Chapter- 7
Cooling Load Calculations – Part Two

ပြီးခဲ့သည့် Cooling Load Calculation (Part One)သည် RIT နောက်ဆုံးနှစ်(1995) Air Conditioning ဘာသာရပ် ပြဌာန်းစာအုပ်ဖြစ်သည့် Air Conditioning Principles and Systems an Energy Approach (4th Edition) by Edward G. Pita စာအုပ်မှ အခန်း(၆)ကို ဘာသာပြန် ဆိုသည်။

ယခု Cooling Load Calculation – Part Two ကို မှီငြမ်း(reference)သည့်စာအုပ် မတူညီသောကြောင့် Chapter- 7 အဖြစ် သီးသန့်အခန်း တစ်ခန်းအဖြစ် ခွဲ၍ ရေးသားထားသည်။ မှီငြမ်း(reference)သည့်စာအုပ် မတူသောကြောင့် ရောထွေးမှုများ မဖြစ်ပေါ်စေရန် အခန်းခွဲ၍ ရေးသားခြင်းဖြစ်သည်။ www.cedengineering.com မှ A. Bhatia ရေးသည့် Cooling Load Calculations and Principles ကို ဆီလျော်အောင် ဘာသာပြန်ဆိုသည်။ Part One (Chapter- 6)နှင့် Part Two (Chapter- 7)တို့ အိုင်ဒီယာနှင့်တွက်နည်း တူညီကြသော်လည်း တင်ပြပုံမတူညီခြင်း၊ ဒေတာများဖတ်ရန် အသုံးပြုသည့်ဇယားတို့ မတူညီခြင်းကြောင့် ခွဲ၍ ရေးသားခြင်း ဖြစ်သည်။

Part One (Chapter- 6)တွင် ဖတ်ရှုရသည့်ဇယားများသည် ဖြစ်သည်။ Part Two(Chapter- 7)တွင် အသုံးပြုသည့်ဇယားများသည် ASHRAE Handbook Fundamentals နှင့် ASHRAE Handbook Fundamentals, 1997 chapter 24 and 25 မှ ဇယားများ ဖြစ်သည်။ ထိုဇယားများကို မူပိုင်ခွင့်ကြောင့် ဤအခန်းတွင် မဖော်ပြထားပါ။ အင်တာနက်မှ အလွယ်တကူ ရယူနိုင်ပါသည်။

၇.၁ Objective

အောက်ပါ ရည်ရွယ်ချက်များဖြင့် cooling load calculation ပြုလုပ်ကြသည်။

(က) Equipment များ ရွေးချယ်ခြင်း(selection)ပြုလုပ်ရန် ၊ system အရွယ်အစားရွေးချယ်ခြင်း(sizing) နှင့် system design ပြုလုပ်ရန်အတွက် လုံလောက်သည့် အချက်အလက်များ(information)ရရှိရန်

(ခ) Load လျှော့ချနိုင်ရန်(reduction ပြုလုပ်ရန်)အတွက် လိုအပ်သည့် data များရရှိရန် နှင့်

(ဂ) Partial load အခြေအနေတွင် ဖြစ်ပေါ်မည့် system operation နှင့် control လုပ်ငန်းများ အတွက် လေ့လာ ဆန်းစစ်(analysis)ရန် တို့ ဖြစ်သည်။

ဤအခန်းတွင် cooling load ပမာဏကို စာရွက်ပေါ်တွင် ဂဏန်းပေါင်းစက်ကို အသုံးပြု၍ တွက်ချက်ခြင်း သို့မဟုတ် excel ဖိုင်ဖြင့် တွက်ချက်ခြင်း(manual calculation)အတွက် လိုအပ်သော တွက်နည်းအဆင့်များ (procedures)ကို ဖော်ပြထားသည်။ ကွန်ပျူတာပရိုဂရမ်ဖြင့် တွက်ချက်သည့်အခါ၌လည်း ဤသဘောတရားများကို

နားလည်သဘောပေါက်ထားမှသာ တိကျမှန်ကန်သည့် ရလဒ်များ ရနိုင်လိမ့်မည်။

Cooling load တွက်ချက်ရာတွင် စက်မှုလုပ်ငန်းများ၌ လက်ခံကျင့်သုံးနေသည့်နည်းများ(published methods)၊ ဇယားများ(tables)နှင့် chart များ လိုအပ်သည်။ လက်စွဲစာအုပ်(industry handbooks)၊ manufacturer's engineering data နှင့် manufacturer's catalog data စသည်တို့သည် ဒီဇိုင်းအချက်အလက်များ(design information)ရရှိနိုင်သည့် နေရာများဖြစ်ကြသည်။ ဤအခန်းတွင် ဇယားများကို ဖြတ်ညှပ်ကပ်လုပ်(duplicate)ရန် မရည်ရွယ်ဘဲနှင့် ထိုစာရွက်စာတမ်းများမှ လိုအပ်သည့် information များ၊ သင့်လျော်သည့် အချက်အလက်များ ကို မည်ကဲ့သို့ ဖတ်ရှုရမည်၊ ဒေတာများမရနိုင်ပါက မည်ကဲ့သို့သောယူဆချက်(assumption)များကို ချမှတ်ရမည်၊ ဒေတာများကို အသုံးပြု၍ မည်ကဲ့သို့ တွက်ချက်မှုများ ပြုလုပ်ရမည် စသည့်အချက်များကို နားလည်သဘောပေါက်စေရန် ရည်ရွယ်သည်။

Cooling load တွက်ချက်ရန်အတွက် လိုအပ်သည့်ဒေတာများ စုဆောင်းသည့်အခါ ဆုံးဖြတ်ချက်များ ပြုလုပ်ရသည်။ အင်ဂျင်နီယာနှင့် ဒီဇိုင်နာများသည် တွက်ချက်ရန်အတွက် ဒေတာများ စုဆောင်းသည့်အခါ ချိန်ဆမှုများ (engineering judgment) ပြုလုပ်ရသည်ကို သိစေလိုသည်။ ဇယား(table)များ ဖတ်တတ်ရုံဖြင့် တွက်ချက်ရန်အတွက် ယုံကြည်စိတ်ချရသည့် ဒေတာများ မရရှိနိုင်ပါ။ ပိုမိုရှင်းလင်းစွာ နားလည်သဘောပေါက်ရန် နောက်ပိုင်းတွင် ဥပမာ(၂)ခု ဖြင့် ဖော်ပြထားသည်။

၇.၂ Terminology

Cooling load တွက်ချက်မှုများ ပြုလုပ်ရာတွင် အသုံးပြုမည့် အခေါ်အဝေါ်များ(technical terms)ကို ASHRAE Standard 12-75 ၏ Refrigeration Terms and Definitions မှ ကောက်နုတ် ဖော်ပြထားသည်။

Room

အခန်း(room) ဆိုသည်မှာ နံရံလေးဘက် ကာရံထားသည့် နေရာတစ်ခု(an enclosed space) ဖြစ်သည်။

Space

Space ဆိုသည်မှာ အလုံပိတ်နေသည့် နေရာ သို့မဟုတ် ခန်းဆီးကန့်ထားသည့် အခန်း(partitioned room) တစ်ခန်း ဖြစ်နိုင်သလို၊ ခန်းဆီး မကာရံထားသည့်အခန်း သို့မဟုတ် အခန်းများစွာ ပါဝင်သည့် ထုထည် (volume)သတ်မှတ်နိုင်သည့် နေရာတစ်ခု ဖြစ်သည်။ Load တစ်ခု(single load)အဖြစ် ယူဆ၍ တွက်ချက်နိုင်သည့်နေရာကို space အဖြစ် သတ်မှတ်သည်။

Zone

Zone ဆိုသည်မှာ အဆောက်အဦ အတွင်းရှိ heating နှင့် cooling လိုအပ်ချက်များအရ စုဝေးထားသည့် တစ်ခုထက် ပိုများသည့်နေရာ(group of spaces)များကို ဇုန်(zone)ဟု သတ်မှတ်သည်။ အလုံပိတ်နေသည့် နေရာ သို့မဟုတ် ကာရံထားသည့် နေရာများ ဖြစ်ကြသည်။

Comfort cooling အတွက် တူညီသည့် အပူချိန်ပေးနိုင်ရန် control device (ဥပမာ - thermostat) တစ်ခု တည်းဖြင့် အတူတကွ ထိန်းချုပ်(control လုပ်) နိုင်သည့်နေရာ အစုအဝေး ဖြစ်သည်။

British Thermal Unit (BTU)

BTU ဆိုသည်မှာ ရေအလေးချိန် (၁)ပေါင်ကို အပူ(၁)ဒီဂရီဖာရင်ဟိုက် မြင့်တက်စေရန်(59°F မှ 60°F သို့) အတွက် ထည့်ပေးရမည့် အပူပမာဏဖြစ်သည်။ Air con unit များ၏ capacity ကို Btu ဖြင့် ဖော်ပြကြသည်။ Air con unit မှ တစ်နာရီအတွင်း ဖယ်ထုတ်ပေးနိုင်သည့် အပူပမာဏကို Btu/hr ဖြင့် ဖော်ပြကြသည်။ Refrigeration Ton သည် air con ဘာသာရပ်တွင် အသုံးပြုသည့် နည်းပညာဝေါဟာရ တစ်ခုဖြစ်သည်။ RT ဟု အတိုခေါက် ရေးသားလေ့ ရှိသည်။

- ☐ 1 ton(RT) is equivalent to 12,000 BTU/hr and
- ☐ 12,000 BTU/hr is equivalent to 3,516 Watts - or 3.516 kW (kilo-Watts).

Cooling Load Temperature Difference (CLTD)

Cooling Load Temperature Difference (CLTD) ဆိုသည်မှာ အခန်းအတွင်းနှင့် အခန်းအပြင်(ပြင်ပ) အပူချိန်ကွာခြားချက်(equivalent temperature difference) ဖြစ်သည်။ Instantaneous external cooling load တွက်ရန်အတွက် အသုံးပြုသည်။ အဆောက်အဦးနံရံ(wall) သို့မဟုတ် ခေါင်မိုး(roof)ကို ဖြတ်၍ အပူများ စီးဆင်းရန်အတွက် လိုအပ်သည့် အပူချိန်ကွာခြားချက်(equivalent temperature difference) ဖြစ်သည်။

Sensible Heat Gain (SGH)

Sensible Heat Gain (SGH) ဆိုသည်မှာ conduction ၊ convection နှင့် radiation နည်းတို့ဖြင့် အခန်း (space) အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်လာမည့် အပူစွမ်းအင်(heat energy) ဖြစ်သည်။ အပူချိန်ပြောင်းလဲမှုကို ဖြစ်စေသည့် အပူစွမ်းအင် ဖြစ်သည်။

Latent Heat Gain (LGH)

Latent Heat Gain(LGH) ဆိုသည်မှာ အခန်း(space)အတွင်းရှိ လေထဲသို့ ရေခိုးရေငွေ့များ ရောက်ရှိသွားခြင်းကြောင့် တိုးလာသည့် စွမ်းအင်(energy) ဖြစ်သည်။ အခန်းတွင်း၌ ရှိနေသူများ(occupants)ထံမှ ထွက်လာသည့် ရေခိုးရေငွေ့များ၊ process များမှ ထုတ်လွှတ်သည့် ရေခိုးရေငွေ့များ သို့မဟုတ် ပြင်ပ (outside) နေရာ၊ ဘေးဘက် အခန်း၊ ဧရိယာ(adjacent areas)တို့မှ စိမ့်ဝင်(infiltration) လာသည့် လေထဲတွင် ပါဝင်နေသည့် ရေခိုးရေငွေ့များကြောင့် ဝင်ရောက်လာ(တိုးလာ)သည့် စွမ်းအင်(energy)များ ဖြစ်သည်။ အစိုင်အခဲ၊ အရည်၊ အငွေ့ စသည့် အခြေအနေ ပြောင်းလဲမှုကို ဖြစ်စေသည့် အပူစွမ်းအင် ဖြစ်သည်။

Radiant Heat Gain

Radiant heat gain ဆိုသည်မှာ အပူဟပ်ခြင်းကြောင့် တိုးလာသည့်အပူများ ဖြစ်သည်။ ပတ်ဝန်းကျင် အပူချိန်မြင့်သည့် အခါတွင် အရာဝတ္ထုများ အပူဟတ်ခြင်းခံရသည်။ အပူချိန်နိမ့်သည့် အရာဝတ္ထုများ၏ မျက်နှာပြင်မှ အပူစုပ်ယူသည်။ Radiation နည်းဖြင့် ဝင်ရောက်လာသည့် အပူများ၊ space အတွင်းရှိ အရာဝတ္ထုများက စုပ်ယူလိုက်သည့် အပူ(absorbed heat) ဖြစ်သည်။

Space Heat Gain

Space heat gain ဆိုသည်မှာ conditioned space အတွင်းသို့ရောက်လာသည့် အပူများ သို့မဟုတ် သတ်မှတ်ထားသည့် အချိန်အတိုင်းအတာအတွင်း(given time interval) conditioning space အတွင်းမှ ထုတ်လွှတ်သည့် အပူများကို ဆိုလိုသည်။ ပြင်ပမှ ဝင်ရောက်လာသည့် အပူများကြောင့်အခန်းအတွင်းအပူများ ပိုများလာသည်။ အခန်းအတွင်းမှ အပူများထုတ်လွှတ်သောကြောင့်လည်း အပူများ ပိုများလာသည်။

Space Cooling Load

Space cooling load ဆိုသည်မှာ space အတွင်းရှိလေ၏ အပူချိန်(air temperature)ကို မပြောင်းလဲအောင် ထိန်းထားရန်အတွက် ထို space အတွင်းမှ ဖယ်ထုတ်ပစ်ရမည့် အပူပမာဏ သို့မဟုတ် အပူစွမ်းအင် ဖြစ်သည်။

Space Heat Extraction Rate

Space heat extraction rate ဆိုသည်မှာ အလိုရှိသည့်အခန်းအပူချိန်(room temperature) မပြောင်းလဲစေရန်အတွက် သို့မဟုတ် ထိန်းထားနိုင်ရန်အတွက် conditioned space မှ ဖယ်ထုတ်နေရမည့် အပူပမာဏနှုန်း ဖြစ်သည်။ Space heat extraction rate သည် space cooling load နှင့် ညီမျှသည်။

Temperature (Dry Bulb)

အပူချိန်တိုင်းကိရိယာ သာမိုမီတာ(thermometer)မှ ဖော်ပြသည့် အပူချိန်သည် Dry Bulb အပူချိန်

ဖြစ်သည်။ ဆရာဝန်သုံး သာမိုမီတာမှ ဖတ်ယူ၍ရသည့် တန်ဖိုးသည် Dry Bulb အပူချိန် ဖြစ်သည်။

Temperature (Wet Bulb)

Wet Bulb ဆိုသည်မှာ ရေစွတ်ထားသည့် သာမိုမီတာမှ ဖတ်ယူရသည့်တန်ဖိုး ဖြစ်သည်။ Wet bulb တန်ဖိုး ဖတ်ယူရန်အတွက် သာမိုမီတာကို ဝါဂွမ်း သို့မဟုတ် အဝတ်ဖြင့် ရေစိုအောင် ပြုလုပ်ရသည်။ စိုနေသည့် ရေများအငွေ့ပျံ(evaporation)သောကြောင့် အအေးဓာတ်ဖြစ်ပေါ်သည်။ ထို့ကြောင့် Wet Bulb သည် Dry Bulb ထက် အမြဲပိုနိမ့်သည်။

ရေငွေ့ပျံသည့်နှုန်း(rate of evaporation)သည် ရေထဲတွင်ရှိနေသည့် ရေခိုးရေငွေ့ပမာဏ(humidity of the air)အပေါ်တွင် မူတည်သည်။

လေထဲတွင် ရေခိုးရေငွေ့များ ပြည့်ဝနေသည့်အခါ ရေငွေ့ပျံခြင်း(evaporation) ဖြစ်ပေါ်သည့်နှုန်း နှေးသွားသည်။ နည်းသွားသည်။ ထို့ကြောင့် အပူချိန် နှစ်မျိုး(Dry bulb နှင့် Wet bulb)ဖြင့် လေထုအတွင်းရှိ ရေငွေ့ ပမာဏ သို့မဟုတ် စိုထိုင်းဆကို ဖော်ပြခြင်း ဖြစ်သည်။

Dewpoint Temperature

Saturation ဖြစ်ပေါ်မည့် အပူချိန် သို့မဟုတ် အခန်းတစ်ခု အတွင်းရှိ သတ်မှတ်ထားသည့် ဖိအားတွင် ရေခိုးရေငွေ့များ စတင်၍ ရေအဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲ(condensation)မည့် အပူချိန် ဖြစ်သည်။

Relative Humidity

Relative humidity ဆိုသည်မှာ saturation ဖြစ်မည့် အခြေအနေမှ မည်မျှကွာဝေးသည်ကို ဖော်ပြသည်။ လေထဲရှိ ရေခိုးရေငွေ့ပမာဏ(amount of water vapor)ကို ဖော်ပြရာတွင် အသုံးပြုသည့် ဝေါဟာရ ဖြစ်သည်။ ရေခိုးရေငွေ့ပမာဏနှင့် ရေငွေ့ပျံနှုန်း(rate of evaporation)ကို ဆွေးနွေးရာတွင် saturation ကို နားလည်စေနိုင်သည့် နည်းတစ်မျိုး ဖြစ်သည်။ Relative humidity 100% သည် ရေခိုးရေငွေ့များ ရာနှုန်းပြည့် ရှိနေသည့်လေ(saturated air) ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် ရေသည် သယ်ဆောင်နိုင်သမျှ ရေခိုးရေငွေ့ပမာဏအားလုံးကို သယ်ဆောင်ထားပြီး ဖြစ်သည်ဟု ဆိုလိုသည်။ ထို့ကြောင့် saturation ဖြစ်စေရန်အတွက် အအေးဓာတ် ထည့်မည်မျှ ပေးရမည်ကို ဖော်ပြရာတွင် သုံးသည်။

Thermal Transmittance or Heat Transfer Coefficient (U-factor)

အဆောက်အအုံ(building envelope)ကို တည်ဆောက်ထားသည့် ဆောက်လုပ်ရေးပစ္စည်း(material) သို့မဟုတ် assembly ၊ boundary film အပါအဝင် တစ်ယူနစ် ဧရိယာ(unit area)အတွက် အတွင်းဘက်(inside)နှင့် အပြင်ဘက်(outside) လေအပူချိန်ခြားနားချက်(air temperature difference)ကြောင့် ဖြတ်သန်း စီးဆင်းသွားသည့် အပူစီးကူးနှုန်း(rate of heat flow) ဖြစ်သည်။

U-factor ၏ ယူနစ်သည် Btu/ (hr °F ft^2) ဖြစ်သည်။ Heat Transfer Coefficient ကို U-factor သို့မဟုတ် ယူတန်ဖိုး(U-value) ဟုခေါ်သည်။ အပူစီးကူးနိုင်သည့်နှုန်း ဖြစ်သည်။

Thermal Resistance (R)

အပူခုခံမှုတန်ဖိုး(resistance value)ကို R တန်ဖိုး(R value)ဟု ခေါ်သည်။ Thermal resistance (R)သည် heat transfer coefficient ၏ ပြောင်းပြန်(reciprocal) ဖြစ်သည်။ ယူနစ်သည် hr °F ft^2/Btu ဖြစ်သည်။ ဥပမာ- နံရံ(wall)တစ်ခု၏ ယူတန်ဖိုး(U-value)သည် 0.25 ဖြစ်သည်။ အပူခုခံမှုတန်ဖိုး(resistance value) သည် အပူခုခံနိုင်စွမ်း(thermal resistivity) ဖြစ်ပြီး အပူလျှောက်ကူးနိုင်စွမ်း(thermal conductivity) ၏ ပြောင်းပြန်(reciprocal) ဖြစ်သည်။ R = 1/U = 1/0.25=4.0 ။

၇.၃ Sizing Air-Conditioning System

Air conditioner အရွယ်အစား ရွေးချယ်ခြင်း(sizing)နှင့် သက်ဆိုင်သည့် သဘောတရား(concept) နှင့် အခြေခံအချက်များ(fundamentals)သည် အပူများစုပ်ယူခြင်း(heat gain)၊ အပူများဆုံးရှုံးသွားခြင်း(heat loss)ကို

အခြေခံသည်။ အဆောက်အဦ၏ အပြင်ဘက်တွင် ပူအိုက်နေပါက(အပူချိန်မြင့်နေပါက) ပြင်ပမှ အပူများ အခန်း သို့မဟုတ် အဆောက်အဦ အတွင်းသို့ ဝင်ရောက် လာလိမ့်မည်။ ထိုဝင်ရောက်လာသည့် အပူများကို ဖယ်ထုတ်ပစ်ခြင်း သည် "cooling" လုပ်ခြင်း ဖြစ်သည်။ ထို့အတူ အပြင်ဘက်၌ အေးနေပါက(အပူချိန်နိမ့်နေပါက) အခန်းတွင်းမှ အပူများ အပြင်သို့ စီးဆင်းသွားလိမ့်မည်။ ထိုဆုံးရှုံးသွားသည့် အပူများ အစားထည့်ပေးရန်အတွက် "heating" လုပ်ရန် လိုအပ်သည်။

အပြင်ဘက်မှ အပူများ ဝင်ရောက်လာခြင်းသည် အခန်းအတွင်းရှိလေများအတွက် "heat gain" ဖြစ်သည်။ ထို့အတူ အပူများ ထွက်သွားခြင်းသည် အခန်းအတွင်းရှိ လေများအတွက် "heat loss" ဖြစ်သည်။ အခန်းအပူချိန်ကို အလိုရှိသည့် အခြေအနေတွင် ထိန်းထားရန်အတွက် ညီမျှသည့် အပူပမာဏ ထည့်ပေးရန် သို့မဟုတ် ဖယ်ထုတ်ပေးရန် လိုအပ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် အဆောက်အဦ တစ်ခု သို့မဟုတ် အခန်းကို အလိုရှိသည့် သက်သောင့်သက်သာ ဖြစ်စေမည့် အပူချိန်တွင် ထိန်းထားနိုင်ရန် အတွက် cooling သို့မဟုတ် heating လုပ်ပေးရန် လိုအပ်သည်။

Heat gain သို့မဟုတ် heat loss ဖြစ်ပေါ်စေသည့် အချက်များသည် အောက်ပါ အချက်များ အပေါ်တွင် မူတည်သည်။

(၁) အပူချိန် ခြားနားချက် (Temperature Difference)

ပြင်ပအပူချိန်(outside temperature)နှင့် အခန်းအတွင်းရှိ အလိုရှိသည့် အပူချိန်(desired temperature) တို့၏ အပူချိန် ခြားနားချက်(temperature difference)ပိုများလေ အပူဆုံးရှုံးခြင်း(heat loss)နှင့် အပူတိုးခြင်း(heat gain)ပမာဏ ပိုများလေ ဖြစ်သည်။

(၂) Ceiling နှင့် Wall တည်ဆောက်ပုံ အမျိုးအစား(Type of Construction) နှင့် Amount of Insulation

ဥပမာ- ပုံစံတူအဆောက်အဦ နှစ်ခုတွင် တစ်ခုကို မှန်များဖြင့် တည်ဆောက်၍ ကျန်တစ်ခုကို အုတ်များဖြင့် တည်ဆောက်ထားသည်။ မှန်ဖြင့်ဆောက်သည့် အဆောက်အဦ၌ အပူတိုးခြင်း(heat gain)နှင့် အပူဆုံးရှုံးမှု (heat loss)ပမာဏ ပိုများလိမ့်မည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် မှန်(glass)၏ thermal conductivity (U-value)သည် အုတ်ထက် ပိုမြင့်(ပိုများ)သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ ထို့အပြင် အုတ်ဖြင့်နှိုင်းယှဉ်လျှင် ကြည်လင် (transparent)သောကြောင့် နေရောင်(solar heat)များ တိုက်ရိုက် ထိုးဖောက်ဝင်ရောက်(direct transmission) နိုင်သောကြောင့်ဖြစ်သည်။

(၃) Shading and Orientation (အရိပ်ကျရောက်ခြင်း နှင့် မျက်နှာမူရာအရပ်)

ဥပမာ- ပုံစံတူ အဆောက်အဦနှစ်လုံးတွင် အဆောက်အဦ(building)၏ ပြတင်းပေါက်များ(windows)၊ နံရံ(wall) နှင့် ခေါင်မိုး(roof)တို့တွင် အရိပ်ကျခြင်း(shade ရှိခြင်း)၊ မျက်နှာမူရာအရပ် မတူညီကြခြင်း(different orientation)၊ နေထွက်ရာ၊ နေဝင်ရာနှင့် နေသွားလမ်းကြောင်း မတူညီခြင်းတို့သည် air conditioner အရွယ် အစား ရွေးချယ်ရာ(sizing)တွင် အကျိုးသက်ရောက်မှု ရှိသည်။

(၄) မျက်နှာပြင်ဧရိယာ(Surface Area)

အရွယ်အစား မျက်နှာပြင် ဧရိယာပေါ် မူတည်၍ အပူဆုံးရှုံးခြင်း(heat loss)နှင့် အပူတိုးခြင်း(heat gain) ပမာဏ ကွဲပြားသည်။ နံရံမျက်နှာပြင်ဧရိယာ(surface area walls) ပိုကျယ်လေ အပူဆုံးရှုံးခြင်း(heat loss) သို့မဟုတ် အပူတိုးခြင်း(heat gain)ပမာဏ ပိုများလေ ဖြစ်သည်။

(၅) ပြင်ပလေ(Outdoor Air)များ

ပြင်ပလေ(outdoor air)များ အခန်းအတွင်းသို့ အကြောင်းအမျိုးမျိုးကြောင့် ဝင်ရောက်နိုင်သည်။ Heat gain သို့မဟုတ် heat loss ပမာဏသည် ပြင်ပမှလေများ အခန်း(indoor space) အတွင်းသို့ စိမ့်ဝင်သည့် လေပမာဏ အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ Air conditioner အရွယ်အစား ရွေးချယ်(sizing)ရာတွင် တံခါးပေါက်၌ ဟ,နေသည့် နေရာများ(door gaps) ၊ ပြတင်းပေါက် အက်ကြောင်းများ(cracked window)၊ တံခါးဖွင့်သည့်အခါများနှင့် မီးခိုး ခေါင်းတိုင်(chimney)မှ လေများ(infiltration air) ဝင်ရောက်လာနိုင်သည်။ ပြင်ပလေ(outdoor air)များ အခန်း အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်လာခြင်းကြောင့် heat loss သို့မဟုတ် heat gain ပမာဏ ပိုများလာလိမ့်မည်။

(၆) အခန်းအတွင်း ရှိနေသူများ(Occupants)

အခန်းအတွင်း၌ ရှိနေမည့် လူအရေအတွက်သည် air conditioner အရွယ်အစား ရွေးချယ်ရာတွင် အကျိုးသက်ရောက်မှု ရှိသည်။

(၇) လုပ်ရှားမှုများ (Activities) နှင့် တခြားသော Equipment များ

အဆောက်အဦ အတွင်းရှိ လူများအရေအတွက်၊ ထိုလူများ၏ လှုပ်ရှားမှုများ(activities)နှင့် တခြားသော equipment များကြောင့် air con equipment အရွယ်အစား ရွေးချယ်ရာတွင် အကျိုးသက်ရောက်မှု ရှိနိုင်သည်။

(၈) မီးလုံး မီးချောင်း အရေအတွက် (Amount of Lighting in the Room)

အခန်းအတွင်းရှိ မီးလုံး၊ မီးချောင်း အရေအတွက်(amount of lighting in the room)များခြင်း ကြောင့် heat gain ဖြစ်ပေါ်သည်။ Efficiency ကောင်းသည့် lighting fixture များသည် အပူအနည်းငယ်(less heat)ကိုသာ ထုတ်လွှတ်ကြသည်။

(၉) Appliances (ကိရိယာများ)

Appliance များမှ ထုတ်လွှတ်သည့် အပူပမာဏ(generated heat)သည် သုံးစွဲသည့်ပါဝါ(power equipment) အပေါ်တွင် မူတည်၍ ထုတ်လွှတ်မည့် အပူပမာဏ ကွဲပြားသည်။ Space အတွင်းရှိ မီးဖို(oven)၊ အဝတ်လျှော်စက်(washing machine)၊ ကွန်ပျူတာများ(computers)၊ တယ်လီဗွီးရှင်း(TV) စသည်တို့ အားလုံးမှ အပူများ ထုတ်လွှတ်ကြသည်။

Air conditioner များ၏ efficiency ၊ performance ၊ durability နှင့် ကုန်ကျစရိတ်(cost) တို့သည် တပ်ဆင်ထားသည့် အရွယ်အစား(size)အပေါ်တွင် မူတည်သည်။

ဒီဇိုင်နာအများစုသည် တစ်စတုရန်းပေတွင် ရှိနိုင်မည့် အပူပမာဏ(simple square foot method)ကို အခြေခံ၍ air conditioner အရွယ်အစား ရွေးချယ်ကြသည်။ ထိုနည်းကို အကြမ်းဖျဉ်း ခန့်မှန်းရာတွင်(preliminary estimation)အများဆုံး အသုံးပြုလေ့ရှိသည်။ အကြမ်းအားဖြင့် rule of thumb အရ ကြမ်းခင်း(၅၀၀)စတုရန်းပေရှိလျှင် one refrigeration ton နှင့် ညီမျှသည်။ (1 ton for every 500 square feet of floor area)။ Equipment အရွယ်အစားရွေးချယ်ရန် rules of thumb method နည်းကို အသုံးပြုသည့်အခါ အဆောက်အဦ ဒီဇိုင်းကြောင့် မည်သည့်ကွာခြားချက်မျှ မဖြစ်ပေါ်နိုင်ဟူသည့် ယူဆချက်အပေါ်တွင် အခြေခံထားသည်။ တစ်နည်း အားဖြင့် ဒီဇိုင်း ကောင်းသည်ဖြစ်စေ၊ ဆိုးသည်ဖြစ်စေ ကြမ်းခင်းစတုရန်းပေ(၅၀၀)ရှိလျှင် 1RT (12,000 Btu/hr) လိုအပ်သည်။ Rules of thumb method နည်းကို စနစ်ကျ၍ မှန်ကန်သည့်တွက်နည်း မဟုတ်ပါ။ အခန်းငယ်တစ်ခု အတွက် အသုံးပြုလျှင် အမှားပမာဏ နည်းနိုင်သော်လည်း အခန်းအရေအတွက် များသည့်အခါ အမှားပမာဏ အလွန်များနိုင်သည်။

Heat gain သို့မဟုတ် heat loss တွက်နည်း(estimating procedure)ကို Air Conditioning Contractors of America (ACCA)နှင့် American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE)တို့မှ ထုတ်ဝေထားသည့်စာအုပ်တွင် တွက်နည်း(calculation procedures) (၂)မျိုးဖြင့် ဖော်ပြထားသည်။ Central air conditioner များ အရွယ်အစားရွေးချယ်ရန်အတွက် ကန်ထရိုက်တာ(air conditioning contractor) များသည် ထိုအဖွဲ့အစည်းနှစ်ခုက လက်ခံအသိအမှတ်ပြုထားသည့် နည်းနှစ်နည်း အနက်မှ ကြိုက်နှစ်သက်သည့် နည်းဖြင့် ယခုအခါ တွက်ချက်ကြသည်။ ယခုအခါ ကွန်ပျူတာများ ပရိုဂရမ်များကို အသုံးပြု၍ cooling load software များဖြင့် တွက်ချက်ကြသည်။

၇.၃.၁ Heating Load Vs Cooling Load Calculations

ဆောင်းရာသီတွင် အဆောက်အဦမှ ဆုံးရှုံးသွားမည့် အပူပမာဏကို ခန့်မှန်းရန်အတွက် heat load တွက်ခြင်း ဖြစ်သည်။ ထို့မှတစ်ဆင့် heating equipment များ၏ အရွယ်အစားကို ရွေးချယ်နိုင်သည်။ ဆောင်းရာသီလများ၌ နေမထွက်ခင်အချိန်တွင် အမြင့်ဆုံး(peak) heating load ဖြစ်ပေါ်သောကြောင့် heating equipment များ၏ အရွယ်အစားကို ရွေးချယ်ရန်အတွက် peak load ဖြစ်ပေါ်သည့်အချိန်ကို ရှာဖွေရန် မလိုအပ်ပေ။ ဆောင်းရာသီ တစ်လျှောက်

လုံး၌ ပြင်ပအခြေအနေ(outdoor conditions) များစွာ ပြောင်းလဲမှုမဖြစ်ပေါ်ပေ။ Internal heat source များဖြစ်သည့် လူများ(occupants)၊ ကိရိယာများ(appliances) စသည့်တို့မှ ထွက်လာမည့် အပူများကြောင့် အဆောက်အဦး၌ ဖြစ်ပေါ်မည့် အပူဆုံးရှုံးမှု(heat loss)ကို သက်သာလျော့နည်းစေသည်။

Heat load calculation သည် steady state condition အတွက်သာ တွက်ခြင်း ဖြစ်သည်။ Heat load တွက်ချက်ခြင်း(calculation) ပြုလုပ်သည့်အခါ solar radiation နှင့် internal heat source များ အားလုံးကို ထည့်မတွက်ချေ။ ဤအချက်သည် cooling load တွက်ချက်ခြင်းနှင့် မတူညီသည့်အချက်ဖြစ်သည်။ Cooling load တွက်ချက်ရာတွင် solar radiation နှင့် internal heat source များ အားလုံးကို မဖြစ်မနေ ထည့်တွက်ရန် လိုအပ်သည်။ Internal heat load များကို ထည့်မတွက်ခြင်းကြောင့် အနည်းငယ်လျော့၍ ခန့်မှန်းခြင်း(under estimate) ဖြစ်နိုင်သည်။ သို့သော် စိတ်ချရသည်။

Heat load ကို အတိအကျ တွက်လိုလျှင် နံရံများ၏ အပူသိုလှောင်နိုင်စွမ်း(thermal capacity of the walls) နှင့် internal heat source များကို ထည့်သွင်း တွက်ချက်ရန် လိုအပ်သည်။

Cooling load တွက်ရာတွင် unsteady state processes အဖြစ် တွက်ရသည်။ Peak cooling load ဖြစ်ပေါ်သည့် နေ့(day)၊ အချိန်(time) နှင့် ပြင်ပအခြေအနေ(outside condition)တို့၏ ကွာခြားမှု အလွန်များသည်။ Solar radiation ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် load နှင့် internal heat source များ အားလုံးကို မဖြစ်မနေ ထည့်တွက်ရသည်။ Cooling load တွက်ရာတွင် လျော့တွက်မိခြင်း(underestimation cooling capacity)ကြောင့် လိုအပ်သည့် အခန်းအပူချိန်(required indoor conditions)ရရှိရန် မဖြစ်နိုင်တော့ပေ။ ထို့ကြောင့် cooling load calculation သည် ပို၍ ရှုပ်ထွေး ခက်ခဲသည်။

Heating load တွက်နည်းတွင် solar heat gain သို့မဟုတ် internal heat gain ကို ထည့်တွက်လေ့ မရှိပေ။ အဆောက်အဦး၏ thermal storage effect ကိုလည်း ထည့်မတွက်ကြပေ။ Cooling load calculation တွင် အဆောက်အဦးမှ အပူသိုလှောင်ထားနိုင်မှု(thermal storage characteristics of the building)သည် အဓိက ကြသည့် အချက်ဖြစ်သည်။ အဘယ်ကြောင့် ဆိုသော် နံရံများ၊ ခေါင်မိုးများမှ အပူများကို စုပ်ယူထား သောကြောင့် အခန်းအတွင်းသို့ အပူတိုးလာခြင်း(heat gain) ချက်ချင်း မဖြစ်ပေါ်ပေ။ အချိန်ခဏကြာ(time offset)ပြီးမှ နံရံနှင့် ခေါင်မိုးမှ စုပ်ယူထားသည့် အပူများကို ပြန်စွန့်ထုတ်သောကြောင့် heat gain ပိုများ လာလိမ့်မည်။

၇.၄ Heat Flow Rates

Air conditioning ဒီဇိုင်း ပြုလုပ်ရာတွင် အပူစီးကူးမှု ဖြစ်ပေါ်သည့်နည်း (၄)မျိုး (four related heat flow rates)ကို သိထားရန် လိုအပ်သည်။ ထိုနည်း (၄)မျိုးသည် အချိန်ကိုလိုက်၍ ပြောင်းလဲ(varies with time)နေသည်။ ကွဲပြားစွာ သဘောပေါက်ရန် လိုသည်။

(က) Space Heat Gain

Space အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်လာသည့် အပူစွမ်းအင်(heat energy) ပမာဏ

(ခ) Space Cooling Load

Space အပူချိန်(temperature)နှင့် စိုထိုင်းဆ(relative humidity) မပြောင်းစေဘဲ ထိန်းထားရန် အတွက် ဖယ်ထုတ်ရမည့် အပူစွမ်းအင် ပမာဏ

(ဂ) Space Heat Extraction

HVAC system က space အတွင်းမှ ဖယ်ထုတ်ရမည့် အပူပမာဏ

(ဃ) Cooling Load (Coil) - Cooling Coil မှ ဖယ်ထုတ်ရမည့် အပူစွမ်းအင်(Heat Energy)ပမာဏ

Cooling coil မှဖယ်ထုတ်လိုက်သည့် အပူပမာဏသည် နေရာများအားလုံးအပြင်(serving various spaces) duct heat gain ၊ duct leakage ၊ fan heat နှင့် outdoor makeup air စသည်တို့ ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် cooling load များလည်း ပါဝင်သည်။

၇.၄.၁ Space Heat Gain

Space heat gain သည် အချိန်အခိုက်အတန့်အတွင်း စုပ်ယူလိုက်သည့် အပူတိုးနှုန်း(instantaneous rate of heat gain)ကို ဆိုလိုသည်။ မိမိတွက်လိုသည့် နေ့ သို့မဟုတ် နာရီတွင် ဝင်ရောက်လာမည့် အပူများအားလုံး၏ ပမာဏ ဖြစ်သည်။ ပြင်ပမှ အခန်းအတွင်းသို့ ဝင်ရောက်လာသည့်အပူများနှင့်အခန်းအတွင်းမှ ထုတ်လွှတ်သည့်အပူများ (rate at which heat enters into and/or is generated within a space at a given instant) ပါဝင်သည်။ အခန်းအတွင်းသို့ အပူများ ဝင်ရောက်နိုင်သည့်နည်း သို့မဟုတ် heat gain ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည် များကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

(၁) ပြတင်းပေါက်မှန်၊ မှန်နံရံ စသည်ကဲ့သို့ ကြည်လင်နေသည့် မျက်နှာပြင်များကို ဖြတ်သန်း၍ ဝင်ရောက်လာမည့် နေရောင်ခြည်(solar radiation through transparent surfaces such as windows)
(၂) နံရံများနှင့် ခေါင်းမိုးများကို ဖြတ်သန်း၍ စီးကူးလာမည့် အပူများ(heat conduction through exterior walls and roofs)
(၃) အတွင်းနံရံ ၊ မျက်နှာကြက်နှင့် ကြမ်းခင်း စသည်တို့ကို ဖြတ်၍ စီးကူးလာမည့် အပူများ(heat conduction through interior partitions, ceilings and floors)
(၄) မီးလုံး၊ မီးချောင်း အသုံးအဆောင်များ process များမှ ထွက်လာမည့် အပူများ(heat generated within the space by occupants, lights, appliances, equipment and processes)
(၅) ထည့်ပေးရသည့် ပြင်ပလေ(ventilation air)များနှင့် စိမ့်ဝင်လာသည့် ပြင်ပလေများ(infiltration air)ကြောင့် ဖြစ်ပေါ် လာမည့် အပူများ(loads as a result of ventilation and infiltration of outdoor air)
(၆) အကြောင်းကြောင်းကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာလာမည့် အပူများ(other miscellaneous heat gains)

အခန်းအပြင်မှ ဝင်ရောက်လာသည့် အပူများ(external heat gain)နှင့် အခန်းအတွင်းမှ ထွက်လာသည့် အပူများ(internal heat gain)ဟူ၍ နှစ်မျိုးခွဲခြားနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် heat gain ကို နည်းနှစ်မျိုးဖြင့် တွက်ယူသည်။ (၁)မှ (၃)သည် ပြင်ပမှဝင်ရောက်လာသည့် အပူများ(external heat gain)ဖြစ်ပြီး (၄)မှ (၆)သည် အခန်းအတွင်းမှ ထုတ်လွှတ်သည့် အပူများ(internal heat gain) ဖြစ်သည်။

Sensible heat ဆိုသည်မှာ အရာဝတ္ထုများသည် အပူများကို စုပ်ယူလိုက်သည့်အခါ အစိုင်အခဲ၊အရည်၊အငွေ့ စသည့်အခြေအနေ(state) မပြောင်းလဲဘဲ အပူချိန်မြင့်တက်သွားလျှင် sensible heat ဟု သတ်မှတ်သည်။ Sensible heat gain သည် conditioned space အတွင်းသို့ conduction၊ convection နှင့် radiation နည်းတို့ဖြင့် ဝင်ရောက်လာသည့်အပူများ ဖြစ်သည်။

Sensible heat load များမှာ

(က) နံရံ၊ မျက်နှာကြက်၊ ကြမ်းခင်းတို့ကို ဖြတ်၍ဝင်ရောက်သည့် အပူများ(heat transmitted through floors, ceilings, walls)

(ခ) အခန်းတွင်းရှိ လူတို့မှ ထွက်လာသည့်အပူများ(occupant's body heat)

(ဂ) မီးလုံး မီးချောင်း၊ အသုံးအဆောင် ကိရိယာများမှ ထွက်လာသည့်အပူများ(appliance & light heat)

(ဃ)မှန်များကိုဖြတ်၍ ဝင်ရောက်လာသည့် နေရောင်များ(solar heat gain through glass)

(င) စိမ့်ဝင်လာသည့် ပြင်ပလေများမှ အပူများ(infiltration of outside air)နှင့်

(စ) ထည့်ပေးသည့် ပြင်ပလေများမှ အပူများ(air introduced by ventilation)တို့ဖြစ်သည်။

Latent heat load ဆိုသည်မှာ အခန်းအတွင်းရှိ လေထဲသို့ ရေခိုးရေငွေ့များ ထည့်သွင်းလိုက်သည့်အခါ သို့မဟုတ် ဝင်ရောက်သွားသည့်အခါ latent heat gain ဖြစ်ပေါ်သည်။ လူများမှထွက်လာသည့် ချွေးများ၊ အခိုးအငွေ့များ(vapor emitted by occupants)နှင့် equipment စသည့် internal source တို့ကြောင့် latent heat gain ဖြစ်ပေါ်သည်။ Indoor Air Quality(IAQ) ထိန်းထားရန်အတွက် ထည့်ပေးသည့်ပြင်ပလေ(ventilation air)နှင့်

စိမ့်ဝင်လာသည့် ပြင်ပလေ(infiltration)တို့မှ ပါလာသည့် ရေခိုးရေငွေ့များတို့ကြောင့် latent heat gain ဖြစ်ပေါ်သည်။ Latent heat load များမှ

(၁) ပြင်ပမှထည့်ပေးသည့်လေ၊ ပြင်ပမှစိမ့်ဝင်လာ သည့် လေထဲတွင် ပါဝင်နေသည့် ရေခိုးရေငွေ့များ(Moisture laden outside air form Infiltration & Ventilation)

(၂) အခန်းအတွင်းရှိလူများမှ ထွက်လာသည့်ရေခိုးရေငွေ့များ (occupant respiration & activities) နှင့်

(၃) အသုံးအဆောင်ကိရိယာပစ္စည်းတို့မှ ထွက်လာသည့် ရေခိုးရေငွေ့များ(moisture from equipment & appliances) တို့ ဖြစ်သည်။

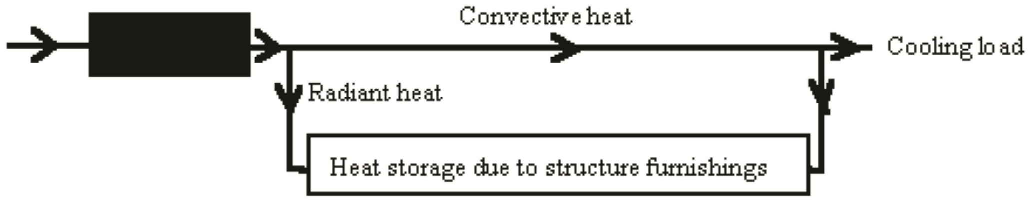
Humidity ratio ကို ပုံမှန်ထိန်းထားရန်အတွက် လေထဲရှိ ရေခိုးရေငွေ့များသည် cooling coil ၌ ရေအဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲ(condensation) သွားရမည်။ ဝင်ရောက်လာသည့် ရေခိုးရေငွေ့ပမာဏနှင့် condensation ဖြစ်သွားသည့် ပမာဏတို့ တူညီမှသာ အခန်းအတွင်း၌ Humidity Ratio ပြောင်းလဲလိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ ရေငွေ့များ ဖယ်ထုတ်ပစ်ခြင်းကို dehumidification ဟုခေါ်သည်။ အလေးချိန် တစ်ကီလိုဂရမ်ရှိ ရေငွေ့များ(1 kg of humidity) ကို ဖယ်ထုတ်ရန်အတွက် စွမ်းအင်(energy) 0.7 kWh ပမာဏလိုအပ်သည်။ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုများသည့် process ဖြစ်သည်။

၇.၄.၂ Space Heat Gain V/s Cooling Load (Heat Storage Effect)

Space Heat Gain ≠ Space Cooling Load

Conduction ၊ convection ၊ solar radiation ၊ lightning ၊ people ၊ equipment စသည့် heat source များမှ ဝင်ရောက်လာသည့် အပူများအားလုံးသည် အခန်းအတွင်းရှိ လေထဲ(conditioned space)သို့ ချက်ချင်း (instantaneously)ရောက်ရှိ မသွားကြသည်မဟုတ်ပေ။ တချို့တစ်ဝက်သာ အခန်းအတွင်းရှိ လေထဲသို့ (conditioned space) ချက်ချင်း ရောက်ရှိသွားကြသည်။ နေရောင်(sun)၊ မီးလုံးမီးချောင်း(lighting)၊ လူများ(people) စသည့်တို့မှ ထွက်လာသည့် radiation heat များကို အခန်း အတွင်းရှိ မျက်နှာပြင်များ(internal surfaces) မှ ပထမဦးစွာ စုပ်ယူသည်။

မျက်နှာကြက်(ceiling)၊ ကြမ်းခင်း(floor)၊ အခန်းအတွင်းနံရံများ(internal walls) ၊ ပရိဘောဂ(furniture) စသည်တို့သည် အပူစုပ်ယူ သိုလှောင်နိုင်စွမ်း(thermal capacity)များသောကြောင့် ဝင်လာသည့်အပူများကို ဦးစွာ စုပ်ယူသိုလှောင်ပြီး တဖြည်းဖြည်းခြင်း ၎င်းတို့၏အပူချိန်(temperature) မြင့်တက်လာသည်။ Radiant heat များကို စုပ်ယူပြီး အချိန်အနည်းငယ် နောက်ကျ(time lag)ပြီးမှ ပြန်ထုတ်ပေးသည်။ ဖြစ်ပေါ်သည့် အချိန်နောက်ကျခြင်း(time lag)သည် မျက်နှာပြင်ဧရိယာ၊ ထုထည်နှင့် အပူပမာဏအပေါ်တွင် မူတည်သည်။ မျက်နှာပြင်များ(surfaces)၏ dynamic characteristics ကြောင့် time lag ဖြစ်ပေါ်မှု ကွာခြားသည်။



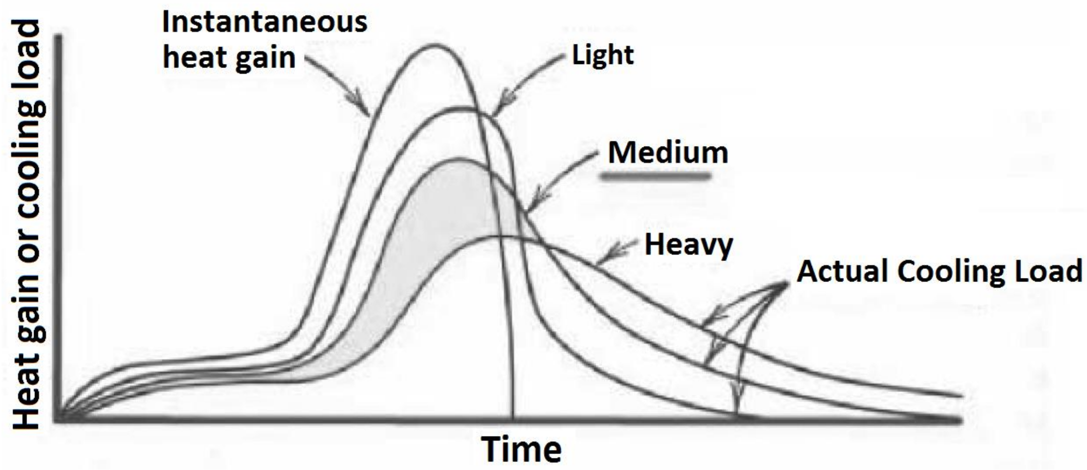
ပုံ ၇-၁ Differences between Space Heat Gain and Space Cooling Load

Differences between Space Heat Gain and Space Cooling Load (B)

Instantaneous heat gain နှင့် cooling load တို့ မတူညီရသည့် အကြောင်းများမှာ heat storage affect နှင့် time lag တို့ကြောင့် ဖြစ်သည်။

ပုံ(၇-၂)တွင် heat gain နှင့် cooling load စပ်ဆက်နေပုံကို ဖော်ပြထားသည်။ အဆောက်အဦ ထုထည် (effect of the mass of the structure) ထုထည်အပါး၊ အလယ်အလတ်၊ ထုထည်ကြီး(light, medium &heavy) စသည်ဖြင့် ကွဲပြားသောကြောင့် ပုံ(၇-၂)တွင် ပြထားသည့်အတိုင်း peak heat ဖြစ်ပေါ်သည့် အချိန် နောက်ကျမှု

(delay) ဖြစ်ပေါ်သည်။ အထူးသဖြင့် ထုထည်ကြီးမားသည့် အဆောက်အဦ(heavy construction) များတွင် time lag နှင့် heat storage effect ပိုများသည်။



ပုံ ၇-၂ Actual cooling load and solar heat gain for light, medium and heavy construction

၇.၄.၃ Space Cooling Load Vs Cooling Coil Load

Space cooling load ဆိုသည်မှာ အခန်းအပူချိန်(spaces air temperature)ကို အလိုရှိသည့် အတိုင်းအတာ ထိန်းထားရန်အတွက် ဖယ်ထုတ်ရမည့် အပူပမာဏ ဖြစ်သည်။ Cooling load ဆိုသည်မှာ cooling coil မှ ဖယ်ထုတ်ရမည့် အပူစွမ်းအင်ပမာဏ ဖြစ်သည်။

Central air conditioning system မှ cooling coil သည် တစ်နေရာထက် ပိုများသည့် space များအတွက် (serves one or more conditioned spaces)ဖြစ်သည်။

Cooling coil load ပမာဏသည် serve လုပ်သည့် အခန်းများ၊ နေရာများအားလုံး၏ space instantaneous cooling load သာမက fan energy ၊ duct heat gain ၊ duct leakage ၊ lighting system heat gain စသည်တို့ အားလုံး စုပေါင်းထားသည့်ပမာဏ ဖြစ်သည်။ Equipment အရွယ်အစား ရွေးချယ်ရာတွင် ထိုအချက်များအားလုံးကို ထည့်သွင်း စဉ်းစားရသည်။

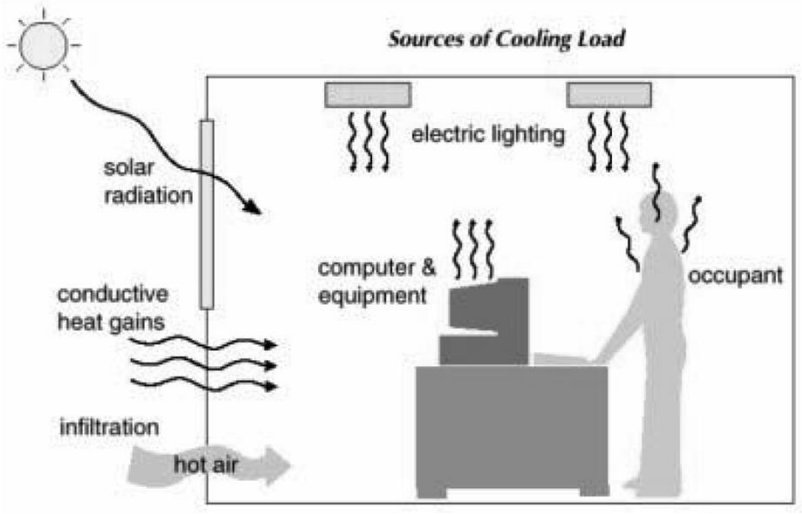
၇.၅ Components of Cooling Load

Total building cooling load တွင် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် building envelope ဖြစ်သည့် နံရံများ(walls)၊ ခေါင်မိုး (roof)၊ ကြမ်းခင်း(floor)၊ ပြတင်းပေါက်(windows)၊ တံခါးများ(doors)ကို ဖြတ်သန်း(through) ဝင်ရောက်လာမည့် အပူများ၊ လူများ(occupants)၊ စက်များ(equipment)နှင့် မီးလုံးမီးချောင်း(lights)တို့မှ ထုတ်လွှတ်သည့် အပူ(heat generated)တို့ ပါဝင်သည်။

ပြင်ပမှဝင်ရောက်လာ သည့် အပူများကို "**external load**" ဟုခေါ်သည်။ Space အတွင်းမှ ထုတ်လွှတ်သည့် အပူများကို "**internal loads**" ဟု ခေါ်သည်။ External နှင့် internal load တို့၏ ကွာခြားသည့် ပမာဏသည် အဆောက်အဦ အမျိုးအစား(building type)၊ ရာသီဥတု(climate)နှင့် အဆောက်အဦဒီဇိုင်းတို့ အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ Total cooling load တိုင်းတွင် sensible နှင့် latent heat load နှစ်မျိုးလုံး ပါဝင်သည်။ Sensible load သည် Dry Bulb temperature အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ Latent load သည် air conditioned space ၏ လေထဲရှိ ရေခိုးရေငွေ့ ပါဝင်မှု(moisture content) အပေါ်တွင် မူတည်သည်။

External loaded နှင့် internal loaded ဟူ၍ နှစ်မျိုးကွဲပြားသည်။ External cooling load သည် ပတ်ဝန်းကျင်(surrounding conditions) ၊ ရာသီဥတုအခြေအနေ စသည်တို့ အပေါ်တွင် အခြေခံသည်။ Cooling load အတက်အကျ အလွန်များသည်။

လူများ(occupants)၊ မီးလုံးမီးချောင်း(lights)၊ စက်ပစ္စည်းကိရိယာ(appliances) စသည် internal heat generating source မှ ထုတ်လွှတ်သည့် အပူများ ဖြစ်သည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် internal heat source များမှ ထုတ်လွှတ်သည့် အပူပမာဏသည် အမြဲတမ်းတူညီနေသောကြောင့် internal cooling load သည် အမြဲတမ်း တူညီသည်။ External load ပိုများသည့် အဆောက်အဦကို "externally loaded" ဟုခေါ်သည်။ Internal cooling load ပိုများသည့် အဆောက်အဦကို "internally loaded" ဟု ခေါ်သည်။ ရုံးခန်းအဆောက်အဦများ၊ ဟိုတယ်နှင့် ရှော့ပင်းစင်တာ တို့သည် externally loaded အဆောက်အဦများ ဖြစ်သည်။ ဒေတာစင်တာ(data center) အဆောက်အဦများသည် internally loaded အဆောက်အဦ ဖြစ်သည်။



ပုံ ၇-၃ Sources of cooling load

၇.၆ Cooling Load Calculation Method

အခန်းတစ်ခု သို့မဟုတ် အဆောက်အဦတစ်ခု၏ cooling load ကို တွက်ရန်အတွက် အောက်ပါ နည်း(၃)နည်း အနက်မှ မိမိနှင့်သင့်လျော်သည့် နည်းတစ်မျိုးမျိုးကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

(၁) Transfer Function Method (TFM)

Transfer Function Method (TFM)သည် အခက်ဆုံးနှင့် အရှုပ်ထွေးဆုံးနည်း(complex of the methods) ဖြစ်သည်။ ASHRAE မှ ထောက်ခံပြီး အသုံးပြုရန် တိုက်တွန်းထားသည့် နည်းဖြစ်သည်။ Computer program သို့မဟုတ် advanced spreadsheet ကို အသုံးပြု၍ တွက်ချက်ရသည့်နည်း ဖြစ်သည်။

(၂) Cooling Load Temperature Differential/Cooling Load Factors (CLTD/CLF)

Cooling Load Temperature Differential/Cooling Load Factors (CLTD/CLF)နည်းသည် TFM method မှ ခွဲထွက်လာသည့် နည်းဖြစ်သည်။ ဇယားများမှ ဒေတာများ(tabulated data)ကို အသုံးပြု၍ တွက်ရသည့်နည်း(calculation process) ဖြစ်သည်။ ဤနည်းကို အသုံးပြု၍ simple spreadsheet ၊ programs ဖြင့် တွက်နိုင်သည်။ Tabulated data ကို အသုံးပြုသောကြောင့် ကန့်သတ်ချက်(limitation) များ ရှိသည်။

(၃) Total Equivalent Temperature Differential/Time-Averaging (TETD/TA)

Total Equivalent Temperature Differential/Time-Averaging (TETD/TA) နည်းသည် ဂဏန်းပေါင်း စက်ဖြင့်တွက်လျှင် အဆင်ပြေသည့်နည်း(preferred method for hand) ဖြစ်သည်။ သို့မဟုတ် simple spreadsheet နှင့် တွက်နိုင်သည့်နည်းလည်း ဖြစ်သည်။ CLTD/CLF method နည်း မတိုင်ခင်က

အသုံးပြုသည့်နည်းဖြစ်သည်။

အထက်ပါနည်း (၃)နည်းကို ASHRAE Handbook Fundamentals, 2001 တွင် အသေးစိတ် ဖော်ပြထားသည်။

၇.၆.၁ Accuracy and Reliability of Various Calculation Methods

Cooling load တွက်နည်း(calculation method)များ အားလုံးတွင် အားသာချက်၊ အားနည်းချက်နှင့် ကန့်သတ်ချက်များ ကိုယ်စီ ရှိကြသည်။ ရိုးရှင်းလွယ်ကူစွာ တွက်ချက်နိုင်သည့်နည်းသည် တိကျမှု မကောင်းနိုင်ပေ။ ထို့အတူ တိကျမှု ကောင်းကောင်းရရှိရန်အတွက် ရှုပ်ထွေးခက်ခဲသည့်နည်းကို အသုံးပြုရမည်။

ခေတ်မီတွက်နည်းများ(modern methods)တွင် solar နှင့် conduction heat gain များ တွက်ခြင်းကို ပို၍အာရုံစိုက်(emphasize) လာကြသောကြောင့် တွက်နည်းများ ပိုကောင်း(improving the procedure) လာသည်။ Internal heat gain များဖြစ်သည့် လူများ(occupants)၊ စက်များ(equipment)နှင့် မီးလုံးမီးချောင်း (lights)မှ ထွက်လာသည့်အပူပမာဏကို တွက်ချက်ရာတွင် ပိုတိကျစေရန် handbook များတွင် heat gain တန်ဖိုးကို ဖော်ပြထားသည့် ဇယား(table)များ ပါရှိသည်။ Internal source များကို တွက်ရန်အတွက် ဇယား(table)များသည် ပြီးပြည့်စုံသည့် ဇယားများ မဟုတ်ကြပေ။

ဥပမာ- တချို့သော equipment များကို ဇယားတွင် ဖော်ပြမထားပေ။ တချို့သောဇယားတွင် အချက်အလက်များကို အကန့်အသတ်ဖြင့်သာ ဖော်ပြပေးနိုင်သည်။ တစ်ခါတစ်ရံ nameplate မှ power consumption ၏ 25% မှ 50% အတွင်း သင့်လျော်သည့် တန်ဖိုးတစ်ခုခုကို အသုံးပြုရန် တိုက်တွန်းထားသည်။ အသုံးပြုရမည့် တန်ဖိုးအတိအကျသည် ဒီဇိုင်နာ၊ consultant များ၏ ဆုံးဖြတ်ချက်သာ ဖြစ်သည်။

ထို့အပြင် equipmentများကို အသုံးပြုမည့် အချိန်(နာရီပေါင်း)ကို တိကျစွာခန့်မှန်း(accurate predictability) ရန် လိုအပ်သည်။ ဖြစ်ပေါ်သည့်အကြိမ်(occurrence) ကို တွက်ရန်အတွက် equipment မှ အပူစွန့်ထုတ်သည့်နှုန်း (rate of heat generation)နှင့် အသုံးပြုသည့် နာရီပေါင်း (စမောင်းချိန်မှ ရပ်နားချိန်အထိ)တို့ လိုအပ်သည်။ ထို့ကြောင့်ရလဒ်များ၏ တိကျမှုသည် တွက်နည်း(method)၏ ရှုပ်ထွေးခြင်း၊ ခက်ခဲခြင်းသာမက ရရှိနိုင်သည့် input data ၏ မရေရာမှု(uncertainties in the input data) အပေါ်တွင် မူတည်သည်။

Cooling load ကို တွက်ရန်အတွက် ထည့်သွင်းရမည့် input data များ၏ တိကျသေချာမှုသည် အလွန်အရေးကြီးသည်။ လူဝင်လူထွက်နှင့် အခန်းအတွင်း ရှိနေမည့်သူ အရေအတွက်ကို မခန့်မှန်းနိုင်ခြင်း(unpredictability of occupancy human behavior)၊ ရာသီဥတု ပြောင်းလဲမှုများ(outdoors weather variations) ၊ နောက်ဆုံးပေါ် ကိရိယာများ၏ heat gain ဒေတာများ(lack of heat gain data for modern equipment)နှင့် ဆောက်လုပ်ရေး ပစ္စည်းအသစ်များ(introduction of new building products)နှင့် HVAC equipment များ၏ အချက်အချို့ကို မသိနိုင်ခြင်း(unknown characteristics)များကြောင့် တိကျမှု(accuracy)မကောင်းခြင်း ဖြစ်သည်။

ထိုအချက်များ ကြောင့် မသေချာမှု ပိုများ(generate uncertainties) လာသည်။ အမှား ပိုများ(far exceed the errors generated by simple methods compared to more complex methods) လာသည်။ ထို့ကြောင့် တစ်ခါတစ်ရံ complex calculation method များကို ရွေးချယ်မိပါက အကျိုးများလိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ ထိုကဲ့သို့ အခြေအနေမျိုးတွင် ရိုးရှင်းသည့် တွက်နည်းများ(simplified methods)ကို သုံးပါက ကျေနပ်ဖွယ် ကောင်းသည့် တိကျမှု(satisfactory accuracy)ကို ထုတ်ပေးနိုင်လိမ့်မည်။

Manual cooling load calculation method နည်းဖြင့် တွက်လိုလျှင် 1997 ASHRAE Fundamentals တွင် ဖော်ပြထားသည့် CLTD/SCL/CLF method သည် လက်တွေ့အကျဆုံးနှင့် အသင့်လျော်ဆုံး ဖြစ်သည်။ ဤနည်းသည် အကောင်းဆုံး မဟုတ်သော်လည်း ယုံကြည်စိတ်ချရသည့်နည်း ဖြစ်သည်။

Peak load value ကို ထုတ်ပေးရန်၊ equipment အရွယ်အစားရွေးချယ်မှု(sizing) ပြုလုပ်ရန်အတွက် CLTD/CLF method နည်းမှ ထုတ်ပေးလိုက်သည့် ရလဒ်များသည် လက်တွေ့တွင် မည်မျှ ကွာခြားမှုရှိသည်ကို တပ်ဆင်ပြီးသည့်အခါ ဆန်းစစ်နိုင်သည်။ Space ၏ characteristics ကို ထည့်သွင်း စဉ်းစားရန် လိုအပ်သည်။

ချိန်ဆမှု(engineering judgment)ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်သည်။ ဇယားများ၏အဓိပ္ပာယ်ကို မှန်ကန်စွာဖွင့်ဆိုနိုင်ခြင်း(interpretation of the custom tables)နှင့် သင့်လျော်သည့် correction factor များကို အသုံးပြုနိုင်ရန် အတွက် (applying appropriate correction factors) အတွေ့အကြုံကောင်းများနှင့် ဗဟုသုတကြွယ်ဝမှုတို့ လိုအပ်သည်။

၇.၇ Design Information

Space cooling load တွက်ရန် အဆောက်အဦ၏ အသေးစိတ်အချက်အလက်များ(detailed building information)ဖြစ်သည့် တည်နေရာ(location)နှင့် ရာသီဥတုအချက်အလက်များ(weather data)၊ အခန်းအတွင်း ဒီဇိုင်းအချက်အလက်များ(internal design information)၊ အသုံးပြုချိန်(operating schedule)စသည်တို့ လိုအပ်သည်။ ဒီဇိုင်းလုပ်မည့် ပြင်ပအခြေအနေ(outdoor design conditions)နှင့် အလိုရှိသည့်အခန်းအတွင်း အခြေအနေ (desired indoor conditions)တို့သည် load calculation စတင်ပြုလုပ်ရန် အတွက် ပထမဆုံး လိုအပ်သည့် အချက်အလက် ဖြစ်သည်။

၇.၇.၁ Outdoor Design Weather Conditions

ASHRAE Handbook 1993 Fundamentals (Chapter 26)တွင် ရာသီဥတု အခြေအနေများ(climate conditions)ကို ဖော်ပြထားသည့် ဇယား(table)များ ပါရှိသည်။ ထို ဇယားများ(table 1a, 2a and 3a)တွင် အမေရိက (US)၊ ကနေဒါ(Canada) နှင့် တခြားသောနိုင်ငံများ(other International locations)၏ heating design conditions နှင့် သက်ဆိုင်သည့် အချက်အလက်များကို ဖော်ပြထားသည်။

(က)တစ်နှစ်လုံး၌ ဖြစ်ပေါ်သည့်(annual cumulative frequency of occurrence) အပူချိန် Dry Bulb temperatures ၉၉.၆% နှင့် ၉၉%(Dry bulb temperatures corresponding to 99.6% and 99% annual cumulative frequency of occurrence)

(ခ) တစ်နှစ်လုံး၌ ဖြစ်ပေါ်သည့် လေတိုက်နှုန်း(wind speeds) ၁% ဖြစ်ပေါ်မှု၊ ၂.၅% ဖြစ်ပေါ်မှုနှင့် ၅% ဖြစ်ပေါ်မှုများကို ဖော်ပြထားသည်။ (Wind speeds corresponding to 1%, 2.5% and 5% annual cumulative frequency of occurrence)

(ဂ) တစ်နှစ်လုံး၌ ဖြစ်ပေါ်သည့် လေဦးတည်ရာ လမ်းကြောင်း(wind direction) ၉၉.၆% ဖြစ်ပေါ်မှုနှင့် ၀.၄% dry-bulb temperature ဖြစ်ပေါ်မှု(Wind direction most frequently occurring with 99.6% and 0.4% dry-bulb temperatures) နှင့်

(ဃ)နှစ်စဉ် ပျမ်းမျှ အမြင့်ဆုံး နှင့် အနိမ့်ဆုံး dry-bulb temperature နှင့် standard deviations (Average of annual extreme maximum and minimum dry-bulb temperatures and standard deviations.)

Cooling and humidity control condition အတွက် သက်ဆိုင်သည့် အချက်အလက်များကို table 1b ၊ 2b နှင့် 3b တွင် ဖော်ပြထားသည်။

(က)Dry bulb temperature corresponding to 0.4%, 1.0% and 2.0% annual cumulative frequency of occurrence and the mean coincident wet bulb temperature (warm). These conditions appear in sets of dry bulb (DB) temperature and the mean coincident wet bulb (MWB) temperature since both values are needed to determine the sensible and latent (dehumidification) loads in the cooling mode.

(ခ) Wet bulb temperature corresponding to 0.4%, 1.0% and 2.0% annual cumulative frequency of occurrence and the mean coincident dry bulb temperature

(ဂ) Dew point temperature corresponding to 0.4%, 1.0% and 2.0% annual cumulative frequency

of occurrence and the mean coincident dry bulb temperature and humidity ratio (calculated for the dew point temperature at the standard atmospheric pressure at the elevation of the station).

(ဃ)Mean daily range (DR) of the dry bulb temperature, which is the mean of the temperature difference between daily maximum and minimum temperatures for the warmest month (highest average dry-bulb temperature). These are used to correct CLTD values.

HVAC outdoor design condition ရွေးချယ်ရာတွင် တစ်နှစ်လုံး၏ အမြင့်ဆုံးအပူချိန်(annual hottest temperature) သို့မဟုတ် အနိမ့်ဆုံးအပူချိန်(annual minimum temperature)ကို မရွေးချယ်သင့်ပေ။ အမြင့်ဆုံး (Max)နှင့် အနိမ့်ဆုံး(Min) တို့သည် အချိန်အနည်းငယ်သာ ဖြစ်ပေါ်သောကြောင့် ထိုအစွန်းများကို ရှောင်၍ ရွေးချယ်သင့်သည်။ အချိန်အနိုက်အတန့်သာဖြစ်ပေါ်သည့် အမြင့်ဆုံး(short duration peaks)ကို အခြေခံ၍ တွက်ခြင်းကြောင့် system capacity အလွန်ကြီးခြင်း၊ ငယ်ခြင်း ဖြစ်နိုင်သည်။ အစဦးကုန်ကျစရိတ်(first cost) အလွန်များနိုင်သည်။ အဆောက်အဦများအားလုံး အတွက် risk - benefit decision လုပ်သင့်သည်။

ထို့ကြောင့်လက်တွေ့တွင် 'design temperature and humidity' သည် ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည့် ကြိမ်နှုန်း (frequency of occurrence) အပေါ်တွင် အခြေခံသင့်သည်။

The summer design conditions have been presented for annual percentile values of 0.4, 1 and 2% and winter month conditions are based on annual percentiles of 99.6 and 99%. The term "design condition" refers to the %age of time in a year (8760 hours), the values of dry-bulb, dew-point and wet-bulb temperature exceed by the indicated percentage. The 0.4%, 1.0%, 2.0% and 5.0% values are exceeded on average by 35, 88, 175 and 438 hours.

The 99% and 99.6% cold values are defined in the same way but are viewed as the values for which the corresponding weather element are less than the design condition 88 and 35 hours, respectively. 99.6% value suggests that the outdoor temperature is equal to or lower than design data 0.4% of the time.

Maximum heat gain သို့မဟုတ် maximum heat loss အဆောက်အဦ(building)ကို တွက်ရန် အတွက် design condition ကို အသုံးပြုသည်။ Comfort cooling အတွက် 2.5% occurrence နှင့် heating အတွက် 99% values ကို design condition အဖြစ် အသုံးပြုသင့်သည်။ (Design condition is used to calculate maximum heat gain and maximum heat loss of the building. For comfort cooling, use of the 2.5% occurrence and for heating use of 99% values is recommended.)

2.5% design condition ဆိုသည်မှာ နွေရာသီ ဇွန်လမှ စက်တင်ဘာလ အပူဆုံးအချိန်၏ 2.5% ကို ဖယ်ရန် ကျန်အချိန်များအတွက် ဒီဇိုင်းလုပ်ခြင်း ဖြစ်သည်။ နွေရာသီတွင် နာရီပေါင်း (၂၉၂၈)ရှိသည့် (၇၃)နာရီ သည် အပူဆုံးအချိန်(2.5%) ဖြစ်သည်။ အပူဆုံး (၇၃)နာရီကို ဖယ်ချိန်၍ ကျန်အချိန်များအတွက် ဒီဇိုင်း လုပ်ခြင်း ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် အပူဆုံးအချိန်(၇၃)နာရီ(2.5%)အတွက် ဒီဇိုင်းလုပ်ထားသည့် air con system သည် လိုချင်သည့်အတိုင်း အေးအောင် ပြုလုပ်ပေးနိုင်လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။(The 2.5% design condition means that the outside summer temperature and coincident air moisture content will be exceeded only 2.5% of hours from June to September or 73 out of 2928 hours (of these summer months) i.e. 2.5% of the time in a year, the outdoor air temperature will be above the design condition.)

စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုကို တွက်ချက်(energy use calculations)ရာတွင် နွေရာသီ ဒီဇိုင်းတန်ဖိုးများနှင့် ဆောင်းရာသီ(summer and winter design values) များကို အသုံးပြုမည့်အစား ဒီဇိုင်းနေ့တွင် နာရီအလိုက် ဖြစ်ပေါ်သည့် ရာသီဥတု ဒေတာများ(hour-by-hour outdoor climate data of a design day)ကို အခြေခံ၍ တွက်သင့်သည်။

၇.၇.၂ Indoor Design Conditions and Thermal Comfort

လူများနေထိုင်ရာအခန်းများ၏ အခြေအနေ(indoor conditions)သည် လူများ သက်သောင့်သက်သာဖြစ်စေမှု(human comfort)နှင့် တိုက်ရိုက် သက်ဆိုင်သည်။ လက်ရှိ အသုံးပြုနေကြသည့် စံ(comfort standard)ကို ASHRAE Standard 55-1992 နှင့် ISO Standard 7730 တို့တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Optimal range နှင့် combinations of thermal factors (air temperature၊ radiant temperature၊ air velocity၊ humidity) နှင့် personal factors (clothing and activity level)တို့ကို အခြေခံ၍ "Comfort zone" သတ်မှတ်သည်။ အဆောက်အဦအတွင်းရှိလူ ၈၀% က ကျေနပ်လက်ခံသည့် အခြေအနေဖြစ်သည်။ အဆောက်အဦအတွင်း၌ air-conditioned space အတွင်း၌ ရှိနေသူများ (building occupants) အနည်းဆုံး 80% သည် thermal comfort အပေါ်အကျိုးသက်ရောက်စေသည့် environmental factor အချက်များကို လက်ခံကြောင်း ကျေနပ်မှုရှိကြောင်းကို ဖော်ပြ(expected to express satisfaction) ကြရမည်။ အခန်း(၁)တွင် thermal comfort နှင့် သက်ဆိုင်သည့် အချက်များကို ဖော်ပြထားသည်။

(က) Metabolic rate

Metabolic rate ကို met ဟု ရေးသားလေ့ရှိသည်။ (1 met သည် 18.46 Btu/hr.ft2 နှင့်ညီမျှသည်။) အပူပမာဏ(amount of heat) ဖြစ်သည်။ လူခန္ဓာကိုယ်မှ ထုတ်လွှင့်သည့်အပူပမာဏ သည် လှုပ်ရှားနေသည့် အဆင့်(physical activity) အပေါ်တွင် မူတည်သည်။

(ခ) Indoor air temperature (Tr) နှင့် mean radiant temperature (Trad)

Tr သည် sensible heat exchange နှင့် evaporative losses တို့နှင့်သက်ဆိုင်သည်။ (Trad) သည် sensible heat exchange နှင့်သာ သက်ဆိုင်သည်။

(ဂ) လေထုစိုထိုင်းဆ(relative humidity of the indoor air)

အခန်းအတွင်းရှိ လေထုစိုထိုင်းဆ(relative humidity of the indoor air)သည် evaporative heat loss ကို ဖြစ်စေသည့် အဓိကအချက်(primary factor) ဖြစ်သည်။

(ဃ) လေရွေ့လျားနှုန်း(air velocity of the indoor air)

အခန်းအတွင်း၌ လေရွေ့လျားနှုန်း(air velocity of the indoor air)သည် heat transfer coefficients အပေါ် အကျိုးသက်ရောက်မှု ရှိသည်။ လေအလျင်(air velocity) ကြောင့် sensible heat exchange နှင့် evaporative loss တို့ ဖြစ်ပေါ်သည်။

(င) အဝတ်အစားအထူအပါး(clothing insulation (clo))

အဝတ်အစား clothing insulation (clo) ပေါ်တွင် မူတည်သည်။ 1 clo သည် 0.88 hr ft^2 °F/Btu နှင့် ညီမျှသည်။(1 clo = 0.88 hr ft^2 °F/Btu)။ Sensible heat loss သည် လူများ ဝတ်ဆင်ထားသည့် အဝတ်အစား(clothing insulation occupants) ပေါ်တွင် မူတည်သည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် နွေရာသီ အတွက် clo သည် 0.6 ဖြစ်သည်။ ဆောင်းရာသီအတွက် 0.8 မှ 1.2 clo အတွင်း ဖြစ်သည်။

Comfort air-conditioning system များအတွက် ANSI/ASHRAE Standard 55-1992 နှင့် ASHRAE/IES Standard 90.1-1989 တို့အရ အောက်တွင် conditioned space ၏ အခန်းအပူချိန်(indoor design temperatures) နှင့် လေအလျင်(air velocities)ကို ဖော်ပြထားသည်။ ထိုတန်ဖိုးများသည် လူများ၏လှုပ်ရှား(occupant's activity level) 1.2 met ၊ အခန်းအတွင်း လေစိုထိုင်းဆ(indoor space relative humidity) 50% (in summer only) နှင့် Tr = Trad ကို အခြေခံထားသည်။ 1.2 met ၊ RH 50% နှင့် Tr = Trad စသည့် တန်ဖိုးများထက် ပိုများပါက adjustment လုပ်ရန် လိုအပ်သည်။

Table 7-1 indoor design temperatures and air velocities

	Clothing Insulation (clo)	Indoor Temperature (°F)	Air Velocity (fpm)
Winter	0.8-0.9	69 - 74	< 30
Summer	0.5-0.6	73 -79	< 50

အကယ်၍ နွေရာသီ၌ ဂျက်ကတ်ဝတ်ဆင်ရန် လိုအပ်သည့်အခန်းမျိုးဖြစ်လျှင်(suit jacket is the clothing during summer for occupants) summer indoor design temperature ကို 74°F မှ 75°F အထိ လျှော့ချထားသင့်သည်။ အောက်တွင် recommended indoor relative humidity ကို ဖော်ပြထားသည်။

Table 7-2 recommended indoor relative humidity (%)

	Relative Humidity	
	Tolerable Range (%)	Preferred Range (%)
Winter		25 -30
Summer	30 - 65	40 – 55

Fundamentals Handbook (Chapter 6 - Psychrometric chapter, 2001)တွင် အသေးစိတ် ဖော်ပြထားသည်။ Load calculation ပြုလုပ်ရာတွင် 75°F dry bulb temperatures နှင့် 50% relative humidity ကို အခြေခံ၍ တွက်ချက်သည်။

၇.၇.၃ Indoor Air Quality and Outdoor Air Requirements

National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH) လေ့လာချက်များအရ အဆောက်အဦများတွင် လေအရည်အသွေး(indoor air quality) ညံ့ဖျင်းရသည့် အဓိက အကြောင်းအရင်းမှာ ပြင်ပလေ(outdoor ventilation air) မလုံလောက်ခြင်းကြောင့် ဖြစ်သည်။ လေအရည်အသွေး(indoor air quality) ကောင်းမွန်စေသည့် အချက်(၃)ချက် ပြည့်စုံရန် လိုအပ်သည်။

လေညစ်ညမ်းစေသည့် အရာများကိုဖယ်ရှားပါ၊ လျှော့ချပါ။

(၁)ညစ်ညမ်းမှု ဖြစ်ပေါ်စေသည့် အရင်းအမြစ်များ(eliminate or reduce the source of air pollution) ကို ဖယ်ရှားပါ။

(၂)လေသန့်စင်သည့် လေစစ်(air filter)များ၏ efficiency ကို ကောင်းစေခြင်း(enhance the efficiency of air filtration) နှင့်

(၃)ပြင်ပလေများ လုံလောက်အောင်ထည့်ပေးခြင်း (increase the ventilation (outdoor) air intake) တို့ ဖြစ်သည်။

ANSI/ASHRAE Standard 62-1989 မှ ပြဌာန်းထားသည့် ပြင်ပလေလိုအပ်ချက်များ(outdoor air requirements)ကို ဖော်ပြထားသည်။

Table 7-3 outdoor air requirements listed in ANSI/ASHRAE Standard 62-1989

Applications	CFM/person
Offices, conference rooms, offices	20
Retail Stores	0.2 - 0.3 cfm/ft2
Classrooms, theaters, auditoriums	15
Hospitals patient rooms	25

ပြင်ပလေလိုအပ်ချက်(ventilation requirements)ကို ဆုံးဖြတ်၍(analysis of dilution of CO_2) CO_2 ပါဝင်မှုကို ဆန်းစစ်ရန်လိုသည်။ CO_2 ပါဝင်မှုသည် human bio-effluent များရှိနေခြင်းကို ဖော်ပြသည်။ ASHRAE standard 62-1999 အရ comfort အတွက်သတ်မှတ်ပေးထားသည့် criteria များအရ လူများမှ ထွက်လာသည့်

အရာများ(human bio-effluents)နှင့် သက်ဆိုင်သည့် အခန်းအတွင်းရှိ CO_2 ပြင်းအား (indoor carbon dioxide concentrations)သည် ပြင်ပလေထဲတွင် ပါဝင်သည့် CO_2 ပြင်းအား(outdoor air carbon dioxide concentration) ထက် 700ppm ပိုမများစေသင့်ပေ။

Indoor CO2 concentration < outdoor CO2 concentration + 700 ppm

Ventilation နှင့် IAQ အကြောင်းကို အခန်း(၈)တွင် အသေးစိတ် ဖော်ပြထားသည်။ အသေးစိတ် သိလိုပါက ANSI/ASHRAE Standard 62-1999 တွင် ဖတ်ရှုပါ။

၇.၇.၄ Building Pressurization

ပြင်ပလေလိုအပ်ချက်များ(outdoor air requirements)ပြည့်မီစေရန် အဆောက်အဦအတွင်း၌ လေဖိအားများအောင်(building pressurization) ပြုလုပ်ထားလေ့ရှိသည်။ Infiltration ဖြစ်ခြင်းမှ ကာကွယ်ရန် သို့မဟုတ် လျော့ချရန်အတွက် air conditioning အခန်းများအတွင်းရှိ လေဖိအားကို အနီးဝန်းကျင်ရှိ လေဖိအား သို့မဟုတ် ပြင်ပလေဖိအားထက် ပိုများအောင် ဒီဇိုင်း ပြုလုပ်လေ့ရှိသည်။ Untreated air များ space အတွင်းသို့ တိုက်ရိုက်မဝင်ရောက်စေလိုသောကြောင့် လေဖိအား အနည်းငယ်မြင့်အောင်(positive pressure) ပြုလုပ်ထားသည်။

အဆိပ်ငွေ့များ(toxic gas)၊ အန္တရာယ်ရှိသည့်အရာများ(hazardous)၊ မလိုလားအပ်သည့် ဓာတ်ငွေ့များ (objectionable gases) သို့မဟုတ် အညစ်အကြေး(contaminant)များ ထွက်နိုင်သည့် စမ်းသပ်ခန်း(laboratories)၊ အိမ်သာ (restrooms)၊ အလုပ်ရုံ(workshops)များ၌ အနီးဝန်းကျင်ရှိ လေဖိအားထက် အနည်းငယ် ပိုနိမ့်အောင် (slightly lower pressure than the surroundings) ပြုလုပ်ထားသည်။ Contaminant များ အနီးဝန်းကျင် (surrounding area)သို့ မပျံ့နှံ့စေရန်အတွက် ဖိအား အနည်းငယ်လျော့ချ(a negative pressure, should be maintained to prevent or reduce the diffusion)ထားသည်။

Comfort air conditioning system များအတွက် သင့်လျော်သည့် အခန်းအတွင်းလေ(indoor air)နှင့် ပြင်ပလေ(outdoor air)အကြားရှိ သင့်လျော်သည့် ဖိအားကွာခြားချက်(recommended pressure differential) သည် 0.02 မှ 0.05 inch-WG အတွင်း ဖြစ်သည်။ (WG indicates the pressure at the bottom of a top-opened water column of specific inches of height; 1 in -WG = 0.03612 psig.)

၇.၇.၅ Building Characteristics

Space heat gain တွက်ရန်အတွက် အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည့် အချက်အလက်များ လိုအပ်သည်။ အဆောက်အဦ(building envelope) နှင့်သက်ဆိုင်သည့် အချက်အလက်များ

(က) အဆောက်အဦ(building)၏ အတိုင်းအတာ(dimensions)၊ ဧရိယာ(area)၊ ထုထည်(volume)တို့ ရရှိရန်အတွက် ဗိသုကာပုံများ(architectural plans)၊ section ပုံများနှင့် elevation ပုံများမှ အတိုင်းအတာများ ရရှိနိုင်သည်။

(ခ) မြောက်အရပ်(N)၊ တောင်အရပ်(S)၊ အရှေ့အရပ်(E) ၊ အနောက်အရပ်(W) ၊ NE ၊ SE ၊ SW ၊ NW စသည့် အဆောက်အဦ မျက်နှာမူရာ(building orientation) နှင့် တည်ရှိရာ နေရာ(location)

(ဂ) အရိပ်ကျနိုင်သည့် အနီးအနားမှ အဆောက်အဦများ မိမိအဆောက်အဦတွင် တပ်ဆင်ထားသည့် shading device များ(External/Internal shading, ground reflectance etc.)

(ဃ) ပြင်ပနံရံများ(external walls)၊ ခေါင်မိုးများ(roofs) ပြတင်းပေါက်များ(windows)၊ တံခါးများ(doors)၊ အတွင်းနံရံများ(internal walls)၊ ပါတီးရှင်းများ(partitions) မျက်နှာကြက်များ(ceiling)၊ အင်ဆူလေးရှင်း အမျိုးအစား(insulating materials)နှင့် အထူ(thicknesses)၊ ပြင်ပနံရံအရောင်(external wall)နှင့် ခေါင်မိုးအရောင်(roof colors) စသည့် ဆောက်လုပ်ရေးပစ္စည်းများ(materials of construction)၏ အချက်

အလက်များကို ရှာဖွေပါ။ နံရံများ(walls)၊ ခေါင်မိုး(roof)၊ ပြတင်းပေါက်(windows)၊ တံခါးများ(doors)၊ ပါတီးရှင်း(partitions) စသည်တို့၏ U value ကို တွက်ရန် (Check if the structure is insulated and/or exposed to high wind.) အဆောက်အဦသည် လေတိုက်နှုန်းများသည့် အရပ်ဒေသတွင် ရှိမရှိ စစ်ဆေးသင့်သည်။

(c) ပြတင်းပေါက်မှန် အမျိုးအစား(type)၊ အရွယ်အစားနှင့် အရိပ်ကျရောက်ခြင်း(shading on windows)

၇.၇.၆ Operating Schedules

Schedule of occupants ၊ lighting ၊ equipment ၊ appliances စသည်တို့ အသုံးပြုချိန်နှင့် သက်ဆိုင်သည့် အချက်အလက်များကို ပြုစုပါ။ Internal load ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည့် process အားလုံးနှင့် air conditioning equipment များ အဆက်မပြတ်မောင်းခြင်း(operated continuously) သို့မဟုတ် ညဘက်နှင့် မလိုသည့်အချိန်တွင် ရပ်နား ထားခြင်း(such as, shut down during off periods, night set-back, and weekend shutdown)စသည့် အချက်အလက်များကို စုဆောင်းပါ။ အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည့် အချက်အလက်များ(information)ကို စုဆောင်းပါ။

(၁) မီးလုံး၊ မီးချောင်းအမျိုးအစားနှင့် အရေအတွက်(Lighting requirements, types of lighting fixtures)

(၂) ကွန်ပျူတာ၊ ပရင်တာ၊ fax machine များ ၊ ရေခဲသေတ္တာ(refrigerator)၊ water cooler ၊ ကော်ဖီဖျော်စက် ၊ microwave စသည့် ကိရိယာများ(appliances)

(၃) AHU blower ၊ fan motor စသည်တို့မှ ထွက်လာသည့်အပူများ(heat released by the HVAC equipment.)

(၄) အဆောက်အဦ အတွင်းရှိနေမည့် လူအရေအတွက်၊ အချိန် နှင့် occupancy အမျိုးအစား(number of occupants, time of building occupancy and type of building occupancy)

၇.၈ Cooling Load Methodology – Considerations & Assumptions

Design cooling load ထဲတွင် load များ အားလုံး အကျုံးဝင်သည်။ Design cooling load သက်ဆိုင်သည့် ယူဆချက်များ(assumptions)

(၁) ရာသီဥတုအခြေအနေများ(weather conditions)ရရှိရန် နှစ်ပေါင်းများစွာ စုဆောင်းထားသည့် မိုးလေဝသအချက်အလက်များ(long-term statistical database)မှ ရယူသည်။ ပြင်ပအပူချိန်(outdoor design temperature)ကို ရွေးချယ်သည့်အခါ တစ်နှစ်အတွင်း ဖြစ်ပေါ်သည့် ပျှမ်းမျှအပူချိန်ကို အခြေခံမည့်အစား အဆောက်အဦ တည်ရှိရာနေရာတွင် ဖြစ်ပေါ်နေသည့် အပူချိန်ကို အခြေခံသင့်သည်။

(၂) အဆောက်အဦ၏ solar load တွက်ရန်အတွက် ဒီဇိုင်းလ(design month) သို့မဟုတ် peak load ဖြစ်ပေါ်သည့် လမှ တိမ်ကင်းစင်သည့်နေ့ တစ်နေ့ကို ရွေးချယ်သင့်သည်။

(၃) Building occupancy ကို full design capacity အဖြစ် ယူဆသည်။ မျှော်လင့်ထားသည့် လူအရေအတွက် အားလုံးအတွက် ထည့်တွက်ပါ။

(၄) Ventilation rate များအတွက် ACH နှုန်း(assumed on air changes) သို့မဟုတ် မျှော်လင့်ထားသည့် အများဆုံး လူအရေအတွက်(maximum occupancy) အပေါ်တွင် အခြေခံသည်။

(၅) Building equipment အားလုံးနှင့် ကိရိယာများ(appliances)သည် အများဆုံး အသုံးပြုသည့် capacity ကို အခြေခံသင့်သည်။

(၆) မီးလုံးမီးချောင်း(lights)နှင့် ကိရိယာများ(appliances)အတွက် ပုံမှန်ဒီဇိုင်းနေ့တစ်နေ့(typical day of design occupancy)ကို အခြေခံသင့်သည်။

(၇) Latent နှင့် sensible loads နှစ်မျိုးစလုံးကို ထည့်သွင်း တွက်ချက်ရမည်။

(၈) အပူစီးကူးမှု(heat flow) တွက်ချက်ရာတွင် dynamic condition ကို အခြေခံသင့်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် heat storage building envelope နှင့် interior material များကို ထည့်တွက်ရမည်။

(၉) **Latent heat gain များ အားလုံးသည် cooling load အဖြစ်သို့ ချက်ခြင်း(instantly)ပြောင်းလဲသည်။**

Sensible heat gain များသည် conditioned space ၏ characteristics ကို လိုက်၍ အချိန် အနည်းငယ် နောက်ကျ(partially delayed)သည်။ ASHRAE regulation အရ လူများမှ ထွက်လာသည့် sensible heat gain သည် 30% instant cooling load (convection) ဖြစ်ပြီး ကျန် 70% radiative သည် delayed portion ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် လူများမှ ထွက်လာသည့် sensible heat gain ၏ ၃၀% သည် cooling load အဖြစ် ချက်ချင်းပြောင်းလဲပြီး ကျန် ၇၀% သည် နောင်တစ်ချိန် cooling load အဖြစ် ထွက်ပေါ်လာသည်။

(၁၀)Peak load calculation မှရရှိသည့် maximum load ကို အခြေခံ၍ refrigeration equipment များ၏ အရွယ်အစား ရွေးချယ်သည်။

(၁၁)Space(zone) cooling load ကို အသုံးပြု၍ လေထုထည်စီးနှုန်း(supply air volume flow rate)ကို တွက်ယူသည်။ Air system အရွယ်အစား(size)၊ duct များ ၊ terminal များနှင့် diffuser အရွယ်အစားတို့ကို ရွေးချယ်သည်။ Coil load ကို အခြေခံ၍ cooling coil အရွယ်အစား(size)နှင့် refrigeration system အရွယ်အစားကို ရွေးချယ်သည်။ Space cooling load သည် cooling coil load ၏ အစိတ်အပိုင်းတစ်ခု ဖြစ်သည်။

(၁၂)Ventilation ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် အပူစီးကူးမှု(heat transfer)သည် building load မဟုတ်ပေ။ System load သာ ဖြစ်သည်။

၇.၈.၁ Thermal Zoning (ဇုန်းများခွဲခြားသတ်မှတ်ခြင်း)

HVAC system များ ဒီဇိုင်းလုပ်ခြင်းနှင့် control လုပ်ခြင်းတို့တွင် ဇုန်(thermal zone) များ ခွဲခြားခြင်း ပါဝင်သည်။ တူညီသည့်အပူချိန် လိုအပ်ချက်ကို အခြေခံ၍ ဇုန်အဖြစ်သတ်မှတ်သည်။ မောင်းချိန်၊ ရပ်နားချိန် တူညီသည့် နေရာများကို လိုက်၍ ဇုန်အဖြစ် သတ်မှတ်သည်။

Cooling load calculation တွက်သည့်အခါ အဆောက်အဦ(building)ကို ဇုန်များ(zones)အဖြစ် ခွဲခြား၍ building peak load နှင့် ဇုန်တစ်ခုချင်းစီ(individual zones)၏ လေစီးနှုန်း(air flow rate)ကို ခန့်မှန်းရန် လိုအပ်သည်။ Building peak load ကို refrigeration capacity အရွယ်အစား ရွေးရန်အတွက် အသုံးပြုသည်။ Air-handling unit capacity အတွက် airflow rate သတ်မှတ်ရသည်။ ဇုန်တစ်ခုချင်းစီ(individual zone)၏ load မှ airflow rate ကို ခန့်မှန်းနိုင်သည်။ လက်တွေ့တွင် ထောင့်ခန်းများ(corner rooms)နှင့် နံရံနားနီးသည့် နေရာ (parametric space)များ၏ building load သည် အဆောက်အဦ အတွင်းပိုင်းနေရာ(interior core area)များ၏ load ထက် ပိုများသည်။

ဇုန်များနှင့် သက်ဆိုင်သည့် အောက်ပါ အချက်များကို သတိပြုသင့်သည်။

(၁) အဆောက်အဦများကို အဓိကအားဖြင့် အပြင်ဇုန်နှင့် အတွင်းဇုန်ဟူ၍ ဇုန်နှစ်ဇုန် အဖြစ် ပိုင်းခြားထားသည်။

(က) အပြင်ပိုင်းဇုန် (Exterior Zone)

အပြင်ပိုင်းဇုန်(exterior zone)များသည် ပြင်ပနံရံမှ (၁၂)ပေမှ (၁၈)ပေ အခန်းအတွင်း ဖြစ်သည်။ (The area inward from the outside wall (usually 12 to 18 feet, if rooms do not line the outside wall)။ အထူးသဖြင့် အလွန်ပူသည့် နွေရာသီနှင့် အလွန်အေးသည့် ဆောင်းရာသီအချိန်(during summer and winter)များတွင် exterior zone များသည် ပြင်ပအခြေအနေ(outdoor conditions)များ၏ တိုက်ရိုက် လွှမ်းမိုးမှု(directly affected) ခံရသည်။

(ခ) အတွင်းပိုင်းဇုန် (Interior Zone)

အတွင်းပိုင်းဇုန်(interior zone) များသည် external zone များ၏ အတွင်းပိုင်းဘက်တွင် တည်ရှိသည်။

Interior zone များသည် ပြင်ပအခြေအနေ၏ လွှမ်းမိုးမှု အနည်းငယ်သာခံ(slightly affected by outdoor conditions)ရသည်။ အအေးဓာတ် ညီညာ(uniform cooling)သည်။

(၂) **Single-zone model**

Single-zone ဆိုသည်မှာ အခန်းပတ်လည် အနားရှည်ပေ(၄၀)မကျော်သည့် ဟင်းလင်းပွင့်နေသည့် အခန်းများကို ဇုန်တစ်ခု(single zone)အဖြစ် သတ်မှတ်သည်။ Single-zone model ဆိုသည်မှာ ဟင်းလင်းပွင့်နေသည့် နေရာကျယ်ကျယ်ကို ဇုန်တစ်ခုတည်း အဖြစ်သာ သတ်မှတ်ခြင်း ဖြစ်သည်။

(၃) ကြီးမားသည့်အဆောက်အဦ(large building footprints) များတွင် ယေဘုယျအားဖြင့် တစ်ထပ်လျှင် ဇုန်(၅)ဇုန် အဖြစ် ခွဲခြားထားလေ့ရှိသည်။ အရှေ့၊ အနောက်၊ တောင်၊ မြောက် အရပ်လေးမျက်နှာအတွက် ဇုန်လေးခုနှင့် အတွင်းပိုင်းအတွက် ဇုန်တစ်ခုဟူ၍ စုစုပေါင်း ဇုန်(၅)ဇုန် ပိုင်းခြားထားလေ့ရှိသည်။

ဇုန်များအကြောင်းကို အခန်း(၄) တွင် အသေးစိတ် ဖော်ပြထားသည်။

၇.၉ CLTD / SCL / CLF Method Of Load Calculation (ASHRAE Fundamentals 1997)

အဆောက်အဦ အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်လာသည့် အပူများ(heat gain)သည် cooling load အဖြစ်သို့ ချက်ချင်း (instantaneously)မပြောင်းလဲနိုင်ပေ။ Cooling Load Temperature Difference (CLTD) ၊ Solar Cooling Load Factor(SCL)နှင့် Cooling Load Factor (CLF) စသည့်အချက်များ အားလုံးအပေါ် မူတည်သည်။

(၁)အလင်းဝင်ရောက်နိုင်သည့် အပြင်ဘက် မျက်နှာပြင်(opaque exterior surface)များကို ဖြတ်သန်း၍ ဖြစ်ပေါ်သည့် conductive heat gain ကြောင့် အချိန် နောက်ကျ(time lag)သည်။

(၂)Thermal storage ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် အချိန်နောက်ကျမှု(time relay)ကြောင့် radiant heat gain များသည် cooling load အဖြစ်သို့ ချက်ခြင်း မပြောင်းလဲပေ။

ဤတွက်နည်းကို အသုံးပြုခြင်းကြောင့် factor တစ်ခုဖြင့် မြှောက်ရုံဖြင့် cooling load တန်ဖိုးကို လွယ်ကူစွာ တွက်ယူနိုင်သည်။

(က) CLTD နည်းတွင် အခန်းတွင်းရှိလေ(inside air)နှင့် အပြင်ဘက်လေ(outside air) အပူချိန်ခြားနားချက် (theoretical temperature difference)ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်မည့် အကျိုးသက်ရောက်မှုကို ထည့်တွက်ထားပြီး ဖြစ်သည်။ နေ့စဉ် အပူချိန် အတက်အကျ(daily temperature range) ၊ solar radiation နှင့် တည်ဆောက်ပုံ၊ ထုထည်(construction assembly/building mass) တို့ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် heat storage effect တို့ အားလုံးကို ထည့်သွင်း တွက်ချက်ထားသည်။ မျက်နှာမူရာ(orientation) ၊ လ(month)၊ နေ့(day)၊ နာရီ(hour)၊ လတ္တီတွဒ်(latitude) စသည် CLTD factor များ အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ နံရံများ(walls) ၊ ခေါင်မိုး(roof) ၊ ကြမ်းခင်း(floor) နှင့် မှန်(glass) တို့၌ ဖြစ်ပေါ်သည့် conductive heat gain ကို တွက်ရန် CLTD factor များ လိုအပ်သည်။

(ခ) Radiant energy အားလုံး conditioned space အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်လာသည့်အခါ cooling load အဖြစ်သို့ ချက်ချင်း ပြောင်းလဲမှုကို တွက်ရန် CLF တန်ဖိုးကို အသုံးပြုသည်။

မီးလုံး၊ မီးချောင်း(lights)၊ လူများ(occupancy)၊ ကိရိယာများ(power appliances) စသည့် internal load များမှ ဖြစ်ပေါ်လာသည့် heat gain ပမာဏကိုတွက်ရန် သို့မဟုတ် adjustment လုပ်ရန် CLF factor များကို အသုံးပြုသည်။ နံရံ၊ မျက်နှာပြင် အမျိုးမျိုးတို့၏ CLF value များသည် solar time နှင့် မျက်နှာမူရာဘက် (orientation)ကို အခြေခံ၍ တွက်ချက်ပြုစုထားသည့် CLF တန်ဖိုးများကို ASHRAE Handbooks ဇယား (table)တွင် ဖော်ပြထားသည်။

(ဂ) မှန်များကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် transmission heat gain တန်ဖိုးကို adjustment လုပ်ရန်အတွက် SCL factor ကို အသုံးပြုသည်။

၇.၉.၁ External Cooling Load

အဆောက်အဦ တစ်ခု၏ total cooling load တွင် ပြင်ပမှ စီးဝင်လာသည့်အပူများ(external load) နှင့် အတွင်းမှ ထွက်လာသည့်အပူများ(internal load)များ ပါဝင်ကြသည်။

ပြင်ပမှ စီးဝင်လာသည့်အပူများ(external load) တွင် အဆောက်အဦ၏ နံရံများ(walls)၊ ခေါင်မိုး(roof)၊ ကြမ်းခင်း(floor)၊ တံခါးများ(doors) စသည်တို့ကို ဖြတ်၍ conduction နည်းဖြင့် စီးဝင်လာသည့် အပူများ(heat transfer by conduction)နှင့် ပြတင်းပေါက်(window)နှင့် ခေါင်းမိုးမှန်(skylight)များကို ဖြတ်ကျော် radiation နည်းဖြင့် ဝင်ရောက်လာသည့် အပူများ(heat transfer by radiation) ဖြစ်ကြသည်။ ထိုနှစ်မျိုးစလုံးသည် sensible heat များ ဖြစ်ကြသည်။

Roof

Conduction heat gain အခြေခံညီမျှခြင်း (equation) ဖြစ်သည်။

$$q = U \times A \times \Delta T$$

q = Heat gain (Btu/hr)

U = Thermal Transmittance for roof (Btu/hr ft^2 °F)

A = area of roof (ft^2)

ΔT = Temperature difference (°F)

Room transfer functions (sol-air temperature)ကို အသုံးပြု၍ စုပ်ယူလိုက်သည့်အပူ(heat gain)ကို cooling load အဖြစ် ပြောင်းလဲသည်။ Light ၊ medium နှင့် heavy စသည့် အခန်းတည်ဆောက်ပုံ အမျိုးမျိုးနှင့် thermal characteristics အားလုံးအတွက် အသုံးပြုနိုင်သည်။

အထက်ပါညီမျှခြင်း(equation)တွင် ΔT ကို CLTD ဖြင့် အစားထိုးလျှင်

$$Q = U \times A \times CLTD$$

Q = cooling load (Btu/hr)

U = Coefficient of heat transfer roof or wall or glass (Btu/hr ft^2 °F)

A = area of roof (ft^2)

CLTD = Cooling Load Temperature Difference (°F)

ASHRAE table များတွင် ပါရှိသည့် တန်ဖိုးများ(hourly CLTD values)ကို ဖတ်ယူသည်။ ပြင်ပအမြင့်ဆုံး အပူချိန်(outdoor maximum temperature)သည် 95°F ဖြစ်ပြီး ပျမ်းမျှအပူချိန်(mean temperature)သည် 85°C ဖြစ်သည်။ နေ့စဉ် အမြင့်ဆုံးနှင့်အနိမ့်ဆုံး အပူချိန်ကွာခြားချက်(daily range)သည် 21°F ဖြစ်သည်။ ညီမျှခြင်း (equation) ထုတ်ထားသည့် အခြေအနေနှင့် မကိုက်ညီပါက correction လုပ်ပေးရန် လိုအပ်သည်။ Correction factor ကို အသုံးပြု၍ တွက်ယူသည်။ ထို့ကြောင့်

$$Q_{Roof} = U \times A \times CLTD_{Roof\ Corrected}$$

ခေါင်မိုး(roof)ကို ဖြတ်၍ ဝင်ရောက်လာသည့် အပူကြောင့် ဖြစ်ပေါ်မည့် cooling load တွက်ရန်အဆင့်များကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

(၁) Step #1 (ပထမ အဆင့်)

ခေါင်မိုးတည်ဆောက်ထားပုံ(roof construction)ကို သက်မှတ်ပြီး ASHRAE 1997, Chapter 28, Table A24-4, A29-5 တို့မှ overall heat transfer coefficient (U)ကို ဖတ်ယူပါ။

(၂) Step #2 (ဒုတိယ အဆင့်)

ASHRAE Table 31 သို့မဟုတ် Text table 7-34 မှ ခေါင်မိုး တည်ဆောက်ထားပုံ နှင့် အနီးစပ်ဆုံး ကိုက်ညီသည့် roof number ကို ရွေးချယ်ပါ။ လက်တွေ့အခြေအနေနှင့် ဇယားတွင်ဖော်ပြထားသည့်

အမျိုးအစားတို့၏ အကိုက်ညီဆုံးကို ရွေးချယ်ပါ။ (closest to matching actual roof construction.)

(၃) Step #3 (တတိယ အဆင့်)

Chapter 28 ASHRAE Table A28-32, A28-34 မှ တွက်မည့် အချိန်(time of interest) နာရီအလိုက် (hourly basis) CLTD Roof ကို ရွေးချယ်ပါ။

(၄) Step #4 (စတုတ္ထအဆင့်) Corrections: Values

(က) Four latitudes on July or August (ဩဂုတ်လနှင့်ဇူလိုင်လ)

(ခ) အခန်းတွင်းအပူချိန်(indoor temperature) သည် 78°F ဖြစ်သည်။

(ဂ) ပြင်ပ အမြင့်ဆုံးအပူချိန် (outdoor maximum temperature)သည် 95°F ဖြစ်ပြီး ပျမ်းမျှအပူချိန် (mean temperature)သည် 85°C ဖြစ်သည်။ နေ့စဉ် အမြင့်ဆုံးနှင့် အနိမ့်ဆုံး အပူချိန်ကွာခြားချက်(daily range)သည် 21°F ဖြစ်သည်။

$$CLTD_{Roof\ Corrected} = [CLTD_{Roof} + (78 - TR) + (T_m - 85)]$$

(78 - TR) = indoor design temperature correction

(TM - 85) = outdoor design temperature correction

TR = Indoor room temperature

Tm = Mean outdoor temperature

Tmax = Maximum outdoor temperature

$$T_m = T_{max} - \frac{Daily\ Range}{2}$$

(၅) Step # 5 (ပဉ္စမအဆင့်)

ဗိသုကာပုံ(architectural plans)မှ ခေါင်မိုးအကျယ်ဧရိယာ(roof area)ကို တွက်ပါ။

(၆) Step #6 (ဆဌမအဆင့်)

$$Q_{Roof} = U \times A \times CLTD_{Roof\ Corrected}$$

What is Sol-air temperature? (Sol-air temperature ဆိုသည်မှာ)

The sol-air temperature is a fictitious number that defines the value of the outside air temperature which would, in the absence of all radiation exchanges, give the same rate of heat flow (Q) into the outer surface of the wall as the actual combination of temperature difference and radiation exchanges.

Sol-air temperature သည် ပြင်ပလေ convection (convection to the outdoor air)၊ မြေပြင်နှင့် ကောင်းကင်တို့မှ radiation နှင့် အဆောက်အဦ အပြင်ဘက် မျက်နှာပြင်အပေါ်သို့ ကျရောက်သည့်(solar radiation heat transfer effects on the outer surface of a building)တို့ ပေါင်းစပ်(combine) ပါဝင်နေသည့် equivalent outdoor design air temperature ဖော်ပြချက်ဖြစ်သည်။ အခန်း(၂)တွင် Sol-air temperature အကြောင်းကို ဖော်ပြထားသည်။

Sol-air temperature သည် အောက်ပါအချက်များ အပေါ်တွင် မူတည်သည်။

(က) နံရံနှင့် ခေါင်မိုးထုထည်(mass of the wall or roof) နှင့် daily temperature range (which affects the heat storage)၊

(ခ) အပြင်ဘက်နံရံအရောင်(color of the outside surface (which affects solar heat absorption rate) ၊

(ဂ) လတ္တီတွဒ်(latitude) နှင့်လ(month) စသည်တို့ကို မူတည်သည်။

Sol-air data ကို inside design temperature နှင့် ပေါင်း၍(combined with) Cooling Load Temperature Difference(CLTD) တန်ဖိုး ရရှိသည်။

ASHRAE handbook of fundamentals မှ ဇယား(tables)တွင် အမျိုးမျိုးသော မျက်နှာမူရာဘက်များ အတွက်(various orientations of a surface) နာရီအလိုက် ဖြစ်ပေါ်သည့်(hourly) sol-air temperature တန်ဖိုးများကို ဖော်ပြထားသည်။ ဇူလိုင်လ(၂၁)ရက်၊ 40°N (21 July at 40° N latitude အတွက် ဒေတာများ ဖြစ်သည်။ မျက်နှာပြင် အရောင်အဖျော့၊ အရင့်(light and dark colored surfaces) စသည့် standard surface absorption factor များဖြစ်သည်။

တခြားနေ့များ၊ တခြားသော လတ္တီတွဒ်နှင့် လေအပူချိန် များအတွက် adjustment လုပ်၍ အသုံးပြုနိုင်သည်။ Computer software မှ buildings external shading များအတွက် custom table များ ထုတ်ပေးနိုင်သည်။ ကွန်ပျူတာ software နှင့် cooling load တွက်လျှင် ဇယားများဖတ်ရန် မလိုအပ်ပါ။ ဒေတာများကို စနစ်တကျ ထည့်သွင်းရန် လိုအပ်သည်။

Walls

နံရံ(wall) ၏ cooling load တွက်နည်းသည် ခေါင်းမိုး (roof) cooling load တွက်နည်းနှင့် တူညီသည်။

$$Q_{Wall} = U \times A \times CLTD_{Wall\,Corrected}$$

Q_{Wall} = Load through the walls (Btu/hr)

U = Thermal Transmittance for walls in(Btu/h ft^2 °F)

A = area of walls (ft^2)

CLTD = Cooling Load Temperature Difference for walls (°F)

Wall load ကို တွက်ချက်ယူမည့် အဆင့်များကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

(၁) Step #1

နံရံတည်ဆောက်ထားပုံ(wall construction)ကို သတ်မှတ်ပြီး overall heat transfer coefficient (U) ကို Chapter 24 ASHRAE 1997,Table A24-4, A29-5)မှ ဖတ်ယူပါ။

(၂) Step # 2

ASHRAE Table 33 မှ အနီးစပ်ဆုံး တူညီသည့် နံရံတည်ဆောက်ပုံ(closest to matching actual wall construction mass distribution)ကို လိုက်၍ နံရံအမျိုးအစား(wall type) ရွေးချယ်ပါ။ Inside insulation, outside insulation or evenly distributed စသည်တို့ကို သတိပြုပါ။

(၃) Step #3

Chapter 28 ASHRAE Table A28-32, A28-34 တို့မှ တွက်မည့်အချိန်(time of interest) နာရီအလိုက် (hourly basis) $CLTD_{Wall}$ ကို ရွေးချယ်ပါ။

(၄) Step # Corrections: Values

(က) Four latitudes on July or August

(ခ) အခန်းတွင်းအပူချိန်(Indoor temperature)သည် 78°F ဖြစ်သည်။

(ဂ) အမြင့်ဆုံး ပြင်ပအပူချိန် (outdoor maximum temperature)သည် 95°F ဖြစ်သည်။ နေ့စဉ်ပျမ်းမျှ အပူချိန်(mean daily temperature)သည် 85°C ဖြစ်သည်။ နေ့စဉ် အမြင့်ဆုံးနှင့်အနိမ့်ဆုံး အပူချိန် ကွာခြားချက်(daily range)သည် 21°F ဖြစ်သည်။

$$CLTD_{Wall\,Corrected} = [CLTD_{Wall} + (78 - TR) + (TM - 85)]$$

(78 - TR) = indoor design temperature correction

(TM - 85) = outdoor design temperature correction

TR = Indoor room temperature

Tm = Mean outdoor temperature

Tmax = Maximum outdoor temperature

$$T_m = T_{max} - \frac{Daily\ Range}{2}$$

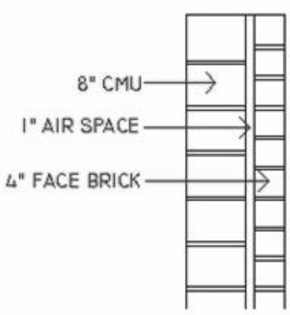
(၅) Step #5 Calculate walls area (A)

ဗိသုကာပုံများ(architectural drawings)မှ နံရံဧရိယာ(wall area) မည်မျှရှိသည်ကို တွက်ပါ။ ပြတင်းပေါက်(window)နှင့် တံခါး(door)တို့၏ heat loss များကို သီးသန့်တွက်ယူမည် ဖြစ်သောကြောင့် wall loss တွက်ယူရာတွင် တံခါး ဧရိယာနှင့် ပြတင်းပေါက် ဧရိယာများကို ထည့်တွက်ရန် မလိုပေ။

(၆) Step #6

$$Q_{Wall} = U \times A \times CLTD_{Wall\ Corrected}$$

ဥပမာ



နံရံ(wall)တစ်ခုသည် လေးလက်မထုသည့်အုတ်နံရံ(4" brick exterior)ကို အပြင်ဘက်ဆုံး၌ ထားရှိသည်။ (၁)လက်မ အကြားနေရာလွတ်(1" air gap)နှင့် (၈)လက်မ ကွန်ကရစ်တုံး(8" concrete block)ကို အသုံးပြု ထားသည်။ နံရံ(walls)၏ overall U value (Btu/hr /ft^2/°F)ကို တွက်ပါ။ အသုံးပြုထားသည့် ပစ္စည်းများ(materials)ကို အခြေခံ၍ ASHRAE မှ တန်ဖိုးများကို ဖတ်ယူပါ။ အောက်တွင် ဇယားကွက်ဆွဲ၍ ဥပမာအဖြစ် တွက်ပြထားသည်။

ပုံ ၇-၄ 4" brick exterior wall

Table 7-4

Construction Material	R-Value (hr x ft^2 x °F/ Btu)	U-Value (Btu/hr/ft^2/°F)
Outside Air Resistance	0.33	3.03
4" Face Brick	0.43	2.33
1" Air Gap	0.91	1.1
8" CMU	2.02	0.5
Inside Air Resistance	0.69	1.45
Totals	4.38	8.41

အရေးကြီးသည့် သဘောတရားနှစ်ခုကို ရှင်းလင်းစွာ နားလည် သဘောပေါက်သင့်သည်။

ပထမ သဘောတရားမှာ အပူခုခံနိုင်စွမ်း(thermal resistance) ဖြစ်သည်။ အပူစွမ်းအင်(heat energy)သည် ပူသည့်နေရာ(hot space)မှ အေးသည့်နေရာ(cold space)သို့သာ အလိုအလျောက် စီးဆင်းသည်။ အပူချိန်ကွာခြားချက်(temperature difference)များလေ အပူစွမ်းအင်(heat energy) စီးဆင်းမှုများလေ ဖြစ်သည်။

အပူချိန်(၂)မျိုး ကွာခြားအောင် ပြုလုပ်ပေးနိုင်သည့်ပစ္စည်း(material)များ အားလုံးတွင် အပူခုခံနိုင်စွမ်း(thermal resistance)ရှိသည်။ အပူခုခံနိုင်စွမ်း(thermal resistance)များလေ အပူစီးဆင်းမှုနည်းလေ ဖြစ်သည်။ အပူခုခံနိုင်စွမ်းနည်းလေ အပူစီးဆင်းမှု ပိုများလေ ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် အပူစီးဆင်းမှု နည်းအောင် သို့မဟုတ် ခုခံနိုင်စွမ်းများအောင် နံရံများကို insulation လုပ်ခြင်း ဖြစ်သည်။ Insulation ကြောင့် နံရံ၏ အပူခုခံနိုင်စွမ်း(thermal resistance) သို့မဟုတ် R value များလာသည်။

နံရံကို ဖြတ်၍စီးကူးသွားသည့် အပူပမာဏလျော့နည်းစေရန်အတွက် နံရံများကို insulate လုပ်ကြသည်။ Insulation လုပ်ခြင်းကြောင့် နံရံ၏ အပူခုခံနိုင်စွမ်း(thermal resistance) သို့မဟုတ် "R value" ပိုများလာသည်။

ဒုတိယအချက်သည် အပူသိုလှောင်နိုင်စွမ်း(heat capacity) ဖြစ်သည်။ ဆောက်လုပ်ထားသည့် ပစ္စည်း(building materials)၏ heat capacity သည် ပစ္စည်းများ၏ အပူသိုလှောင်နိုင်စွမ်း(store heat energy) ဖြစ်သည်။

သတ္တုများ(metals)တွင် heat capacity နိမ့်သည်။ အပူစွမ်းအင်(heat energy) လျင်မြန်စွာ စီးဆင်း(flow) နိုင်သည်။ အပူချိန်(temperature) လျင်မြန်စွာ ပြောင်းလဲနိုင်သည်။ ကျောက်(stone) သို့မဟုတ် အင်္ဂတေ(cement) တွင် heat capacity ပိုမြင့်နိုင်သည်။ ကျောက်(stone)ကို ဖြတ်၍ heat energy များ စီးဆင်းသည့်အခါ အပူချိန်တဖြည်းဖြည်း ခြင်းသာ ပြောင်းလဲသည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ကျောက်သားသည် အပူများကို စုပ်ယူသိုလှောင်ထားနိုင်သော ကြောင့် ဖြစ်သည်။ Passive solar home များကို ကျောက်တုံးကြီး(large mass of stone, rock)များ သို့မဟုတ် အပူ သိုလှောင်နိုင်စွမ်း(heat capacity) ပိုများသည့် တခြားဆောက်လုပ်ရေးပစ္စည်း(other material)များဖြင့် တည်ဆောက် ကြသည်။

Thermal mass သည် နေ့အခါတွင် အပူများကို စုပ်ယူသိုလှောင်ထားပြီး ညအခါတွင် ပြန်ထုတ်ပေးသည်။ နေ့အခါ အပူချိန်မြင့်သည့် အချိန်တွင် အပူများကို စုပ်ယူထားသောကြောင့် အခန်းအတွင်း၌ အေးမြနေသည်။ ညအခါ ပြင်ပအပူချိန်နိမ့်သောကြောင့် thermal mass က စုပ်ယူထားသည့် အပူများကို ပြန်ထုတ်ပေး၍ အခန်းမှာ နွေးနေသည်။

ရေ(water)၏ အပူသိုလှောင်နိုင်စွမ်း(heat capacity)အလွန်များသည်။ အခန်းအတွင်း၌ မဖုံးအုပ်ထားသည့် ရေများရှိနေခြင်းကြောင့် စိုထိုင်းဆပြဿနာများ(humidity problems) ဖြစ်နိုင်သည်။ ရေ၏ အပူသိုလှောင်နိုင်စွမ်း (heat capacity of water)သည် အပူချိန်မျှတအောင်(moderating temperature)ပြုလုပ်ပေးနိုင်သည်။ ပင်လယ်၊ မြစ်၊ ချောင်းများနှင့် နီးသည့် ဒေသများ၏ ရာသီဥတုသည် သင့်တင့်မျှတသည်။

Solar Load Through Glass

Solar load through glass တွင် အပိုင်း (၂)ပိုင်း(two components) ပါရှိသည်။ (၁) Conductive နှင့် (၂) Solar Transmission တို့ဖြစ်သည်။ ပြတင်းပေါက်များအပူစုပ်ယူခြင်းနှင့် အပူလျောက်ကူးခြင်း(absorbed and then conductive portion of the radiation through the windows)ကို ခေါင်မိုးနှင့် နံရံများကဲ့သို့မှတ်ယူ(treated like the roof and walls)နိုင်သည်။ Standard glazing ၏ CLTD value များကို ASHRAE fundamentals handbook စာအုပ်တွင် ဇယား(table)များဖြင့် ဖော်ပြထားသည်။

Solar transmission အတွက် cooling load ပမာဏကို cooling load SCL factor နှင့် Shading Coefficient (SC) တို့ကို အသုံးပြု၍ တွက်ယူသည်။ မှန်၏(glass) cooling load equation သည်

Conductive အတွက် $$Q_{Glass\ Conductive} = U \times A \times CLTD_{Glass\ Corrected}$$

Solar Transmission $$Q_{Glass\ Solar} = A \times SC \times SCL$$

Q Conductive = Conductive load through the glass (Btu/hr)

Q Solar = Solar transmission load through the glass (Btu/hr)

U = Thermal Transmittance for glass (Btu/hr ft^2 °F)

A = Area of glass (ft^2)

CLTD = Cooling Load Temperature Difference for glass (°F)

SC = Shading coefficient

SCL = Solar Cooling Load Factor

Steps for Conductive Calculation

(၁) Step # 1

အသုံးပြုထားသည့်မှန် အမျိုးအစား(glass types used)၏ overall heat transfer coefficient (U) တန်ဖိုးကို ဖတ်ရန် ASHRAE table များကို ရွေးချယ်သည်။ Commercial building များရှိ မှန်များသည် အပူများ အဆောက်အဦအတွင်းသို့ အများဆုံး စီးဝင်စေသည့် ပစ္စည်းများဖြစ်သည်။ အရိပ်ကျရောက်ခြင်း (effect of shading)၊ အရိပ်ကျစေသည့် အရာများ၊ အရောင်ပြန် ဖလင်အလွှာများ(reflective films)၊

လိုက်ကာများ (curtains)၊ ခန်းဆီးများ(drapes)ကို သတိပြုတွက်ချက်ပါ။

(၂) Step # 2

တွက်မည့်အချိန်(time of interest)ကို လိုက်၍ CLTD Glass ကို ရွေးချယ်ပါ။ နာရီအလိုက် သက်ဆိုင်သည့် တန်ဖိုးများ(typically on an hourly basis)ကို ဖော်ပြထားသည်။ Chapter 28 ASHRAE Table 34 မှ တွက်မည့် အချိန်ကိုလိုက်၍ CLTD glass ကို ရွေးချယ်ပါ။

(၃) Step # 3

Correction ပြုလုပ်ရန်

$$CLTD_{Glass\ Corrected} = [CLTD_{Glass} + (78 - TR) + (TM - 85)]$$

(78 - TR) = indoor design temperature correction

(TM - 85) = outdoor design temperature correction

TR = Indoor room temperature

Tm = Mean outdoor temperature

Tmax = Maximum outdoor temperature

$$Tm = Tmax - \frac{Daily\ Range}{2}$$

(၄) Step # 4

ဗိသုကာပုံ(architectural plans)မှ မှန်ဧရိယာ(glass area (A))ကို တွက်ပါ။

(၅) Step # 5

$$Q_{Glass} = U \times A \times CLTD_{Glass\ Corrected}$$

Steps for Solar Transmission Calculations

(၁) Step # 1

ASHRAE 1997 Chapter 27, Table 11 မှ Shading Coefficient (SC)ကို ရွေးချယ်ပါ။

(၂) Step # 2

ASHRAE 1997 Chapter 29, Table 35 B မှ ဇုန်အမျိုးအစား(zone type)ကို ရွေးချယ်ပါ။

(၃) Step # 3

ASHRAE 1997 Chapter 28, Table A28-36 မှ Solar Cooling Load factor (SCL)ကို ရွေးချယ် ဆုံးဖြတ်ပါ။

(၄) Step # 4

ဗိသုကာပုံ(architectural plans)မှ မှန်မျက်နှာပြင် ဧရိယာ(glass area (A)) ကို တွက်ယူပါ။

(၅) Step # 5

$$Q_{Glass\ Solar} = A \times SC \times SCL$$

ဥပမာ

U value ကို ခန့်မှန်းပါ။ ခန်းဆီးပါသည့် cooling load နှင့် ခန်းဆီး၊ လိုက်ကာစ မပါသည့် cooling load တန်ဖိုးကို တွက်ပါ။ မှန်အမျိုးမျိုးတို့ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် cooling load ကို နှိုင်းယှဉ်ပါ။ (compare cooling load of different glass types/with or without drapes)။ Thermal resistance (R) သို့မဟုတ် thermal conductivity of glass material ကိုသိလျှင် U valve ကိုတွက်ယူ နိုင်သည်။

U တန်ဖိုးသည် R တန်ဖိုး၏ ပြောင်းပြန် ဖြစ်သည်။ (U value is inverse of R-value.)

R-value ကို R = l/k ညီမျှခြင်းမှ တွက်ယူနိုင်သည်။ l သည် အထု(thickness of the material) ဖြစ်သည်။ k သည် thermal conductivity ဖြစ်သည်။

အပူခုခံမှု(thermal resistance)တန်ဖိုးကို ပြတင်းပေါက်(window)၌ ခန်းဆီးစ၊ လိုက်ကာစ(drapes) ရှိသည် ဖြစ်စေ ၊ မရှိသည် ဖြစ်စေ အောက်ပါညီမျှခြင်းဖြင့် တွက်ယူနိုင်သည်။

Without drape:

$$R_{Total} = R_{airfilm} + R_{window} + R_{airfilm}$$

With drapes:

$$R_{Total} = R_{airfilm} + R\,drapes + R\,gap + R\,window + R_{airfilm}$$

Assumed data

Thickness of glass = 1/8 inch

Curtain-window spacing = 3.5 inch

Conductivity of glass = 0.81 BTU/hr ft ˚F

Conductivity of drapes = 0.035 BTU/hr ft ˚F

Thickness of drapes = 1/16 inch

Thickness of insulated drapes = ½ inch

R - Values from ASHRAE Fundamentals (2001):

Table 7-5

Air Space/Gap	R-value (hr ft^2 ˚F/BTU)
Inside vertical air film, $R_{airfilm}$	0.68
Uninsulated drapes, R_{drapes}	0.15
Insulated drapes, R_{drapes}	1.2
3.5 inch vertical air gap, R_{gap}	1.1
Single glazed window (wood or vinyl frame), R_{window}	1.2
Double glazed window (wood or vinyl frame), R_{window}	2
Outside vertical air film, $R_{airfilm}$	0.25

U-values တွက်ရန်

$$R\,series = R1 + R2 + R3 + etc$$

U series = 1/ R series

အထက်တွင် ဖော်ပြထားသည့် ညီမျခြင်းကို အသုံးပြု၍ ပြတင်းပေါက်နှင့် ခန်းဆီးစ၊ လိုက်ကာစ အမျိုးမျိုး (different type of window/drapes)တို့ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် heat loss ကွာခြားပုံကို လေ့လာနိုင်သည်။ မှန်(၁)ထပ်ဖြင့် ပြုလုပ်ထားသည့် ပြတင်းပေါက်များ(single glazed windows)တွင် ခန်းဆီးစ၊ လိုက်ကာစ (drapes) တပ်ဆင်ထားခြင်းဖြင့် heat loss 37% လျော့နည်း သွားနိုင်သည်။

Double glazed window ဖြစ်လျှင် ခန်းဆီးစ၊ လိုက်ကာစ(drope)ကြောင့် heat loss သည် 30% လျော့နည်းနိုင်သည်။ Insulated လုပ်ထားသည့် single glazed window တွင် ခန်းဆီးစ(drapes) တပ်ဆင်ခြင်းကြောင့် heat loss 56% ကျဆင်းနိုင်သည်။ Double glazed window ဖြစ်လျှင် heat loss 48% ကျဆင်းသွားလိမ့်မည်။ Single နှင့် double glazed window များ အတွက်လည်း အသုံးပြုနိုင်သည်။ Double glazed window မှ ဖြစ်ပေါ်သည့် heat loss သည် single glazed windowမှ ဖြစ်ပေါ်သည့် heat loss ထက်ပိုနည်းသည်။

Partitions, Ceilings and Floors

Conditioned space ဘေးတစ်ဖက်ဖက်တွင် တည်ရှိသည့် space အပူချိန်သည် conditioned space အပူချိန်ထက် ပိုမြင့်နေလျှင်သော် လည်းကောင်း၊ နိမ့်နေလျှင်သော်လည်းကောင်း အပူချိန်ခြားနားမှု(different temperature) ဖြစ်ပေါ်သည်။ ထိုအပူချိန်ခြားနားမှု(different temperature)ကြောင့် ပိုင်းခြားထားသည့် နံရံကို ဖြတ်၍ အပူကူးပြောင်းခြင်း(heat transfer) ဖြစ်ပေါ်သည်။

$$Q = U \times A \times (Ta - Trc)$$

U = coefficient of overall heat transfer between adjacent and conditioned space in Btu/ (h ft^2 ˚F)

1997 ASHRAE Fundamentals, Chapter 24 သို့မဟုတ် 2001 ASHRAE Fundamentals, Chapter 25 တွင် လေ့လာနိုင်သည်။

A = area of partition in ft^2, ceiling or floor calculated from building plans

Ta = Temperature of adjacent space in °F

အကယ်၍ ကပ်လျက်ရှိအခန်းကို air con မပေးထားဘဲ အခန်းအပူချိန်ကို မရနိုင်လျှင် ပြင်ပအပူချိန်(outdoor air temperature)ထက် 5°F ပိုနိမ့်သည်ဟု ယူဆ၍ တွက်ချက်ပါ။ (Note: If adjacent space is not conditioned and temperature is not available, use outdoor air temperature less 5°F)

Trc = Inside design temperature of conditioned space in °F (assumed constant)

ဘေးအပူချိန်(temperature, Ta)သည် conditioned space အပူချိန်ထက် လွန်စွာ များခြင်း၊ နည်းခြင်း ဖြစ်နိုင်သည်။ ဥပမာ- kitchen သို့မဟုတ် boiler room ၏ အပူချိန်သည် ပြင်ပအပူချိန်(outdoor air temperature) ထက် 15°F မှ 50°F ပိုမြင့်နိုင်သည်။ ဘေးအခန်းရှိ(adjoining spaces) အပူချိန်(actual temperature)ကို ဖြစ်နိုင်လျှင် တိုင်းယူသင့်သည်။ မည်သည့် အချက်အလက်မျှ ရရှိရန် မဖြစ်နိုင်လျှင် ပြင်ပအပူချိန်(outdoor air temperature)ထက် 5°F ပိုနိမ့်သည်ဟု ယူဆ၍ တွက်ချက်ပါ။

၇.၉.၂ Internal Cooling Loads

Occupants ၊ products ၊ processes ၊ appliances နှင့် lighting တို့ကြောင့် sensible နှင့် latent heat transfers ဖြစ်ပေါ်သည်။ ၄င်းတို့သည် Internal load များဖြစ်ကြသည်။ Lighting load သည် sensible သာဖြစ်သည်။ Sensible heat gain (from lighting, people, appliances စသည်တို့မှ)မှ space cooling load အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲသည့်အခါ Cooling Load Factors(CLF)သည် thermal storage characteristics အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ Space အတွက် သင့်လျော်သည့်(appropriate) Cooling Load Factors(CLF)ကို သုံးသင့်သည်။
CLF factor တွက်ရန် ညီမျှခြင်း

$$\boldsymbol{Cooling\ Load\ Factors(CLF)} = \frac{\boldsymbol{Q_{Cooling\ Load}}}{\boldsymbol{Q_{internal\ gains}}}$$

Latent heat gain များအားလုံးသည် instantaneous load ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် latent heat gain များအားလုံးသည် cooling load အဖြစ် ချက်ချင်းပြောင်းလဲသည်။

၇.၉.၃ အခန်းအတွင်း နေထိုင်သူများ(People)

$$\boldsymbol{Q_{Sensible}} = \mathbf{N \times QS \times CLF)}$$
$$\boldsymbol{Q_{Latent}} = \mathbf{N \times QL}$$

N = number of people in space from ASHRAE, Table A28-3

QS, QL = Sensible and Latent heat gain from occupancy is given in 1997 ASHRAE Fundamentals Chapter 28, Table 3)

CLF = Cooling Load Factor, by hour of occupancy. See 1997 ASHRAE Fundamentals, Chapter 28, Table 37

Note: CLF = 1.0

အကယ်၍ (၂၄)နာရီပတ်လုံး air con မောင်းထားလျှင် သို့မဟုတ် ည(night)နှင့် စနေ၊ တနင်္ဂနွေနေ့(weekends)များတွင် air con ရပ်နားထားလျှင် CLF သည် 1.0 ဖြစ်သည်။

လူများ(human beings)မှ ထွက်လာသည့် အပူများသည် မတူညီသည့် လှုပ်ရှားမှုများ(different states of activity)ကြောင့် sensible နှင့် latent heat gain တန်ဖိုးများ ကွဲပြားသည်။ လှုပ်ရှားမှု များသောကြောင့် total load ပိုများသည်။ Air con အခန်းအတွင်းသို့ခဏသာ ဝင်ရောက်နေသူများ(short-term occupancy)ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် extra heat နှင့် moisture များကို သတိပြုတွက်ချက်ရန် လိုသည်။

ထိုတန်ဖိုးများ(values)သည် အခန်းအပူချိန်(room dry bulb temperature) 78°F DB အတွက် ဖြစ်သည်။ 80°F dry bulb temperature အတွက် total heat တူညီသည်။ Sensible heat value 8% ခန့် လျော့နည်းနိုင်ပြီး latent heat value ပိုများလာလိမ့်မည်။

အခန်းအတွင်း၌ ရှိနေသူများ(occupants)ထံမှ sensible heat နှင့် latent heat နှစ်မျိုးစလုံး ထွက်နိုင်သည်။ လှုပ်ရှားမှု(activity level)အပေါ်တွင် မူတည်၍ sensible heat ထွက်နှုန်း(rate) အနည်းငယ် ပိုများလာလိမ့်မည်။ လှုပ်ရှားမှုများ(higher activity)၍ ချွေးထွက်လာသည့်အခါ latent heat ထွက်နှုန်း(rate) သိသိသာသာ ပိုများလာလိမ့်မည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ခန္ဓာကိုယ်အပူချိန်(body temperature)ကို ထိန်းထားရန်အတွက် ချွေးထွက်နှုန်း(perspiration rate) များသောကြောင့် ဖြစ်သည်။

၇.၉.၄ မီးလုံး၊ မီးချောင်းများ (Lights)

အလင်းရောင်ထွက်သည့် မီးလုံး၊ မီးချောင်းစသည်တို့မှ အပူများထုတ် လွှတ်သည်။ မီးလုံး၊ မီးချောင်း(lighting)တို့သည် အလင်းရောင်ထုတ်ပေးသည့် အရာများ(light-emitting elements)ဖြစ်သည်။ အပူထွက်ပေါ်လာသည့် အဓိကနေရာ(primary source of heat)များ ဖြစ်ကြသည်။

Lighting load component တွက်ခြင်းသည် ရိုးရှင်းသည့် ကိစ္စမဟုတ်ပါ။ အချိန်အခိုက်အတန့်တစ်ခု၌ အပူထွက်နှုန်း မကွဲပြားနိုင်(rate of heat gain at any given moment can be quite different)ပါ။ ထိုမီးလုံးမီးချောင်းများအတွက် ပေးသည့် ပါဝါသည် အပူအဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲသွားသည်။ (heat equivalent of power supplied instantaneously to those lights)

ထည့်ပေးသည့် လျှပ်စစ်စွမ်းအင် အချို့သည် မီးလုံးမီးချောင်းများကြောင့် convective heat အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲသွားသည်။ ထိုပမာဏသည် air conditioning များထဲသို့ ချက်ချင်း ဝင်ရောက်သွားသည့်(picked up instantaneously) အပူများဖြစ်သည်။ ကျန်အပိုင်းသည် radiation ပုံစံဖြင့် အပူစီးကူး(remaining portion is in the form of radiation)သည်။ မီးလုံးမီးချောင်းမှ radiation များကို နံရံက စုပ်ယူထားပြီး နောင်တစ်ချိန်တွင် ပြန်ထုတ်ပေးသည်။

Conditioned space ၏ နံရံများ(walls)၊ ကြမ်းခင်းများ(floors)၊ ပရိဘောဂများ(furniture)မှ စုပ်ယူပြီးနောက်(absorbed energy) ပြန်ထုတ်ပေး(re-released)ကာ space cooling load ဖြစ်လာသည်။

မီးပိတ်ပြီးနောက် အချိန် ခဏကြာပြီး(time lag)မှ စွမ်းအင်အချို့သည် အခန်းထဲတွင် ကျန်ရှိနေဆဲ ဖြစ်သည်။ (some part of such energy still present and reradiating after the lights have been switched off.)/ ယေဘုယျအားဖြင့် electric lighting များမှ ထွက်လာသည့် instantaneous rate of heat gain ကို အောက်ပါ ညီမျှခြင်းဖြင့် တွက်ယူသည်။

$$Q = 3.41 \times W \times FUT \times FSA$$

Cooling load factor ကို အသုံးပြုသည်။ Instantaneous heat gain ကို lighting မှ sensible cooling load အဖြစ် ပြောင်းလဲ(convert)ရန်အတွက် ညီမျှခြင်း(equation)ကို ပြောင်း(modified)သည်။

$$Q = 3.41 \times W \times FUT \times FSA \times (CLF)$$

W = Watts input from electrical lighting plan or lighting load data

FUT = Lighting use factor, as appropriate

FSA = Special ballast allowance factor, as appropriate

CLF = Cooling Load Factor, by hour of occupancy

See 1997 ASHRAE Fundamentals, Chapter 28, Table 38. Note: CLF = 1.0

(၂၄)နာရီ မောင်းထားလျှင်(operation is 24 hours) သို့မဟုတ် ညဘက် နှင့် စနေ၊တနင်္ဂနွေတို့တွင် ပိတ်ထားလျှင်(cooling is off at night or during weekends.) CLF သည် 1.0 ဖြစ်သည်။

တပ်ဆင်ထားသည့် မီးလုံးများ၏ rating မှ total light wattage ရသည်။

Special allowance သည် တွက်လိုသည့်အခြေအနေ၏ wattage (in use for the conditions under which the load estimate is being made)နှင့် total installed wattage တို့၏ အချိုး(ratio)ဖြစ်သည်။

ဈေးဆိုင်များ၊ စတိုးဆိုင်(stores) စသည့် commercial application များအတွက် factor သည် ယေဘုယျအားဖြင့် 1.0 (generally be unity) ဖြစ်သည်။ Special allowance factor ကို အသုံးပြုခြင်းဖြစ်သည်။ မီးလုံး မီးချောင်းများနှင့် ၎င်းတို့အထိုင်များ(fluorescent fixtures and/or fixtures)အတွက် လေဝင်လေထွက် ကောင်းလျှင် (ventilated ဖြစ်လျှင်) အပူတချို့တစ်ဝက်(only part of their heat)သည် conditioned space ထဲသို့ ရောက်သွားသည်။ Ballast lossr များကြောင့် fluorescent fixture များ၏ special allowance factor သည် 2.19 အထိများနိုင်သည်။

ဥပမာ- 40 W lamp fixtures အတွက် special allowance factor သည် 1.18 ဖြစ်သည်။ 277 V မီးလုံးနှစ်လုံး(two lamp)ဖြစ်လျှင် 1.30 အထိ များနိုင်သည်။ ပုံမှန် အသုံးပြုနေကြ(general applications) မီးသီးများအတွက် 118V one lamp ဖြစ်လျှင် recommended value 1.20 ကို သုံးသင့်သည်။

Fluorescent မဟုတ်သည့် sodium lamp စသည့် industrial fixture များအတွက် special allowance factor သည် 1.04 မှ 1.37 အတွင်း ဖြစ်သည်။ ထုတ်လုပ်သူများ(manufacturer) အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ တစ်ခုချင်းစီကို တွက်ယူသင့်(should be dealt with individually)သည်။ Ventilated သို့မဟုတ် recessed light fixture များအတွက် ထုတ်လုပ်သူများ(manufacturer)၏ data များကို မှီငြမ်းနိုင်သည်။

Conditioned space အတွင်းသို့ တိုက်ရိုက်ဝင်ရောက်သွားမည့် total wattage မှ အစိတ်အပိုင်း(fraction) နှင့် return air မှ စုပ်ယူသယ်ဆောင်သွားမည့် ပမာဏကိုနှိုင်းယှဉ်ပြီး ထည့်သွင်းစဉ်းစားရန် လိုအပ်သည်။ ထိုပမာဏသည် time lag effect ပေါ်တွင် အခြေခံသည်။

၇.၉.၅ လျှပ်စစ်ပစ္စည်းများ၊ လျှပ်စစ်ဓာတ်အားဖြင့် မောင်းသည့် ကိရိယာများ(Power Loads)

စက်မှုလုပ်ငန်း(industrial)နှင့် commercial လုပ်ငန်းများ တွင် equipment အမျိုးမျိုးကို အသုံးပြုကြသည်။ ထို equipment များမှ အပူကို စွန့်ထုတ်ကြသည်။ Fan များ ၊ pump များ ၊ machine tool များ ၊ elevator များ ၊ escalator များနှင့် တခြား စက်များ(other machinery)စသည့် equipment များ၏ တည်ဆောက်ထားပုံ (construction)ကို လိုက်၍ တွက်နည်း (၅)မျိုး ကွဲပြားသည်။

(၁) **Case #1**

မော်တာ(motor)နှင့် စက်(machine)သည် အခန်း(room)တစ်ခုအတွင်း၌ တည်ရှိနေလျှင် အပူကူးပြောင်းမှု (heat transfer) ကို အောက်ပါညီမျှခြင်းဖြင့် တွက်နိုင်သည်။

$$Q = 2545 \times (P / Eff) \times FUM \times FLM$$

P = Horsepower rating from electrical power plans or manufacturer's data

Eff = Equipment motor efficiency, as decimal fraction

FUM = Motor use factor (normally = 1.0)

FLM = Motor load factor (normally = 1.0)

Note: FUM = 1.0, if operation is 24 hours

ထိုကဲ့သို့မျိုးအခြေအနေ(in this situation)တွင် total power သည် အခန်းအတွင်းသို့ အပူများအဖြစ်ကူးပြောင်း(transferred as heat to the room) သွားသည်။

မှတ်ရန်- အကယ်၍ စက်သည် ပန့် သို့မဟုတ် fan ဖြစ်လျှင် power အများစုသည် ရေ၊ လေထဲသို့ ဝင်ရောက်သွားပြီး အခန်းအတွင်းမှ ထွက်သွားလိမ့်မည်။ (If the machine is a pump or a fan most of

the power are transferred as energy to the medium and may be transported out of the room.) ထိုသို့ဖြစ်လျှင် case 4 တွင် ပြထားသည့်နည်း အတိုင်းတွက်ပါ။

(၂) **Case #2**

အကယ်၍ မော်တာသည် အခန်းအပြင်ဘက်တွင် တည်ရှိနေပြီး စက်သည် အခန်းအတွင်း၌ တည်ရှိနေလျှင် အောက်ပါ ညီမျှခြင်းဖြင့် တွက်ယူနိုင်သည်။

$$Q = 2545 \times P \times FUM \times FLM$$

P = Horsepower rating from electrical power plans or manufacturer's data

FUM = Motor use factor

FLM = Motor load factor

Note: FUM = 1.0, if operation is 24 hours (၂၄ နာရီမောင်းနေလျှင်)

(၃) **Case #3** အကယ်၍ ဘဲလ်ကြိုး(belt driven)ဖြင့် လည်သည့် မော်တာဖြစ်ပြီး အခန်းအပြင်ဘက်၌ တည်ရှိလျှင် စက်သည် အခန်းအတွင်း၌ တည်ရှိလျှင် ဖြစ်ပေါ်မည့် အပူကူးပြောင်းမှု(heat transfer)ကို အောက်ပါအတိုင်း တွက်ယူနိုင်သည်။

$$Q = 2545 \times P \times Belt\,Eff \times FUM \times FLM$$

P = Horsepower rating from electrical power plans or manufacturer's data

Belt Eff = Belt transmission efficiency, as decimal fraction

FUM = Motor use factor

FLM = Motor load factor

Note: FUM = 1.0, if operation is 24 hours

(၄) **Case #4** အကယ်၍ မော်တာသည် အခန်းအတွင်း၌ တည်ရှိနေပြီး စက်သည် အခန်းအပြင်ဘက်၌ တည်ရှိနေလျှင်

$$Q = 2545 \times [P/Eff - P] \times FUM \times FLM$$

P = Horsepower rating from electrical power plans or manufacturer's data

Eff = Motor efficiency, as decimal fraction

FUM = Motor Use Factor

FLM = Motor Load Factor

Note: FUM = 1.0, if operation is 24 hours

(၅) **Case #5**

အကယ်၍ ဘဲလ်ကြိုး(belt driven)ဖြင့် လည်သည့် မော်တာဖြစ်ပြီး အခန်းထဲ၌ တည်ရှိနေပြီး စက်သည် အခန်းအပြင်ဘက်၌ တည်ရှိနေလျှင် ဖြစ်ပေါ်မည့်အပူကူးပြောင်းမှု(heat transfer)ကို အောက်ပါအတိုင်း တွက်ယူနိုင်သည်။

(If the motor is belt driven and the motor and belt is in the room and the machine is outside the heat transferred can be calculated as)

$$Q = 2545 \times [P/(Motor\,Eff) - P/(Belt\,Eff)] \times FUM \times FLM$$

P = Horsepower rating from electrical power plans or manufacturer's data

FUM = Motor use factor

FLM = Motor load factor

Case#1 တွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် heat gain သည် အများဆုံး ဖြစ်သည်။ မော်တာနှင့်စက်(driven equipment) နှစ်ခုလုံးသည် အခန်းအတွင်း တည်ရှိသည့် အခြေအနေမျိုး ဖြစ်သည်။ မော်တာနှင့် စက်များ တပ်ဆင်ထားသည့် နေရာသည် အဓိကကျသည်။ (The physical location of equipment is not the only governing criteria on using a particular case.)

Case #1 နှင့် case #4 တို့တွင် မော်တာနှင့်မောင်းခံရသည့်စက်တို့သည် အခန်းအတွင်း၌ တည်ရှိပုံ တူညီကြသော်လည်း fluid ထွက်သွားခြင်းကို ချွင်းချက်အဖြစ် သတ်မှတ်နိုင်သည်။

အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် စက်မှထွက်လာသည့် အပူစွမ်းအင်များကို fluid က သယ်ဆောင် (heat energy is carried away by the fluid) သွားသည်။

ဥပမာ- direct driven exhaust fan များ အတွက်ဆိုလျှင် case #3 (direct driven exhaust fans, the case #3 is applicable) ဖြင့်တွက်ရမည်။ Supply ventilation fan များ သို့မဟုတ် intake ventilation fan များ အတွက် ဖြစ်လျှင် case #1 နည်း(supply or intake ventilation fans, the case #1 is applicable)ကို သုံး၍ တွက်ရမည်။

Overload limit ထက်နည်းသည့် အချိန် အားလုံးအတွက် မော်တာမှ ထွက်သည့်အပူ(heat output)သည် motor load နှင့် တိုက်ရိုက်အချိုးကျ(proportional)သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ဝန်မရှိဘဲ မောင်းနေသည့် မော်တာမှ no-load motor current ၊ fixed losses နှင့် တခြားအကြောင်းများ(other reasons)ကြောင့် FLM သည် ယေဘုယျအားဖြင့် 1.0(generally assumed to be unity) ဖြစ်သည်။ Under-loading ဖြစ်ခြင်း သို့မဟုတ် overloading ဖြစ်ခြင်းအတွက် adjustment လုပ်ရန် မလိုပါ။

Load အမျိုးမျိုးအတွက် ဖြစ်ပေါ်မည့် efficiency data များကို မော်တာထုတ်လုပ်သူများ(motor manufacturer)ထံမှ ရရှိနိုင်သည်။

၇.၉.၆ Appliances

Cooling load တွက်ရာတွင် electrical appliances ၊ gas သို့မဟုတ် steam စသည့် appliance အားလုံးမှ ထွက်လာသည့် အပူများ(heat gain)ကို တွက်ထည့်ရန် လိုအပ်သည်။

Appliances အမျိုးမျိုး၊ အသုံးပြုပုံ၊ မောင်းချိန်တပ်ဆင်ပုံ၊ applications၊ schedules၊ use နှင့် installations စသည့် အချက်များအားလုံးကို ထည့်သွင်း တွက်ချက်သင့်သည်။ တစ်ခါတစ်ရံ heat gain အတွက် equipment ၏ name-plate နှင့် အချက်အလက်(information)သာ ရရှိနိုင်သည်။

$$Q_{sensible} = Q_{in} \times Fu \times Fr \times (CLF)$$

$$Q_{latent} = Q_{in} \times Fu$$

Qin = rated energy input from appliances.

1997 ASHRAE Fundamentals, Chapter 28, နှင့် Table 5 မှ Table 9 အထိ ဇယားများမှ ဒေတာများ သို့မဟုတ် ထုတ်လုပ်သူများထံမှ ဒေတာများ(manufacturer's data)ကို ကိုးကားသင့်သည်။ Computers၊ monitors, printers နှင့် miscellaneous office equipment များအတွက် 2001 ASHRAE Fundamentals, Chapter 29, Tables 8 ၊ 9 နှင့် 10 တို့ကို ကိုးကားသင့်သည်။ Appliance nameplate တွင် power ratings ကို watts ဖြင့် မဖော်ပြထား ပါက Q_{in} ကို အောက်ပါညီမျှခြင်းဖြင့် တွက်ယူနိုင်သည်။

$$Qin = 3.14 \times Wattage\ of\ equipment$$

Fu = Usage factor. See 1997 ASHRAE Fundamentals, Chapter 28, Table 6 and 7

Fr = Radiation factor. See 1997 ASHRAE Fundamentals, Chapter 28, Table 6 and 7

CLF = Cooling Load Factor, by hour of occupancy.]

See 1997 ASHRAE Fundamentals, Chapter 28, Table 37 and 39

Note 1: CLF = 1.0, if operation is 24 hours or of cooling is off at night or during weekends

Note 2: Set latent load = 0 if appliance under exhaust hood.

၇.၉.၇ Infiltration Air

$$Q_{sensible} = 1.08 \times CFM \times (To - Ti)$$

$$Q_{latent} = 4840 \times CFM \times (Wo - Wi)$$

$$Q_{total} = 4.5 \times CFM \times (ho - hi)$$

CFM = Infiltration air flow rate

To, Ti = Outside/Inside dry bulb temperature (°F)

Wo, Wi = Outside/Inside humidity ratio (lb water/lb dry air)

ho, hi = Outside/Inside air enthalpy (Btu per lb (dry air))

Infiltration နှင့် သက်ဆိုင်သည့် အသေးစိတ် အချက်အလက်များကို သိလိုပါက 1997 ASHRAE Fundamentals, Chapter 25 တွင် ဖတ်ရှုနိုင်သည်။

၇.၁၀ Heat Gain from Miscellaneous Sources

၇.၁၀.၁ Supply Fan Heat Load

Supply နှင့် return fan များသည် အပူများကို စွန့်ထုတ်ကြသည်။ Supply air ကို space အတွင်းသို့ မောင်းထည့်ပေးသည့် fan ကို "supply air fan" ဟု ခေါ်သည်။ AHU အမျိုးအစား၊ တည်ဆောက်ထားပုံ (configuration) အပေါ်မူတည်၍ fan များ တပ်ဆင်ထားသည့် နေရာကွဲပြားနိုင်သည်။ Supply fan သည် cooling coil မတိုင်ခင် တည်ရှိနိုင်သည်။ Cooling coil နောက်တွင်လည်း ရှိနိုင်သည်။ Fan ၏ တည်နေရာကို လိုက်၍ အပူများ ဝင်ရောက်ပုံ ကွဲပြားသည်။

Fan drive ၏ efficiency မကောင်းခြင်းကြောင့် air stream သည် ချက်ချင်းအပူချိန် မြင့်တက်မှု (instantaneous temperature raise) ဖြစ်ပေါ်သည်။ လေအပူချိန် မြင့်တက်(temperature rise in the air stream)လာသည်။ လေကို static equilibrium အခြေအနေသို့ရောက်အောင် ပြုလုပ်လိုက်သည့်အခါ static energy နှင့် kinetic energy တို့သည် အပူစွမ်းအင်အဖြစ်ပြောင်းလဲ(transformed into heat energy)သွားသည်။

Cooling coil နှင့် fan and motor တို့၏ တည်ရှိသည့်နေရာကို အခြေခံ၍ system conditioned space အတွင်းသို့ အပူမည်မျှ ဝင်ရောက်လာလိမ့်မည်ကို ဆုံးဖြတ်သည်။ Fan သည် cooling coil ၏ အောက်ဘက် (downstream)တွင် တည်ရှိလျှင် fan heat load သည် space cooling load အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်သည်။ Draw-thru AHU များတွင် fan သည် cooling coil ၏ အောက်ဘက်(downstream)တွင် တည်ရှိသည်။

Fan သည် cooling coil အပေါ်ဘက်(upstream)တွင် တည်ရှိလျှင် fan heat load သည် system cooling coil load အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်သည်။ Blow-thru AHU များတွင် fan သည် cooling coil ၏ အပေါ်ဘက် (upstream)တွင် တည်ရှိသည်။

Fan ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် အပူစွမ်းအင်(heat energy) ပမာဏကို အောက်ပါအတိုင်း တွက်ယူနိုင်သည်။

$$Q = 2545 \times [P / (Eff1 \times Eff2)]$$

P = Horsepower rating from electrical power plans or manufacturer's data

2545 = conversion factor for converting horsepower to Btu per hour

Eff1 = Full load motor and drive efficiency

Eff2 = Fan static efficiency

Note: See 1997 ASHRAE Fundamentals, Chapter 28, and Table 4 for motor heat gain.

၇.၁၀.၂ Ventilation Air

Ventilation air သည် အခန်းအတွင်းရှိ နေသူများအတွက် လိုအပ်သည့်လေအရည်အသွေးကို ထိန်းထားရန်အတွက်နှင့် ဆုံးရှုံးသွားသည့်လေများ အစားထိုးပေးရန်အတွက် ပြန်ဖြည့်ပေးရမည့် ပြင်ပလေပမာဏ(amount of outdoor air) ဖြစ်သည်။

Ventilation air နှင့် သက်ဆိုင်သည့် အသေးစိတ်ကို ASHRAE Standard 62 for minimum ventilation requirement တွင် ဖော်ပြထားသည်။ Ventilation air မှ အပူများသည် cooling coil မတိုင်ခင် supply air နှင့် ရောနှောသွားသည်။ Ventilation air ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာမည့် cooling coil load ကို အောက်ပါ ညီမျှခြင်း(၃)ခုဖြင့် တွက်ယူသည်။

$$Q_{sensible} = 1.08 \times CFM \times (To - Tc)$$
$$Q_{latent} = 4840 \times CFM \times (Wo - Wc)$$
$$Q_{total} = 4.5 \times CFM \times (ho - hc)$$

CFM = Ventilation airflow rate.
To = Outside dry bulb temperature(°F)
Tc = Dry bulb temperature of air leaving the cooling coil (°F)
Wo = Outside humidity ratio, lb (water) per lb (dry air)
Wc = Humidity ratio of air leaving the cooling coil, lb (water) per lb (dry air)
ho = Outside/Inside air enthalpy, Btu per lb (dry air)
hc = Enthalpy of air leaving the cooling coil Btu per lb (dry air)

၇.၁၀.၃ Duct Heat Gain

Return air duct သည် အဲယားကွန်းမပေးထားသည့်နေရာ(non air con space)ကို ဖြတ်သွားသည့်အခါ duct ကို insulation မလုပ်ထားလျှင် ဖြစ်ပေါ်လာမည့် duct heat gain အလွန်များလိမ့်မည်။ Heat gain ရာခိုင်နှုန်း (percentage)ဖြင့် space sensible cooling load ၏ (usually 1% to 5%) ခန့်မှန်းလေ့ ရှိသည်။ Cooling coil မှ ထွက်လာသည့် လေအပူချိန်(temperature of the air leaving) မြင့်တက်လာလိမ့်မည်။

၇.၁၀.၄ Duct Leakage (Duct မှ လေများယိုစိမ့်ခြင်း)

Return air duct အတွင်း၌ negative pressure ဖြစ်နေ ခြင်းကြောင့် duct အတွင်းသို့ လေများစိမ့်ဝင်ခြင်း ဖြစ်ပေါ်သည်။ Supply air duct အတွင်း၌ positive pressure ဖြစ်နေခြင်းကြောင့် duct အတွင်းမှ လေများ အပြင်သို့ စိမ့်ထွက်ခြင်း ဖြစ်ပေါ်သည်။

Supply air duct အတွင်းမှ လေများ အပြင်သို့ ယိုစိမ့်ထွက်ခြင်းကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် အပူဆုံးရှုံးမှု(heat loss) သို့မဟုတ် တိုးလာမှု(heat gain)သည် return air duct အတွင်းသို့ လေများ စိမ့်ဝင်လာခြင်းကြောင့် heat gain or loss ထက် ပိုများသည်။ အတွင်းသို့ လေများ စိမ့်ဝင်ခြင်းကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် အကျိုးသက်ရောက်မှုသည် cooling and/or dehumidifying capacity တိုက်ရိုက်ဆုံးရှုံးသည်။

Supply air duct အတွင်းမှ လေများ ယိုစိမ့်ထွက်သွားခြင်းကြောင့် လေစီးနှုန်း(air flow)ပိုများပေးရန် သို့မဟုတ် supply air temperature လျော့ချပေးရန် လိုအပ်သည်။ Return duct system အတွင်းသို့ လေများ စိမ့်ဝင်လာခြင်းကြောင့် cooling coil capacity ပိုများပေးရန် လိုအပ်သည်။ သို့သော် space condition ကို တိုက်ရိုက် အကျိုးသက်ရောက်မှု မရှိပါ။

Commercial building နှင့် အဆောက်အဦအဟောင်းများတွင် ယခင်က တပ်ဆင်ထားသည့်စနစ်(existing older systems)များတွင် ဖြစ်ပေါ်သည့်ယိုစိမ့်မှု(leakage)သည် total system airflow ၏ 10% မှ 20% အထိ ရှိနိုင်သည်။ Energy conservation guidelines များ အရ အသစ်တပ်ဆင်မှုများ(new installation) duct system

တွင် ယိုစိမ့်မှု(leak)သည် 1% မှ 3% ထက် ပိုမများစေရ။ အင်ဂျင်နီယာ နှင့်ဒီဇိုင်နာတို့ လက်ခံနိုင်သည့် အပိုဆောင်းထားမှု(leakages allowance)အတွက် ထည့်သွင်း တွက်ချက်မှသာ မှန်ကန်သည်။ အရွယ်အစား ရွေးချယ်မှုများ ပြုလုပ်နိုင်လိမ့်မည်။

၇.၁၀.၅ Diversity Factors

Design day ၌ အသုံးမပြုသည့် load များကြောင့် diversity cooling load ဖြစ်ပေါ်သည်။ ထို့ကြောင့် diversity factor သည် အသုံးပြုမှု(factors of usage) ဖြစ်သည်။ Refrigeration capacity တွင် diversity factor ကို ထည့်သွင်း၍ အသုံးပြုလေ့ရှိသည်။ Large air conditioning system များ၏ တည်နေရာ(location)၊ အမျိုးအစား (type) နှင့်အရွယ် အစား(size) of application တို့ ကိုလိုက်၍ diversity factor လိုက်၍ ပြောင်းလဲသည်။

ယေဘုယျအားဖြင့် လူများ(people)နှင့် မီးလုံး၊ မီးချောင်းများ (lights) မှ ထွက်လာသည့် load များတွင် diversity factor ကို ထည့်တွက်သည်။ အခန်းအတွင်း၌ မျှော်လင့်ထားသမျှ လူများအားလုံး ရှိနေခြင်း(100% occupancy)နှင့် မီးလုံး မီးချောင်းများအားလုံး ထွန်းထားခြင်း၊ ကွန်ပျူတာများအားလုံးဖွင့်ထားခြင်း၊ peak solar and transmission load ဖြစ်ပေါ်ခြင်းတို့အားလုံးသည့် တစ်ပြိုင်နက် ဘယ်သောအခါမှ ဖြစ်ပေါ်လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ အသုံးမပြုသည့် (မဖြစ်ပေါ်တော့သည့်) (cooling loads from non-use) အမြဲတမ်း ရှိနေလိမ့်မည်။
အောက်တွင် အဆောက်အဦအမျိုးအစားကိုလိုက်၍ ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည့် diversity factor များကို ဖော်ပြထားသည်။

Table 7-6 Diversity Factor

အဆောက်အဦအမျိုးအစား	**ပျမ်းမျှ Diversity Factor**	
	Lights	People
Office	0.70 to 0.85	0.75 to 0.90
Apartment, Hotel	0.30 to 0.50	0.40 to 0.60
Department Store	0.90 to 1.00	0.80 to 0.90
Industrial	0.80 to 0.90	0.85 to 0.95

In the case of Industrial, diversity should also be applied to the machinery load.

၇.၁၁ Supply Air Calculations

ဒီဇိုင်းလုပ်ထားသည့် supply air ပမာဏသည် အသုံးပြုထားသည့် system အမျိုးအစား အပေါ်တွင် မူတည်သည်။

တွက်ချက်ပြီး cooling load ရလဒ်များကို equipment အရွယ်အစား ရွေးချယ်ရာတွင် အသုံးပြုရန် အတွက် ခြုံငုံယူဆချက်များ(generalizations)နှင့် ယူဆချက်(assumptions) တချို့ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်သည်။ Constant air volumes with reheat type of system တွင် လိုအပ်သည့် လေပမာဏ(design supply air quantities)သည် (နေရာ တစ်ခုချင်းစီ၏) peak requirements အပေါ်တွင် မူတည်သည်။

အကယ်၍ ဒီဇိုင်းလုပ်ထားသည့် စနစ်သည် ဇုန်တစ်ခုချင်းစီ၏ load ကိုလိုက်၍ လိုအပ်သည့် air flow ရနိုင်အောင်ပြုလုပ်ထားလျှင် peak load

Supply air flow rate သည် space ထဲသို့ ထည့်ပေးမည့် total space sensible heat load အပေါ်တွင် မူတည်သည်။

$$CFM = 1.08 \times [\,Q_{sensible}/\,(TR - Ts)]$$

CFM = air flow in cubic feet per minute

1.08 = conversion constant = 0.244 X (60/13.5)

0.244 = specific heat of moist air, Btu/lbd.a.

13.5 = specific volume of moist air, cu-ft. per lb. d.a. (@70˚F, 50% RH)

Q sensible = total room sensible heat gain, BTU per hr.

TR = Room dry bulb temperature (˚F)

Ts = Room supply air dry bulb temperature (˚F)

(not necessarily the same as the temperature of the air leaving the cooling coil).

Supply air တွက်ရန် ACMV Volume One စာအုပ်မှ အခန်း(၂) (Chapter-2 Understanding Psychrometric)နှင့် အခန်း(၃) (Chapter-3 Air Handling Unit) တွင် ဖတ်ရှုပါ။

၇.၁၂ Mini Project Data

၇.၁၂.၁ Mini Project Data in US units

ရုံခန်းအဖြစ် အသုံးပြုမည့်အဆောက်အဦ(office building)သည် Montreal area အရပ်တွင် တည်ရှိသည်၊ air conditioning ပေးထားသည့် (၁)ထပ် အဆောက်အအုံ(single story building) ဖြစ်သည်။ အောက်ပါ အချက်အလက်များကို စုဆောင်း ရရှိထားသည်။

Location:	Montreal
Type of building:	Office
Number of floors:	1
Floor area:	64 ft x 80 ft = 5120 ft^2
Floor-to-floor Height:	15 ft
Window area:	20 % of the wall area
Windows:	Double glazed
Wall:	Wall number 13 [U= 0.2 Btu/h. ft^2.F, as per table 33A*, pg 28.46
	Roof number 13 [U= 0.2 Btu/h. ft^2.F as per table 31, pg 28.42]
Roof:	U= 0.55 Btu/h.ft^2.F
Windows:	Wall number 13 [U= 0.2 Btu/h. ft^2.F, as per table 33A*, pg 28.46
Recommended ventilation:	½ air change per hour (min) or 20 cfm/person
Occupancy:	7 persons per 1000 sq-ft
Working:	8 hrsof working - 9.00 to 17.00 hrs

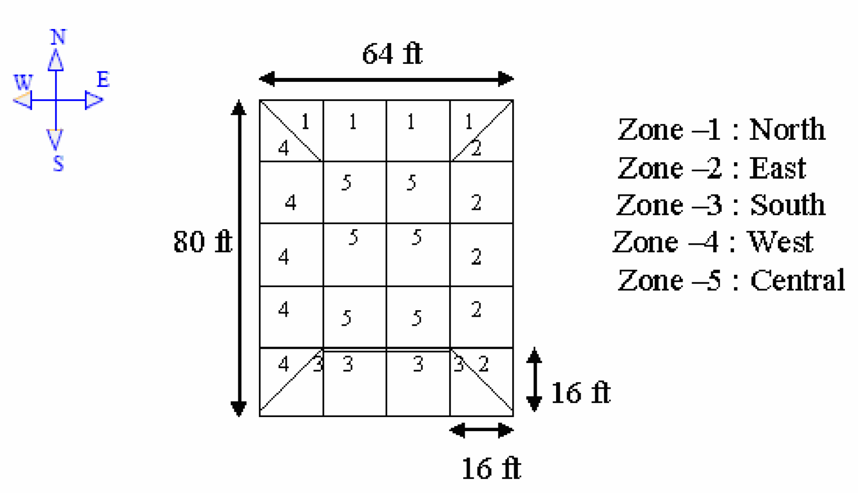
Estimate the cooling load using the Cooling Load Temperature Difference / Solar Cooling Load/ Cooling Load Factor (CLTD/SCL/CLF) method.

၇.၁၂.၂ ဒီဇိုင်း အခြေအနေ (Design Conditions)

Outdoor design conditions for Montreal area [Reference: 1997 ASHRAE Handbook - Fundamentals Table-2, pp.26.25]

Location:	(45° N 73° 45'W) ----- [for simplicity consider 40° N latitude]
Outdoor design dry-bulb:	90 ˚F
Outdoor design wet-bulb:	75 ˚F
Indoor design Dry-bulb:	78 ˚F
Daily Range:	20 ˚F
Relative humidity:	50%
Wind velocity:	7½ mph

Solar exposure နှင့် နေသွားလမ်းကြောင်း(sun movement)အရ exterior wall များကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် အပြင်ဘက်ပိုင်းနေရာ(in perimetric areas)heat gain သည် အတွင်းပိုင်းဇုန်များ(interior zones) ထက် ပိုများသည်။ နံရံနှင့် နီးကပ်သည့် ဇုန်(exterior zones)များအတွက် supply air လိုအပ်ချက် (requirements)သည် အတွင်းပိုင်း ဇုန်များ(interior zones)ထက် ပိုများသည်။



ဤအချက်သည် air-conditioning equipment များ အရွယ်အစားရွေးချယ်ခြင်း နှင့် control လုပ်ခြင်း တို့အတွက် အလွန်အရေးကြီးသည့် အချက်ဖြစ်သည်။ အထူးသဖြင့် နေရာအမျိုးမျိုးကို AHU တစ်လုံးတည်း တပ်ဆင် ထားသည့် အခါမျိုးတွင် ပို၍ သတိပြုရန် လိုအပ်သည်။

Solar exposure နှင့် နေသည်ရွေ့လျားနေ(sun movement) သောကြောင့် perimetric areas များအတွက် exterior walls ကို ဖြတ်၍ ဝင်ရောက်လာသည့် heat gain သည် အတွင်းပိုင်းဇုန်(interior zones)များ ထက် ပိုများသည်။ ထို့ကြောင့် အပြင်ပိုင်းဇုန်(exterior zone)များအတွက် supply air လိုအပ်ချက်(requirement)သည် အတွင်းပိုင်းဇုန်(interior zones)များ ထက် ပိုများသည်။

ထိုအချက်များကြောင့် AHU တစ်လုံးတည်းဖြင့် နေရာတစ်ခုလုံး(တစ်ထပ်လုံး)ကို air conditioning ပေးရန် ဒီဇိုင်းလုပ်သည့်အခါ အလွန် သတိထားရန်လိုသည်။

ဤဥပမာတွင် building envelope တစ်ခုလုံးရှိ ဧရိယာတူညီသည့် အခန်းပေါင်း(၂၀)ကို ပုံတွင် ပြထားသည့်အတိုင်း ဇုန်(၅)ဇုန် ခွဲခြားထားသည်။ ထောင့်ခန်းများ တစ်ဝက်စီသည် မတူညီသည် ဇုန်များတွင် ကျရောက်နေသည်။ Central zone ၏ နံရံ(wall)များကို ဖြတ်၍ ဝင်ရောက်လာသည့် conduction heat gain သည် zero ဖြစ်သည်။ (ΔT=0)။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် central zone တွင် အပြင်ဘက်နံရံ(exterior walls)များ မရှိသောကြောင့် ဖြစ်သည်။

Zone Description:

Zone Number	Number of Walls per room	Wall Side	Number of Room	Areaof Wall (ft^2)	Area of Window (ft^2)	Area of Roof (ft^2)
1	1	N	3	192	48	256
2	1	E	4	192	48	256
3	1	S	3	192	48	256
4	1	W	4	192	48	256
5	-	Interior	6	-	48	256

Roof area each room is 256 ft^2 (16 * 16)

Window area for each wall is 48 ft^2 which is 20 % of gross wall area of 240 sq-ft (16 *15 * 0.2=48 ft^2)

Net area for each wall is 192 sq. ft, which is gross wall area minus window area (240 ft2 - 48 ft2=192 ft^2)

၇.၁၂.၃ Assumptions

The following assumptions were made during the course of calculation:

(၁) Occupancy hours for people from 0900 to 1700 hrs

(၂) 2 persons per room

(၃) Light remains on from 0900 to 1700 hrs.

(၄) 1536 watts of lights per room

(၅) 200 watts for computer per room

(၆) Roof number is 13 as per Table 31t page-28.42 and U value for roof is 0.055 Btu/h.ft2. °F.

(၇) Wall number is 13 as per Table 33A, page-28.46 and U value for wall is 0.2 Btu/h.ft2.°F.

(၈) Window is un-coated double glazed and U value is 0.55 which is found from Table 11, page-29.8

(၉) Values of Cooling Load Temperature Difference (CLTD) for roof are taken from Table30, Page-28.42

(၁၀) Values of Cooling Load Temperature Difference (CLTD) for wall are taken from Table32, Page-28.45

(၁၁) Values of Cooling Load Temperature Difference (CLTD) for glass are taken from Table34, Page-28.49

(၁၂) Values of Shading Coefficient (SC) are taken from Table 11, page-29.25

(၁၃) Values of Solar Cooling Load (SCL) are taken from Table 36, page-28.50, zone Type C

(၁၄) Values of Cooling Load Factor (CLF) for lighting are taken from Table38 based on lights on for 8 hours, Page-28.52, zone Type C

(၁၅) Values of Cooling Load Factor (CLF) for people are taken from Table 37 based on 8 hours in space, Page-28.51, zone Type C

(၁၆) Rates of Sensible Heat Gain (SHG) and Latent Heat Gain (LHG) from people are taken from Table 3, page-28.8

(၁၇) It is assumed that there will be one Computer in each room also assumed that heat gain will be 680 Btu/hr

*Source: ASHRAE Handbook- 1997 Fundamentals

တွက်ထားသည့် အဖြေ PDF ဖိုင်ကို http://www.acmv.org/coolingload.html တွင် downlaod လုပ်နိုင်ပါသည်။

- End –