Fluid Piping Systems

ACMV အင်ဂျင်နီယာများအတွက် pipe sizing ၊ duct sizing လုပ်ခြင်းသည် နေ့စဉ်ကြုံတွေ့နေကြ ၊ ပြုလုပ်နေကြ အလုပ်တစ်ခု ဖြစ်သည်။ ပိုက်အရွယ်အစား(pipe size)နှင့် pump head calculation သည် အခေါ်အဝေါ်သာကွဲပြားပြီး အသုံးပြုရသည့် သီအိုရီ တူညီသည်။ တွက်ယူရသည့်အဆင့် အနည်းငယ် ကွဲပြားသည်။ အသုံးပြုရမည့် ဇယား(table) ၊ အချက်အလက်များ ၊ reference စာအုပ်များ အားလုံး တူညီကြသည်။

အဆောက်အဦများရှိ M&E system များတွင် အသုံးအများဆုံးသော fluid နှစ်မျိုးမှာ ရေနှင့် လေတို့ ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် M&E အင်ဂျင်နီယာများ၊ ACMV အင်ဂျင်နီယာများ အနေဖြင့် ရေနှင့်လေတို့၏ ဂုဏ်သတ္တိများ အကြောင်းကို အသေးစိတ် သိထားရန် လိုအပ်သည်။ အောက်တွင် လေနှင့်ရေတို့၏ ဂုဏ်သတ္တိများကို အနှစ်ချုပ် ဖော်ပြထားသည်။

Physical Properties of Fluids

အရည်များ စီးဆင်းခြင်းနှင့် သက်ဆိုင်သည့် ဂုဏ်သတ္တိများကို အထူးပြုလေ့လာရန် လိုအပ်သည်။ သိပ်သည်းဆ(density)နှင့် စေးပျစ်မှု(viscosity)သည် အရည်များ စီးဆင်းခြင်းနှင့် သက်ဆိုင်သည့် အရေးကြီးသည့် ဂုဏ်သတ္တိနှစ်မျိုး ဖြစ်သည်။

သိပ်သည်းဆ (Density)

အရည်တစ်ခု၏ သိပ်သည်းဆ(density)ကို ρ ဖြင့် သတ်မှတ်ဖော်ပြလေ့ရှိသည်။ Standard condition ၌ တစ်ယူနစ်ထုထည်၌ ရှိသောအရာဝတ္ထု၏ အလေးချိန်(mass per unit volume)သည် သိပ်သည်းဆ ဖြစ်သည်။ Fluid တစ်ခု၏ သိပ်သည်းဆ(density) ဆိုသည်မှာ standard condition အခြေအနေတွင် ရှိသည့် mass ကို ထုထည်(volume)နှင့် စားထားခြင်း ဖြစ်သည်။ Standard indoor condition ဆိုသည်မှာ အခန်း၏ အပူချိန် 20°C နှင့် လေထုဖိအား 101.325 kPa (sea-level atmospheric pressure) ဖြစ်သည်။ ထုထည်သည် ဖိအားနှင့်အပူချိန်ကို လိုက်၍ ပြောင်းလဲနေသောကြောင့် ဖော်ပြချက်တိကျစေရန် စံအခြေအနေတစ်ခုကို သတ်မှတ်ရခြင်း ဖြစ်သည်။

The densities of air and water (Fox et al. 2004) at standard indoor conditions of 20°C and 101.325 kPa (sea-level atmospheric pressure) are

$$\rho \text{ ater} = 998 \text{ kg/m3}$$

$$\rho\text{air} = 1.21 \text{ kg/m3}$$

စေးပျစ်မှု(Viscosity)

Fluid တစ်မျိုး၏ စေးပျစ်မှု ဆိုသည်မှာ ကပ်လျှက်ရှိ အလွှာများ(adjacent fluid layers) ရွှေ့လျားခြင်းကို ခုခံထားမှု ဖြစ်သည်(Viscosity is the resistance of adjacent fluid layers to shear.)။ Fluid ၏ စီးဆင်းမှု ကို ခုခံထားမှု ဖြစ်သည်။

Viscosity

စေးပျစ်မှုများလျှင် high viscosity ဟု သတ်မှတ်သည်။ စေးပျစ်မှုများခြင်း(high viscosity) ဆိုသည်မှာ စီးဆင်းရန် အလွန်ခက်ခဲဟု ဆိုလိုသည်။ ရေနံစိမ်း နှင့် ပျားရည်သည် ရေထက် ပို၍ စေးပျစ်သောကြောင့် စီးဆင်းရန် ခက်ခဲသည်။ အရည်များသည် အငွေ့များထက် ပို၍ စေးပျစ်သည်။

Fluid တစ်မျိုးသည် ပို၍ စေးပျစ်လေ စီးဆင်းရန် ခက်ခဲလေ ဖြစ်သည်။ စေးပျစ်မှုများသည့် အရည်များ စီးဆင်းစေရန်အတွက် ပန့်စွမ်းအင်(pump energy) ပိုလိုအပ်သည်။

စေးပျစ်မှု(viscosity of a fluid)ကို နည်း(၂)မျိုးဖြင့် ဖော်ပြနိုင်သည်။

(က) Absolute or dynamic viscosity

Absolute or dynamic viscosity ဆိုသည်မှာ fluid များ ပုံပြောင်းခြင်း(internal deformation) ကို ခုခံထားနိုင်မှု တန်ဖိုးကို ဖော်ပြသည့်အတိုင်းအတာ ဖြစ်သည်။(This is a measure of a fluid's resistance to internal deformation.) Dynamic viscosity ၏ ယူနစ်မှာ Pascal seconds (Pa s) or Newton seconds per square metre (Ns/m^2) ဖြစ်သည်။ [1Pa s = 1 Ns/m^2]

(ခ) Kinematic viscosity

Kinematic viscosity ဆိုသည်မှာ absolute viscosity နှင့် density တို့၏ အချိုး(ratio) ဖြစ်သည်။ Kinematic viscosity ၏ ယူနစ်မှာ metres squared per second (m^2/s)ဖြစ်သည်။

ပိုက်အတွင်း၌ ဖြစ်ပေါ်သည့် ဖိအားကျဆင်းမှု(Pressure Loss in Pipes)

အငွေ့နှင့် အရည်(fluid)များ ပိုက် သို့မဟုတ် duct အတွင်း၌ စီးဆင်း(flow)သည့်အခါ အကြောင်းများစွာ (several factors)ကြောင့် ဖိအားတန်ဖိုးကျဆင်းခြင်း(loss of pressure) သို့မဟုတ် ဖိအားနိမ့်ကျခြင်း(pressure drop) ဖြစ်ပေါ်သည်။

(က) ပွတ်တိုက်မှု(friction)များကြောင့် ဖိအားကျဆင်းမှု ဖြစ်ပေါ်ခြင်း

ပိုက်အတွင်း မျက်နှာပြင် ကြမ်းတမ်းခြင်း(roughness of the inside surface of the pipe)၊ ပိုက်အချင်း(pipe diameter)နှင့် အရည်၏ ဂုဏ်သတ္တိများ(physical properties of the fluid)ကြောင့် ပွတ်တိုက်မှု(friction) ဖြစ်ပေါ်သည်။

Fluids နှင့် ပိုက်အတွင်း မျက်နှာပြင်တို့အကြား ဖြစ်ပေါ်သည် ပွတ်တိုက်မှု ဖြစ်သည်။ ဖြစ်ပေါ်သည့် ပွတ်တိုက်မှု(friction)ပမာဏသည် ပိုက်အချင်း(diameter) ၊ အလျင် (fluid velocity, V) နှင့် အရည်၏ ဂုဏ်သတ္တိများ အပေါ်တွင် မူတည်သည်။

(ခ) ရေစီးလမ်းကြောင်း ပြောင်းလဲခြင်းကြောင့် ဖိအားကျဆင်းမှု ဖြစ်ပေါ်ခြင်း(Changes in size and shape or direction of flow)

Fluid စီးဆင်းနေသည့် ပိုက်အရွယ်အစား(diameter) ပြောင်းလဲခြင်း နှင့် ပိုက်ပုံသဏ္ဍာန်(shape) ပြောင်းလဲခြင်း သို့မဟုတ် လမ်းကြောင်း(direction)ပြောင်းခြင်း၊ ဦးတည်ရာ ပြောင်းလဲခြင်း တို့ကြောင့် ဖိအား ကျဆင်းမှု ဖြစ်ပေါ်သည်။

(ဂ) အဟန့်အတားများ၊ အတားအဆီးများ(obstructions) များကြောင့် ဖိအားကျဆင်းမှု ဖြစ်ပေါ်ခြင်း

ပုံမှန်အားဖြင့် fitting သို့မဟုတ် valve တွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure loss)သည် အဝိုင်း ပုံသဏ္ဍာန် ဖြောင့်တန်းသည့်ပိုက်(cylindrical straight pipe)များတွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် ဖိအားကျဆင်းမှုထက်

ပိုများသည်။

ပိုက်များတွင် ဖိအားကျဆင်းမှု ဖြစ်ပေါ်စေသည့် အဓိက အကြောင်းရင်း(major cause of pressure loss) သည် အဟန့် အတားများ၊ အတားအဆီးများ(obstructions) များကြောင့် ဖြစ်သည်။

ဖြောင့်တန်းနေသည့် ပိုက်များ(straight pipe)အတွင်း၌ အရည်များ စီးဆင်းနေသည့်အခါ flow plattern တူညီသည်။ ပိုက်အရွယ်အစား မပြောင်းလျှင် ပိုက်တစ်လျှောက်လုံးတွင် flow pattern သည် တူညီနေသည်။ Valve သို့မဟုတ် fitting များတွင် အရည်များ စီးဆင်းသည့်အခါ flow pattern ပြောင်းလဲသွားသည်။ အထက်မှ (ခ)နှင့်(ဂ) တို့ကြောင့် flow pattern ပြောင်းလဲခြင်း ဖြစ်ပေါ်က extra pressure drop ဖြစ်ပေါ်သည်။ Pressure drop ကို တိုင်းယူနိုင်သည့်နည်း များစွာ ရှိသည်။

SI unit တွင် ဖိအား(pressure)ကို တိုင်းသည့် ယူနစ်မှာ Pascal ဖြစ်သည်။ တစ်ခါတစ်ရံ bar ဖြင့် တိုင်းယူလေ့ ပြောဆိုလေ့ရှိသည်။ D'Arcy equation ဖြင့် friction loss တန်ဖိုးကို တွက်ယူနိုင်သည်။

$$h_{friction} = \frac{f \times L \times v^2}{2 \times g \times d}$$

Where: L = Length (m)

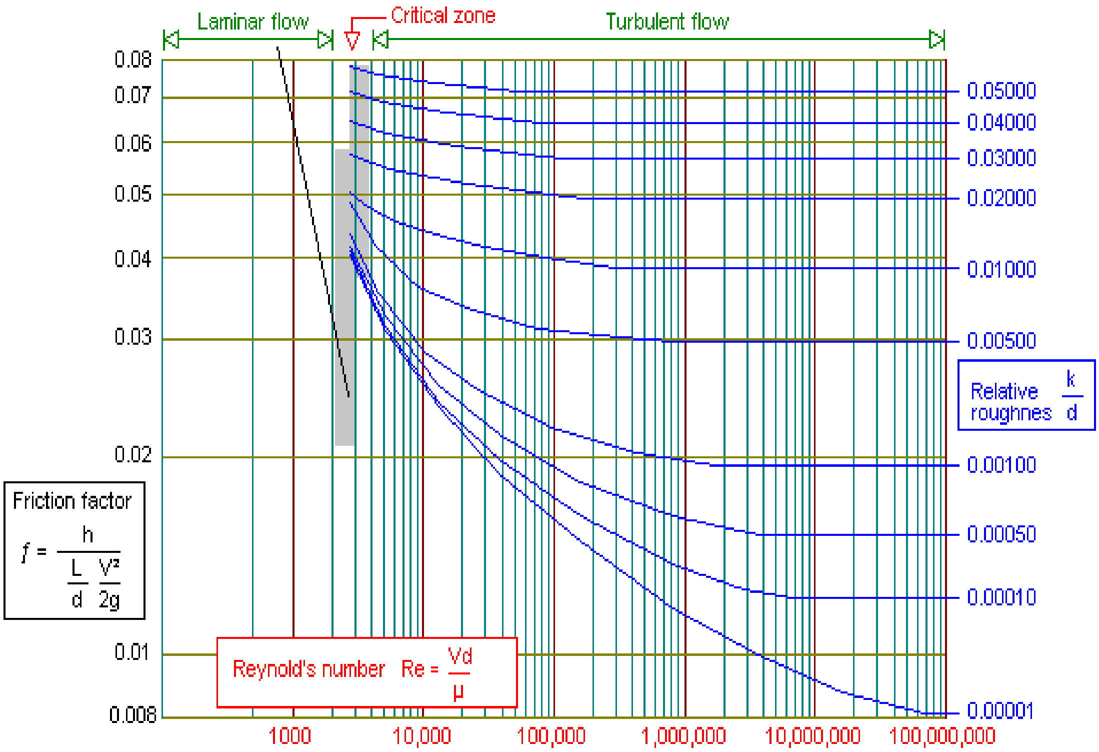
v = Flow velocity (m/s)

g = Gravitational constant (9.81 m/s²)

d = Pipe inside diameter (m)

$h_{friction}$ = Head loss to friction (m)

f = Friction factor (dimensionless)



ပုံ-၁ Estimation of friction factor

ပိုက်တွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် ဖိအားကျဆင်းမှုကို မတွက်ခင် friction factor ကို ဦးစွာ တွက်ရန် လိုသည်။ သို့မဟုတ် သိထားရန် လိုသည်။ Friction factor သည် ပိုက်အရွယ်အစား(pipe size) ၊ အတွင်း မျက်နှာပြင် ကြမ်းတမ်းမှု(inner roughness of the pipe)၊ အလျင်(flow velocity) နှင့် fluid viscosity တို့ အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ Friction factor ကို တွက်ရန် စီးဆင်းနေသည့် အခြေအနေ(flow condition)ကိုလည်း သိထားရမည်။ စီးဆင်းနေသည့် အခြေအနေ(flow condition)ဆိုသည်မှာ Turbulent သို့မဟုတ် Liminor flow စသည့် flow အမျိုးအစားကို ဆိုလိုသည်။

ပုံ-၁ ကို အသုံးပြုသည်။ Friction factor ကို ခန့်မှန်းရန်အတွက် ပိုက်၏ အတွင်းမျက်နှာပြင် ကြမ်းတမ်းမှု (roughness of pipe)ကို သိရန် သို့မဟုတ် ခန့်မှန်း(estimate) လိုအပ်သည်။ Friction factor တွက်ရန် chart တွင် Reynolds number နှင့် pipe friction တို့ဆက်စပ်နေပုံ(relationship)ကို ဖော်ပြထားသည်။ Friction factor သည် စီးဆင်းမှုအမျိုးအစား(type of flow) အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ (Re numbers <2320 the fluid flow is laminar) (Re number is >= 2320 the fluid flow is turbulent.)

Re တန်ဖိုးသည်(၂၃၂၀)ထက် နည်းလျှင် စီးဆင်းနေသည့် flow အမျိုးအစားသည် liminar flow ဖြစ်သည်။ Re တန်ဖိုး(၂၃၂၀)ထက် ပိုများလျှင် turbulent flow ဖြစ်သည်။

အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည့် ဇယား(following table)၌ ပိုက်များ၏ အတွင်း မျက်နှာပြင် ကြမ်းတမ်းမှု (values of absolute roughness of pipes, k) တန်ဖိုးများကို ဖော်ပြထားသည်။ ပိုက်အတွင်း မျက်နှာပြင် ကြမ်းတမ်းမှု k (absolute roughness of pipes)နှင့် ပိုက်အချင်း(inside diameter of pipe) မှတစ်ဆင့် (relative roughness k/d) ကို တွက်ယူနိုင်သည်။

Table -1 the absolute roughness of pipes is given below

Type of pipe	Absolute roughness of pipes (k in mm)
Plastic tubing	0.0015
Stainless steel	0.015
Rusted steel	0.1 to 1.0
Galvanised iron	0.15
Cast iron	0.26

အောက်တွင် ရိုးရှင်းသည့် တွက်နည်း(sample calculation of pressure drop)ဖြင့် နမူနာတစ်ခုကို ဥပမာအဖြစ် တွက်ပြထားသည်။ 50m^3/h ထုထည်စီးနှုန်းအတွက်၊ အကွာအဝေးမီတာ (၁၀၀) ရှိသည်။(၄)လက်မပိုက် တစ်ချောင်းကို အသုံးပြုသည်။ (A pipe of 4” Dia carrying water flow of 50 m^3/h through a distance of 100 metres.)

ပိုက်အမျိုးအစား(pipe material)သည် Cast Iron အမျိုးအစား ဖြစ်သည်။ အတွင်းမျက်နှာပြင် ကြမ်းတမ်းမှု (absolute roughness)သည် 0.26 ဖြစ်သည်။

(၁) ပထမဦးစွာ ပိုက်အတွင်း စီးဆင်းနေသည့် fluid ၏ အလျင်(velocity) ကို တွက်ရန် လိုအပ်သည်။

$$Velocity\ , m/s = \frac{Flow\ , m^3/h}{3600 \times Pipe\ Cross\ Section\ Area\ , m^2} =$$

$$= \frac{Flow\ , m^3/h}{3600 \times \left[3.14 \times (d/1000)^2 / 4\right]}$$

$$= \frac{50}{3600 \times \left[3.14 \times (100/1000)^2 / 4\right]}$$

$$= 1.77 m/s$$

$$Re = \frac{\rho \times u \times \left(d/1000\right)}{\mu}$$

(၂) ဒုတိယ Re နံပါတ်ကို တွက်ရန် လိုသည်။

Where:

ñ = Density (kg/m3) = 1000

u = Mean velocity in the pipe (m/s) = 1.77

d = Internal pipe diameter (mm) =100

ì = Dynamic viscosity (Pa s). For water at 25 C, the value is 0.001 Pa-s

$$Re = \frac{\rho \times u \times \left(d/1000\right)}{\mu} = \frac{1000 \times 1.77 \times \left(100/1000\right)}{0.001} = 177000$$

Relative roughness, k/d = 0.26/100= 0.0026

ပုံ-၁ မှ Re နံပါတ်သည် 177000 ဖြစ်သည်။ (corresponding to Re = 177000)။ k/d of 0.0026, friction factor in the turbulent region is 0.025 ပုံမှ Re တန်ဖိုးနှင့် k/d တန်ဖိုးတို့ မှတဆင့် friction factor တန်ဖိုးကို ဖတ်ယူသည်။ Turbulent region ထဲတွင် ရောက်ရှိနေသည်။

$$HeadLoss = h_{friction} = \frac{fLv^2}{2gd} = \frac{0.025\ \times 100\ \times 1.77^2}{2 \times 9.81\ \times (\frac{100}{1000})} =\ 4.0\, mper\ 100\ meterlength$$

ပိုက်များအတွက် စံချိန်စံညွှန်း (Standard Pipe dimensions)

ပိုက်များအတွက် စံချိန်စံညွှန်း(piping standard)များစွာ ရှိသည်။ American Petroleum Institute (API) မှ စံချိန်စံညွှန်းများကို အများဆုံး အသုံးပြုကြသည်။ Schedule number များဖြင့် ပိုက်များကို အမျိုးအစား ၊ အဆင့် အတန်း ခွဲခြား(pipes are categorized) ထားသည်။ Schedule number များသည် ပိုက်များ၏ ခံနိုင်သည့်ဖိအား (pressure rating of the piping) နှင့် စပ်ဆက်နေသည်။

ပိုက်အဆင့်အတန်း(schedules ranging) (၁၁)မျိုး ရှိသည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် ခံနိုင်သည့် ဖိအားကို လိုက်၍ ပိုက်များကို အဆင့်(၁၁)မျိုး ခွဲခြားထားသည်။ အနိမ့်ဆုံး အဆင့်အတန်းသည် (၅) မှ အမြင့်ဆုံး(၁၆၀) အထိ ဖြစ်သည်။ (lowest at 5 through 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140 to schedule No. 160)။

ပုံမှန်အားဖြင့် ပိုက်အရွယ်အစား(nominal size) piping 150 mm နှင့် ငယ်သည့် ပိုက်များအတွက် schedule 40 (sometimes called 'standard weight")သည် lightest ဖြစ်သည်။ ရေပိုက်များ(water) compressed air ပိုက်နှင့် steam ပိုက်များ applications လုပ်ငန်းများအတွက် schedule 40 ကို အသုံးပြုကြသည်။

ဖိအားမြင့်သည့်(high-pressure) compressed air အတွက် schedule 80 ပိုက် ကို အသုံးပြုကြသည်။ schedule number မည်သို့ပင်ဖြစ်စေ ပိုက်များ၏ အပြင်ဘက်အချင်း အတိုင်းအတာ တူညီ(same outside diameter) ကြသည်။ ထုတ်လုပ်သူများကို လိုက်၍ tolerance အနည်းငယ်သာ ကွဲပြားသည်။ (not withstanding manufacturing tolerances)။ Schedule number ပိုများ(increases)လာလေ နံရံအထူ ပိုများ(wall thickness increases) လာလေ ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် အတွင်းဘက် အချင်းအကျယ် လျော့နည်း(actual bore is reduced) သွားသည်။

ဥပမာ- 100 mm ပိုက် schedule 40 pipe ၏ အပြင်ဘက်အချင်း(outside diameter)သည် 114.30 mm ဖြစ်သည်။ ပိုက်နံရံအထူ(wall thickness)သည် 6.02 mm ဖြစ်သည်။ အတွင်းဘက်ရှိ အချင်း(bore) အကျယ်သည် 102.26 mm ဖြစ်သည်။

Dia 100 mm ပိုက် Schedule 80 pipe ၏ အပြင်ဘက်အချင်း(outside diameter)သည် 114.30 mm ဖြစ်သည်။ ပိုက်နံရံအထူ(wall thickness)သည် 8.56 mm ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် အတွင်းဘက်အချင်း(bore)သည် 97.18 mm ဖြစ်သည်။ ပိုက်အရွယ်အစားတူသော်လည်း ပိုက်၏ schedule နံပါတ်မတူလျှင် ခံနိုင်သည့် ဖိအား မတူညီပေ။ ပိုက်နံရံ အထူလည်း မတူညီကြပေ။ ပိုက်အတွင်းဘက် အချင်းအကျယ် တို့လည်း မတူညီကြပေ။

Pressure drop in components in pipe systems

ပိုက်စနစ်အတွင်းရှိ component များကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် ဖိအားကျဆင်းမှု(Pressure drop in components in pipe systems)ကို Minor head loss ဟုခေါ်ဆို ရေးသားလေ့ရှိသည်။ Pipe system များတွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် Minor head loss ကို အောက်ပါအတိုင်း ဖော်ပြနိုင်သည်။

$$h_{minorloss} = \frac{k \times v^2}{2 \times g}$$

Where $h_{minorloss}$ = minor head loss (m)

k = minor loss coefficient

v = flow velocity (m/s)

g = acceleration of gravity (m/s2)

Pipe နှင့် tube system များတွင် အသုံးများသည့်(most common) component များ၏ Minor loss coefficient များကို ဖော်ပြထားသည်။

Table 2: Minor loss coefficients

Component	Minor Loss Coefficient, k
Flanged Tees, Line Flow	0.2
Threaded Tees, Line Flow	0.9
Flanged Tees, Branched Flow	1.0
Threaded Tees, Branch Flow	2.0
Threaded Union	0.08

Flanged Regular 90o Elbows	0.3
Threaded Regular 90o Elbows	1.5
Threaded Regular 45o Elbows	0.4
Flanged Long Radius 90o Elbows	0.2
Threaded Long Radius 90° Elbows	0.7
Flanged Long Radius 45° Elbows	0.2
Flanged 180o Return Bends	0.2
Threaded 180o Return Bends	1.5
Fully Open Globe Valve	10
Fully Open Angle Valve	2
Fully Open Gate Valve	0.15
1/4 Closed Gate Valve	0.26
1/2 Closed Gate Valve	2.1
3/4 Closed Gate Valve	17
Forward Flow Swing Check Valve	2
Fully Open Ball Valve	0.05
1/3 Closed Ball Valve	5.5
2/3 Closed Ball Valve	200

အထက်တွင် ဖော်ပြထားသည့် ညီမျှခြင်းနှင့် ဇယားကို အသုံးပြု၍ pipes နှင့် fitting များတွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် ဖိအားကျဆင်းမှုကို တွက်ယူ(calculating pressure drops) နိုင်သည်။

-End-