515.2
60	7.9	15.0	31.1	46.9	91.3	146.6	261.7	540.1	1515.2
75	7.0	13.4	27.8	41.9	81.6	131.1	234.0	483.0	1440.5
90	6.4	12.2	25.4	38.3	74.5	119.7	213.6	441.0	1315.0
120	5.6	10.6	22.0	33.2	64.5	103.7	185.0	381.9	1138.8
150	5.0	9.5	19.7	29.7	57.7	92.7	165.5	341.6	1018.6
200	4.3	8.2	17.0	25.7	50.0	80.3	143.3	295.8	882.1
250	3.8	7.3	15.2	23.0	44.7	71.8	128.2	264.6	789.0
300	3.5	6.7	13.9	21.0	40.8	65.6	117.0	241.5	720.3
350	3.3	6.2	12.9	19.4	37.8	60.7	108.3	223.6	666.8
400	3.0	5.8	12.0	18.2	35.4	56.8	101.3	209.2	623.8
450	2.9	5.5	11.3	17.1	33.3	53.5	95.5	197.2	588.1
500	2.7	5.2	10.8	16.2	31.6	50.8	90.6	187.1	557.9
550	2.6	4.9	10.3	15.5	30.1	48.4	86.4	178.4	532.0
600	2.5	4.7	9.8	14.8	28.9	46.4	82.7	170.8	509.3

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

می خواهیم قطر لوله ای که به مشعل اول وصل است را حساب کنیم ؛طول مسیر 353 متر است حفظ می شود و ظرفیت $4.0\ m^3/hr$ از جدول قطر 1 اینچ محاسبه می شود



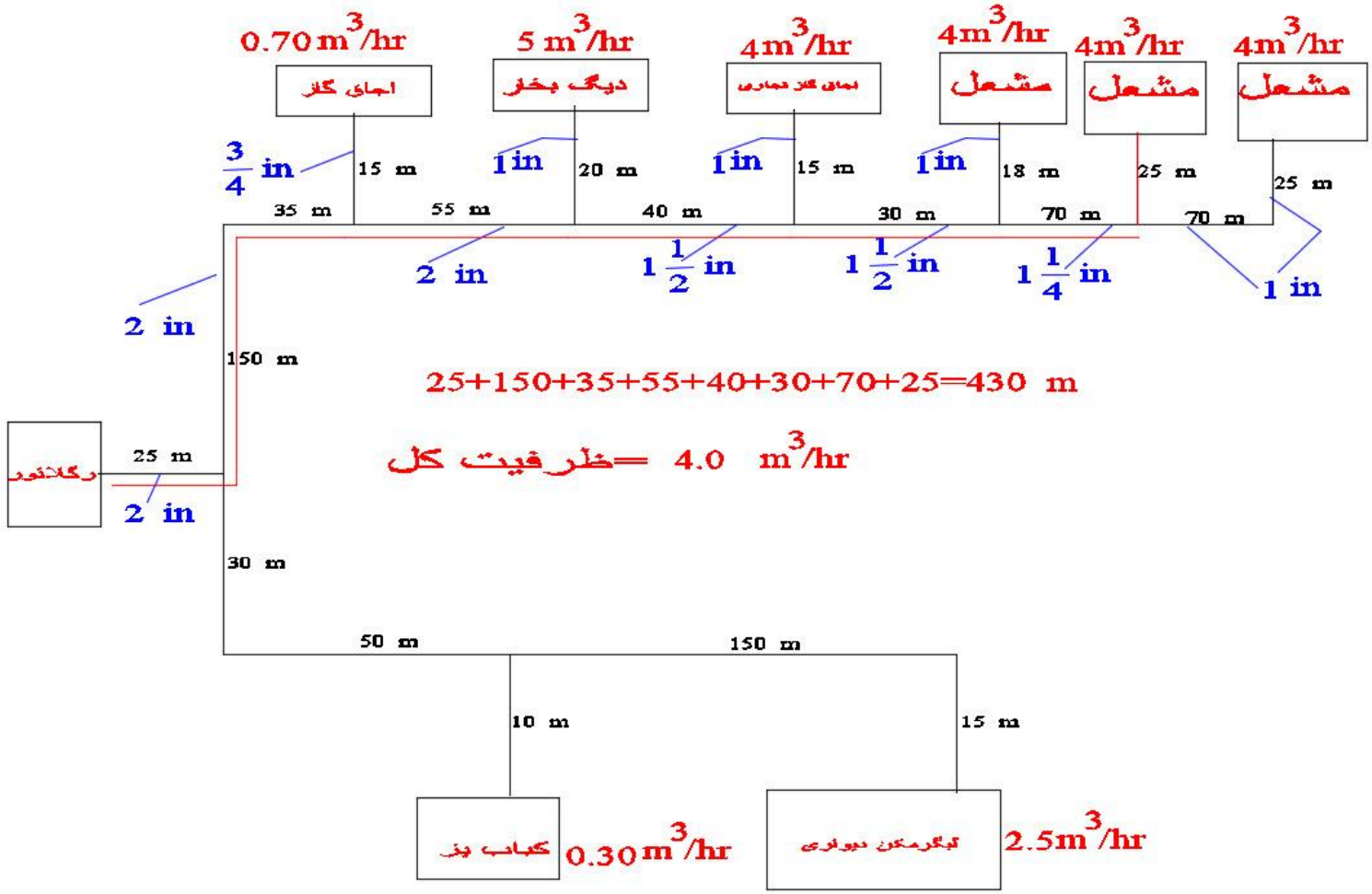
می خواهیم قطر لوله ای که به مشعل اول وصل است را حساب کنیم ؛طول مسیر 353 متر است حفظ می شود و ظرفیت $4.0\ ^{m^3}/_{hr}$ از جدول قطر 1 اینچ محاسبه می شود

ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 2 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr
15	15.7	29.9	62.2	93.8	176.0	251.1	387.7	667.7	1515.2
30	11.1	21.2	44.0	66.3	129.1	207.3	370.0	667.7	1515.2
45	9.1	17.3	35.9	54.1	105.4	169.3	302.1	623.6	1515.2
60	7.9	15.0	31.1	46.9	91.3	146.6	261.7	540.1	1515.2
75	7.0	13.4	27.8	41.9	81.6	131.1	234.0	483.0	1440.5
90	6.4	12.2	25.4	38.3	74.5	119.7	213.6	441.0	1315.0
120	5.6	10.6	22.0	33.2	64.5	103.7	185.0	381.9	1138.8
150	5.0	9.5	19.7	29.7	57.7	92.7	165.5	341.6	1018.6
200	4.3	8.2	17.0	25.7	50.0	80.3	143.3	295.8	882.1
250	3.8	7.3	15.2	23.0	44.7	71.8	128.2	264.6	789.0
300	3.5	6.7	13.9	21.0	40.8	65.6	117.0	241.5	720.3
350	3.3	6.2	12.9	19.4	37.8	60.7	108.3	223.6	666.8
400	3.0	5.8	12.0	18.2	35.4	56.8	101.3	209.2	623.8
450	2.9	5.5	11.3	17.1	33.3	53.5	95.5	197.2	588.1
500	2.7	5.2	10.8	16.2	31.6	50.8	90.6	187.1	557.9
550	2.6	4.9	10.3	15.5	30.1	48.4	86.4	178.4	532.0
600	2.5	4.7	9.8	14.8	28.9	46.4	82.7	170.8	509.3

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

می خواهیم قطر لوله ای که به مشعل دوم وصل است را حساب کنیم ؛طول مسیر 430 متر است حفظ می شود و ظرفیت $4.0\ m^3/_{hr}$ از جدول قطر 1 اینچ محاسبه می شود



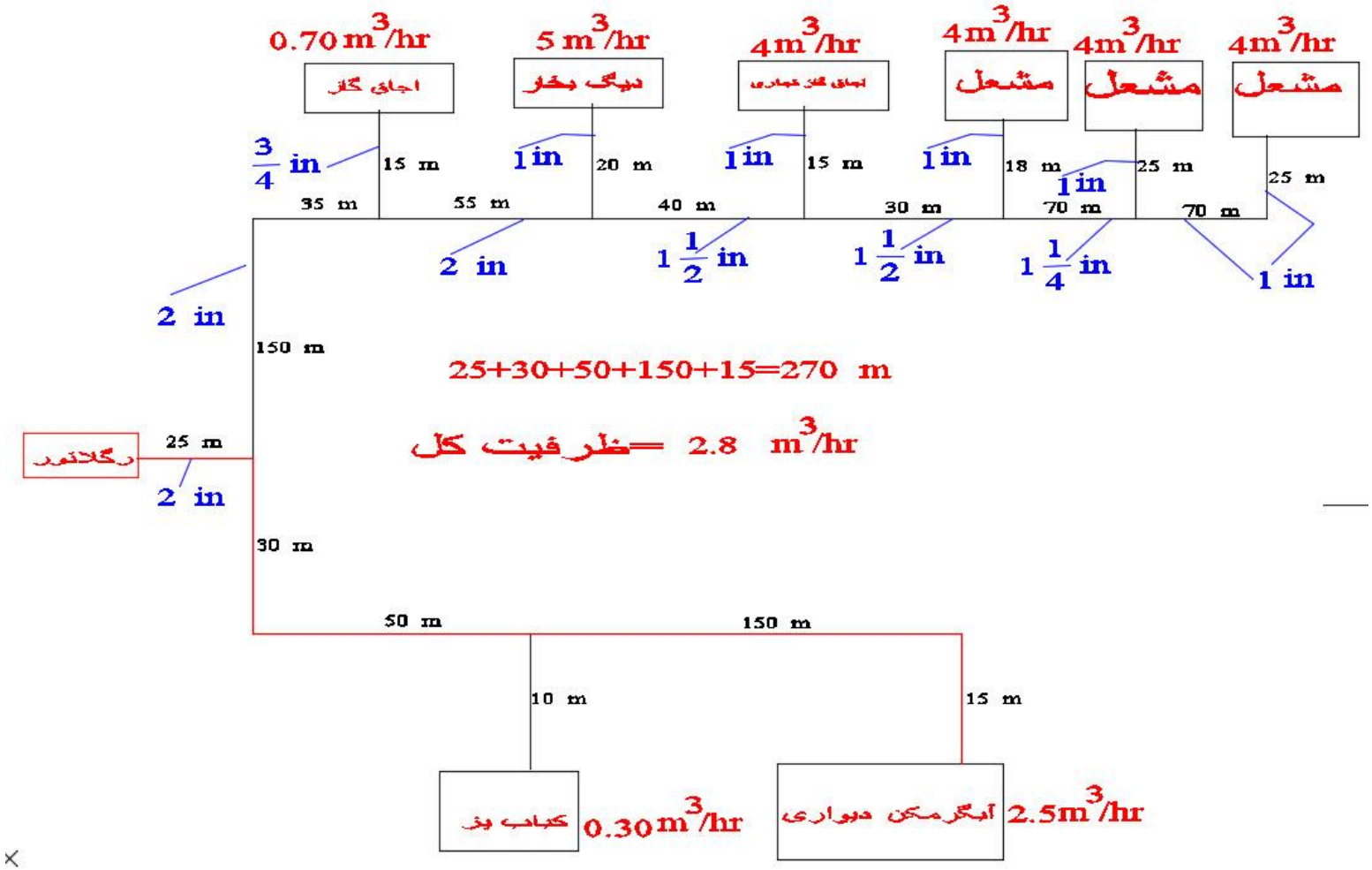
می خواهیم قطر لوله ای که به مشعل دوم وصل است را حساب کنیم ؛طول مسیر 430 متر است حفظ می شود و ظرفیت $4.0\ m^3/hr$ از جدول قطر 1 اینچ محاسبه می شود

ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 2 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr
15	15.7	29.9	62.2	93.8	176.0	251.1	387.7	667.7	1515.2
30	11.1	21.2	44.0	66.3	129.1	207.3	370.0	667.7	1515.2
45	9.1	17.3	35.9	54.1	105.4	169.3	302.1	623.6	1515.2
60	7.9	15.0	31.1	46.9	91.3	146.6	261.7	540.1	1515.2
75	7.0	13.4	27.8	41.9	81.6	131.1	234.0	483.0	1440.5
90	6.4	12.2	25.4	38.3	74.5	119.7	213.6	441.0	1315.0
120	5.6	10.6	22.0	33.2	64.5	103.7	185.0	381.9	1138.8
150	5.0	9.5	19.7	29.7	57.7	92.7	165.5	341.6	1018.6
200	4.3	8.2	17.0	25.7	50.0	80.3	143.3	295.8	882.1
250	3.8	7.3	15.2	23.0	44.7	71.8	128.2	264.6	789.0
300	3.5	6.7	13.9	21.0	40.8	65.6	117.0	241.5	720.3
350	3.3	6.2	12.9	19.4	37.8	60.7	108.3	223.6	666.8
400	3.0	5.8	12.0	18.2	35.4	56.8	101.3	209.2	623.8
450	2.9	5.5	11.3	17.1	33.3	53.5	95.5	197.2	588.1
500	2.7	5.2	10.8	16.2	31.6	50.8	90.6	187.1	557.9
550	2.6	4.9	10.3	15.5	30.1	48.4	86.4	178.4	532.0
600	2.5	4.7	9.8	14.8	28.9	46.4	82.7	170.8	509.3

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

می خواهیم قطر لوله مسیر دوم (خط قرمز) را حساب کنیم ؛طول مسیر 270 متر است حفظ می شود و ظرفیت $2.8\ m^3/hr$ از جدول قطر 3/4 اینچ محاسبه می شود



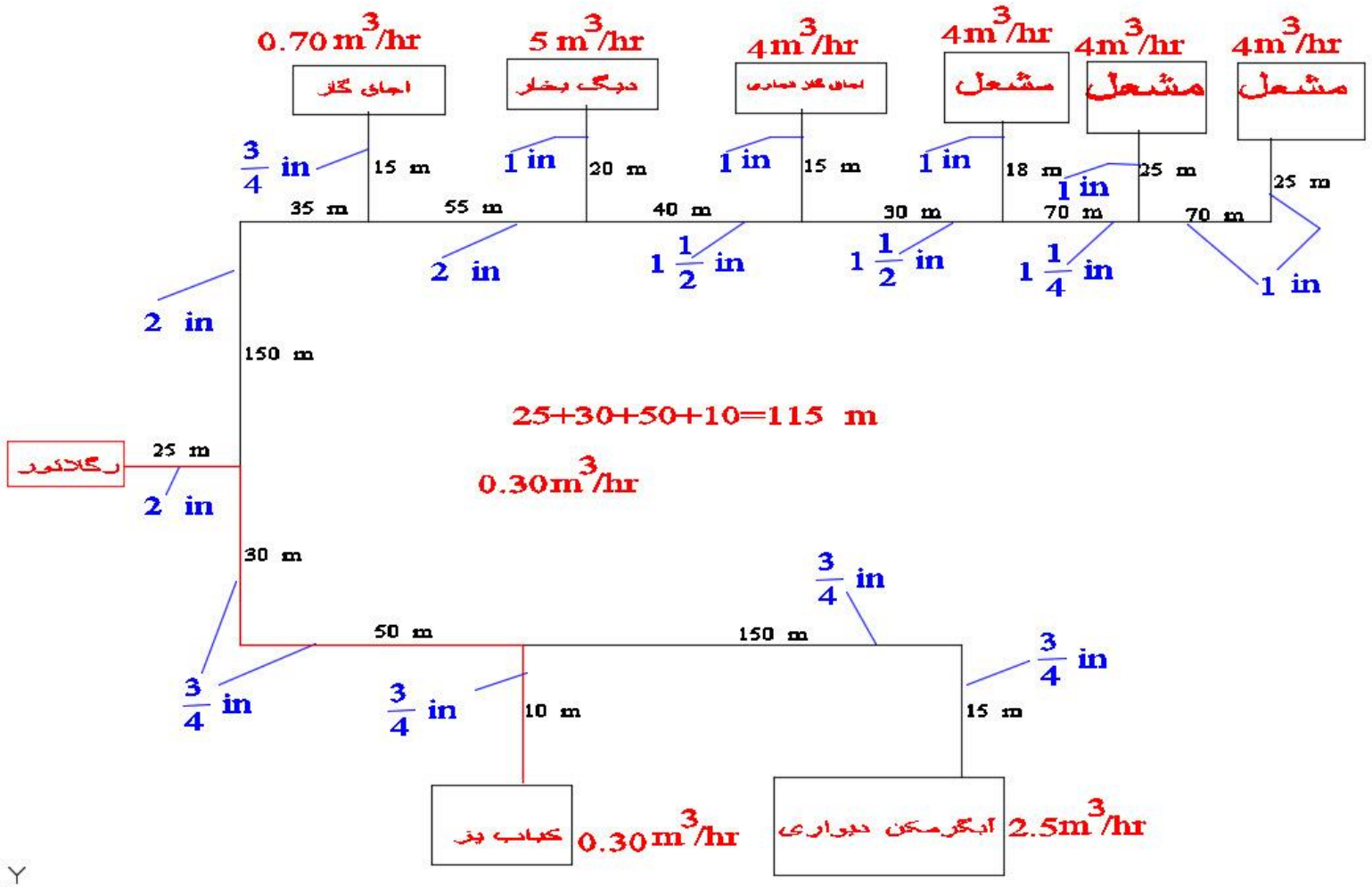
می خواهیم قطر لوله مسیر دوم (خط قرمز) را حساب کنیم ؛طول مسیر 270 متر است حفظ می شود و ظرفیت $2.8\ m^3/_{hr}$ از جدول قطر 3/4 اینچ محاسبه می شود

ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 2 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$	$Q=m^3/Hr$
15	15.7	29.9	62.2	93.8	176.0	251.1	387.7	667.7	1515.2
30	11.1	21.2	44.0	66.3	129.1	207.3	370.0	667.7	1515.2
45	9.1	17.3	35.9	54.1	105.4	169.3	302.1	623.6	1515.2
60	7.9	15.0	31.1	46.9	91.3	146.6	261.7	540.1	1515.2
75	7.0	13.4	27.8	41.9	81.6	131.1	234.0	483.0	1440.5
90	6.4	12.2	25.4	38.3	74.5	119.7	213.6	441.0	1315.0
120	5.6	10.6	22.0	33.2	64.5	103.7	185.0	381.9	1138.8
150	5.0	9.5	19.7	29.7	57.7	92.7	165.5	341.6	1018.6
200	4.3	8.2	17.0	25.7	50.0	80.3	143.3	295.8	882.1
250	3.8	7.3	15.2	23.0	44.7	71.8	128.2	264.6	789.0
300	3.5	6.7	13.9	21.0	40.8	65.6	117.0	241.5	720.3
350	3.3	6.2	12.9	19.4	37.8	60.7	108.3	223.6	666.8
400	3.0	5.8	12.0	18.2	35.4	56.8	101.3	209.2	623.8
450	2.9	5.5	11.3	17.1	33.3	53.5	95.5	197.2	588.1
500	2.7	5.2	10.8	16.2	31.6	50.8	90.6	187.1	557.9
550	2.6	4.9	10.3	15.5	30.1	48.4	86.4	178.4	532.0
600	2.5	4.7	9.8	14.8	28.9	46.4	82.7	170.8	509.3

ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

می خواهیم قطر لوله ای که به کباب پز (خط قرمز)وصل است را حساب کنیم ؛طول مسیر 115 متر است حفظ می شود و ظرفیت $0.30\ m^3/_{hr}$ از جدول قطر 3/4 اینچ محاسبه می شود



می خواهیم قطر لوله ای که به کباب پز (خط قرمز)وصل است را حساب کنیم ؛طول مسیر 115 متر است حفظ می شود و ظرفیت $0.30\ ^{m^3}/_{hr}$ از جدول قطر 3/4 اینچ محاسبه می شود

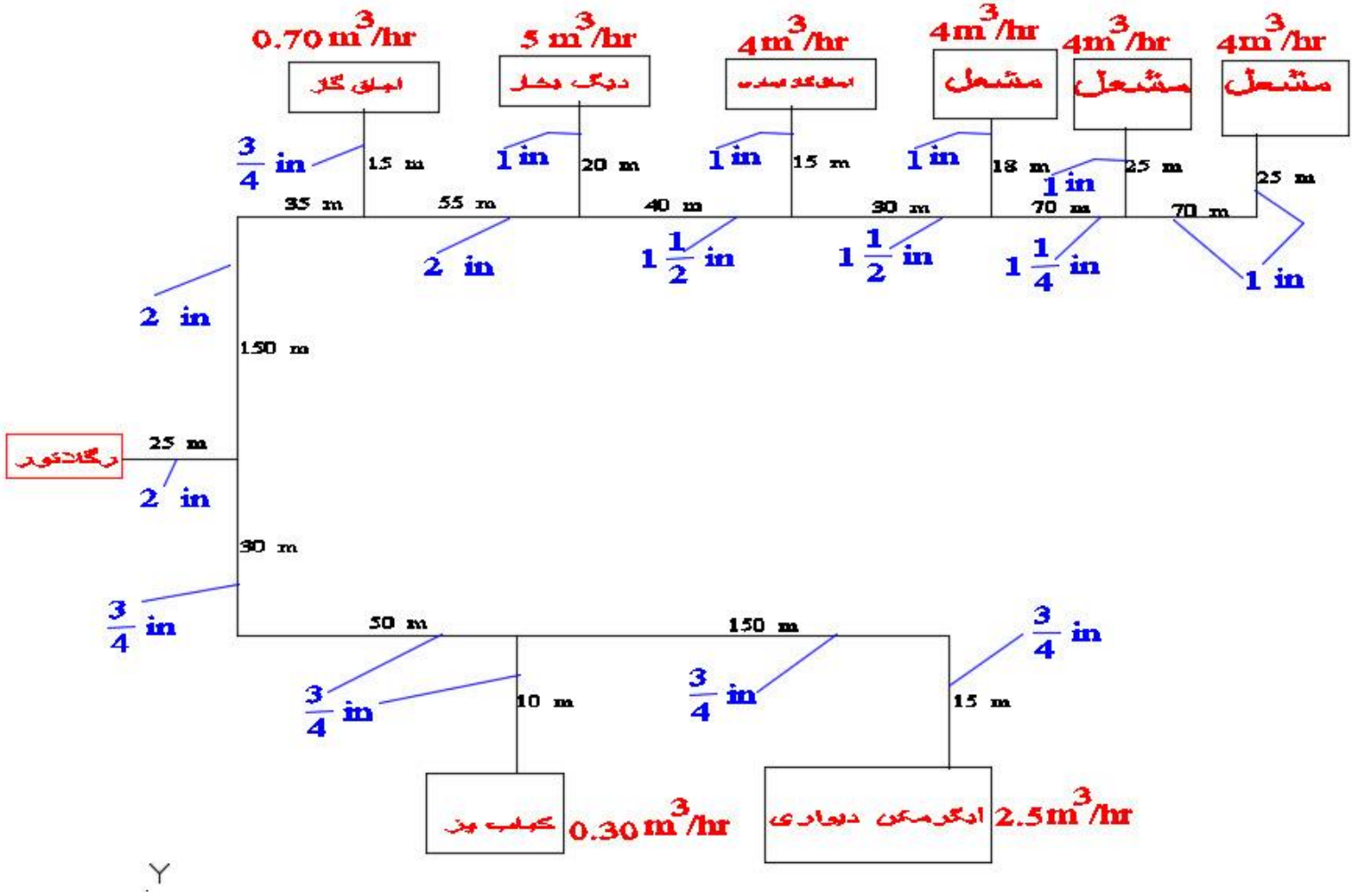
ظرفیت گاز برای لوله فولادی فشار اولیه 2 پوند وافت فشار 10 درصد

Inside,Diam	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	4.026	6.065
Diameter	3/4 in	1 in	1 1/4 in	1 1/2 in	2 in	2 1/2 in	3 in	4 in	6 in
Length m	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr	Q=m^3/Hr
15	15.7	29.9	62.2	93.8	176.0	251.1	387.7	667.7	1515.2
30	11.1	21.2	44.0	66.3	129.1	207.3	370.0	667.7	1515.2
45	9.1	17.3	35.9	54.1	105.4	169.3	302.1	623.6	1515.2
60	7.9	15.0	31.1	46.9	91.3	146.6	261.7	540.1	1515.2
75	7.0	13.4	27.8	41.9	81.6	131.1	234.0	483.0	1440.5
90	6.4	12.2	25.4	38.3	74.5	119.7	213.6	441.0	1315.0
120	5.6	10.6	22.0	33.2	64.5	103.7	185.0	381.9	1138.8
150	5.0	9.5	19.7	29.7	57.7	92.7	165.5	341.6	1018.6
200	4.3	8.2	17.0	25.7	50.0	80.3	143.3	295.8	882.1
250	3.8	7.3	15.2	23.0	44.7	71.8	128.2	264.6	789.0
300	3.5	6.7	13.9	21.0	40.8	65.6	117.0	241.5	720.3
350	3.3	6.2	12.9	19.4	37.8	60.7	108.3	223.6	666.8
400	3.0	5.8	12.0	18.2	35.4	56.8	101.3	209.2	623.8
450	2.9	5.5	11.3	17.1	33.3	53.5	95.5	197.2	588.1
500	2.7	5.2	10.8	16.2	31.6	50.8	90.6	187.1	557.9
550	2.6	4.9	10.3	15.5	30.1	48.4	86.4	178.4	532.0
600	2.5	4.7	9.8	14.8	28.9	46.4	82.7	170.8	509.3

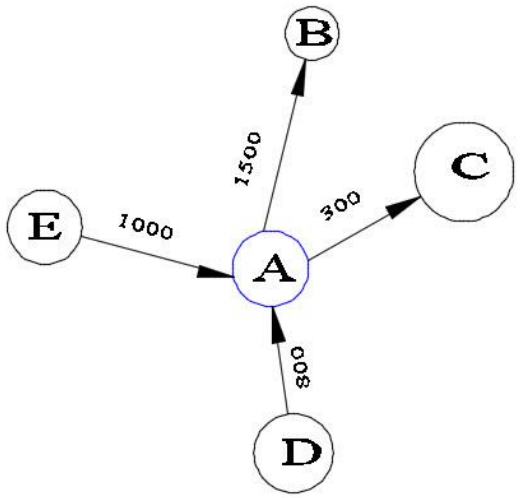
ظرفیت اصلاح شده باقرمز نمایان است چون در انجا حداکثر سرعت گاز 20 متر بر ثانیه حساب شده.

برای آن کارخانه چنین لی اوت پیشنهاد شد.

قطر لوله ها(Lay out diameter)



حالا که از شبکه صحبت شد ؛باید روی شبکه هایی که به صورت گره ای است صحبت کنم و بعد مثالی بزنم.

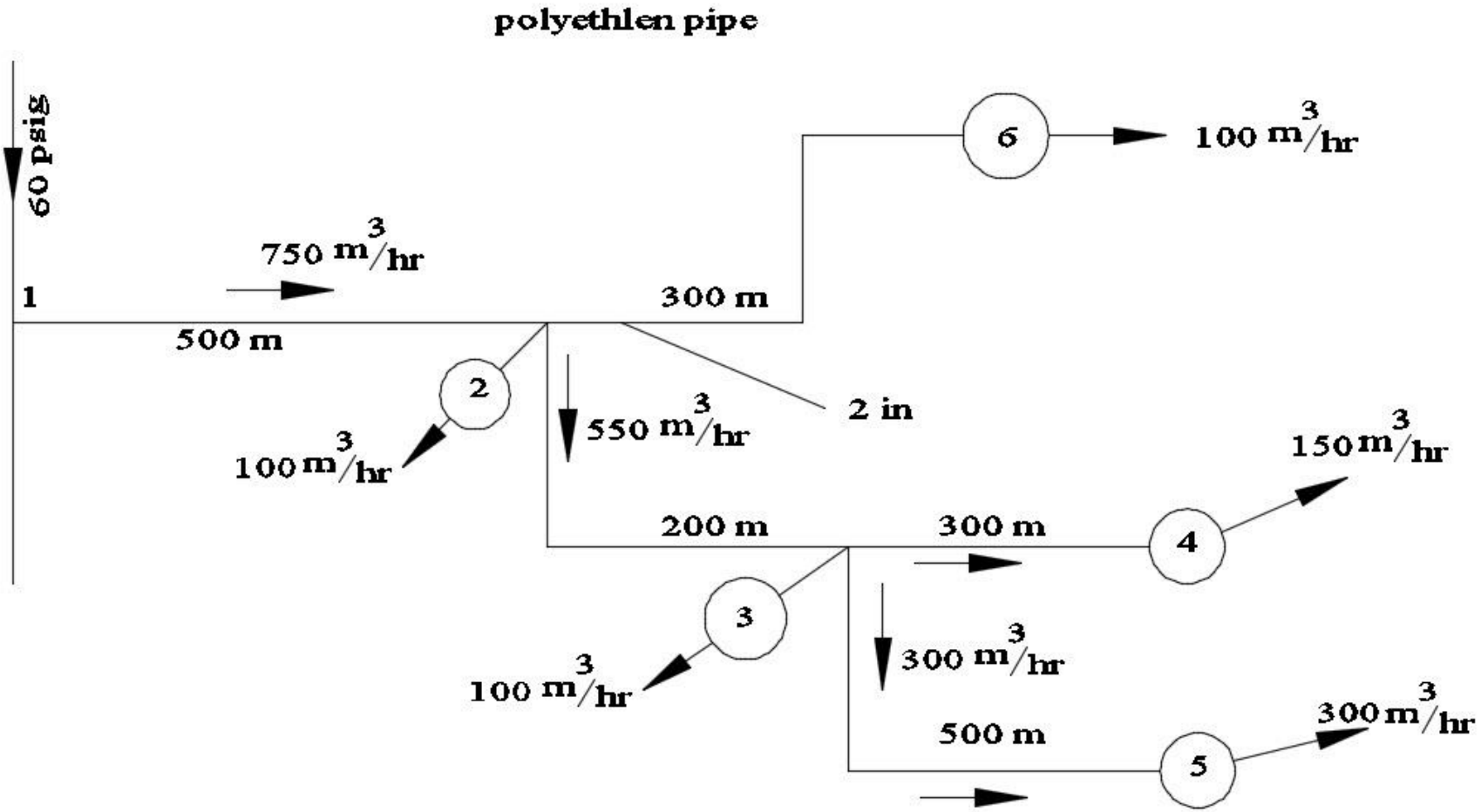


همان طور که درگره روبرو مشاهده می شود گره E,D گره Aرا تغذیه می کنند و گره Aگره B,Cرا پشتیبانی می کند یعنی ورود و خروج(1800) بایدطبق قانون پیوستگی مساوی باشند.

$$\sum Q_{in} = \sum Q_{out}$$

مثال :7

می خواهیم شبکه فرعی زیررا با لوله پلی ایتلن وبه قطر 2 اینچ به خطوط اصلی شبکه که فشار60psigاست مطابق شکل زیروصل کنیم مطلوبست فشار در گره ها.


polyethlen pipe
60 psig
750 m3/hr
1
500 m
300 m
6
100 m3/hr
2
100 m3/hr
550 m3/hr
2 in
150 m3/hr
200 m
300 m
4
3
100 m3/hr
300 m3/hr
500 m
5
300 m3/hr

همان طور که از نقشه پیداست از شبکه اصلی باید $750\ ^{m^3}/_{hr}$ گاز وارد لوله پلی ایتلن شود از گره 2 به 3 باید طبق قانون گره $550\ ^{m^3}/_{hr}$ از گره 3به 4 که همان $150\ ^{m^3}/_{hr}$ واز 3به 5 همان $300\ ^{m^3}/_{hr}$

فشار در نقطه 2 را حساب می کنیم از فرمول پلی ایتلن استفاده می کنیم

$$Q = 132.21(\frac{T_b}{P_b})\ \ (\ \frac{{P_1}^2 - {P_2}^2}{G^{0.795}\mu^{0.205}T_f\ LZ})^{0.557}\ \ \ D^{2.7855}$$

$$750x35.28x24 = 132.21(\frac{520}{14.7})\ \ (\ \frac{74.7^{\ 2} - {P_2}^2}{0.65^{0.795}0.000008^{0.205}\frac{500}{1609.3}x530x0.99})^{0.557}\ \ 2.047^{2.7855}$$

$$135.8 = \ \ (\ \frac{74.7^{\ 2} - {P_2}^2}{0.71x0.09x163})^{0.557}\ \ 7.36$$

$$135.8 = \frac{(74.7^{\,2} - P_2{}^2)^{\,0.557}}{3.67}) \quad 7.36$$

$$(74.7^{\,2} - P_2{}^2)^{\,0.557} = \frac{135.8x3.67}{7.36} = 67.7$$

$$(74.7^{\,2} - P_2{}^2) = 1934$$

$$P_2{}^2 = 5580 - 1934 = 3646$$

$$P_2 = 60.4\ psia \quad \rightarrow 45.7\ psig$$

فشار در نقطه 3 را حساب می کنیم از فرمول پلی ایتلن استفاده می کنیم

$$550x35.28x24 = 132.21(\frac{520}{14.7}) \quad (\frac{60.4^{\,2} - P_3{}^2}{0.65^{0.795}0.000008^{0.205}\frac{200}{1609.3}x530x0.99})^{0.557} \quad 2.047^{2.7855}$$

$$99.6 = \left(\frac{60.4^{\,2} - P_3^{\,2}}{0.71x0.09x65.2} \right)^{0.557} \quad 7.36$$

$$99.6 = \quad \frac{(64^{\,2} - P_3^{\,2})^{\,0.557}}{2.21}) \quad 7.36$$

$$(60.4^{\,2} - P_3^{\,2})^{\,0.557} = \frac{99.6x2.21}{7.36} = 29.9$$

$$(60.4^{\,2} - P_3^{\,2}) = 445.9$$

$$P_3^{\,2} = 3648 - 445.9 = 3202$$

$$P_3 = 56.6\ psia \quad \rightarrow 41.9\ psig$$

حالا فشار در گره 5 را محاسبه می کنیم.

$$300x35.28x24 = 132.21(\frac{520}{14.7}) \quad \left(\frac{56.6^{\,2} - P_5^{\,2}}{0.65^{0.795}0.000008^{0.205}\frac{500}{1609.3}x530x0.99} \right)^{0.557} \quad 2.047^{2.7855}$$

$$54.3 = \left(\frac{56.6^{\,2} - {P_5}^2}{0.71x0.09x163}\right)^{0.557} \quad 7.36$$

$$54.3 = \frac{(56.6^{\,2} - {P_5}^2)^{\,0.557}}{3.67}) \quad 7.36$$

$$(56.6^{\,2} - {P_5}^2)^{\,0.557} = \frac{54.3x3.67}{7.36} = 27$$

$$(56.6^{\,2} - {P_5}^2) = 371.3$$

$${P_5}^2 = 3203.6 - 371.3 = 2832.3$$

$$P_5 = 53.2\ psia \quad \rightarrow 38.5\ psig$$

حالا فشار در گره 4 را محاسبه می کنیم.

$$150x35.28x24 = 132.21\left(\frac{520}{14.7}\right) \left(\frac{56.6^{\,2} - {P_4}^2}{0.65^{0.795}0.000008^{0.205}\frac{300}{1609.3}x530x0.99}\right)^{0.557} \quad 2.047^{2.7855}$$

$$27.2 = \left(\frac{56.6^{\,2} - {P_4}^2}{0.71x0.09x97.8}\right)^{0.557} \quad 7.36$$

$$27.2 = \frac{(56.6^{\,2} - P_4{}^2)^{\,0.557}}{2.77}) \quad 7.36$$

$$(56.6^{\,2} - P_4{}^2)^{\,0.557} = \frac{27.2x2.77}{7.36} = 10.23$$

$$(56.6^{\,2} - P_4{}^2) = 65$$

$$P_4{}^2 = 3203.6 - 65 = 3138.6$$

$$P_4 = 56\ psia \quad \rightarrow 41.3\ psig$$

حالا فشار در گره 6 را محاسبه می کنیم.

$$100x35.28x24 = 132.21(\frac{520}{14.7}) \quad (\frac{60.4^{\,2} - P_6{}^2}{0.65^{0.795}0.000008^{0.205}\frac{100}{1609.3}x530x0.99})^{0.557} \quad 2.047^{2.7855}$$

$$18.1 = \quad (\frac{60.4^{\,2} - P_6{}^2}{0.71x0.09x32.6})^{0.557} \quad 7.36$$

$$18.1 = \frac{(60.4^{\,2} - P_6{}^2)^{\,0.557}}{1.5}) \quad 7.36$$

$$(60.4^{\,2} - P_6{}^2)^{\,0.557} = \frac{18.1x1.5}{7.36} = 3.69$$

$$(60.4^{\,2} - P_6{}^2) = 10.42$$

$$P_6{}^2 = 3648.2 - 10.42 = 3637.8$$

$$P_6 = 60.3\ psia \quad \rightarrow 45.6\ psig$$

شبکه بندی یا نت ورک(Net Work)ویا گره ها

شبکه بندی یعنی وصل شدن لوله ها به هم وتشکیل گره دادن و یا ایجاد ایستگاه ،یک شبکه می تواند از چندین گره تشکیل شده باشد.طول هر شبکه نباید بیش از 700 متر باشند تو هر گره می توان فشار و ظرفیت لوله ها با روش هاردی کراس حساب کرد

از فرمول 19 استفاده می کنیم

$$P_1{}^2 - P_2{}^2 = \frac{LQ^2}{1567 D_{in}{}^{16/3}} \quad (19)$$

می توان گفت که

$$\Delta P^2 = KQ^2$$

که

$$K = \frac{L}{1567 D_{in}{}^{16/3}}$$

$$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$$

روش هاردی کراس

قانون اول کیرشهیف-جمع جبری جریانهای ورودی به هر گره صفر است

قانون دوم کیر شهیف-جمع جبری مجذور افت فشار ها در حلقه بسته صفر است.

1-در هر گره جریان های ورودی و خروجی باید مساوی باشد.

2-با حدس زدن جریان یک لوله یا دولوله می توان جریان های سایر لوله ها را با قانون پیوستگی بدست آورد و جهت هارا رو لوله ها مشخص کرد.

3-تعداد هر لوپ را مشخص می کنیم.

4-ΔQ هر لوپ را مشخص می کنیم

5-آنقدر به این سعی خطا ادامه می یابد تا تفاوت ΔQ های بدست آمده ناچیز شود.

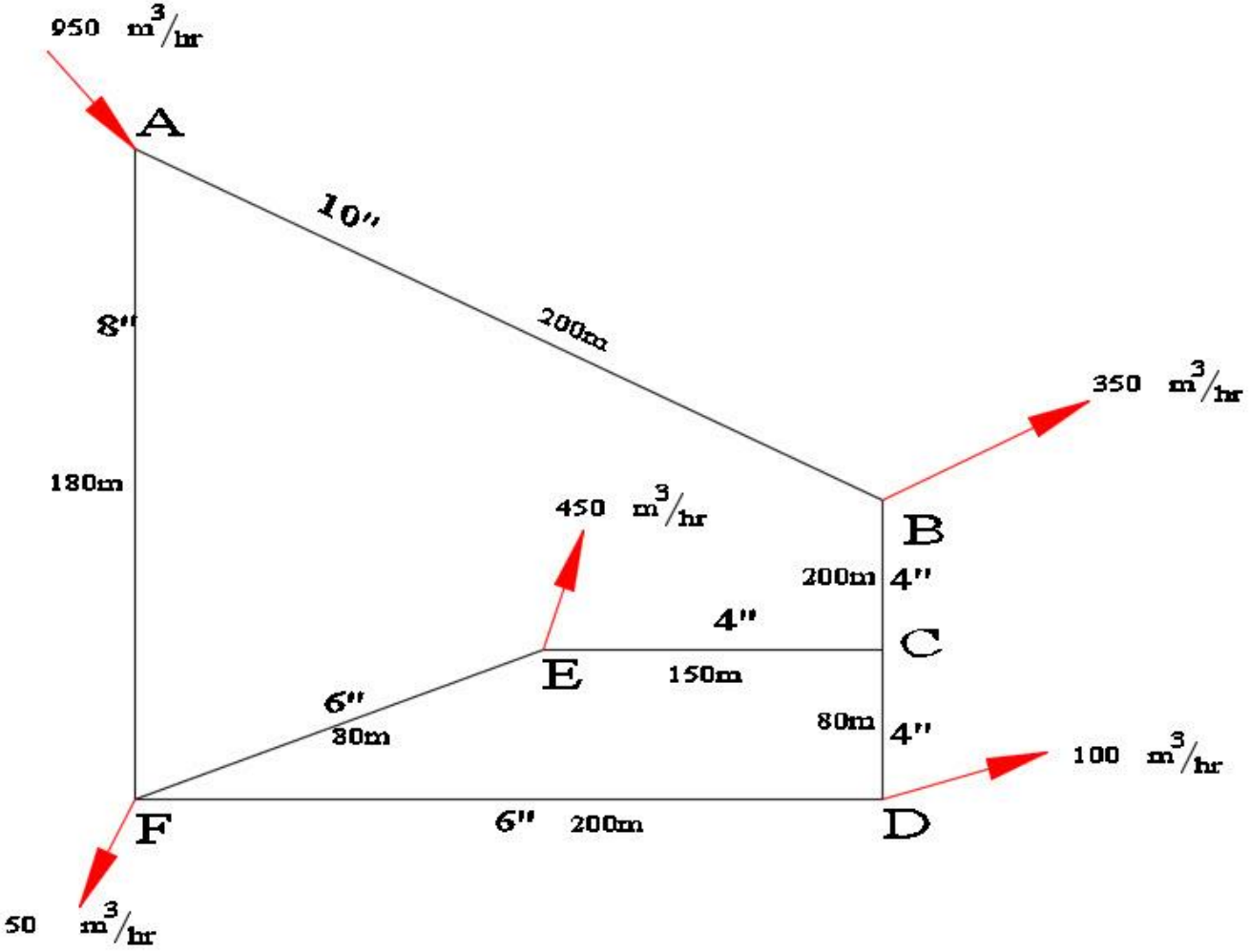
مثال 8

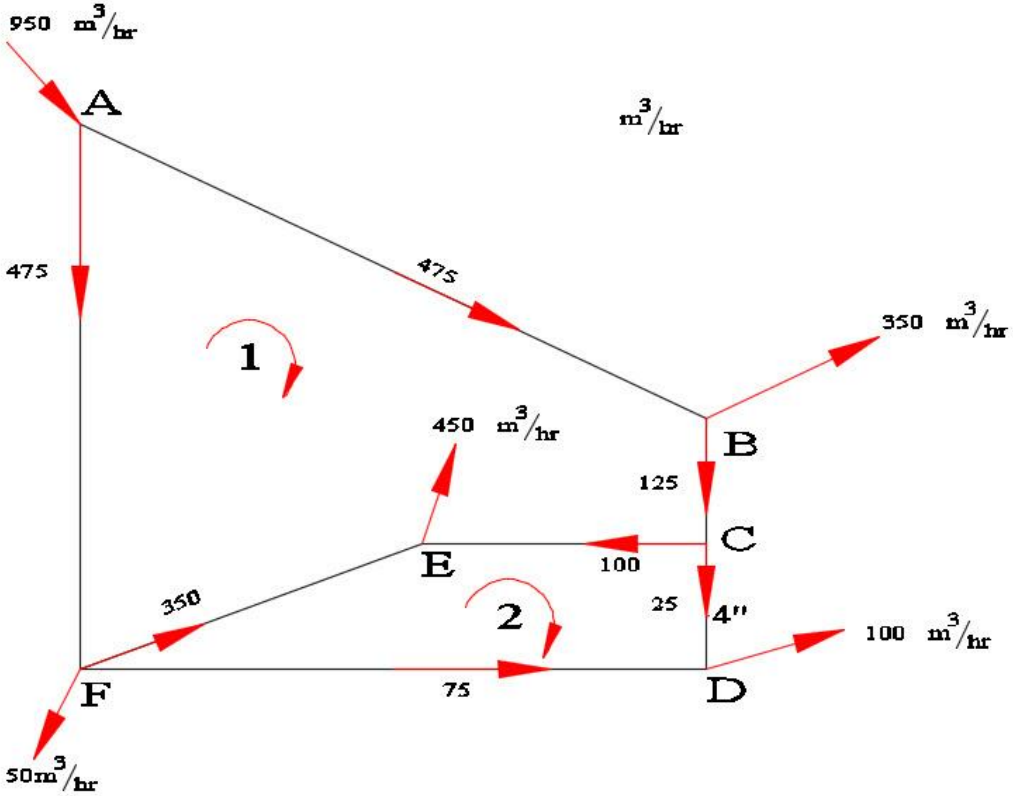
شبکه زیر را مشاهده کنید.در هر گره مقدار ظرفیت گاز وارد در شبکه را مشاهده می کنید؛می خواهیم ظرفیت گاز را درهر لوله شبکه حساب کنیم.

البته هر چه حدس ما برای شبکه درست باشد

تلاش سعی و خطای ما کمتر می شود.

مجموع ورودی ظرفیت گاز ها950 و خروجی آن هم 950 است





اول حدث می زنیم که جریان در لوله
A به B 475 باشدو Bبه C 125
وA به F 475
بقیه طبق قانون
گره ها حساب می کنیم یعنی
دبی خروجی و ورودی باید
مساوی باشد؛مشاهده کنید

دو لوپ داریم 1و2
موافق عقربه ساعت مثبت

این ظرفیت های حدس زده شده در جدول برده ودوباره محاسبه می کنیم تا$\Delta Q_1 - \Delta Q_2 \approx 0$یعنی محاسبه آنقدر تکرار می شودتا تفاوت آنها ناچیز شود.

البته هر چه حدس اولیه خوب باشد می توان با دو سه تلاش سعی وخطا به جواب رسید.البته آقای هاردی کراس در سال 1930در دانشگاه ایلینویز روش خود رادر مقاله ای گزارش داد در آن زمان نه ماشین حساب بود ونه کامپیوترفقط خط کش محاسبه بود و بس.اگر نت ورک درست حدس زده نشود تلاش به چندمین برسد خیلی سخت خواهد شد حتی با ماشین حساب.یادم می آد وقتی در آمریکا دانشجو بودم(سال 1968)ما در کلاس هیدرولیک واقعاً مشکل داشتیم وبا خط کش محاسبه باید آنرا حساب می کردیم چون در زمان ما ماشین حساب جیبی نبود. ولی به هر حال من برای شما این مسئله را با اکسل محاسبه کردم و هر کسی می تواند با اکسل سریع به جواب برسد. چون حدس اولیه ام خوب نبود اینجانب بعد از سی امین تلاش به نتیجه مطلوب رسیدم؛ مثلاً اگر چنین نت ورکی را با خط کش محاسبه انجام می دادی بسیار سخت و حتی غیر ممکن می شد. واینجانب با اکسل چند دقیقه وقت به جواب رسیدم

$\Delta Q_1 - \Delta Q_2 = 8\frac{m^3}{hr}$ چون ورودی به شبکه $950\frac{m^3}{hr}$ است $8\frac{m^3}{hr}$ بسیار ناچیز است. دانشجویان عزیز شما می توانید با سعی وخطای بیشتراز سی به عدد کمتر از 8 برسید.

باداشتن فرمول 19 می توان Kرا محاسبه کرد.

$$K = \frac{200}{1567(4.026)^{16/3}} = 7.58x10^{-5}$$

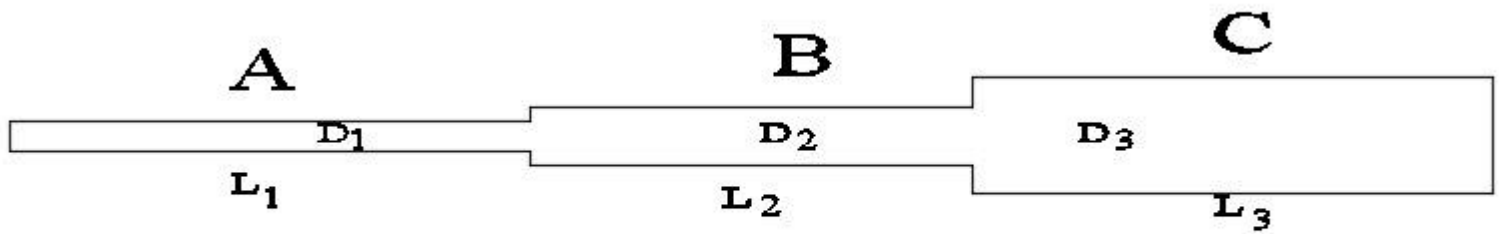
جدول و محاسبه مشاهده به فرمایید.

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	3250	3.85E-03	6.2591	-1625	-1442		-1442	1808
1	BC	200	4	7.85E-05	2900	4.55E-01	660.5445	-1450	-1442		-1442	1458
1	CE	150	4	5.89E-05	42	4.89E-03	0.10165	-21	-1442	-1434	-8	33
1	EF	80	6	3.61E-06	-408	-2.95E-03	0.6028	204	-1442	-1434	-8	-417
1	FA	180	8	1.75E-06	2300	8.06E-03	9.2757	-1150	-1442		-1442	858
Total						4.69E-01	676.78377	-1442				
												30
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	408	2.95E-03	0.6028	-204	-1434	-1442	8	417
2	CE	150	4	5.89E-05	-42	-4.89E-03	0.1016	21	-1434	-1442	8	-33
2	CD	80	4	3.14E-05	2859	1.80E-01	256.7027	-1429	-1434		-1434	1425
2	DF	200	6	9.03E-06	2759	4.98E-02	68.7530	-1379	-1434		-1434	1325
Total						2.27E-01	326.16009	-1434				

من در اکسل توضیح کامل را خواهم داد.

لوله ها که به صورت سری بسته می شوند

در شکل پایین اگر چند لوله با قطر های مختلف و طول های مختلف انتها به ابتدای هم وصل شوند می گویند لوله به صورت سری بسته شده است.



Series Pipes

طبق قانون پیوستگی جریان در داخل همه لوله مساوی هستند.

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

ولی افت فشار برابر مجموع افت های هر لوله است.

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3$$

$$\Delta P = \frac{4fL_1{V_1}^2}{D_1 2g} + \frac{4fL_2{V_2}^2}{D_2 2g} + \frac{4fL_3{V_3}^2}{D_3 2g}$$

طبق قانون پیوستگی، داریم

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

$$\Delta P = \frac{fL_1 Q^2}{3.0257{D_1}^5} + \frac{fL_2 Q^2}{3.0257{D_2}^5} + \frac{fL_3 Q^2}{3.0257{D_3}^5}$$

اگر قطر لوله معادل راDو طول معادل را L داریم

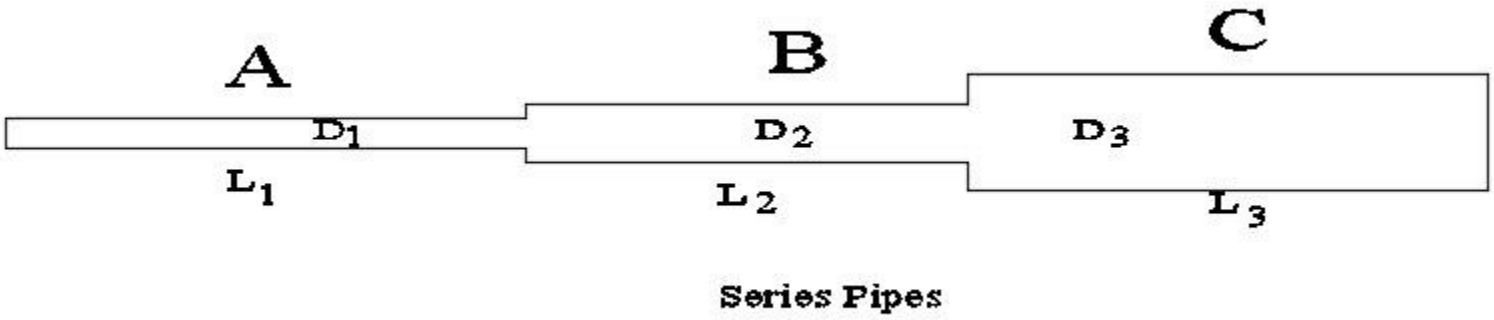
$$\frac{fLQ^2}{3.0257D^5} = \frac{fL_1 Q^2}{3.0257{D_1}^5} + \frac{fL_2 Q^2}{3.0257{D_2}^5} + \frac{fL_3 Q^2}{3.0257{D_3}^5}$$

$$\frac{L}{D^5} = \frac{L_1}{{D_1}^5} + \frac{L_2}{{D_2}^5} + \frac{L_3}{{D_3}^5} \qquad 26$$

مثال:5

$$L_1 = 100m \quad D_1 = 1.5\ in$$
$$L_2 = 300m \quad D_2 = 2\ in$$
$$L_3 = 500m \quad D_3 = 3\ in$$

می خواهیم لوله ای به طول 400 متر را جایگزین این سه لوله کنیم؛قطر آنرا حساب کنید



Series Pipes

$$\frac{L}{D^5} = \frac{L_1}{{D_1}^5} + \frac{L_2}{{D_2}^5} + \frac{L_3}{{D_3}^5}$$

$$\frac{400}{D^5} = \frac{100}{1.61^5} + \frac{300}{2.067^5} + \frac{500}{3.068^5}$$

$$\frac{400}{D^5} = 9.24 + 7.95 + 1.84 = 19.1$$

$$D^5 = 20.94$$

$$D = 1.837 \qquad D_{Inside} \quad 1.61 \rightarrow 2.067$$

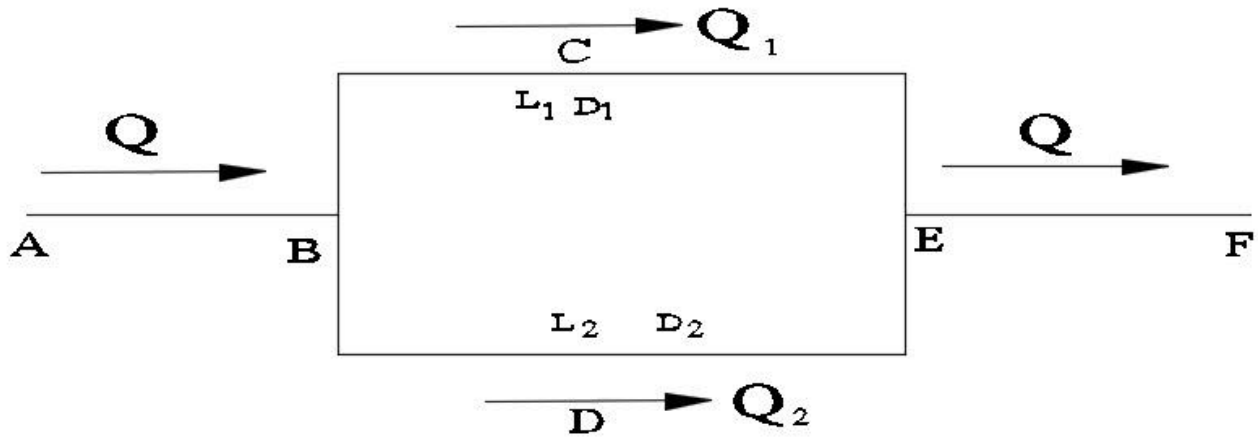
عدد 1.837 به 2.067 نزدیکتر است ؛پس قطر 2 اینچ انتخاب می شود.

$$D = 2 \ in$$

لوله ها که به صورت موازی بسته می شوند

در شکل پایین اگر چند لوله با قطر های مختلف و طول های مختلف، ابتدا به ابتدا و انتها به انتهای هم وصل شوند می گویند لوله به صورت موازی بسته شده است و یا می گویند به صورت لوپ و یا حلقوی بسته شده است.

همان طور که در شکل پایین مشاهده می فرمایید لوله AB به دو لوله(BCE,BDE) وصل شده که به آن سیستم موازی می گویند ویا به صورت سیستم لوپ است.انتهای این دولوله به هم وصل شده وبه لوله EF متصل است.



ما می توانیم به جای این دولوله(BCE,BDE) یک لوله معادل به قطر D_eو به طول L_e انتخاب کنیم ودبی در لوله AB,EF برابر Q است ودر دو لوله(BCE,BDE) مطابق شکلQ_1 وQ_2 پس

$$Q = Q_1 + Q_2$$

افت فشار در لوله BCE ودر لوله BDE مساوی هستند؛پس

$$\Delta P_{A,B} = \Delta P_{BCE} = \Delta P_{BDE}$$

از فرمول عمومی گاز استفاده کرده و بعد از ساده کردن داریم.

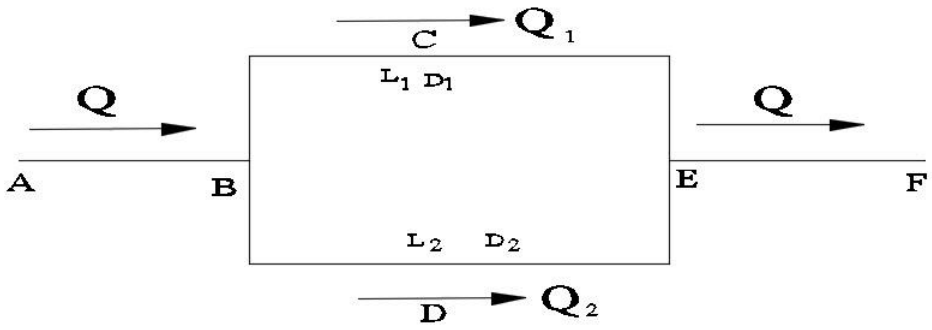
$$\frac{L_1 {Q_1}^2}{{D_1}^5} = \frac{L_2 {Q_2}^2}{{D_2}^5}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^{0.50} \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{2.50}$$

طول مسیر BDE و BCE هیچ نیازی نیست که مساوی باشند با داشتن Qو طول وقطر می توانیم دبی در هرلوله را حساب کنیم.

مثال : 9 مطلوبست دبی در دو لوله

اگر Qبرابر 300 متر مکعب در ساعت باشد



$$L_1 = 1000m \quad D_1 = 2\ in$$

$$L_2 = 850m \quad D_2 = 1.5\ in$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^{0.50} \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{2.50}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{850}{1000}\right)^{0.50} \left(\frac{2.067}{1.61}\right)^{2.50}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = 0.921x1.867 = 1.72$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$300 = 1.72Q_2 + Q_2 = 2.72Q_2$$

$$Q_2 = 110.3 \frac{m^3}{hr}$$

$$300 = Q_1 + 110.3$$

$$Q_1 = 189.7 \frac{m^3}{hr}$$

حلقوی کردن سیستم

حلقوی کردن سیستم به طور حتم باعث ازدیاد قطر می شود .برای مثال اگر طول معادل این دولوله L_2وL_1 برابر L_e در نظر بگیریم؛داریم

$$\frac{L_e Q^2}{{D_e}^5} = \frac{L_1 {Q_1}^2}{{D_1}^5} = \frac{L_2 {Q_2}^2}{{D_2}^5}$$

اگر طول ها مساوی باشند داریم $L_e = L_2 = L_1$

$${D_e}^5 = {D_2}^5 \left[1 + (\frac{D_1}{D_2})^{2.5}\right]^2 \qquad (27)$$

اگر قطر ها مساوی باشد؛داریم $D = D_2 = D_1$

$$D_e{}^5 = D_2{}^5[1+1]^2 = 4D_2{}^5$$

$$D_e = 1.32D$$

$$\frac{Q_L}{Q} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^{0.50}\left(\frac{D_e}{D}\right)^{2.50} = (1.32)^{2.50} = 2.0$$

همان طور که نشان دادیم حلقوی کردن سیستم به شرط اینکه قطر لوله های لوپ مساوی باشد می تواند دبی جریان گاز را دو برابر کند .نسبت دو قطر را $\frac{D_1}{D_2} = n$ در نظر می گیریم فرمول 27و این نسبت را توی اکسل بردم نسبت $\frac{Q_L}{Q}$ و$\frac{D_1}{D_2}$ به صورت سهمی مشاهده می کنید معادله مربوط به آن هم بدست آمده.اگر $\frac{D_1}{D_2}$ برابر یک باشد نسبت $\frac{Q_L}{Q}$ را برابر 2 بدست آوردیم؛با این فرمول که در اکسل بدست آوردم آزمایش می کنیم.

$$y = 0.9786X + 0.1826$$

$$\frac{D_1}{D_2} = X = 1$$

$$y = 0.9786(1) + 0.1826 = 1.16$$

$$\frac{Ql}{Q} = 1.4887(X)^{2.2925}$$

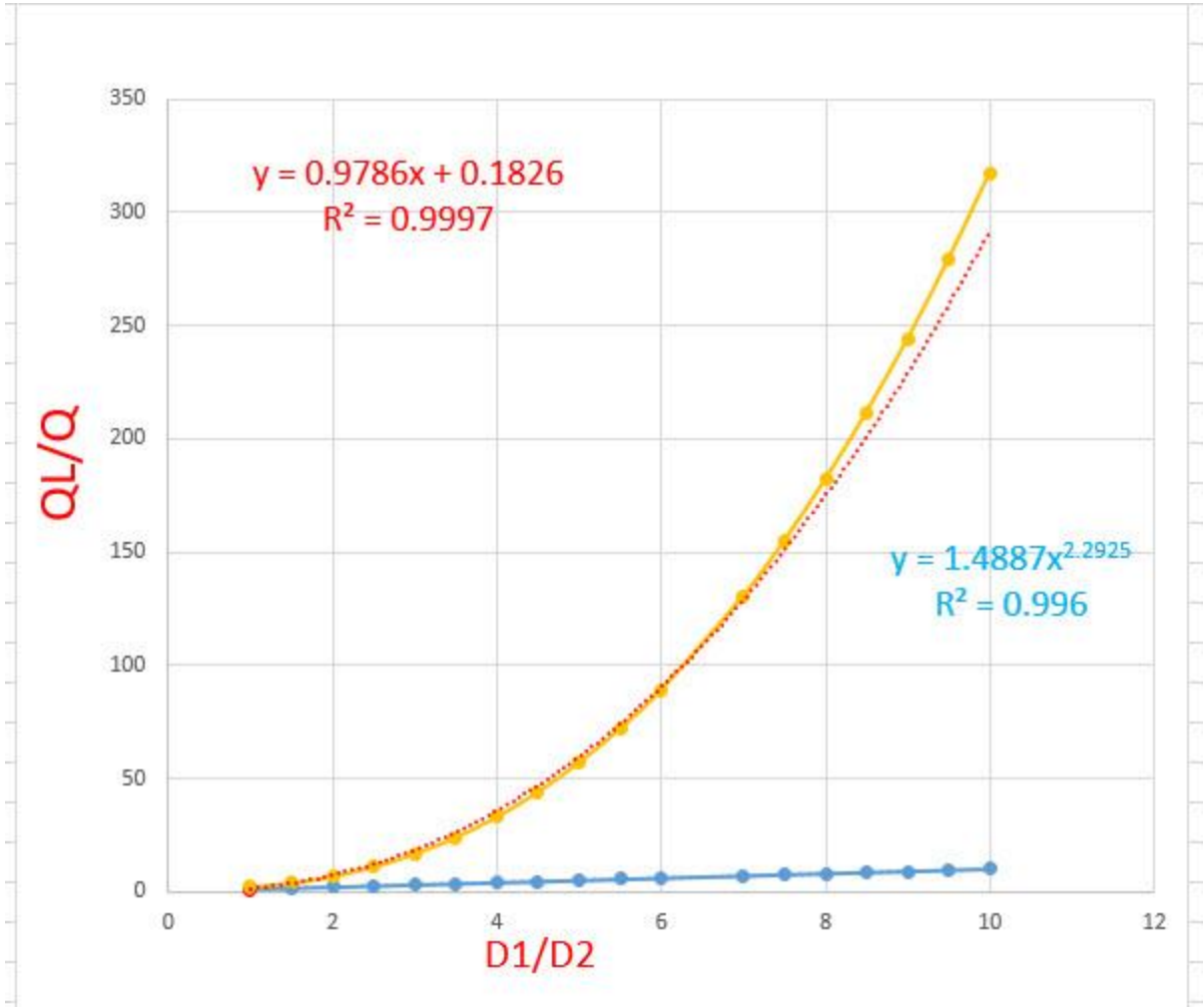
$$\frac{Ql}{Q} = 1.4887(1.16)^{2.2925} = 2.0$$

مشاهده می کنید همان عدد است که بدست آوردیم؛حالااگر$\frac{D_1}{D_2}$ برابر 1.2 باشد یعنی بیست در صد اضافه کنیم$\frac{Q_L}{Q}$ چقدر است

$$y = 0.9786(1.2) + 0.1826 = 1.356$$

$$\frac{Ql}{Q} = 1.4887(1.356)^{2.2925} = 3$$

مشاهده می کنیم که با حلقوی کردن لوله ها اگر قطرها مساوی باشد،مقدار دبی جریان دوبرابر میشود واگر 20 درصد به قطر اضافه شود؛دبی جریان سه برابر می شود. پس این فرمول ها یی را که من بدست آوردم می تواند خیلی مفید باشد.


y = 0.9786x + 0.1826
R² = 0.9997
y = 1.4887x^2.2925
R² = 0.996
QL/Q
D1/D2
350
300
250
200
150
100
50
0
0
2
4
6
8
10
12

ایستگاه کمپروسرو(Compressor) تعیین قدرت آن(HP)

ایستگاه کمپرسور طوری طراحی شده که می تواند گاز را در داخل لوله از یک نقطه به نقطه دیگر انتقال بدهد.فرض می گیریم لوله ای به طول 35 کیلومتر وجود داردوبا این کمپرسور می خواهیم گازرا با فشار 1000psigازنقطه Aورودی به نقطه ایستگاه نهایی B وبافشار 900psig وبا دبی 100 میلیون فوت مکعب در روز انتقال بدهیم؛مطمعناً کمپرسور تلاش می کند گاز را متراکم کند وباید بدانیم قدرت این کمپرسور چقدر است.پس قدرت اسب بخار(HP) این پمپ چنین است.

$$HP = 0.0857\left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)QT_1\left(\frac{Z_1+Z_2}{2}\right)\left(\frac{1}{\eta_a}\right)\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}-1\right]$$

1- HP قدرت کمپرسور بر حسب اسب بخار

2- $\gamma = \frac{C_P}{C_v}$ گرمای ویژه گاز که در اینجا 1.29 است.

3- ظرفیت گاز میلیون فوت مکعب در روز.MMSCFD

4- T_1 حرارت مکش گاز $R^{o.}$

5- P_1 فشار مکش گازpsia

6- P_2 فشار تخلیه گازpsia.

7- Z_1ضریب تراکم در وظعیت مکش.بدون بعد.

8- Z_2 ضریب تراکم در وظعیت تخلیه.بدون بعد.

9- η_a ضریب کمپرسور که اینضریب برابر است با

$$\eta_a = \left[\frac{T_1}{T_2 - T_1}\right]\left[\left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right]$$

مثال: 10 در شکل زیر اگر در نقطه A کمپرسور کار گذاشته شود،قدرت آن چقدر است،حرارت ورودی گاز مکش 70درجه فارانهایت است.وحرارت گاز تخلیه 250 درجه فارانهایت است فشار مکش1200 psia و فشار تخلیه900psiaاست

$$Z_1 = \frac{1}{1 + [\frac{1200X344400(10^{1.785x0.65})}{530^{3.825}}]} = 0.8150$$

$$Z_2 = \frac{1}{1 + [\frac{900X344400(10^{1.785x.65})}{710^{3.825}}]} = 0.9473$$

$$\eta_a = \left[\frac{70 + 460}{250 - 70}\right]\left[\left(\frac{0.9473}{0.8150}\right)\left(\frac{1200}{900}\right)^{\frac{1.29-1}{1.29}} - 1\right]$$

$$\eta_a = 0.706$$

$$HP = 0.0857\left(\frac{\gamma}{\gamma - 1}\right)QT_1(\frac{Z_1 + Z_2}{2})(\frac{1}{\eta_a})\left[(\frac{P_2}{P_1})^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right]$$

$$HP = 0.0857\left(\frac{1.29}{1.29-1}\right)100(70+460)\left(\frac{0.8150+0.9473}{2}\right)\left(\frac{1}{0.706}\right)\left[\left(\frac{1200}{900}\right)^{\frac{1.29-1}{1.29}}-1\right]$$

$$HP = 0.0857(4.448)100(530)(0.8811)(1.416)[0.0668]$$

$$HP = 1684 \ \ horse\ power$$

$$0.001KW = 0.0013 \ \ hp$$

$$HP = 1295 \ \ KW$$

مقاومت مصالح لوله های گاز(Strength of pipe)

همان طورکه در اوایل این درس نشان دادیم چگونه ظرفیت گاز را می توان بدست آورد وچگونه می توان به کمک کمپرسورها فشار را زیاد ویا کم کردو می توان گاز را در داخل لوله از یک نقطه به نقطه دیگر انتقال داد. این لوله های آهنی که ناقل گاز هستند باید به توانند درمقابل فشار داخلی گاز در لوله دوام بیاورندو به اصطلاح در مقابل تنش های وارده طاقت بیاورند.اگر

فشار گاز ازدیاد پیدا کند تنش درمواد لوله زیاد می شود.بنابراین برای یک فشار معین و یک ضخامت معین و نوع مواد تشکیل دهنده آن در لوله میشود به یک فشار ایمنی رسید که به آن حداکثرفشار قابل قبول عملیاتی نامید.

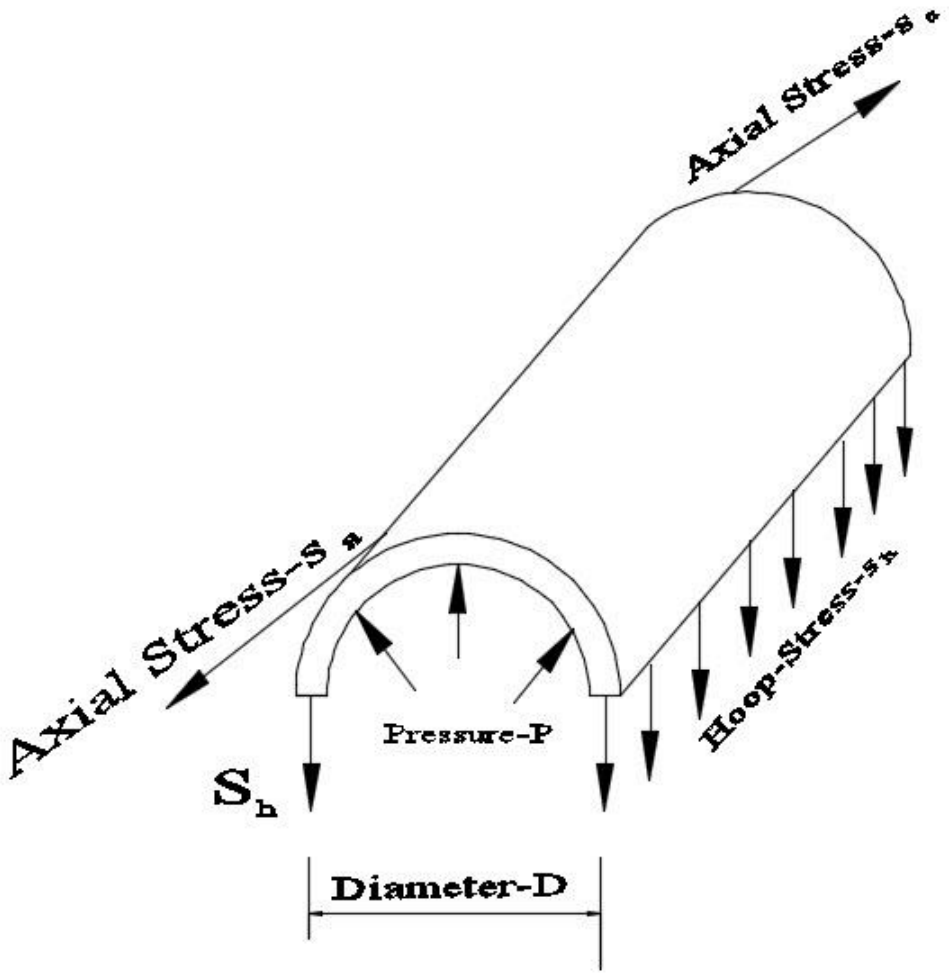
(Maximum allowable operating pressure MAOP)

در اثر فشار داخلی گاز در لوله دو نوع تنش به دیواره لوله اثر می کند. تنش بزرگتر به نام تنش حلقوی S_h(hoop stress)

که این نیرو به پیرامون دایره لوله اثر می کند. و نیروی دوم که نصف آن است در راستای طولی لوله اثر می کند و نامش تنش محوری استS_a (Axial Stress)

پس

$$S_a = 1/2S_h$$



می توان از فرمول بارلوس(Barlows) استفاده کرد.

$$S_h = \frac{PD}{2t}$$

گاهی برای بر آورد S_h کافی است که نصف تنش (Minimum tensile yield strength)یک فولاد را محاسبه کنیم. که معمولاً برای فولاد این مقدار 42000 psia است

1- S_h تنش حلقوی قابل قبولPsig

2- P فشار داخلی لولهpsig

3- D اندازه قطر خارجی لولهin

4- t ضخامت جداره لوله بر حسب اینچ

مثال: 10

حداکثر فشار داخلی یک لوله فولادی که قطر اسمی آن20 اینچ و ضخامت آن 0.5 اینچ است چقدر است

$$\frac{42000}{2} = \frac{P20}{2(0.5)}$$

$$P = 1050 \ psia$$

فرمولی که بیشتر استفاده می شود این است

$$P = \frac{2t\ SFT}{D}$$

که Tضریب عملیات کاری است ،چون بیشتر عملیات زیر حرارت 250 درجه انجام می گیرد این ضریب یک است و در حرارت 300 درجه فارانهایت این ضریب 0.967 است.

که Fضریب طراحی است معمولاً 0.72 برای لوله هایی که مسیر آن طولانی است.

که S منیمم مقاومت مصالح مواد می باشد. Minimum tensile yield strength

$$P = \frac{2t\ S(0.72)(1)}{D} = \frac{1.44\ tS}{D}$$

$$P = \frac{1.44\ tS}{D}$$

مثال: 11

فشار داخلی لوله گاز 1200psigاست اگر قطر اسمی آن 20 اینچ باشد،ضخامت آن چقدر است

$$1200 = \frac{1.44\ t(42000)}{20}$$

$$t = 0.4\ \ in$$

تمام تلاش سعی و خطاء(سی امین تلاش) برای نت ورک که با اکسل انجام داده ام می توانید مشاهده به فرمایید.

$$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ} \qquad K = \frac{L}{1567 D_{in}^{16/3}}$$

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new	
1	AB	200	10	5.92E-07	475	5.63E-04	0.1337	-238	-100		-100	375	
1	BC	200	4	7.85E-05	125	1.96E-02	1.2269	-63	-100		-100	25	
1	CE	150	4	5.89E-05	100	1.18E-02	0.5889	-50	-100	122	-222	-122	
1	EF	80	6	3.61E-06	-350	-2.53E-03	0.4426	175	-100	122	-222	-572	
1	FA	180	8	1.75E-06	-475	-1.67E-03	0.3955	238	-100		-100	-575	1
Total						2.78E-02	2.7875025	-100					
Loop													
2	FE	80	6	3.61E-06	350	2.53E-03	0.4426	-175	122	-100	222	572	
2	EC	150	4	5.89E-05	-100	-1.18E-02	0.5889	50	122	-100	222	122	
2	CD	80	4	3.14E-05	25	1.57E-03	0.0196	-13	122		122	147	
2	DF	200	6	9.03E-06	-75	-1.35E-03	0.0508	38	122		122	47	
Total						-9.03E-03	1.1019426	122					

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	375	4.44E-04	0.0832	-187	171		171	545
1	BC	200	4	7.85E-05	25	3.87E-03	0.0477	-12	171		171	195
1	CE	150	4	5.89E-05	-122	-1.44E-02	0.8815	61	171	-97	267	145
1	EF	80	6	3.61E-06	-572	-4.14E-03	1.1836	286	171	-97	267	-305
1	FA	180	8	1.75E-06	-575	-2.02E-03	0.5802	288	171		171	-405
Total						-1.62E-02	2.7760973	171				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	572	4.14E-03	1.1836	-286	-97	171	-267	305
2	CE	150	4	5.89E-05	122	1.44E-02	0.8815	-61	-97	171	-267	-145
2	CD	80	4	3.14E-05	147	9.23E-03	0.6786	-73	-97		-97	50
2	DF	200	6	9.03E-06	47	8.49E-04	0.0199	-23	-97		-97	-50
Total						2.86E-02	2.7635461	-97				

2

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	545	6.46E-04	0.1763	-273	-112		-112	433
1	BC	200	4	7.85E-05	195	3.07E-02	3.0010	-98	-112		-112	83
1	CE	150	4	5.89E-05	145	1.71E-02	1.2389	-73	-112	133	-245	-100
1	EF	80	6	3.61E-06	-305	-2.20E-03	0.3360	152	-112	133	-245	-550
1	FA	180	8	1.75E-06	-405	-1.42E-03	0.2868	202	-112		-112	-517
Total						4.48E-02	5.039009	-112				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	305	2.20E-03	0.3360	-152	133	-112	245	550
2	CE	150	4	5.89E-05	-145	-1.71E-02	1.2389	73	133	-112	245	100
2	CD	80	4	3.14E-05	50	3.17E-03	0.0799	-25	133		133	183
2	DF	200	6	9.03E-06	-50	-8.95E-04	0.0222	25	133		133	83
Total						-1.26E-02	1.6770721	133				

3

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	433	5.13E-04	0.1111	-217	691		691	1124
1	BC	200	4	7.85E-05	83	1.30E-02	0.5415	-42	691		691	774
1	CE	150	4	5.89E-05	-100	-1.18E-02	0.5942	50	691	-97	788	688
1	EF	80	6	3.61E-06	-550	-3.98E-03	1.0948	275	691	-97	788	238
1	FA	180	8	1.75E-06	-517	-1.81E-03	0.4684	258	691		691	174
Total						-4.07E-03	2.8099708	691				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	550	3.98E-03	1.0948	-275	-97	691	-788	-238
2	CE	150	4	5.89E-05	100	1.18E-02	0.5942	-50	-97	691	-788	-688
2	CD	80	4	3.14E-05	183	1.15E-02	1.0575	-92	-97		-97	86
2	DF	200	6	9.03E-06	83	1.51E-03	0.0630	-42	-97		-97	-14
Total						2.88E-02	2.809441	-97				

4

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	1124	1.33E-03	0.7484	-562	-368		-368	756
1	BC	200	4	7.85E-05	774	1.22E-01	47.0370	-387	-368		-368	406
1	CE	150	4	5.89E-05	688	8.10E-02	27.8664	-344	-368	365	-733	-45
1	EF	80	6	3.61E-06	238	1.72E-03	0.2045	-119	-368	365	-733	-495
1	FA	180	8	1.75E-06	174	6.10E-04	0.0531	-87	-368		-368	-194
Total						2.06E-01	75.909308	-368				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	-238	-1.72E-03	0.2045	119	365	-368	733	495
2	CE	150	4	5.89E-05	-688	-8.10E-02	27.8664	344	365	-368	733	45
2	CD	80	4	3.14E-05	86	5.41E-03	0.2328	-43	365		365	451
2	DF	200	6	9.03E-06	-14	-2.51E-04	0.0017	7	365		365	351
Total						-7.76E-02	28.305354	365				

5

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	756	8.96E-04	0.3385	-378	-260		-260	495
1	BC	200	4	7.85E-05	406	6.37E-02	12.9361	-203	-260		-260	145
1	CE	150	4	5.89E-05	-45	-5.30E-03	0.1195	23	-260	-195	-65	-110
1	EF	80	6	3.61E-06	-495	-3.58E-03	0.8855	248	-260	-195	-65	-560
1	FA	180	8	1.75E-06	-194	-6.80E-04	0.0660	97	-260		-260	-455
Total						5.51E-02	14.345507	-260				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	495	3.58E-03	0.8855	-248	-195	-260	65	560
2	CE	150	4	5.89E-05	45	5.30E-03	0.1195	-23	-195	-260	65	110
2	CD	80	4	3.14E-05	451	2.83E-02	6.3865	-225	-195		-195	256
2	DF	200	6	9.03E-06	351	6.34E-03	1.1124	-175	-195		-195	156
Total						4.35E-02	8.5038462	-195				

6

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	495	5.87E-04	0.1454	-248	-837		-837	-342
1	BC	200	4	7.85E-05	145	2.28E-02	1.6604	-73	-837		-837	-692
1	CE	150	4	5.89E-05	-110	-1.30E-02	0.7157	55	-837	-115	-723	-833
1	EF	80	6	3.61E-06	-560	-4.05E-03	1.1340	280	-837	-115	-723	-1283
1	FA	180	8	1.75E-06	-455	-1.59E-03	0.3622	227	-837		-837	-1292
Total						4.80E-03	4.0177102	-837				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	560	4.05E-03	1.1340	-280	-115	-837	723	1283
2	CE	150	4	5.89E-05	110	1.30E-02	0.7157	-55	-115	-837	723	833
2	CD	80	4	3.14E-05	256	1.61E-02	2.0528	-128	-115		-115	141
2	DF	200	6	9.03E-06	156	2.81E-03	0.2189	-78	-115		-115	41
Total						3.59E-02	4.1213845	-115				

7

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	-342	-4.05E-04	0.0693	171	396		396	53
1	BC	200	4	7.85E-05	-692	-1.09E-01	37.6063	346	396		396	-297
1	CE	150	4	5.89E-05	-833	-9.81E-02	40.8553	416	396	-406	801	-32
1	EF	80	6	3.61E-06	-1283	-9.27E-03	5.9468	641	396	-406	801	-482
1	FA	180	8	1.75E-06	-1292	-4.53E-03	2.9261	646	396		396	-897
Total						-2.21E-01	87.403844	396				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	1283	9.27E-03	5.9468	-641	-406	396	-801	482
2	CE	150	4	5.89E-05	833	9.81E-02	40.8553	-416	-406	396	-801	32
2	CD	80	4	3.14E-05	141	8.85E-03	0.6232	-70	-406		-406	-265
2	DF	200	6	9.03E-06	41	7.38E-04	0.0151	-20	-406		-406	-365
Total						1.17E-01	47.440422	-406				

8

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	53	6.33E-05	0.0017	-27	162		162	215
1	BC	200	4	7.85E-05	-297	-4.66E-02	6.9047	148	162		162	-135
1	CE	150	4	5.89E-05	-32	-3.74E-03	0.0595	16	162	269	-107	-139
1	EF	80	6	3.61E-06	-482	-3.48E-03	0.8387	241	162	269	-107	-589
1	FA	180	8	1.75E-06	-897	-3.14E-03	1.4089	448	162		162	-735
Total						-5.69E-02	9.2134074	162				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	482	3.48E-03	0.8387	-241	269	162	107	589
2	CE	150	4	5.89E-05	32	3.74E-03	0.0595	-16	269	162	107	139
2	CD	80	4	3.14E-05	-265	-1.66E-02	2.2015	132	269		269	4
2	DF	200	6	9.03E-06	-365	-6.59E-03	1.2018	182	269		269	-96
Total						-1.60E-02	4.3014202	269				

9

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	215	2.55E-04	0.0275	-108	109		109	324
1	BC	200	4	7.85E-05	-135	-2.11E-02	1.4213	67	109		109	-26
1	CE	150	4	5.89E-05	-139	-1.63E-02	1.1333	69	109	-129	238	99
1	EF	80	6	3.61E-06	-589	-4.25E-03	1.2523	294	109	-129	238	-351
1	FA	180	8	1.75E-06	-735	-2.57E-03	0.9457	367	109		109	-626
Total						-4.40E-02	4.7800783	109				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	589	4.25E-03	1.2523	-294	-129	109	-238	351
2	CE	150	4	5.89E-05	139	1.63E-02	1.1333	-69	-129	109	-238	-99
2	CD	80	4	3.14E-05	4	2.63E-04	0.0005	-2	-129		-129	-125
2	DF	200	6	9.03E-06	-96	-1.73E-03	0.0829	48	-129		-129	-225
Total						1.91E-02	2.4690413	-129				

10

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	324	3.84E-04	0.0622	-162	-566		-566	-243
1	BC	200	4	7.85E-05	-26	-4.08E-03	0.0531	13	-566		-566	-593
1	CE	150	4	5.89E-05	99	1.17E-02	0.5762	-49	-566	94	-660	-561
1	EF	80	6	3.61E-06	-351	-2.54E-03	0.4453	176	-566	94	-660	-1011
1	FA	180	8	1.75E-06	-626	-2.19E-03	0.6869	313	-566		-566	-1193
Total						3.22E-03	1.8237331	-566				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	351	2.54E-03	0.4453	-176	94	-566	660	1011
2	CE	150	4	5.89E-05	-99	-1.17E-02	0.5762	49	94	-566	660	561
2	CD	80	4	3.14E-05	-125	-7.85E-03	0.4901	62	94		94	-31
2	DF	200	6	9.03E-06	-225	-4.06E-03	0.4570	112	94		94	-131
Total						-2.10E-02	1.9686733	94				

11

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	-243	-2.87E-04	0.0348	121	306		306	64
1	BC	200	4	7.85E-05	-593	-9.30E-02	27.5647	296	306		306	-286
1	CE	150	4	5.89E-05	-561	-6.61E-02	18.5482	281	306	-325	631	70
1	EF	80	6	3.61E-06	-1011	-7.31E-03	3.6947	506	306	-325	631	-380
1	FA	180	8	1.75E-06	-1193	-4.18E-03	2.4925	596	306		306	-886
Total						-1.71E-01	52.334924	306				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	1011	7.31E-03	3.6947	-506	-325	306	-631	380
2	CE	150	4	5.89E-05	561	6.61E-02	18.5482	-281	-325	306	-631	-70
2	CD	80	4	3.14E-05	-31	-1.96E-03	0.0307	16	-325		-325	-356
2	DF	200	6	9.03E-06	-131	-2.37E-03	0.1557	66	-325		-325	-456
Total						6.91E-02	22.429244	-325				

12

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	64	7.55E-05	0.0024	-32	203		203	266
1	BC	200	4	7.85E-05	-286	-4.50E-02	6.4363	143	203		203	-84
1	CE	150	4	5.89E-05	70	8.21E-03	0.2862	-35	203	185	18	88
1	EF	80	6	3.61E-06	-380	-2.75E-03	0.5225	190	203	185	18	-362
1	FA	180	8	1.75E-06	-886	-3.11E-03	1.3769	443	203		203	-684
Total						-4.25E-02	8.6242335	203				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	380	2.75E-03	0.5225	-190	185	203	-18	362
2	CE	150	4	5.89E-05	-70	-8.21E-03	0.2862	35	185	203	-18	-88
2	CD	80	4	3.14E-05	-356	-2.24E-02	3.9808	178	185		185	-171
2	DF	200	6	9.03E-06	-456	-8.24E-03	1.8784	228	185		185	-271
Total						-3.61E-02	6.6678082	185				

13

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	266	3.16E-04	0.0421	-133	311		311	578
1	BC	200	4	7.85E-05	-84	-1.31E-02	0.5478	42	311		311	228
1	CE	150	4	5.89E-05	88	1.03E-02	0.4518	-44	311	108	204	291
1	EF	80	6	3.61E-06	-362	-2.62E-03	0.4745	181	311	108	204	-159
1	FA	180	8	1.75E-06	-684	-2.40E-03	0.8189	342	311		311	-372
Total						-7.50E-03	2.3351687	311				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	362	2.62E-03	0.4745	-181	108	311	-204	159
2	CE	150	4	5.89E-05	-88	-1.03E-02	0.4518	44	108	311	-204	-291
2	CD	80	4	3.14E-05	-171	-1.07E-02	0.9197	86	108		108	-64
2	DF	200	6	9.03E-06	-271	-4.90E-03	0.6640	136	108		108	-164
Total						-2.33E-02	2.5100264	108				

14

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	578	6.85E-04	0.1978	-289	-141		-141	437
1	BC	200	4	7.85E-05	228	3.58E-02	4.0761	-114	-141		-141	87
1	CE	150	4	5.89E-05	291	3.43E-02	5.0020	-146	-141	136	-277	15
1	EF	80	6	3.61E-06	-159	-1.15E-03	0.0908	79	-141	136	-277	-435
1	FA	180	8	1.75E-06	-372	-1.30E-03	0.2428	186	-141		-141	-513
Total						6.83E-02	9.6095042	-141				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	159	1.15E-03	0.0908	-79	136	-141	277	435
2	CE	150	4	5.89E-05	-291	-3.43E-02	5.0020	146	136	-141	277	-15
2	CD	80	4	3.14E-05	-64	-4.00E-03	0.1270	32	136		136	72
2	DF	200	6	9.03E-06	-164	-2.96E-03	0.2418	82	136		136	-28
Total						-4.01E-02	5.4616315	136				

15

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	437	5.18E-04	0.1133	-219	-170		-170	267
1	BC	200	4	7.85E-05	87	1.37E-02	0.5975	-44	-170		-170	-83
1	CE	150	4	5.89E-05	15	1.74E-03	0.0128	-7	-170	-159	-11	4
1	EF	80	6	3.61E-06	-435	-3.15E-03	0.6845	218	-170	-159	-11	-446
1	FA	180	8	1.75E-06	-513	-1.80E-03	0.4609	256	-170		-170	-683
Total						1.10E-02	1.8688843	-170				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	435	3.15E-03	0.6845	-218	-159	-170	11	446
2	CE	150	4	5.89E-05	-15	-1.74E-03	0.0128	7	-159	-170	11	-4
2	CD	80	4	3.14E-05	72	4.55E-03	0.1651	-36	-159		-159	-86
2	DF	200	6	9.03E-06	-28	-4.97E-04	0.0068	14	-159		-159	-186
Total						5.47E-03	0.8692211	-159				

16

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	267	3.17E-04	0.0424	-134	119		119	386
1	BC	200	4	7.85E-05	-83	-1.30E-02	0.5349	41	119		119	36
1	CE	150	4	5.89E-05	4	4.66E-04	0.0009	-2	119	210	-91	-87
1	EF	80	6	3.61E-06	-446	-3.22E-03	0.7188	223	119	210	-91	-537
1	FA	180	8	1.75E-06	-683	-2.39E-03	0.8165	341	119		119	-564
Total						-1.78E-02	2.1135532	119				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	446	3.22E-03	0.7188	-223	210	119	91	537
2	CE	150	4	5.89E-05	-4	-4.66E-04	0.0009	2	210	119	91	87
2	CD	80	4	3.14E-05	-86	-5.43E-03	0.2350	43	210		210	123
2	DF	200	6	9.03E-06	-186	-3.37E-03	0.3142	93	210		210	23
Total						-6.05E-03	1.268882	210				

17

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	386	4.58E-04	0.0884	-193	224		224	611
1	BC	200	4	7.85E-05	36	5.69E-03	0.1032	-18	224		224	261
1	CE	150	4	5.89E-05	-87	-1.03E-02	0.4474	44	224	-88	313	226
1	EF	80	6	3.61E-06	-537	-3.88E-03	1.0426	269	224	-88	313	-224
1	FA	180	8	1.75E-06	-564	-1.98E-03	0.5571	282	224		224	-339
Total						-9.97E-03	2.2385911	224				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	537	3.88E-03	1.0426	-269	-88	224	-313	224
2	CE	150	4	5.89E-05	87	1.03E-02	0.4474	-44	-88	224	-313	-226
2	CD	80	4	3.14E-05	123	7.75E-03	0.4783	-62	-88		-88	35
2	DF	200	6	9.03E-06	23	4.23E-04	0.0050	-12	-88		-88	-65
Total						2.23E-02	1.9732899	-88				

18

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	611	7.24E-04	0.2209	-305	-137		-137	474
1	BC	200	4	7.85E-05	261	4.09E-02	5.3353	-130	-137		-137	124
1	CE	150	4	5.89E-05	226	2.66E-02	2.9987	-113	-137	136	-273	-47
1	EF	80	6	3.61E-06	-224	-1.62E-03	0.1818	112	-137	136	-273	-497
1	FA	180	8	1.75E-06	-339	-1.19E-03	0.2018	170	-137		-137	-476
Total						6.54E-02	8.9386604	-137				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	224	1.62E-03	0.1818	-112	136	-137	273	497
2	CE	150	4	5.89E-05	-226	-2.66E-02	2.9987	113	136	-137	273	47
2	CD	80	4	3.14E-05	35	2.20E-03	0.0385	-18	136		136	171
2	DF	200	6	9.03E-06	-65	-1.17E-03	0.0381	32	136		136	71
Total						-2.39E-02	3.2572239	136				

19

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	474	5.62E-04	0.1331	-237	-299		-299	175
1	BC	200	4	7.85E-05	124	1.95E-02	1.2083	-62	-299		-299	-175
1	CE	150	4	5.89E-05	-47	-5.54E-03	0.1305	24	-299	-94	-205	-252
1	EF	80	6	3.61E-06	-497	-3.59E-03	0.8927	249	-299	-94	-205	-702
1	FA	180	8	1.75E-06	-476	-1.67E-03	0.3971	238	-299		-299	-775
Total						9.24E-03	2.7616782	-299				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	497	3.59E-03	0.8927	-249	-94	-299	205	702
2	CE	150	4	5.89E-05	47	5.54E-03	0.1305	-24	-94	-299	205	252
2	CD	80	4	3.14E-05	171	1.07E-02	0.9197	-86	-94		-94	77
2	DF	200	6	9.03E-06	71	1.28E-03	0.0457	-36	-94		-94	-23
Total						2.12E-02	1.9886282	-94				

20

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	175	2.07E-04	0.0182	-88	139		139	314
1	BC	200	4	7.85E-05	-175	-2.75E-02	2.4024	87	139		139	-36
1	CE	150	4	5.89E-05	-252	-2.97E-02	3.7429	126	139	-146	285	33
1	EF	80	6	3.61E-06	-702	-5.07E-03	1.7811	351	139	-146	285	-417
1	FA	180	8	1.75E-06	-775	-2.72E-03	1.0525	387	139		139	-636
Total						-6.47E-02	8.9971059	139				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	702	5.07E-03	1.7811	-351	-146	139	-285	417
2	CE	150	4	5.89E-05	252	2.97E-02	3.7429	-126	-146	139	-285	-33
2	CD	80	4	3.14E-05	77	4.85E-03	0.1871	-39	-146		-146	-69
2	DF	200	6	9.03E-06	-23	-4.12E-04	0.0047	11	-146		-146	-169
Total						3.92E-02	5.7157907	-146				

21

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	314	3.72E-04	0.0584	-157	234		234	548
1	BC	200	4	7.85E-05	-36	-5.65E-03	0.1015	18	234		234	198
1	CE	150	4	5.89E-05	33	3.85E-03	0.0628	-16	234	134	100	133
1	EF	80	6	3.61E-06	-417	-3.02E-03	0.6293	209	234	134	100	-317
1	FA	180	8	1.75E-06	-636	-2.23E-03	0.7089	318	234		234	-402
Total						-6.67E-03	1.5609557	234				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	417	3.02E-03	0.6293	-209	134	234	-100	317
2	CE	150	4	5.89E-05	-33	-3.85E-03	0.0628	16	134	234	-100	-133
2	CD	80	4	3.14E-05	-69	-4.31E-03	0.1479	34	134		134	65
2	DF	200	6	9.03E-06	-169	-3.05E-03	0.2568	84	134		134	-35
Total						-8.19E-03	1.0967949	134				

22

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	548	6.49E-04	0.1779	-274	-113		-113	435
1	BC	200	4	7.85E-05	198	3.11E-02	3.0770	-99	-113		-113	85
1	CE	150	4	5.89E-05	133	1.56E-02	1.0354	-66	-113	157	-270	-137
1	EF	80	6	3.61E-06	-317	-2.29E-03	0.3640	159	-113	157	-270	-587
1	FA	180	8	1.75E-06	-402	-1.41E-03	0.2833	201	-113		-113	-515
Total						4.37E-02	4.9375711	-113				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	317	2.29E-03	0.3640	-159	157	-113	270	587
2	CE	150	4	5.89E-05	-133	-1.56E-02	1.0354	66	157	-113	270	137
2	CD	80	4	3.14E-05	65	4.11E-03	0.1342	-33	157		157	222
2	DF	200	6	9.03E-06	-35	-6.26E-04	0.0108	17	157		157	122
Total						-9.84E-03	1.5444274	157				

23

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	435	5.15E-04	0.1120	-217	417		417	852
1	BC	200	4	7.85E-05	85	1.33E-02	0.5652	-42	417		417	502
1	CE	150	4	5.89E-05	-137	-1.62E-02	1.1119	69	417	-111	528	390
1	EF	80	6	3.61E-06	-587	-4.24E-03	1.2467	294	417	-111	528	-60
1	FA	180	8	1.75E-06	-515	-1.81E-03	0.4652	258	417		417	-98
Total						-8.40E-03	3.5009537	417				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	587	4.24E-03	1.2467	-294	-111	417	-528	60
2	CE	150	4	5.89E-05	137	1.62E-02	1.1119	-69	-111	417	-528	-390
2	CD	80	4	3.14E-05	222	1.40E-02	1.5514	-111	-111		-111	112
2	DF	200	6	9.03E-06	122	2.21E-03	0.1350	-61	-111		-111	12
Total						3.66E-02	4.0449409	-111				

24

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new	
1	AB	200	10	5.92E-07	852	1.01E-03	0.4299	-426	-234		-234	618	
1	BC	200	4	7.85E-05	502	7.88E-02	19.7744	-251	-234		-234	268	
1	CE	150	4	5.89E-05	390	4.59E-02	8.9623	-195	-234	245	-478	-88	
1	EF	80	6	3.61E-06	-60	-4.33E-04	0.0130	30	-234	245	-478	-538	
1	FA	180	8	1.75E-06	-98	-3.44E-04	0.0169	49	-234		-234	-332	
Total						1.25E-01	29.196428	-234					
													25
Loop													
2	FE	80	6	3.61E-06	60	4.33E-04	0.0130	-30	245	-234	478	538	
2	CE	150	4	5.89E-05	-390	-4.59E-02	8.9623	195	245	-234	478	88	
2	CD	80	4	3.14E-05	112	7.02E-03	0.3920	-56	245		245	356	
2	DF	200	6	9.03E-06	12	2.12E-04	0.0012	-6	245		245	256	
Total						-3.83E-02	9.3685484	245					

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	618	7.33E-04	0.2264	-309	-276		-276	342
1	BC	200	4	7.85E-05	268	4.21E-02	5.6498	-134	-276		-276	-8
1	CE	150	4	5.89E-05	-88	-1.04E-02	0.4580	44	-276	-147	-129	-217
1	EF	80	6	3.61E-06	-538	-3.89E-03	1.0465	269	-276	-147	-129	-667
1	FA	180	8	1.75E-06	-332	-1.16E-03	0.1929	166	-276		-276	-608
Total						2.74E-02	7.5736944	-276				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	538	3.89E-03	1.0465	-269	-147	-276	129	667
2	CE	150	4	5.89E-05	88	1.04E-02	0.4580	-44	-147	-276	129	217
2	CD	80	4	3.14E-05	356	2.24E-02	3.9902	-178	-147		-147	209
2	DF	200	6	9.03E-06	256	4.63E-03	0.5940	-128	-147		-147	109
Total						4.13E-02	6.0886726	-147				

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	342	4.05E-04	0.0693	-171	153		153	495
1	BC	200	4	7.85E-05	-8	-1.25E-03	0.0050	4	153		153	145
1	CE	150	4	5.89E-05	-217	-2.56E-02	2.7727	108	153	-129	282	65
1	EF	80	6	3.61E-06	-667	-4.82E-03	1.6074	333	153	-129	282	-385
1	FA	180	8	1.75E-06	-608	-2.13E-03	0.6479	304	153		153	-455
Total						-3.34E-02	5.1022774	153				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	667	4.82E-03	1.6074	-333	-129	153	-282	385
2	CE	150	4	5.89E-05	217	2.56E-02	2.7727	-108	-129	153	-282	-65
2	CD	80	4	3.14E-05	209	1.31E-02	1.3719	-104	-129		-129	80
2	DF	200	6	9.03E-06	109	1.97E-03	0.1073	-54	-129		-129	-20
Total						4.55E-02	5.8592943	-129				

27

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	495	5.86E-04	0.1451	-247	-111		-111	384
1	BC	200	4	7.85E-05	145	2.28E-02	1.6503	-72	-111		-111	34
1	CE	150	4	5.89E-05	65	7.64E-03	0.2475	-32	-111	5625	-5736	-5671
1	EF	80	6	3.61E-06	-385	-2.78E-03	0.5360	193	-111	5625	-5736	-6121
1	FA	180	8	1.75E-06	-455	-1.60E-03	0.3629	228	-111		-111	-566
Total						2.66E-02	2.9418852	-111				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	385	2.78E-03	0.5360	-193	5625	-111	5736	6121
2	CE	150	4	5.89E-05	-65	-7.64E-03	0.2475	32	5625	-111	5736	5671
2	CD	80	4	3.14E-05	80	5.03E-03	0.2018	-40	5625		5625	5705
2	DF	200	6	9.03E-06	-20	-3.59E-04	0.0036	10	5625		5625	5605
Total						-1.76E-04	0.9888397	5625				

28

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	384	4.55E-04	0.0875	-192	2866		2866	3250
1	BC	200	4	7.85E-05	34	5.41E-03	0.0930	-17	2866		2866	2900
1	CE	150	4	5.89E-05	-5671	-6.68E-01	1893.75289	2835	2866	-2846	5712	42
1	EF	80	6	3.61E-06	-6121	-4.42E-02	135.3621	3060	2866	-2846	5712	-408
1	FA	180	8	1.75E-06	-566	-1.98E-03	0.5607	283	2866		2866	2300
Total						-7.08E-01	2029.8563	2866				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	6121	4.42E-02	135.3621	-3060	-2846	2866	-5712	408
2	CE	150	4	5.89E-05	5671	6.68E-01	1893.7529	-2835	-2846	2866	-5712	-42
2	CD	80	4	3.14E-05	5705	3.58E-01	1022.2995	-2853	-2846		-2846	2859
2	DF	200	6	9.03E-06	5605	1.01E-01	283.7957	-2803	-2846		-2846	2759
Total						1.17E+00	3335.2103	-2846				

29

Loop	Pipe	L m	D in	K	Q	2KQ	KQ^2	$\Delta Q = \frac{-\sum KQ^2}{\sum 2KQ}$	loop ΔQ	corect ΔQ	dq	Q new
1	AB	200	10	5.92E-07	3250	3.85E-03	6.2591	-1625	-1442		-1442	1808
1	BC	200	4	7.85E-05	2900	4.55E-01	660.5445	-1450	-1442		-1442	1458
1	CE	150	4	5.89E-05	42	4.89E-03	0.10165	-21	-1442	-1434	-8	33
1	EF	80	6	3.61E-06	-408	-2.95E-03	0.6028	204	-1442	-1434	-8	-417
1	FA	180	8	1.75E-06	2300	8.06E-03	9.2757	-1150	-1442		-1442	858
Total						4.69E-01	676.78377	-1442				
Loop												
2	FE	80	6	3.61E-06	408	2.95E-03	0.6028	-204	-1434	-1442	8	417
2	CE	150	4	5.89E-05	-42	-4.89E-03	0.1016	21	-1434	-1442	8	-33
2	CD	80	4	3.14E-05	2859	1.80E-01	256.7027	-1429	-1434		-1434	1425
2	DF	200	6	9.03E-06	2759	4.98E-02	68.7530	-1379	-1434		-1434	1325
Total						2.27E-01	326.16009	-1434				

30