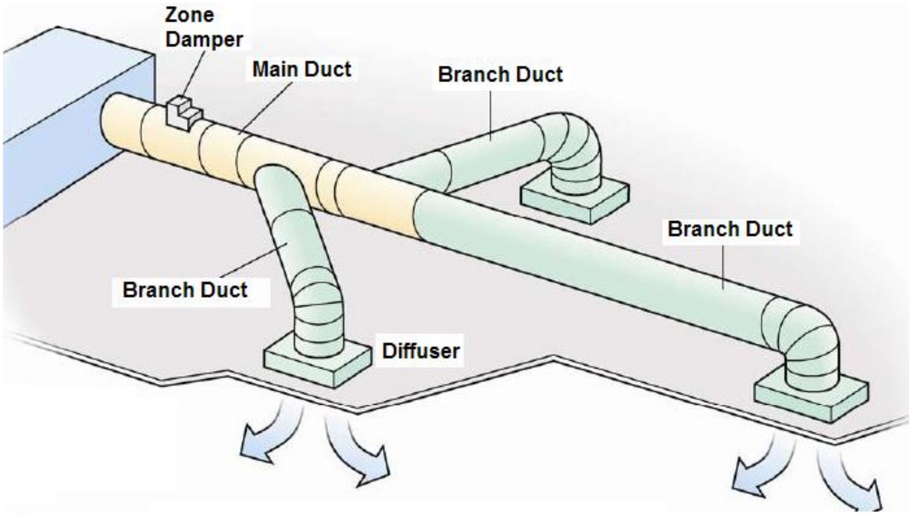
AIR DISTRIBUTION SYSTEMS

မာတိကာ

၅.၁ Duct အမျိုးအစားများ(Types)	5-3
၅.၁.၁ Duct ပုံသဏ္ဌာန်(Shapes of Air Duct)	5-3
၅.၁.၂ Flexible Connection သို့မဟုတ် Flexible Duct	5-3
၅.၁.၃ Vertical Duct and Horization Duct	5-4
၅.၁.၄ Supply Air Duct ၊ Return Air Duct and Outdoor Air Duct	5-4
၅.၁.၅ Duct Layout	5-5
၅.၂ Duct System များကို အဆင့်အတန်း(Classification) ခွဲခြား သတ်မှတ်ခြင်း	5-6
၅.၃ Duct များ ပြုလုပ်ခြင်း (Duct Construction)	5-8
၅.၃.၁ Duct ပြုလုပ်ရန် ပစ္စည်းအမျိုးအစား ရွေးချယ်ခြင်း (Ductwork Materials)	5-12
၅.၃.၂ Duct Seal	5-13
၅.၃.၃ Duct အပြင်ဘက်၌ Insulation ပြုလုပ်ထားခြင်း (External Insulation)	5-16
၅.၃.၄ Duct အတွင်း၌ Insulation ပြုလုပ်ထားခြင်း (Internal Insulation)	5-16
၅.၃.၅ Access Doors	5-17
၅.၃.၆ Duct Test Holes	5-18
၅.၃.၇ Duct fittings	5-18
၅.၄ Duct Support နှင့် Hanger	5-19
၅.၅ Duct Properties	5-20
၅.၅.၁ Duct Heat Gain သို့မဟုတ် Duct Heat Loss	5-20
၅.၅.၂ Aspect Ratio	21
၅.၅.၃ ဆူညံသံများကို ထိန်းချုပ်ခြင်း (Sound Control)	5-22
၅.၅.၄ လေယိုစိမ့်မှု (Duct leakage)	5-24
၅.၅.၅ SMACNA Ductwork Testing	5-25
၅.၆ Duct အရွယ်အစားရွေးချယ်နည်း(Sizing) အမျိုးမျိုး	5-25
၅.၆.၁ Duct အရွယ်အစား(Sizing)တွက်နည်းများ	5-26
၅.၆.၂ ပွတ်တိုက်မှုကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သော ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(Friction Losses in Duct)	5-28
၅.၆.၃ Head and Pressure	5-28
၅.၆.၄ Friction Chart မှ ဖိအားကျဆင်းမှု(Pressure Drop) တွက်ယူနည်း	5-31
၅.၆.၅ Calculation for Duct Static Pressure Loss by Formula	5-33
၅.၇ Duct ဒီဇိုင်း ပြုလုပ်ခြင်း (Duct Design)	5-37
၅.၇.၁ Design လုပ်ရန်အတွက်လိုအပ်သော အချက်အလက်များ (information)	5-37
၅.၇.၂ Duct Design Criteria	5-39
၅.၇.၃ Design Procedure	5-39
၅.၈ Fire Damper	5-41
၅.၈.၁ Fire Compartment	5-41
၅.၈.၂ Fire Damper တည်ဆောက်ထားပုံ	5-42
၅.၈.၃ Fire damper များကြောင့် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop)ဖြစ်ပေါ်ခြင်း	5-43
၅.၉ Control Dampers	5-44
၅.၉.၁ (က) Two Position Duty	5-48
၅.၉.၂ (ခ) Capacity Control Duty	5-51
၅.၉.၃ (ဂ) Mixing duty	5-54
၅.၁၀ Flexible Connection သို့မဟုတ် Flexible Duct	5-10
၅.၁၀.၁ Air pattern အမျိုးမျိုး	5-56
၅.၁၀.၂ Diffuser အမျိုးမျိုး (Air Diffusers)	5-60
၅.၁၀.၃ Diffuser အမျိုးမျိုးတို့၏ Characteristic Length	5-62
၅.၁၀.၄ လေထွက်ပေါက်(Air Outlet)မှ ဖြစ်ပေါ်သည့် ဆူညံသံ(Noise Level)	5-62
၅.၁၀.၅ Plenum Slot Diffuser မှ ဖြစ်ပေါ်လာသည့် ဆူညံသံများကို နှိုင်းယှဉ်ဖော်ပြထားပုံ	5-63
၅.၁၁ Duct cleaning	5-63

Chapter-5 Air Distribution Systems



ပုံ ၅-၁ Air Distribution System

Air Conditioning and Mechanical Ventilation System များ၌ လေများကို လိုအပ်သည့် နေရာသို့ ရောက်အောင် ပို့ဆောင်ပေးရန် လိုအပ်သည်။ Mechanical Ventilation တွင်လည်း လေသန့်များ(fresh air) ပို့ဆောင်ပေးရန် နှင့် မလိုလားအပ်သည့်လေများ(exhaust air) စုပ်ထုတ်ပစ်ရန် လိုအပ်သည်။ ထိုကဲ့သို့ လေများ တစ်နေရာမှ တစ်နေရာသို့ ပို့ဆောင်ရန်အတွက် duct System များကို အသုံးပြုကြသည်။

Duct velocity ဆိုသည်မှာ duct အတွင်းရှိ ရွေ့လျားနေသော လေ၏မြန်နှုန်းဖြစ်သည်။ Duct velocity အလွန်များခြင်း၊ နည်းခြင်းမဖြစ်ရန် လိုအပ်သည်။ လေအလျင်(velocity)အလွန်များခြင်းကြောင့် ဖိအားကျဆင်းမှု (pressure drop)များခြင်း အသံဆူညံခြင်း(noise) နှင့် တုန်ခါမှု(vibration) စသည်တို့ ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ လေအလျင် (velocity) အလွန် နည်းခြင်းကြောင့် လေမှ သယ်ဆောင်လာသည့် ဖုန့် နှင့် အမှုန်များသည် duct ၏ အတွင်း မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် တင်ကျန်နေလိမ့်မည်။ အချိန်ကာလ ကြာမြင့်သောအခါ duct အတွင်း၌ ဖုန်များ သိမ်းဆည်းထားသကဲ့သို့ ဖြစ်လိမ့်မည်။

Duct နှင့် သက်ဆိုင်သည့် ပုံသေနည်းများ

ဧရိယာ Area(A)

အဝိုင်းပုံသဏ္ဍာန်(round) duct ၏ ဧရိယာကိုတွက်ရန် $\boldsymbol{Area = 3.14\,x(radius)^2}$

လေးထောင့်သဏ္ဍာန်(rectangular)duct ၏ ဧရိယာကိုတွက်ရန် $\boldsymbol{Area = length\,x\,width}$

ဧရိယာ၏ IP ယူနစ်သည် စတုရန်းပေ[square feet(ft^2)]ဖြစ်ပြီး SI ယူနစ်သည် စတုရန်းမီတာ [Square meters(m^2)] ဖြစ်သည်။

Duct အတွင်း၌ စီးဆင်းသွားသော သို့မဟုတ် ဖြတ်သန်းသွားသော လေထုထည်စီးနှုန်း(volume flow rate)ကိုတွက်ရန်

$$\boldsymbol{Flow = V(velocity)\,x\,A(surface\,area)}$$

လေစီးနှုန်း(flow)၏ IP ယူနစ်သည် Cubic Feet per Minute(CFM) ဖြစ်ပြီး SI ယူနစ်သည် Cubic Meters per Second(CMS) ဖြစ်သည်။ Duct velocity ၏ IP ယူနစ်သည် Feet per Minute(FPM)ဖြစ်ပြီး SI (Metric)ယူနစ်သည် Meters per Sec (m/s) ဖြစ်သည်။

Velocity မှ "Velocity Pressure" သို့ပြောင်းရန်ပုံသေနည်း

$$Velocity\ Pressure(in\ Wg) = [\frac{Velocity(FPM)}{4005}]^2$$

Where: VP = Velocity Pressure, inches of water (inch wg)

V = Velocity, feet per minute (FPM)

Frictional Losses

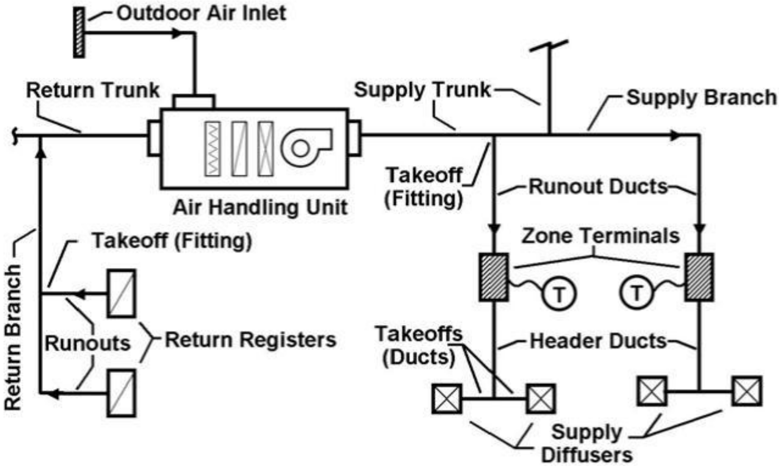
လေများ duct အတွင်း၌ စီးဆင်းသွားသည့်အခါ လေ၏စေးပျစ်မှု(fluid viscosity)နှင့် turbulence flow တို့ကြောင့် လေနှင့် duct ၏ အတွင်းမျက်နှာပြင် ပွတ်တိုက်မှု(friction)ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသော ဖိအားဆုံးရှုံးမှု (pressure losses)ကို "Frictional Losses" ဟုခေါ်သည်။

Dynamic Losses

Elbow ၊ reducer ၊ transformation စသည့် duct fitting များကြောင့် လေလမ်းကြောင်း(direction) သို့မဟုတ် ဧရိယာ(area) ပြောင်းလဲခြင်းကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် flow disturbances များကို "Dynamic Loss" များဟု သတ်မှတ်သည်။ "Dynamic Loss" သည် ဖိအားဆုံးရှုံးမှုများ(pressure losses) ကိုဖြစ်စေသည်။

$$Total\ Pressure\ Losses = Frictional\ Losses + Dynamic\ Losses$$

Duct Terms



ပုံ ၅-၂ Duct နှင့်သက်ဆိုင်သည့် အခေါ်အဝေါ်များ(duct terms)

Main Duct (Trunk)

Air Handling Unit(AHU) or Fan Coil Unit (FCU), rooftop unit စသည်တို့နှင့် တိုက်ရိုက်ဆက်ထားသည့် duct ကို main duct (trunk) ဟုခေါ်ဆိုသည်။

Branch ducts

Main duct(trunk) မှ ခွဲထွက်သွားသည့် duct များကို "Branch Duct" ဟုခေါ်ဆိုသည်။

Duct fittings

Main duct(trunk) မှ branch duct အဖြစ် ဖြာထွက်သည့် အခွဲနေရာများကို duct fitting (takeoff point) များဟုခေါ်သည်။ Duct fitting အမျိုးအစား များစွာရှိသည်။

Air Distribution Devices

Diffusers ၊ registers သို့မဟုတ် grilles စသည့် လေထွက်ပေါက်များကို air distribution devices ဟုခေါ်သည်။

၅.၁ Duct အမျိုးအစားများ(Types)

၅.၁.၁ Duct ပုံကျွန်(Shapes of Air Duct)

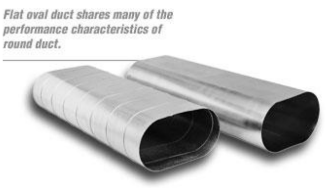
Duct များ၏ ပုံသဏ္ဌာန်ကိုလိုက်၍ အမျိုးအစား သုံးမျိုး ခွဲခြားနိုင်သည်။

Duct ပုံသဏ္ဌာန်	အားသာချက်များ	အားနည်းချက်များ
အဝိုင်းပုံသဏ္ဌာန် (Round) Duct သို့မဟုတ် Oval duct	(၁) Airflow Characteristics အလွန် ကောင်းသည်။ (၂) Flexible duct များထက်ပို၍ ကြာကြာခံသည်။	(၁) Air Con duct များတွင် insulation လုပ်ပေးရန်လိုသည်။
လေးထောင့်ပုံသဏ္ဌာန် (Rectangular) Duct	(၁) နေရာသက်သာသည်။(space saver)။ နေရာကျဉ်းကျဉ်းတွင် တပ်ဆင်နိုင်သည်။ (၂) Duct ပျော့(flexible duct) များ ထက်ပို၍ ကြာကြာခံသည်။	(၁) insulation လုပ်ပေးရန်လိုသည်။
Insulated flexible duct	(၁) Pre-insulated duct ဖြစ်သည်။ (၂) တပ်ဆင်ရန်(installation)လွယ်ကူသည်။ (၃) အလုပ်သမားခ(labor cost) သက်သာ သည်။	(၁) Metal duct များကဲ့သို့ကြာရှည် အသုံးမပြုနိုင်ပါ။ (၂) Airflow နည်းသည်။ ဖိအား ကျဆင်းမှု(pressure drop)များသည်။ (၃) ရုပ်တရက်ကွေးခြင်း(sharp bend)မျိုး မဖြစ်အောင် ပြုလုပ်ရမည်။

Round Duct နှင့် Oval Duct

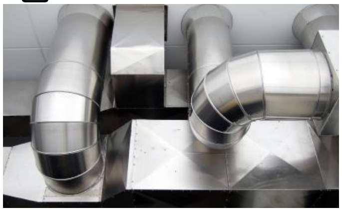
Round duct များ သည် ဈေးနှုန်းမြင့်မားသော်လည်း ဖိအားကျဆင်းမှုနည်းပြီး ပို၍ခိုင်ခံ့ကြသည်။

Duct ပြုလုပ်သည့်(automatic spiral)စက်များဖြင့် အဝိုင်းပုံသဏ္ဌာန်(round)duct သို့မဟုတ် ဘဲဥပုံသဏ္ဌာန်(oval duct)များကို ပြုလုပ်ကြသည်။ သံဖကိပြား(galvanized steel sheet)များကို အသုံးပြု၍ လိုအပ်သည့်အရှည်(duct length) ရအောင် ပြုလုပ်နိုင်သည်။ Oval duct များအတွက် Major Axis(duct width, A) နှင့် Minor Axis (duct depth, B)တို့ကို American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning (ASHRAE) သို့မဟုတ် Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association(SMACNA)မှ ဇယားများ အတိုင်း အတိအကျ ပြုလုပ်ရန်လိုသည်။



ပုံ ၅-၃ Oval duct

ပုံ ၅-၄ Round duct



ပုံ ၅-၅ Round duct

၅.၁.၂ Flexible Connection သို့မဟုတ် Flexible Duct

Fan မှ ဖြစ်ပေါ်လာသော တုန်ခါမှုများ(vibration) duct ဆီသို့ မရောက်သွားစေရန်(transmission) အတွက် fan နှင့် duct အကြားတွင် fexible connection ကို အသုံးပြုကြခြင်း ဖြစ်သည်။ Duct မှ တုန်ခါမှုများ(vibration)ကို diffuser နှင့် ceiling သို့မရောက်စေရန် ပိုင်းခြားခြင်း(isolation)လုပ်သည့် အနေဖြင့်

metal duct နှင့် diffuser အကြားတွင် flexible connector သို့မဟုတ် flexible duct ကို တပ်ဆင်ထားခြင်း ဖြစ်သည်။

Flexible connection ပြုလုပ်မည့် material သည် မီးတောက်မဖြစ်ပေါ်စေသည့်၊ မီးတောက် မပြန့်ပွားနိုင်သည့်(flame retardant fabric) အမျိုးအစားဖြစ်ရမည်။ မီးခိုးပြန့်ပွားနှုန်း(flame spread rating) အဆင့်(၂၅) ထက်မကျော်စေရ။ မီးခိုးဖြစ်ပေါ်နှုန်း(smoke developed rating) အဆင့်(၅၀)ထက် မကျော်စေရ။ NEPA No.255 ASTM E84 Under Writer's Lab Standard မှ စံချိန်စံညွှန်းအတိုင်း ဖြစ်ရမည်။ Flexible connection သည် လေလုံသည့်(air tight) အမျိုးအစား ဖြစ်ရမည်။ (၇)ပေထက် ပိုရှည်သည့် flexible duct များကို ခွင့်မပြုပေ။

၅.၁.၃ Vertical Duct and Horization Duct

တပ်ဆင်ထားပုံ အခြေခံ၍ duct အမျိုးအစား ခွဲခြားထားသည်။ ဒေါင်လိုက်တပ်ဆင်ထားသည့်(vertical) duct နှင့် အလျားလိုက်တပ်ဆင်ထားသည့် (horization)duct ဟူ၍ ခွဲခြားထားသည်။

၅.၁.၄ Supply Air Duct၊ Return Air Duct and Outdoor Air Duct

လေအမျိုးအစားကို အခြေခံ၍ duct အမျိုးအစား ခွဲခြားထားသည်။

- **Supply Air Duct**

  အခန်းအတွင်းသို့ ထည့်ပေးမည့်(supply) လေကို သယ်ဆောင်သောကြောင့် supply air duct ဟု အမည်ပေးခြင်း ဖြစ်သည်။ Positive pressure duct အမျိုးအစားဖြစ်သည်။

- **Return Air Duct**

  အခန်းအတွင်းမှ ပြန်လည်ရယူသည့် (return) လေကို သယ်ဆောင်သောကြောင့် return air duct ဟု အမည်ပေးခြင်း ဖြစ်သည်။ Negative pressure duct အမျိုးအစားဖြစ်သည်။

- **Outdoor Air Duct**

  ပြင်ပ(outdoor)မှ လေကို သယ်ဆောင်သောကြောင့် outdoor air duct ဟု အမည်ပေးခြင်း ဖြစ်သည်။

- **Exhaust Air Duct**

  စွန့်ပစ်မည့်လေ သို့မဟုတ် စုပ်ထုတ်မည့် လေကို သယ်ဆောင်သောကြောင့် exhaust air ဟု အမည်ပေးခြင်း ဖြစ်သည်။

Duct အရွယ်အစား(Size) နှင့် သံပြားအထူ (Sheet Thickness)

Duct အရွယ်အစား(size) နှင့် အမျိုးအစားကို လိုက်၍ လိုအပ်သည့် သံပြားအထူ(sheet thickness) ကွာခြားကြသည်။

Ventilation Duct

Maximum Size of Duct	Sheet Metal Thickness (အထူ)
460 mm အထိ	0.56 mm (gauge)
461 mm မှ 1070 mm အထိ	0.71 mm
1070 mm မှ 1530 mm အထိ	0.91 mm
1531 mm မှ 2150 mm အထိ	1.22 mm
2151 mm နှင့် အထက်	1.22 mm

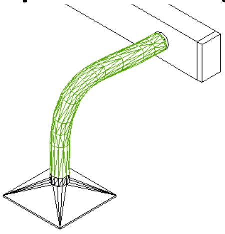
Air Conditioning Duct

Maximum Size of Duct	Sheet Metal Thickness(အထူ)
300 mm အထိ	0.46 mm
301 mm မှ 760 mm အထိ	0.56 mm
761 mm မှ 1400 mm အထိ	0.71 mm
1401 mm မှ 2150 mm အထိ	0.91 mm
2151mm နှင့် အထက်	1.22 mm

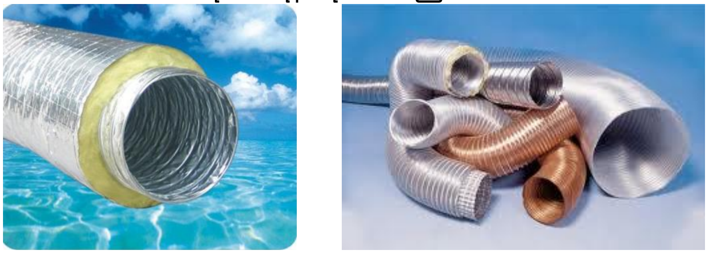
အဝိုင်းပုံလှာန် (round) duct အတွက် သံပြားအထူ(material thickness) များ

Round Duct ၏ Nominal Diameter	သံပြားအထူ (G.I Sheet Thickness)
205 mm အထိ	0.6 mm (gauge)
205 mm မှ 760 mm အထိ	0.8 mm
760 mm မှ 1020 mm အထိ	1.0 mm
1020 mm မှ 1525 mm အထိ	1.2 mm

Round duct များ၏ elbow ၏ center radius သည် 1.5 x Duct Diameter ဖြစ်သည်။ Vertical duct များအတွက် နှစ်မီတာ(2 meter)ခြားတိုင်း duct support တစ်ခုထားရန် လိုအပ်သည်။



ပုံ ၅-၆ Flexible duct တပ်ဆင်ထားပုံ

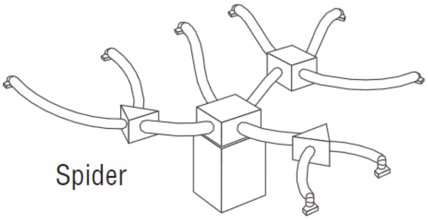


ပုံ ၅-၇ Flexible duct များ

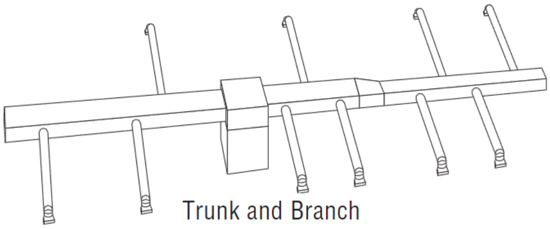
၅.၁.၅ Duct Layout

Duct layout များကို ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ရာတွင် အောက်ပါအချက်များကို အခြေခံသည်။

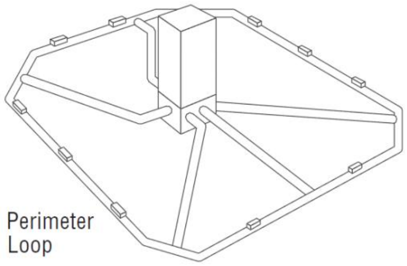
- Duct layout အချိုးညီလျှင် (symmetric) လေဖြန့်ဖြူးမှု ညီညာအောင် အလွယ်တကူ ပြုလုပ်နိုင်သည်။
- Main duct ကို တတ်နိုင်သမျှ သေးငယ်အောင်ပြုလုပ်ရန် နှင့် Duct လမ်းကြောင်း (design pat) ကို တိုနိုင်သမျှ တိုအောင်ပြုလုပ်ရန်တို့ဖြစ်သည်။
- VAV system များအတွက် ကွင်းပုံလှာန် (duct looping) ပြုလုပ်နိုင်သည်။
- Duct fitting များ နည်းနိုင်သမျှ နည်းအောင် layout ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ရမည်။
- အဆောက်အဦး ပြင်ပတွင် တပ်ဆင်ထားသော (exposed) duct များအတွက် အသွင်အပြင် (appearance) လှပစေရန် နှင့် structure များနှင့် ကိုက်ညီစွာ တပ်ဆင်ရမည်။



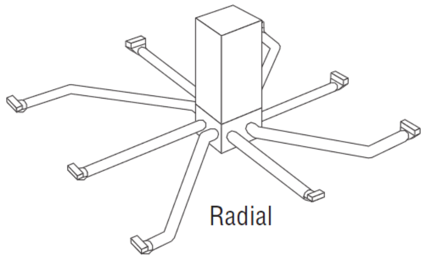
ပုံ ၅-၈ Spide ပုံသဏ္ဍာန်



ပုံ ၅-၉ Trunk and Branch ပုံသဏ္ဍာန်



ပုံ ၅-၁၀ Perimeter Loop ပုံသဏ္ဍာန်



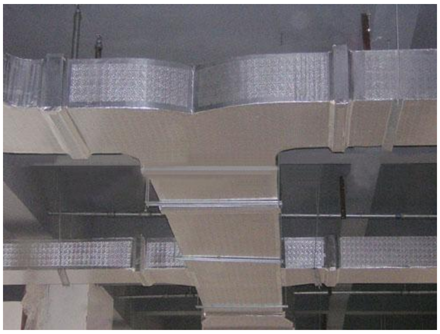
ပုံ ၅-၁၁ Radial ပုံသဏ္ဍာန်

၅.၂ Duct System များကို အဆင့်အတန်း(Classification) ခွဲခြား သတ်မှတ်ခြင်း

Duct system အတွင်းရှိ လေအလျင်နှုန်း(velocity) နှင့် ဖိအား(Pressure)အပေါ်တွင် အခြေခံ၍ duct system များကို အမျိုးအစား ခွဲခြား သတ်မှတ်လေ့ရှိသည်။

လေအလျင်(velocity)ကို အခြေခံ၍ "Low Velocity Duct System" နှင့် "High Velocity Duct System" ဟူ၍ နှစ်မျိုး ခွဲခြားထားသည်။ Comfort air conditioning များတွင် supply air velocity သည် တစ်မိနစ်လျှင် ပေ(၂၅၀၀)နှုန်း(2500 feet per minute)ထက် မကျော်လျှင် "Low Velocity Duct System"ဟု သတ်မှတ်သည်။ သို့သော် 1200 FPM(feet per minute) မှ 2200 FPM အတွင်း၌သာ ဒီဇိုင်းပြုလုပ်လေ့ရှိသည်။ Supply air velocity သည် 2500 FPM ထက်ကျော်လျှင် "High Velocity Duct System" အဖြစ် သတ်မှတ်သည်။

ပုံ ၅-၁၂ Round duct တပ်ဆင်ထားပုံ



ပုံ ၅-၁၃ Rectangular duct တပ်ဆင်ထားပုံ

ဖိအား (pressure) အမျိုးမျိုး

ဖိအား(total pressure)ကို အခြေခံ၍ အမျိုးအစား သုံးမျိုး ခွဲခြားထားသည်။

Duct System Class	လေဖိအား(Pressure)	မြန်နှုန်း(Velocity)
Low pressure (Class I)	3 ¾ in-wg ထက်နည်းလျှင် static pressure ≤ 5 cm water gauge	Velocity ≤ 10 m/s
Medium Pressure (Class II)	3 ¾ မှ 6 ¾ in wg အတွင်း static pressure ≤ 15 cm water gauge	Velocity ≤ 10 m/s
High Pressure (Class III)	6 ¾ မှ 12 ¼ in wg အတွင်း static pressure 15<p ≤ 25 cm water gauge	Velocity > 10 m/s

Duct များအတွင်း၌ လေအလျင်(air velocitiy)များစေသည့် အကြောင်းများမှာ

(၁) တပ်ဆင်မှု ကုန်ကျစရိတ်နည်းစေရန်အတွက် အရွယ်အစားသေးငယ်သည့် duct များ ပြုလုပ်တပ်ဆင်ခြင်း နှင့် တပ်ဆင်ရန်နေရာ မလုံလောက်သောကြောင့် အရွယ်အစားသေးငယ်သည့် duct များကို တပ်ဆင်ခြင်း တို့ကြောင့်ဖြစ်သည်။

(၂) လေအလျင်(air velocity) များသောကြောင့် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop)များသည်။ ထို့ကြောင့် fan စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(power consumption)များသည်။ မောင်းနှင်သည့်အခါ ကုန်ကျစရိတ်(operation cost) များသည်။

(၃) လေအလျင်(air velocitiy) အလွန်မြန်သောကြောင့် ဆူညံသံဖြစ်ပေါ်သည်။ ထို့ကြောင့် ဆူညံသံနည်းစေမည့် ကိရိယာများ(noise attenuator or silencer) တပ်ဆင်ရန် လိုအပ်သည်။ အသုံးပြုမည့် နေရာ၊ တပ်ဆင်မည့် နေရာကို လိုက်၍ သင့်လျော်သည့် လေအလျင်(recommended air velocity)များကို ဖော်ပြ ထားသည်။

Recommended Maximum Duct Velocities for Low Velocity Systems (FPM)

Maximum Duct Velocity(ခွင့်ပြုသည့်အမြင့်ဆုံး Duct Velocity) feet per minute(FPM)					
အသုံးပြုပုံ(Application)	Controlling Factor Noise Generation Main Ducts	Controlling Factor Duct Friction			
		Main Ducts		Branch Ducts	
		Supply	Return	Supply	Return
Residences	600	1000	800	600	600
Apartments, Hotel Bedrooms Hospital Bedrooms	1000	1500	1300	1200	1000
Private Offices, Directors Rooms, Libraries	1200	2000	1500	1600	1200
Theatres Auditoriums	800	1300	1100	1000	800
General Offices, High Class Restaurants, High Class Stores, Banks	1500	2000	1500	1600	1200
Average Stores Cafeterias	1800	2000	1500	1600	1200
Industrial	2500	3000	1800	2200	1500

From Carrier Air System Design Manual

နေရာကိုလိုက်၍ ကန့်သတ်ထားသည့် လေအလျင်(air velocity)

လူများနေထိုင်ရာနေရာများ (residences)အတွက်	3 m/s မှ 5 m/s အတွင်း
ကပွဲရုံ၊ ရုပ်ရှင်ရုံ၊ သီရေတာများ(theatres)	4 m/s မှ 6.5 m/s အတွင်း
စားသောက်ဆိုင်များ(restaurants)၊ canteen များနှင့် ဘားများအတွက်	7.5 m/s မှ 10 m/s အတွင်း

ယေဘူယျအားဖြင့် duct အမျိုးအစားကိုလိုက်၍ ကန့်သတ်ထားသည့် လေအလျင်(air velocity)

Main duct များအတွက် ခွင့်ပြုသည့် လေအလျင်(allowable air velocity)	5 m/s မှ 8 m/s အတွင်း
Branche duct များအတွက် ခွင့်ပြုသည့် လေအလျင်(allowable air velocity)	4 m/s မှ 6 m/s အတွင်း

သို့သော် သင်္ဘောများ နှင့် လေယာဉ်ပျံများတွင် တပ်ဆင်ရန်နေရာ အခက်ခဲရှိသောကြောင့် ခွင့်ပြုသည့် လေအလျင်(allowable air velocity) ကို 30 m/s အထိ ခွင့်ပြုလေ့ရှိသည်။

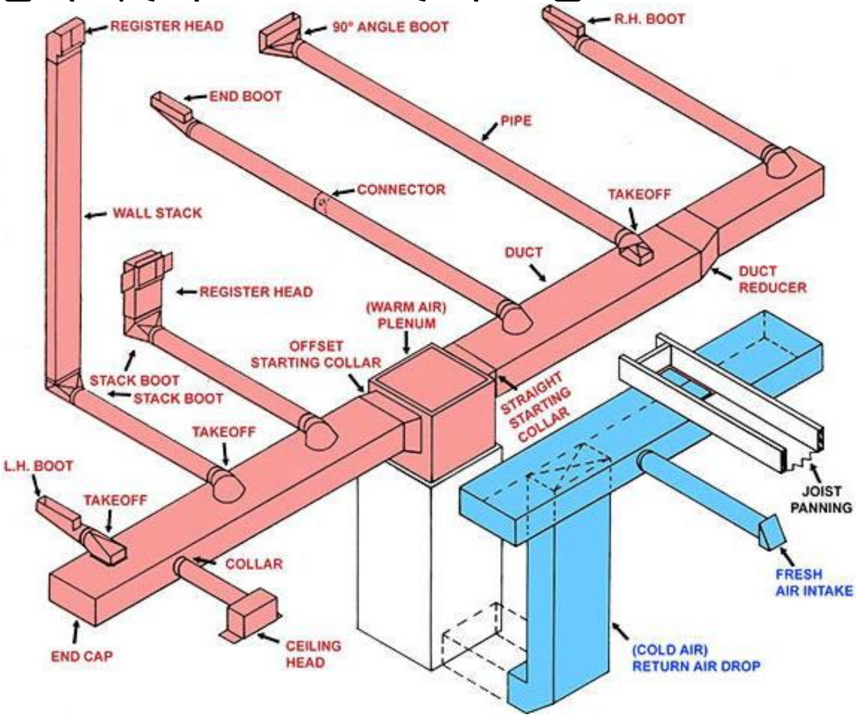
Duct system ကို ဒီဇိုင်းလုပ်သည့်အခါ industry က လက်ခံထားသည့် ASHRAE Handbook သို့မဟုတ် SMACNA ၏ HVAC Duct System Design Manual တို့ကို ကိုးကားမှီငြမ်း(reference) သင့်သည်။ "Positive Pressure" သက်ရောက်ခြင်း ခံရသည့် duct များရှိသလို "Negative Pressure"သက်ရောက်ခြင်း ခံရသည့် duct များလည်း ရှိသည်။ ဥပမာ supply air fan သည် လေများကို duct အတွင်းသို့ မှုတ်ထည့်သောကြောင့် Positive Pressure ဖြစ်ပေါ်သည်။ ဥပမာ exhuast air fan သည် duct အတွင်းမှ လေများကို စုပ်ယူသောကြောင့် duct အတွင်းတွင် "Negative Pressure" ဖြစ်ပေါ်သည်။

Duct system အတွင်းရှိ လေအလျင်(air velocity)သည် တစ်နေရာ နှင့် တစ်နေရာ မတူညီကြပေ။

အမြဲပြောင်းလဲ နေသည်။ Coil များနှင့် လေစစ်(filter) များရှိသည့် နေရာတွင် လေအလျင်(air velocitiy)သည် 1000 fpm(5.08m/s) မှ 3000 fpm(15.24m/s)ကျော်အထိ ရှိတတ်သည်။

Duct ၏ ခံနိုင်ရည်(duct strength)၊ ကွေးညွတ်ခြင်း(deflection) နှင့် လေယိုစိမ့်ခြင်း(leakage)တို့သည် duct အတွင်းရှိ လေဖိအား(pressure) အနည်းအများပေါ်တွင် မူတည်သည်။ လေအလျင်(velocity) အပေါ်တွင် မူမတည်ပေ။ သို့သော် ဆူညံမှု(noise)၊ တုန်ခါမှု(vibration) နှင့် ဖိအားကျဆင်းမှု(friction loss) တို့သည် လေအလျင် (velocity) အနည်း အများအပေါ်တွင် မူတည်ကြသည်။

Duct System ၏ အဓိက တာဝန်သည် လေများကို တစ်နေရာမှ လိုအပ်သည့် အခြားနေရာသို့ ရောက်အောင် ပို့ဆောင်ရန် ဖြစ်သည်။ Sheets ၊ reinforcements ၊ seals နှင့် joints တို့ ဖြင့် duct ဖြစ်အောင် ပြုလုပ်ထားသည်။ ထိုအရာများကို duct ၏ element များ ဟုခေါ်သည်။



ပုံ ၅-၁၄ Duct system တစ်ခု ကိုဖော်ပြထားပုံ

၅.၃ Duct များ ပြုလုပ်ခြင်း (Duct Construction)

Duct များ တည်ဆောက် ပြုလုပ်ခြင်း(duct construction) ပြုလုပ်ရာတွင် specification အဖြစ်သတ်မှတ်ရာတွင် အောက်ပါ အချက်များ ပါဝင်သင့်သည်။

(၁) မည်သည့် စံ(standards)ကို လိုက်နာမည်ကို ပထမ ဦးစွာဆုံးဖြတ်ရန်လိုသည်။ ဥပမာ SMACNA duct construction standards 2005 သို့မဟုတ် ASHRAE standard သို့မဟုတ် local codes

(၂) Duct joint အမျိုးအစားများ(types) သို့မဟုတ် duct အဆက်(joint)များကို မည်ကဲ့သို့ တည်ဆောက်မည်။

(၃) Duct များကို အပေါ်မှ hager ဖြင့် ချိတ်ဆွဲမည်။ သို့မဟုတ် အောက်မှ (support) ထောက်ထားပေးမည်။

(၄) Welding လုပ်ခြင်း နှင့် grinding တို့နှင့် ပတ်သက်သည့် နည်းများ

(၅) Double-wall and lining

(၆) Painting (Duct များကို သုတ်မည့်ဆေးအရောင်နှင့် ဆေးအမျိုးအစား)

(၇) အသုံးပြုမည့် ပစ္စည်း အမျိုးအစား (material types)

(၈) မည်သည့်နည်းဖြင့် လေယိုစိမ့်ခြင်း(leakage testing)ကို စမ်းသပ်မည်။ လက်ခံနိုင်သည့် လေယိုစိမ့်မှု (leakage) မည်မျှ ရှိရမည်။

Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association (SMACNA)

Duct Construction Manuals:

(၁) SMACNA—HVAC Duct Construction Standards Metal and Flexible (Third Edition)

(၂) SMACNA—Fibrous Glass Duct Construction Standards (Fifth Edition)

(၃) SMACNA—Rectangular Industrial Duct Construction Standard (First Edition)

(၄) SMACNA—Round Industrial Duct Construction Standard (First Edition)

(၅) SMACNA—Thermoplastic Duct (PVC) Construction Manual (First Edition)

Duct များကို ထိခိုက်ပျက်စီးနိုင်သည့်နေရာများ တွင် မတပ်ဆင်ထားရ။ တပ်ဆင်ထားခဲ့သော် လိုအပ်သော အကာအကွယ်များ၊ အရံအတားများပြုလုပ်ပေးထားရမည်။

အိမ်သာများ(toilets) နှင့် မကောင်းသည့် အနံ့ဆိုးများ သယ်ဆောင်သည့် Return air duct များကို supply air stream ရှိရာ နေရာများမှ တတ်နိုင်သမျှဝေးသည့် နေရာတွင် တပ်ဆင်ထားရမည်။

Supply air duct နှင့် return air duct များ၏ အတွင်းမျက်နှာပြင်များသည် ဖုန်၊ အမှုန့်နှင့် အမှိုက်များ စုဝေးနေခြင်းမှ ကင်းဝေးစေရန် တတ်နိုင်သမျှ ချောမွတ်စေရမည်။ Abrasion ဖြစ်ခြင်းဒဏ်ကို ခုခံနိုင်သည့် အမျိုးအစား ဖြစ်စေရမည်။

မျက်နှာကြက်များအတွင်းရှိ နေရာများ(ceiling space)အတွင်း return air များ သွားလာနိုင်ရန် air plenum အဖြစ်အသုံးပြုပါ မျက်နှာကြက်နံရံများ နှင့် ဘေးဘက်နံရံများ(ceiling and the side-walls)ကို ပလာစတာဖြင့် အချောကိုင်ခြင်း(plastering) နှင့် ဆေးသုတ်ခြင်း(painting) တို့ပြုလုပ်ရမည်။ Masonry duct များကိုလည်း ထိုကဲ့သို့ ဖြစ်အောင် တတ်နိုင်သမျှ ပြုလုပ်ရမည်။

အခိုင်အခံ့ဖြစ်ရန်လိုသော rigid duct များကို steel ၊ aluminium ၊ glass-fibre batt ၊ mineral wool နှင့် အခြားခွင့်ပြုထားသော ပစ္စည်းအမျိုးအစားများ(approved materials)ဖြင့်သာ ပြုလုပ်ရမည်။

Duct သို့မဟုတ် duct lining များအတွက် သုံးထားသသော glass fibre batt သို့ mineral wool များသည် air stream များနှင့် တိုက်ရိုက် ထိတွေ့နေပါက erosion of fibres မဖြစ်အောင် သင့်လျော်သော ကာကွယ်မှုများ ပြုလုပ်ပေးထား ရမည်။

Duct များကို sturd ဖြင့် ထောက်ပံ့(supported)ပေးရမည်။ Duct ထောက်ပိုးပေးထားသော hanger နှင့် bracket များသည် သတ္တု(metal) များသာ ဖြစ်စေရမည်။ Duct covering ၊ duct lining နှင့် flexible connection material များသည် မီးမလောင်နိုင်သည့် ပစ္စည်းများ (non-combustible) ဖြစ်စေရမည်။

သို့သော် လိုအပ်ချက်အရ၊ မလွဲရှောင်သာသော အခြေအနေအရ မီးလောင်နိုင်သည့် ပစ္စည်းများ (combustible material) ကို အသုံးပြုခဲ့သော် အောက်ပါ အချက်များဖြင့် ပြည့်စုံစေရမည်။

(က) "Code of practice for fire precautions in buildings" ၌ ပါရှိသော နည်းများအတိုင်း(methods) စမ်းသပ်ထားလျှင် surface flame spread rating သည် ပထမအဆင့် (class 1) ထက်မနိမ့်စေရ။
အဆောက်အဦး မျက်နှာကြက်၏ မီးခိုးပျံ့နှုန်း(flame spread rating)သည် class zero ဖြစ်ခဲ့လျှင် duct lining material များသည် class zero rating ဖြစ်ရမည်။

(ခ) မီးလောင်သည့် အခါ ထို duct တွင် အသုံးပြုထားသည့် ပစ္စည်းများသည် မီးခိုး နှင့် အဆိပ်သင့်စေသည့် ဓာတ်ငွေ့ ထွက်မှုနည်းနိုင်သမျှ နည်းစေသည့် ပစ္စည်းများဖြစ်ရမည်။
Ventilation ductwork နှင့် terminal unit များဖြစ်ကြသော ventilation grilles ၊ air diffuser တို့ ဆက်သွယ်သည့် flexible connection များ ၏ အရှည်သည် နှစ်မီတာ(2 m) ထက် မပိုစေရ။
အပူချိန်နည်းခြင်း ၊ များခြင်းကြောင့်ဖြစ်သော ရွေ့ရှားမှုများ(thermal movements)ကို ကာကွယ်ရန် တပ်ဆင်ထားသည့် flexible joint များသည် 250 mm အရှည်ထက် မပိုစေရ။

Flexible joint များကို အလွယ်တကူ မီးမတောက်နိုင်သည့် သို့မဟုတ် မီးစတင်မလောင်နိုင်သည့်('not easily ignitable') ပစ္စည်းများဖြင့် ပြုလုပ်ထားရမည်။ ထိုပစ္စည်းများသည် British Standard BS 476: Part 5 အရ စမ်းသပ်ထားသည့် ပစ္စည်းများဖြစ်ရမည်။

Duct အားလုံးတွင် ကို သန့်ရှင်းရေး ပြုလုပ်ရန်အတွက် သင့်လျော်သည့်နေရာများတွင် opening များထားရှိ ရမည်။ Air duct များ၊ air duct support များ၊ fitting များ နှင့် plenum များ၊(joints များ၊ seam များ၊ stiffening များ၊ reinforcing and access opening များ အပါအဝင်)ကို ASHRAE Handbook, Institution of Heating and Ventilating Engineers(IHVE) guide books သို့မဟုတ် SMACNA Manuals က ပြဌာန်း သတ်မှတ် ထားသော duct များပြုလုပ်ခြင်း တပ်ဆင်ခြင်း စံချိန်စံညွှန်းများ(construction standards) အတိုင်း ပြုလုပ်ရမည်။

၅.၃.၁ Duct ပြုလုပ်ရန် ပစ္စည်းအမျိုးအစား ရွေးချယ်ခြင်း (Ductwork Materials)

(၁) Galvanized Steel ကို အသုံးပြု၍ Duct ပြုလုပ်လျှင် အောက်ပါ စံချိန်စံညွှန်းများကို လိုက်နာရန်လိုသည်။

HVAC လုပ်ငန်းများတွင်(applications) Galvanized steel sheets ကို duct ပြုလုပ်ရန်အတွက် အသုံးပြုလျှင် ASTM A90, A525, and A527 နှင့် ကိုက်ညီ စေရမည်။

(၂) Carbon steel ကို အသုံးပြု၍ Duct ပြုလုပ်လျှင် အောက်ပါ စံချိန်စံညွှန်းများကို လိုက်နာရန်လိုသည်။

(က) 24" ထက် ပိုကြီးသည် Breechings ၊ flues နှင့် stacks များ အတွက် ကာဗွန်စတီး(carbon steel) ကို အသုံးပြုလျှင် ASTM A569 နှင့် ကိုက်ညီ စေရမည်။

(ခ) 24" ထက် ပိုကြီးသည် Breechings ၊ flues နှင့် stacks များ အတွက် ကာဗွန်စတီး(carbon steel) ကို အသုံးပြုလျှင် ASTM A569 နှင့် ကိုက်ညီ စေရမည်။

(၃) Aluminum ကို အသုံးပြု၍ Duct ပြုလုပ်လျှင် အောက်ပါ စံချိန်စံညွှန်းများကို လိုက်နာရန်လိုသည်။

ရေငွေ့ပါဝင်မှုများသည့်လေဖြစ်၍ aluminum base alloy sheet များကို အသုံးပြု ASTM B209 ကို မှီငြမ်း ရမည်။

(၄) Stainless steel ကို အသုံးပြု၍ Duct ပြုလုပ်လျှင် အောက်ပါ စံချိန်စံညွှန်းများကို လိုက်နာရန်လိုသည်။

Kitchen hood နှင့် fume hood exhaust တို့ကို Stainless steel ဖြင့်ပြုလုပ်ကြသည်။ Stacks and breechings (prefabricated)များအတွက် 304 ၊ 304L ၊ 316 or 316L အမျိုးအစား stainless steel sheets များကို အသုံးပြုလျှင် ASTM A167 ကို မှီငြမ်းရမည်။

SHEET METAL GAUGES

Sheet Metal Gauge	Thickness Inches	Remarks	Sheet Metal Gauge	Thickness Inches	Remarks
0	0.3125	Welded Ductwork Only	19	0.0437	SMACNA Ductwork Construction
1	0.2810		20	0.0375	
2	0.2650		21	0.0343	
3	0.2500		22	0.0312	
4	0.2340		23	0.0280	
5	0.2187		24	0.0250	
6	0.2030		25	0.0218	
7	0.1875		26	0.0187	
8	0.1720		27	0.0170	Gauges Not Permitted for Ductwork Construction
9	0.1560		28	0.0156	
10	0.1400		29	0.0140	
11	0.1250		30	0.0125	
12	0.1090		31	0.0109	
13	0.0937		32	0.0100	
14	0.0780		33	0.0093	
15	0.0700		34	0.0085	
16	0.0625	SMACNA Ductwork Construction	35	0.0078	
17	0.0560		36	0.0070	
18	0.0500				

Duct တည်ဆောက်ရာတွင် အသုံးပြုရန် ပစ္စည်းများ(Duct Material)

UL (Underwriters Laboratory) standard

Class 0	မီးတောက်ပျံ့ပွားနှုန်း အဆင့်သုည(၀) ဖြစ်ရမည်။(zero flame spread)၊ မီးခိုးထွက်နှုန်း အဆင့်သုည(၀) ဖြစ်ရမည်။ (zero smoke developed) ဥပမာ Iron၊ galvanized steel၊ aluminum၊ concrete၊ masonry၊ clay tile စသည့် ပစ္စည်းများကို အသုံးပြုနိုင်သည်။
Class 1	မီးတောက်ပျံ့ပွားနှုန်း (၂၅) ထက်နည်းလျှင် (flame spread ≤ 25)၊ မီးခိုးထွက်နှုန်း (၂၅)ထက်နည်းလျှင် (smoke developed ≤ 50) ဥပမာ Fiberglass၊ many flexible ducts စသည့် ပစ္စည်း များကို အသုံးပြုနိုင်သည်။
Class 2	မီးတောက်ပျံ့ပွားနှုန်း (၅၀) ထက်နည်းလျှင် (flame spread ≤ 50)၊ မီးခိုးထွက်နှုန်း (၁၀၀)ထက်နည်းလျှင် (smoke developed ≤100)

၅.၃.၂ Duct Seal

Duct Seal များကောင်းမွန်လျှင် လေယိုစိမ့်မှု(leakage)ကို လျော့နည်းစေနိုင်သည်။

Ductwork and plenum များကို အောက်ပါနည်းများ အတိုင်း seale လုပ်ရမည်။

ASHRAE Minimum Duct Seal Level

Duct Location	Duct Type			
	Supply		Exhaust	Return
	≤ 2 in. w.c.	> 2 in. w.c.		
Outdoors	A	A	C	A
Unconditioned Spaces	B	A	C	B
Conditioned Spaces	C	B	B	C

ASHRAE Standard 90.1-2001 and ASHRAE Standard 90.1-2004 Ductwork Seal Classes

Seal Level	Sealing Requirements *
Seal Class A	All transverse joints and longitudinal seams, and duct wall penetrations. Pressure-sensitive tape shall not be used as the primary sealant.
Seal Class B	All transverse joints and longitudinal seams. Pressure-sensitive tape shall not be used as the primary sealant.
Seal Class C	All transverse joints only

Sealing Ductwork (ASHRAE Standard 90.1) American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (www.ASHRAE.org)

SMACNA Ductwork Seal Classes

Seal Class	Applicable Static Pressure Construction Class
A	4" WC and higher
B	3" WC
C	2" WC
C	1/2" WC and higher for all ductwork upstream of VAV terminal units

Sealants and Adhesives

Water based sealant နှင့် solvent based sealant based ဟူ၍ အမျိုးအစား နှစ်မျိုးကွဲပြားသည်။ အဆောက်အဦး အပြင်ဘက်(outside) သို့မဟုတ် မြေအောက်ထပ်(Underground) တို့တွင် အသုံးပြု (applications) ရန်အတွက် solvent based Sealants သည် ရာသီဥတုဒဏ်(resistant to weather) နှင့် ခရမ်းလွန်ရောင်ခြည်(ultraviolet rays)ဒဏ်ခံနိုင်ရန် လိုအပ်သည်။

SMACNA Recommended Ductwork Seal Classes

	SMACNA Pressure Class (in. WC)						
	±1/2	±1	±2	±3	±4	±6	±10
Supply Ductwork							
Outdoors	A	A	A	A	A	A	A
Unconditioned Space	B	B	B	A	A	A	A
Conditioned Space	B	B	B	A	A	A	A

Return Ductwork							
Outdoors	A	A	A	A	A	A	A
Unconditioned Space	B	B	B	B	A	A	A
Conditioned Space	B	B	B	B	A	A	A
Exhaust Ductwork							
Outdoors	B	B	B	B	A	A	A
Unconditioned Space	B	B	B	B	A	A	A
Conditioned Space	B	B	B	B	A	A	A

SMACNA-HVAC Ductwork Seal Classes

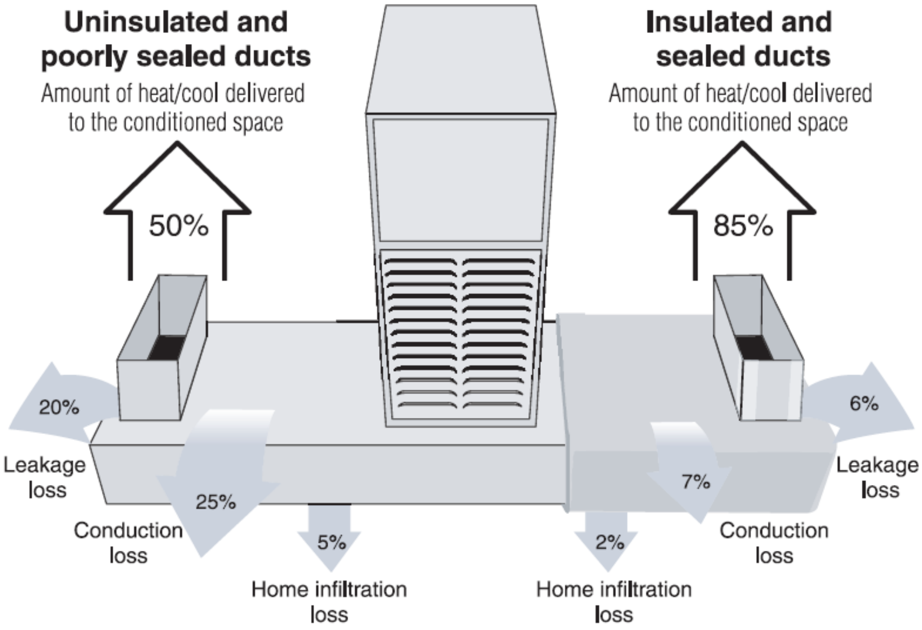
(၁) Seal Class A: 2–5 percent total system leakage (all transverse joints, longitudinal seams, and duct penetrations).

(၂) Seal Class B: 3–10 percent total system leakage (all transverse joints and longitudinal seams).

(၃) Seal Class C: 5–20 percent total system leakage (all transverse joints).

(၄) Unsealed: 10–40 percent total system leakage.

(၅) SMACNA recommended seal classes.

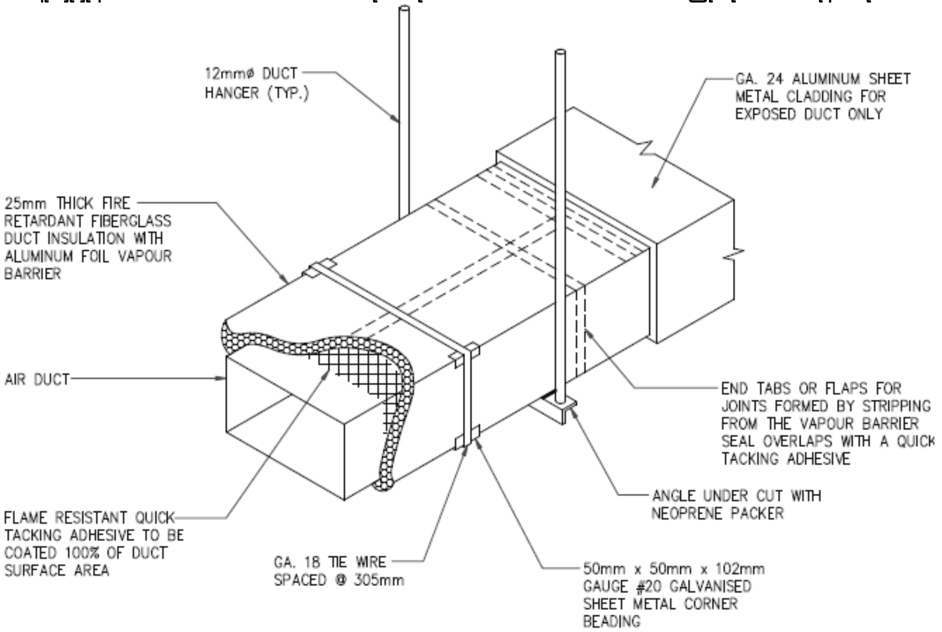


ပုံ ၅-၁၅ Benefits of insulation and sealing ducts

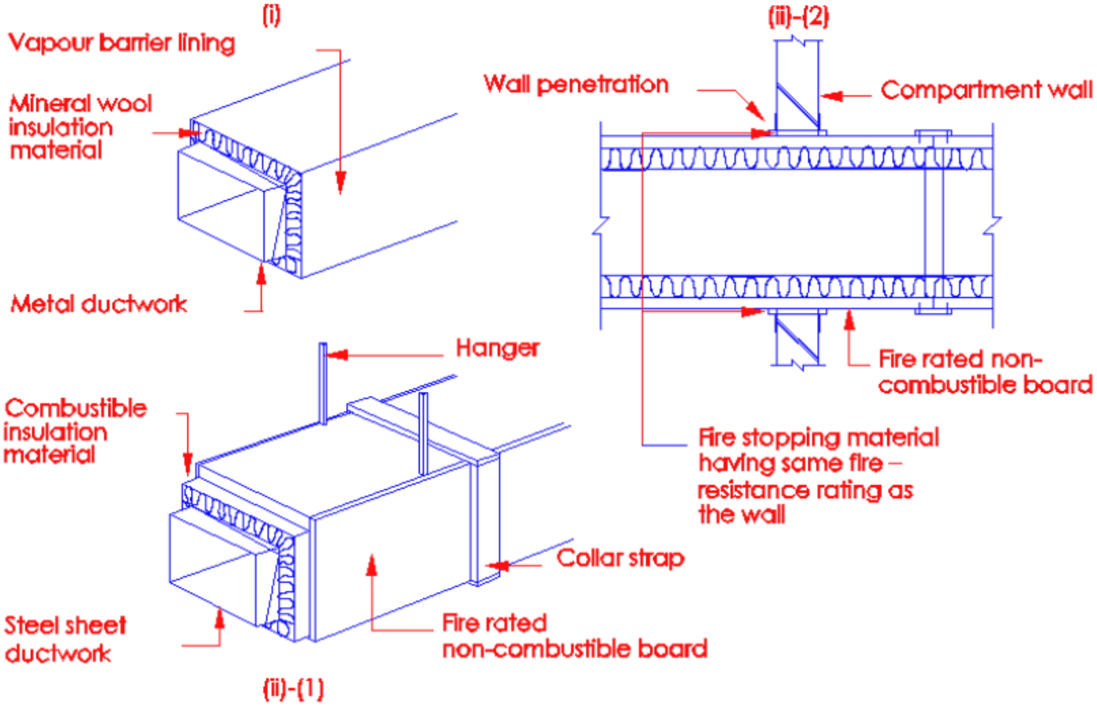
Air Conditioning အတွက် အသုံးပြုသည့် duct များကို "AC duct" ဟု ခေါ်လေ့ရှိသည်။ Mechanical Ventilation အတွက် အသုံးပြုသည့် duct ကို "MV duct" ဟု ခေါ်လေ့ရှိသည်။ Air Conditioning duct များအတွက် duct များကို insulation လုပ်ရန်လိုအပ်သည်။ Mechanical ventilation duct များတွင် insulation ပြုလုပ်ရန် မလိုအပ်ပါ။ Duct ၏ အပြင်ဘက်တွင် ထည့်ထားသော external insulation ရှိသလို duct ၏ အတွင်းဘက်တွင် ထည့်ထားသော internal insulation လည်းရှိသည်။

Air conditioning duct နှင့် mechanical ventilation duct တို့၏ခြားနားချက်သည် insulation ဖြစ်သည်။ Air conditioning duct သည် အပူစီးကူးခြင်း(heat transfer)ကို ကာကွယ်ရန်အတွက်

အပူလျှောက်ကူးမှုနှုန်း(internal insulation) သို့မဟုတ် external insulation ပြုလုပ်ထားရန် လိုအပ်သည်။



ပုံ ၅-၁၆ Duct တစ်ခု တည်ဆောက် တပ်ဆင်ထားပုံ



ပုံ ၅-၁၇ Fire rated duct တစ်ခု တည်ဆောက် တပ်ဆင်ထားပုံ

၅.၃.၃ Duct အပြင်ဘက်၌ Insulation ပြုလုပ်ထားခြင်း (External Insulation)

Insulation(vapor barrier)အဖြစ်အသုံးပြုရန် အတွက် external insulation ကို fiber glass သို့မဟုတ် mineral wool material အမျိုးအစားဖြင့် ပြုလုပ်နိုင်သည်။ မည်သည့်အမျိုးအစားကို သုံးသည်ဖြစ်ပါစေ insulation ၏ အပူလျှောက်ကူးမှုနှုန်း(thermal conductivity) သည် 0.0332 W/m^2 °K ထက်မပိုစေရ။

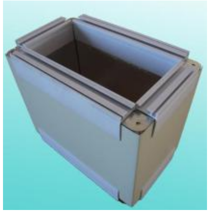
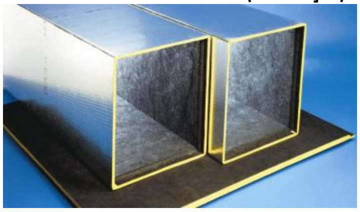
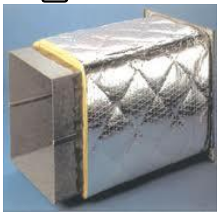
အပူလျှောက်ကူးမှုနှုန်း(thermal conductivity)ကောင်းလေ အပူစီးကူးခြင်းကို ကာကွယ်နိုင်စွမ်း (insulation) လုပ်နိုင်မှု နည်းလေဖြစ်သည်။

ပျမ်းမျှအပူချိန်(mean temperature) 24°C အတွက် insulation အထူ(thickness)သည် တစ်လက်မ (25mm) ဖြစ်ရမည်။ သိပ်သည်းဆ(density) သည် 32 kg/m^3 ဖြစ်ရမည်။ အဆောက်အဦး အတွင်းရှိ air con နေရာရှိ supply duct ၊ return duct နှင့် exhaust duct များ အတွက်ဖြစ်သည်။ Air con မပေးထားသည့် နေရာ(non air conditioning area)တွင် တပ်ဆင်မည့် duct များဖြစ်ပါက insulation အထူသည် supply air အတွက် နှစ်လက်မ(50mm) ဖြစ်ပြီး return နှင့် exhaust air များအတွက် တစ်လက်မ(25mm) ဖြစ်သည်။ Air con မပေးထားသည့် နေရာ(non air conditioning area)၏ အပူချိန်သည် Air con ပေးထားသည့် နေရာ(air conditioning area)၏ အပူချိန်ထက်ပိုများသော အပူချိန်ကွာခြားချက် ပိုများသည်။ ထို့ကြောင့် ပိုထူသည့် insulation လိုအပ်သည်။

၅.၃.၄ Duct အတွင်း၌ Insulation ပြုလုပ်ထားခြင်း (Internal Insulation)

Internal insulation ကို ဆူညံ့သံအဆင့်(noise level) ကျသွားစေရန်နှင့် insulation (vapor barrier) ဖြစ်စေရန် ရည်ရွယ်ချက် နှစ်မျိုးဖြင့် အသုံးပြုသည်။ များသောအားဖြင့် main duct များတွင်တပ်ဆင်သည်။

သိပ်သည်းဆ(density) 140 kg/m^3 ရှိသည့် rockwool material အမျိုးအစားကို အသုံးပြုသည်။ Main duct ၏ အစမှ (၅)မီတာ အကွာအထိ internal Insulation ကို အသုံးပြုသည်။ Duct အတွင်း၌ ရှိနေသောကြောင့် rockwool အစများ မပျံ့လွင့်စေရန် အချင်း(0.46mm)ရှိ အပေါက်များပါသည့်(perforated) အလူမီနီယံအပြား (aluminum sheet)ဖြင့် ဖိထားရမည်။ အလူမီနီယံအပြား(aluminum sheet)ပေါ်ရှိ အပေါက်များ (perforation holes) များ၏ စုစုပေါင်း မျက်နှာပြင်ဧရိယာ(total surface) ၏ ၃၀% မှ ၄၀% အထိဖြစ်သည်။

ပုံ ၅-၁၈ External Insulation duct

Duct များ တည်ဆောက်ပုံ(construction)၊ အမျိုးအစား(type) ၊ အတိုင်းအတာ(dimension) စသည်တို့ကို အသေးစိတ်သိလိုပါက SMACNA guide line များကို လေ့လာဖတ်ရှုရန် လိုအပ်သည်။ SMACNA ဆိုသည်မှာ Sheet Metal and Air Conditioning Contractor's National Association Inc (USA) ၏ အတိုကောက် ဖြစ်သည်။

Duct and plenum insulation (Ref Singapore Standard SS 553:2009)

Minimum duct insulation R-values for cooling only supply ducts and return ducts

Duct Location	Duct location R-value (m2K/W)*
Exterior	1.06
Ventilated attic	1.41
Unvented attic above insulated ceiling	1.77
Unvented attic with roof insulation	1.06
Unconditioned space	1.06
Buried	1.06

၅.၃.၅ Access Doors

Equipment များ ၊ duct ၏ အတွင်းပိုင်းများ ၊ damper များ နှင့် fire damper များ ကို စစ်ဆေးရန် နှင့် ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းရန် အတွက် သတ်မှတ်ထားသောနေရာများတွင် access door များ ထားရှိရန် လိုအပ်သည်။ Access door များကို နှစ်ထပ်(နှစ်လွှာ) ပြုလုပ်ရမည်ပြီး ဂဟေဆော်သည့်နည်း(welding method) ကို အသုံးပြုရမည် ဖြစ်သည်။ Access door အတွင်းဘက်နှင့် duct ၏ အတွင်းဘက်တွင် အမျိုးအစား တူသည့် insulation material ကို အသုံးပြုရမည်ဖြစ်မည်။ 1.00mm အထူဖြင့် ပြုလုပ်ရမည်။

Access door ပတ်ပတ်လည်တွင် 12mm အထူရှိသည့် neoprene rubber gasket လိုင်နာခံထားရမည်။ Duct ၏ fire rating နှင့် access door များ ၏ မီးဒဏ်ခံနိုင်အား(fire rating) တို့တူညီရမည်။ Access door များကို lock လုပ်ရန်အတွက် မျောက်လက်(latch)ကို heavy duty brass ဖြင့် ပြုလုပ်ကြပြီး သွတ်ရည်(galvanized) သို့မဟုတ် ခရိုမီယမ်(chromium) အရည် စိမ်ကြသည်။

ပုံ ၅-၁၉ Oval Duct Access Door

ပုံ ၅-၂၀ Access door နှင့် Access door frame

Access door ၏ အရွယ်အစားများကို duct အရွယ်အစား(size) အပေါ်တွင်မူတည်၍ ပြုလုပ်လေ့ရှိကြသည်။

Duct အရွယ်အစား(size)	လိုအပ်သော access door အရွယ်အစား
အရှည်ဆုံးအနား1200mm ထက်မပိုသည့် duct	300mm x 400mm
အရှည်ဆုံးအနား1200mm ထက်ပိုသည့် duct	450mm x 450mm
Automatic Damper or Fire Damper အတွက်	450mm x 600mm

၅.၃.၆ Duct Test Holes

Duct အတွင်းရှိ လေအလျင်(velocity) နှင့် ဖိအား(pressure)ကို တိုင်းရန်အတွက် "Duct Test Hole" များထားရှိရမည်။ "Duct Test Hole" ထားရှိရမည့် နေရာ(location)ကို ပုံ(dawing)တွင် ဖော်ပြထားသည်။ အပေါက်အရွယ်အစား(hole diameter)သည် ၁လက်မ(25mm)ဖြစ်ပြီး top screw braged အမျိုးအစား ဖြစ်သည်။ 40mm x 5mm bar ပေါ်တွင် braged လုပ်ထားသည်။ Bar နှင့် sheet metal ကို rivet ဖြင့် ချိတ်ဆွဲထားသည်။

ပုံ ၅-၂၁ Duct test holes

ပုံ ၅-၂၂ Duct test hole မှတဆင့် air flow တိုင်းယူပုံ

၅.၃.၇ Duct fittings

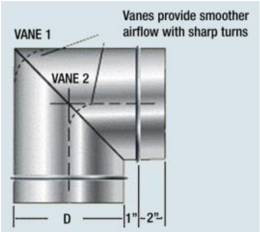
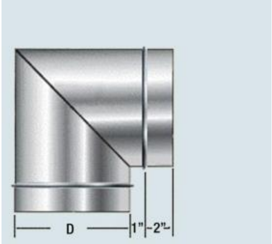
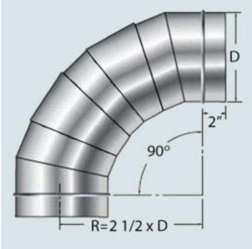
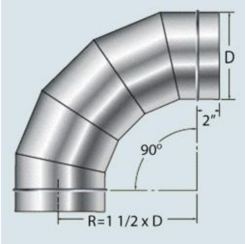
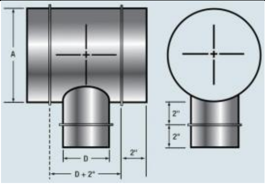
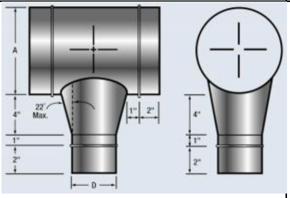
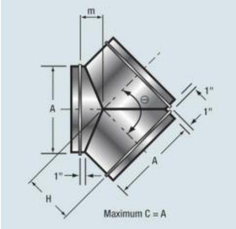
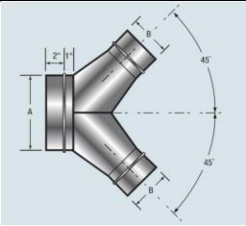
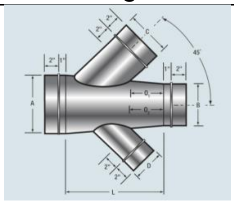
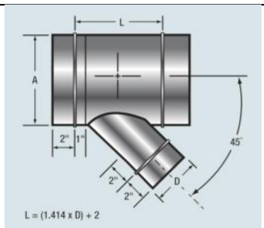
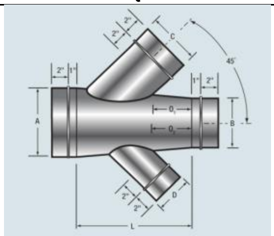
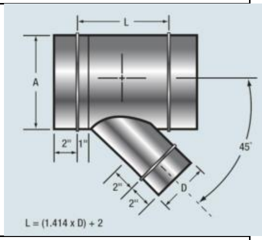
ဖြောင့်တန်းနေသည့် duct များမှ လွဲလျှင် ကျန် duct အစိတ်အပိုင်းများကို duct fitting များဖြစ်ကြသည်။ အောက်ပါတို့ကို duct fitting များဖြစ်ကြသည်။

(၁) Elbows
(၂) Converging or diverging tees and wyes
(၃) Entrances and exits
(၄) Enlargements and contractions
(၅) Means to reduce dynamic losses
(၆) Turning angle, splitter vanes

(Source: ASHRAE Handbook Fundamentals 2001)

ASHRAE duct fitting database နှင့် fitting loss coefficients duct fitting အမျိုးမျိုး တည်ဆောက်ပုံကို ဖော်ပြထားသည်။

(၁) Fitting Types Elbows Mitered – vanes
(၂) Mitered – no vanes
(၃) Fitting Types Elbows Gored – long radius
(၄) Fitting Types Elbows Gored – Standard
(၅) Fitting Types Divided Flow Straight Tee
(၆) Fitting Types Divided Flow Conical Tee
(၇) Fitting Types Divided Flow Y-Branch
(၈) Reducing Y-Branch
(၉) Divided Flow Laterals
(၁၀) Divided Flow Laterals
(၁၁) Duct fitting -Branch
(၁၂) Duct fitting -Branch

			
(၁)	(၂)	(၃)	(၄)
			
(၅)	(၆)	(၇)	(၈)
			
(၉)	(၁၀)	(၁၁)	(၁၂)
ပုံ ၅-၂၃ Duct fitting အမျိုးမျိုး			

၅.၄ Duct Support နှင့် Hanger

Maximum ductwork hanger spacing

(a.) SMACNA minimum requirements	
(1)	Horizontal: 8 to 10 feet maximum.
(2)	Vertical: One- or two-story intervals-12 to 24 feet.

အလျားလိုက်တပ်ဆင်ထားသည့်(horizontal) duct များကို သံမဏိ(steel)ဖြင့် ပြုလုပ်ထားသော hanger rod များဖြင့် ချိတ်ဆွဲထားသည်။ Hanger rod အားလုံးတွင် lock nut ကို အသုံးပြုရမည်။

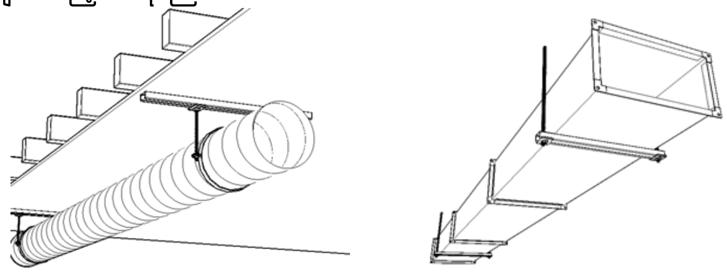
Cross-Sectional Perimeter of Duct	Maximum Spacing Between Hanger (Hanger တစ်ခုနှင့်တစ်ခု အကြား အကွာအဝေး)
1.5 m ထက်ငယ်သည့် duct	2.4 m
1.6 m မှ 2.5m အထိ	1.8 m
2.5 m ထက်ကြီးသည့် duct	1.2 m

(b.) Recommended	
(1)	Horizontal ducts less than 4 square feet: 8 feet maximum.
(2)	Horizontal ducts 4 to 10 square feet: 6 feet maximum.
(3)	Horizontal ducts greater than 10 square feet: 4 feet maximum.
(4)	Vertical round ducts: 12 feet maximum.
(5)	Vertical rectangular ducts: 10 feet maximum.

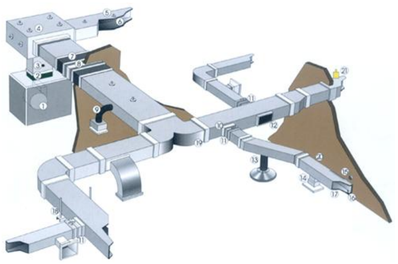
Ductwork Support

Ductwork အမျိုးအစား(Type)	Maximum Hanger Spacing Feet
Horizontal Ducts Less than 4 Square Feet	8
Horizontal Ducts 4 to 10 Square Feet	6
Horizontal Ducts Greater than 10 Square Feet	4
Vertical Round Ducts	12
Vertical Rectangular Ducts	10

ဒေါင်လိုက်တပ်ဆင်ထားသည့်(vertical) duct များအတွက် continuous length တိုင်းတွင် support များ ထည့်ပေးရမည်။



ပုံ ၅-၂၄ Dcut hanger



ပုံ ၅-၂၅ Dcut support

First cost ဆိုသည်မှာ တပ်ဆင်ရန်အတွက် ကုန်ကျစရိတ်(installation cost)ကို ဆိုလိုသည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် အစပိုင်းကုန်ကျစရိတ် ဟုလည်းခေါ်ဆိုနိုင်သည်။ Operating cost ဆိုသည်မှာ အသုံးပြုနေသမျှ ကာလပတ်လုံး၊ မောင်းနေသမျှ ကာလပတ်လုံး ကုန်ကျမည့်စရိတ်ကို ဆိုလိုသည်။ Duct system ၏ အစဦး ကုန်ကျစရိတ်(first cost) နှင့် လည်ပတ်ရန်ကုန်ကျစရိတ်(operating cost)တို့သည် အောက်ပါအချက်များ အပေါ်တွင် မူတည်သည်

(က) Duct အတွင်းရှိ အေးသည့် လေ(cool air)သည် duct မှ အပူ(heat)များကို စုပ်ယူခြင်း၊ duct အတွင်းရှိ ပူသည့်လေ(hot air)မှ အပူများဆုံးရှုံးခြင်း(heat loss)
(ခ) Aspect ratio of the duct (duct ၏ aspect ratio)
(ဂ) လေများ duct အတွင်းမျက်နှာပြင် နှင့် ပွတ်တိုက်မှုနှုန်း (friction rate) နှင့်
(ဃ) Fitting အမျိုးအစား(type) တို့ ဖြစ်သည်။

၅.၅ Duct Properties

၅.၅.၁ Duct Heat Gain သို့မဟုတ် Duct Heat Loss

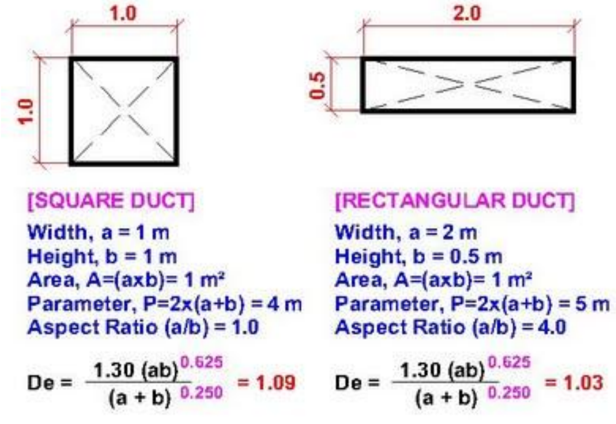
Air con duct များသည် အလွန်ရှည်လျားလွန်းလျှင် သော်လည်းကောင်း၊ air con မဟုတ်သည့် နေရာများကို ဖြတ်ကျော်သွားလျှင်သော်လည်းကောင်း၊ အပူစုပ်ယူမှု(duct heat gain) နှင့် အပူဆုံးရှုံးမှု(duct heat loss)ကို ထည့်သွင်း တွက်ချက်ရန် လိုအပ်သည်။ Supply air ၏ အပူချိန်(temperature)သည်(cooled air သည် duct နှင့် duct အပြင်ဘက်မှ အပူ(heat)များကို စုပ်ယူလိုက်သောကြောင့်)duct တစ်လျှောက်သွားနေစဉ် လေသည် အပူချိန် မြင့်တက်လာသည်။ ထို့ကြောင့် လုံလောက်သော ပမာဏ အပိုဆောင်း(allowance) ထားရန်လိုအပ်သည်။ ထိုပြဿနာကို အပူချိန်ပိုနိမ့်သည့် supply air သို့မဟုတ် ပိုများသည့် လေပမာဏ(air quantity) ပေးခြင်းဖြင့် ဖြေရှင်းနိုင်သည်။

Duct နှစ်ခုသည် တူညီသော ပမာဏရှိသည့်လေကို သယ်ဆောင်လျှင် duct aspect ratio များသည့် duct သည် duct aspect ratio နည်းသည့် duct ထက် အပူစုပ်ယူမှု(heat gain) ပိုများသည်။ လေစီးနှုန်း(air flow rate)နည်းပြီး လေအလျင်(velocity)နည်းနည်းဖြင့် စီးသွားလျှင် လေသည် အပူစုပ်ယူမှု(heat gain) သို့မဟုတ် အပူဆုံးရှုံးမှု(heat loss)ပိုများစေသည်။

လေအလျင်(velocity)နည်းသောကြောင့် လေသည် duct အတွင်း၌ လေများ ကြာရှည်စွာနေရကာ အပူများကို စုပ်ယူရန် အချိန်ပိုရသည်။ Duct insulation ကောင်းလေလေ အပူစုပ်ယူမှု (duct heat gain) သို့မဟုတ် အပူဆုံးရှုံးမှု(duct heat loss) နည်းလေလေ ဖြစ်သည်။

U value 0.12 ရှိသည့် insulation ကို အသုံးပြုလျှင် အပူစုပ်ယူမှု(duct heat gain) ၉၀% ကျဆင်းသွားသည်။

၅.၅.၂ Aspect Ratio



ပုံ ၅-၂၆ Aspect Ratio 1.0 နှင့် Aspect Ratio 4.0 ရှိသော duct နှစ်မျိုးကို နှိုင်းယှဉ်ထားပုံ

Aspect ratio ဆိုသည်မှာ duct ၏ ရှည်သောအနား(long side)ကို တိုသောအနား(short side)ဖြင့် စားထားသော အချိုးပင်ဖြစ်သည်။ ဒီဇိုင်းပြုလုပ်သည့်အဆင့်တွင် သင့်လျော်သည့် aspect ratio ကို ရွေးချယ်ခြင်းသည် အရေးကြီးသော ကိစ္စတစ်ခုဖြစ်သည်။ Aspect Ratio များခြင်းကြောင့် တပ်ဆင်မှု ကုန်ကျစရိတ်(installation cost)အပြင် မောင်းနှင်ရန်ကုန်ကျစရိတ်(operation cost)ပါ မြင့်မားလာလိမ့်မည်။

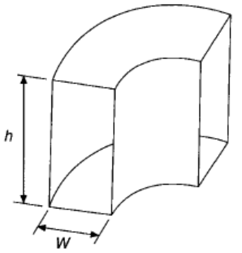
Duct work ၏ အစဦးကုန်ကျစရိတ်(first cost)ဟုခေါ်သည့် တပ်ဆင်ရန်ကုန်ကျစရိတ်(installation cost)သည် အသုံးပြုရသည့် ပစ္စည်း(material)ပမာဏ နှင့် တပ်ဆင်ရသည့် လုပ်အားခ နှင့် အချိန်ပေါ်တွင် မူတည်သည်။

Duct class မြင့်လာလေလေ ကုန်ကျစရိတ် ပိုများ လာလေလေဖြစ်သည်။ Duct ဧရိယာ(area) နှင့် capacity တူညီလျှင် duct system ၏ ဖိအား(total pressure)များလေလေ duct class မြင့်လေလေ ဖြစ်သည်။ Duct အရွယ်အစား(size) ကြီးလာလေလေ duct class မြင့်လာလေလေ ဖြစ်သည်။

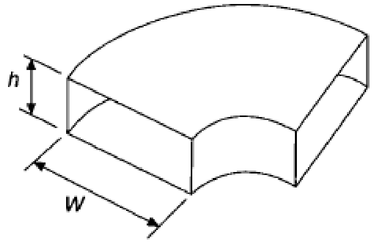
Duct Class	Max; Size of Duct(inch)	Semi – Perimeter
1	6 - 17 1/2"	10 - 23
2	12 - 24	24 – 46
3	26 - 40	32 - 46
4	24 - 88	48 - 94
5	48 - 90	96 - 176
6	90 - 144	96 - 238

အရွယ်အစားတူ ၊ စွမ်းဆောင်ရည်(capacity)တူသော duct နှစ်မျိုးတွင် class မြင့်သည့် duct တွင် ပိုထူသည့် သံပြား(gate of metal sheet)ကို သုံးရန်လိုအပ်သည်။ Material ၏ အလေးချိန်လည်း ပိုများလိမ့်မည်။ ပိုကောင်းသည့် insulation အမျိုးအစား သို့မဟုတ် ပိုထူသည့် insulation လိုအပ်သည်။

ထို့ကြောင့် duct ဒီဇိုင်းပြုလုပ်သူများ နှင့် consultant များအနေဖြင့် dust class နိမ့်နိုင်သမျှ နိမ့်အောင် ဒီဇိုင်းလုပ်ခြင်း၊ အနည်းဆုံးသော "Aspect Ratio" ကိုသုံးခြင်းဖြင့် ကုန်ကျစရိတ် သက်သာစေနိုင်သည်။ "Aspect Ratio" နည်းခြင်းကြောင့် ပွတ်တိုက်မှု(friction loss)နည်းသည်။ ထို့အပြင် ကုန်ကျ စရိတ်လည်း သက်သာသည်။



ပုံ ၅-၂၇ Small Aspect Ratio



ပုံ ၅-၂၈ Large Aspect Ration

၅.၅.၃ ဆူညံသံများကို ထိန်းချုပ်ခြင်း (Sound Control)

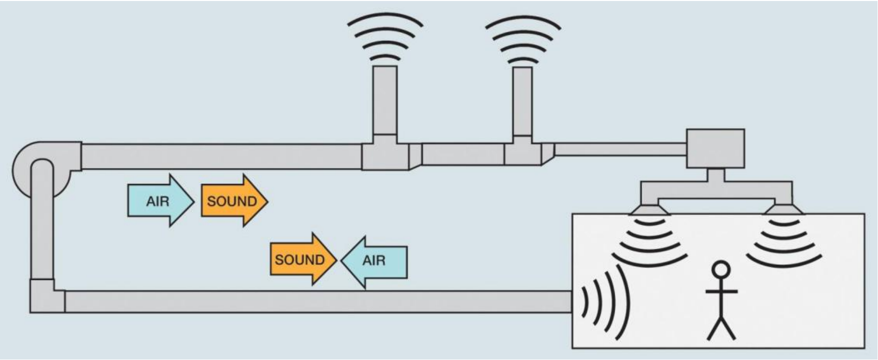
(၁) အခန်း သို့မဟုတ် အသုံးပြုပုံကိုလိုက်၍ သင့်လျော်သည့်၊ လက်ခံနိုင်သည့် ဆူညံသံ(acceptable noise criteria (NC)) ကို သတ်မှတ်ပါ။

(၂) ဖြစ်ပေါ်လာမည့် ဆူညံသံ (sound source) ၏ spectrum ကို ခန့်မှန်းပါ။

(၃) တစ်နေရာစီမှ ထွက်ပေါ်လာမည့် ဆူညံစုစုပေါင်း(resultant sound level criteria)ကိုတွက်ပါ။

(၄) လက်ခံနိုင်သည့် ဆူညံသံ(acceptable noise criteria) နှင့် resultant sound level တို့ကို နှိုင်းယှဉ်ပါ။

(၅) သင့်လျော်သော(appropriate) noise control product များကို အသုံးပြု၍ အလိုရှိသည့် NC level သို့ ရောက်အောင် ပြုလုပ်ပါ။



ပုံ ၅-၂၉ Duct System Acoustics

Design guidelines for HVAC system noise in unoccupied spaces

အသုံးပြုသူများ အခန်းအတွင်း၌ မရှိချိန်တွင် ဖြစ်ပေါ်နေသည့် လက်ခံနိုင်သည့် ဆူညံသံများကို ဖော်ပြထားသည်။

အခန်းအမျိုးအစား (Room Types)	**RC / NC**
Private Residences	**25-35**
Hotels/Motels	
Individual rooms or suites	25-35
Meeting/banquet rooms	25-35
Corridors, lobbies	35-45
Service/support areas	35-45
Office Buildings	
Executive and private offices	25-35
Conference rooms	25-35
Teleconference rooms	< 25
Open-plan offices	< 40
- With sound masking	< 35
Corridors and lobbies	40-45
Hospitals and Clinics Private rooms	25-35
Wards	30-40
Operating rooms	25-35
Corridors and public areas	30-45
Performing Arts Spaces	c
Drama theaters	25
Music teaching studios	25
Music practice rooms	30-35
Schools	d
Classrooms	25-30

Large lecture rooms	25-30
Large lecture rooms, without speech amplification	25
Laboratories (with Fume Hoods)	
Testing/research, minimal speech communication	45-55
Research, extensive telephone use, speech communication	40-50
Group teaching	35-45
Church, Mosque, Synagogue	
General assembly	25-35
With critical music programs c	
Libraries	30-40
Courtrooms	
Un-amplified speech	25-35
Amplified speech 30-40	30-40
Indoor Stadiums, Gymnasiums	
Gymnasiums and natatoriums[e]	40-50
Large seating-capacity spaces with speech amplification[e] 45-55	45-55

၅.၅.၄ လေယိုစိမ့်မှု (Duct leakage)

လေယိုစိမ့်ခြင်း(leakage) ပတ်သက်၍ ကိုးကားနိုင်သည့် စံချိန် စံညွှန်းများသည် ANSI ၊ SMACNA ၊ ASHRAE standard တို့ဖြစ်သည်။

လေယိုစိမ့်ခြင်း၏ အကျိုးဆက်များ (Impact of Leakage)

လေယိုစိမ့်ခြင်း(**leakage**)ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာနိုင်သည့် စွမ်းအင်ဆုံးရှုံးမှုများ နှင့် ကုန်ကျစရိတ်များကို ဖော်ပြထားသည်။

Energy Cost Example

Cost/year = [CFM x TP]/[8,520 x Eft] x Hours/Year x $/kwh

Leakage (%)	CFM (Cu ft/min)	RPM (rev/min)	SP (in wg)	VP (in wg)	TP (in wg)	BHP (hp)	Oper/yr (5/year)	Extra Oper/yr (5/year)	Increased Oper/yr WO
0	20,000	530	1.50	0.39	1.89	6.68	5,600	-	-
5	21,000	557	1.65	0.43	2.08	7.73	6,481	881	15.7
10	22,000	583	1.82	0.47	2.29	8.89	7,452	1,852	33.3
15	23,000	610	1.98	0.52	2.50	10.16	8,515	2,915	52.1
20	24,000	636	2.16	0.56	2.72	11.54	9,675	4,075	73.0
30	26,000	689	2.54	0.66	3.20	14.68	12,301	6,701	120.0

အောက်ပါအချက်များကို အခြေခံ၍(assumed) တွက်ယူထားသည်။

Electric rate $0.15/kWh	0.15
52 wk x 6 d/wk x 24 hr	7,488 hr
Fan/motor Efficiency	89
initial velocity	2,501

လက်ခံနိုင်သည့်လေယိုစိမ့်နှုန်း (Suggested Leakage Levels)

Leakage Levels Test Pressure (in wg)	SMACNA Class 3 (CFM/100 sq ft)	Leakage (%)
0-1	3.0	2
1 -2	4.6	2
2-3	6.0	1
3-4	7.4	1
4-6	9.6	0.5
6-10	13.5	0.5

Annual Operational Costs

$$\frac{Cost}{Year} = \left(\frac{Q_{fan}\ x\ FTP}{8520\ x\ Effciency}\right)\ x\ \frac{Hours}{Year}\ x\ \frac{\$}{kWh}$$

Cost/Year	=	system first year operating cost ($)
Q_{fan}	=	system volume flow rate (cfm)
FTP	=	system total operating pressure (in wg)
Hours/Year	=	number of hours the system operates in one year $/kwh = cost of energy
Efficiency	=	fan/motor drive combined efficiency
8,520	=	conversion factor to kWh (kilowatt hours)

၅.၅.၅ SMACNA Ductwork Testing

(၁) -4" Water Gauge ထက်နည်းလျှင် pressure rating ၏ တစ်ဆခွဲနှင့် စမ်းသပ်(test) လုပ်ရမည်။ (1.5 X Pressure Rating)

(၂) -3" Water Gauge မှ +3" Water Gauge အတွင်း ductwork test လုပ်လေ့ မရှိပါ။

(၃) +4" Water Gauge ထက်နည်းလျှင် pressure rating ၏ တစ်ဆခွဲနှင့် စမ်းသပ်(test) လုပ်ရမည်။ (1.5 X Pressure Rating)

(၄) ASHRAE Standard 90.1-2001 and 2004 အရ static pressures +3" Water Gauge ထက်ပိုမြင့်သည့် duct system ၏ ၂၅%ကို စက်မှုလုပ်ငန်းများက လက်ခံသည့်နည်း (industry-accepted procedures) ဖြင့် စစ်ဆေးရန်လိုသည်။

(၅) 2003 IMC and 2006 IMC reference SMACNA HVAC manual for ductwork testing အရ static pressures +3" Water Gauge ထက်ပိုမြင့်သည့် duct system ၏ ၂၅%ကို စက်မှုလုပ်ငန်းများက လက်ခံသည့်နည်း (industry-accepted procedures) ဖြင့် စစ်ဆေးရန်လိုသည်။

၅.၆ Duct အရွယ်အစားရွေးချယ်နည်း(Sizing) အမျိုးမျိုး

စီးပွားရေးလုပ်ငန်းများအတွက် အသုံးပြုသော အဆောက်အဦးများနှင့် စက်မှုလုပ်ငန်းများတွင် အသုံးပြုသော air duct system ကို ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ရာတွင် အောက်ပါ အချက်အလက်များကို အခြေခံ၍ တွက်ချက်ကြသည်။

(၁) တပ်ဆင်ရန်အတွက် နေရာ လုံလောက်မှုရှိမရှိ (space availability)
(၂) လေကို ပျံ့နှံ့စေရမည့်နေရာ (space air diffusion)
(၃) အသံဆူညံမှု (noise levels)
(၄) Duct မှ လေယိုစိမ့်မှု(duct leakage)
(၅) လေများ duct အတွင်းမှ စီးဆင်းသွားခြင်းကြောင့် အပူများတိုးလာမှု(duct heat gain) သို့မဟုတ် အပူများဆုံးရှုံးသွားမှု(duct heat loss)
(၇) လေဖြန့်ဖြူးမှု ညီညာစေရန်(air balancing)
(၈) မီးလောင်ခဲ့သော် မီးခိုးများကို ထိန်းချုပ်ရန်နည်းလမ်းများကို ကြိုတင်ပြင်ဆင်ထားမှု(fire and smoke control)
(၉) ဆောက်လုပ်ရန် အစဦးကုန်ကျစရိတ် (initial investment cost) နှင့်
(၁၀) လည်ပတ်ရန် ကုန်ကျစရိတ်(system operating cost)တို့ ဖြစ်သည်။

Duct ဒီဇိုင်းကို မှားယွင်းစွာ တွက်ချက်မိပါက ဆောက်လုပ်ရန် ကုန်ကျစရိတ် အလွန်များလိမ့်မည် သို့မဟုတ် လည်ပတ်ရန် ကုန်ကျစရိတ် အလွန်များလိမ့်မည်။ လေပျံ့နှံ့မှု(air distribution) မကောင်းမွန် မညီညာပါက ကျန်းမာရေးကို ထိခိုက်နိုင်သည်။ ပူလွန်းအေးလွန်းခြင်း(discomfort) ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ Sound attenuator ဒီဇိုင်းလုပ်ပုံ မမှန်ကန်မှု နှင့် မတပ်ဆင်ထားမှုတို့ကြောင့် အလွန်ဆူညံ့သောအသံများ ထွက်ပေါ်လာ နိုင်သည်။ လေဖြန့်ဖြူးမှု ညီညာရန် ခက်ခဲလိမ့်မည်။

Duct များ တည်ဆောက်ထားပုံ(construction) မမှန်ကန်မှုကြောင့် လေယိုစိမ့်မှုများ(leakage) ဖြစ်ပေါ်ကာ လေထွက်ပေါက်(terminal)များဖြစ်သော air diffuser များတွင် လိုအပ်သောလေပမာဏ အလုံအလောက် မရရှိ နိုင်တော့ပေ။ သင့်လျော်သော duct insulation မရှိသောကြောင့်လည်း အပူများတိုးလာမှု (heat gain) သို့မဟုတ် အပူဆုံးရှုံးသွားမှု(heat loss) ဖြစ်နိုင်သည်။ ထိုကြောင့် system ဒီဇိုင်း ၏ frictional loss နှင့် dynamic resistance တို့ကို ရှင်းလင်းစွာ နားလည်ပြီး မှန်ကန်စွာ တွက်ချက်နိုင်ရန် လိုအပ်သည်။

Ductwork Sizes

(၁) 4" X 4" ထက် ပိုသေးငယ်သည့် လေးထောင့်ပုံသဏ္ဍာန်(rectangular) duct အရွယ်အစား (size) လုံးဝ မပြုလုပ်သင့်ပါ။
(၂) 8" X 4" သည် လက်ခံနိုင်သည့် အငယ်ဆုံး အရွယ်အစား(smallest recommended size) ဖြစ်သည်။
(၃) ပုံမှန်အားဖြင့် ပြုလုပ်လေ့ရှိသော လေးထောင့်ပုံသဏ္ဍာန်(rectangular) duct အရွယ်အစားများသည် 24” X 12”၊ 10” X 6”၊ 72” X 36”၊ 48” X 12” တို့ဖြစ်သည်။ (စုံဂဏန်း(evern number)ဖြင့် ဆုံးသော duct အရွယ်အစား များကို အသုံးများသည်။)
(၄) 4:1 သည် သင့်လျော်သည့် အမြင့်ဆုံး(maximum recommended) aspect ratio ဖြစ်သည်။
(၅) အချင်း သုံးလက်မ(3") ရှိသော အသေးဆုံး အဝိုင်းပုံသဏ္ဍာန် (smallest round size) ရရှိနိုင်သည်။

၅.၆.၁ Duct အရွယ်အစား(Sizing)တွက်နည်းများ

အောက်ပါ နည်းတစ်မျိုးမျိုးကို အသုံးပြု၍ duct များ၏ အရွယ်အစား(size)ကို တွက်ချက်နိုင်သည်။

(က) Pressurized Method
(ခ) Equal Friction Sizing Method(Constant Pressure Loss Method)
(ဂ) Static Regain Method
(ဃ) Total Pressure Method
(င) Velocity Reduction Method နှင့်
(စ) Constant Velocity Method တို့ ဖြစ်သည်။

သို့သော် အောက်ပါနည်း သုံးမျိုးသည် conventional duct design method များဖြစ်ကြပြီး အသုံးများသော duct ဒီဇိုင်းလုပ်နည်းများ ဖြစ်ကြသည်။

(၁) Velocity Reduction Method
(၂) Equal Friction Method နှင့်
(၃) Static Regain Method တို့ ဖြစ်သည်။

(က) Pressurized Method

တစ်ခါတစ်ရံ duct များအတွက် လိုအပ်သော နေရာအကျယ် အလုံအလောက် ရရှိရန် မဖြစ်နိုင်ပေ။ ထိုကြောင့် ရသည့် နေရာတွင်သာ အသင့်လျော်ဆုံး duct အရွယ်ဖြစ်အောင်ပြုလုပ်ကြရသည်။ ထိုကဲ့သို့ နေရာအခက်အခဲ ရှိသည့် အခြေအနေမျိုးတွင် ရသည့်နေရာ၌ ဖြစ်နိုင်သည့် duct အရွယ်အစား(size)ကို ရွေးချယ်ကြသည်။

(ခ) Equal Friction Sizing Method (Constant Pressure Loss Method)

Equal friction နည်း(method)ကို ရိုးရှင်းလွယ်ကူမှု နှင့် အတိမ်းအဆောင်းခံမှု(flexibility)တို့ကြောင့် အလွန် အသုံးများသည်။ Duct တစ်လျှောက်လုံးတွင် ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(pressure loss) တစ်ညီတည်းဖြစ်အောင် duct များကို အရွယ်အစား ရွေးချယ်ပေးခြင်းဖြစ်သည်။

System တစ်ခုလုံး၌ duct အရှည် တစ်မီတာတိုင်းအတွက် ပုံသေ 1 Pascal (1Pa/m)နှုန်း ဖိအားဆုံးရှုံးမှု ဖြစ်အောင် duct များ ၏ အရွယ်အစားရွေးချယ်ခြင်းကို "Equal Friction Method" ဟုခေါ်သည်။ Supply နှင့် extract duct system များကို ဒီဇိုင်းလုပ်ရာတွင် "Equal Friction Method" ကို အသုံးပြုသည်။

ASHRAE ၏ စံချိန်စံညွှန်းများအရ တစ်ယူနစ် duct အလျားတွင် အများဆုံး နှင့် အနည်းဆုံး ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(high and low limits for pressure loss per unit length)ကို လည်းကောင်း၊ အများဆုံး နှင့် အနည်းဆုံး လေအလျင်(velocity)ကို လည်းကောင်း၊ ထည့်သွင်းတွက်ချက်ရမည်။ သို့မဟုတ် မိမိလက်ခံနိုင်သည့် တစ်ယူနစ် duct အလျားတွင် ဖြစ်ပေါ်မည့် ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(pressure loss per unit length)ကို ထည့်သွင်း တွက်ချက် နိုင်သည်။

"Equal Friction Method" တွက်နည်း အဆင့်ဆင့်ကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

(က) ပထမဦးစွာ friction loss per unit of length ကို အရင် သတ်မှတ်ကြသည်။ ဥပမာ duct အရှည် တစ်မီတာတိုင်းအတွက် ပုံသေ 1 Pascal(1Pa/m)နှုန်း ဖိအားဆုံးရှုံးမှုကို လက်ခံနိုင်သည်။
(ခ) ထိုသတ်မှတ်ထားသော friction loss(1 pa/m)နှင့် လေစီးနှုန်း(air flow rate)ကို အခြေခံ၍ duct များ ၏ အရွယ်အစား ရွေးချယ်ကြသည်။ Friction loss chart မှ duct အရွယ်အစား(size) ကို ရှာနိုင်သည်။
(ဂ) ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(pressure loss) အများဆုံးဖြစ်မည့် အပိုင်း(section)တစ်လျှောက်လုံး၏ friction loss ကို တွက်ယူသည်။ အရှည်ဆုံးအပိုင်း(duct section)၊ elbow များ နှင့် fitting များ ၏ friction loss ကိုပါ ထည့်သွင်း တွက်ချက်ရသည်။
(ဃ) နေရာအခက်အခဲများကြောင့် duct အရွယ်အစား(size) ကို ပြောင်းလဲရန်လိုအပ်ပါက သတ်မှတ်ထားသည့် friction loss coefficient အတိုင်း duct အရွယ်အစား(size) ကို ပြန်လည် ပြင်ဆင်နိုင်သည်။ System တစ်ခုလုံး၏ စုစုပေါင်း ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(total pressure loss) ပြောင်းလဲသွားလိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။

သို့သော် "Equal Friction"နည်း ၏ အားနည်းချက်သည် လေဖြန့်ဖြူးမှုညီညာအောင်(air balancing) လုပ်ရန် ခက်ခဲ သည်။

(ဂ) Static Regain Sizing Method

"Static Regain Method" သည် ပို၍ ရှုပ်ထွေးခက်ခဲစွာ တွက်ချက်ရသည့်နည်းဖြစ်သည့် အပြင် အလွန် အချိန်ကုန်သော တွက်ချက်နည်းမျိုး ဖြစ်သည်။ ထိုနည်းဖြင့် တွက်ချက်ထားသော duct များကို ဆောက်လုပ်ရန် အတွက်(equal friction method နှင့် နှိုင်းယှဉ်လျှင်) ပစ္စည်း(material)များစွာ အသုံးပြုရသည်။

"Static Regain Method" သည် terminal တိုင်း နှင့် branch duct section တိုင်းအတွက် ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(pressure loss) တူညီအောင် duct အရွယ်အစားများကို ရွေးချယ်ထားခြင်းဖြစ်သည်။ တစ်နည်း အားဖြင့် ပထမဆုံး branch duct section ၏ ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(pressure loss) သည် နောက်ဆုံး branch duct section ၏ ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(pressure loss) နှင့်တူညီကြသည်။

ရှည်သည့် duct အပိုင်း(section) နှင့် တိုသည့် duct အပိုင်း(section) တို့၏ ဖိအားဆုံးရှုံးမှုများ (pressure losses)တူညီအောင် ပြုလုပ်ထားခြင်းဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် ရှည်သော duct section ၏ duct အရွယ်အစား (size)သည် တိုသော duct အပိုင်း(section) ၏ duct အရွယ်အစား(size)ထက် ပိုကြီးအောင် ပြုလုပ်ထားရမည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် တူညီသော ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop)ဖြစ်စေရန် အတွက် ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် "Static Regain Method" ကို တစ်ခါတည်းနှင့် အပြီးတွက်ရန် မဖြစ်နိုင်ပေ။ ထပ်ကာ ထပ်ကာ ပြန်တွက်ရန် လိုအပ်သော iteration process မျိုး ဖြစ်သည်။

(ဃ) Total Pressure Sizing Method

Total pressure sizing method သည် static regain method မှခွဲထွက်လာသော တွက်နည်း တစ်မျိုး ဖြစ်သည်။

(င) Velocity Reduction Sizing Method

Velocity reduction နည်းသည် duct အတွင်းရှိ လေအလျင်(air velocity)ကို လိုသလို ဖြစ်အောင်ထိန်း၍ တွက်ရသော နည်းဖြစ်သည်။ အလျင်(velocity) များခြင်းကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် ဆူညံမှုများ(noise)ကို ကာကွယ်တားဆီးရန် အတွက်ဖြစ်သည်။ Duct အရွယ်အစားကို မရွေးချယ်မီ ကြိုတင်၍ လက်ခံနိုင်သည့် လေအလျင်(acceptable velocity)ကို သတ်မှတ်ရန် လိုသည်။ သတ်မှတ်ထားသော လေအလျင်(velocity) မှ duct ဧရိယာကို တွက်ယူပြီး။ ထိုမှတဆင့် duct အရွယ်အစား(size)ကို တွက်ယူသည်။ အဝိုင်းပုံသဏ္ဍာန်(round) duct သို့မဟုတ် လေးထောင့်ပုံသဏ္ဍာန်(rectangular) duct အရွယ်အစား (size)ရပြီး မှသာ ဖိအားဆုံးရှုံးမှုများ(pressure losses)ကို ပြန်တွက်ယူရသည်။

ဤနည်းသည် မြင့်မားသည့် ဆူညံသံများ(high noise level)ကို လက်မခံနိုင်သော ရုပ်ရှင်ရုံများ၊ စာကြည့်တိုက်များ၊ စာဖတ်ခန်းများ၊ တရားထိုင်ခန်းများ နှင့် အရေးကြီးသော အစည်းဝေးခန်းများအတွက် အလွန် သင့်လျော်သည်။ လေအလျင်(velocity) မည်သည့်များလျှင် ဆူညံသံများ(noise level) မည်မျှမြင့်မားသည်ကို သိရန် ASHRAE စာအုပ်များ ၊ SMACNA မှ "HVAC Duct Construction Standards"ကို ကိုးကားနိုင်သည်။

(စ) Constant Velocity Sizing Method

Constant velocity method သည် duct များအားလုံးအတွက် သတ်မှတ်ထားသည့် သို့မဟုတ် တင်ဒါ(tender)၌ သတ်မှတ်(specified)ထားသည့် လေအလျင်(velocity)ကို အခြေခံ၍ duct အရွယ်အစားများကို တွက်ချက်ခြင်း ဖြစ်သည်။ ရရှိသည့် duct မှ တဆင့် ဖိအားဆုံးရှုံးမှုများ(pressure losses) ကို တွက်ယူနိုင်သည်။

၅.၆.၂ ပွတ်တိုက်မှုကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သော ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(Friction Losses in Duct)

Friction loss သည် fluid viscosity နှင့် မတူညီသော လေအလျင်(velocity)ဖြင့် စီးနေသော မော်လီကျူးလေးများ တစ်ခုနှင့် တစ်ခုအကြားတွင် momentum များ အပြန်အလှန် လက်ဆင့်ကမ်းမှုများကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသည်။ Friction losses သည် duct တစ်လျှောက်လုံးတွင် ဖြစ်ပေါ်သည်။

Equal friction method သည် system တစ်ခုလုံးအတွက် တူညီသော loss per unit of length ကို အသုံးပြုသည်။

Friction loss သည် အောက်ပါ အချက်အလက် ပေါ်တွင်မူတည်သည်။

(၁) Duct အရွယ်အစား(size) ကြီးလျှင်၊ လေအလျင်(velocity) နည်းပြီး၊ friction loss နည်းသည်။

(၂) Duct ၏ အတွင်းမျက်နှာပြင် ကြမ်း(interior surface roughness)လျှင် friction loss များသည်။

(၃) လေစီးဆင်းမှုနှုန်း (Air flow rate) များလျှင် friction loss များသည်။

(၄) Duct အရှည် (length) များလျှင် friction loss များသည်။

၅.၆.၃ Head and Pressure

Head နှင့် pressure ကို အပြန်အလှန် အဆင်ပြေသလို သုံးနှုန်းပြောဆိုလေ့ရှိကြသည်။ Head ဆိုသည်မှာ fluid တစ်မျိုးမျိုး စီးဆင်းမှုကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသော ထို fluid ၏ column အမြင့်ပင်ဖြစ်သည်။ ("Head" is the height of a fluid column supported by fluid flow.) Pressure ဆိုသည်မှာ ယူနစ်ဧရိယာတစ်နေရာအပေါ်တွင် သက်ရောက်နေသာအား၏ ပမာဏဖြစ်သည်။ စီးဆင်းနေသည့် fluid (flowing fluid) ကို တိုင်းမည့်အစား ထို fluid ၏ Head ကို တိုင်းတာခြင်းသည် ပို၍ လွယ်ကူသည်။ ထိုကြောင့် အရည်များ (liquid) များအတွက် Head ဆိုလျှင် ဒေါင်လိုက်အမြင့်(cloum liquid) ဖြစ်သည်။

ဥပမာ pump များအတွက် (၅)မီတာ Head ဆိုလျှင် 5 meter of water cloum(WC) ဖြစ်သည်။

သို့သော် လေ သို့မဟုတ် ဓာတ်ငွေ့တစ်မျိုးမျိုးကို တိုင်းရန်အတွက် liquid တစ်မျိုးမျိုး ၏ column မှ တဆင့် တိုင်းယူရသည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် လေ သို့မဟုတ် ဓာတ်ငွေ့တစ်မျိုးမျိုး တိုက်ရိုက်တိုင်းယူရန် မဖြစ်နိုင်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ ဥပမာ လေဖိအား(air pressure)ကို ရေ၏ ကော်လံအမြင့် သို့မဟုတ် မာကျူရီ အရည်၏ ကော်လံအမြင့်ဖြင့် ဖော်ပြပြောဆိုလေ့ရှိသည်။

Air pressure 1 Pound per Square Inch (PSI) = 51.71 millimeter of mercury(mmHg) လေပေါင် တစ်ပေါင်ဖိအားသည် 51.71 mm of mercury (mmHg) ၏ ကော်လံအမြင့်နှင့် ညီမျှသည်။

$$\boldsymbol{Total\,Pressure = Static\,Pressure + Velocity\,Pressure}$$

Darcy-Weisbach Equation သည် fluid များ pipe သို့မဟုတ် duct အတွင်းတွင် ဖြတ်သန်းစီးဆင်းသွားသည့်အခါ ဖြစ်ပေါ်သည့် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop) ပမာဏကို တွက်ချက်ရန် အသုံးပြုသည်။ ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(pressure drop) သည် fluid များ၏ ပွတ်တိုက်မှုများ(friction) ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသည်။ Darcy-Weisbach Equation ကို fully developed flow များအတွက်သာ အသုံးပြုရန် ဖြစ်သည်။

Darcy and Colebrook Equations

Duct သို့မဟုတ် ပိုက်(pipe) အတွင်း၌ fluid များ ဖြတ်သန်း စီးဆင်းသွားသည့်အခါ ဖြစ်ပေါ်လာသည့် ဖိအားဆုံးရှုံးမှု (pressure drop) ပမာဏကို တွက်ချက်ရန်

$$\Delta P_f = \frac{1000\, f\, L}{D_h} \cdot \frac{\rho\, V^2}{2}$$

$\Delta_{pf} = friction\ losses\ in\ terms\ of\ total\ pressure\ (Pa)$

$f = friction\ factor\ (dimensionless)$

$L = duct\ length\ (m)$

$D_h = hydraulic\ diameter\ (m)$

$V = velocity\ (m/s)$

$\rho = density\ (kg/m3)$

အထက်ပါ ပုံသေနည်းတွင် friction loss ကို ရရှိရန်အတွက် friction factor ၏ တန်ဖိုးကို ရရှိရန် လိုအပ်သည်။

(က) Fluid များသည် laminar flow ပုံစံဖြင့် စီးဆင်းနေသည့် အခါ Reynolds နံပါတ်သည် (၂၀၀၀) ထက် မကျော်ပေ။ (Reynolds numbers less than 2000)။ Friction factor သည် Reynolds number တစ်မျိုးတည်းပေါ်တွင်သာ မူတည်သည်။

(ခ) Fluid များသည် turbulent flow ပုံစံဖြင့်စီးဆင်းနေသည့် အခါ friction factor သည် Reynolds နံပါတ် (Reynolds number)၊ အတွင်းမျက်နှာပြင် ချောမှုကြမ်းမှု (duct surface roughness) နှင့် joint များ ပေါ်တွင် မူတည်သည်။

Friction factor ၏ တန်ဖိုးကို တွက်ရန်

$$\frac{\text{၁၁}1}{\sqrt{f}} = -2\,log\left(\frac{\varepsilon}{\text{ρ}3.7\,D_h} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right)$$

$\boldsymbol{\varepsilon = material\ absolute\ roughness\ factor (mm)}$

$\boldsymbol{Re = Reynolds\ number}$

$\boldsymbol{Reynolds\ number(Re)}$ တွက်ရန်

$$\boldsymbol{Re = \frac{D_h\ V}{1000\ v}}$$

$$\boldsymbol{v = kinematic\ viscosity\ (m/s)}$$

လေအတွက် $\boldsymbol{Reynolds\ number(Re)}$ တွက်ရန်

$$\boldsymbol{Re = \text{၆}66.4\,D_h\,V}$$

အထက်ပါ ပုံသေနည်းသည် friction factor ကို ရရှိရန်အတွက် ရေးနော့နံပါတ် (Reynolds number)၊ အတွင်းမျက်နှာပြင်ချောမှုကြမ်းမှု(duct surface roughness) နှင့် hydraulic diameter တို့ကို သိရန်လိုအပ်သည်။

Noncircular duct များ တွင် laminar flow များကြောင့် inconsistencies များဖြစ်ပေါ်လာခြင်း၊ noncircular duct များ တွင် laminar flow များဖြစ်ပေါ်လာသည့်အခါ တိကျသောအဖြေ မရရှိနိုင်သောကြောင့် hydraulic diameter ကို ထည့်သွင်း တွက်ချက်ရန် လိုအပ်သည်။

အဝိုင်းပုံသဏ္ဍာန်မဟုတ်သည့် Duct (Noncircular Duct)

$$\boldsymbol{D_h = \frac{4A}{P}}$$

$D_h = hydraulic\ diameter\ (mm)$

$A = Duct\ Area\ (mm^2)$

$P = perimeter\ of\ cross\ section\ (mm)$

အထက်ပါ ပုံသေနည်းအတိုင်း hydraulic diameter ကို တွက်ချက်နိုင်သည်။

> လက်တွေ့ စမ်းသပ်ချက်များအရ hydraulic diameter တူညီသော အမျိုးမျိုးသော round ၊ square ၊ နှင့် rectangular duct များ သည် တူညီသော flow resistance (at equal mean velocities) များကို ဖြစ်ပေါ် စေသည်။

Rectangular Duct

Rectangular Duct ကို Flow တူ resistance တူ အရှည်တူ သည် round duct တန်းဖိုးအဖြစ်ပြောင်းရန်

$$\boldsymbol{D_e = \frac{1.30\,(ab)^{0.625}}{(a+b)^{0.250}}}$$

$D_e = circular\ equivalent\ of\ rectangular\ duct\ (mm)$

$a = Length\ of\ one\ side\ of\ the\ duct\ (mm)$

$b = Length\ of\ adjacent\ side\ of\ the\ duct\ (mm)$

Flat Oval Duct

$$D_e = \frac{1.55\, A\, R^{0.625}}{P^{0.250}}$$

$$AR = \left(\pi \frac{a^2}{4}\right) + a(A - a)$$

$$P = \pi a + 2(A - a)$$

A = major axis of flat oval duct (mm)
a = minor axis of flat oval duct (mm)
P = perimeter of flat oval duct (mm)

Friction factor ၏ တန်ဖိုးသည် ရေးနော့နံပါတ် (Reynolds number) အတွင်းမျက်နှာပြင်ချောမှုကြမ်းမှု(duct surface roughness) နှင့် hydraulic diameter တို့ပေါ်တွင်မူတည်သည်။ ထိုအချက်အလက်များကို အသုံးပြု ကဏန်းတွက်စက်ဖြင့် တွက်ချက်ခြင်းသည် အလွန်အလုပ်ရှုပ်သော ကိစ္စဖြစ်သည်။ ပုံသေနည်းကို အသုံးပြုမည့်အစား ဂရပ်(Graph)မှ ဖတ်ယူခြင်းသည် ပိုမိုလွယ်ကူသည်။

Hydraulic diameter(D) ကို Reynolds Number(dimensionless)တွက်ရာတွင် အသုံးပြုသည်။ Duct အတွင်း၌ စီးနေသည့်လေအမျိုးအစား(turbulent or laminar)ကို ဆုံးဖြတ်ရန်အတွက် Reynolds Number ကို သိရန်လိုသည်။

Reynolds Number သည် (၂၃၀၀) ထက်နည်းလျှင် "Laminar flow" အဖြစ်သတ်မှတ်သည်။ (Laminar if Re < 2300)

Reynolds Number သည် (၂၃၀၀) နှင့် (၄၀၀၀) အတွင်းဖြစ်လျှင် "Transient flow" အဖြစ်သတ်မှတ်သည်။ (Transient for 2300 < Re < 4000)

Reynolds Number သည် (၄၀၀၀) ထက်များလျှင် "Turbulent flow" အဖြစ်သတ်မှတ်သည်။ (Turbulent if Re > 4000)

၅.၆.၄ Friction Chart မှ ဖိအားကျဆင်းမှု(Pressure Drop) တွက်ယူနည်း

ASHRAE မှ friction chart သည်

(၁) Friction losses (Pa/ m)
(၂) Air Quantity (Liter per Second)
(၃) Velocity (m/s)
(၄) Round Duct Diamaeter (mm) တို့ဖြင့် တည်ဆောက်ထားသည်။

(၁) ဂရပ်တွင် **Friction losses (Pa/m)** ကို အလျားလိုက်မျဉ်းများ(horizontal lines)ဖြင့် ဖော်ပြထားသည်။ 0.1 Pa/m မှ 100 Pa/m အထိရှိသော်လည်း အသုံးပြုရန် အတွက် သင့်လျော်သည့် နေရာမှာ 0.7Pa/m မှ 5 Pa/m အတွင်းသာ ဖြစ်သည်။ အဓိပ္ပာယ်မှာ တစ်မီတာ တိုင်းတွက် ဖြစ်ပေါ်လာသော Friction losses ၏ တန်ဖိုး ဖြစ်သည်။

(၂) **Air Quantity (Liter per Second)** ကို ဒေါင်လိုက်မျဉ်းများ(vertical lines)ဖြင့် ဖော်ပြထားသည်။ 20 L/s မှ 200,000 L/s အထိရှိသည်။

(၃) **Velocity (m/s)** ကိုဘယ်ဘက်သို့စောင်းနေသော ကန့်လန့်ဖြတ် မျဉ်းများဖြင့်ဖော်ပြထားသည်။ Duct အတွင်းတွင်ဖြတ်သွားသော လေ၏ သွားနှုန်းဖြစ်သည်။

(၄) **Round Duct Diamaeter (mm)** ကို ညာဘက်သို့စောင်းနေသော ကန့်လန့်ဖြတ် မျဉ်းများဖြင့် ဖော်ပြထားသည်။ ဂရပ်တွင် ပါဝင်သော အမျိုးအစား လေးမျိုး အနက်မှ သိထားသည့် နှစ်မျိုးကို အသုံးပြု၍ ကျန်သည် နှစ်မျိုးကို ရရှိနိုင်သည်။

တွက်နည်း ဥပမာ

25,000 CHM ရှိသော AHU တစ်လုံးမှ အဝိုင်းပုံစံရှိသော (round duct) main duct ၏ အရွယ်အစားကို ရှာပါ။ (maximum friction losses ကို 1 Pa/m ကို အခြေခံ၍တွက်ချက်ပါ။) ထို round duct သည် မီတာ(၂၀၀) အရှည်ရှိသည်ဆိုလျှင် total friction losses မည်မျှဖြစ်မည်နည်း။

ဂရပ်မှ ဖတ်ယူပါက ပိုမိုလွယ်ကူသည်။ ပုစ္ဆာတွင်ပေးထားသော လေထုထည်(air quantity)သည် 25,000 CHM ဖြစ်သည်။ ဂရပ်တွင်ဖော်ပြထားသော လေအရည်အသွေး(air quantity)သည် Liter per Second ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် 25,000 CHM ကို Liter per Second အဖြစ်ပြောင်းရန် လိုအပ်သည်။

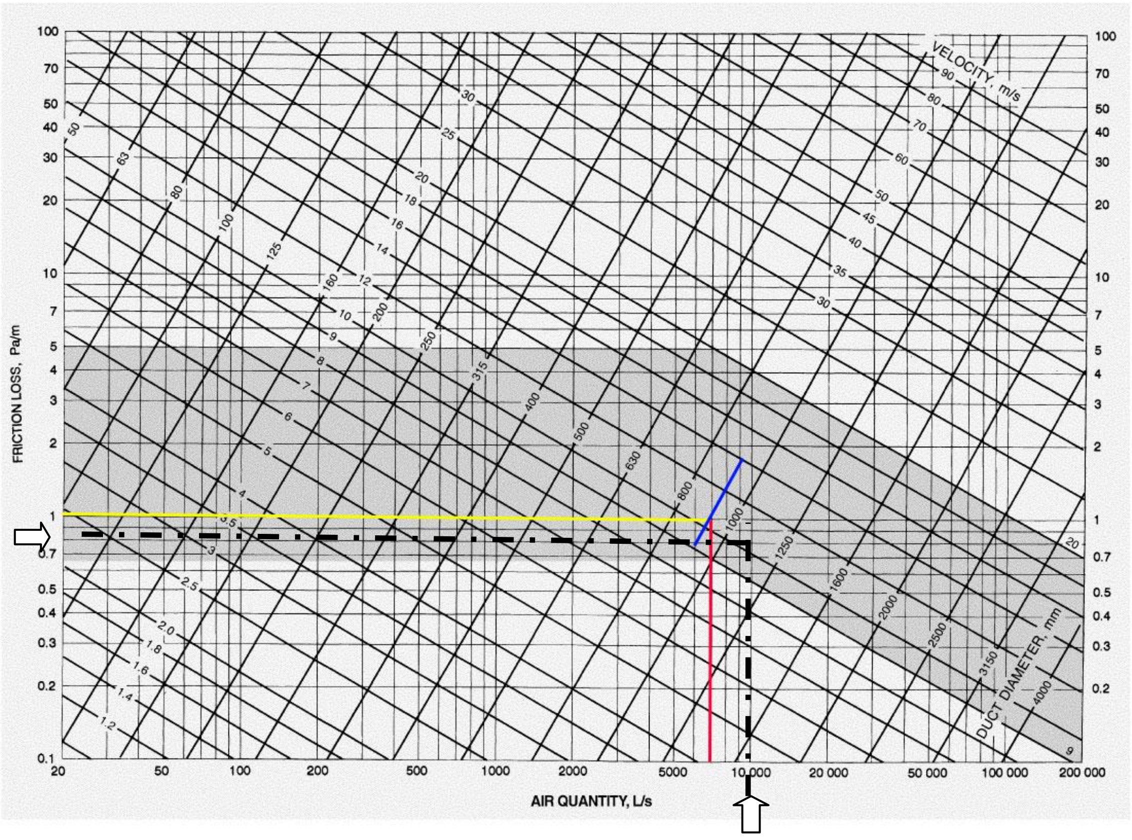


Fig. 9 Friction Chart for Round Duct (ρ = 1.20 kg/m^3 and ε = 0.09 mm)

ပုံ ၅-၃၀ ASHRAE friction chart

25,000 CHM x 1000 Liter per meter cube = 25,000,000 Liter per hour/ 3600 = 6944 L/s နှင့် Maximum Friction losses ကို 1 Pa/m အသုံးပြုလျှင် ဂရပ်ပေါ်တွင် ဆုံမှတ်(intersection point)တစ်ခု ရရှိသည်။

ဒေါင်လိုက်မျဉ်းတန်ဖိုးများ မှ 6944 L/s နေရာတွင်လိုင်းတစ်လိုင်းကိုဆွဲပါ။ အလျားလိုက် မျဉ်းတန်ဖိုးများ မှ 1 Pa/m နေရာတွင်လိုင်းတစ်လိုင်းကိုဆွဲပါ။ ထိုအခါ ဆုံမှတ်(intersection point)တစ်ခုကို ရမည်။

ထိုဆုံမှတ်သည် duct diameter ညာဘက်သို့စောင်းသော ကန့်လန့်ဖြတ်မျဉ်း တန်ဖိုးကို ဖတ်ပါ။ တန်းဖိုးသည်(၉၃၀)ခန့်ဖြစ်သည်။ (၉၃၀)မီလီမီတာ အချင်းရှိသော duct သည် ဈေးကွက်တွင် မရှိသောကြောင့် 950mm diameter အဝိုင်းပုံသဏ္ဍာန်(round) duct ကိုရွေးချယ် ရမည်။ အလျင်(velocity)သည် 10.2 m/s ခန့်ဖြစ်သည်။ ထို duct အမျိုးအစား နှင့် အသုံးပြုမည့် နေရာကိုကြည့်၍ ASHRAE recommend duct veloctiy

နှင့် နှိုင်းယှဉ် စစ်ဆေးကြည့်ရမည်။ ဤလေအလျင်(duct velocity) 10.2 m/sသည် recommend duct veloctiy ထက် အလွန်များသည်ဆိုလျှင် 950mm ထက်ပိုကြီးသော duct ကို သုံးရန် စဉ်းစားသင့်သည်။

အသုံးများသော velocity limits ကို အောက်တွင်ဇယားဖြင့်ဖော်ပြထားသည်။

Type of Duct	Comfort Systems		Industrial Systems		High Speed Systems	
	m/s	ftm	m/s		m/s	ftm
Main ducts	4 - 7	780 - 1380	8 - 12	1575 - 2360	10 - 18	1670 - 3540
Main branch ducts	3 - 5	590 - 985	5 - 8	985 - 1575	6 - 12	1180 - 2360
Branch ducts	1 - 3	200 - 590	3 - 5	590 - 985	5 - 8	985 - 1575

လေဝင်ပေါက်များ(outlets) နှင့် လေထွက်ပေါက်များ(inlets) တို့၌ လေအလျင်(velocities) အလွန်များပါက လက်မခံနိုင်သော ဆူညံသံများ(unacceptable noise) ဖြစ်စေနိုင်သည်။

တွက်နည်း ဥပမာ

လေစီးနှုန်း(air flow rate) 18,000 CMH ရှိသော လေးထောင့်ပုံသဏ္ဍာန်(rectuangula duct) 450mm x 1300mm ၏ ပွတ်တိုက်မှုကြောင့်ဖြစ်ပေါ်သော ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(frictioin losses - Pa/m) ကို ရှာပါ။

Air Flow Rate 18,000 CMH ကို Liter per Second ဖွဲ့ပါ။

Air Flow Rate 18,000 CMH = 5,000 L/s

$$\mathbf{D_e} = \frac{\mathbf{1.30\ (ab)^{0.625}}}{\mathbf{(a+b)^{0.250}}}$$

D_e = *circular equivalent of rectangular duct* (*mm*)
a = *Length of one side of the duct* (*mm*)
b = *Length of adjacent side of the duct* (*mm*)

Rectangular duct 450mm x 1300mm ၏ Circular Equivalent of Rectangular Duct for Equal length သည် 808mm ဖြစ်သည်။ 800 ကျော်ရုံမျှ သာဖြစ်သည်။

လေထုထည်(air quantitie) 5,000 L/s နှင့် 800mm Round Duct Diamenter ကို အသုံးပြု၍ ဂရပ်မှာ ဖတ်လျှင် ပွတ်တိုက်မှုကြောင့်ဖြစ်ပေါ်သော ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(frictioin losses - Pa/m) မှာ 1.1 Pa/m ခန့် ဖြစ်သည်။

Friction Loss Estimate

1.5 X System Length (ft./100) X Friction Rate (in.W.G./100 ft.).

၅.၆.၅ Calculation for Duct Static Pressure Loss by Formula

Calculation for Duct Static Pressure Loss တွင်သုံးထားသော ပုံသေနည်း (Formula)များကို ရှင်းပြထားသည်။

အဆင့်(၁) Ref: 2001 ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), Chapter 34, Equation No:11

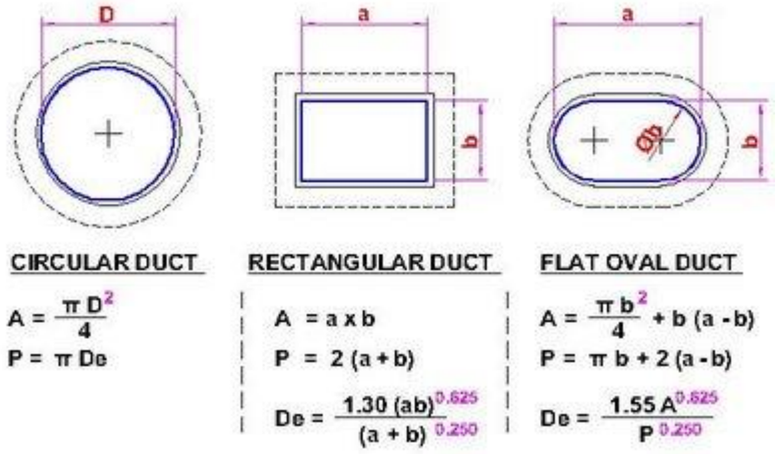
$$Velocity = \frac{0.001\,Q}{A} \qquad A = \frac{3.14\,x\,D_e^2}{4}$$

Where De = Circular Equivalent of Rectangular duct for equal length
Q = Air flow rate (L/sec)

ပထမဆုံး ပုံသေနည်းသည် 2001 ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), Chapter 34, Equation No:11 အရ လေစီးနှုန်း(air flow rate) နှင့် Round Duct Cross Section Area ကို ပေး၍ Velocity (V) ကို တွက်ယူသော ASHRAE ပုံသေနည်းဖြစ်သည်။ လေစီးနှုန်း(air flow rate) (l/s) ကို Liter per Second ဖြင့်ဖော်ပြသောကြောင့် 0.001 နှင့်မြှောက်ထားသည်ကို တွေ့ရမည်။

$$Air\ flow\ rate\ =\ Round\ Duct\ Cross\ Section\ Area\ x\ Velocity$$

A = (3.14 x D_e^2)/4 သည် round duct cross section area ကို round duct diameter မှ တွက်ယူခြင်း ဖြစ်သည်။ Rectangular duct ဖြစ်ပါက အောက်ပါ ပုံသေနည်း(formula)ကို အသုံးပြု၍ circular equivalent diameter ဖြစ်အောင်ပြောင်းထားခြင်းဖြစ်သည်။



အဆင့်(၂)

$$D_e = \frac{1.30\ (ab)^{0.625}}{(a+b)^{0.250}}$$

D_e = *circular equivalent of rectangular duct (mm)*
a = *Length of one side of the duct (mm)*
b = *Length of adjacent side of the duct (mm)*

Ref: 2001 ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), Chapter 34, Equation No:25

အဆင့်(၃)

အောက်ပါ အလျင်(velocity)မှ velocity Pressure ကို ပြောင်းသော ပုံသေနည်း(formula) ဖြစ်သည်။

Ref: 2001 ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), Chapter 34, Equation No:09

$$Pv = 0.602\ x\ V^2$$

Rv = Velocity Pressure ()

V = Fluid mean Velocity (m/s)

အဆင့်(၄) Hydraulic Diameter (mm)

Ref: 2001 ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), Chapter 34, Equation No: 24

$$D_h = \frac{2\ (ab)}{(a+b)}$$

အဆင့်(၅) For Absolute Roughness Factor

Ref: 2001 ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), Chapter 34, Table No: 01

မိမိ တွက်မည့် duct နှင့် သက်ဆိုင်သည့် absolute roughness factor ကို2001 ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), Chapter 34, Table No: 01 မှ ဖတ်ယူနိုင်သည်။

အဆင့်(၆) Reynolds number

$$Re = 66.4\ D_h\ V$$

Ref: 2001 ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), Chapter 34, Equation No:23

Re = Reynolds number

Dh = Hydraulic Diameter (mm)

V = Velocity (m/s)

အဆင့်(၇) Pressure Drop

Ref: 2001 ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), Chapter 34, Equation No:21

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\,log\left(\frac{\varepsilon}{3.7\,D_h} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right) \qquad f = \mathbf{0.11}\left(\frac{\boldsymbol{\varepsilon}}{\boldsymbol{D_e}} + \frac{\mathbf{68}}{\boldsymbol{Re}}\right)^{\mathbf{0.25}}$$

$$\varepsilon = material\ absolute\ roughness\ factor(mm)$$
$$Re = Reynolds\ number$$

အဆင့်(၈) $if\ f > 0.018$ **or** $f = \mathbf{0.018}$

Ref: 2001 ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), Chapter 34, Equation No:19

$$\Delta P_f = \frac{1000\,f\,L}{D_h} \cdot \frac{\rho\,V^2}{2}$$

ρ = 1.204 kg/m2 (for air)

Dh = Hydraulic Diameter, mm

V = Velocity (m/s)

If $f < 0.018$

$$\Delta P_f = \frac{1000\,(0.85f\ + 0.0028)}{D_h} \cdot \frac{\rho\,V^2}{2}$$

အဆင့်(၉)

For Ducting,

$$Total\ Pressure\ = Duct\ Pressure\ Loss\ per\ m\ x\ Length$$

For Fittings,

$$Total\ Pressure\ = Velocity\ Pressure\ x\ Loss\ Coefficients$$

နမူနာတွက်ပြထားသော Excel file ကိုအောက်ပါ internet address တွင် download လုပ်ယူနိုင်ပါသည်။
http://www.acmv.org/lecture/file/Duct_Static_Loss_calculation.xls

A. Ductwork Sizing Criteria Table (Ductwork Size Criteria)

System Type	Maximum Friction Rate in.W.G./100 ft.	Minimum Velocity ft./min.	Maximum Velocity ft./min.	Comments/Reasons
General Air Handling Systems				
Low Pressure Ducts	0.10 (0.15)	----	1,500–1,800	When CFM > 6,000 velocity governs;when CFM < 6,000 friction rate governs; applicable for supply, return, exhaust, and outside air systems
Medium Pressure Ducts	0.20 (0.25)	----	2,000–2,500	When CFM > 6,000 velocity governs; when CFM < 6,000 friction rate governs; applicable for supply systems only
High Pressure Ducts	0.40 (0.45)	----	2,500–3,500	When CFM > 5,000 velocity governs; when CFM < 5,000 friction rate governs; applicable for supply systems only

Transfer Air Ducts	0.03–0.05	----	1,000	When CFM > 3,200 velocity governs; when CFM < 3,200 friction rate governs
Outside Air Shafts	0.05–0.10	----	1,000	When CFM > 1,200 velocity governs; when CFM < 1,200 friction rate governs
Gravity Relief Air Shafts	0.03–0.05	----	1,000	When CFM > 3,200 velocity governs; when CFM < 3,200 friction rate governs
General Exhaust and Special Exhaust Systems				
General Exhaust Ducts	0.10 (0.15)	----	1,500–1,800	When CFM > 6,000 velocity governs; When CFM < 6,000 friction rate governs
Toilet Exhaust Ducts	0.10 (0.15)	----	1,500–1,800	When CFM > 6,000 velocity governs; When CFM < 6,000 friction rate governs
Kitchen Hood Exhaust Ducts	----	1,500	2,200	2003 IMC: 1,500 FPM min.; 2006 IMC: 500 FPM min.; NFPA 96-2004: 500 FPM min.
Dishwasher Exhaust Ducts	0.10 (0.15)	1,500	2,200	
Acid, Ammonia, and Solvent Mains	0.50 (0.60)	1,000	3,000	Mains and risers 1,500–3,000 FPM; Branches and lateral 1,000–2,000 FPM
Acid, Ammonia, and Solvent Stacks	----	3,000	4,000	
Silane Ducts	----	250	----	Velocity across the neck of the cylinder or cabinet window or access port
Louvers				
Intake	----	----	500	Maximum velocity through free area; assuming 50% free area—max. velocity 250 FPM through gross louver area
Exhaust or Relief	----	----	700	Maximum velocity through free area; assuming 50% free area—max. velocity 350 FPM through gross louver area

Notes:

(1) Maximum aspect ratio 4:1; unless space constraints dictate greater aspect ratios.

(2) Duct velocities should not exceed 1,500 FPM or noise will result.

၅.၇ Duct ဒီဇိုင်း ပြုလုပ်ခြင်း (Duct Design)

၅.၇.၁ Design လုပ်ရန်အတွက်လိုအပ်သော အချက်အလက်များ (information)

- အလုပ်အပ်သူ၏ လိုအပ်ချက်များ (client requirements)
- သယ်ဆောင်ရမည့် လေအခြေအနေ(supply air condition)
- နေရာအကျယ် လုံလောက်မှု(space availability)
- ကုန်ကျစရိတ် (installation cost)
- လေ နှင့် duct အတွင်း မျက်နှာပြင် ပွတ်တိုက်မှု (air friction loss)
- Duct system configuration အမျိုးအစား (type) သို့မဟုတ် duct layout
- အသံဆူညံမှု(noise level)
- လေနှင့် duct အကြား အပူစီးကူးခြင်း နှင့် လေယိုစိမ့်ခြင်း(duct heat transfer and airflow leakage)
- လေထုအခြေအနေ(ambient conditions)
- Duct ပြုလုပ်ရန် ပစ္စည်း(material)
- Duct insulation
- Duct system layout
- ဒေသဆိုင်ရာ နှင့် နိုင်ငံတကာ စံချိန်စံညွှန်း လိုအပ်ချက်(codes and standards requirements)

Key design inputs	Design outputs
• Design volume flow rate (m^3/s)	• Schematic of ductwork layout & associated plant
• Limiting duct pressure loss (Pa/m)	• Schedule of duct sizes and lengths, and fittings
• Limiting flow velocity (m/s)	

Duct များကို ဒီဇိုင်း ပြုလုပ်ရာတွင် အောက်ပါ ယေဘူယျ စည်းကမ်းများကို လိုက်နာရန် လိုအပ်သည်။

(၁) လေများကို ရောက်လိုသည့်နေရာသို့ တိုက်ရိုက်(အခြားအခန်းများသို့ကွေ့ပတ်သွားခြင်းမရှိပဲ)ရောက်အောင် ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် နေရာ၊ လျှပ်စစ်စွမ်းအား နှင့် ပစ္စည်း(duct material)များ သက်သာစေနိုင်သည်။

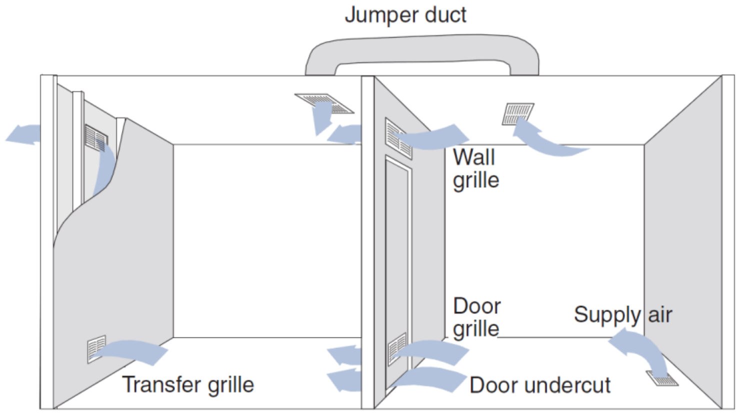
(၂) တတ်နိုင်သမျှ duct များကို တဖြောင့်တည်းဖြစ်အောင် ပြုလုပ်သင့်သည်။ ရုတ်တရက် ကွေ့ခြင်း(sudden changes in directions)မျိုး မဖြစ်အောင် ရှောင်ကြဉ်သင့်သည်။ နေရာအခက်အခဲကြောင့် မလွဲမရှောင်သာ တပ်ဆင်ရပါက ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure loss)နည်းအောင် turning vane များကို အသုံးပြုသင့်သည်။

(၃) Duct များကျဉ်းရာမှ တဖြည်းဖြည်းကျယ်သွားအောင်သာ ဒီဇိုင်းပြုလုပ်သင့်သည်။ Angle of divergence သည် 20° ထက်မပိုစေရ။

(၄) Aspect ratio သည် (၁) မှ (၄)အတွင်းသာ ဖြစ်ရမည်။ ဖြစ်နိုင်လျှင် Aspect ratio (၁)ဖြစ်သည့် duct များကို ရွေးချယ်သင့်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် စတုရန်းပုံသဏ္ဍာန် duct များ နှင့် အဝိုင်းပုံသဏ္ဍာန် duct များ ကို အသုံးပြုသင့်သည်။ Aspect ratio (၄)ထက်ကျော်သည့် duct များကို လုံးဝအသုံးမပြုသင့်ပါ။

(၅) Duct များတုန်ခါခြင်း(vibration)နှင့် ဆူညံသံ(noise)နည်းစေရန် သတ်မှတ်ထားသော လေအလျင်(air velocity) တန်ဖိုးများအတိုင်း duct အရွယ်အစား ရွေးချယ်ခြင်း(sizing) ပြုလုပ်သင့်သည်။

(၆) ပွတ်တိုက်မှု(frictional loss)နည်းရန်အတွက် မျက်နှာပြင်ချောမွတ်သည့် ပစ္စည်းများ(duct material)များကို ဦးစားပေး အသုံးပြုသင့်သည်။



ပုံ ၅-၃၁ Transfer duct နှင့် အခန်းနံရံများကို လေများသယ်ဆောင်ရန်အသုံးပြုထားပုံ

Duct ဒီဇိုင်းတစ်ခု ၏အဓိက အချက်များမှာ

(က) Dimensional Stability ဖြစ်ရန်

Duct ၏ ပုံသဏ္ဌာန်(shape) ၊ ခံနိုင်အား(strength) နှင့် ပုံပျက်ယွင်းခြင်း(deformation) စသည်တို့သည် dimensional stability နှင့် သက်ဆိုင်သော အချက်များ ဖြစ်သည်။

(ခ) လေယိုစိမ့်မှုများကိုထိန်းချုပ်ခြင်း (Leakage Control)

Positive pressure duct တွင် လေယိုစိမ့်ခြင်း(leakage)ကြောင့် လေဆုံးရှုံးခြင်း(air loss) ဖြစ်နိုင်သည်။ လေမလုံလောက်သည့် ပြဿနာ ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ Negative presure duct တွင် လေယိုစိမ့်ခြင်း (leakage)ကြောင့် ပြင်ပမှမလိုလားအပ်သည့် အမှိုက်များ၊ ဖုန်များ၊ အမှုန်များ၊ ဗက်တီးရီးယား ပိုးမွှားများ ဝင်ရောက်လာခြင်း စသည့်တို့သည် leakage control နှင့် သက်ဆိုင်သော အချက်များ ဖြစ်သည်။

(ဂ) အသံဆူညံခြင်း(Noise)

Duct များမှ ဆူညံသံများစတင်ဖြစ်ပေါ်လာခြင်း(noise generation)၊ ဆူညံသံများ ပျံ့နှံ့ခြင်း(noise transmission) စသည်တို့သည် ဆူညံသံ(noise) နှင့်သက်ဆိုင်သောအချက်များ ဖြစ်သည်။

(ဃ) တပ်ဆင်အသုံးပြုမည့်နေရာ(Exposure)

ရာသီဥတုပြောင်းလဲခြင်း(weather)၊ အပူချိန် အလွန်နိမ့်ခြင်း မြင့်ခြင်း၊ ပင်လယ်နားနီးခြင်းကြောင့် duct များသံချေးတက်လွယ်ခြင်း (corrosive atmosphere ဖြစ်ပေါ်ခြင်း)၊ ဇီဝပိုးမွှားများ အန္တရာယ် (biological contamination)၊ မြေအောက် (underground သို့မဟုတ် basement) ၌ တပ်ဆင်ခြင်း၊ အဆောက်အဦးပြင်ပ(outdoor)၌ တပ်ဆင်ခြင်း စသည်တို့သည် exposure နှင့် သက်ဆိုင်သောအချက်များ ဖြစ်သည်။

(င) Duct Support

Duct support အကွာအဝေးများ ၊ အမျိုးအစားများ ၊ alignment များ ၊ တပ်ဆင်သည့်နေရာ (position) စသည်တို့သည် duct support နှင့် သက်ဆိုင်သောအချက်များ ဖြစ်သည်။

(စ) Thermal Conductivity

Duct ၏ နံရံများကို ဖြတ်၍ ပြင်ပမှအပူသည် duct အတွင်းရှိ လေသို့ အပူကူးပြောင်းမှု(heat transfer)ကြောင့် အပူတိုးလာခြင်း(heat gain) သို့မဟုတ် အပူဆုံးရှုံး(heat loss)ခြင်း ၊ duct များတွင် ရေသီးခြင်း(condensation) စသည်တို့သည် အပူလျောက်ကူးခြင်း(thermal conductivity) နှင့် သက်ဆိုင်သောအချက်များ ဖြစ်သည်။

Duct များကို ပြုလုပ်ရန်အတွက် အလွန်အဆင်မြင့်သော နည်းပညာ မလိုအပ်ပါ။ သို့သော် စီးပွားရေးအရ တွက်ခြေကိုက်မှု ဖြစ်ရန်အတွက် အတွေ့အကြုံ(expericence)၊ နည်းပညာပိုင်းဆိုင်ရာ ဗဟုသုတ

(technical knowledge) နှင့် အလေ့အကျင့်ကောင်းများ(good practices) ရှိရန် လိုအပ်သည်။

Duct များကို အလုပ်ရုံ(workshop)တွင် ပြုလုပ်(fabricate)နိုင်သလို တပ်ဆင်မည့်နေရာ(site)၌လည်း ပြုလုပ်နိုင်သည်။ Drawing များတွင် ဖော်ပြထားသည့် duct အရွယ်အစား အတိုင်းအတာ(dimension)များ အားလုံးသည် internal dimension ကိုသာ ဖော်ပြထားခြင်း ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် တပ်ဆင်ရမည့် duct အရွယ်အစား(size) သည် ပုံ(drawing)ပေါ်ရှိ အတိုင်းအတာ(dimemsion)ထက် ကြီးလေ့ရှိသည်ကို သတိပြုရန် လိုသည်။

၅.၇.၂ Duct Design Criteria

(၁) Life-cycle cost(LCC) ကို အခြေခံ၍ duct အရွယ်အစား(size)ရွေးချယ်ရန်။ ရရှိနိုင်သည့် နေရာတွင် သင့်လျော်သည့် duct အရွယ်အစား(size)ရွေးချယ်ရန်။

(၂) Damper များကို အသုံးပြု၍ လေဖြန့်ဖြူးမှု ညီညာအောင်ပြုလုပ်မည့်အစား duct လမ်းကြောင်း(duct) နှင့် duct အရွယ်အစား(size)ကို configuration အမျိုးမျိုးဖြင့် ဖိအားညီအောင်ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် ထိရောက်သော လေဖြန့်ဖြူးမှု ညီညာခြင်းရရှိနိုင်သည်။

အသံဆူညံမှု(sound level)ကို ဆန်းစစ်ရန်လိုသည်။ VAV box အဝင်တွင် ဖိအား(pressure) လိုအပ်သည်ထက် ပိုများသည့် ဖိအား(excess pressure)သက်ရောက်နေခြင်းမှ ရှောင်ကြဉ်ရန်လိုသည်။ လိုအပ်ပါက Sound attenuation ထည့်ပေးရန်လိုသည်။

(၃) အရေးကြီးသည့်လမ်ကြောင်း(critical path) သို့မဟုတ် duct အရွယ်အစားရွေးချယ်ရန်အတွက် သတ်မှတ် ထားသော လမ်ကြောင်း(critical path) ရှိ duct fitting များ နှင့် equipment များ၏ ဖိအားကျဆင်းမှု (local loss coefficients)ကို အနည်းဆုံးဖြစ်အောင် ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ရမည်။ ထိုသို့ ဖိအားကျဆင်းမှု နည်းအောင် ပြုလုပ်ခြင်းကြောင့် အခြားသောနေရာများအတွက် အပိုဖိအား(surplus pressure) ရရှိ နိုင်သည်။

(၄) Supply air ၏ လေစီးနှုန်း(volume flow rate)ကို duct heat gain အပေါ်တွင် အခြေခံ၍ သတ်မှတ်သင့်သည်။ VAV system များအတွက် လေစီးနှုန်း(volume flow rate) အတွက် diversity factors ဖြင့် သတ်မှတ်သင့်သည်။ Fan ဖိအား(discharge pressure) နှင့် critical path ၏ ဖိအားကျဆင်းမှု ကိုက်ညီရန် အရေးကြီးသည်။

၅.၇.၃ Design Procedure

Air duct system တစ်ခုကို စတင် ဒီဇိုင်းမပြုလုပ်ခင်

- သယ်ဆောင်ရမည့် လေပမာဏ(supply volume flow rate)ကို တွက်ရန်လိုအပ်သည်။
- လေများညီညီညာညာ ပျံ့နှံ့စေရန်(space air diffusion) အတွက် လေထွက်ပေါက်များ(supply outlets) နှင့် လေစုပ်ပေါက်များ(return inlets)ကို စနစ်တကျနေရာချရန် လိုအပ်သည်။
- နွေရာသီ အတွက် cold air စီးနှုန်း (volume flow rate)သည် ဆောင်းရာသီအတွက် warm air စီးနှုန်း (volume flow rate)ထက် ပိုများလေ့ရှိသည်။

ရှုပ်ထွေးခက်ခဲသည့် air duct system ၏ duct design များ နှင့် အရွယ်အစား(sizing)ရွေးချယ်ခြင်းကို software များဖြင့်ပြုလုပ် နိုင်သည်။ Computer-aided duct design များကြောင့် တိကျသည့် တွက်ချက်မှု(precise calculation) များနှင့် အကောင်းဆုံး အရွယ်အစား(optimum sizing) ရွေးချယ်မှုများ ရရှိနိုင်သည်။ ရိုးရှင်း သေးငယ်သည့် air duct system များ၏ duct design များ နှင့် အရွယ်အစားများကို စာရွက်ပေါ်တွင် တွက်ယူခြင်း ပို၍လျှင်မြန်လွယ်ကူသည်။

Design Procedure

(၁) Verify local codes & material availability

(၂) Preliminary duct layout

(၃) Divide into consecutive duct sections
(၄) Minimise local loss coefficients of duct fittings
(၅) Select duct sizing methods
(၆) Critical total pressure loss of tentative critical path
(၇) Size branch ducts & balance total pressure at junctions
(၈) Adjust supply flow rates according to duct heat gain
(၉) Resize duct sections, recalculate & balance parallel paths
(၁၀) Check sound level & add necessary attenuation

အောက်တွင် အထက်ပါ design procedure အချက် (၁၀)ချက်ကို အသေးစိတ် ရှင်းပြထားသည်။

(၁) ဒီဇိုင်းစတင်မပြုလုပ်မီ၊ အလုပ်အပ်သူ၏လိုအပ်ချက်များ(client requirement)၊ တင်ဒါ လိုအပ်ချက်များ (tender specification)၊ ဒေသဆိုင်ရာစံချိန်စံညွှန်း(local codes) နှင့် ရရှိနိုင်သည့် ပစ္စည်း(material availability) တို့ကို လေ့လာပါ။

(၂) ပထမဦးစွာ duct layout အကြမ်း(preliminary) ကို ရေးဆွဲပါ။ လေထွက်ပေါက်များ(supply outlets) နှင့် လေစုပ်ပေါက်များ(return inlets)ကို fan နှင့် main ducts ၊ branch takeoffs မှ တဆင့် ဆက်ပါ။ air duct ၏ ပုံသဏ္ဍာန်(duct)ကို ရွေးချယ်ပါ။ ရရှိသည့် နေရာအကျယ်(space available)ကို သတ်မှတ်ပါ။

(၃) Duct layout ကို အပိုင်း(duct sections) များဖြစ်အောင်ခွဲထုတ်ပါ။ အခွဲများ(nodes or junctions) ဖြစ်ပေါ်လာလိမ့်မည်။ Duct segment များစွာ ထွက်ပေါ်လာလိမ့်မည်။ ဖိအားကျဆင်းမှု() အများဆုံးသောလမ်းကြောင်းကို critical path ဟုခေါ်သည်။ တစ်ခါတစ်ရံ ဒီဇိုင်းပြုလုပ်နေစဉ် critical path သည် ပြောင်းလဲနေတတ်သည်။

(၄) Critical path တစ်လျှောက်ရှိ duct fitting များ၏ local loss coefficient ကို တတ်နိုင်သမျှ နည်းအောင်ပြုလုပ်ပါ။

(၅) Air duct system ၏ characteristics များကို အခြေခံ၍ duct အရွယ်အစားရွေးချယ်နည်းများ(sizing methods) ကို ရွေးချယ်ပါ။ duct system ၏ space available ၊ noise ၊ energy use နှင့် initial cost တို့ကို အခြေခံ၍ maximum design air velocity ကို သတ်မှတ်ပါ။ critical path တစ်လျှောက်ရှိ duct section များအားလုံး၏ duct အရွယ်အစားတွက်ပါ။

(၆) Critical path ၏ ဖိအားကျဆင်းမှု(total pressure loss)ကို တွက်ပါ။ Air duct system တစ်ခုလုံး၏ ဖိအားကျဆင်းမှု(total pressure loss)ကို တွက်ပါ။

(၇) Branch duct များ၏ အရွယ်အစားကို တွက်ပါ။ Junction များ ၊ duct fitting များ ၊ component များ ၏ အရွယ်အစား များကို လိုသလို ပြောင်းလဲ၍ total pressure loss ကို နည်းနိုင်သမျှနည်းအောင် ပြန်တွက်ပါ။

(၈) The supply volume flow rates ကို supply outlet တစ်ခုစီ၏ duct heat gain များအတွင်း ပြန်ညှိ (adjusted)ပါ။

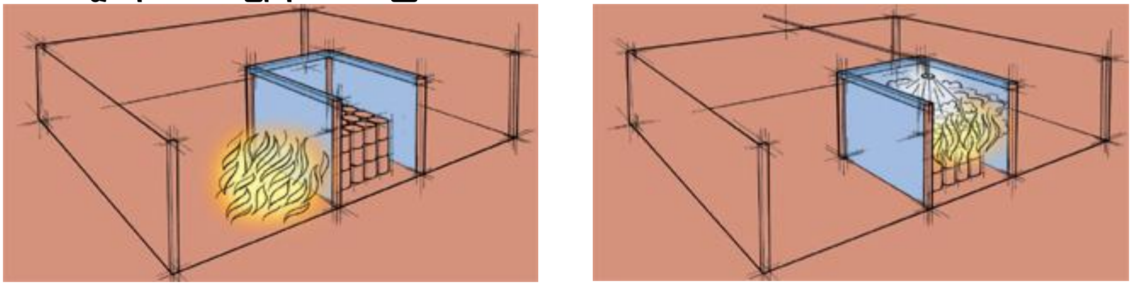
(၉) လိုအပ်လျှင် duct section များ၏ အရွယ်အစားကို ပြန်တွက်(resizes)ပါ။ total pressure loss ကို ပြန်တွက်ပါ။

(၁၀) Duct section(paths)များ အားလုံး၏ လေသံ(airborne sound level) နှင့် ဆူညံသံ(noise)များကို တွက်ပါ။ လိုအပ်လျှင် sound attenuator များ တပ်ဆင်ပါ။

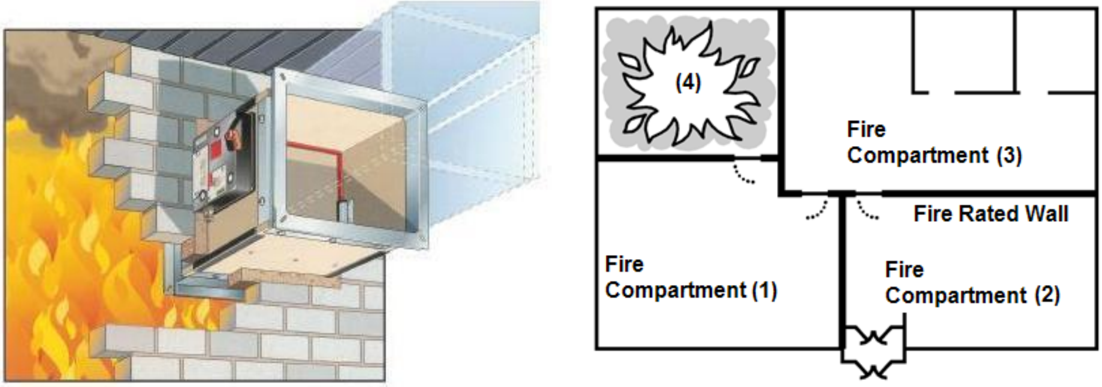
၅.၈ Fire Damper

၅.၈.၁ Fire Compartment

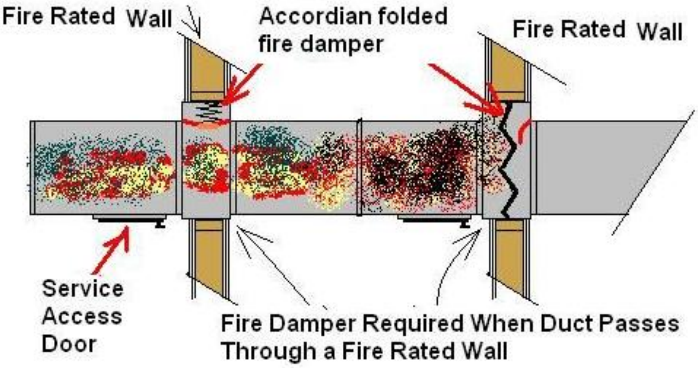
Fire compartment ဆိုသည်မှ မီးကူးအောင် ကန့်သတ် ပိုင်းခြားထားသည့် ဇုံ(zone)ကိုဆိုလိုသည်။ Fire compartment တစ်ခုအတွင်းမီးစတင်လောင်ကျွမ်းပါက တစ်ခြားသို့ Fire compartment များသို့ မီးကူးစက် မလောင်ကျွမ်းနိုင် အောင်ပြုလုပ်ထားသည်။



ပုံ ၅-၃၂ Fire compartment (မီးမကူးအောင်ကန့်သတ် ပိုင်းခြားထားသည့် ဇုံ)



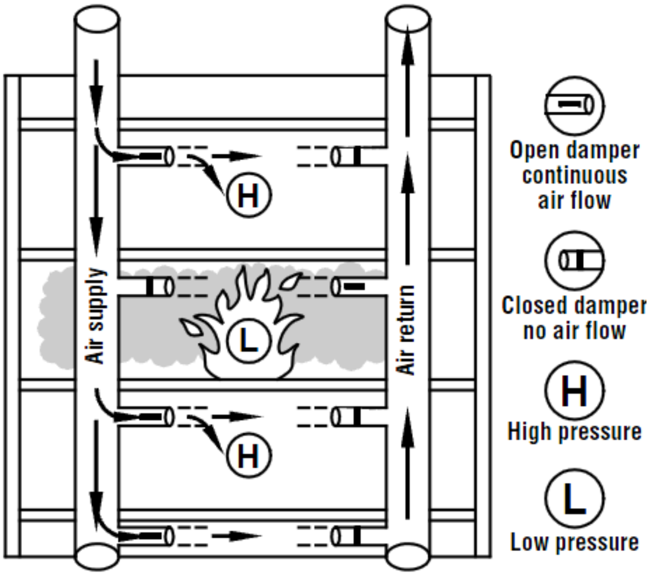
ပုံ ၅-၃၃ Fire rated partitions contain fire damage to the compartment of fire origin.



ပုံ ၅-၃၄ မီးတောက်များ duct တစ်လျှောက် စီးကူးမသွားနိုင်အောင် fire damper က ဟန့်တားထားပုံ

Duct အတွင်း၌ မီးတောက်များ ဖြတ်သန်း မသွားနိုင်အောင် fire damperများ တပ်ဆင်ထားသည်။ Duct အတွင်း မီးတောက်များ ဖြတ်သန်းသွားပါက fire damper အတွင်းရှိ ခဲဖြင့်ပြုလုပ်ထားသည် fusible link သည် မီး၏ အပူရှိန်ကြောင့် အရည်ပျော်သွားကာ blade များကျလာပြီ fire damper ကို ပိတ်သွားစေပြီးမီးများကို တစ်ခြားအခန်းသို့ မရောက်အောင် တားဆီးပေးသည်။

အလျားလိုက် တပ်ဆင်ထားသော (horizontal) duct နှင့် ဒေါင်လိုက် တပ်ဆင်ထားသော (vertical) duct ဟူ၍ နှစ်မျိုး ရှိသောကြောင့် horizontal fire damper (floor mounted) နှင့် vertical fire damper (duct or wall mounted) ဟူ၍ လည်း နှစ်မျိုး ကွဲပြားသည်။



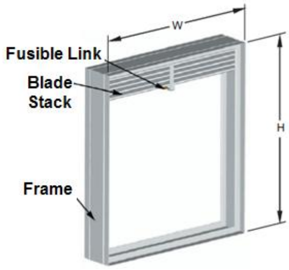
အလျားလိုက် တပ်ဆင်ထားသော (horizontal) duct တွင် vertically fire damper ကို သာတပ်ဆင်၍ ရသည်။ Fire damper များ၏ မီးဒဏ် ခံနိုင်ခြင်း အဆင့် (fire resisting rating) သည် ventilation duct ဖြတ်သွားသည့် အခန်း၏ နံရံများ (wall)နှင့် ကြမ်းခင်းများ (compartment floor) ၏ မီးဒဏ် ခံနိုင်ခြင်းအဆင့် (fire resisting rating) ထက် မနိမ့်စေရ။

ပုံ ၅-၃၅ Fire damperများက မီးမပြန့်ပွားအောင် တားဆီးပေးပုံ

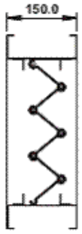
Code of Practice for Fire Precautions in Buildings တွင် ပါရှိသော စည်းမျဉ်းများနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

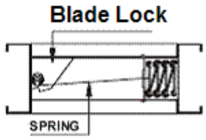
Wall Mounted Fire Damper and Floor Mounted Fire Damper

Floor mounted fire damper များကို အလျားလိုက် ကြမ်းပြင်ပေါ်တွင် တပ်ဆင်ထားသောကြောင့် blade များသည် ကမ္ဘာမြေဆွဲအားကြောင့် ကျဆင်းလာ မဖြစ်နိုင်။ ထို့ကြောင့် bland များကို တွန်းပေးရန်အတွက် စပရိန်(spring) တပ်ဆင်ထားရန် လိုအပ်သည်။



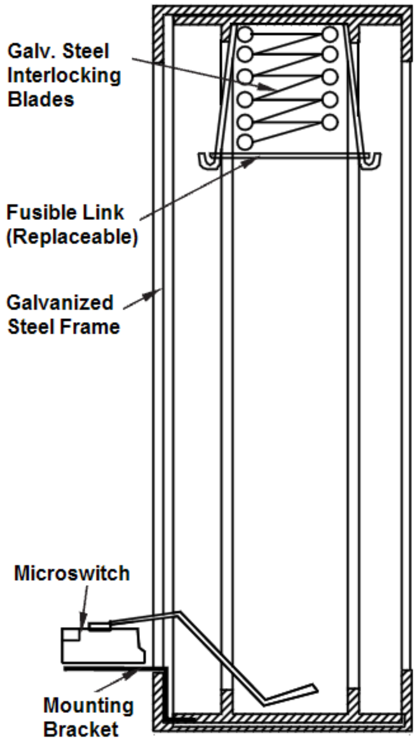
ပုံ ၅-၃၆ Horizontal fire damper Multiple Blade ၊ Wall mount or In line Duct Curtain Type





ပုံ ၅-၃၇ V and H Floor mounted fire damper Fusible Links

၅.၈.၂ Fire Damper တည်ဆောက်ထားပုံ



ပုံ ၅-၃၈

Fire damper များကို သတ္တုဖြင့် ပြုလုပ်ထားသည့်ဘောင် (galvanized steel frame)၊ blade များ နှင့် ခဲဖြင့် ပြုလုပ်ထားသည့် fusible link တို့ပါဝင်သည်။ Fusible link သည် ခဲသတ္တုဖြင့် ပြုလုပ်ထားသောကြောင့် အပူချိန်(165°F) တွင် အရည်ပျော်သွားပြီး blader များကျလာကာ damper တစ်ခုလုံး သွားသည်။

Static dampers နှင့် dynamic damper ဟူ၍ နှစ်မျိုးရှိသည်။

Fire Rating

Fire rating ဆိုသည်မှာ မီးဒဏ်ခံနိုင်အားကို ဆိုလိုသည်။ နာရီဖြင့်ဖော်ပြသည်။ Fire rating 1 hr ဆိုသည်မှာ တစ်နာရီကြာ မီးဒဏ်ခံနိုင်သည် ဟုဆိုလိုသည်။

Access Door: Fire damper များကို စစ်ဆေးရန်၊ အလုပ်လုပ်မလုပ် စမ်းသပ်ရန် အတွက် ထားရှိရမည့်အပေါက်

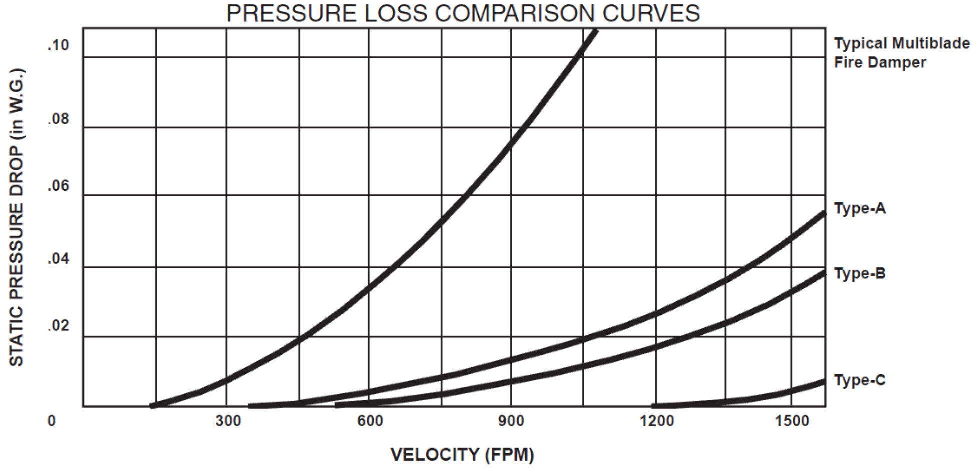
Fire Damper Installation

Fire damper များကို fire-rated walls ၊ fire-rated floors နှင့် fire-rated partitions များတွင် တပ်ဆင်ကြသည်။

Standard Fire Damper သို့မဟုတ် Static Fire Damper

Standard fire damper သို့မဟုတ် static fire damper များကို Fire Mode တွင် လေစီးဆင်းခြင်းမရှိသည့် duct များတွင်သာ တပ်ဆင်ထားနိုင်သည်။

၅.၈.၃ Fire damper များကြောင့် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop)ဖြစ်ပေါ်ခြင်း



ပုံ ၅-၃၉ Fire damper များကြောင့် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop)ဖြစ်ပေါ်ခြင်း

Dynamic Fire Damper

Dynamic fire damper များကို Fire Mode တွင် လေဆက်လက်စီးဆင်းနေသည့် duct များတွင် တပ်ဆင်ထားနိုင်သည်။ Dynamic fire damper များသည် တိုက်နေသည့်လေ(moving air) ကို ခုခံထားရန် လိုသည်။ ထိုကြောင့် static fire damper များထက် ပို၍ ခိုင်ခံ့ရန်လိုအပ်သည်။

(၁) Type-A fire damper
Type-A fire damper များကို လွယ်ကူစွာ တပ်ဆင်နိုင်သည်။ ဖိအားနည်းသည့် (low-pressure part of duct systems (up to 2" w.c.)) များတွင် တပ်ဆင်နိုင်သည်။

(၂) Type-B fire damper
Type-B fire damper များသည် Type-A fire damper များထက် (free area) ပိုများသောကြောင့် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop)နည်းသည်။

(၃) Type-C fire damper (100% free area)
100% free area အလိုရှိသည့်အခါတွင် Type-C fire damper များကိုအသုံးပြုကြသည်။
Medium-to-high air velocities (3,000 fpm) သို့မဟုတ် duct static pressure 3" W.C ထက်ပိုများသည့် အခါတွင် Type-C fire damper များကိုအသုံးပြုကြသည်။

၅.၉ Control Dampers

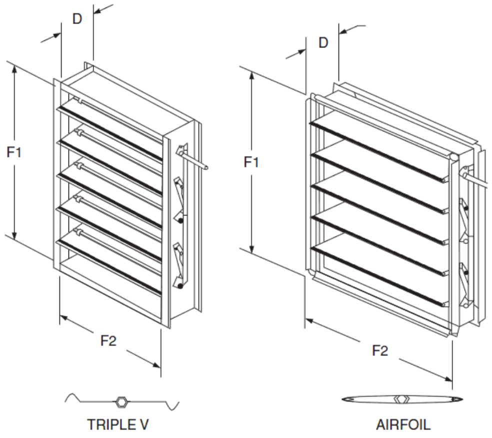
လေထုထည်(air volume) နှင့် လေစီးနှုန်း(air flow) တို့ကို လိုသလို ထိန်းယူရန်အတွက် Volume Control Damper (VCD)များကို အသုံးပြုသည်။ Volume damper ဟုလည်းခေါ်လေ့ရှိသည်။ Volume Control Damper (VCD)များကို နှစ်မျိုး ခွဲခြားထားသည်။ Manual or balancing dampers နှင့် motor operated dampers တို့ဖြစ်သည်။

Damper Characteristics

(၁) **Opposed blade များကို** Balancing လုပ်ခြင်း၊ mixing လုပ်ခြင်း၊ modulating လုပ်ခြင်း နှင့် 2-position control applications များတို့တွင် အသုံးပြုသည်။
(၂) **Parallel blade:** Two-position applications (open/closed).
(၃) ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure loss)သည် လုံဝပွင်းနေသည့်အချိန် (full open@2000 FPM)အချိန် တွင် 0.15" W.G ထက်ပိုမများရ
(၄) Damper များ၏ အရွယ်အစား(size)ကို ရွေးချယ်သည့်အခါ လေစီးနှုန်း(flow rate) သည် 1,200–1,500 CFM/sq.ft ထက် ပိုမများရ။

Damper များကို လေလမ်းကြောင်းပြောင်းသွားစေရန် နှင့် လေစီးနှုန်း(air flow)ပမာဏ အနည်း၊ အများကို လိုသလိုထိန်းယူ(control)နိုင်ရန်အတွက် အသုံးပြုကြခြင်းဖြစ်သည်။ Damper များကို အဝိုင်း(round) ၊ လေးထောင့်(rectangular) နှင့် ဘဲဥပုံ(oval) စသဖြင့် duct ၏ ပုံစံကိုလိုက်၍ ပုံသဏ္ဍာန်အမျိုးမျိုး ပြုလုပ်ကြသည်။ အဝိုင်းပုံသဏ္ဍာန်(round) damper နှင့် ဘဲဥပုံသဏ္ဍာန်(oval) damper များကို အပြားတစ်ခုတည်း(single blade) ဖြင့် ပြုလုပ်ကြသည်။ လေးထောင့်(rectangular) damper များကို blade ပြားငယ်များဖြင့် ပြုလုပ်ကြသည်။ Blade များသည် (၆)လက်မ သို့မဟုတ် (၈)လက်မခန့် အပြားများဖြစ်ကြပြီး တစ်ခုနှင့် တစ်ခုကို မောင်းတံ(linkage)ဖြင့် အတွဲလိုက်ဖြစ်အောင် ချိတ်ဆက်ထားသည်။

HVAC လုပ်ငန်းအတွက် damper များကို များသောအားဖြင့် galvanized steel သို့မဟုတ် extruded aluminium စသည့် သတ္တုများဖြင့် ပြုလုပ်ကြသည်။ ပြင်ပလေဝင်ပေါက်(outdoor air intake)၌ တပ်ဆင်ထားမည့် damper များကို အလျူမီနီယံ(aluminium)ဖြင့် ပြုလုပ်ကြသည်။ အလျူမီနီယံ (aluminium)သတ္တုသည် သံချေး တက်ခြင်းကို ကာကွယ်နိုင်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ သံချေးတက်ခြင်း ဖြစ်နိုင်သည့် နေရာများနှင့် စက်မှုလုပ်ငန်းများ (industrial facilities) အတွက် စတီး(stainless steel)ကိုလည်း အသုံးပြုလေ့ရှိသည်။



Airfoil dampers

ပုံ ၅-၄၁ Figure 3-28 Triple V and Airfoil dampers

ဘောင်(frame) နှင့် blade များသည် တွန့်ခြင်း၊ လိမ်ခြင်း မဖြစ်စေရန် ကြံ့ခိုင်ခံ့အောင်ပြုလုပ်ထားရန် လိုသည်။ Damper ဝင်ရိုး(shaft)တွင်တပ်ဆင်ထားသည့် ဘယ်ရင်(bearing)များသည် အမြဲတမ်း ချောဆီရှိနေမည့် အမျိုးအစားမျိုး ဖြစ်ရန်လိုသည်။ ပွတ်တိုက်မှု(friction)ကို လျော့နည်းစေသည့် အမျိုးအစားဖြစ်စေသင့်သည်။

ရေများကို လိုသလို ထိန်းယူ(control)နိုင်ရန် အတွက် ဘား(valve)များကို အသုံးပြုသည်။ လေများကို လိုသလို ထိန်းယူ(control)နိုင်ရန် အတွက် damper များကို အသုံးပြုသည်။ Valve နှင့် damper နှစ်ခုလုံး အတွက် ဒီဇိုင်းလုပ်ပုံ နှင့် ရွေးချယ်ပုံ ရွေးချယ်နည်း(selection principle)တို့မှာ တူညီကြသည်။ Damper များကိုလည်း valve များကဲ့သို့ပင် တည်ငြိမ်ပြီး(stable) လိုချင်သည့် accurate control ရရန်အတွက် ဂရုတစိုက် ရွေးချယ်သင့်သည်။

Damper blade များကိုလည်း ပုံစံ အမျိုးမျိုးပြုလုပ်ကြသည်။

(၁) Flat, one-piece(single metal sheet) blade

(၂) Single skin blade with a triple-v-groove shape နှင့်

(၃) Double- skin air foil-shaped blade တို့ဖြစ်သည်။

ပုံ(၃-၂၈) Triple V နှင့် airfoil blade နှစ်မျိုးတို့ ပြင်ပမှမောင်းတံ(external linkage)ဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားပုံကို ဖော်ပြထားသည်။ Damper ဧရိယာသည် F1 (အမြင့်) နှင့် F2 (အလျား) တို့ မြှောက်လဒ်ဖြစ်သည်။ ဘောင်အထူ သို့မဟုတ် ဘောင်အနက် (frame depth) သည် D ဖြစ်သည်။ Blade width နှင့် frame depth တို့တူညီရမည်။ အပြားပုံသဏ္ဍာန်(flat) blade များကို အဝိုင်းပုံသဏ္ဍာန်(round) duct နှင့် ဘဲဥပုံသဏ္ဍာန်(oval) duct များတွင် တပ်ဆင်ရန်အတွက် ပြုလုပ်ထားသော blade တစ်ခုတည်းသာ ပါသော(single blade) damper များတွင် အသုံးပြုသည်။ ဤ damper blade ပုံစံ နှစ်မျိုးကို လေးထောင့်ပုံသဏ္ဍာန် (rectangular) damper များတွင် အသုံးပြုသည်။

Air foil ပုံသဏ္ဍာန် damper သည် ဈေးအကြီးဆုံးဖြစ်သည်။ Air foil ပုံစံပြုလုပ်ထားသောကြောင့် လေများ blade ကို ဖြတ်သွားသည့်အခါ၌ ဖြစ်ပေါ်လာသည့် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop) နှင့် ဆူညံသံကို လျော့နည်းစေသည်။

Triple V groove blade ကို လေအလျင်(velocity) 2000 FPM အထိ အသုံးပြုနိုင်သည်။ သို့သော် 1500 FPM ထက်များပါက ဆူညံသံများ စတင်ဖြစ်ပေါ် လာလေ့ရှိသည်။ Blade များကို ထပ်နေအောင်(overlap) နှင့် interlock ဖြစ်နေအောင် ပြုလုပ်ထားသောကြောင့် တင်းကြပ်စွာ ပိတ်(tight closure)ထားနိုင်သည်။

Blade ၏ အစွန်း(edge) များ၌ compressible sealing strip ကို ကပ်ထားသောကြောင့် လေယိုစိမ့်ခြင်း (leakage)ကို လျော့နည်းစေသည်။ ထို sealing strip များကို ဈေးပေါသည့် rubber foam ဖြင့်လည်း ပြုလုပ်နိုင် သကဲ့သို့ ဈေးကြီးသည့် silicon rubber သို့မဟုတ် extruded vinyl ဖြင့်လည်း ပြုလုပ်ကြသည်။ Silicon rubber များသည် ကြာကြာခံသည်။

Seal များတပ်ဆင်ထားခြင်းကြောင့် damper များ၏ လုံးဝပွင့်နေသည့် အခြေအနေ(fully open) နှင့် လုံးဝပိတ်နေသည့်အခြေအနေ(fully closed) တို့တွင်ရှိသော စွမ်းဆောင်ရည်(performance)များ ကွာခြားကြသည်။ ဘောင်(frame)၏ တစ်ဖက်တစ်ချက်တွင် blade များနှင့် တစ်တန်းတည်းရှိနေသည့် နေရာတွင်လည်း seal ထည့်ထားခြင်းကြောင့် လေယိုစိမ့်ခြင်း (leakage) လျော့နည်းစေသည်။ Damper တစ်ခု၏ ပုံမှန် လေယိုစိမ့်ခြင်း(standard leakage)သည် 50 CFM per square foot at 1 inch pressure ဖြစ်သည်။

တစ်လက်မဖိအား(249 Pa)အောက်တွင် damper ဧရိယာ တစ်စတုရန်းပေ ရှိလျှင် 50 CFM နှုန်း လေယိုစိမ့်သည်။ Air foil blade များကို သုံးထားသည့် low leakage damper အမျိုးအစားသည် လေးလက်မ ဖိအား(996 Pascal) အောက်တွင် damper ဧရိယာ တစ်စတုရန်းပေ ရှိလျှင် 10CFM နှုန်းသာ လေယိုစိမ့်သည်။

HVAC System များတွင် အသုံးပြုထားသည့် shut off damper များသည် လေယိုစိမ့်မှုနည်းသည့်(low leakage) damper အမျိုးအစားဖြစ်သည်။ တစ်လက်မဖိအား(249 Pascal)အောက်တွင် damper ဧရိယာ တစ်စတုရန်းပေရှိလျှင် 2 CFM နှုန်း လေယိုစိမ့်သည်။ (2 CFM per square foot at 1 inch wg)။ လေယိုစိမ့်ခြင်း (leakage)ကြောင့် တန်းဖိုးများ(reading)မှားဖတ်ခြင်း ဖြစ်ပေါ်က controlled variable များကို control လုပ်နိုင်စွမ်း ကျဆင်းလာသည်။

လေယိုစိမ့်ခြင်း(leakage)ကြောင့် စွမ်းအင်ဖြုန်းတီးမှုဖြစ်ပေါ်သည်။ ငွေကုန်ကျစရိတ်များသည်။ Damper တစ်ခု၏ အနည်းဆုံးလက်ခံနိုင်သည့်နှုန်း(minimum leakage)များကို ANSI/ ASHRAE/ IESNA Standard 90.1-2004 တွင် ဖော်ပြထားသည်။)

Ultra-low leak damper နှုန်းမှာ $4\ CFM/ft^2$ ဖြစ်သည်။ Low leak damper နှုန်းမှာ $10\ CFM/ft^2$ ဖြစ်သည်။ Cooling load အလွန်များသည့် system များအတွင် ultra-low leak damper များကို တပ်ဆင်ရန် လိုအပ်သည်။

Blade များ ပြိုင်တူပွင့်ရန်၊ ပိတ်ရန်အတွက် မောင်းတံ(linkage)ဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားသည်။ မောင်းတံ (linkage)ကို နေရာ နှစ်နေရာတွင် တပ်ဆင်ထားနိုင်သည်။ ပုံ(၅-၄၁)တွင် ဖော်ပြထားသည့် blade ပုံစံမျိုး တိုက်ရိုက် ချိတ်ဆက်ပြီး လေထဲတွင်ပေါ်နေသည့် မောင်းတံ(linkage)အမျိုးအစား ပါရှိသည့် damper များသည် ဈေးနည်းသည်။ မောင်းတံ(linkage)များကို လေနှင့် မထိတွေ့စေပဲ (မပေါ်အောင်မြုတ်ထားသည်) အမျိုးအစားများ သည် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop) ပိုနည်းပြီး၊ သံချေးတက်ခြင်း (corrosion)ကိုလည်း လျော့နည်းသည်။

ပိုအားကောင်းသည့် ပုံစံမျိုးဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားခြင်းကြောင့် damper ပိတ်နေသည့်အချိန်၌ ပို၍ တင်းကြပ်စွာ seal ဖြစ်စေသည်။ အထူးသဖြင့် damper များ သက်တမ်းကြာမြင့်သည့်အခါ ပိုတင်းကြပ်စွာ လုံအောင်ပိတ်နိုင်စွမ်း(seal)ကျဆင်းလာသည်။ Blade များကွေးညွတ်သွားသည့်အခါ တင်းကြပ်စွာ ပိတ်နိုင်စွမ်း မရှိတော့ပေ။ Damper များကို ရုတ်တရက် ဖွင့်ပေးခြင်း၊ ပိတ်ပေးခြင်း တို့ကို ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းမှု(maintenance) တစ်ခု အနေဖြင့် ပုံမှန် ပြုလုပ်ပေးသင့်သည်။

Damper နှင့် တွဲ၍ အသုံးပြုမည့် actuator များကို damper အသစ်အခြေအနေအတွက်သာမက damper ဟောင်းပြီး အိုမင်းသွားသည့် အချိန်အတွက်ပါ စဉ်းစား၍ အနည်းငယ်ပိုကြီးအောင်(oversized)

ပြုလုပ်သင့်သည်။ Actuator ၏ တွန်းအားကို damper အသစ် အခြေအနေအတွက်သာ လုံလောက်ရုံ ရွေးချယ်ထားလျှင် သက်တမ်း ကြာသွားသည့်အခါ actuator သည် damper ကို ပွင့်နိုင်လိမ့်မည် မဟုတ်တော့ပေ။

Damper နှင့် actuator များကြာရှည် အသုံးပြုနိုင်ရန်အတွက် damper များနှင့် မောင်းတံ(linkage) များကို ပုံမှန် ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းပေးရန် လိုအပ်သည်။ တစ်ခါတစ်ရံမှသာ ပိတ်လေ့ ဖွင့်လေ့ ရှိသည့် damper များကို ခြောက်လ တစ်ကြိမ်၊ လေးလ တစ်ကြိမ် ပုံမှန် စစ်ဆေးမှုများ ပြုလုပ်သင့်သည်။

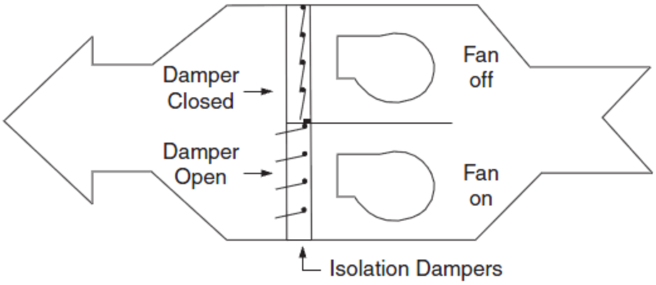
Blade များစွာပါသည့် damper ကို multiple blade damper ဟုခေါ်သည်။ Multiple blade damper များ၌ blade များသည် parallel blade နှင့် opposed blade ဟူ၍ ပုံစံ နှစ်မျိုး ရှိနိုင်သည်။ ပုံ(၅-၂၉) တွင် ဖော်ပြထားသည်။

(၁) Parallel blade operation ဆိုသည်မှာ blade များတစ်ဖက်တည်းသို့(same direction) တစ်ညီတစ်ညာတည်း ပြိုင်တူ ပွင့်ခြင်း၊ ပိတ်ခြင်း ဖြစ်သည်။

(၂) Opposed blade operation ဆိုသည်မှာ တစ်ခုကျော် blade များ တစ်ဖက်သို့ လည်နေချိန်တွင် ကျန်တစ်ခုကျော် blade များ အခြားတစ်ဘက်သို့ လည်နေခြင်းဖြင့် ပိတ်ခြင်း၊ ပွင့်ခြင်း ကို ဖြစ်စေသည်။

ထို damper နှစ်မျိုးတွင် မတူညီသော လုပ်ဆောင်ချက်များ(operating characteristic) ရှိကြသည်။ Blade တစ်ခုတည်းသာရှိသည့် (single blade) damper ၏ လုပ်ဆောင်ချက်များ(operating characteristic) သည် parallel နှင့် opposed blade damper တို့ နှစ်ခုအကြားတွင် ဖြစ်သည်။

Actuator များကို damper operator သို့မဟုတ် damper motor ဟုလည်းခေါ်သည်။ လုံးဝ ပွင့်နေသည့်အခြေအနေ(fully open)တွင် လေ၏တွန်းအား အများဆုံးဖြစ်ပေါ်သောကြောင့် damper actuator သည် လုံလောက်အောင် ကြီးမားသည့် စွမ်းအား(power) ရှိမှသာ damper ကို ကောင်းစွာ ပိတ်နိုင်လိမ့်မည်။



ပုံ ၅-၄၁ Figure 3-31 Fans in Parallel   ပုံ ၅-၄၂ Centrifugal Fan with Inlet Vane damper

Modulating damper များသည် လိုအပ်သည့် small increment များအတိုင်း ချောမွေ့စွာ ရွေ့လျားစေရန်(ပိတ်ခြင်း၊ ပွင့်ခြင်း) damper actuator ကောင်းစွာ modulate လုပ်ပေးနိုင်ရမည်။

Lower leakage damper များသည် seal များပါရှိခြင်းကြောင့် ပွတ်တိုက်မှု(friction) ပိုများသည်။ ထိုပိုများသည့် ပွတ်တိုက်မှု(friction)ကို ကျော်လွှားရန်အတွက် ပိုကြီးမားသည့် damper motor (damper actuator) တပ်ဆင်ထားရန် လိုအပ်သည်။ ယေဘူယျအားဖြင့် parallel blade damper များတွင် ပိုကြီးမားသည် actuator တပ်ဆင်ရန် လိုအပ်သည်။ (opposed blade damper များနှင့် နှိုင်းယှဉ်လျှင်)

Actuator ထုတ်လုပ်သူများသည် torque ကို inch-pound ဖြင့်ဖော်ပြသည်။ Damper များအတွက် ပိတ်ရန်၊ ဖွင့်ရန် လိုအပ်သော torque ကို inch-pound ဖြင့်ဖော်ပြသည်။ Damper တစ်စတုရန်းပေ(1 square foot) အတွက် ပွင့်ရန်၊ ပိတ်ရန် အတွက် လိုအပ်သော အားကို inch-pound ဖြင့် ဖော်ပြသည်။

ပွတ်တိုက်မှု(friction) နှင့် လေဖိအားကို ကျော်လွှန်ရန် actuator များ၌ minimum torque ကိုလည်း ဖော်ပြပေးရသည်။ ဥပမာ minimum 20inch-lb ရှိပြီး 8 inch-lbs per square foot of damper area damper များနှင့် သက်ဆိုင်သည့် ယေဘုယစည်းကမ်းချက်မှာ damper နှင့် actuator များကို Normally open operation(NO) ပုံစံမျိုးဖြင့် ပြုလုပ်(set up)ထားလေ့ရှိသည်။ အကယ်၍ power မရှိတော့သည့်အခါ သို့မဟုတ် ပျက်(fail)သွားသည့်အခါ damper သည် ပွင့်လျှက်သားကျန်ခဲ့ပြီး လေများ အဆက်မပြတ် စီးဆင်း(flow) ဖြစ်နေလိမ့်မည်။

Coil များ freezing မဖြစ်စေရန်၊ hazardous waste များ မဝင်ရောက်စေရန် နှင့် system ကို isolation လုပ်ရန် လိုအပ်သည်၊ မလိုအပ်သည် စသည့် အချက်များကို အခြေခံ၍ damper သည် Normally Open(NO) သို့မဟုတ် Normally Close(NC) ဖြစ်ရမည်ကို ဆုံးဖြတ်ကြသည်။

Damper အမျိုးအစား(type) ရွေးချယ်ခြင်း နှင့် damper အရွယ်အစား(size)ရွေးချယ်ခြင်း အခြေခံ damper application သုံးမျိုးမှာ

(က) Two position only

လုံးဝပွင့်နေသည့်အခြေအနေနှင့်လုံးဝပိတ်နေသည့်အခြေအနေ(fully open/fully closed) position နှစ်မျိုး အတွက်သာ ဖြစ်သောကြောင့် two position ဟုခေါ်ခြင်းဖြစ်သည်။ Fan များ isolation လုပ်ရန်နှင့် ပြင်ပလေဝင်ပေါက်(out door air intake)များ ပိတ်(shut-off)ရန် အတွက် အသုံးပြုသည်။

(ခ) Capacity control duty

အလိုရှိသည့် capacity ရအောင် damper ကို control လုပ်ရန် အသုံးပြုခြင်းဖြစ်သည်။ VAV discharge damper များနှင့် air balancing damper အဖြစ် အသုံးပြုသည်။

(ဂ) Mixing duty

လေ နှစ်မျိုးရောနှောသွားရန်အတွက် အသုံးပြုသည်။ Economizer damper များ အဖြစ်အသုံးပြုသည်။

၅.၉.၁ (က) Two Position Duty

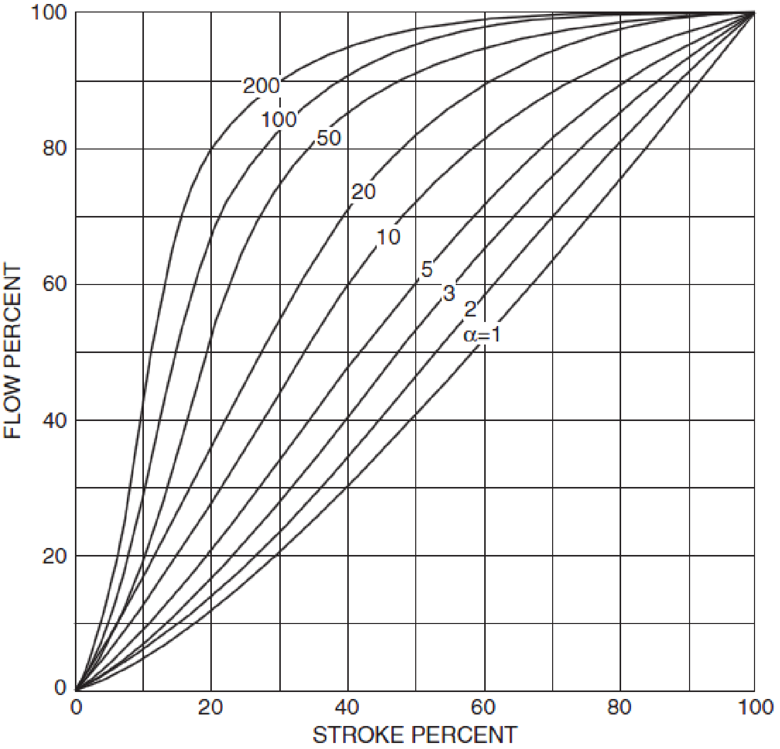
Fan system ပိတ်လိုက်သည့်အချိန်၌ တခြားနေရာမှ လေများဝင်ခြင်း သို့မဟုတ် duct အတွင်းမှ လေများထွက်ခြင်းတို့မှ ကာကွယ်ရန် အတွက် အသုံးပြုသည်။ Outdoor air intake ၊ fan intake နှင့် discharge များ တို့တွင် တပ်ဆင်လေ့ရှိသည်။ Fan မောင်းနေသည့် အချိန်၌ damper ပွင့်နေပြီး၊ fan ရပ်နားနေခိုက် damper ပိတ်နေမည်ဖြစ်သောကြောင့် အပွင့်နှင့် အပိတ် ပုံစံ(position) နှစ်မျိုးသာ ဖြစ်နိုင်သည်။ ပြင်ပတိုက်လေဖိအား(wind pressure) နှင့် stack effect တို့ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် infiltration ဖြစ်ခြင်းကို ကာကွယ်ရန် နှင့် လျှော့နည်းစေရန် အတွက် fan ရပ်နေသည့် အချိန်၌ ပြင်ပလေဝင်ပေါက်(out door air intake)ရှိ damper ကို ပိတ်နေအောင် supply air fan နှင့် interlock လုပ်ထားရမည်။ ထို့ကြောင့် coil များပေါ်တွင် ရေခဲခြင်း(freezing) မှ ကာကွယ်နိုင်သည်။

ဆောင်းရာသီတွင် အပူဆုံးရှုံးခြင်း(heat loss) ဖြစ်မှု လျှော့နည်းအောင် လုပ်နိုင်ခြင်းကြောင့် စွမ်းအင်အတွက် ကုန်ကျစရိတ် (heating energy cost)သက်သာသည်။

ထိုကဲ့သို့မျိုး damper များကို actuator(motor) ဖြင့်မောင်းသော motorized damper များ သို့မဟုတ် ကမ္ဘာမြေဆွဲအားကို အသုံးပြုထားသည့် gravity damper များ အဖြစ်တွေ့နိုင်သည်။ Gravity damper များကို Back Draft Damper(BDD) သို့မဟုတ် barometric damper သို့မဟုတ် Non Return Damper(NRD) များဟု အမျိုးမျိုး ခေါ်ဝေါ်ကြသည်။ Gravity damper များတွင် actuator(motor) တပ်ဆင်ထားခြင်း မရှိသောကြောင့် motorized damper များကဲ့သို့ တင်းကြပ်စွာ ပိတ်နေခြင်း(fight seal) မဖြစ်နိုင်ပါ။ Gravity damper များသည် လေဦးတည်ရာ တဖက်တည်းကိုသာ စီးဆင်းနိုင်အောင် ပြုလုပ်ထားသည်။ Supply ဘက်သာ စီးခွင့်ပြုပြီး အပြန်(return) ဘက်သို့ ပြန်မစီးနိုင်အောင် ပြုလုပ်ထားခြင်းကြောင့် "Non Return Damper"

ဟုခေါ် ဆိုခြင်း ဖြစ်သည်။

Exhaust fan တွင် တပ်ဆင်ထားသည့် back draft damper သည် fan ရပ်ထားချိန်၌ ပြင်ပမှလေများ အဆောက်အဦးအတွင်းသို့ ဝင်ရောက်ခြင်းကို ကာကွယ်ပေးသော်လည်း fan မောင်းနေချိန်တွင် exhaust air များ fan discharge point မှ ထွက်နေအောင်ဖွင့်ပေးထားသည်။



α = ratio of system pressure drop to the drop across the damper at maximum (full open) flow

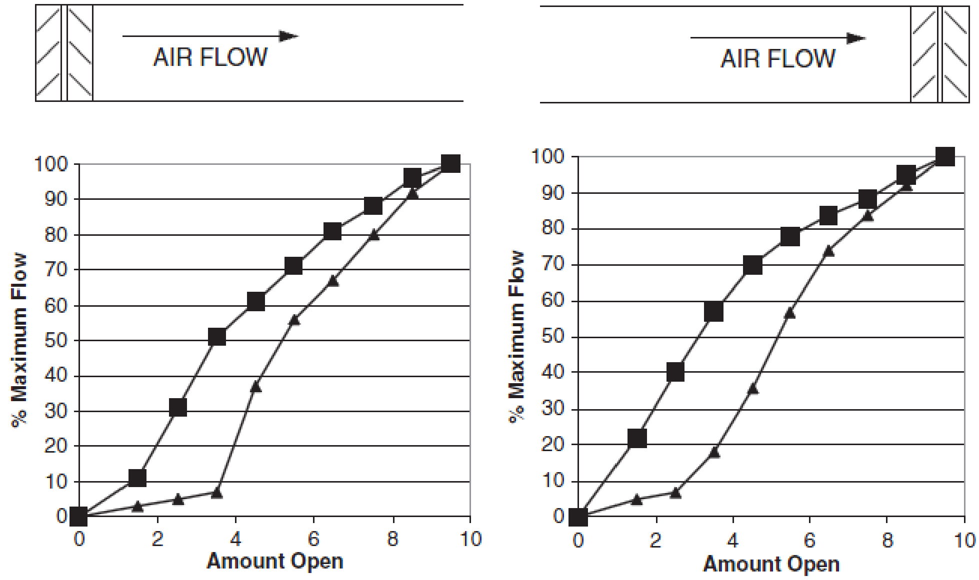
ပုံ ၅-၄၃ Figure 3-33 Installed Characteristic Curves of Parallel blade dampers

ဆောင်းရာသီ၌ အလွန်မြင့်မားသည့် အဆောက်အဦးများတွင် stack effect ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသော လေဖိအား(air pressure) သည် damper ကို ပွင့်စေနိုင်လောက်အောင် တွန်းအားများသည်။ ထိုအခါ အဆောက်အဦး အတွင်းရှိ လေများသည် exhaust system မှ တဆင့် အပြင်သို့ ထွက်သွားပြီး၊ နိမ့်သည့် အထပ်များအတွင်းသို့ ပြင်ပလေများ make up air အဖြစ် အစားထိုးဝင်ရောက်လာသည်။ ထိုကဲ့သို့ မဖြစ်စေရန် အတွက် gravity damper များအစား motorized damper ကိုသုံးရန် ပိုမိုသင့်လျော်သည်။

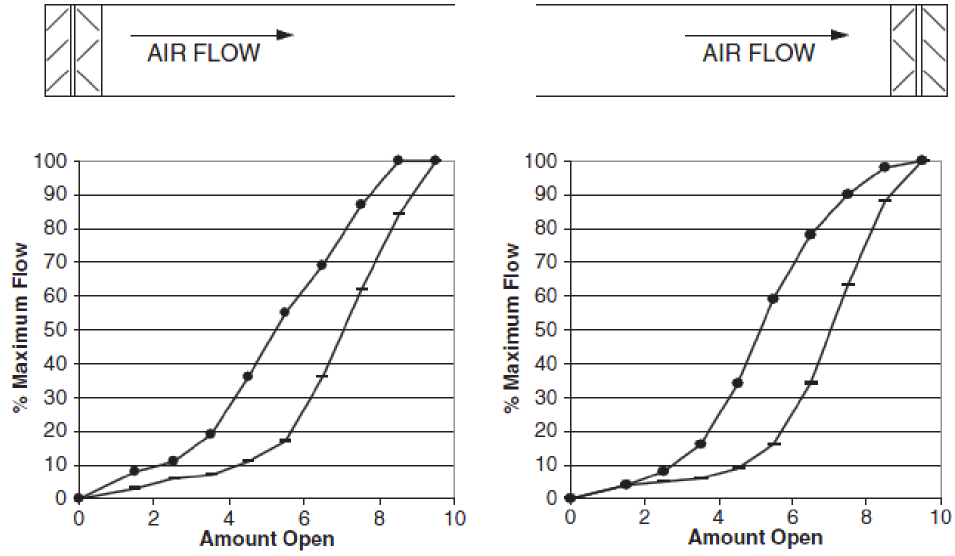
တစ်ခါတစ်ရံ gravity damper များသည် motorized damper များထက် ပိုမိုသင့်လျော်သည်။ ဥပမာ ပုံ (၅-၄၁)တွင် ပြထားသည့်အတိုင်း fan နှစ်လုံးကို အပြိုင်ပုံစံ(operating in parallel) ဖြင့် မောင်းလိုသည့်အခါ damper များကို ကန့်သတ်ပိုင်းခြားရန်(isolate) လုပ်ရန်အတွက် တပ်ဆင်ထားသည်။ ထို့ကြောင့် မည်သည့် fan ကိုမဆို ကြိုက်သလို မောင်းနိုင်သည်။

Variable Air Volume (VAV) application ၌ low load အခြေအနေတွင် fan တစ်လုံးသာမောင်းပြီး high load တွင် fan နှစ်လုံးကို ပြိုင်တူမောင်းနိုင်သည်။ ထိုအခြေအနေမျိုးတွင် shut-off damper မတပ်ဆင်ထားလျှင် မောင်းနေသည့် fan မှ လေများသည် ရပ်ထားသည့် fan အတွင်းသို့ ပြန်လည်ဝင်ရောက်နိုင်သည်။ Parallel pumping system များတွင် check valve များတပ်ဆင်ထားရန် လိုအပ်သည့် သဘောမျိုးဖြစ်သည်။ အကယ်၍ motorized damper ကို အသုံးပြုမည်ဆိုပါက မည်သည့် အချိန်တွင် damper ပိတ်ရမည် ဆိုသည့် ပြဿနာ ရှိသည်။

Fan မမောင်းခင် damper ကို ဖွင့်လျှင် တစ်ခြားမောင်းနေသည့် fan မှ လေများ ရပ်နေသည့် fan အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်ကာ ပြောင်းပြန်စီးခြင်း(back flow)ဖြစ်ပေါ်စေပြီး short circuit ဖြစ်လိမ့်မည်။ ထိုလေများကြောင့် fan ၏ wheel သည် နောက်ပြန် လည်နေလိမ့်မည်။ ထိုသို့ လည်နေခြင်းကြောင့် fan ကို စတင်မောင်းလိုက်သည့်အခါ ပြောင်းပြန်လည်နေသည့် fan ကို အလိုရှိသည့် direction ဘက်သို့လည်စေရန် ပို၍ အား(torque)ကောင်းရန် လိုအပ်သောကြောင့် မော်တာဝန်ပိခြင်း(motor over load) ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။



ပုံ ၅-၄၄ Figure 3-35 Two Parallel blade Triple V dampers From Different Manufacturers



ပုံ ၅-၄၅ Figure 3-36 Two Opposed blade Triple V dampers From Different Manufacturers

Fan ကို အရင်စတင်မောင်းပြီးမှ damper ကို ဖွင့်လျှင် fan plenum အတွင်း၌ ဖိအား(pressure)များ အလွန်မြင့်မားလာကာ ထိခိုက်ပျက်စီးနိုင်သည်။ ထိုကဲ့သို့သော application အတွက် gravity back draft damper သည် ပို၍ သင့်လျော်သည်။ Fan မောင်းလိုက်သည်နှင့် တစ်ပြိုင်နက် ဖိအား(pressure) တဖြည်းဖြည်း များလာကာ gravity damper ကို အလိုအလျောက် တစ်ဖြေးဖြေးခြင်း ပွင့်သွားစေလိမ့်မည်။ Back draft damper ကို fan discharge အနီးတွင် အမြဲတပ်ဆင်ထားလေ့ရှိသည်။ Fan

discharge နေရာ၌ လေအလျင်(velocity) ပိုများသောကြောင့် back draft damper များကို heavy duty damper အမျိုးအစား အဖြစ်ပြုလုပ်သင့်သည်။

Two position အတွက် အသုံးပြုရာတွင် parallel blade damper ကို အသုံးပြုသည် ဖြစ်စေ၊ opposed blade damper ကို အသုံးပြုသည်ဖြစ်စေ ကွာခြားချက်မရှိပေ။ တစ်နည်းအားဖြင့် Two position အတွက် မည်သည့် damper ကို မဆို အသုံးပြုနိုင်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် လုံးဝပွင့်နေသည့် အခြေအနေ(fully open)နှင့် လုံးဝပိတ်နေသည့်အခြေအနေ(fully close position) တို့တွင် damper နှစ်မျိုးလုံး၏ performance တူညီကြသည်။

Parallel blade damper များကို ဈေးသက်သာသောကြောင့် ပို၍ အသုံးများသည်။ Damper တစ်ခုတည်းကသာ ဈေးသက်သာသော်လည်း damper နှင့် actuator နှစ်ခုပေါင်းထားသည့် အခါ ဈေးသက်သာဖို့ရန် မသေချာပေ။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် အရွယ်အစားမတူ parallel damper များ actuator သည် opposed blade damper များထက်ပို၍ အရွယ်အစားကြီးရန်(ပိုအားကောင်းရန်)လိုသည်။ ထို့ကြောင့် HVAC designer များသည် two position application များအတွက် ပစ္စည်းရောင်းသူ(vendor)နှင့် ကန်ထရိုက်တာ (contractor)များကိုသာ ဈေးသက်သာသည့် အမျိုးအစားကို အသုံးပြုခွင့်ပေးထားသည်။

Two position damper အရွယ်အစား ရွေးချယ်ခြင်းသည် အလွန် အရေးမကြီးပါ။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် two position damper များသည် ပိတ်ရန် ဖွင့်ရန်သာ လိုအပ်ပြီး modulate လုပ်ရန် မလိုအပ်ပေ။

Two position damper များသည် အရွယ်အစား(size)ပိုကြီးလာလေလေ၊ လေယိုစိမ့်မှု(leakage) ပိုများလာလေလေ ဖြစ်ပြီး ဈေးပိုကြီးလေလေ ဖြစ်သည်။ သို့သော် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop) နည်းသောကြောင့် စွမ်းအင်(energy) သုံးစွဲမှုလည်း နည်းလေသည်။

Shut off damper များကို တပ်ဆင်မည့်နေရာရှိ duct အရွယ်အစားအတိုင်း ရွယ်တူ(same size) ဖြစ်အောင် ရွေးချယ်လေ့ရှိသည်။

၅.၉၂ (ခ) Capacity Control Duty

Air system မှ လေများ အညီအမျှ ဖြစ်စေရန် သို့မဟုတ် ညီမျှစေရန် အတွက် အသုံးပြုသည်။ တစ်ခါတစ်ရံ ကြုံတောင့်ကြုံခဲ အခါမျိုးမှ လွဲ၍ terminal တိုင်းတွင် လိုအပ်သည့်လေစီးနှုန်း(air flow)ကိုရရန် duct တစ်ခုတည်းဖြင့် ပြုလုပ်၍ မရနိုင်ပေ။ Volumer control damper သို့မဟုတ် balancing damper များကို branch duct နှင့် selection များတွင်ထည့်၍ diffuser နှင့် grille တိုင်း၌ လိုအပ်သော လေစီးနှုန်း(design air flow)ရရန် ဖိအား(pressure)ကို ထိန်းညှိပေး(adjust လုပ်ပေး) ရသည်။ Volume control damper များသည် static damper များဖြစ်သည်။ Static damper ဆိုသည်မှာ actuator မပါဝင်ပဲ တစ်ခါချိန်ထားရုံဖြင့် လေစီးနှုန်း(air flow) အမြဲတမ်း ညီမျှနေမည့် အမျိုးအစားဖြစ်သည်။ Volume control damper အမျိုးအစားနှင့် အရွယ်အစား ရွေးချယ်ခြင်းသည် သိပ်အရေးမကြီးပေ။

ပိုနေသည့်လေများကို လျော့ချရုံသာဖြစ်ပြီး လုံးဝပွင့်နေသည့်အခြေအနေ(fully open position) အနီးတွင် လိုအပ်သလောက် ပိတ်ထား(throttle)ခြင်းဖြစ်သည်။ Volume control damper များသည် single blade အမျိုးအစား နှင့် single skin damper အမျိုးအစားများသာ ဖြစ်ကြပြီး တပ်ဆင်သည့်နေရာရှိ duct အရွယ် အတိုင်းသာ အရွယ်တူ ပြုလုပ်လေ့ရှိသည်။

ထို damper များကို ဈေးသက်သာအောင်ပြုလုပ်ကြသောကြောင့် တစ်ခါတစ်ရံ အသံဆူညံလေ့ရှိသည်။ Outlet နေရာမှ ဝေးနိုင်သမျှ အဝေးဆုံးနေရာတွင် တပ်ဆင်ထားသင့်သည်။

VAV System ရှိ fan များ၏ capacity ကို control လုပ်ရန် damper များကို အသုံးပြုသည်။ Damper style ပုံစံ နှစ်မျိုးမှာ inlet guide vane နှင့် discharge damper တို့ဖြစ်သည်။ ပုံ(၃-၃၂) တွင်ပြထားသည့် အတိုင်း inlet guide vane သည် fan ၏ အဝင် inlet ၏ တပ်ထားသည့် damper ဖြစ်သည်။ Fan ၏ အဝိုင်းသဏ္ဍာန် အဝ(inlet) တွင် တပ်ဆင်ရန်ဖြစ်သောကြောင့် damper blade များသည် pic-shaped ဖြစ်ပြီး တစ်ဖက်တည်းသို့ အားလုံး တစ်ပြိုင်နက် လည်နိုင်သည်။

Damper ၏ အကျိုးသက်ရောက်မှုမှာ ဝင်လာသည့်လေ(entering air)ကို ကြို၍ လှည့်ထားပေးခြင်း (pre-rotational spin) ဖြစ်သည်။ Damper တပ်ဆင်ထားခြင်းကြောင့် ဝင်လာသည့်လေသည် fan ၏ wheel လည်သည့်ဘက်သို့ ဦးတည်သွားစေသည်။ ဝင်လာသည့် လေ၏ direction နှင့် fan ၏ wheel direction တို့ တူညီသွားသောကြောင့် wheel သည် အလုပ်များများလုပ်ရန်မလို အပ်တော့ပေ။ air volume ကိုလျှော့ချခြင်းဖြင့် ကောင်းစွာ unload လုပ်နိုင်သောကြောင့် fan ၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(energy consumption) လျော့ကျသွားသည်။ လက်တွေ့တွင် inlet guide vane သည် စွမ်းအားပြည့်(maximum capcity) မှ ၃၀% အထိ လျော့ကျအောင် လေစီးနှုန်း(air flow) နှင့် ဖိအား(pressure)ကို လျော့ချနိုင်သည်။

Discharge damper များသည် paraller pump များတွင် တပ်ဆင်ထားသည့် check valve များနှင့် တူညီကြသည်။ Discharge damper များသည် ပိုနေသည့် fan မှထုတ်ပေးရမည့် ဖိအား(fan pressure)ကို လျော့ချနိုင်သောကြောင့် VAV box များကောင်းစွာ အလုပ်လုပ်နိုင်သည်။ ပို၍ stable ဖြစ်သည့် ပုံစံမျိုးဖြင့် လေစီးနှုန်း(air flow) ကို control လုပ်နိုင်သည်။

Discharge damper များကြောင့် fan ၏ performance မှာ ပြောင်းလဲမသွားပေ။ Discharge damper များ throttling ကြောင့်စွမ်းအင် ဆုံးရှုံးခြင်းနှင့် အသံဆူညံခြင်းတို့ကြောင့် ယခု အခါ VAV system များတွင် discharge damper များကို အသုံးမပြုကြတော့ပေ။

Damper performance များသည် အောက်ပါအချက်များပေါ်တွင်မူတည်သည်။

(၁) Manufacturer
(၂) Damper relative size နှင့်
(၃) Damper situation တို့ ဖြစ်သည်။

(၁) Manufacturer

Damper ထုတ်လုပ်သူများ၏ ဒီဇိုင်း(design) ၊ ပြုလုပ်သည့်ပစ္စည်း(material) ၊ မောင်းတံ(linkage) နှင့် blade seal များ မတူညီခြင်းကြောင့် damper များ၏ လုပ်ဆောင်နိုင်မှု(performance) များ ကွဲပြားရသည်။

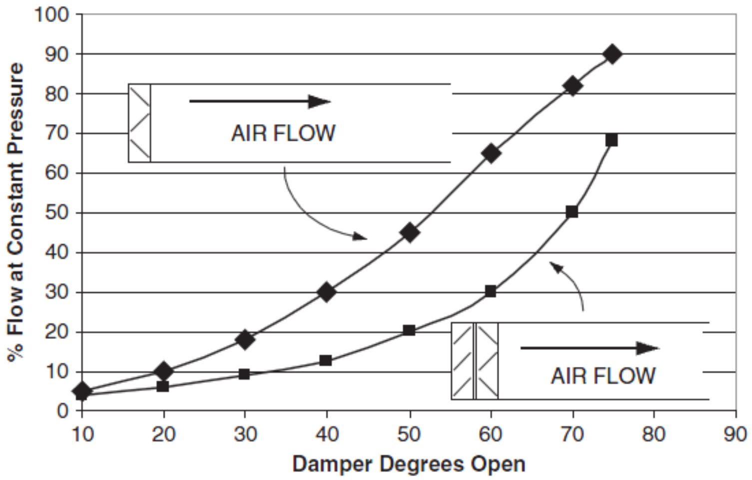
(၂) Damper Relative Size

Damper ၏ အရွယ်အစား(size)နှင့် duct ၏ အရွယ်အစား(size) သို့မဟုတ် wall opening ၏ အရွယ်အစား မတူညီခြင်းကြောင့် damper များ၏ လုပ်ဆောင်နိုင်မှု(performance) များကွဲပြားရသည်။ ဥပမာ damper ၏ အရွယ်အစားနှင့် duct ၏ အရွယ်အစားတူညီခြင်းကြောင့် duct ထဲမှ လေသည် damper အတွင်းသို့ တန်းဝင်သွားသည်။ အလွန်ကျယ်သည့် wall opening နေရာတွင် သေးငယ်သည့် damper တပ်ဆင်ထားခြင်းကြောင့် လေများသည် damper ငယ်အတွင်းသို့ ဖြောင့်တန်းစွာ မဝင်ရောက်နိုင်ပဲ မတူညီသည့် flow characteristic များဖြစ်ပေါ်ကာ damper လုပ်ဆောင်နိုင်မှု (performance) များကွဲပြားရသည်။

(၃) Damper Situation

Duct ၏ direction ပြောင်းလဲခြင်းနှင့် device ၏ direction ပြောင်းလဲခြင်းကြောင့် damper မဝင်ခင်လေ ၏ direction နှင့် damper အထွက်မှ လေ direction တို့ မတူညီခြင်းကြောင့် damper

performance များကွဲပြားရသည်။



ပုံ ၅-၄၆ Figure 3-37 Effect of Inlet Louver on an Opposed blade damper Characteristic

ပုံ (၃-၃၇) တွင် opposed blade damper ၏ performance ကိုဖော်ပြထားသည်။

Capacity control (throttling) application တွင် damper ပိတ်သည့် position နီးလာလေလေ pressure drop across the damper များလာလေလေဖြစ်သည်။

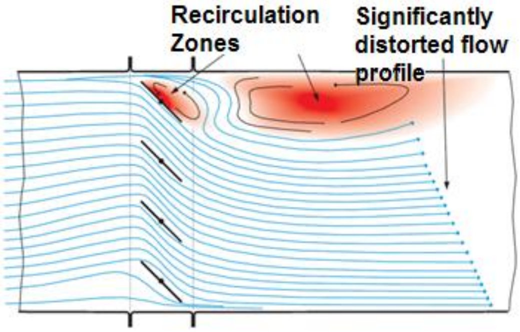
Damper throttling လုပ်ခြင်းကြောင့် လေစီးနှုန်း(air flow rate) နည်းလာကာ duct system ရှိ အခြားသော အစိတ်အပိုင်းများ၏ ပွတ်တိုက်မှုကြောင့်ဖြစ်သောဖိအားဆုံးရှုံးမှု(frictional losses) ကျဆင်းလာသည်။ ပွတ်တိုက်မှုကြောင့်ဖြစ်သောဖိအားဆုံးရှုံးမှု(frictional losses)သည် လေစီးနှုန်း(air flow rate) ၏ နှစ်ထပ်ကိန်းနှင့် ညီမျှသည်။ Fan ၏ ဖိအား(pressure)သည် volume flow rate နည်းသည့်အခါ fan curve အတိုင်း တက်လာလိမ့်မည်။ Two way valve များတပ်ဆင်ထားသည့် hydronic system များ ရှိ ပြုမှုပုံများနှင့် ခပ်ဆင်ဆင် တူညီသည်။

Throttling application များတွင် parallel blade damper ကို အသုံးပြုသည့်အခါ linear characteristic မျိုးတွေ့ရလေ့ရှိသော်လည်း damper အဝင်နှင့်အထွက် အကြား ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop)သည် system တစ်ခုလုံး၏ ဖိအားကျဆင်းမှု(total pressure drop)၏ ၂၀% ခန့် ဖြစ်သည်။

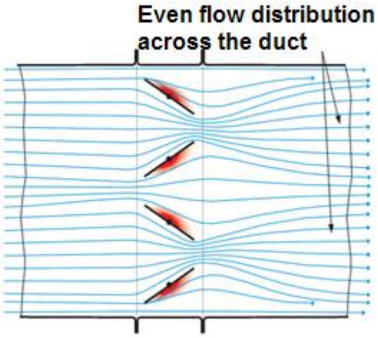
Opposed blade damper ကို throttling application တွင် အသုံးပြုသည့်အခါ linear characteristic မျိုးဖြစ်ပြီး pressure drop across the damper သည် total system pressure drop ၏ ၅% ခန့်ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် opposed blade damper များသည် down steam တွင် turbulance ဖြစ်စေမှုနည်းပါးသောကြောင့် throttling application တွင် အလွန်အသုံးများရခြင်းဖြစ်သည်။

ထိုအချက်ကို ပုံ(၅-၄၉) တွင်ဖော်ပြထားသည်။ parallel blade damper သည် လေစီးကြောင်း ဦးတည်ရာ(air steam direction)ကို စောင်းသွားစေသည်။(deflect the air steam) ထို့ကြောင့် down steam ၌ ပို၍ turbulance ဖြစ်ပေါ်စေသည်။

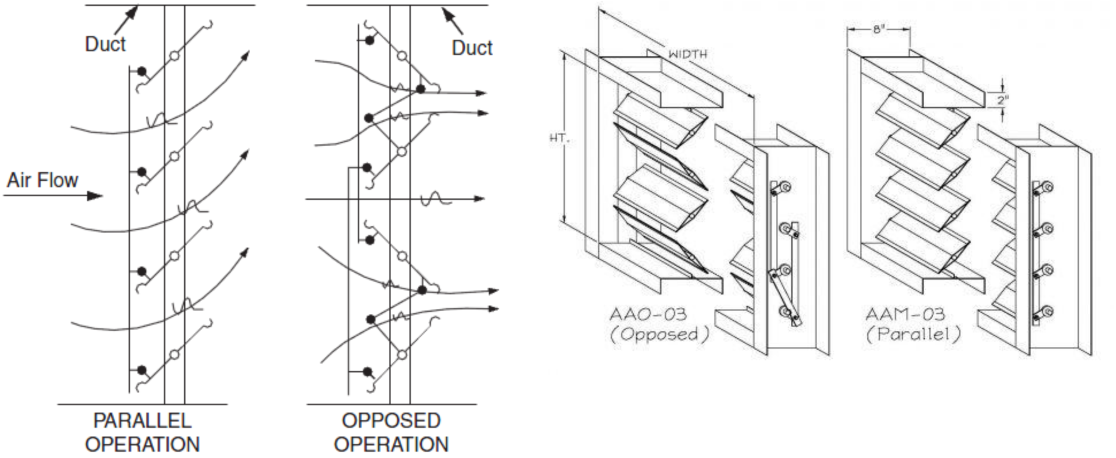
အကယ်၍ လေစီးကြောင်းအောက်ဖက်(down stream) အနီးတွင် elbow ကဲ့သို့သော duct fitting ရှိနေပါက asymmetric enter velocity ကြောင့် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop) သည် မှတ်ထားသည်ထက် ပိုများလိမ့်မည်။ အကယ်၍ လေစီးကြောင်းအောက်ဖက်(down stream) အနီးတွင် diffuser ရှိနေပါက ဆူညံသံအလွန်မြင့်မားပြီး outlet throw patterm လည်း ပုံပြောင်းသွားလိမ့်မည်။



ပုံ ၅-၄၇ Air flow through parallel



ပုံ ၅-၄၈ Air flow opposed dampers



ပုံ ၅-၄၉ (3-38) Flow Pattern through opppsed dampers and parallel Damper

ထို့ကြောင့် လေထွက်ပေါက်(air outlet)ကို ထုတ်လုပ်သူများက diffuser ၏ neck သို့မဟုတ် diffuser အနီးနား တွင် opposed blade damper များကိုသာ တပ်ဆင်ရန် ပေးထားခြင်းဖြစ်သည်။

> Throttling application များတွင် အသုံးပြုမည့် damper များ၏ အရွယ်အစားရွေးချယ်ပုံသည် hydronic system များတွင် control valve များ၏ အရွယ်အစားရွေးချယ်ပုံနှင့် တူညီသည်။ Controllability ကောင်းရန်နှင့် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop) မများစေရန် အစွန်းနစ်ဖက်ကို ရှောင်၍ မျှတအောင် ရွေးချယ်သင့်သည်။ Damper အရွယ်အစား(size) ကြီးလျှင် controllability မကောင်းပေ။ သို့သော် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop) နည်းသည်။ Damper အရွယ်အစား(size)သေးလျှင် controllability ကောင်းသည်။ သို့သော် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop) များသည်။

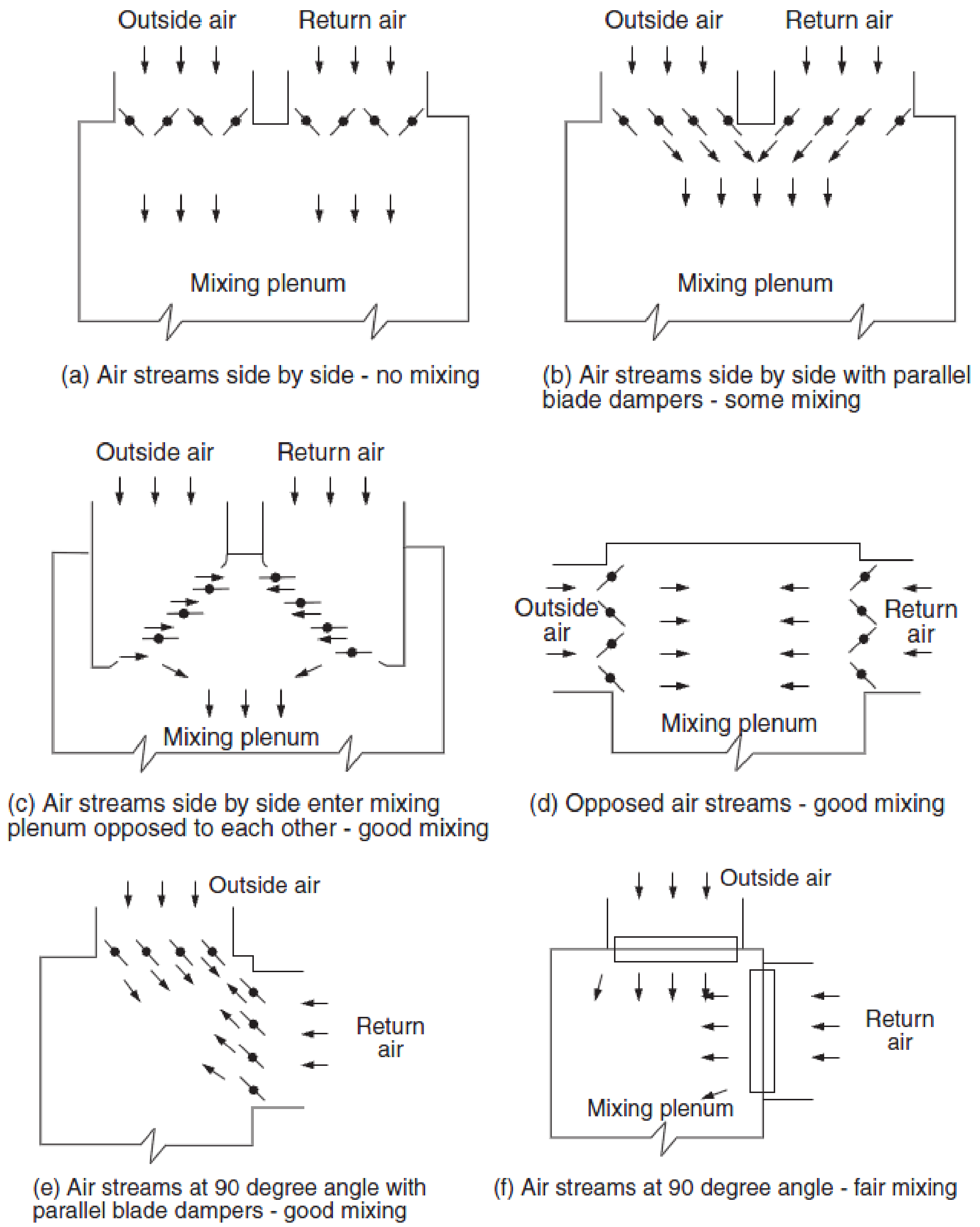
၅.၉.၃ (ဂ) Mixing duty

အမျိုးမတူသည့် လေစီးကြောင်း(air steam) နှစ်မျိုးကို ရောနှောရန် damper ကို အသုံးပြုကြသည်။ ပြင်ပလေ(out door air) နှင့် return air တို့ကို ရောနှောခြင်း(mixing) ဖြစ်သည်။ မှားယွင်းသည့် အယူမဆ တစ်ခုမှာ opposed blade damper များသည် throttling လုပ်ရာတွင် အလွန်သင့်လျော်သောကြောင့် ရောနှောခြင်း(mixing)လုပ်ရန် အလွန်သင့်လျော်လိမ့်မည်ဟု ယူဆကြသည်။

> များသောအားဖြင့် mixing application တွင် parallel blade damper များကို အသုံးပြုရန် အလွန်သင့်လျော်သည်။ mixing လုပ်ရာတွင် throttling ကဲ့သို့တိကျသော control ဖြစ်ရန် မလိုပဲ၊ air stream နှစ်မျိုးကို ရောနှောစေရုံမျှသာ ဖြစ်သည်။

Parallel blade damper များကြောင့် လေစီးကြောင်း(air steam)များ ယိုင်(deflect)သွားခြင်းကြောင့် throttling အတွက် မကောင်းသော်လည်း mixing လုပ်ရန်အတွက် အလွန်ကောင်းသည့် အချက်ဖြစ်သည်။ ပုံ (၅-၄၉) တွင် parallel blade damper ကြောင့် air stream နှစ်ခုသည် စောင်း(deflect)ဖြစ်သွားကာ mixing ဖြစ်စေဖို့ အလွန် အထောက်အကူဖြစ်ပုံကို ဖော်ပြထားသည်။

Opposed blade damper ကြောင့် လေစီးကြောင်း(air steam)နှစ်ခုတို့ mix ဖြစ်ရန်ခက်ခဲပုံကို ပုံ(၅-၅၁) တွင် ဖော်ပြထားသည်။



ပုံ ၅-၅၁ Various Mixing Box Arrangements

လေစီးကြောင်း(air steam) နှစ်ခု သေချာစွာ မရောနှောသောကြောင့် stratification ဖြစ်ပေါ်လာသည်။ “Stratification” ဆိုသည်မှာ လေစီးကြောင်း(air steam) နှစ်ခု မရောနှောပဲ ရေနှင့် ဆီကဲ့သို့ သီးခြားစွာ ရှိနေခြင်းကို ဆိုလိုသည်။ Duct အတွင်းတွင် stratification ဖြစ်သည့်အခါ ပြင်ပလေအပူချိန်(outdoor air

temperature)ရှိသည့် လေများက တစ်ဖက်တွင်ရှိနေပြီး return air temperature ရှိသည့် လေများက တစ်ဖက်တွင် ရှိနေလိမ့်မည်။ Stratification ဖြစ်ခြင်းကြောင့် လေ၏အပူချိန်ကို တိုင်းယူသည့်အခါတွင် မမှန်ကန် မတိကျခြင်း ဖြစ်နိုင်သည်။ Ventilation system effectiveness လည်းလျော့နည်းသွားနိုင်သည်။
Damper နှင့်သက်ဆိုင်သည့် အချက်များကို damper schedule ဟုခေါ်သည်။

(၁)	Damper Identification Tag	(၇)	Blade type
(၂)	Location	(၈)	Velocity Pressure Drop
(၃)	Damper Type	(၉)	Fail Position
(၄)	Damper Size & Quantity	(၁၀)	Actuator identification Tag
(၅)	Duct Size	(၁၁)	Actuator type & quantity
(၆)	Arrangement	(၁၂)	Mounting

၅.၁၀ Air Distribution Devices

Diffuser များ၊ register များ သို့မဟုတ် grille များ စသည့် လေထွက်ပေါက်များသည် (air distribution devices) များတွင်ပါဝင်သည်။

Primary Air

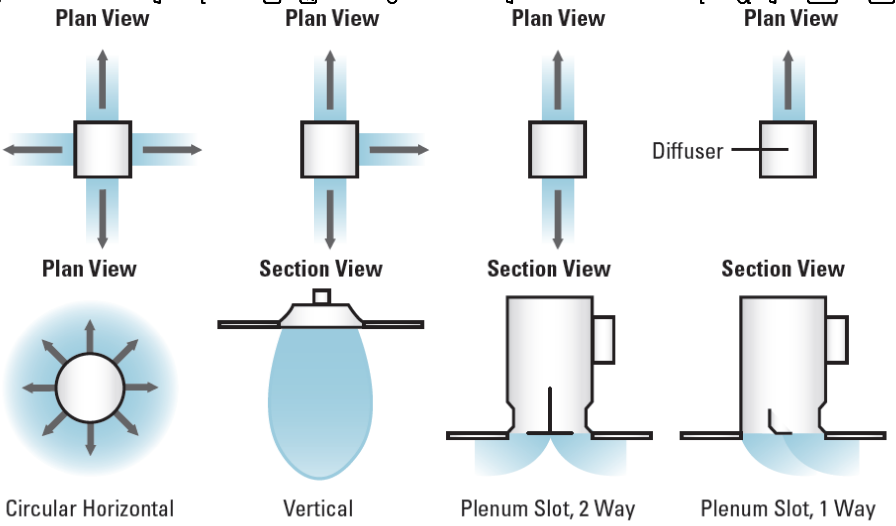
Primary air ဆိုသည်မှာ လေထွက်ပေါက်(supply outlet)မှ အားဖြင့်ပန်းထွက်နေသည့်လေများကို ဆိုလိုသည်။ လေပန်းအားကြောင့် အခန်းအတွင်း၌ လေများကို ရွေ့လျားစေသည်။

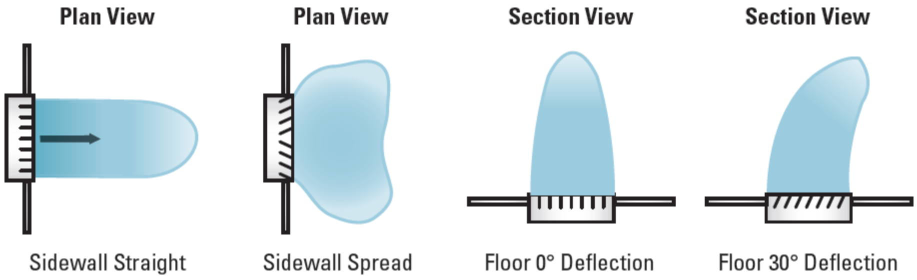
Total Air

Total Air ဆိုသည်မှာ primary air နှင့် entrained room air တို့ရောနှော ပေါင်းစပ်ထားသည့် လေကိုဆိုလိုသည်။ Cooling လုပ်သည့်အခါတွင် လေထွက်ပေါက်(supply outlet)မှ အေးသည့်လေများ ထွက်လာသည်။ အခန်းအတွင်း၌ရှိ လေ၏ အပူချိန်သည် အနည်းငယ် နွေးသည်။ ထိုအခါ အပူချိန်ခြားနားချက် (temperature difference) ကြောင့် buoyant effects ဖြစ်ပေါ်လာပြီး အေးသည့်လေများကို အောက်သို့ ကျဆင်းစေပြီး နွေးသည့်လေများကို အထက်သို့တက်စေသည်။

၅.၁၀.၁ Air pattern အမျိုးမျိုး

အလိုရှိသည့် air pattern များကို အခြေခံ၍ လေထွက်ပေါက်များ(air outlets) ကို ရွေးချယ်ကြသည်။





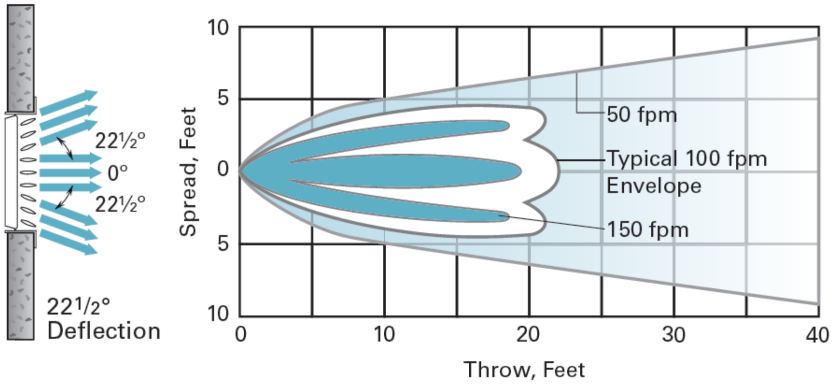
ပုံ ၅-၅၂ လေထွက်ပုံ(air pattern) အမျိုးမျိုးကို ဖော်ပြထားပုံ

Throw

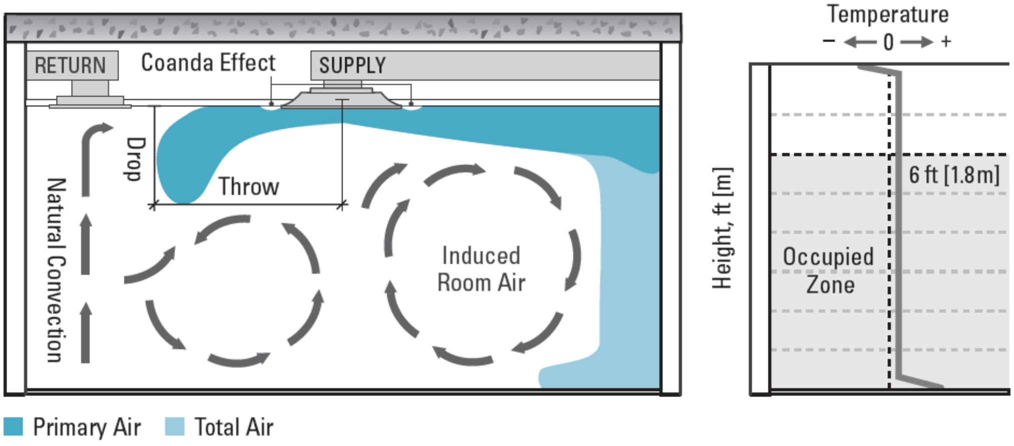
Throw ဆိုသည်မှာ လေထွက်ပေါက်မျက်နှာပြင်(outlet face)မှ သတ်မှတ်ထားသည့် လေအလျင် (specified velocity) အထိ ရောက်နိုင်သည့် အကွာအဝေး ကို ဆိုလိုသည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် လေထွက်ပေါက်(air outlet)မှ ပန်းထွက်နိုင်သည့် အကွာအဝေး(distance from outlet face)ကို ဆိုလိုသည်။ ပုံ(၅-၅၅)

သတ်မှတ်ထားသည့် လေအလျင်(specified velocity) သည် 150 [0.75 m/s], 100 [0.50 m/s] သို့မဟုတ် 50 fpm [0.25 m/s] ဖြစ်ကြသည်။ လေအလျင်(specified velocity)များကို terminal velocity ဟုလည်း ခေါ်လေ့ ရှိသည်။

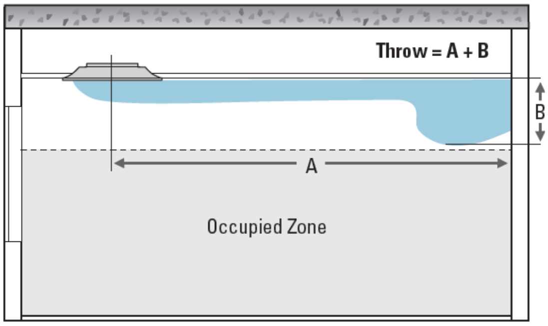
Throw သည် mass flow နှင့် outlet velocity နှစ်ခုအပေါ်တွင်မူတည်သည်။ လိုအပ်သည့် throw ရရှိရန် အတွက် mass flow နှင့် outlet velocity တို့ကို ပြောင်းလဲပေးနိုင်သည်။



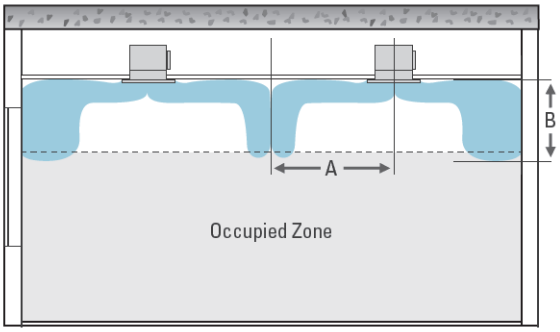
ပုံ ၅-၅၃ Spread vs. Throw ကို ဘေးမှမြင်ရပုံ (sideview) နှင့် အပေါ်မှကြည့်လျှင်မြင်ရပုံ (Plan view)



ပုံ ၅-၅၄ Space air diffusion with overhead cooling



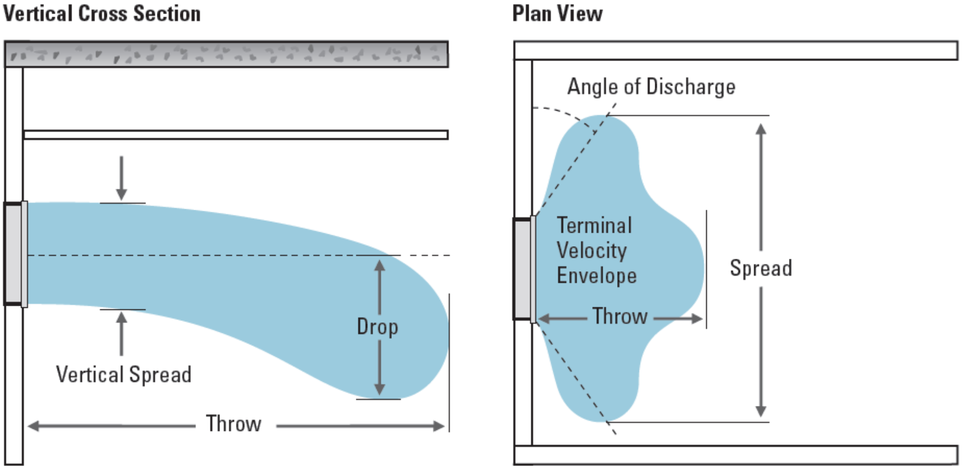
ပုံ ပုံ ၅-၅၅ Outlet တစ်ခု၏ throw ဖြစ်ပုံကို ဖော်ပြထားပုံ



ပုံ ၅-၅၆ Air patterns နှစ်ခုကြောင့် boundaries ဖြစ်ပေါ်လာပုံ

Drop

ပုံ (၅-၅၆) တွင် cool total air ၏ drop ကို ဖော်ပြထားသည်။ Total air package နှင့် surrounding primary room air တို့၏ လေသိပ်သည်းဆကွာခြားချက်(density differences) ကြောင့်ဖြစ်ပေါ်လာသည့် buoyancy effect နှင့် entrainment of room air တို့ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် လေစီးကြောင်း(air stream)၏ ဒေါင်လိုက်(vertical spread)ဖြစ်သည်။ Drop သည် total air ၏ mass flow အပေါ်တွင် မူတည်သောကြောင့် density သည် အလွန်အရေးကြီးသည်။ Mass flow ကို လျော့ချခြင်းဖြင့် drop အကွာအဝေးကို လျော့နည်းစေနိုင်သည်။



ပုံ ၅-၅၇ Drop (left) ဘေးမှကြည့်လျှင်မြင်ရပုံ နှင့် spread (right) အပေါ်မှကြည့်လျှင်မြင်ရပုံ

Spread

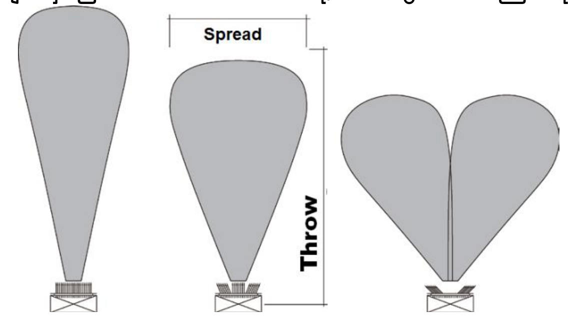
လေထွက်ပေါက်(outlet) တစ်ခု၏ spread ဆိုသည်မှာ ဒေါင်လိုက်(vertical plane)နှင့် အလျားလိုက် (horizontal plane) ဖြစ်ပေါ်သည့် air stream ၏ ဖြာထွက်မှု (divergence of the air stream) ဖြစ်သည်။ Spread သည် လေထွက်ပေါက်(outlet) ၏ ပုံသဏ္ဍာန်(geometry) ပေါ်တွင်မူတည်သည်။

Surface Effect

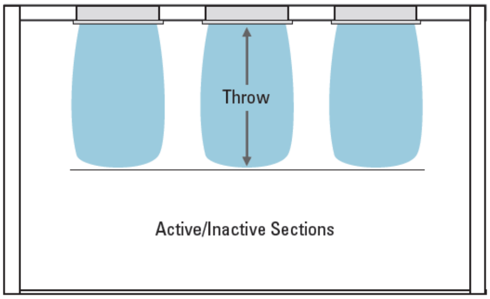
လေထွက်ပေါက်(outlet) အနီးရှိ မျက်နှာကြက်မျက်နှာပြင်(ceiling surface) ကို အသုံးချ၍ Drop အကွာအဝေးကို လျော့ချနိုင်သည်။ လေအလျင်(supply air velocity) မြင့်မားသည့်အခါ ရွေ့လျားနေသည့်လေ (moving air mass) နှင့် လေထွက်ပေါက်(outlet) အနီးရှိ မျက်နှာကြက် အကြားနေရာတွင် ဖိအားနည်းရပ်ဝန်း (negative or low pressure area) ဖြစ်ပေါ်သည်။

Occupied Zone

ကြမ်းပြင်မှ အထက်(၆)ပေ(6 ft [1.8 m]) အထိအမြင့်ကို occupied zone ဟုသတ်မှတ်သည်။ ဖိအားနည်းရပ်ဝန်း(negative or low pressure area)ကြောင့် ရွေ့နေသည့်လေ(moving air) ကို မျက်နှာကြက် မျက်နှာပြင်(ceiling surface)သို့တက်သွားစေသည်။ ထိုကဲ့သို့ဖြစ်ခြင်းကို "Coanda effect" ဟုခေါ်သည်။



ပုံ ၅-၅၈ Spread and Throw



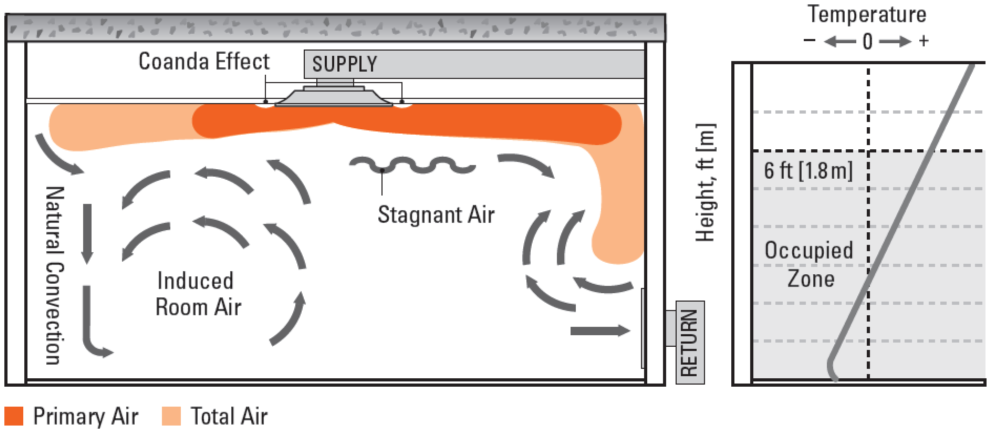
ပုံ ၅-၅၉ Active and inactive sections

ဖိအားကျဆင်းမှု(Pressure Drop)

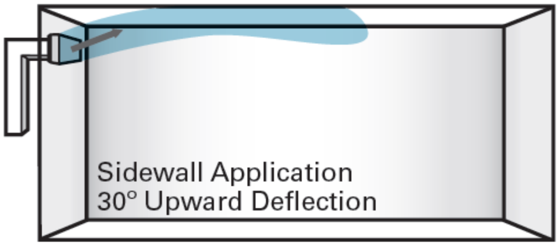
လေထွက်ပေါက်(air outlet)တိုင်းတွင် ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(pressure loss)ဖြစ်ပေါ်သည်။ ဖိအားဆုံးရှုံးမှု (pressure loss) ပမာဏသည် လေထွက်ပေါက်(air outlet)၏ model, size and geometry of the air outlet အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(pressure loss)ကို in. w.g. သို့မဟုတ် Pa ဖြင့် ဖော်ပြသည်။

လေစီးနှုန်း(air flow)များလေလေ လေထွက်ပေါက်(air outlet)၏ ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(pressure loss) များ လေလေဖြစ်သည်။

လေထွက်ပေါက်(air outlet)၏ ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(pressure loss)ကို system pressure တွက်သည့်အခါတွင် ထည့်တွက်ရန်လိုသည်။

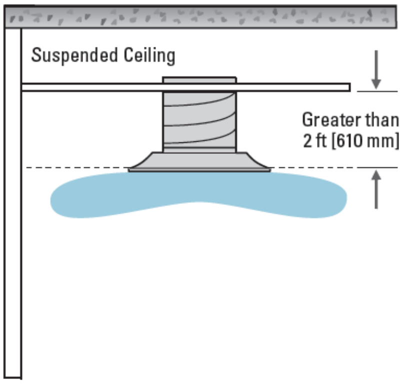


ပုံ ၅-၆၀ Space air diffusion with overhead heating

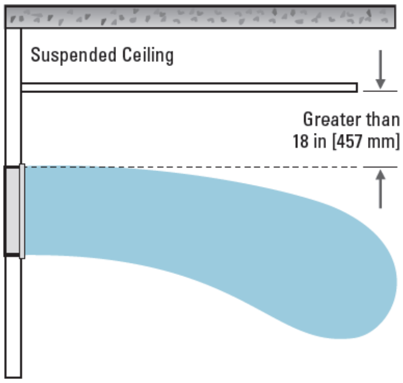


ပုံ ၅-၆၁ Upward deflection

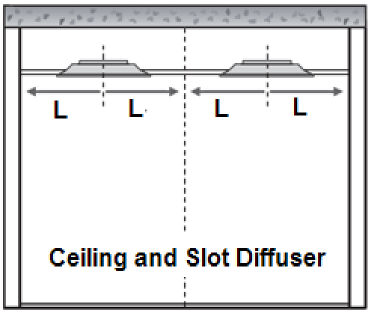
ပုံ ၅-၆၂ Sidewall application

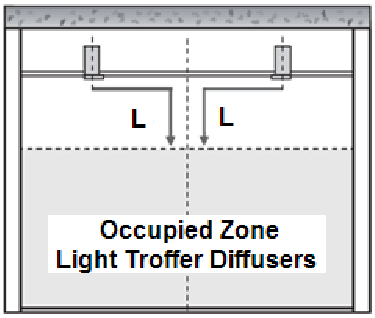


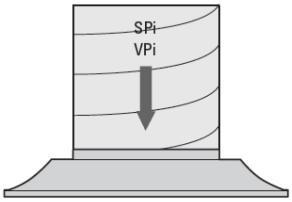
ပုံ ၅-၆၃ Ceiling diffuser free space mounting



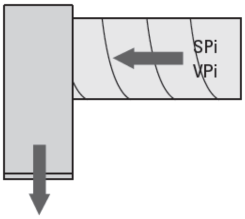
ပုံ ၅-၆၄ Sidewall outlet free space mounting







ပုံ ၅-၆၅ Ceiling diffuser



ပုံ ၅-၆၆ Slot diffuser

၅.၁၀.၂ Diffuser အမျိုးမျိုး (Air Diffusers)

ပြည့်စုံကောင်းမွန်သည့် air con system တစ်ခုဖြစ်ရန် လေထွက်ပေါက်(air outlet)များ ရွေးချယ်ခြင်းသည် အရေးကြီးသည်။

(က) Grilles and Registers

Louver များဖြင့်ပြုလုပ်ထားသည့် လေထွက်ပေါက်(air outlet) နှင့် လေဝင်ပေါက်(intake)များ အားလုံးကို grille ခေါ်ဆိုလေ့ရှိသည်။ စတုရန်းပုံကွက်(square) သို့မဟုတ် စတုရန်းပုံကွက်(rectangular) ဖြစ်သည်။ face size နှင့် neck size ဟူ၍ အရွယ်အစား နှစ်မျိုးဖြင့် ဖော်ပြလေ့ရှိသည်။ လိုသလို လှည့်နိုင်သည့် (adjustable louvers) များနှင့် အသေတပ်ထားသည့် (stationary louvers) ဟူ၍ နှစ်မျိုးကွဲပြားသည်။ single deflection အမျိုးအစား grille များသည် တစ်ဘက်တည်းသာ စောင်းပေးနိုင်သည်။ double deflection အမျိုးအစား grille များသည် horizontal နှင့် vertical နှစ်ဘက်စလုံး လေထွက်အောင် စောင်းပေးနိုင်သည်။ Grille များမှ လေထွက်နှုန်းကို ထိန်းချုပ်ရန်အတွက် volume control damper(VCD) ဖြင့်တွဲ၍ တပ်ဆင်ထားလျှင် register ဟူ၍ ခေါ်လေ့ရှိသည်။

(ခ)Linear Bar Grille

နေရာနှင့်လိုက်လျောညီထွေ တပ်ဆင်ရန်အတွက် ရှည်လျားသည့် grille များကို linear bar grille ဟုခေါ်ဆိုသည်။

(ဂ)Linear Slot Diffuser

Linear Slot Diffuser များသည် အလွန် ရှည်လျားသည့် လေထွက်ပေါက်(air outlet) ဖြစ်ကြသည်။
Slot တစ်ခု၏ လေထွက်ရန်နေရာအကျယ်သည် ငါးမူး(½ in. [13 mm])၊ သုံးမတ်(¾ in. [19 mm]) နှင့် တစ်လက်မ(1 inch [25 mm]) တို့ရနိုင်သည်။ Slot အရေအတွက် (၂)ခုမှ (၁ဝ)ခုအထိရနိုင်သည်။ Linear slot diffuser များကို မျက်နှာကြက်(ceiling)တွင် တပ်ဆင်လေ့ရှိသည်။

Round ceiling diffuser

Square ceiling diffuser

Louvered face diffuser

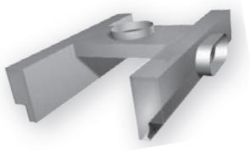
ပRound plaque diffuser

Square plaque diffuser

Perforated ceiling diffuser

Round Twist Diffuser

Plenum slot diffuser

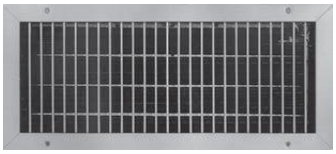

Light troffer diffuser

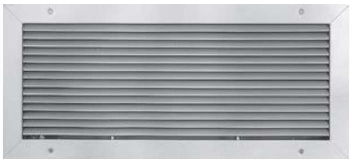
ပုံ ၅-၆၈ Diffuser အမျိုးမျိုးကို ဖော်ပြထားပုံ

ပုံ ၅-၆၉ Linear bar grille[6mm] spacing

ပုံ ၅-၇ဝ Return grille

ပုံ ၅-၇၁ Linear slot diffuser


ပုံ ၅-၇၂ Double deflection supply grille


ပုံ ၅-၇၃ Return grille

Industrial Ventilation

Industrial supply grille

Drum louver

Nozzle

Industrial return grille

Security grille

ပုံ ၅-၇၄

Slot diffusers နှင့် light troffer diffusers များသည် လေပမာဏနည်း(low air volumes)သည့် အခြေအနေတွင် throws အသင့်အတင့်ရနိုင်သောကြောင့် VAV applications များတွင် အသုံးပြုရန် သင့်လျော်သည်။

၅.၁၀.၃ Diffuser အမျိုးမျိုးတို့၏ Characteristic Length

Characteristic length for various diffuser types	
Diffuser Type	Characteristic Length, L
High Sidewall Grille	Distance to wall perpendicular to jet
Circular Ceiling	Diffuser Distance to closest wall or intersecting air jet
Sill Grille	Length of room in the direction of the jet flow
Ceiling Slot Diffuser	Distance to wall or midplane between outlets
Light Troffer Diffusers	Distance to midplane between outlets, plus distance from ceiling to top of occupied zone
Perforated, Louvered Ceiling Diffusers	Distance to wall or midplane between outlets

၅.၁၀.၄ လေထွက်ပေါက်(Air Outlet)မှ ဖြစ်ပေါ်သည့် ဆူညံသံ(Noise Level)

လေထွက်ပေါက်(air outlet)မှ ဖြစ်ပေါ်သည့် ဆူညံသံ(noise level) သည် Noise Criteria (NC) sound pressure value based on an industry standard 10 dB default for room absorption.

လေထွက်ပေါက်(air outlet)မှ ဖြစ်ပေါ်သည့် ဆူညံသံ(noise level) သည် လေထွက်ပေါက်(air outlet)မှ ထွက်သည့် လေအလျင်()ပေါ်တွင်မူတည်သည်။ လေထွက်ပေါက်(air outlet)များကို ရွေးချယ်သည့်အခါ ASHRAE recommended NC level values များကို မှီငြမ်းကိုးကားသင့်သည်။

Diffuser မှ ဖြစ်ပေါ်လာသည့် ဆူညံသံများကို နှိုင်းယှဉ်ဖော်ပြထားပုံ

24 in. x 24 in. module [610 mm x 610 mm], 380 cfm [180 L/s], 700 fpm [3.6 m/s] neck velocity

	DiffuserType	NC Level		DiffuserType	NC Level
(၁)	Square Cone	17	(၅)	Perforated Curved Vane	28
(၂)	Square Plaque	18	(၆)	Louvered Face	31
(၃)	Round Cone	22	(၇)	Perforated Face Deflector	33
(၄)	Modular Core	26	(၈)	Perforated Neck Deflector	37

၅.၁၀.၅ Plenum Slot Diffuser မှ ဖြစ်ပေါ်လာသည့် ဆူညံသံများကို နှိုင်းယှဉ်ဖော်ပြထားပုံ

1 in. slot, 4 ft [1.2 m], 270 cfm [127 L/s], 8 in. [203 mm] neck, 800 fpm [4.1 m/s] neck velocity

	DiffuserType	**NC Level**		**DiffuserType**	**NC Level**
(၁)	Linear Slot	31	(၃)	Linear IceTong	39
(၂)	Linear Fixed Curved	36	(၄)	Linear Wiper Blade	46

၅.၁၁ Duct cleaning

Duct များအတွင်း၌ အမှုန့်၊ အမှိုက်များ စုဝေးမနေအောင် ဒီဇိုင်းလုပ်ရမည်။ နှစ်ပေါင်းကြာမြင့်စွာ အသုံးပြုခဲ့သောကြောင့် duct များအတွင်း၌ အမှုန့် ၊ အမှိုက်များ စုဝေးနေခဲ့သော် သန့်ရှင်းရေး(duct cleaning) လုပ်ရန် လိုအပ်သည်။

ပုံ ၅-၇၅ Duct များအတွင်း၌ အမှုန့် ၊ အမှိုက်များ စုဝေး နေပုံ

-End-