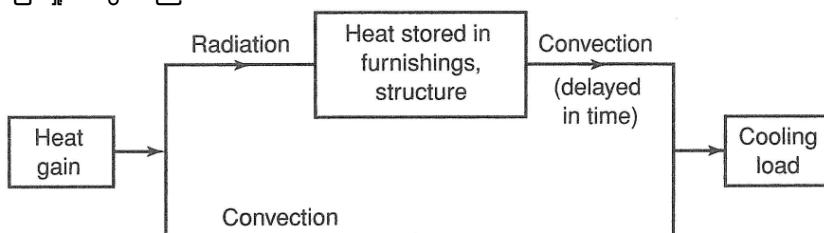


Chapter- 6

Cooling Load Calculations

(RIT/YIT နောက်ဆုံးနှစ်(1995) Air Conditioning ဘာသာရပ် ပြောန်းစာအုပ် ဖြစ်သည့် Air Conditioning Principles and Systems an Energy Approach (4th Edition) by Edward G. Pita စာအုပ်မှ အခန်း(၆)ကို ဘာသာပြန် ဆိုသည်)

နွောရသီ သိမဟုတ် ပြင်ပအပူချိန်မြင့်သည့် အချိန်များတွင် အဆောက်အအိတစ်ခုလုံးကို သက်သောင့် သက်သာဖြစ်စေမည့် အပူချိန်တွင် ထိန်းထားရန် လိုအပ်သည်။ ဖြစ်ပေါ်နိုင်မည့် cooling load ပမာဏ အတိအကျ ရရှိအောင် တွက်ချက်ခြင်းသည် ဤအခန်း(chapter)ကို လေ့လာခြင်း၏ အဓိကရည်ရွယ်ချက် ဖြစ်သည်။ Cooling load တွက်ယူနည်းသည် heating load တွက်ယူနည်းနှင့် ဆင်တူသော်လည်း cooling load တွက်ရာတွင် အပို အဆင့်များ ပါဝင်ပြီး ရှုပ်ထွေးသည်။



ပု ၆-၁ Heat flow diagram

၆.၁ Objective

ဤအခန်းကို ဖတ်ရှုလေ့လာပြီးနောက်

- (၁) အခန်းအတွင်းသို့ ဝင်ရောက်လာမည့် အပူ(heat gain) ပမာဏကို တွက်နိုင်လိမ့်မည်။(Calculate the heat gains to a space.)
- (၂) Cooling လုပ်နှင့်အတွက် သင့်လျော်သည့် ဒီဇိုင်းအကြောန်များကို ရွေးချယ်နိုင်လိမ့်မည်။ (Select appropriate design conditions for cooling.)
- (၃) အမြင့်ဆုံး(peak) load အကြောန်ကို သတ်မှတ်နိုင်လိမ့်မည်။ (Determine peak load conditions.)
- (၄) လိုအပ်သည့် ventilation rate ကို ရှာနိုင်လိမ့်မည်။ (Find required ventilation rates.)
- (၅) Commercial အဆောက်အအုံများ၏ cooling load များကို ဝေဖန်ဆန်းစစ် နိုင်လိမ့်မည်။ (Perform a

commercial cooling load analysis.)

(၆) လူနေအဆောက်အဦးများ၏ cooling load များကို ဝေဖန်ဆန်းစစ် နိုင်လိမ့်မည်။ (Perform a residential cooling load analysis.)

၆.၂ Cooling Load Calculation Procedures

ပြင်ပအပူရီနိုင်နိုင်သည့် ဆောင်းရာသီတွင် အခန်းမှ ဆုံးသွားသည့်အပူ(heat loss)ပမာဏသည် ထိုအချိန်ခကောင် heating load ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် ဆုံးသွားသည့် အပူပမာဏ(heat loss) နှင့် heating လုပ်ရမည့် load ပမာဏ(heating load) တူညီသည်။

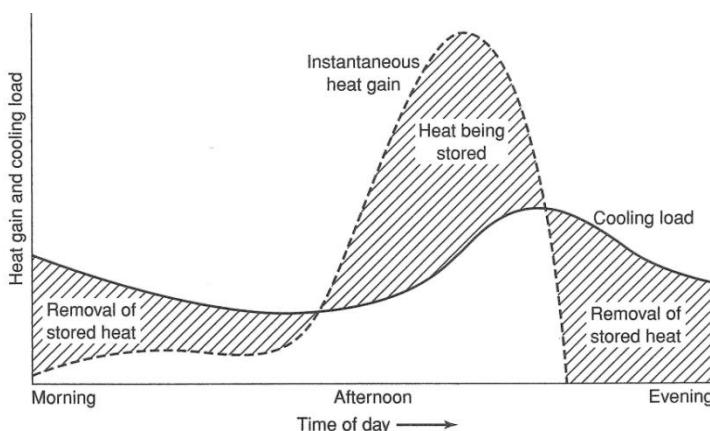
ပြင်ပအပူရီနိုင်နိုင်သည့် နေရာသီတွင် အခန်းအတွင်းသို့ ဝင်ရောက်လာသည့် အပူပမာဏ(heat gain) သည် ထိုအချိန်ခကောင် cooling load နှင့် မတူညီကြပေး။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် အပူသိပေါ်ထားခြင်း(heat storage)နှင့် အချိန်နောက်ကျခြင်း(time lag effects)တို့ကြောင့် မတူညီခြင်း ဖြစ်သည်။

အချိန်အိုက်အတန်တွင် အဆောက်အဦး သို့မဟုတ် အခန်းတစ်ခုမှ ဖယ်ထုတ်ရမည့် အပူပမာဏ (amount of heat that must be removed)သည် အခန်းအတွင်းသို့ ဝင်ရောက် လာသည့် အပူပမာဏ(amount of heat received or heat gain)နှင့် မတူညီကြပေး။ Cooling တွက်ချက်မှုသည် ပို၍ ရှုံးဖော်သည်။

အခန်းအတွင်းသို့ ဝင်ရောက်လာသည့် အပူများအားလုံးမှ တရီးတစ်ဝက်သည် အခန်းအတွက် အပူများအဖြစ်သို့ ချက်ခြင်း(instantaneously)ကြပ်ငြောင်းလဲသည်။ ဝင်လာသည့် ကျွန်းအပူတရီးတစ်ဝက်ကို ခေါင်မီး(roof) နံရံများ(walls)၊ ကြမ်းခေါ်များ(floors) နှင့် အသုံးအဆောင် ပရီဘောဂများမှ စုစုပေါင်းသွားသည်။ ထိုသို့ စုစုပေါင်းသွားခြင်းကို “heat storage effect” ဟုခေါ်သည်။

စုစုပေါင်းသွားသည့် အပူပမာဏသည် အဆောက်အဦးထုထည်(building mass) အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ အချိန်အနည်းငယ် ကြားပြီးနောက်မှ ထိုစုစုပေါင်းသွားသည့် အပူများကို အခန်းအတွင်းသို့ ပြန်ထုတ်ပေးသည်။ ထိုသို့ အချိန်အနည်းငယ် နောက်ကြပြီးမှ အပူများ ပြန်စွာနှင့်ထုတ်ခြင်းကို “time lag effect” ဟုခေါ်သည်။ Heat storage effect နှင့် time lag effect နှစ်မျိုးကို ပုံ(၆-၁)တွင် heat flow diagram ဖြင့် ဖော်ပြထားသည်။

Room cooling load ဆိုသည်မှာ အခန်းကို ဒီဇိုင်းလုပ်ထားသည့်အပူချိန်(temperature) နှင့် စိတ်ဓာတ်(humidity)တွင် ထိန်းထားနိုင်ရန်အတွက် အပူဖယ်ထုတ်ပစ်ရမည့်နှုန်း(heat removal rate) ဖြစ်သည်။



ပုံ ၆-၂ Difference between instantaneous heat gain and cooling load as a result of heat storage effect.

အပူသိပေါ်ကြပ်ခြင်း(thermal storage effect)နှင့် အချိန်နောက်ကျခြင်း(time lag) တို့ကြောင့် ဝင်ရောက်လာသည့် အပူပမာဏ(entering heat or instantaneous heat gain)သည် cooling load ပမာဏနှင့် မတူညီကြပေး။ ပုံ(၆-၂)တွင် ဥပမာအဖြစ် ဖော်ပြထားသည်။ နေ့လယ်မွန်းလွှာချိန်တွင် instantaneous heat gain သည် အမြင့်ဆုံး ဖြစ်သည်။ မွန်းလွှာချိန်နောက်ပိုင်းတွင် cooling load သည် instantaneous heat gain ထက်ပိုနည်းသည်။

အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် အဆောက်အအီထုထည်(building mass)သည် ဝင်ရောက်လာသည့်အပူများကို သိမ်းဆည်း သိလောင်ထားသောကြောင့် အခန်းတဲ့ အပူများ ချက်ချင်း ရောက်ရှိမဘွားနိုင်ပေါ် ဉာဏ်တောင်းပတိုင်မီ အရှိန်တွင် သိလောင်ထားသည့် အပူများကို ပြန်ထုတ်လွှတ်သည်။ ထိုအချိန်တွင် cooling load သည် instantaneous heat gain ထက် ပိုများသည်။

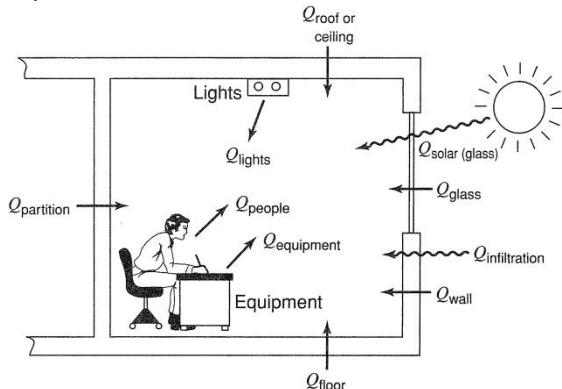
Instantaneous heat gain နှင့် cooling load တို့ မတူညီရသည့်အကြောင်းမှ "heat storage effect" နှင့် time lag effect ကြောင့် ဖြစ်သည်။ ထုထည်ကြီးမားလေ အဆောက်အအီများ၏ "heat storage effect" ပိုများလေ ဖြစ်သည်။

ဥပုံ- နေပါပြင်းသည့်နေ့တွင် ထုထည်ကြီးမားသည် အဆောက်အအီအတွင်း၌ air con မရှိသော်လည်း အေးနေသည်။ ဝင်ရောက်လာသည့် အပူများကို နံရံများက စပ်ယူထားသောကြောင့် ဖြစ်သည်။ Heat storage effect ကြောင့် ဖြစ်သည်။ နံရံများက အပူများကို အပြည့်အဝ စပ်ပြီးရှိန်သည် ဉာဏ်တောင်း ဖြစ်သည်။ ဉာဘာက် ပြင်ပအပူရှိန် နိမ့်သည့်အပါ နံရံနှင့် ခေါင်များက စပ်ယူထားသည့် အပူများကို ပြန်စွာထုတ်ကြသည်။ ထိုအပါ Time lag effect ဖြစ်ပေါ်သည်။

CLF/ CLTD နည်း

CLF/ CLTD နည်းကို အလွယ်တကူ နားလည်နိုင်သည်။ ကွန်ပျော်ကို အသုံးပြု၍ တွက်ချက်နိုင်သလို ကောန်းပေါင်းစက် သို့မဟုတ် excel sheet စက်ဖြင့် တွက်နိုင်သည်။ CLF/ CLTD တွက်နည်း အကြောင်းကို အခန်း(J)တွင် ဖော်ပြန်ပြီးဖြစ်သည်။

၆.၃ Room Heat Gains



ပုံ ၆-၃ Room heat gain components (Q).

Room heat gain components (Q)

- (၁) Conduction through exterior walls, roof, and glass
- (၂) Conduction through interior partitions, ceilings, and floors
- (၃) Solar radiation through glass
- (၄) Lighting
- (၅) People
- (၆) Equipment
- (၇) Heat from infiltration and ventilation of outside air

ပုံ(၆-၃)တွင် ဖော်ပြထားသည့် room heat gain component များအနက် (၁)မှ (၄) ကြောင့် sensible heat gain ဖြစ်ပေါ်သည်။ (၅)နှင့်(၇) တို့ကြောင့် sensible heat gain နှင့် latent heat gain နှစ်မျိုးလုံး ဖြစ်ပေါ်သည်။ (၆)သည် equipment အမျိုးအစားပေါ် မူတည်၍ sensible heat gain သော်လည်းကောင်း ဖြစ်နိုင်သည်။

၆.၄ Conduction Through Exterior Structure (အပြင်နံရံများကို ဖြတ်၍ အပူလောက်ကူးပြင်း)

ခေါင်များ(roof)၊ နံရံများ(walls)နှင့် မျှန်(glass) စသည်တို့ကို ဖြတ်၍ အပူလောက်ကူး(conduction)ပြီး ဝင်ရောက်လာသည့် အပူ(heat gain)များကို အောက်ပါ ညီမျှခြင်းဖြင့် တွက်ယူနိုင်သည်။

$$Q = U \times A \times CLTD_c \quad (6.1)$$

Where

Q = cooling load for roof, wall, or glass (BTU/hr)

U = overall heat transfer coefficient for roof, wall, or glass (BTU/hr ft² °F)

A = area of roof, wall, or glass (ft²)

$CLTD_c$ = corrected cooling load temperature difference (°F)

Cooling Load Temperature Difference (CLTD) သည် လက်ရှိအချိန်တွင် ဖြစ်ပေါ်နေသည့် အပူချိန် ဗြားနားချက်(actual temperature difference) မဟုတ်ပေါ့ ပြင်ပလေ(outdoor)နှင့် အခန်းအတွင်းရှိလေ(indoor air)တို့ အကြားရှိ heat storage နှင့် time lag effect တို့ကို ထည့်သွင်း၍ တွက်ချက်ထားသည့် တန်ဖိုး တစ်ခု ဖြစ်သည်။

Table 6.1 နှင့် 6.2 တို့တွင် ခေါင်ဖိုး(roof)နှင့် နံရံ(wall)တို့၏ တည်ဆောက်ထားပုံ(constructions) အပိုးမျိုးတို့ အတွက် CLTD value များကို ဖော်ပြထားသည်။

အောက်ပါအချက်များကို အကြောင်း ထားသည်။

- (က) အခန်းတွင်း အပူချိန်(indoor temperature)သည် 78°F DB ဖြစ်သည်။
- (ဂ) ဒီဇိုင်းလုပ်မည့်နေ့(design day)၏ ပြင်ပပျမ်းမျှအပူချိန်(outdoor average temperature)သည် 85°F DB ဖြစ်သည်။
- (ဃ) ဒီဇိုင်းလုပ်မည့်နေ့(design day)သည် ရက်စွဲ ၂၁ (၂၁)ရက်နေ့ဖြစ်သည်။ (Date is July 21st)
- (င) တည်ရှိနေရာသည် 40°N လတ္တိတွေ့ ဖြစ်သည်။ (Location is 40°N latitude.)

အကယ်၍ လက်တွေအကြောင်း(actual condition)သည် အထက်ပါ အကြောင်းနှင့် မကိုက်ညီခဲ့လျှင် CLTD တန်ဖိုး မှန်အောင်(correction) ပြုလုပ်ပေးရန် လိုအပ်သည်။ ထိုသို့ပြုလုပ်ခြင်းကို "correction" လုပ်သည်ဟု ခေါ်သည်။ မှန်အောင်ပြုလုပ်ပြီးသည့် တန်ဖိုးကို Corrected Value of CLTD ဟု ခေါ်သည်။

$$CLTD_c = CLTD + LM + (78 - tR) + (ta - 85) \quad (6.2)$$

Where

$CLTD_c$ = corrected value of CLTD (°F)

CLTD = temperature from Table 6.1, 6.2 or 6.5

LM = correction for latitude and month, from Table 6.4

tR = room temperature (°F)

ta = average outside temperature on a design day (°F)

Temperature (ta) ကို အောက်တွင်ပြထားသည့် ပုံသေနည်းဖြင့် တွက်ယူနိုင်သည်။

$$ta = to - (DR/2) \quad (6.3)$$

to = outside design dry bulb temperature (°F)

DR = daily temperature range (°F)

to နှင့် DR (daily temperature range) တန်ဖိုးများကို table A.9 မှ ဖတ်ယူနိုင်သည်။

Table 6.1 နှင့် 6.3 တို့တွင် U-value များကို ဖော်ပြထားသည်။ ခေါင်ဖိုးများ(roofs)နှင့် နံရံများ(walls)၏ U-value ပေါ်မှု R-value တစ်ခုချင်းစီပေါင်း၍ တွက်ယူတွက်နိုင်သည်။ Chapter-5တွင် တွက်နည်းကို ဖော်ပြခဲ့ပြီးဖြစ်သည်။

Tables 6.1 နှင့် 6.2 တို့တွင် ဖော်ပြထားသည့်အချိန်သည် "Solar Time" ဖြစ်သည်။ Daylight Savings Time မရှိသည့် သို့မဟုတ် ထည့်ပေါင်းရန် မလိုသည့် နိုင်ငံများအတွက် Daylight Savings Time နှင့် Standard time တို့ တူညီကြသည်။

အောက်တွင် ခေါင်ဖိုးတစ်ခု(roof)နှင့် နံရံ(wall)တစ်ခုကို ဖြတ်၍ ဖြစ်ပေါ်လာမည့် heat gain ပမာဏ တွက်နည်းကို ဥပမာအဖြစ် ဖော်ပြထားသည်။

TABLE 6.1 COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCES (CLTD) FOR CALCULATING COOLING LOAD FROM FLAT ROOFS, F

| Roof No | Description of Construction | Weight, lb/ft ² | <i>U</i> -value, BTU/h·ft ² ·°F | Without Suspended Ceiling | | | | | | | | | | | | Hour of Maximum Minimum Difference | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---|----------------------------|--|---------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------|------|------|------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | CLTD | CLTD | CLTD | CLTD |
| 1 | Steel sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation | 7 (8) | 0.213 (0.124) | 1 | -2 | -3 | -5 | -3 | 6 | 19 | 34 | 49 | 61 | 71 | 78 | 79 | 77 | 70 | 59 | 45 | 30 | 18 | 12 | 8 | 5 | 3 | 14 | -5 | 79 | 84 | |
| 2 | 1-in. wood with 1-in. insulation | 8 | 0.170 | 6 | 3 | 0 | -1 | -3 | -3 | -2 | 4 | 14 | 27 | 39 | 52 | 62 | 70 | 74 | 70 | 62 | 51 | 38 | 28 | 20 | 14 | 9 | -16 | -3 | 74 | 77 | |
| 3 | 4-in. lightweight concrete | 18 | 0.213 | 9 | 5 | 2 | 0 | -2 | -3 | -3 | 1 | 9 | 20 | 32 | 44 | 55 | 64 | 70 | 73 | 71 | 66 | 57 | 45 | 34 | 25 | 18 | 13 | 16 | -3 | 73 | 76 |
| 4 | 2-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation | 29 (0.122) | 0.206 | 12 | 8 | 5 | 3 | 0 | -1 | -1 | 3 | 11 | 20 | 30 | 41 | 51 | 59 | 65 | 66 | 66 | 62 | 54 | 45 | 36 | 29 | 22 | 17 | 16 | -1 | 67 | 68 |
| 5 | 1-in. wood with 2-in insulation | 9 | 0.109 | 3 | 0 | -3 | -4 | -5 | -7 | -6 | -3 | 5 | 16 | 27 | 39 | 49 | 57 | 63 | 64 | 62 | 57 | 48 | 37 | 26 | 18 | 11 | 7 | 16 | -7 | 64 | 71 |
| 6 | 6-in. lightweight concrete | 24 | 0.158 | 22 | 17 | 13 | 9 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 7 | 15 | 23 | 33 | 43 | 51 | 58 | 62 | 64 | 62 | 57 | 50 | 42 | 35 | 28 | 18 | 1 | 64 | 63 |
| 7 | 2.5-in. wood with 1-in. insulation | 13 | 0.130 | 29 | 24 | 20 | 16 | 13 | 10 | 7 | 6 | 9 | 13 | 20 | 27 | 34 | 42 | 48 | 53 | 55 | 56 | 54 | 49 | 44 | 39 | 34 | 19 | 19 | 6 | 56 | 50 |
| 8 | 8-in. lightweight concrete | 31 | 0.126 | 35 | 30 | 26 | 22 | 18 | 14 | 11 | 9 | 7 | 7 | 9 | 13 | 19 | 25 | 33 | 39 | 46 | 50 | 53 | 54 | 53 | 49 | 45 | 40 | 20 | 7 | 54 | 47 |
| 9 | 4-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation | 52 (52) | 0.200 (0.120) | 25 | 22 | 18 | 15 | 12 | 9 | 8 | 8 | 10 | 14 | 20 | 26 | 33 | 40 | 46 | 50 | 53 | 53 | 52 | 48 | 43 | 38 | 34 | 30 | 18 | 8 | 53 | 45 |
| 10 | 2.5-in. wood with 2-in. insulation | 13 | 0.093 | 30 | 26 | 23 | 19 | 16 | 13 | 10 | 9 | 8 | 9 | 13 | 17 | 23 | 29 | 36 | 41 | 46 | 49 | 51 | 50 | 47 | 43 | 39 | 35 | 19 | 8 | 51 | 43 |
| 11 | Roof terrace system | 75 | 0.106 | 34 | 31 | 28 | 25 | 22 | 19 | 16 | 14 | 13 | 13 | 15 | 18 | 22 | 26 | 31 | 36 | 40 | 44 | 45 | 46 | 45 | 43 | 40 | 37 | 20 | 13 | 46 | 33 |
| 12 | 6-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation | 75 (75) | 0.192 (0.117) | 31 | 28 | 25 | 22 | 20 | 17 | 15 | 14 | 14 | 16 | 18 | 22 | 26 | 31 | 36 | 40 | 43 | 45 | 44 | 42 | 40 | 37 | 34 | 19 | 14 | 45 | 31 | |
| 13 | 4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation | 17 (18) | 0.106 (0.078) | 38 | 36 | 33 | 30 | 28 | 25 | 22 | 20 | 18 | 17 | 16 | 17 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | 36 | 39 | 41 | 43 | 42 | 40 | 22 | 16 | 43 | 27 | |

TABLE 6.1 COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCES (CLTD) FOR CALCULATING COOLING LOAD FROM FLAT ROOFS, F (*Continued*)

| Roof No. | Description of Construction | Weight, lb/ft ² | U -value, BTU/h·ft ² ·°F | With Suspended Ceiling | | | | | | | | | | | | Hour of Maximum Minimum Difference | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|----------------------------|---------------------------------------|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|------|------|------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | CLTD | CLTD | CLTD | CLTD |
| 1 | Steel sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation | 9 (1.0) | 0.134 (0.092) | 2 | 0 | -2 | -3 | -4 | -4 | -1 | 9 | 23 | 37 | 50 | 62 | 71 | 77 | 78 | 74 | 67 | 56 | 42 | 28 | 18 | 12 | 8 | 5 | 15 | -4 | 78 | 82 |
| 2 | 1-in. wood with 1-in. ins. | 10 | 0.115 | 20 | 15 | 11 | 8 | 5 | 3 | 2 | 3 | 7 | 13 | 21 | 30 | 40 | 48 | 55 | 60 | 62 | 58 | 51 | 44 | 37 | 30 | 25 | 17 | 2 | 62 | 60 | |
| 3 | 4-in. lightweight concrete | 20 | 0.134 | 19 | 14 | 10 | 7 | 4 | 2 | 0 | 0 | 4 | 10 | 19 | 29 | 39 | 48 | 56 | 62 | 65 | 64 | 61 | 54 | 46 | 38 | 30 | 24 | 17 | 0 | 65 | 65 |
| 4 | 2-in. heavyweight concrete with 1-in. insulation | 30 | 0.131 | 28 | 25 | 23 | 20 | 17 | 15 | 13 | 13 | 14 | 16 | 20 | 25 | 30 | 35 | 39 | 43 | 46 | 47 | 46 | 44 | 41 | 38 | 35 | 32 | 18 | 13 | 47 | 34 |
| 5 | 1-in. wood with 2-in. ins. | 10 | 0.083 | 25 | 20 | 16 | 13 | 10 | 7 | 5 | 5 | 7 | 12 | 18 | 25 | 33 | 41 | 48 | 53 | 57 | 57 | 56 | 52 | 46 | 40 | 34 | 29 | 18 | 5 | 57 | 52 |
| 6 | 6-in. lightweight concrete | 26 | 0.109 | 32 | 28 | 23 | 19 | 16 | 13 | 10 | 8 | 7 | 8 | 11 | 16 | 22 | 29 | 36 | 42 | 48 | 52 | 54 | 54 | 54 | 47 | 42 | 37 | 20 | 7 | 54 | 47 |
| 7 | 2.5-in. wood with 1-in. insulation | 15 | 0.096 | 34 | 31 | 29 | 26 | 23 | 21 | 18 | 16 | 15 | 16 | 18 | 21 | 25 | 30 | 34 | 38 | 41 | 43 | 44 | 44 | 42 | 40 | 37 | 21 | 15 | 44 | 29 | |
| 8 | 8-in. lightweight concrete | 33 | 0.093 | 39 | 36 | 3 | 3 | 29 | 26 | 23 | 20 | 18 | 15 | 14 | 14 | 15 | 17 | 20 | 25 | 29 | 34 | 38 | 42 | 45 | 46 | 44 | 42 | 21 | 14 | 46 | 32 |
| 9 | 4-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) ins. | 53 (54) | 0.128 (0.090) | 30 | 29 | 27 | 26 | 24 | 22 | 21 | 20 | 20 | 21 | 22 | 24 | 27 | 29 | 32 | 34 | 36 | 38 | 38 | 38 | 37 | 36 | 34 | 33 | 19 | 20 | 38 | 18 |
| 10 | 2.5-in. wood with 2-in. ins. | 15 | 0.072 | 35 | 33 | 30 | 28 | 26 | 24 | 22 | 20 | 18 | 18 | 20 | 22 | 25 | 28 | 32 | 35 | 38 | 40 | 41 | 41 | 40 | 39 | 37 | 21 | 18 | 41 | 23 | |
| 11 | Roof terrace system | 77 | 0.082 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 22 | 23 | 23 | 25 | 26 | 28 | 29 | 31 | 32 | 33 | 33 | 33 | 32 | 22 | 22 | 22 | 33 | 11 | |
| 12 | 6-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation | 77 (77) | 0.125 (0.088) | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 21 | 22 | 23 | 25 | 26 | 28 | 30 | 32 | 33 | 34 | 34 | 33 | 32 | 31 | 20 | 21 | 34 | 13 | |
| 13 | 4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation | 19 (20) | 0.082 (0.064) | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 29 | 27 | 26 | 24 | 23 | 22 | 21 | 22 | 22 | 24 | 25 | 27 | 30 | 32 | 34 | 35 | 36 | 37 | 23 | 21 | 37 | 16 | |

Reprinted with permission from the 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

TABLE 6.2 COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCES (CLTD) FOR CALCULATING COOLING LOAD FROM SUNLIT WALLS, F

| | Solar Time, h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Hr of Maxi- mum | Mini- mum | Maxi- mum | Differ- ence | | | |
|-----------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------|--------------|--------------|-----------------|----|----|---|
| | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | CLTD | CLTD | CLTD | CLTD | | | |
| North Latitude | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wall Facing | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 14 | 14 | 14 | 13 | 13 | 13 | 12 | 12 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 | 2 | 10 | 14 | 4 | | |
| NE | 19 | 19 | 19 | 18 | 17 | 17 | 16 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16 | 16 | 17 | 18 | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 22 | 15 | 20 | 5 | | | |
| E | 24 | 24 | 23 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 19 | 18 | 19 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 24 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 22 | 18 | 25 | 7 | | |
| SE | 24 | 23 | 23 | 22 | 21 | 20 | 20 | 19 | 18 | 18 | 18 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 22 | 18 | 24 | 6 | | | |
| S | 20 | 20 | 19 | 19 | 18 | 18 | 17 | 16 | 16 | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 20 | 23 | 14 | 20 | 6 | | | | |
| SW | 25 | 25 | 25 | 24 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 19 | 18 | 17 | 17 | 17 | 18 | 19 | 20 | 22 | 23 | 24 | 25 | 25 | 25 | 24 | 17 | 25 | 8 | | | |
| W | 27 | 27 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 19 | 18 | 18 | 19 | 20 | 22 | 23 | 25 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 1 | 18 | 27 | 9 | | | |
| NW | 21 | 21 | 21 | 20 | 20 | 19 | 19 | 18 | 17 | 16 | 16 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 1 | 14 | 21 | 7 | | | |
| Group A Walls | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 15 | 14 | 14 | 13 | 12 | 11 | 11 | 10 | 9 | 9 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 24 | 8 | 15 | 7 |
| NE | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 | 21 | 20 | 20 | 21 | 21 | 12 | 21 | 9 | | |
| E | 23 | 22 | 21 | 20 | 18 | 17 | 16 | 15 | 15 | 17 | 19 | 21 | 22 | 24 | 25 | 26 | 26 | 27 | 27 | 26 | 26 | 25 | 24 | 20 | 15 | 27 | 12 | | | | |
| SE | 23 | 22 | 21 | 20 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 14 | 15 | 16 | 18 | 20 | 21 | 23 | 24 | 25 | 26 | 26 | 25 | 24 | 24 | 21 | 14 | 26 | 12 | | | | |
| S | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 11 | 11 | 12 | 14 | 15 | 17 | 19 | 20 | 21 | 22 | 22 | 22 | 21 | 23 | 11 | 22 | 11 | | | | |
| SW | 27 | 26 | 25 | 24 | 22 | 21 | 19 | 18 | 16 | 15 | 14 | 14 | 13 | 14 | 15 | 17 | 20 | 22 | 25 | 27 | 28 | 28 | 28 | 24 | 13 | 28 | 15 | | | | |
| W | 29 | 28 | 27 | 26 | 24 | 23 | 21 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 14 | 14 | 15 | 17 | 19 | 22 | 25 | 27 | 29 | 29 | 30 | 30 | 14 | 30 | 16 | | | |
| NW | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 15 | 14 | 13 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 | 11 | 23 | 9 | | | |
| Group B Walls | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 8 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 24 | 8 | 15 | 7 | |
| NE | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 11 | 10 | 10 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 | 21 | 21 | 20 | 20 | 21 | 21 | 12 | 21 | 9 | | | |
| E | 22 | 21 | 19 | 17 | 15 | 14 | 12 | 12 | 14 | 16 | 19 | 22 | 25 | 27 | 29 | 29 | 30 | 30 | 29 | 29 | 28 | 27 | 26 | 24 | 18 | 12 | 30 | 18 | | | |
| SE | 22 | 21 | 21 | 20 | 18 | 17 | 15 | 14 | 12 | 12 | 13 | 16 | 19 | 22 | 24 | 26 | 28 | 29 | 29 | 28 | 27 | 26 | 24 | 22 | 19 | 12 | 29 | 17 | | | |
| S | 21 | 19 | 18 | 16 | 15 | 13 | 12 | 10 | 9 | 9 | 9 | 10 | 11 | 14 | 17 | 20 | 22 | 24 | 25 | 26 | 25 | 25 | 24 | 22 | 20 | 9 | 26 | 17 | | | |
| SW | 29 | 27 | 25 | 22 | 20 | 18 | 16 | 15 | 13 | 12 | 11 | 11 | 11 | 13 | 15 | 18 | 22 | 26 | 29 | 32 | 33 | 33 | 32 | 31 | 22 | 11 | 33 | 22 | | | |
| W | 31 | 29 | 27 | 25 | 22 | 20 | 18 | 16 | 14 | 13 | 12 | 12 | 12 | 13 | 14 | 16 | 20 | 24 | 29 | 32 | 35 | 35 | 33 | 33 | 22 | 12 | 35 | 23 | | | |
| NW | 25 | 23 | 21 | 20 | 18 | 16 | 14 | 13 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 12 | 13 | 15 | 18 | 22 | 25 | 27 | 27 | 27 | 26 | 22 | 10 | 27 | 17 | | | | |
| Group C Walls | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 8 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 17 | 17 | 16 | 22 | 7 | 17 | 10 | | |
| NE | 19 | 17 | 16 | 14 | 13 | 11 | 10 | 10 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 20 | 20 | 21 | 22 | 23 | 23 | 23 | 22 | 21 | 20 | 20 | 21 | 10 | 23 | 13 | | | |
| E | 22 | 21 | 19 | 17 | 15 | 14 | 12 | 12 | 14 | 16 | 19 | 22 | 25 | 27 | 29 | 29 | 30 | 30 | 29 | 29 | 28 | 27 | 26 | 24 | 18 | 12 | 30 | 18 | | | |
| SE | 22 | 21 | 19 | 17 | 15 | 14 | 12 | 12 | 13 | 16 | 19 | 22 | 24 | 26 | 28 | 29 | 29 | 29 | 29 | 28 | 28 | 27 | 26 | 24 | 19 | 12 | 29 | 17 | | | |
| S | 21 | 19 | 18 | 16 | 15 | 13 | 12 | 10 | 9 | 9 | 9 | 10 | 11 | 14 | 17 | 20 | 22 | 24 | 25 | 26 | 25 | 25 | 24 | 22 | 20 | 9 | 26 | 17 | | | |
| SW | 29 | 27 | 25 | 22 | 20 | 18 | 16 | 15 | 13 | 12 | 11 | 11 | 11 | 13 | 15 | 18 | 22 | 26 | 29 | 32 | 33 | 33 | 32 | 31 | 22 | 11 | 33 | 22 | | | |
| W | 31 | 29 | 27 | 25 | 22 | 20 | 18 | 16 | 14 | 13 | 12 | 12 | 12 | 13 | 14 | 16 | 20 | 24 | 29 | 32 | 35 | 35 | 33 | 33 | 22 | 11 | 35 | 23 | | | |
| NW | 25 | 23 | 21 | 20 | 18 | 16 | 14 | 13 | 11 | 10 | 10 | 10 | 12 | 13 | 15 | 18 | 22 | 25 | 27 | 27 | 27 | 26 | 26 | 22 | 10 | 27 | 17 | | | | |
| Group D Walls | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 12 | 10 | 8 | 7 | 5 | 4 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 10 | 12 | 13 | 15 | 17 | 18 | 19 | 19 | 18 | 21 | 6 | 19 | 13 | | |
| NE | 13 | 11 | 9 | 7 | 6 | 4 | 5 | 5 | 9 | 15 | 20 | 24 | 25 | 25 | 25 | 25 | 26 | 26 | 26 | 26 | 25 | 24 | 22 | 19 | 17 | 15 | 16 | 4 | 26 | 22 | |
| E | 14 | 12 | 10 | 8 | 6 | 5 | 6 | 5 | 11 | 18 | 26 | 33 | 36 | 38 | 37 | 36 | 34 | 33 | 33 | 32 | 30 | 28 | 25 | 22 | 20 | 17 | 13 | 5 | 38 | 33 | |
| SE | 15 | 12 | 10 | 8 | 7 | 5 | 5 | 8 | 12 | 19 | 25 | 31 | 35 | 37 | 37 | 36 | 34 | 33 | 31 | 30 | 28 | 26 | 23 | 20 | 17 | 15 | 5 | 37 | 32 | | |
| S | 15 | 12 | 10 | 8 | 7 | 5 | 4 | 3 | 4 | 5 | 9 | 13 | 19 | 24 | 29 | 32 | 34 | 33 | 31 | 29 | 26 | 23 | 20 | 17 | 13 | 3 | 34 | 31 | | | |
| SW | 22 | 18 | 15 | 12 | 10 | 8 | 6 | 5 | 5 | 6 | 7 | 9 | 12 | 18 | 24 | 32 | 38 | 43 | 45 | 44 | 40 | 35 | 30 | 26 | 19 | 5 | 45 | 40 | | | |
| W | 25 | 21 | 17 | 14 | 11 | 9 | 7 | 6 | 6 | 7 | 9 | 11 | 15 | 19 | 27 | 36 | 43 | 49 | 45 | 57 | 60 | 54 | 43 | 34 | 29 | 21 | 19 | 3 | 60 | 57 | |
| NW | 20 | 17 | 14 | 11 | 9 | 7 | 6 | 5 | 5 | 8 | 10 | 13 | 15 | 21 | 27 | 35 | 42 | 46 | 43 | 35 | 28 | 22 | 18 | 19 | 2 | 46 | 44 | 38 | 33 | | |
| Group E Walls | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 8 | 6 | 5 | 3 | 2 | 1 | 2 | 4 | 6 | 7 | 9 | 11 | 14 | 17 | 19 | 21 | 22 | 23 | 24 | 23 | 20 | 16 | 13 | 11 | 19 | 1 | 23 | 23 | | | |
| NE | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 | 1 | 5 | 14 | 23 | 28 | 30 | 29 | 28 | 27 | 27 | 26 | 24 | 22 | 19 | 16 | 13 | 11 | 11 | 1 | 30 | 29 | | | | | |
| E | 10 | 7 | 6 | 4 | 3 | 2 | 6 | 17 | 28 | 38 | 44 | 45 | 43 | 39 | 36 | 34 | 33 | 32 | 30 | 27 | 24 | 21 | 17 | 15 | 12 | 2 | 45 | 43 | | | |
| SE | 10 | 7 | 6 | 4 | 3 | 2 | 4 | 10 | 19 | 28 | 36 | 41 | 43 | 42 | 39 | 36 | 34 | 33 | 31 | 28 | 25 | 21 | 18 | 15 | 12 | 13 | 2 | 43 | 41 | | |
| S | 10 | 8 | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 | 3 | 7 | 13 | 20 | 27 | 34 | 38 | 39 | 38 | 35 | 31 | 26 | 22 | 18 | 15 | 12 | 16 | 1 | 39 | 38 | | | | |
| SW | 15 | 11 | 9 | 6 | 5 | 3 | 2 | 2 | 4 | 5 | 8 | 11 | 17 | 26 | 35 | 44 | 50 | 53 | 52 | 45 | 37 | 28 | 23 | 18 | 18 | 2 | 53 | 48 | | | |
| W | 17 | 13 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

TABLE 6.3 WALL CONSTRUCTION GROUP DESCRIPTION

| Group No. | Description of Construction | Weight (lb/ft²) | U-Value (BTU/h·ft²·°F) |
|--|--|-----------------------------------|--|
| 4-in. Face brick + (brick) | | | |
| C | Air space + 4-in. face brick | 83 | 0.358 |
| D | 4-in. common brick | 90 | 0.415 |
| C | 1-in. insulation or air space + 4-in. common brick | 90 | 0.174–0.301 |
| B | 2-in. insulation + 4-in. common brick | 88 | 0.111 |
| B | 8-in. common brick | 130 | 0.302 |
| A | Insulation or air space + 8-in. common brick | 130 | 0.154–0.243 |
| 4-in. Face brick + (heavyweight concrete) | | | |
| C | Air space + 2-in. concrete | 94 | 0.350 |
| B | 2-in. insulation + 4-in. concrete | 97 | 0.116 |
| A | Air space or insulation + 8-in. or more concrete | 143–190 | 0.110–0.112 |
| 4-in. Face brick + (light or heavyweight concrete block) | | | |
| E | 4-in. block | 62 | 0.319 |
| D | Air space or insulation + 4-in. block | 62 | 0.153–0.246 |
| D | 8-in. block | 70 | 0.274 |
| C | Air space or 1-in. insulation + 6-in. or 8-in. block | 73–89 | 0.221–0.275 |
| B | 2-in. insulation + 8-in. block | 89 | 0.096–0.107 |
| 4-in. Face brick + (clay tile) | | | |
| D | 4-in. tile | 71 | 0.381 |
| D | Air space + 4-in. tile | 71 | 0.281 |
| C | Insulation + 4-in. tile | 71 | 0.169 |
| C | 8-in. tile | 96 | 0.275 |
| B | Air space or 1-in. insulation + 8-in. tile | 96 | 0.142–0.221 |
| A | 2-in. insulation + 8-in. tile | 97 | 0.097 |
| Heavyweight concrete wall + (finish) | | | |
| E | 4-in. concrete | 63 | 0.585 |
| D | 4-in. concrete + 1-in. or 2-in. insulation | 63 | 0.119–0.200 |
| C | 2-in. insulation + 4-in. concrete | 63 | 0.119 |
| C | 8-in. concrete | 109 | 0.490 |
| B | 8-in. concrete + 1-in. or 2-in. insulation | 110 | 0.115–0.187 |
| A | 2-in. insulation + 8-in. concrete | 110 | 0.115 |
| B | 12-in. concrete | 156 | 0.421 |
| A | 12-in. concrete + insulation | 156 | 0.113 |
| Light and heavyweight concrete block + (finish) | | | |
| F | 4-in. block + air space/insulation | 29 | 0.161–0.263 |
| E | 2-in. insulation + 4-in. block | 29–37 | 0.105–0.114 |
| E | 8-in. block | 47–51 | 0.294–0.402 |
| D | 8-in. block + air space/insulation | 41–57 | 0.149–0.173 |
| Clay tile + (finish) | | | |
| F | 4-in. tile | 39 | 0.419 |
| F | 4-in. tile + air space | 39 | 0.303 |
| E | 4-in. tile + 1-in. insulation | 39 | 0.175 |
| D | 2-in. insulation + 4-in. tile | 40 | 0.110 |
| D | 8-in. tile | 63 | 0.296 |
| C | 8-in. tile + air space/1-in. insulation | 63 | 0.151–0.231 |
| B | 2-in. insulation + 8-in. tile | 63 | 0.099 |
| Metal curtain wall | | | |
| G | With/without air space + 1- to 3-in. insulation | 5–6 | 0.091–0.230 |
| Frame wall | | | |
| G | 1-in. to 3-in. insulation | 16 | 0.081–0.178 |

Reprinted with permission from the 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

TABLE 6.4 CLTD CORRECTION FOR LATITUDE AND MONTH APPLIED TO WALLS AND ROOFS, NORTH LATITUDES, F

| Lat. | Month | N | NNE NNW | NE NW | ENE WNW | E W | ESE WSW | SE SW | SSE SSW | S | HOR |
|------|----------|----|------------|----------|------------|--------|------------|----------|------------|----|-----|
| 0 | Dec | -3 | -5 | -5 | -5 | -2 | 0 | 3 | 6 | 9 | -1 |
| | Jan/Nov | -3 | -5 | -4 | -4 | -1 | 0 | 2 | 4 | 7 | -1 |
| | Feb/Oct | -3 | -2 | -2 | -2 | -1 | -1 | 0 | -1 | 0 | 0 |
| | Mar/Sept | -3 | 0 | 1 | -1 | -1 | -3 | -3 | -5 | -8 | 0 |
| | Apr/Aug | 5 | 4 | 3 | 0 | -2 | -5 | -6 | -8 | -8 | -2 |
| | May/Jul | 10 | 7 | 5 | 0 | -3 | -7 | -8 | -9 | -8 | -4 |
| | Jun | 12 | 9 | 5 | 0 | -3 | -7 | -9 | -10 | -8 | -5 |
| 8 | Dec | -4 | -6 | -6 | -6 | -3 | 0 | 4 | 8 | 12 | -5 |
| | Jan/Nov | -3 | -5 | -6 | -5 | -2 | 0 | 3 | 6 | 10 | -4 |
| | Feb/Oct | -3 | -4 | -3 | -3 | -1 | -1 | 1 | 2 | 4 | -1 |
| | Mar/Sept | -3 | -2 | -1 | -1 | -1 | -2 | -2 | -3 | -4 | 0 |
| | Apr/Aug | 2 | 2 | 2 | 0 | -1 | -4 | -5 | -7 | -7 | -1 |
| | May/Jul | 7 | 5 | 4 | 0 | -2 | -5 | -7 | -9 | -7 | -2 |
| | Jun | 9 | 6 | 4 | 0 | -2 | -6 | -8 | -9 | -7 | -2 |
| 16 | Dec | -4 | -6 | -8 | -8 | -4 | -1 | 4 | 9 | 13 | -9 |
| | Jan/Nov | -4 | -6 | -7 | -7 | -4 | -1 | 4 | 8 | 12 | -7 |
| | Feb/Oct | -3 | -5 | -5 | -4 | -2 | 0 | 2 | 5 | 7 | -4 |
| | Mar/Sept | -3 | -3 | -2 | -2 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| | Apr/Aug | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -3 | -3 | -5 | -6 | 0 |
| | May/Jul | 4 | 3 | 3 | 0 | -1 | -4 | -5 | -7 | -7 | 0 |
| | Jun | 6 | 4 | 4 | 1 | -1 | -4 | -6 | -8 | 0 | -7 |
| 24 | Dec | -5 | -7 | -9 | -10 | -7 | -3 | 3 | 9 | 13 | -13 |
| | Jan/Nov | -4 | -6 | -8 | -9 | -6 | -3 | 9 | 3 | 13 | -11 |
| | Feb/Oct | -4 | -5 | -6 | -6 | -3 | -1 | 3 | 7 | 10 | -7 |
| | Mar/Sept | -3 | -4 | -3 | -3 | -1 | -1 | 1 | 2 | 4 | -3 |
| | Apr/Aug | -2 | -1 | 0 | -1 | -1 | -2 | -1 | -2 | -3 | 0 |
| | May/Jul | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | -3 | -3 | -5 | -6 | 1 |
| | Jun | 3 | 3 | 3 | 1 | 0 | -3 | -4 | -6 | -6 | 1 |
| 32 | Dec | -5 | -7 | -10 | -11 | -8 | -5 | 2 | 9 | 12 | -17 |
| | Jan/Nov | -5 | -7 | -9 | -11 | -8 | -15 | -4 | 2 | 9 | 12 |
| | Feb/Oct | -4 | -6 | -7 | -8 | -4 | -2 | 4 | 8 | 11 | -10 |
| | Mar/Sept | -3 | -4 | -4 | -4 | -2 | -1 | 3 | 5 | 7 | -5 |
| | Apr/Aug | -2 | -2 | -1 | -2 | 0 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 |
| | May/Jul | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | -1 | -1 | -3 | -3 | 1 |
| | Jun | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | -2 | -2 | -4 | -4 | 2 |
| 40 | Dec | -6 | -8 | -10 | -13 | -10 | -7 | 0 | 7 | 10 | -21 |
| | Jan/Nov | -5 | -7 | -10 | -12 | -9 | -6 | 1 | 8 | 11 | -19 |
| | Feb/Oct | -5 | -7 | -8 | -9 | -6 | -3 | 3 | 8 | 12 | -14 |
| | Mar/Sept | -4 | -5 | -5 | -6 | -3 | -1 | 4 | 7 | 10 | -8 |
| | Apr/Aug | -2 | -3 | -2 | -2 | 0 | 0 | 2 | 3 | 4 | -3 |
| | May/Jul | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | Jun | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | -1 | -1 | 2 |
| 48 | Dec | -6 | -8 | -11 | -14 | -13 | -10 | -3 | 2 | 6 | -25 |
| | Jan/Nov | -6 | -8 | -11 | -13 | -11 | -8 | -1 | 5 | 8 | -24 |
| | Feb/Oct | -5 | -7 | -10 | -11 | -8 | -5 | 1 | 8 | 11 | -18 |
| | Mar/Sept | -4 | -6 | -6 | -7 | -4 | -1 | 4 | 8 | 11 | -11 |
| | Apr/Aug | -3 | -3 | -3 | -3 | -1 | 0 | 4 | 6 | 7 | -5 |
| | May/Jul | 0 | -1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 | 4 | 0 |
| | Jun | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 |

Reprinted with permission from the 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

Cooling Load Calculations

ကောင်းထက်ညွှန်

TABLE 6.6 MAXIMUM SOLAR HEAT GAIN FACTOR (SHGF) BTU/HR • FT² FOR SUNLIT GLASS, NORTH LATITUDES

| 20° N. Lat | | | | | | | | | | | 36° N. Lat | | | | | | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----|-----|-----|
| N | NNE/ NNW | NE/ NW | ENE/ WNW | E/ W | ESE/ WSW | SE/ SW | SSE/ SSW | S | HOR | N (Shade) | NNE/ NNW | NE/ NW | ENE/ WNW | E/ W | ESE/ WSW | SE/ SW | SSE/ SSW | S | HOR | | |
| Jan. | 29 | 29 | 48 | 138 | 201 | 243 | 253 | 233 | 214 | 232 | Jan. | 22 | 22 | 24 | 90 | 166 | 219 | 247 | 252 | 252 | 155 |
| Feb. | 31 | 31 | 88 | 173 | 226 | 244 | 238 | 201 | 174 | 263 | Feb. | 26 | 26 | 57 | 139 | 195 | 239 | 248 | 239 | 232 | 199 |
| Mar. | 34 | 49 | 132 | 200 | 237 | 236 | 206 | 152 | 115 | 284 | Mar. | 30 | 33 | 99 | 176 | 223 | 238 | 232 | 206 | 192 | 238 |
| Apr. | 38 | 92 | 166 | 213 | 228 | 208 | 158 | 91 | 58 | 287 | Apr. | 35 | 76 | 144 | 196 | 225 | 221 | 196 | 156 | 135 | 262 |
| May | 47 | 123 | 184 | 217 | 217 | 184 | 124 | 54 | 42 | 283 | May | 38 | 107 | 168 | 204 | 220 | 204 | 165 | 116 | 93 | 272 |
| June | 59 | 135 | 189 | 216 | 210 | 173 | 108 | 45 | 42 | 279 | June | 47 | 118 | 175 | 205 | 215 | 194 | 150 | 99 | 77 | 273 |
| July | 48 | 124 | 182 | 213 | 212 | 179 | 119 | 53 | 43 | 278 | July | 39 | 107 | 165 | 201 | 216 | 199 | 161 | 113 | 90 | 268 |
| Aug. | 40 | 91 | 162 | 206 | 220 | 200 | 152 | 88 | 57 | 280 | Aug. | 36 | 75 | 138 | 190 | 218 | 212 | 189 | 151 | 131 | 257 |
| Sep. | 36 | 46 | 127 | 191 | 225 | 225 | 199 | 148 | 114 | 275 | Sep. | 31 | 31 | 95 | 167 | 210 | 228 | 223 | 200 | 187 | 230 |
| Oct. | 32 | 32 | 87 | 167 | 217 | 236 | 231 | 196 | 170 | 258 | Oct. | 27 | 27 | 56 | 133 | 187 | 230 | 239 | 231 | 225 | 195 |
| Nov. | 29 | 29 | 48 | 136 | 197 | 239 | 249 | 229 | 211 | 230 | Nov. | 22 | 22 | 24 | 87 | 163 | 215 | 243 | 248 | 248 | 154 |
| Dec. | 27 | 27 | 35 | 122 | 187 | 238 | 254 | 241 | 226 | 217 | Dec. | 20 | 20 | 20 | 69 | 151 | 204 | 241 | 253 | 254 | 136 |
| N | 24° N. Lat | | | | | | | | | | 40° N. Lat | | | | | | | | | | |
| N (Shade) | N | NNE/ NNW | NE/ NW | ENE/ WNW | E/ W | ESE/ WSW | SE/ SW | SSE/ SSW | S | HOR | N (Shade) | NNE/ NNW | NE/ NW | ENE/ WNW | E/ W | ESE/ WSW | SE/ SW | SSE/ SSW | S | HOR | |
| Jan. | 27 | 27 | 41 | 128 | 190 | 240 | 253 | 241 | 227 | 214 | Jan. | 20 | 20 | 20 | 74 | 154 | 205 | 241 | 252 | 254 | 133 |
| Feb. | 30 | 30 | 80 | 165 | 220 | 244 | 243 | 213 | 192 | 249 | Feb. | 24 | 24 | 50 | 129 | 186 | 234 | 246 | 244 | 241 | 180 |
| Mar. | 34 | 45 | 124 | 195 | 234 | 237 | 214 | 168 | 137 | 275 | Mar. | 29 | 29 | 93 | 169 | 218 | 238 | 236 | 216 | 206 | 223 |
| Apr. | 37 | 88 | 159 | 209 | 228 | 212 | 169 | 107 | 75 | 283 | Apr. | 34 | 71 | 140 | 190 | 224 | 223 | 203 | 170 | 154 | 252 |
| May | 43 | 117 | 178 | 214 | 218 | 190 | 132 | 67 | 46 | 282 | May | 37 | 102 | 165 | 202 | 220 | 208 | 175 | 133 | 113 | 265 |
| June | 55 | 127 | 184 | 214 | 212 | 179 | 117 | 55 | 43 | 279 | June | 48 | 113 | 172 | 205 | 216 | 199 | 161 | 116 | 95 | 267 |
| July | 45 | 116 | 176 | 210 | 213 | 185 | 129 | 65 | 46 | 278 | July | 38 | 102 | 163 | 198 | 216 | 203 | 170 | 129 | 109 | 262 |
| Aug. | 38 | 87 | 156 | 203 | 220 | 204 | 162 | 103 | 72 | 277 | Aug. | 35 | 71 | 135 | 185 | 216 | 214 | 196 | 165 | 149 | 247 |
| Sep. | 35 | 42 | 119 | 185 | 222 | 225 | 206 | 163 | 134 | 266 | Sep. | 30 | 30 | 87 | 160 | 203 | 227 | 226 | 209 | 200 | 215 |
| Oct. | 31 | 31 | 79 | 159 | 211 | 237 | 235 | 207 | 187 | 244 | Oct. | 25 | 25 | 49 | 123 | 180 | 225 | 238 | 236 | 234 | 177 |
| Nov. | 27 | 27 | 42 | 126 | 187 | 236 | 249 | 237 | 224 | 213 | Nov. | 20 | 20 | 20 | 73 | 151 | 201 | 237 | 248 | 250 | 132 |
| Dec. | 26 | 26 | 29 | 112 | 180 | 234 | 247 | 247 | 237 | 199 | Dec. | 18 | 18 | 18 | 60 | 135 | 188 | 232 | 249 | 253 | 113 |
| N | 28° N. Lat | | | | | | | | | | 44° N. Lat | | | | | | | | | | |
| N (Shade) | N | NNE/ NNW | NE/ NW | ENE/ WNW | E/ W | ESE/ WSW | SE/ SW | SSE/ SSW | S | HOR | N (Shade) | NNE/ NNW | NE/ NW | ENE/ WNW | E/ W | ESE/ WSW | SE/ SW | SSE/ SSW | S | HOR | |
| Jan. | 25 | 25 | 35 | 117 | 183 | 235 | 251 | 247 | 238 | 196 | Jan. | 17 | 17 | 17 | 64 | 138 | 189 | 232 | 248 | 252 | 109 |
| Feb. | 29 | 29 | 72 | 157 | 213 | 244 | 246 | 224 | 207 | 234 | Feb. | 22 | 22 | 43 | 117 | 178 | 227 | 246 | 248 | 247 | 160 |
| Mar. | 33 | 41 | 116 | 189 | 231 | 237 | 221 | 182 | 157 | 265 | Mar. | 27 | 27 | 87 | 162 | 211 | 236 | 238 | 224 | 218 | 206 |
| Apr. | 36 | 84 | 151 | 205 | 228 | 216 | 178 | 124 | 94 | 278 | Apr. | 33 | 66 | 136 | 185 | 221 | 224 | 210 | 183 | 171 | 240 |
| May | 40 | 115 | 172 | 211 | 219 | 195 | 144 | 83 | 58 | 280 | May | 36 | 96 | 162 | 201 | 219 | 211 | 183 | 148 | 132 | 257 |
| June | 51 | 125 | 178 | 211 | 213 | 184 | 128 | 68 | 49 | 278 | June | 47 | 108 | 169 | 205 | 215 | 203 | 171 | 132 | 115 | 261 |
| July | 41 | 114 | 170 | 208 | 215 | 190 | 140 | 80 | 57 | 276 | July | 37 | 96 | 159 | 198 | 215 | 206 | 179 | 144 | 128 | 254 |
| Aug. | 38 | 83 | 149 | 199 | 220 | 207 | 172 | 120 | 91 | 272 | Aug. | 34 | 66 | 132 | 180 | 214 | 215 | 202 | 177 | 165 | 236 |
| Sep. | 34 | 38 | 111 | 179 | 219 | 226 | 213 | 177 | 154 | 256 | Sep. | 28 | 28 | 80 | 152 | 198 | 226 | 227 | 216 | 211 | 199 |
| Oct. | 30 | 30 | 71 | 151 | 204 | 236 | 238 | 217 | 202 | 229 | Oct. | 23 | 23 | 42 | 111 | 171 | 217 | 237 | 240 | 239 | 157 |
| Nov. | 26 | 26 | 35 | 115 | 181 | 232 | 247 | 243 | 235 | 195 | Nov. | 18 | 18 | 18 | 64 | 135 | 186 | 227 | 244 | 248 | 109 |
| Dec. | 24 | 24 | 24 | 99 | 172 | 227 | 248 | 251 | 246 | 179 | Dec. | 15 | 15 | 49 | 115 | 175 | 217 | 240 | 246 | 246 | 89 |
| N | 32° N. Lat | | | | | | | | | | 48° N. Lat | | | | | | | | | | |
| N (Shade) | N | NNE/ NNW | NE/ NW | ENE/ WNW | E/ W | ESE/ WSW | SE/ SW | SSE/ SSW | S | HOR | N (Shade) | NNE/ NNW | NE/ NW | ENE/ WNW | E/ W | ESE/ WSW | SE/ SW | SSE/ SSW | S | HOR | |
| Jan. | 24 | 24 | 29 | 105 | 175 | 229 | 249 | 250 | 246 | 176 | Jan. | 15 | 15 | 15 | 53 | 118 | 175 | 216 | 239 | 245 | 85 |
| Feb. | 27 | 27 | 65 | 149 | 205 | 242 | 248 | 232 | 221 | 217 | Feb. | 20 | 36 | 103 | 168 | 216 | 242 | 249 | 250 | 138 | |
| Mar. | 32 | 37 | 107 | 183 | 227 | 237 | 227 | 195 | 176 | 252 | Mar. | 26 | 26 | 80 | 154 | 204 | 234 | 239 | 232 | 228 | 188 |
| Apr. | 36 | 80 | 146 | 200 | 227 | 219 | 187 | 141 | 115 | 271 | Apr. | 31 | 61 | 132 | 180 | 219 | 225 | 215 | 194 | 186 | 226 |
| May | 38 | 111 | 170 | 208 | 220 | 199 | 155 | 99 | 74 | 277 | May | 35 | 97 | 158 | 200 | 218 | 214 | 192 | 163 | 150 | 247 |
| June | 44 | 122 | 176 | 208 | 214 | 189 | 139 | 83 | 60 | 276 | June | 46 | 110 | 165 | 204 | 215 | 206 | 180 | 148 | 134 | 252 |
| July | 40 | 111 | 167 | 204 | 215 | 194 | 150 | 96 | 72 | 273 | July | 37 | 96 | 156 | 196 | 214 | 209 | 187 | 158 | 146 | 244 |
| Aug. | 37 | 79 | 141 | 195 | 219 | 210 | 181 | 136 | 111 | 265 | Aug. | 33 | 61 | 128 | 174 | 211 | 216 | 208 | 188 | 180 | 223 |
| Sep. | 33 | 35 | 103 | 173 | 215 | 227 | 218 | 189 | 171 | 244 | Sep. | 27 | 27 | 72 | 144 | 191 | 223 | 228 | 223 | 220 | 182 |
| Oct. | 28 | 28 | 63 | 143 | 195 | 234 | 239 | 225 | 215 | 213 | Oct. | 21 | 21 | 35 | 96 | 161 | 207 | 233 | 241 | 242 | 136 |
| Nov. | 24 | 24 | 29 | 103 | 173 | 225 | 245 | 246 | 234 | 175 | Nov. | 15 | 15 | 15 | 52 | 115 | 172 | 212 | 234 | 240 | 85 |
| Dec. | 22 | 22 | 22 | 84 | 162 | 218 | 246 | 252 | 252 | 158 | Dec. | 13 | 13 | 13 | 36 | 91 | 156 | 195 | 225 | 233 | 65 |

Reprinted with permission from the 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

ဥပမာ (၆-၁) ခေါင်ဓားသုတေသန (conduction heat gain)

Washington D.C ရှိ အဆောက်အအုံ(building)တစ်ခုတွင် ပေ(၃၀)ကျယ်၍ ပေ(၄၀)ရည်သည့် ခေါင်ဓား(roof) အမျိုးအစားသည် No. 9 ဖြစ်ပြီး suspended ceiling ပါဝင်သည်။ Table 6.1 မှ ခေါင်ဓား(roof) အမျိုးအစားသည် No. 9 ဖြစ်သည်။ မျက်နှာတွင်(suspended ceiling)ပါဝင်သည့် လေားနှင့်

အခြေ-

- (၁) Table 6.1 မှ ခေါင်ဓား(roof) အမျိုးအစားသည် No. 9 ဖြစ်သည်။ မျက်နှာတွင်(suspended ceiling)ပါဝင်သည့် လေားနှင့်

မပါသည့်လယား နှစ်မျိုးရှိသည်။ မျက်နှာကြက်(suspended ceiling) ပါရှိသည့် လယားမှ ဖတ်ယူရသည်။ မွန်းလွှဲ (၂)နာရီအချိန်အတွက် CLTD တန်ဖိုးကို 14 hrs မှ ဖတ်ယူရသည်။ မွန်းလွှဲ (၂)နာရီ(2 PM) အတွက် 14 hrs ကော်လံမှ ဖတ်လျင် CLTD တန်ဖိုးသည် 29°F ဖြစ်သည်။ (CLTD = 29°F)

(၂) Corrected CLTD ကိုရှာပါ။

Equation 6.2 ကို အသုံးပြု၍ ပထားလို့စွာ correction လုပ်ရမည့် တန်ဖိုးများကို ရှာပါ။

(က) Correct for Latitude and Month (LM) (Table 6.4).

Washington D.C. သည် 38°N latitude (use 40°N) တွင် တည်ရှိသည်။

ခေါင်မျိုးမျက်နှာပြင် ညီညာသည်(roof surface is horizontal)။ ထိုကြောင့် HOR ကော်လံ(column)မှ တန်ဖိုးကို ဖတ်ယူပါ။

ရှုလိုင်လသည် ဒီဇိုင်းလပါ။ ရှုလိုင်လ(July)အတွက် LM = 1°F

(ခ) ပထားလို့စွာ Table A.9 မှ to နှင့် DR တန်ဖိုးကို ရှာပါ။ Equation 6.3 ကို အသုံးပြု၍ ta ကိုရှာပါ။

Washington, D.C. အတွက် to= 95°F (ဝါရိုင်တန်ဖြုံးတော်အတွက် to သည် 95°F ဖြစ်သည်။)

$$DR = 18°F$$

$$= 95 - 17/2 = 86°F$$

(ဂ) Equation 6.2 ကို အသုံးပြု၍

$$CLTD_c = CLTD + LM + (78 - tR) + (ta - 85)$$

$$CLTD = 29 + 1 + (78 - 76) + (86 - 85)$$

$$CLTD = 33°F$$

(ဃ) Table 6.1 မှ U = 0.128 BTU/hr-ft²-°F U တန်ဖိုးကို ဖတ်ယူပါ။

(င) ခေါင်မျိုးဧရိယာ(roof area) A = 30 ft x 40 ft = 1200 ft² ဖြစ်သည်။ Equation 6.1 ကိုအသုံးပြု၍ cooling load ကိုရှာပါ။

$$Q_{roof} = U \times A \times CLTD_c$$

$$= 0.128 \times 1200 \times 33$$

$$= 5,070 \text{ BTU/hr}$$

(၂၁)ရက် ရှုလိုင်လ မွန်းလွှဲ (၂)နာရီ(2 PM Solar Time on July 21st)အချိန်တွင် ခေါင်မျိုး(roof)ကို ဖြတ်၍ conduction နည်းဖြင့် ဝင်ရောက်လာမည့် အပူပေါက်သည် 5,070 BTU/hr ဖြစ်သည်။

ဥပမာ (၆-၂) နံရံညောက်(conduction heat gain)

တောင်ဘက်ကို မျက်နှာများ ဆောက်ထားသည့် အဆောက်အအီ(south-facing wall of a building) တစ်ခုသည် Pittsburgh, Pennsylvania အရပ်ဒေသတွင် တည်ရှိသည်။ အလင်းဝင်နိုင်သည့် စုစုပေါင်းမျက်နှာပြင် ဧရိယာ(net opaque area) 5600 ft² ရှိသည်။ နံရံ(wall)ကို 4 in. face brick + 2 in. insulation + 4 in. heavy weight concrete ဖြင့် တည်ဆောက်ထားသည်။ အခန်းအတွင်း အပူချိန်(inside air temperature)သည် 77°F ဖြစ်သည်။

ဒေါ်လ(၂၁)ရက်နေ့၊ ဥနေ(၄)နာရီ(4 PM Solar Time on June 21)အချိန်တွင် နံရံကိုဖြတ်၍ ဝင်ရောက်လာမည့် အပူပေါက်(wall cooling load)ကို ရှာပါ။

အဖြေ (၁) Table 6.3 မှ နံရံ(wall) အမျိုးအစား Group B ဖြစ်သည်။

(၂) Table 6.2 မှ CLTD = 15°F

(၃) Table 6.4 မှ LM = -1°F

(၄) Table A.9 မှ ta ကို ရှာပါ။ ta = 90°F, DR = 1°F

Equation 6.2 ကို အသုံးပြု၍ ta = 90 - 18/2 = 81°F (rounded off)

(၅) Equation 6.2 ကို အသုံးပြု၍

$$CLTD_c = CLTD + LM + (78 - tR) + (ta - 85)$$

$$= 15 - 1 + (78 - 77) + (81 - 85)$$

$$CLTD_c = 11^\circ F$$

(၆) Table 6.3 မှ U တန်ဖိုးကို ဖတ်ယူပါ။ 4 in. face brick + 2 in. insulation + 4 in. heavy weight concrete Group B မှ ဖတ်ယူပါ။

$$U = 0.116 \text{ BTU/hr-ft}^2 \text{-}^\circ F$$

(၇) Equation 6.1 ကို အသုံးပြု၍ wall cooling load ကို ရှာပါ။

$$Q_{wall} = U \times A \times CLTD_c$$

$$= 0.116 \times 5600 \times 11$$

$$= 7,150 \text{ BTU/hr}$$

နွှန်လ(၂၁)ရက်နေ့၊ ညာနေ(၄)နာရီတွင် တောင်ဘက်ကို မျက်နှာမူထားသည့် နံရုံ(south-facing wall) ကို ဖြတ်၍ conduction နည်းဖြင့် ဝင်ရောက်လာမည့် အပူပေါက်သည် 7150 BTU/hr ဖြစ်သည်။

Table 6.5 Cooling Load Temperature Difference (CLTD) for Conduction Through Glass

| Solar Time (h) | CLTD($^\circ F$) |
|----------------|--------------------|
| 100 | 1 |
| 200 | 0 |
| 300 | -1 |
| 400 | -2 |
| 500 | -2 |
| 600 | -2 |
| 700 | -2 |
| 800 | 0 |
| 900 | 2 |
| 1000 | 4 |
| 1100 | 7 |
| 1200 | 9 |

| Solar Time (h) | CLTD($^\circ F$) |
|----------------|--------------------|
| 1300 | 12 |
| 1400 | 13 |
| 1500 | 14 |
| 1600 | 14 |
| 1700 | 13 |
| 1800 | 12 |
| 1900 | 10 |
| 2000 | 8 |
| 2100 | 6 |
| 2200 | 4 |
| 2300 | 3 |
| 2400 | 2 |

Reprinted with permission from the 1993 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

Table 6.5 တွင် မှန်(glass)များအတွက် CLTD value များကို ဖော်ပြထားသည်။ Equation 6.2 ကို အသုံးပြုသည်။ Corrected CLTD တန်ဖိုး တွက်ယူနိုင်သည်။ သို့သော် ထူးမြားချက်မှာ latitude နှင့် month (LM) အတွက် correction ပြည်ပေးရန် မလိုအပ်ပါ။ (except that there is no latitude and month (LM) correction.)

Table 6.5 အသုံးပြုပုံ အောက်တွင် ဥပမာဖြင့် ဖော်ပြ(illustrate)ထားသည်။

ဥပမာ (၆-၃) ပြတ်းပေါက်ဥပမာ (conduction heat gain)

အခန်းတစ်ခန်း၏ ပြတ်းပေါက်ကို vinyl frame ဖြင့် ပြည်ထားပြီး မှန်တစ်ထပ်သာ ပါရှိသည်။ (A room has 130 ft² of single glass windows with vinyl frames.) အခန်းအတွင်းအပူချိန်(inside air temperature) သည် 75°F ဖြစ်ပြီး ဒီဇင်ဘာလနေ့တွင် ပြည်ပေးချောင်းချောင်းများ(outdoor average temperature on a design day)သည် 88°F ဖြစ်သည်။ ပြတ်းပေါက်များ(windows)ကို ဖြတ်၍ conduction heat gain ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် cooling load ကို တွက်ပါ။ နေ့လယ် (၂)နာရီအချိန်(2 PM Daylight Savings Time)တွင် ဖြစ်ပေါ်မည့် cooling load ကိုရှာပါ။

အကြံ

- (၁) Table 6.5 မှ CLTD တန်ဖိုးကို ဖတ်ယူသည်။ (2 PM DST = 1 PM ST = 13 hrs) CLTD = 12°F
2 PM Daylight Savings Time သည် 1 PM Standard Time ဖြစ်သည်။ ထောက်လုပ်မှု ဖတ်ယူရသည်။

- (၂) Equation 6.2 ကို အသုံးပြု၍ တွက်ပါ။ LM အတွက် correction လုပ်ရန် မလို။ (without LM correction)

$$\begin{aligned} CLTD_c &= CLTD + (78 - tR) + (ta - 85) \\ &= 12 + (78 - 75) + (88 - 85) \\ CLTD_c &= 18^{\circ}\text{F} \end{aligned}$$

- (၃) Table A.8 မှ U တန်ဖိုးကို ဖတ်ယူပါ။ (U = 0.90) Equation 6.1 ကို အသုံးပြု၍ cooling load ကို ရှာသည်။

$$\begin{aligned} Q_{Window} &= U \times A \times CLTD_c \\ &= 0.90 \times 130 \times 18 \\ &= 2110 \text{ BTU/hr} \end{aligned}$$

နေ့လယ်(၂)နာရီအချင်(2 PM)တွင် ပြတ်းပေါက်များ(windows)ကို ဖြတ်၍ conduction heat gain ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် cooling load သည် 2110 BTU/hr ဖြစ်သည်။

ဥပမာ(၆-၄) မှန်နံရံကို ဖြတ်၍ conduction ဝင်ရောက်လာမည့် အပူပမာဏ(glass wall conduction heat gain)

အခန်းတစ်ခု၏ နံရံသည် 130 ft² ရှိသော shading မပါသည့် မုန်တစ်လွှာ(exterior single glass with no interior shading) ဖြစ်သည်။ ဒီဇိုင်းလုပ်လိုသည့် အခန်းအတွင်းဘက် အပူချိန်(inside design condition)သည် 78°F ဖြစ်ပြီး ပျမ်းမျှ အခန်းအပြင်ဘက် အပူချိန်(outdoor daily average temperature)သည် 88°F ဖြစ်သည်။ နွေရာသီ နေ့လယ်(၁၂)နာရီ(12 noon Solar Time in summer) အချင်တွင် ထိုမုန်(glass)ကို ဖြတ်၍ ဖြစ်ပေါ်လာမည့် conduction heat gain ကို ရှာပါ။

အကြံ

- Table 6.5 မှ CLTD တန်ဖိုးကို ဖတ်ယူပါ။ (CLTD = 9°F)။ Equation 6.3 ကို အသုံးပြု၍ အောက်ပါအတိုင်း correcting လုပ်ပါ။

$$\begin{aligned} CLTD_c &= CLTD + (78 - tR) + (to - 85) \\ &= 9 + 0 + 3 = 12^{\circ}\text{F} \end{aligned}$$

- Table A.8 မှ U တန်ဖိုးကို ဖတ်ယူပါ။ (U = 1.04 BTU/hr-ft⁻² °F)။ Equation 6.1 ကို အသုံးပြု၍

$$\begin{aligned} Q_{Wall} &= U \times A \times CLTD_c \\ &= 1.04 \times 130 \times 12 = 1,620 \text{ BTU/hr} \end{aligned}$$

၆.၅ Conduction Through Interior Structure

Conduction Through Interior Structure (ကြမ်းခင်း၊ အတွင်းနံရံ မျက်နှာကြောက်ကို ဖြတ်၍ အပူလျှောက်ကူးခြင်း)

Air con မပေးထားသည့်အတွင်းခန်း(interior unconditioned spaces)မှ conditioned space သို့ အတွင်းနံရံများ(partitions)၊ ကြမ်းခင်းများ(floors)နှင့် မျက်နှာကြောက်(ceiling)များကို ဖြတ်၍စီးကူးမည့် အပူပမာဏကို အောက်ပါညီမျှခြင်းဖြင့် တွက်ယူနိုင်သည်။

Equation

$$Q = U \times A \times TD$$

Where

Q = Heat gain (cooling load) through partition, floor, or ceiling (BTU/hr)

U = Overall heat transfer coefficient for partition floor, or ceiling (BTU/hr-ft⁻² °F)

A = Area of partition, floor, or ceiling (ft²)

TD = Temperature difference between unconditioned and conditioned space (°F)

Unconditioned space ၏ အပူချိန်(temperature)ကို မသိနိုင်လျှင် ပြင်ပအပူချိန်(outdoor temperature)ထက် 5°F ရော့နည်းသည်ဟု ယူဆရှိတွက်ပါ။ ဘွဲ့ငြင်လာ၊ air compressor စသည်တို့ တပ်ဆင်ထားသည့် အခန်း၏ အပူချိန်သည် ပြင်ပအပူချိန်ထက် များစွာဖို့ပြင့်နိုင်သည်။

TABLE 6.7 SHADING COEFFICIENTS FOR GLASS WITHOUT OR WITH INTERIOR SHADING DEVICES

| Type of Glazing | Nominal Thickness, in (Each light) | Without Shading | With Interior Shading | | | | |
|-----------------|------------------------------------|-----------------|-----------------------|-------|---------------|--------|-------------|
| | | | Venetian Blinds | | Roller Shades | | |
| | | | Medium | Light | Dark | Opaque | Translucent |
| Single glass | | | | | | | |
| Clear | 1/4 | 0.94 | 0.74 | 0.67 | 0.81 | 0.39 | 0.44 |
| Heat absorbing | 1/4 | 0.69 | 0.57 | 0.53 | 0.45 | 0.30 | 0.36 |
| Double glass | | | | | | | |
| Clear | 1/4 | 0.81 | 0.62 | 0.58 | 0.71 | 0.35 | 0.40 |
| Heat absorbing | 1/4 | 0.55 | 0.39 | 0.36 | 0.40 | 0.22 | 0.30 |

Note: Venetian blinds are assumed set at a 45° position. Adapted with permission from the 1993 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

၆.၆ နေရာင်မှ Solar Radiation Through Glass

နေရာင်ခြည်မှ radiant energy များသည် မှန်ကဲသို့သော ကြည်လင်နေသည့် ပစ္စည်းများ(transparent materials)ကို ဖြတ်ကော်၍ အခန်းအတွင်းသို့ ဝင်ရောက်လာသောကြောင့် heat gain ဖြစ်ပေါ်သည်။ အချိန်(time) မျက်နှာမှုရာအရပ်(orientation)၊ အပိုင်ကျပ်း(shading)နှင့် အပူသို့လောင်ခြင်း၏ အကျိုးသက်ရောက်မှု(storage effect)တို့ကြောင့် ဝင်ရောက်လာမည့် အပူပမာဏသည် ဖြောင်းလဲနိုင်သည်။

Solar cooling load ကို အောက်ပါ ညီမျှခြင်းဖြင့် တွက်ယူနိုင်သည်။

$$Q = \text{SHGF} \times A \times \text{SC} \times \text{CLF} \quad (6.4)$$

Where

Q = Solar radiation cooling load for glass (BTU/hr)

SHGF = Maximum solar heat gain factor (BTU/hr-ft²)

A = Area of glass (ft²)

SC = Shading coefficient

CLF = Cooling load factor for glass

Maximum Solar Heat Gain Factor(SHGF)သည် သတ်မှတ်ထားသည့်လ(month)၊ မျက်နှာမှုရာအရပ် (orientation)နှင့် လတ္တိတွေ့(latitude)တွင် single clear glass ကို ဖြတ်၍ ဝင်ရောက်လာမည့် maximum solar heat gain ဖြစ်သည်။ Table 6.6 တွင် လတ္တိအတွက် (၂၁)ရက်နေ့၏ တန်ဖိုးများ(values)ကို ဖော်ပြ ထားသည်။ (21st day of each month.)

ဥပမာ (၆-၅) ပြတ်းပေါက် Solar Heat Gain Factor (SHGF)

32°N လတ္တိတွေ့(latitude)အရပ်တွင် တည်ဆောက်ထားသည့် အဆောက်အအုံတစ်ခုမှ အနောက်တောင် ဘက်သို့ လှည့်ထားသည့် ပြတ်းပေါက်(windows on the southwest side of a building)တစ်ခု၏ စက်တင်ဘာလ (၂၁)နေ့ (September 21st)တွင် ဖြစ်ပေါ်မည့် အများဆုံး(maximum) Solar Heat Gain Factor (SHGF) ကို ရှာပါ။

အကြောင်း

Table 6.6 မှ SHGF တန်ဖိုးကို ဖတ်ပါ။ (SHGF = 218 BTU/hr-ft²)

မှန်အကြည်ဖြင့် ပြုလုပ်ထားပြီး အပိုင်ကျနေစေနိုင်သည့် ကိုရိယာ(shading device) မပါရှိသည့် မှန်များမှ အမြင့်ဆုံး solar heat gain တန်ဖိုး ပေးသည်။ (SHGF gives maximum heat gain values only for the type of glass noted and without any shading devices.)

နေ၏ တည်နေရာကို လိုက်၍ ပြတင်းပေါက်မှန်၊ နံရံတွင် တပ်ထားသည့် မှန်အပေါ်သို့ ကျရောက်သည့် အရိပ်ပမာဏ (အချယ်အစား) ကွားများသည်။ ထို့ကြောင့် Shading Coefficient(SC) ကို ထည့်တွက်ရန် လိုအပ်သည်။

Table 6.7 တွင် Shading Coefficient(SC) တန်ဖိုးများကို ဖော်ပြထားသည်။

ဥပမာ (၆-၆) ပြတင်းပေါက် SC တန်ဖိုး(value)

1/4 in. single clear glass and medium-colored inside venetian blinds ဖြစ်လျှင် solar heat gain ကို ရှာပါ။ SC တန်ဖိုး(value)ကို ရှာပါ။

အကြောင်း

Table 6.7 မှ SC တန်ဖိုးကို ဖတ်ပါ။ (SC = 0.74)။

Cooling Load Factor(CLF)သည် solar heat gain ၏ တရီးတစ်ဝက်ကို သိမ်းဆည်း(storage of part) ထားသည်။ CLF တန်ဖိုးကို solar load calculation တွက်ရေတွင် ထည့်သွင်းတွက်ချက်ရသည်။

Light (L) ၊ Medium (M) နှင့် Heavy (H)စသည့် တည်ဆောက်ပုံ(construction) အမျိုးအစားများ ခွဲဗြား ထားပုံကို သတိပြုပါ။ Table 6.8 ၊ 6.9 နှင့် 6.10 တို့တွင် Cooling Load Factor(CLF) များကို ဖော်ပြထားသည်။

Table 6.8

Table 6.8 သည် interior shading device မပါရှိသည့်၊ ကော်ကော ခင်းထားသည့် Cooling Load Factor (CLF) တန်ဖိုးများကို ဖတ်ရှုရန် လယား ဖြစ်သည်။

Table 6.9

Table 6.9 သည် interior shading device မပါရှိသည့်၊ ကော်ကော မခင်းထားသည့်(without interior shading devices and no carpeting) Cooling Load Factor(CLF) တန်ဖိုးများကို ဖတ်ရှုရန်လယား ဖြစ်သည်။

Table 6.10

Table 6.10 သည် interior shading device ပါရှိသည့်၊ ကော်ကော မခင်းထားသည့်(used with interior shading devices (in this case the carpeting has no storage effect) Cooling Load Factor(CLF) တန်ဖိုးများကို ဖတ်ရှုရန်လယား ဖြစ်သည်။

ကော်ကောသည် အပူများကို စုပ်ယူ သို့လောင် ထားနိုင်သောကြောင့် ထည့်သွင်းတွက်ချက်ခြင်း ဖြစ်သည်။

ဥပမာ (၆-၇) ပြတင်းပေါက် solar heat gain or solar cooling load

အဆောက်အအီတစ်ခု၏ နံရံသည်အနေအက်တောင်ဘက်ကို မျက်နှာမှုထားသည့်(building wall facing southwest) ပြတင်းပေါက်ဧရိယာ(window area)သည် 240 ft² ကျယ်သည်။ မှန်(glass)အမျိုးအစားသည် 1/4 in. single clear glass ဖြစ်သည်။ Light-colored interior venetian blinds ပါသည်။ အဆောက်အအီသည် medium construction ဖြစ်ပြီး 40°N လတ္တိတွင်(latitude)တွင် တည်ရှိသည်။ အြေဂွဲလ ညာနေ(?)နာရီ(August at 3 PM Solar Time) အချိန်တွင် ဖြစ်ပေါ်မည့် solar cooling load ကို ရှာပါ။

အကြောင်း-

- (၁) Table 6.6 မှ SHGF တန်ဖိုးကို ဖတ်ပါ။ (SHGF = 196)
- (၂) Table 6.7 မှ SC တန်ဖိုးကို ဖတ်ပါ။ (SC = 0.67)
- (၃) Table 6.10 မှ CLF တန်ဖိုးကို ဖတ်ပါ။ (CLF = 0.83)
- (၄) Equation 6.4 မှ

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF$$

$$= 196 \times 240 \times 0.67 \times 0.83 = 26,160 \text{ BTU/hr}$$

"External Shading Effect"

SHGF တန်ဖိုးများကို table 6.6 တွင် ဖော်ပြထားသည်။ နေရာရှင်သည် မှန်(glass)ပေါ်သို့ ထိုက်ရိုက်ကျရောက်သည့်အပါ ဖြစ်ပေါ်သည့် solar radiation ဖြစ်သည်။ တဗြားအဆောက်အအီ သို့မဟုတ် တဗြားအရာဝတ္ထု၊ တစ်ခုခုက မှန်ပေါ်သို့ အရိပ်ကျရောက်နေခြင်း ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ ထိုကဲ့သို့ အခြေအနေမျိုးတွင် တွက်မည့်မှန်(glass) အပေါ်သို့ indirect radiation သာ ကျရောက်နေခြင်း ဖြစ်နိုင်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် တွက်မည့်မှန်(glass) အပေါ်သို့ နေရာရှင်ခြော် တိုက်ရိုက် မကျရောက်(no indirect radiation)ပေါ်။

အရိပ်ကျရောက်နေသည့် မှန်များအတွက် SHGF value သည် မြောက်ဘက်ကို မျက်နှာမူထားသည့် (north side of the building) မှန်များအတွက် SHGF value နှင့်တည်သည်။ မြောက်အရပ်ကို မျက်နှာမူထားသည့် မှန်များပေါ်သို့ indirect radiation သို့မဟုတ် diffuse radiation သာ ကျရောက်သည်။

တစ်နည်းအားဖြင့် မြောက်အရပ်ကို မျက်နှာမူထားသည့် မှန်များပေါ်သို့ မည်သည့်အပါမျှ နေရာရှင်ခြော် တိုက်ရိုက် မကျရောက်(no indirect radiation)ပေါ် ထို့ကြောင့် မြောက်အရပ်ကို မျက်နှာမူထားသည့် မှန်များ၏ shading device တပ်ဆင်ရန် မလိုအပ်ပေါ်။ တဗြားမျက်နှာမူရာ အရပ်များအတွက် မတွက်ခင် အရိပ်ကျရောက်ခြင်း ရှိ၊ မရှိ(shading device ဖြစ်၊ မဖြစ်) ဆန်းစစ်ရန် လိုအပ်သည်။

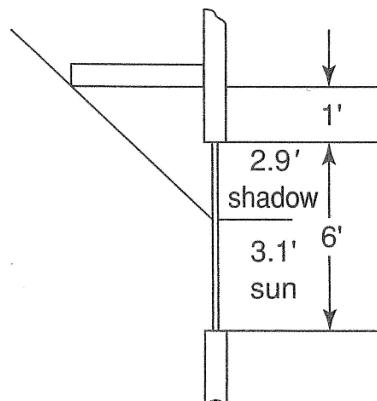
တစ်ဝက်တစ်ပျက် အရိပ်ကျရောက်ခြင်း(partly shaded)ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် total radiation ကို ရှာရန် အတွက် မှန်(glass)ပေါ်သို့ အရိပ်ကျရောက်နေသည့် ရေးယာ(shaded area)ကို ရှာရန် လိုအပ်သည်။ Table 6.11 သည် overhead horizontal projections မှ အရိပ်ကျရောက်သည့် ရေးယာ(shading area)ကို တွက်ရန်အတွက် အသုံးပြုရမည့် ယေားဖြစ်သည်။ Table 6.11 တွင် ဖော်ပြထားသည့် တန်ဖိုး(values in the table)များသည် vertical feet of shade for each foot of horizontal projection ဖြစ်သည်။ Table 6.11 အသုံးပြုပုံကို ဥပမာအဖြစ် ဖော်ပြထားသည်။

ဥပမာ(၆-၈) External shading device

အဆောက်အအီ(building)သည် 32°N လတ္တိတွေ့(latitude)တွင် တည်ရှိသည်။ နံရံသည် အနောက်ဘက်သို့ မျက်နှာမူသည်။ 4 ft overhang ပါရှိသည်။ ပြတင်းပေါက်သည် (၅)ပေကျယ်၍ (၆)ပေမြင့်(5 ft wide by 6 ft high window)သည်။ Overhang ထက် (၁)ပေအနီးတွင် တည်ရှိသည်။ ညနေ(၃)နာရီအတွက် မှန်ပေါ်သို့ ထိုက်ရိုက်(direct)ကျရောက်မည့် solar radiation ကိုရှာပါ။ (How much of the glass receives direct solar radiation at 3 PM?)

အကြောင်း

ပုံ(၆-၄)တွင် arrangement များကို ဖော်ပြထားသည်။ အရိပ်ကျရောက်သည့် ခေါင်လိုက် အမြင့်(vertical proportion of shade)သည် 0.97 ဖြစ်သည်။



ပုံ ၆-၄ ဥပမာ(၆-၈)၏ ပုံကြမ်း(Sketch for Example 6.8)

TABLE 6.8 COOLING LOAD FACTORS (CLF) FOR GLASS WITHOUT INTERIOR SHADING, IN NORTH LATITUDE SPACES HAVING CARPETED FLOORS

| Dir. | Room Mass | Solar Time | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|--|--|
| | | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | | | | |
| N | L | .00 | .00 | .00 | .01 | .64 | .73 | .74 | .81 | .88 | .95 | .98 | .98 | .94 | .88 | .79 | .79 | .79 | .55 | .31 | .12 | .04 | .02 | .01 | .00 | .00 | | | |
| | M | .03 | .02 | .02 | .02 | .64 | .69 | .77 | .84 | .91 | .94 | .95 | .91 | .86 | .79 | .79 | .56 | .32 | .16 | .10 | .07 | .05 | .04 | .04 | | | | | |
| H | L | .10 | .09 | .08 | .07 | .07 | .62 | .64 | .64 | .71 | .77 | .83 | .87 | .88 | .85 | .81 | .75 | .76 | .55 | .34 | .22 | .17 | .15 | .13 | .11 | | | | |
| | M | .00 | .00 | .00 | .01 | .51 | .83 | .88 | .72 | .47 | .33 | .27 | .24 | .23 | .20 | .18 | .14 | .09 | .03 | .01 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | | | | |
| NE | L | .01 | .00 | .00 | .01 | .50 | .78 | .82 | .67 | .44 | .32 | .28 | .26 | .24 | .22 | .19 | .15 | .11 | .05 | .03 | .02 | .02 | .01 | .01 | .01 | | | | |
| | M | .03 | .03 | .02 | .03 | .47 | .71 | .72 | .59 | .40 | .30 | .27 | .26 | .25 | .23 | .20 | .17 | .13 | .08 | .06 | .05 | .05 | .04 | .04 | .04 | | | | |
| E | L | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .42 | .76 | .91 | .90 | .75 | .51 | .30 | .22 | .18 | .16 | .13 | .11 | .07 | .02 | .01 | .00 | .00 | .00 | .00 | | | | |
| | M | .01 | .01 | .00 | .00 | .01 | .41 | .72 | .86 | .84 | .71 | .48 | .30 | .24 | .21 | .18 | .16 | .13 | .09 | .04 | .03 | .02 | .01 | .01 | .01 | | | | |
| H | L | .03 | .03 | .02 | .02 | .39 | .66 | .76 | .74 | .63 | .43 | .29 | .24 | .22 | .20 | .18 | .15 | .12 | .08 | .06 | .05 | .05 | .04 | .04 | .04 | | | | |
| | M | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .27 | .58 | .81 | .93 | .93 | .81 | .59 | .37 | .27 | .21 | .18 | .14 | .09 | .03 | .01 | .00 | .00 | .00 | .00 | | | | |
| SE | L | .01 | .01 | .00 | .01 | .26 | .55 | .77 | .88 | .87 | .76 | .56 | .37 | .29 | .24 | .20 | .16 | .11 | .05 | .04 | .03 | .02 | .02 | .01 | .01 | | | | |
| | M | .01 | .04 | .03 | .03 | .03 | .26 | .51 | .69 | .78 | .68 | .51 | .35 | .29 | .25 | .22 | .19 | .15 | .09 | .08 | .07 | .06 | .05 | .05 | .05 | | | | |
| S | L | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .07 | .15 | .23 | .39 | .62 | .82 | .94 | .93 | .80 | .59 | .38 | .26 | .16 | .06 | .02 | .01 | .00 | .00 | .00 | | | | |
| | M | .01 | .01 | .01 | .01 | .07 | .14 | .22 | .38 | .59 | .78 | .88 | .88 | .76 | .57 | .38 | .28 | .18 | .09 | .06 | .04 | .03 | .02 | .02 | .02 | | | | |
| H | L | .05 | .05 | .04 | .04 | .03 | .09 | .15 | .21 | .35 | .54 | .70 | .79 | .79 | .69 | .52 | .37 | .29 | .21 | .13 | .10 | .09 | .08 | .07 | .06 | | | | |
| | M | .04 | .04 | .03 | .03 | .03 | .26 | .51 | .69 | .78 | .68 | .51 | .35 | .29 | .25 | .22 | .19 | .15 | .09 | .08 | .07 | .06 | .05 | .05 | .05 | | | | |
| SW | L | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .04 | .09 | .13 | .16 | .19 | .22 | .38 | .60 | .78 | .89 | .89 | .77 | .52 | .20 | .10 | .07 | .05 | .04 | .03 | | | | |
| | M | .02 | .02 | .01 | .01 | .05 | .04 | .06 | .09 | .11 | .13 | .15 | .16 | .17 | .28 | .49 | .67 | .78 | .79 | .62 | .23 | .14 | .11 | .09 | .08 | .07 | | | |
| H | L | .07 | .06 | .05 | .05 | .04 | .07 | .11 | .14 | .16 | .18 | .21 | .35 | .55 | .71 | .80 | .79 | .69 | .48 | .20 | .14 | .11 | .10 | .08 | .07 | | | | |
| | M | .02 | .02 | .01 | .01 | .05 | .04 | .06 | .09 | .14 | .17 | .20 | .22 | .23 | .24 | .31 | .53 | .78 | .92 | .81 | .28 | .10 | .04 | .02 | .01 | .00 | | | |
| NW | L | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .03 | .07 | .10 | .13 | .15 | .16 | .18 | .31 | .55 | .78 | .92 | .93 | .73 | .25 | .10 | .04 | .01 | .01 | .00 | | | | |
| | M | .02 | .02 | .01 | .01 | .04 | .07 | .10 | .13 | .14 | .16 | .17 | .30 | .53 | .74 | .87 | .88 | .69 | .24 | .12 | .07 | .05 | .04 | .03 | | | | | |
| W | L | .06 | .05 | .05 | .04 | .04 | .06 | .09 | .11 | .13 | .15 | .16 | .17 | .28 | .49 | .67 | .78 | .79 | .62 | .23 | .14 | .11 | .09 | .08 | .07 | | | | |
| | M | .06 | .06 | .05 | .05 | .04 | .04 | .06 | .09 | .11 | .13 | .15 | .16 | .17 | .28 | .49 | .67 | .78 | .79 | .62 | .23 | .14 | .11 | .09 | .08 | .07 | | | |
| H | L | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .04 | .09 | .14 | .17 | .20 | .22 | .23 | .24 | .31 | .53 | .78 | .92 | .81 | .28 | .10 | .04 | .02 | .01 | .00 | | | | |
| | M | .02 | .02 | .01 | .01 | .05 | .04 | .07 | .11 | .14 | .17 | .19 | .20 | .21 | .22 | .28 | .48 | .68 | .79 | .69 | .23 | .14 | .10 | .09 | .08 | .07 | | | |
| Nor. | Hor. | M | .02 | .02 | .01 | .01 | .05 | .04 | .06 | .09 | .11 | .13 | .15 | .17 | .21 | .22 | .30 | .52 | .75 | .88 | .77 | .26 | .12 | .07 | .05 | .04 | .03 | | |
| H | | M | .07 | .06 | .05 | .05 | .04 | .04 | .07 | .11 | .14 | .17 | .19 | .20 | .21 | .22 | .28 | .48 | .68 | .79 | .69 | .23 | .14 | .10 | .09 | .08 | .07 | | |

Values for nominal 15 ft by 15 ft by 10 ft high space, with ceiling, and 50% or less glass in exposed surface at listed orientation.

L = Lightweight construction, such as 1 in. wood floor, Group G wall.

M = Mediumweight construction, such as 2 to 4 in. concrete floor, Group E wall.

H = Heavyweight construction, such as 6 to 8 in. concrete floor, Group C wall.

Reprinted with permission from the 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

TABLE 6.9 COOLING LOAD FACTORS (CLF) FOR GLASS WITHOUT INTERIOR SHADING, IN NORTH LATITUDE SPACES HAVING UNCARPETED FLOORS

| Dir. | Room | Solar Time | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 |
| N | L | .00 | .00 | .00 | .00 | .01 | .04 | .73 | .74 | .81 | .88 | .95 | .98 | .94 | .88 | .79 | .79 | .55 | .31 | .12 | .04 | .02 | .01 | .00 | |
| | M | .12 | .09 | .07 | .06 | .05 | .03 | .45 | .53 | .61 | .69 | .76 | .82 | .85 | .86 | .85 | .80 | .70 | .60 | .43 | .32 | .24 | .19 | .15 | |
| NE | H | .24 | .21 | .19 | .18 | .16 | .43 | .48 | .51 | .56 | .61 | .66 | .71 | .73 | .74 | .73 | .71 | .62 | .52 | .42 | .36 | .32 | .29 | .26 | |
| | L | .00 | .00 | .00 | .00 | .01 | .51 | .83 | .88 | .72 | .47 | .33 | .27 | .24 | .23 | .20 | .18 | .14 | .09 | .03 | .01 | .00 | .00 | .00 | |
| E | M | .03 | .02 | .02 | .02 | .02 | .24 | .45 | .57 | .58 | .49 | .41 | .36 | .32 | .29 | .27 | .24 | .21 | .17 | .13 | .10 | .07 | .06 | .05 | .04 |
| | H | .08 | .07 | .07 | .06 | .06 | .27 | .43 | .49 | .45 | .37 | .32 | .29 | .28 | .27 | .26 | .24 | .22 | .19 | .16 | .14 | .12 | .11 | .10 | .09 |
| SE | L | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .42 | .76 | .91 | .90 | .75 | .51 | .30 | .22 | .18 | .16 | .13 | .11 | .07 | .02 | .01 | .00 | .00 | .00 | .00 |
| | M | .03 | .02 | .02 | .02 | .01 | .20 | .41 | .57 | .65 | .64 | .55 | .44 | .36 | .31 | .26 | .23 | .19 | .16 | .12 | .09 | .07 | .06 | .04 | .04 |
| S | H | .08 | .07 | .07 | .06 | .06 | .24 | .40 | .50 | .53 | .50 | .41 | .33 | .30 | .28 | .26 | .24 | .22 | .19 | .16 | .14 | .13 | .11 | .10 | .09 |
| | L | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .27 | .58 | .81 | .93 | .93 | .81 | .59 | .37 | .27 | .21 | .18 | .14 | .09 | .03 | .01 | .00 | .00 | .00 | .00 |
| SW | M | .04 | .03 | .02 | .02 | .02 | .13 | .31 | .48 | .62 | .69 | .61 | .50 | .41 | .35 | .30 | .25 | .20 | .15 | .12 | .09 | .07 | .06 | .05 | |
| | H | .10 | .09 | .08 | .08 | .07 | .18 | .32 | .45 | .53 | .56 | .54 | .47 | .39 | .35 | .32 | .29 | .26 | .23 | .19 | .17 | .15 | .14 | .12 | .11 |
| W | L | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .07 | .15 | .23 | .39 | .62 | .82 | .94 | .93 | .80 | .59 | .38 | .26 | .16 | .06 | .02 | .01 | .00 | .00 | |
| | M | .05 | .04 | .04 | .03 | .02 | .05 | .09 | .14 | .24 | .38 | .53 | .65 | .72 | .71 | .63 | .52 | .42 | .33 | .24 | .18 | .14 | .11 | .09 | .07 |
| NW | H | .13 | .12 | .10 | .09 | .09 | .11 | .14 | .17 | .25 | .36 | .47 | .55 | .58 | .56 | .49 | .41 | .36 | .30 | .25 | .21 | .19 | .17 | .16 | .14 |
| | L | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .04 | .09 | .13 | .16 | .19 | .23 | .39 | .62 | .82 | .94 | .93 | .81 | .54 | .19 | .07 | .03 | .01 | .00 | .00 |
| Hor. | M | .08 | .07 | .05 | .04 | .03 | .05 | .07 | .09 | .12 | .15 | .17 | .26 | .40 | .54 | .66 | .73 | .72 | .61 | .43 | .31 | .23 | .17 | .13 | .10 |
| | H | .14 | .13 | .12 | .11 | .10 | .11 | .12 | .14 | .15 | .17 | .18 | .26 | .37 | .48 | .56 | .59 | .57 | .47 | .33 | .27 | .23 | .21 | .19 | .17 |
| Hor. | L | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .04 | .09 | .14 | .17 | .20 | .22 | .23 | .24 | .31 | .53 | .78 | .92 | .81 | .28 | .10 | .04 | .02 | .01 | .00 |
| | M | .07 | .06 | .05 | .04 | .03 | .05 | .07 | .10 | .13 | .15 | .16 | .18 | .31 | .55 | .78 | .92 | .93 | .73 | .25 | .10 | .04 | .01 | .01 | .00 |
| Hor. | H | .16 | .15 | .13 | .12 | .11 | .13 | .20 | .29 | .39 | .48 | .56 | .61 | .65 | .63 | .57 | .49 | .40 | .32 | .28 | .25 | .22 | .20 | .18 | |

Values for nominal 15 ft by 15 ft by 10 ft high space, with ceiling, and 50% or less glass in exposed surface at listed orientation.

L = Lightweight construction, such as 1 in. wood floor, Group G wall.

M = Mediumweight construction, such as 2 to 4 in. concrete floor, Group E wall.

H = Heavyweight construction, such as 6 to 8 in. concrete floor, Group C wall.

Reprinted with permission from the 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

**TABLE 6.10 COOLING LOAD FACTORS (CLF) FOR GLASS WITH INTERIOR SHADING, NORTH LATITUDES
(ALL ROOM CONSTRUCTIONS)**

| Fenes- tration Facing | Solar Time, h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 |
| N | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.73 | 0.66 | 0.65 | 0.73 | 0.80 | 0.86 | 0.89 | 0.89 | 0.86 | 0.82 | 0.75 | 0.78 | 0.91 | 0.24 | 0.18 | 0.15 | 0.13 | 0.11 | 0.10 |
| NNE | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.64 | 0.77 | 0.62 | 0.42 | 0.37 | 0.37 | 0.37 | 0.36 | 0.35 | 0.32 | 0.28 | 0.23 | 0.17 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.04 |
| NE | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.56 | 0.76 | 0.74 | 0.58 | 0.37 | 0.29 | 0.27 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.16 | 0.12 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.03 |
| ENE | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.52 | 0.76 | 0.80 | 0.71 | 0.52 | 0.31 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.15 | 0.11 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.03 |
| E | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.47 | 0.72 | 0.80 | 0.76 | 0.62 | 0.41 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.17 | 0.14 | 0.11 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.03 |
| ESE | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.41 | 0.67 | 0.79 | 0.80 | 0.72 | 0.54 | 0.34 | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.15 | 0.12 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.04 |
| SE | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.30 | 0.57 | 0.74 | 0.81 | 0.79 | 0.68 | 0.49 | 0.33 | 0.28 | 0.25 | 0.22 | 0.18 | 0.13 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.04 |
| SSE | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.12 | 0.31 | 0.54 | 0.72 | 0.81 | 0.81 | 0.71 | 0.54 | 0.38 | 0.32 | 0.27 | 0.22 | 0.16 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.04 |
| S | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.09 | 0.16 | 0.23 | 0.38 | 0.58 | 0.75 | 0.83 | 0.80 | 0.68 | 0.50 | 0.35 | 0.27 | 0.19 | 0.11 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.05 |
| SSW | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.09 | 0.14 | 0.18 | 0.22 | 0.27 | 0.43 | 0.63 | 0.78 | 0.84 | 0.80 | 0.66 | 0.46 | 0.25 | 0.13 | 0.11 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.06 |
| SW | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.07 | 0.11 | 0.14 | 0.16 | 0.19 | 0.22 | 0.38 | 0.59 | 0.75 | 0.83 | 0.81 | 0.69 | 0.45 | 0.16 | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.07 | 0.06 |
| VSW | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.07 | 0.10 | 0.12 | 0.14 | 0.16 | 0.17 | 0.23 | 0.44 | 0.64 | 0.78 | 0.84 | 0.78 | 0.55 | 0.16 | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.07 | 0.06 |
| V | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.31 | 0.53 | 0.72 | 0.82 | 0.81 | 0.61 | 0.16 | 0.12 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.06 |
| VNW | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.07 | 0.10 | 0.12 | 0.14 | 0.16 | 0.17 | 0.18 | 0.22 | 0.43 | 0.65 | 0.80 | 0.84 | 0.66 | 0.16 | 0.12 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.06 |
| NW | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.07 | 0.11 | 0.14 | 0.17 | 0.19 | 0.20 | 0.21 | 0.22 | 0.30 | 0.52 | 0.73 | 0.82 | 0.69 | 0.16 | 0.12 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | |
| NNW | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.11 | 0.17 | 0.22 | 0.26 | 0.30 | 0.32 | 0.33 | 0.34 | 0.39 | 0.61 | 0.82 | 0.76 | 0.17 | 0.12 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | |
| HOR. | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.12 | 0.27 | 0.44 | 0.59 | 0.72 | 0.81 | 0.85 | 0.85 | 0.81 | 0.71 | 0.58 | 0.42 | 0.25 | 0.14 | 0.12 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.06 |

Reprinted with permission from the 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

TABLE 6.11 Shading form Overhead Projections

| Latitude | 24° | | | | 32° | | | | 40° | | | | 48° | | | | 56° | | | |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 9 am | Noon | 3 pm | 6 pm | 9 am | Noon | 3 pm | 6 pm | 9 am | Noon | 3 pm | 6 pm | 9 am | Noon | 3 pm | 6 pm | 9 am | Noon | 3 pm | 6 pm |
| (Facing) N | — | — | — | .58 | — | — | — | .63 | — | — | — | .83 | — | — | — | 1.37 | — | — | — | 1.61 |
| NE | 1.89 | — | — | — | 2.17 | — | — | — | 2.13 | — | — | — | 3.03 | — | — | — | 3.45 | — | — | — |
| E | 1.00 | — | — | — | .97 | — | — | — | .89 | — | — | — | .83 | — | — | — | .74 | — | — | — |
| SE | .93 | 4.55 | — | — | 1.00 | 3.33 | — | — | .86 | 2.33 | — | — | .73 | 1.67 | — | — | .61 | 1.33 | — | — |
| S | 4.35 | 3.57 | 4.35 | — | 2.63 | 2.38 | 2.63 | — | 1.85 | 1.59 | 1.85 | — | 1.33 | 1.19 | 1.33 | — | 1.08 | .93 | 1.08 | — |
| SW | — | 4.55 | .93 | — | — | 3.33 | 1.00 | — | — | 2.33 | .86 | — | — | 1.67 | .73 | — | — | 1.33 | .61 | — |
| W | — | — | 1.00 | * | — | — | .97 | * | — | — | .89 | * | — | — | .83 | * | — | — | .74 | * |
| NW | — | — | 1.89 | * | — | — | 2.17 | * | — | — | 2.13 | * | — | — | 3.03 | * | — | — | 3.45 | * |

Reprinted with permission from the 1985 Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory.

Note: Values apply from April to September.

*Shading not effective.

-Completely shaded.

Table 6.11 မှ ဖတ်ယူလျှင် (အရိပ်ကျရောက်မည့် ဒေါင်လိုက်အမြင့် (total vertical distance the shade extends down)သည် 0.97 ဖြစ်သည်။

$$L = 0.97 \times 4 = 3.9 \text{ ft}$$

ပြတင်းပေါက်(window)ပေါ်တွင် ကျရောက်နေသည့် အရိပ်(height of shade)သည် (၂.၉)ပေ (3.9 - 1 = 2.9 ft) ဖြစ်သည်။ အရိပ်မကျရောက်သည့် အမြင့်(unshaded height)သည် (6 ft - 2.9 ft) 3.1 ft ဖြစ်သည်။

ပြတင်းပေါက်(window)ပေါ်သို့ အရိပ် မကျရောက်သည့် ဒရိယာ(unshaded area)မှာ

$$A = 3.1 \times 5 = 15.5 \text{ ft}^2$$

ဥပမာ (၆-၉)

အခန်းတစ်ခုတွင် ကြမ်းပြင် ကော်ကော် မခင်းထားပါ။ အဆောက်အအီသည် 40°N လတ္တိတွေ့(latitude) တွင် တည်ရှိသည်။ အရှေ့ဘက်သို့ မျက်နှာမှုထားသည့် နံရံတစ်ခု ရှိသည်။ ပြတင်းပေါက်မှန်၏ စရိယာစုစုပေါင်း(total window glass area)သည် 80 ft² ဖြစ်သည်။ အဆောက်အအီ တည်ဆောက်ထားပုံသည် heavyweight (H) construction အမျိုးအစား ဖြစ်သည်။ မှန်အမျိုးအစား 4 in. single heat-absorbing glass ဖြစ်ပြီး interior shading device မတပ်ဆင်ထားပါ။ စွန်လနေ့တစ်နေ့ (၁၀)နာရီ (10 AM ST in June)တွင် အနီးရှိ အဆောက်အအီ(adjacent building)မှ အရိပ် ပြတင်းပေါက်(window)မှန်ပေါ်သို့ ကျရောက်နေသည့် ဒရိယာသည် စတုရန်ပေ(၃၀)(shades 30 ft²)ဖြစ်လျှင် solar cooling load ပမာဏကို ရှုံးပါ။

အကြောင်း

Equation 6.4 ကို အသုံးပြု၍ တွက်ပါ။ မှန်(glass)အပေါ်သို့ ပြင်ပမှအရိပ်ကျသည့်အပိုင်း(externally shaded)နှင့် အရိပ်မကျသည့်အပိုင်း(unshaded portions)ကို ခွဲခြေတွက်ရန် လိုအပ်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် အရိပ်ကျသည့် နေရာနှင့် အရိပ်မကျရောက်သည့် နေရာတို့၏ radiation ဖြစ်ပေါ်မှ မတူညီသောကြောင့်ဖြစ်သည်။ မှန်ပေါ်သို့ radiation တိုက်ရှိက်ကျရောက်မည့် အပိုင်း(receiving direct radiation part)ကို တွက်ရန်

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF$$

$$Q_{\text{Direct radiation}} = 216 \times 50 \times 0.69 \times 0.50 = 3730 \text{ BTU/hr}$$

မှန်ပေါ်သို့ radiation တိုက်ရိုက်မကျရောက်မည့် အပိုင်း(receiving only diffuse radiation part)ကို တွက်ရန် SHGF တန်ဖိုးကို north orientation တွင် ဖတ်ယူရမည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် မှန်ပေါ်သို့ တိုက်ရိုက်မကျရောက်သည့် diffuse radiation ကို တွက်ရန် SHGF တန်ဖိုးကို ဖတ်ယူသည့်အပါ north orientation ဖ ဖတ်ယူရသည်။

$$Q_{\text{Diffuse radiation}} = 48 \times 30 \times 0.69 \times 0.50 = 500 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_{\text{Total}} = 3730 + 500 = 4230 \text{ BTU/hr}$$

6.9 Design Conditions

Cooling load calculation သည် အခန်းတွင် ဒီဇိုင်းအပူချိန်(inside design conditions) နှင့် အပြင်ဒီဇိုင်းအပူချိန်(outdoor design conditions of temperature) နှင့် humidity တို့ အပေါ်တွင်မှတ်သည်။ အခန်းအပူချိန် နှင့် အခြေအနေသည် လုံလောက်သည့် သက်သောင့်သက်သာဖြစ်မှ(satisfactory comfort)ကို ပေးနိုင်ရမည်။ အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည့်အတွက်(table)တွင် suggested value များကို ဖော်ပြထားသည်။

| | Air Temperature (DB) °F | Relative Humidity (RH) | Maximum Air Velocity*(FPM) | Clothing Insulation (CLO) |
|--------|-------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Winter | 68-72 | 25-30 | 30 | 0.9 |
| Summer | 76-78 | 50-55 | 50 | 0.5 |

Outdoor summer design condition အတွက်သင့်လျဉ်သည့် အမြင်ဆုံး(reasonable maximums) အပူချိန်ကို အခြေခံသည်။ ရာသီဥတုမှတ်တမ်းများ(weather records) ကို အသုံးပြု၍ ပြုစုထားသည့် Table A.6 တွင် ဖြောတော်သရီ၏ အတွက်များကို ဖော်ပြထားသည်။ တစ်နှစ်အတွင်း ဖြစ်ပေါ်ချိန် နာရီပေါင်း (၃၅)နာရီ ထက်ပိုများသည့် (exceeded on average 35 hours in a year) အပူချိန်များ(temperatures)ကို ဖော်ပြထားသည်။ DB (dry bulb temperature)နှင့် တွဲလျှက်ဖြစ်ပေါ်သည့်(wet bulb temperature)တို့ကို အတူတက္က ဖော်ပြ (occurring at the same time are listed together)ထားသည်။ Corresponding design value များအဖြစ် အသုံးပြန်သည်။

(The separate design WB column listed does not usually occur at the same time as the DB listed and therefore should not be used in load calculations. Previous weather data tables showed this value, which if used, would result in too large a design cooling load. The separate WB value may be needed, however, in selecting a cooling tower or for special applications.)

Table တွင် latitudes နှင့် mean daily DB temperature ranges (DR) ကို ဖော်ပြထားသည်။ မြန်မာနိုင်ငံရှိကုန်မြို့၏ ရာသီဥပ္ပါဒ္ဓအများ(weather data)ကို Chapter (14) Appendix တွင် ဖော်ပြထားသည်။

6.9 Lighting

မီးလုံး၊ မီးရောင်း(lighting) များမှ တွက်လာသည့် အပူများ(heat gain) သိမဟုတ် cooling load ပမာဏတိ တွက်ရန် အောက်ပါညီမြို့ခြင်းကို အသုံးပြန်စေသည်။

$$Q = 3.4 \times W \times BF \times CLF \quad (6.5)$$

Q = Cooling load from lighting (BTU/hr)

W = Lighting capacity (watts)

BF = Ballast factor

CLF = Cooling load factor for lighting

TABLE 6.12 COOLING DESIGN DRY BULB AND MEAN COINCIDENT WET BULB

| City | LAT Deg. | LONG Min. | ELEV Deg. | DESIGN DB (2.5%) | | | | | | | | DESIGN COINCIDENT WB (2.5%) | | | | | | | |
|--------------------|-------------|--------------|--------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Lat Deg. | Long Min. | Elev Deg. | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Oct | Nov | Dec | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Oct | Nov | Dec |
| Birmingham, AL | 33 34 | 86 45 | 630 | 67 | 72 | 76 | 83 | 91 | 84 | 74 | 68 | 62 | 63 | 64 | 67 | 71 | 69 | 64 | 60 |
| Yuma, AZ | 32 40 | 114 36 | 206 | 76 | 82 | 87 | 96 | 99 | 99 | 85 | 75 | 54 | 57 | 58 | 61 | 63 | 66 | 58 | 54 |
| Little Rock, AR | 34 44 | 92 14 | 265 | 68 | 70 | 76 | 83 | 89 | 84 | 74 | 67 | 63 | 61 | 64 | 67 | 72 | 71 | 65 | 61 |
| Arcata, CA | 40 59 | 124 6 | 217 | 61 | 60 | 59 | 59 | 62 | 66 | 63 | 59 | 53 | 54 | 53 | 54 | 57 | 58 | 56 | 55 |
| Bishop, CA | 37 22 | 118 22 | 4112 | 60 | 66 | 72 | 81 | 88 | 85 | 72 | 64 | 43 | 45 | 48 | 52 | 57 | 55 | 49 | 45 |
| Los Angeles, CA | 33 56 | 118 23 | 122 | 72 | 71 | 72 | 74 | 74 | 80 | 79 | 74 | 54 | 55 | 55 | 61 | 61 | 63 | 56 | 53 |
| San Diego, CA | 32 44 | 117 10 | 37 | 69 | 69 | 70 | 73 | 72 | 79 | 74 | 71 | 53 | 56 | 56 | 60 | 60 | 64 | 55 | 54 |
| Colorado Springs | 38 49 | 104 42 | 6170 | 56 | 61 | 63 | 73 | 79 | 77 | 64 | 59 | 39 | 43 | 43 | 47 | 52 | 50 | 44 | 40 |
| Wilmington, DE | 39 40 | 75 36 | 78 | 50 | 55 | 63 | 78 | 84 | 78 | 65 | 55 | 48 | 52 | 54 | 64 | 70 | 69 | 60 | 51 |
| Jacksonville, FL | 30 25 | 81 39 | 24 | 75 | 80 | 83 | 86 | 93 | 86 | 81 | 75 | 66 | 68 | 68 | 69 | 73 | 74 | 69 | 67 |
| Augusta, GA | 33 22 | 81 58 | 182 | 70 | 73 | 78 | 85 | 91 | 84 | 77 | 71 | 62 | 63 | 66 | 68 | 73 | 71 | 65 | 63 |
| Boise, ID | 43 34 | 116 13 | 2857 | 51 | 53 | 62 | 72 | 83 | 74 | 59 | 48 | 44 | 46 | 49 | 53 | 62 | 55 | 48 | 43 |
| Chicago-O'Hare, IL | 41 59 | 87 54 | 667 | 40 | 49 | 58 | 74 | 83 | 78 | 64 | 50 | 45 | 47 | 52 | 63 | 68 | 66 | 56 | 49 |
| Fort Wayne, IN | 41 0 | 85 12 | 828 | 47 | 52 | 60 | 76 | 82 | 78 | 63 | 53 | 47 | 50 | 53 | 62 | 68 | 63 | 58 | 51 |
| Indianapolis, IN | 39 44 | 86 16 | 793 | 53 | 57 | 64 | 78 | 82 | 79 | 66 | 55 | 52 | 54 | 57 | 64 | 68 | 65 | 59 | 53 |
| Des Moines, IA | 41 32 | 93 39 | 963 | 42 | 49 | 59 | 76 | 84 | 79 | 63 | 52 | 39 | 44 | 49 | 62 | 69 | 64 | 55 | 48 |
| Dodge City, KS | 37 46 | 99 58 | 2592 | 58 | 64 | 72 | 82 | 89 | 83 | 68 | 59 | 46 | 49 | 51 | 58 | 64 | 60 | 52 | 45 |
| Covington, KY | 39 4 | 84 40 | 888 | 55 | 61 | 65 | 79 | 84 | 79 | 68 | 58 | 53 | 56 | 55 | 64 | 70 | 64 | 59 | 53 |
| Louisville, KY | 38 11 | 85 44 | 488 | 58 | 63 | 69 | 82 | 88 | 81 | 71 | 61 | 56 | 57 | 59 | 66 | 72 | 67 | 61 | 57 |
| Lake Charles, LA | 30 13 | 93 9 | 32 | 72 | 75 | 78 | 84 | 89 | 88 | 79 | 74 | 67 | 68 | 69 | 70 | 75 | 74 | 73 | 68 |
| New Orleans, LA | 29 59 | 90 15 | 20 | 74 | 77 | 79 | 84 | 89 | 86 | 79 | 74 | 69 | 70 | 70 | 72 | 74 | 75 | 72 | 69 |
| Portland, ME | 43 39 | 70 19 | 61 | 41 | 44 | 49 | 62 | 77 | 69 | 58 | 48 | 33 | 43 | 44 | 53 | 64 | 60 | 55 | 47 |
| Battle Creek, MI | 42 18 | 85 14 | 939 | 49 | 48 | 64 | 72 | 86 | 77 | 62 | 49 | 50 | 45 | 57 | 59 | 66 | 64 | 55 | 49 |
| Minneapolis, MN | 44 53 | 93 15 | 838 | 36 | 42 | 52 | 73 | 83 | 76 | 57 | 43 | 34 | 39 | 45 | 58 | 65 | 62 | 52 | 43 |
| Jackson, MS | 32 20 | 90 13 | 332 | 70 | 74 | 78 | 84 | 89 | 87 | 77 | 70 | 64 | 65 | 67 | 70 | 73 | 72 | 68 | 63 |
| Kansas City, MO | 39 7 | 94 35 | 750 | 54 | 60 | 69 | 81 | 87 | 83 | 69 | 58 | 49 | 51 | 55 | 65 | 71 | 67 | 57 | 52 |
| Springfield, MO | 37 14 | 93 23 | 1270 | 59 | 62 | 72 | 80 | 84 | 83 | 69 | 59 | 54 | 54 | 59 | 65 | 70 | 66 | 60 | 53 |
| Billings, MT | 45 48 | 108 32 | 3583 | 51 | 54 | 62 | 70 | 80 | 77 | 59 | 52 | 41 | 44 | 47 | 52 | 59 | 56 | 47 | 41 |
| North Platte, NE | 41 8 | 100 42 | 2787 | 52 | 58 | 64 | 77 | 83 | 80 | 64 | 54 | 42 | 45 | 49 | 56 | 63 | 57 | 49 | 43 |
| Tonopah, NE | 38 4 | 117 8 | 5422 | 53 | 58 | 65 | 75 | 81 | 78 | 64 | 55 | 40 | 43 | 45 | 49 | 54 | 52 | 46 | 41 |
| Albuquerque, NM | 35 3 | 106 37 | 5314 | 55 | 63 | 69 | 79 | 87 | 79 | 64 | 56 | 42 | 45 | 47 | 51 | 56 | 55 | 46 | 42 |
| Albany, NY | 42 45 | 73 48 | 277 | 43 | 47 | 54 | 73 | 81 | 73 | 60 | 49 | 42 | 45 | 49 | 59 | 67 | 65 | 58 | 46 |
| Greensboro, NC | 36 5 | 79 57 | 891 | 63 | 64 | 70 | 83 | 87 | 81 | 71 | 63 | 57 | 56 | 59 | 65 | 70 | 68 | 59 | 58 |
| Bismarck, ND | 46 46 | 100 45 | 1660 | 41 | 42 | 56 | 70 | 82 | 77 | 53 | 43 | 37 | 39 | 46 | 53 | 62 | 57 | 43 | 38 |
| Akron-Canton, OH | 40 55 | 81 26 | 1236 | 49 | 53 | 60 | 74 | 79 | 75 | 64 | 54 | 48 | 50 | 53 | 63 | 67 | 62 | 57 | 52 |
| Toledo, OH | 41 36 | 83 48 | 692 | 44 | 48 | 59 | 76 | 84 | 77 | 64 | 52 | 42 | 46 | 53 | 63 | 69 | 63 | 58 | 51 |
| Tulsa, OK | 36 11 | 95 54 | 674 | 63 | 69 | 75 | 83 | 88 | 86 | 73 | 63 | 57 | 58 | 60 | 66 | 73 | 69 | 61 | 53 |
| Medford, OR | 42 23 | 122 52 | 1329 | 55 | 59 | 66 | 75 | 84 | 78 | 63 | 53 | 48 | 50 | 53 | 58 | 64 | 60 | 52 | 49 |
| Portland, OR | 45 36 | 122 36 | 24 | 54 | 57 | 60 | 69 | 79 | 73 | 59 | 54 | 50 | 51 | 51 | 56 | 63 | 59 | 54 | 53 |
| Pittsburgh, PA | 40 30 | 80 13 | 1151 | 49 | 53 | 63 | 78 | 82 | 77 | 64 | 55 | 46 | 50 | 53 | 63 | 68 | 64 | 57 | 51 |
| Sioux Falls, SD | 43 34 | 96 44 | 1422 | 41 | 45 | 57 | 75 | 84 | 78 | 58 | 47 | 37 | 41 | 48 | 58 | 65 | 60 | 49 | 43 |
| Bristol, TN | 36 30 | 82 21 | 1566 | 59 | 64 | 69 | 81 | 86 | 79 | 70 | 60 | 54 | 55 | 58 | 64 | 70 | 66 | 61 | 54 |
| Amarillo, TX | 35 14 | 101 46 | 3700 | 63 | 69 | 75 | 84 | 90 | 84 | 70 | 65 | 46 | 50 | 51 | 56 | 61 | 59 | 50 | 47 |
| Midland, TX | 31 56 | 102 12 | 2858 | 72 | 74 | 81 | 88 | 94 | 88 | 77 | 71 | 53 | 54 | 55 | 59 | 65 | 63 | 56 | 52 |
| Wichita Falls, TX | 33 59 | 98 31 | 1039 | 66 | 74 | 82 | 88 | 93 | 89 | 76 | 67 | 56 | 58 | 61 | 66 | 71 | 67 | 60 | 54 |
| Cedar City, UT | 37 42 | 113 6 | 5616 | 53 | 56 | 63 | 73 | 81 | 78 | 63 | 54 | 41 | 44 | 46 | 50 | 55 | 53 | 46 | 42 |
| Burlington, VT | 44 28 | 73 9 | 331 | 39 | 40 | 49 | 68 | 79 | 70 | 58 | 46 | 38 | 38 | 44 | 56 | 66 | 61 | 55 | 44 |
| Blackstone, VA | 37 4 | 77 58 | 438 | 65 | 64 | 71 | 83 | 87 | 82 | 72 | 65 | 59 | 56 | 61 | 67 | 72 | 70 | 61 | 60 |
| Roanoke, VA | 37 19 | 79 58 | 1174 | 60 | 63 | 69 | 82 | 87 | 81 | 69 | 62 | 54 | 52 | 56 | 63 | 69 | 66 | 56 | 55 |
| Everett, WA | 47 54 | 122 17 | 596 | 50 | 54 | 61 | 64 | 72 | 64 | 54 | 53 | 47 | 49 | 49 | 55 | 61 | 58 | 52 | 49 |
| Charleston, WV | 38 22 | 81 36 | 989 | 62 | 64 | 70 | 83 | 86 | 80 | 72 | 64 | 55 | 55 | 56 | 63 | 67 | 66 | 60 | 55 |
| Huntington, WV | 38 25 | 82 27 | 565 | 65 | 65 | 72 | 83 | 87 | 84 | 71 | 63 | 58 | 56 | 60 | 66 | 70 | 69 | 60 | 57 |
| Green Bay, WI | 44 29 | 88 8 | 699 | 36 | 39 | 48 | 70 | 77 | 69 | 58 | 42 | 36 | 39 | 44 | 57 | 65 | 60 | 54 | 41 |
| Madison, WI | 43 8 | 89 20 | 866 | 38 | 44 | 53 | 73 | 81 | 74 | 61 | 44 | 37 | 42 | 47 | 60 | 68 | 62 | 55 | 43 |
| Cheyenne, WY | 41 9 | 104 49 | 6144 | 51 | 56 | 58 | 69 | 76 | 74 | 60 | 54 | 37 | 41 | 41 | 48 | 52 | 50 | 43 | 41 |

Reprinted with permission from the 1979 ASHRAE Load Calculation Manual.

W သည် တပ်ဆင်ထားသည့် မီးလုံး၊ မီးရောင်း၏ rated capacity ကို watt ဖြင့် ဖော်ပြထားခြင်း ဖြစ်သည်။ ယောက်အားဖြင့် မီးလုံး၊ မီးရောင်းများအားလုံးကို တပ်ပြင်နက် ထွန်းလေ့ရှိသည်။ ထိုသိမဟုတ်ပါက ဖွင့်ထားသည့် မီးလုံး၊ မီးရောင်းများအတွက်သာ ထည့်တွက်ရန်လိုသည်။ ကိန်းသေတန်း 3.4 သည် watts မှ BTU/hr သို့ ပြော်ရေးရန် အတွက် ဖြစ်သည်။

Ballast Factor (BF)သည် fluorescent lamp များတွင် ပါရှိသည့် ballast သို့မဟုတ် special losses ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် အပူဖြစ်သည်။ Fluorescent lighting များအတွက် Ballast Factor (BF)၏ တန်ဖိုး(typical value)သည် 1.25 ဖြစ်သည်။

Incandescent lighting များအတွက် extra loss မရှိပေါ်။ ထို့ကြောင့် $BF = 1.0$ ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် incandescent lighting များတွင် ballast မပါရှိသောကြောင့် ထည့်မထွက်ခြင်း ဖြစ်သည်။

မီးလုံး၊ မီးချောင်း(lighting)များ၏ Cooling Load Factor(CLF)သည် lighting မှထွက်လာသည့်အပူ(heat gain) တရာ့၍ တစ်ဝက်ကို အခန်းမှ သိမ်းဆည်းထားခြင်း(storage effect)ကြောင့် ဖြစ်သည်။ Storage effect သည် light များ ဖွင့်ထားသည့်အချင်နှင့် cooling system မောင်းနေသည့်အချင်း အပေါ်တွင် မှတည်သည်။ ထို့အပြင် အဆောက်အအုံ တည်ဆောက်ပုံ အမျိုးအစား(building construction) မီးလုံး၊ မီးချောင်းတပ်ဆင်ပုံ(type of lighting fixture)နှင့် ventilation rate တို့အပေါ်တွင် အပေါ်တွင် မှတည်သည်။

အောက်ပါအမြဲအနေများ အတွက် lighting ကြောင့်ဖြစ်သည့် storage effect မရှိနိုင်ပါ။ (No storage effect)

(က)လူများရှိနေချိန်(occupied hour)အတွင်း၌သာ မောင်းထားသည့် cooling system များ

(ဂ) (၁၆)နာရီကျော်မောင်းသည့် cooling system များ(Cooling system operates more than 16 hr)

(၃)Non occupied hour အချင်များတွင် အပူချိန်မြင့်တက်ခြင်းကို ခွင့်ပြုသည့် cooling system များ (temperature of the space is allowed to rise during nonoccupied hours) သို့မဟုတ် အပူချိန် မြင့်တက်ခြင်း၊ နိမ့်ကျော်ခြင်း (temperature swing) ဖြစ်ပေါ်ခြင်းကို လက်ခံနိုင်သည့် cooling system များတွင် storage effect မရှိနိုင်ပါ။

Lighting များ၏ heat storage effect ကို ထည့်ထွက်ရန် လိုအပ်သည်၊ မလိုအပ်သည်ကို ဆုံးဖြတ်ရန် အလွန်သတိပြု၍ စဉ်းစားရမည်။ ASHRAE Fundamentals Volume တွင် CLF table ပါရှိသည်။ မည်သည့် အချက်အလက်များ မရရှိနိုင်ပါက CLF တန်ဖိုးကို 1.0 အဖြစ် ယူဆ၍ တွက်ပါ။

ဥပမာ (၆-၀၀)

အခန်း(room)တစ်ခုတွင် 40 W fluorescent lighting fixture (၈)ခု အသုံးပြုထားသည်။ Cooling system ကို အသုံးပြုသည်။ လူများရှိနေချိန်(occupied hour)တွင် မီးလုံး၊ မီးချောင်းများ(lighting)ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာမည့် solar cooling load ကို ရှာပါ။

အကြောင်း

Ballast Factor (BF) တန်ဖိုးကို 1.25 အဖြစ် ယူဆသည်။ (CLF = 1.0 for the operating conditions)
Equation 6.5 ကို အသုံးပြု၍

$$\begin{aligned} Q &= 3.4 \times W \times BF \times CLF \\ &= 3.4 \times 320 \times 1.25 \times 1.0 = 1360 \text{ BTU/hr} \end{aligned}$$

၆.၉ People (အခန်းအတွင်း သို့မဟုတ် အဆောက်အအုံ အတွင်းရှိ လူများ)

လူများမှ ထွက်လာသည့် အပူ(heat gain)များတွင် sensible heat နှင့် latent heat ဟူ၍ နှစ်ပိုင်း ပါဝင်သည်။ ချွေးထွက်ခြင်း(perspiration)ကြောင့် latent heat ဖြစ်ပေါ်သည်။

Sensible heat များကို တွေ့ဗော်အရာဝတ္ထုများမှ စုပ်ယူ(absorb)သောကြောင့် heat storage effect ဖြစ်ပေါ်သည်။ သို့သော် latent heat များကြောင့် heat storage effect မဖြစ်ပေါ်ပေါ်။ တစ်နည်းအားဖြင့် latent heat များသည် room cooling load အဖြစ် ချက်ချင်း ပြောင်းလဲသွားသည်။

လူများ(people) ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် sensible heat gain နဲ့ latent heat gain တို့ တွက်ရန် cooling load ညီမှုခြင်းကို အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည်။ အခန်း(c)တွင် လူများမှထွက်လာသည့် အပူ(heat gain)များ အကြောင်းကို အသေးစိတ် ဖော်ပြခြားဖြစ်သည်။

$$Q_s = q_s \times n \times CLF \quad (6.6)$$

$$Q_l = q_l \times n \quad (6.7)$$

Q_s , Q_l = sensible and latent heat gains (loads)

q_s , q_l = sensible and latent heat gains per person

n = number of people

CLF = cooling load factor for people

လူများကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် အပူထွက်နှုန်း(rate of heat gain)သည် လှပ်ရှားမှ(physical activity) အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ Table 6.13 တွင် လှပ်ရှားမှ(activities)ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာမည့် အပူပမာဏကို ဖော်ပြထားသည်။

Table 6.13 Rates of Heat Gain from Occupants of Conditioned Spaces (SI unit)

| Degree of Activity | | Total Heat, W | | Sensible Heat, W | Latent Heat, W |
|--------------------------------------|--------------------------------|---------------|----------------------------|------------------|----------------|
| | | Adult Male | Adjusted, M/F ^a | | |
| Seated at theater | Theater, matinee | 115 | 95 | 65 | 30 |
| Seated at theater, night | Theater, night | 115 | 105 | 70 | 35 |
| Seated, very light work | Offices, hotels, apartments | 130 | 115 | 70 | 45 |
| Moderately active office work | Offices, hotels, apartments | 140 | 130 | 75 | 55 |
| Standing, light work; walking | Department store; retail store | 160 | 130 | 75 | 55 |
| Walking, standing | Drug store, bank | 160 | 145 | 75 | 70 |
| Sedentary work | Restaurant ^c | 145 | 160 | 80 | 80 |
| Light bench work | Factory | 235 | 220 | 80 | 140 |
| Moderate dancing | Dance hall | 265 | 250 | 90 | 160 |
| Walking 4.8 km/h; light machine work | Factory | 295 | 295 | 110 | 185 |
| Bowling ^d | Bowling alley | 440 | 425 | 170 | 255 |
| Heavy work | Factory | 440 | 425 | 170 | 255 |
| Heavy machine work; lifting | Factory | 470 | 470 | 185 | 285 |
| Athletics | Gymnasium | 585 | 525 | 210 | 315 |

Notes:

1. Tabulated values are based on 24°C room dry-bulb temperature. For 27°C room dry bulb, the total heat remains the same, but the sensible heat values should be decreased by approximately 20%, and the latent heat values increased accordingly.
2. Also refer to Table 4, Chapter 8, for additional rates of metabolic heat generation.
3. All values are rounded to nearest 5 W.
 - (a) Adjusted heat gain is based on normal percentage of men, women, and children for the application listed, with the postulate that the gain from an adult female is 85% of that for an adult male, and that the gain from a child is 75% of that for an adult male.
 - (b) Values approximated from data in Table 6, Chapter 8, where air velocity with limits shown in that table.
 - (c) Adjusted heat gain includes 18 W for food per individual (9 W sensible and 9 W latent).
 - (e) Figure one person per alley actually bowling, and all others as sitting (117 W) or standing or walking slowly (231 W).

TABLE 6.13 RATES OF HEAT GAIN FROM OCCUPANTS OF CONDITIONED SPACES

| Degree of Activity | | Total Heat Adults | | Sensible Heat, Btu/h | Latent Heat, Btu/h |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|
| | | Adult Male | Adjusted M/F ^a | | |
| Seated at theater | Theater—matinee | 390 | 330 | 225 | 105 |
| Seated at theater, night | Theater—night | 390 | 350 | 245 | 105 |
| Seated, very light work | Offices, hotels, apartments | 450 | 400 | 245 | 155 |
| Moderately active office work | Offices, hotels, apartments | 475 | 450 | 250 | 200 |
| Standing, light work; walking | Department store, retail store | 550 | 450 | 250 | 200 |
| Walking; standing | Drug store, bank | 550 | 500 | 250 | 250 |
| Sedentary work | Restaurant ^b | 490 | 550 | 275 | 275 |
| Light bench work | Factory | 800 | 750 | 275 | 475 |
| Moderate dancing | Dance hall | 900 | 850 | 305 | 545 |
| Walking 3 mph; light machine work | Factory | 1000 | 1000 | 375 | 625 |
| Bowling ^c | Bowling alley | 1500 | 1450 | 580 | 870 |
| Heavy work | Factory | 1500 | 1450 | 580 | 870 |
| Heavy machine work; lifting | Factory | 1600 | 1600 | 635 | 965 |
| Athletics | Gymnasium | 2000 | 1800 | 710 | 1090 |

Notes

1. Tabulated values are based on 75°F room dry-bulb temperature. For 80°F room dry-bulb, the total heat remains the same, but the sensible heat values should be decreased by approximately 20%, and the latent heat values increased accordingly.

^a Adjusted heat gain is based on normal percentage of men, women, and children for the application listed, with the postulate that the gain from an adult female is 85% of that for an adult male, and that the gain from a child is 75% of that for an adult male.

^b Adjusted total heat gain for *Sedentary work, Restaurant*, includes 60 Btu/h for food per individual (30 Btu/h sensible and 30 Btu/h latent.)

^c Figure one person per alley actually bowling, and all others as sitting (400 Btu/h) or standing or walking slowly (550 Btu/h).

Reprinted with permission from the 1997 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

Notes

(က) အယားတွင် ဖော်ပြထားသည့်တန်ဖိုးများသည် 75°F အခန်းအပူချိန်(room dry-bulb temperature) အပေါ်တွင် အခြေခံထားသည်။ 80°F room dry bulb အတွက် total heat မပြောင်းလဲသော်လည်း sensible heat values သည် ၂၀ % ရော့နည်းသွားပြီး latent heat value ပုံများလာပိုမျိုး။

(က)ကျေား၊ မ၊ ကလေး၊ လူကြီး ကွဲပြားသောကြောင့် ထွက်လာမည့်အပူပမာဏ မတူညီကြပေါ်။ ထည့်တွက်ရမည့် heat gain ကို adjusted လုပ်ရန် လိုအပ်သည်။ အချုပ်ရောက်ပြီး အမျိုးသမီးတစ်ယောက်၏ အပူထုတ်လွှတ်နှုန်းသည် အဆွယ်ရောက်ပြီး ယောက်၍ အမျိုးသမီးတစ်ယောက်၏ ၈၅% ခန့်(adult female is 85% of that for an adult male) ဖြစ်သည်။ ကလေးတစ်ယောက်၏ အပူထုတ်လွှတ်နှုန်းသည် ယောက်၍ကြီးတစ်ယောက်၏ ၇၅% (gain from a child is 75% of that for an adult male) ဖြစ်သည်။

(ခ)ထိုင်၍ အလုပ်လုပ်သူတစ်ယောက်(sedentary work)မှ 60 Btu/h ခန့် အပူထုတ်လွှတ်သည်။ 30 Btu/h သည် sensible heat ဖြစ်သည် 30 Btu/h သည် latent heat ဖြစ်သည်။

အခန်းအပူချိန်(room temperature) 75°F DB ကို အခြေခံ၍ ပြစ်ထားသည့် တန်ဖိုးများဖြစ်သည်။ အပူချိန် ပြောင်းလဲလျှင် အပူထုတ်နှုန်း အနည်းငယ် ပြောင်းလဲနိုင်သည်။(Values vary slightly at other temperatures)

Heat storage effect factor(CLF)ကို အသုံးပြုရမည်။ Sensible heat gain အတွက် လူများ(people) မှထွက်လာသည့် အပူအတွက် air conditioning system ကို ညာဘက်တွင် ရပ်နား(shut down)ထားလျှင် အပူ

သို့လောင်မှု(storage)ကို ထည့်သွင်း တွက်ချက်ရန် မလိုအပ်ပေ။ CLF = 1.0 ဖြစ်သည်။ Table 6.14 တွင် လူများ(people) အတွက် CLF value ကို ဖော်ပြထားသည်။

ဥပမာ (၆-၁၁) လူများမှ တွက်လာသည့် အပူ(heat gain)ပမာဏ

ပြောတိရုံအတွင်းအပူချိန်သည် 75°F DB ဖြစ်သည်။ ပြောတိရုံအတွင်း၌ လုအယောက်(၂၄၀)ရှိလျှင် လူများမှ တွက်လာသည့် အပူ(heat gain)ပမာဏကို ရှာပါ။

အကြောင်း

Equation 6.6, 6.7 နှင့် Table 6.15 ကို အသုံးပြုသည်။ ပြောတိရုံ၏ air conditioning system ကို ညာဘက်တွင် ရပ်နားထားသည်။ ထို့ကြောင့် cooling load တွက်ရာတွင် storage effect ကို ထည့်တွက်ရန် မလိုအပ်ပေ။ (Because the air conditioning system of a theater is normally shut down overnight, no storage effect is included in calculating the cooling load.)

$$Q_s = 245 \times 240 \times 1.0 = 58,800 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_L = 105 \times 240 = 25,200 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_{Total} = 58,800 + 25,200 = 84,000 \text{ BTU/hr}$$

၆.၁၀ Equipment And Appliances

Equipment များ၏ heat gain ပမာဏကို ထုတ်လုပ်သူများ(manufacturer) သို့မဟုတ် name plate data မှ ရရှိနိုင်သည်။ Intermittent use အတွက် အပိုဆောင်းထား(allowance ထည့်သွင်း)သင့်သည်။ တရာ့၏ သော equipment များသည် sensible နှင့် latent heat နှစ်မျိုးစလုံး ထုတ်နိုင်သည်။ Table 6.15 တွင် typical appliance များ၏ heat output များကို ဖော်ပြထားသည်။ CLF factor များကို မဖော်ပြထားပါ။ 24 hours နာရီ ဖော်နောက်သည့် system ဖြစ်လျှင် CLF factor ထည့်တွက်ရမည်။

ဥပမာ (၆-၁၂)

Diane's Deli Diner စားသောက်ဆိုင်၏ air-conditioned area အတွင်း၌ အောက်ပါ equipment များ ကို အသုံးပြုထားသည်။ Hood တပ်ဆင်ထားခြင်း မရှိ(without hoods)ပါ။

1 coffee burner (2 burners)

1 coffee heater (1 burner)

I toaster (large)

Equipment များမှထွက်လာမည့် sensible । latent နှင့် total heat gains (cooling loads) တို့ကို ရှာပါ။

အကြောင်း

Table 6.15 မှ တန်ဖိုးများ(values)ကို အသုံးပြု၍

| | $Q_s(\text{BTU/hr})$ | $Q_l(\text{BTU/hr})$ | $Q_{Total}(\text{BTU/hr})$ |
|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|
| Coffee Burner | 3750 | 1910 | 5660 |
| Coffee Heater | 230 | 110 | 340 |
| Toaster | 9590 | 8500 | 18,090 |
| Total heat gains (loads) | 13,570 | 10,520 | 24,090 |

မော်တာများ(motors)နှင့် အမော်းခံရသည့်(equipment driven)များမှ ထွက်လာသည့် အပူများ လျှပ်စစ် ဓာတ်အင်(electrical energy)မှ အပူ(heat)အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲသွားခြင်းကြောင့် အပူများ(heat output) ထွက်လာခြင်း ဖြစ်သည်။

မော်တာ(motor)နှင့် driven load တို့ တည်ရှုရောရာကို မှတည်၍ ထွက်လာသည့်အပူများ(heat generated)မှ တရာ့၏ တစ်ဝက်သည် air conditioned space ထဲသို့ ရောက်ရှုသွားသည်။ Table 6.16 တွင် အခြေ အနေ အမျိုးမျိုးတို့၏ ဖြစ်ပေါ်သည့် heat output ကို ဖော်ပြထားသည်။

ပုံမှာ (၆-၁၃)

အခန်း (၁၅၀)ရှိသည့် ဖိုတယ်တစ်ခုတွင် အခန်းတိုင်း၌ Fan Coil Unit (FCU) တပ်ဆင်ထားသည့်။ 0.16 HP motor ပါရှိသည့်။ FCU မော်တာမှတွက်လာပြီး အဆောက်အအိုသို့ ရောက်ရှိသွားမည့် အပူပမာဏ heat gain (load)ကို ရှာပါ။

အကြောင်း

မော်တာ(motor)နှင့် fan ကို conditioned space ထဲတွင် တပ်ဆင်ထားသောကြောင့် table 6.16 မှ heat gain (load) သည်

$$Q = 1160 \text{ BTU/hr} \times 150 = 174,000 \text{ BTU/hr}$$

မီးလုံး၊ မီးချောင်းများ(lighting) နှင့် equipment တို့ကို လိုအပ်သည့်အခါးသာ ဖွင့်လေ့ရှိသောကြောင့် heat gain ပမာဏကိုတွက်ရန် အပူထွက်သည့်ပမာဏနှင့် မောင်းချိန်(အသုံးပြုသည့်အချိန်)တို့ဖြင့် ဖြောက်ရသည်။ တစ်ခါ တစ်ရံမှာသာ အသုံးပြုလျှင် ဖွင့်ထားချိန် မည်မျှကြောမည်ကို ခန့်မျမ်းရခက်ခဲသောကြောင့် factor နှင့် ထည့်ဖြောက်ရန် လိုအပ်သည်။

၆.၁၁ Infiltration

ပြေတင်းပေါက်များ(windows) သို့မဟုတ် အခန်း(room) တံခါးပေါက်အကြားနေရာများမှ ဝင်ရောက်လာသည့် infiltration air ဟုခေါ်သည်။ ထိုလေများကြောင့် sensible နှင့် latent heat gain နှင့်မျိုးလုံးဖြစ်ပေါ်စေသည်။

Infiltration heat တွက်နည်း(calculating procedure)နှင့် ညီမျှခြင်း(equations)ကို ရှင်းပြုခြီး ဖြစ်သည်။

Air conditioning system တွင် mechanical ventilation တပ်ဆင်၍ အဆောက်အအို အတွင်း၌ အနည်းငယ် ပိုများသည့် စီအားဖြစ်နေအောင်ထိန်းထားပြီး(creating a positive air pressure within the building) ပြင်ပလေ(outside air) ထည့်သွင်းပေးခြင်းကြောင့် infiltration ဖြစ်ပေါ်ခြင်းကို လျော့ချု(reduces or eliminates) နိုင်သည်။ လုံးဝ လျော့နည်းအောင် ပြုလုပ်နိုင်သည်။

Ventilation air သည် အခန်း(room) load မျိုး မဟုတ်ပေ။ Central cooling equipment အတွက် load ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် ventilation air ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သော load သည် air conditioning system နှင့်သာ သက်ဆိုင်သည်။ အခန်းတစ်ခန်းချင်းစီနှင့် မသက်ဆိုင်ပါ သတ်မှတ်သည်။

ယနေ့ခေတ် အဆောက်အအိုများ(modern buildings)တွင် အသေတပ်ထားသည့် ပြေတင်းပေါက်များ(fixed sealed windows)ပါရှိသောကြောင့် infiltration loss မဖြစ်ပေါ်ပေ။ လူဝင်ပေါက်၊ ထွက်ပေါက်(entrances) များ၏သာ infiltration loss ဖြစ်ပေါ်သည်။

၆.၁၂ Room Cooling Load

Room cooling load သည် အခန်း၏ ခေါင်မီး(roof)၊ နံရံများ(walls)၊ မှန်များ(glass)၊ နေရာချင်(solar)၊ လူများ(people)၊ equipment နှင့် infiltration စသည့် component များမှ ဖြစ်ပေါ်လာသည့် cooling load တစ်ခု ချင်းစီကို ပေါင်းထားသည့် တန်ဖိုး ဖြစ်သည်။

TABLE 6.14 SENSIBLE HEAT COOLING LOAD FACTORS FOR PEOPLE

| Total hours in space | Hours After Each Entry Into Space | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 2 | 0.49 | 0.58 | 0.17 | 0.13 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | |
| 4 | 0.49 | 0.59 | 0.66 | 0.71 | 0.27 | 0.21 | 0.16 | 0.14 | 0.11 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | |
| 6 | 0.50 | 0.60 | 0.67 | 0.72 | 0.76 | 0.79 | 0.34 | 0.26 | 0.21 | 0.18 | 0.15 | 0.13 | 0.11 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | |
| 8 | 0.51 | 0.61 | 0.67 | 0.72 | 0.76 | 0.80 | 0.82 | 0.84 | 0.38 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | 0.18 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | |
| 10 | 0.53 | 0.62 | 0.69 | 0.74 | 0.77 | 0.80 | 0.83 | 0.85 | 0.87 | 0.89 | 0.42 | 0.34 | 0.28 | 0.23 | 0.20 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | |
| 12 | 0.55 | 0.64 | 0.70 | 0.75 | 0.79 | 0.81 | 0.84 | 0.86 | 0.88 | 0.89 | 0.91 | 0.92 | 0.45 | 0.36 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.09 | 0.08 |
| 14 | 0.58 | 0.66 | 0.72 | 0.77 | 0.80 | 0.83 | 0.85 | 0.87 | 0.89 | 0.90 | 0.91 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.47 | 0.38 | 0.31 | 0.26 | 0.23 | 0.20 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.11 |
| 16 | 0.62 | 0.70 | 0.75 | 0.79 | 0.82 | 0.85 | 0.87 | 0.88 | 0.90 | 0.91 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.49 | 0.39 | 0.33 | 0.28 | 0.24 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | |
| 18 | 0.66 | 0.74 | 0.79 | 0.82 | 0.85 | 0.87 | 0.89 | 0.90 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.50 | 0.40 | 0.33 | 0.28 | 0.24 | 0.21 | |

CLF = 1.0 for systems shut down at night and for high occupant densities such as in theaters and auditoriums.
Reprinted with permission from the 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

TABLE 6.15 HEAT GAIN FROM EQUIPMENT

| Appliance | Size | Recommended Rate of Heat Gain, BTU/hr | | | With Hood Sensible | |
|---|---------------------------|---------------------------------------|--------|-------------|-----------------------|--|
| | | Without Hood | | Total | | |
| | | Sensible | Latent | | | |
| Restaurant, electric blender, per quart of capacity | 1 to 4 qt | 1000 | 520 | 1520 | 480 | |
| Coffee brewer | 12 cups/2 brnrs | 3750 | 1910 | 5660 | 1810 | |
| Coffee heater, per warming burner | 1 to 2 brnrs | 230 | 110 | 340 | 110 | |
| Display case (refrigerated), per ft ³ of interior | 6 to 67 ft ³ | 62 | 0 | 62 | 0 | |
| Hot plate (high-speed double burner) | | 7810 | 5430 | 13,240 | 6240 | |
| Ice maker (large) | 220 lb/day | 9320 | 0 | 9320 | 0 | |
| Microwave oven (heavy-duty commercial) | 0.7 ft ³ | 8970 | 0 | 8970 | 0 | |
| Toaster (large pop-up) | 10 slice | 9590 | 8500 | 18,080 | 5800 | |
| Appliance | | Recommended Rate of Heat Gain, BTU/hr | | | | |
| Computer Devices | | | | | | |
| Communication/transmission | | | | 5600–9600 | | |
| Disk drives/mass storage | | | | 3400–22,400 | | |
| Microcomputer/word processor | 16–640 kbytes | | | 300–1800 | | |
| Minicomputer | | | | 7500–15,000 | | |
| Printer (laser) | 8 pages/min | | | 1000 | | |
| Printer (line, high-speed) | 5000 or more pages/min | | | 2500–13,000 | | |
| Tape drives | | | | 3500–15,000 | | |
| Terminal | | | | 270–600 | | |
| Copiers/Typesetters | | | | | | |
| Blue print | | | | 3900–42,700 | | |
| Copiers (large) | 30–67 copies/min | | | 1700–6600 | | |
| Copiers | 6–30 copies/min | | | 460–1700 | | |
| Miscellaneous | | | | | | |
| Cash register | | | | 160 | | |
| Cold food/beverage | | | | 1960–3280 | | |
| Coffeemaker | 10 cup | sensible | | 3580 | | |
| | | latent | | 1540 | | |
| Microwave oven | 1 ft ³ | | | 1360 | | |
| Paper shredder | | | | 680–8250 | | |
| Water cooler | 8 gal/hr | | | 6000 | | |

Abridged with permission from the 1993 ASHRAE Volume—Fundamentals.

TABLE 6.16 HEAT GAIN FROM TYPICAL ELECTRIC MOTORS

| Motor Name- plate or Rated Horse- power | Motor Type | Nom- inal rpm | Full Load Motor Effici- ency in Percent | Location of Motor and Driven Equipment with Respect to Conditioned Space or Airstream | | |
|--|---------------|---------------------|--|---|---------|--------|
| | | | | A | B | C |
| 0.05 | Shaded Pole | 1500 | 35 | 360 | 130 | 240 |
| 0.08 | Shaded Pole | 1500 | 35 | 580 | 200 | 380 |
| 0.125 | Shaded Pole | 1500 | 35 | 900 | 320 | 590 |
| 0.16 | Shaded Pole | 1500 | 35 | 1160 | 400 | 760 |
| 0.25 | Split Phase | 1750 | 54 | 1180 | 640 | 540 |
| 0.33 | Split Phase | 1750 | 56 | 1500 | 840 | 660 |
| 0.50 | Split Phase | 1750 | 60 | 2120 | 1270 | 850 |
| 0.75 | 3-Phase | 1750 | 72 | 2650 | 1900 | 740 |
| 1 | 3-Phase | 1750 | 75 | 3390 | 2550 | 850 |
| 1 | 3-Phase | 1750 | 77 | 4960 | 3820 | 1140 |
| 2 | 3-Phase | 1750 | 79 | 6440 | 5090 | 1350 |
| 3 | 3-Phase | 1750 | 81 | 9430 | 7640 | 1790 |
| 5 | 3-Phase | 1750 | 82 | 15,500 | 12,700 | 2790 |
| 7.5 | 3-Phase | 1750 | 84 | 22,700 | 19,100 | 3640 |
| 10 | 3-Phase | 1750 | 85 | 29,900 | 24,500 | 4490 |
| 15 | 3-Phase | 1750 | 86 | 44,400 | 38,200 | 6210 |
| 20 | 3-Phase | 1750 | 87 | 58,500 | 50,900 | 7610 |
| 25 | 3-Phase | 1750 | 88 | 72,300 | 63,600 | 8680 |
| 30 | 3-Phase | 1750 | 89 | 85,700 | 76,300 | 9440 |
| 40 | 3-Phase | 1750 | 89 | 114,000 | 102,000 | 12,600 |
| 50 | 3-Phase | 1750 | 89 | 143,000 | 127,000 | 15,700 |
| 60 | 3-Phase | 1750 | 89 | 172,000 | 153,000 | 18,900 |
| 75 | 3-Phase | 1750 | 90 | 212,000 | 191,000 | 21,200 |
| 100 | 3-Phase | 1750 | 90 | 283,000 | 255,000 | 28,300 |
| 125 | 3-Phase | 1750 | 90 | 353,000 | 318,000 | 35,300 |
| 150 | 3-Phase | 1750 | 91 | 420,000 | 382,000 | 37,800 |
| 200 | 3-Phase | 1750 | 91 | 569,000 | 509,000 | 50,300 |
| 250 | 3-Phase | 1750 | 91 | 699,000 | 636,000 | 62,900 |

Reprinted with permission from the 1993 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

Cooling load တွက်သည့်အခါ ပုံစံ(form)ဖြင့် တွက်ခြင်းသည် ပို၍လွယ်ကူသည်။ ပုံ(၆-၆)တွင် ရှိတွင် commercial cooling load calculations form ကို ဖော်ပြထားသည်။ အခန်းတစ်ခန်းချင်းလီ(individual rooms) သို့မဟုတ် သေးငယ်သည့် အဆောက်အအုံ(small building)အတွက် အသုံးပြနိုင်သည်။

ဖတ်ရှုသည့်အခါ လွယ်ကူ(convenience)စေရန် အောက်တွင် အတိုကောက်စာလုံးများ(following abbreviations)ကို ဖော်ပြထားသည်။

Component

TCL = Total Cooling Loads

SCL = Sensible Cooling Loads

LCL = Latent cooling loads

Room

RTCL = Room Total Cooling Loads

RSCL = Room Sensible Cooling Loads

RLCL = Room Latent cooling loads

Building

BTCL = Building Total Cooling Loads

BSCL = Building Sensible Cooling Loads

BLCL = Building Latent cooling loads

Coil

CTCL = Coil Total Cooling Loads

SCSL = Coil Sensible Cooling Loads

CLCL = Coil Latent cooling loads

၆.၁၃ Room Peak Cooling Load

Cooling load မည်ကဲ့သို့ တွက်ချက်ရမည်ကို လေ့လာပြီးနောက် peak (maximum) value မည်ကဲ့သို့ ရှာဖွေရမည်ကို လေ့လာရန် လိုသည်။ Air conditioning system များ၏ အရွယ်အစားကို peak load တွင် ကောင်းစွာ မောင်းနိုင်အောင် ရွေးချယ်ထားရမည်။ Peak load ကို အခြေခံ၍ equipment များ၏ အရွယ်အစား ရွေးချယ်ကြ သောကြောင့် peak load ပမာဏကို မှန်ကန်စွာ တွက်တတ်ရမည်။

External heat gain သည် အချိန်(time of day) နေ့ နှင့် လ တိုကို လိုက်၍ ပြောင်းလဲနေသည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် နေသွားလမ်းကြောင့်၊ ပြောင်းလဲ(orientation of the sun changes) နေသောကြောင့် solar radiation ပမာဏ ပြောင်းလဲနေခြင်းကြောင့် ဖြစ်သည်။ ထိုပြင် ရာသီဥတုကို လိုက်၍ ပြင်ပအပူချိန်(outdoor temperature) ပြောင်းလဲနေခြင်းကြောင့် ဖြစ်သည်။ ထိုအချက် နှစ်ချက်ကြောင့် external heat gain ပမာဏ ပြောင်းလဲနေခြင်းကြောင့် total room cooling load ပြောင်းလဲခြင်း ဖြစ်သည်။

တစ်ခါတစ်ရုံ ယေားများကို ကြည့်ရှုလေ့လာခြင်း(inspecting the tables)ဖြင့် peak load ဖြစ်ပေါ်မည့် အချိန် (what time the peak load occurs)ကို ခန့်မှန်းနိုင်သည်။ တစ်ခါတစ်ရုံ peak load ဖြစ်ပေါ်မည့်အချိန်ကို သိရန် တွက်ချက်မှုများ ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်သည်။

ရုံးရှင်းကွုက္ခာ တွက်နိုင်ရန်အတွက် guideline အချို့ကို ဖော်ပြထားသည်။ CLTD & SHGF နှင့် CLF table တို့မှ မှတ်သားစရာ အချက်များကို အောက်တွင် ကောက်နှုတ် ဖော်ပြထားသည်။

- (၁) ပေါ်က်ဘက်မျက်နှာမှုထားသည့် မှန်မျက်နှာပြင်များ(west-facing glass)အတွက် အများဆုံး(maximum) load ဖြစ်ပေါ်ချိန်သည် နွောရာသီအလယ်၏ မွန်းလွှာချိန်(mid-summer in the afternoon) ဖြစ်သည်။
- (၂) အရှေ့ဘက်မျက်နှာမှုထားသည့် မှန်မျက်နှာပြင်များ(east-facing glass)အတွက် maximum solar load ဖြစ်ပေါ်ချိန်သည် နွောရာသီအလယ်၏ နံနက်ခင်းအချိန်(early or mid-summer in the morning) ဖြစ်သည်။
- (၃) တောင်ဘက်မျက်နှာမှုထားသည့် မှန်မျက်နှာပြင်များ(south-facing glass)အတွက် maximum solar load ဖြစ်ပေါ်ချိန်သည် ဆောင်းရာသီနွေးလယ်ခင်းအချိန်(fall or winter in early afternoon) ဖြစ်သည်။
- (၄) အနောက်တောင်ဘက်မျက်နှာမှုထားသည့် မှန်မျက်နှာပြင်များ(southwest-facing glass)အတွက် maximum solar load ဖြစ်ပေါ်ချိန်သည် ဆောင်းရာသီ အစဉ်းနှေးလယ်ခင်းအချိန်(fall in the afternoon) ဖြစ်သည်။
- (၅) ခေါင်မြို့များ(roofs)အတွက် maximum load ဖြစ်ပေါ်ချိန်သည် နွောရာသီနွေးလယ် သို့မဟုတ် ညာနေအချိန် (summer in the afternoon or evening) ဖြစ်သည်။
- (၆) နံရုံများ(walls)အတွက် maximum load ဖြစ်ပေါ်ချိန်သည် နွောရာသီနွေးလယ်ခင်း သို့မဟုတ် ညာနေအချိန်

(summer in the afternoon or evening)မြတ်သည်။

ကြိုယေသူယုဂ္ဂကောက်ချက်များ(generalizations)ကို ဖို့ cooling load တွက်မည့် အဆောက်အအီ၊ ဒေသဆိုင်ရာ စံတော်ခိုင်များဖြင့် ခိုင်ဆွတ်ကိုယူ(localize approximate times of room peak loads)ရမည်။

ဥပမာ- တောင်ဘက် လုညွှတ်ထားသည့် အခန်းကျယ်တိုးဦးပြတင်းပေါက်ရေါ်ယာများလျှင်(south-facing room with a very large window area) peak load သည့် ဆောင်းရာသီနှေ့လယ်ချိန်(early afternoon in the fall) ဖြစ်ပေါ်လိမ့်မည်။ ဇန်နဝါရီတွင် ဖြစ်ပေါ်လိမ့်မည် မဟုတ်ပေါ်(not in the summer)။ အကယ်၍ မုန်အရိပ်ယာ အနည်းငယ်သာပါသည့် အခန်းငယ်ဖြစ်လျှင်(room had a small glass area) နံရုံများ(walls)နှင့် မုန်(glass) ဖြစ်ပေါ် သည့် heat conduction ပမာဏ ပိုများ(dominate)လျှင် peak load ဖြစ်ပေါ်ချိန်သည် ဇန်နဝါရီ၏ နှေ့လယ်(summer afternoon) ဖြစ်သည်။

ဒီရိုင်းနေ့(design day) ဖြစ်ပေါ်မည့် နေ့စွဲနှင့်အချိန်ကို ခန့်မှန်းပြုနေခဲ့၏ peak load ဖြစ်ပေါ်မည့် အချိန်နှင့် peak load ပောက်ကို ခန့်မှန်းတွက်ချက်(determine the exact time and value of the peak load) ရောက်။

ବ୍ୟବହାର (୯-୧୫)

အခန်းသည် အရှေ့ဘက်သို့ မျက်နှာမှု(east facing room)ထားသည်။ Shelton Motel သည် St. Louis, Missouri အရပ်တွင် တည်ရှိသည်။ ပြတင်းပေါက်(window)အကျယ်သည် 60 ft² ဖြစ်သည်။ အလျှပ္ပါနီယံဘောင်(aluminum frame)နှင့် thermal break ပါသည်။ ပြတင်းပေါက်(window)၏ 4 in. single heat-absorbing အမြို့အထားမှန်(glass) တပ်ဆင်ထားသည်။ Light colored interior venetian blind များကို အသုံးပြုထားသည်။ နံရဲ(wall)သည် metal curtain wall ဖြစ်ပြီး U-value သည် 0.14 ဖြစ်သည်။ အဆောက်အအုံ တည်ဆောက်ထားပုံ(building construction)သည် lightweight ဖြစ်သည်။ Room peak cooling load ဖြစ်ပေါ်မည့် အချိန်(time)နှင့် ပမာဏ(value)ကို ရှာပါ။ အခန်းအပူချိန်သည် 78°F DB ဖြစ်သည်။

୩୦୮୭

မှန်စောင့်ယာ(glass area)သည် နံရိဇ္ဇိယာထက် ပိုများနေသောကြောင့် အခန်း(room)၏ solar load အများဆုံး ဖြစ်ပေါ်ခိုင်သည် peak load ဖြစ်ပေါ်ခိုင် ဖြစ်သည်။

Table 6.6 မှ 40°N လတ္တိတွင်(latitude)၊ ဧပြီလ(April)မှ ဖေဖော်လ(August)အထိ လျှင် peak SHGF တန်ဖိုးသည် 224 BTU/hr-ft² ဖြစ်သည်။ Conduction heat loss နံနက်(morning)တွင် ပုံပါန(glass)နှင့် နံရုံ(wall) တို့ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည်။ ဩဂုတ်လ(August)တွင် SHGF တန်ဖိုးသည် 216 BTU/hr-ft² ဖြစ်သည်။ April လတ္တိတွင် ဖြစ်ပေါ်သလောက်များသည်။ ဩဂုတ်လ(August)တွင် total heat gain အများဆုံး ဖြစ်ပေါ်သည်။

Table 6.10 နှင့် 6.2 မှ နံနက်(၈)နာရီအခါန(8 AM Standard Time)တွင် ပုန်(glass)၏ CLF သည်
အများဆုံး ဖြစ်သည်။ နံနက်(၁၀)နာရီတွင်(10 AM Standard Time)တွင် နံရုံ(wall) အတွက် CLTD သည် အများဆုံး
ဖြစ်သည်။ နံနက်(၈)နာရီ၊ (၉)နာရီ၊ ၁၀ ယိုယ်တိ (၁၀)နာရီ၊ (8, 9, or 10 AM)တွင် peak time ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။
နာရီအလိုက် load တန်ဖိုးများကို တွက်၍ အများဆုံးကို peak load အဖြစ် သတ်မှတ်ရသည်။ ထိုနောက် room
cooling load အများဆုံး(peak) ဖြစ်ပေါ်သည့်အခါနကို peak time အဖြစ် သတ်မှတ်သည်။ အခန်း(room)သည်
အမြင့်ဆုံးအထပ်(top floor)မဟုတ်ဟု ယူဆတော်သည်။ အကယ်၍ ယခုတွက်နေသည့် အခန်းသည် အမြင့်ဆုံး
အထပ်ဖြစ်ပါက roof load ကို ထည့်တွက်ရန် လိုအပ်သည်။

ଫୁଲାର୍କ ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ତଥା ଅନୁଷ୍ଠାନିକ କାର୍ଯ୍ୟ

Solar, glass $\Omega = 216 \times 60 \times 0.53 \times 0.80 = 5500$

Conduction, glass O= $1.01 \times 60 \times 1 = 61$

$$\text{Conduction, wall } Q = 0.14 \times 40 \times 48 = 269$$

Total = 5830 BTU/hr

နံနက်(၉)နာရီ(9 AM) အချိန်တွင်

Solar, glass Q = $216 \times 60 \times 0.53 \times 0.76 = 5220$

Conduction, glass Q = $1.01 \times 60 \times 3 = 182$

Conduction, wall Q = $0.14 \times 40 \times 55 = 308$

Total = 5710 BTU/hr

နံနက်(၁၀)နာရီ(10 AM) အချိန်တွင်

Solar, glass Q = $216 \times 60 \times 0.52 \times 0.62 = 4180$

Conduction, glass Q = $1.01 \times 60 \times 5 = 283$

Conduction, wall Q = $0.14 \times 40 \times 56 = 314$

Total = 4777 BTU/hr

အခန်း(room) peak load သည် ဧဂြိုလ(August)၏ (၈)နာရီ(8 AM)အချိန်တွင် ဖြစ်ပေါ်သည်။ ဖြစ်ပေါ်လာမည့် conduction heat gain သည် မှန်(glass)နှင့် နံရုံ(wall) တို့တွင် နံနက်ခင်းနောက်ပိုင်းတွင် ပိုများလာသည်။ Solar gain တန်ဖိုး သိသိသာသူပိုများသောကြောင့် အမိက ကြသည်။ ပြတ်းပေါက်(window) အရွယ်အစား သေးငယ်လျှင် peak time ဖြစ်မည့်အချိန် အနည်းငယ် ပိုနောက်ကျနိုင်သည်။

အချိန်သည် ပြောလွှာလည်း peak load ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ နံနက်တောတော အချိန်(early morning)တွင် ပြင်ပအပူချိန်(outside temperature)သည် ပြောလတွဲ အခန်း(room)၏ conduction heat loss နှင့် net heat gain သိသိသာသူ လျော့နည်းလိမ့်မည်။ Peak load ဖြစ်မည့် အချိန်မသေချာပါက တွက်၍ စစ်ဆေးရန် လိုအပ်သည်။ အဆောက်အအိများတွင် အခန်းများ၏ peak load (rooms load)ကို သေချာတွက်ရန် လိုအပ်သည်။

Cooling load တွက်မည့် အဆောက်အအိများအားလုံး၏ peak load ဖြစ်ပေါ်ချိန်ကို တွက်၍ ဆုံးဖြတ်ပြီးမှသာ room load တွက်ယူရသည်။ (Each building must be analyzed in a similar way to determine time of room peak loads so that the proper room load is calculated.)

၆.၁၄ Building Peak Cooling Load

Building cooling load ဆိုသည်မှ peak load ဖြစ်ပေါ်သည့်အချိန်တွင် air con အခန်းများအားလုံး(all air conditioned rooms)မှ အပူစွန် ထုတ်ရမည့်နှင့် အများဆုံးဖြစ်သည်။ (all air conditioned rooms in the building at the time the building cooling load is at its peak value)

အခန်းတစ်ခန်းချင်း၏ peak cooling load ကို စုစုပေါင်း၍ ရသည့်တန်ဖိုးသည် အဆောက်အအို(building) ၏ peak cooling load ထက် ပိုများသည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော peaks load များအားလုံးသည် တစ်ပြိုင်နက် အတူ(same time) မဖြစ်ပေါ်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ ထိုကြောင့် ဒီဇိုင်နာများသည် building cooling load အမြင့်ဆုံး(peak) ဖြစ်မည့် အချိန်(time of year)နှင့် နေ့(time of day)ကို တွက်ရန်လိုအပ်သည်။

Room peak load တွက်ရန်အတွက် ဆင်ခြေခြင်းနှင့် စစ်ဆေးခြင်း(reasoning and investigation)နည်းကို အသုံးပြုသည်။

- (၁) စတုရန်းပုံသဏ္ဌာန် ပြောလွှာတွင်ဆောက်လုပ်ထားသည့် အဆောက်အအို၏ peak load သည် နေ့ရာသီ ညာနေခင်း မတိုင်မိအချိန်တွင် ဖြစ်ပေါ်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော ထိုအချိန်တွင် ပြင်ပအပူချိန် အမြင့်ဆုံး ဖြစ်သော ကြောင့် ဖြစ်သည်။ နံရုံများပေါ်တွင် solar radiation ဖြစ်ပေါ်သည့်ပမာဏ ကွာခြားမှ သိပ်မများ ကြပေါ်။
- (၂) တောင်အရပ်နှင့် အနောက်တောင်အရပ် မျက်နှာတာတွင် မှန်များစွာ တပ်ဆင်ထားသည့် အဆောက်အအိုများ၏ peak load သည် ဆောင်းရာသီ နေ့လယ်အချိန်တွင် ဖြစ်ပေါ်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော ထိုအချိန်၌ radiation အများဆုံး ဖြစ်ပေါ်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ သေချာအောင် ထပ်မံ တွက်ချက်၍ စစ်ဆေးရန်

လိုအပ်သည်။

- (၇) ခေါင်မိုးဒရိယာ အလွန်များသည့် တစ်ထပ်တိုက် အဆောက်အအီများတွင် peak load သည် နွေရာသီ မွန်းခွဲပိုင်းအချိန်၌ ဖြစ်ပေါ်သည်။

အထက်ပါအချက်များသည် ယေဘုယျ ဖြစ်ပေါ်လေ့ရှိသည့် အချက်များသာ ဖြစ်သည်။

အဆောက်အအီမျက်နှာများ(building orientation)နှင့် တည်ဆောက်ပုံ(construction) အမြိုးမျိုး ကွဲပြား နိုင်သောကြောင့် တွက်၍ စစ်ဆေးရန် လိုအပ်သည်။ Peak load ဖြစ်ပေါ်သည့်အချိန်(time)ကို သိရှိပြီးနောက် total building heat gain ကို ဆက်တွက်သည်။

Peak load ဖြစ်ပေါ်သည့်အချိန်(time) ပမာဏ(value) နှင့် building cooling load ကို အလွယ်တကူ ရှာဖွေနိုင်သည်။ Computer software program များကို အသုံးပြု၍ လိုအပ်သည့် ဒေတာများ မိနစ်အနည်းငယ်ခန့် အချိန်အတွင်း ထည့်သွင်း၍ တစ်နှစ်ပတ်လုံး နာရီအလိုက် ဖြစ်ပေါ်မည့် load profile ကို ခက်အတွင်း ရှာဖွေနိုင်သည်။

Load diversity ဖြစ်ခြင်းကြောင့် actual building peak load သည် တွက်၍ရသည့်တန်ဖိုး(calculated value)ထက် ပိုနည်းသည်။ အဆောက်အအီ(building)ရားတွင် peak load ဖြစ်ပေါ်သည့်အချိန်၌ လူများ(people) မရှိခြင်း၊ မီးလုံး၊ မီးချောင်းများ(lights) မဖွင့်ထားခြင်းနှင့် equipment မမောင်းခြင်း(not operating) တို့ကြောင့် ဖြစ်သည်။ သင့်လျှပ်သည့် diversity factor သို့မဟုတ် usage factor ကို ခန်းမှန်း၍ building peak load ထည့်သွင်း တွက်ချက်သင့်သည်။

ဥပမာ- မီးလုံး၊ မီးချောင်းများ(lighting)၏ 90%သာ အသုံးပြုနေမည့်(ဖွင့်ထားလိမ့်မည်)ဟု မျှော်လင့်ထားလျှင် peak load ဖြစ်ပေါ်သည့် အချိန်(time)တွင် lighting load ကိုတွက်၍ ရရှိသည့် ပမာဏကို 0.9 နှင့်အောက်(multiplied by a factor of 0.90)ရမည်။ သင့်လျှပ်သည့် diversity factor ကို ရွေးချယ်ရန်အတွက် အဆောက်အအီ (building) အသုံးပြုပုံ၊ အတွေ့အကြုံ(experience) နှင့် ချိန်ဆမှု(judgment)တို့ လိုအပ်သည်။

၆.၁၅ Cooling Coil Load

Building cooling load တန်ဖိုး ရရှိပြီးနောက် cooling coil load ကို ဆက်လက် တွက်ယူနိုင်သည်။ Cooling coil load ဆိုသည်မှာ air conditioning equipment ဦးရှိသည့် cooling coil(s)မှ အုပ်များ(heat)ကို ဖယ်ထုတ် ပေးရမည့်နှင့် ဖြစ်သည်။

Cooling coil load တန်ဖိုးသည် building load ထက်ပို များလိမ့်မည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် air conditioning system များ၏ အောက်ပါ heat gain ပါဝင်နေသောကြောင့်ဖြစ်သည်။

- (၁) Ventilation (outside air)
- (၂) Heat gains to ducts
- (၃) Heat produced by the air conditioning system fans and pumps နှင့်
- (၄) Air leakage from ducts တို့ဖြစ်သည်။

၆.၁၆ Ventilation

အဆောက်အအီ အတွင်းသို့ ပြင်ပမှ လေများ(outside air) ထည့်ပေးရန် လိုအပ်သည်။ ကျန်းမာရေး ညီညာစွဲ စေရန်(health)နှင့် သက်သောင့်သက်သာ(comfort) ဖြစ်စေရန် ပည်သွယ်ချက်(၂)မီးဖြောင့် ထည့်ပေးခြင်း ဖြစ်သည်။

ပြင်ပလေ၏ sensible heat နှင့် latent heat ပိုင်ဆိုင်မှုသည် room air ထက် ပိုများသောကြောင့် cooling load လိုအပ်မှ ပိုများလာသည်။ Cooling equipment မှ ဝင်လာသမှု အုပ်များအားလုံးကို ဖယ်ထုတ်ပေးရမည်။

Ventilation load ကို cooling load တွင် ထည့်သွင်း တွက်ချက်ရမည်။ Ventilation load သည် building load တွင် မပါဝင်ပေး။ (cooling coil load but not the building load.)။

Sensible & latent cooling load တွက်ယူပုံကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

$$Q_s = 1.1 \times \text{CFM} \times \text{TC} \quad (6.10)$$

$$Q_L = 0.68 \times \text{CFM} \times (W_o - W_i) \quad (6.11)$$

where

Q_s, Q_L = sensible and latent cooling loads from ventilation air(BTU/hr)

CFM = air ventilation rate(ft^3/min)

TC = temperature change between outdoor and inside air ($^{\circ}\text{F}$)

W_o, W_i = outdoor and inside humidity ratio(gr w./lb d.a.)

The total heat (Q_T) removed from the ventilation air is $Q_T = Q_s + Q_L$.

Table 6.17 တွင် တရာ့သောလုပ်ငန်းများ(applications)အတွက် သင့်လျော်သည့် outdoor air ventilation rate များကို ဖော်ပြထားသည်။ Ventilation rate များသည် တရာ့သော state codes and standard များနှင့် တူညီကြသည်။

စင်ကာပါနိုင်ငံရှိ အဆောက်အအိများတွက် လိုအပ်သော ventilation rate များကို chapter (13)တွင် ဖော်ပြထားသည်။ စာအုပ်ထုတ်ဝေသည့်အချင်းတွင် မြန်မာနိုင်ငံအတွက် ACMV code မထွက်သေးသောကြောင့် ASHRAE Standards 62.1 & 62.2 The Standards for Ventilation and Indoor Air Quality သို့မဟုတ် Code of Practice for Air-Conditioning and Mechanical Ventilation in Buildings (SS 553 : 2016)ကို မြှင့်နိုင်သည်။

Ventilation rate သည် table 6.17 တွင် ဖော်ပြထားသည့် minimum listed in earlier standard ထက် ပိုများသည်။ ဥပမာ- လုတေသနလောက်အတွက် အနည်းဆုံး ပြင်ပလေ 15 CFM နှင့်(15 CFM per person) ဖြစ်သည်။ Office space အတွက် ယခင် စံချိန်ခံညွှန်း(standard)အရ လုတေသနလောက်အတွက် အနည်းဆုံး ပြင်ပလေ 5 CFM (minimum of 5 CFM per person) ထည့်ပေးရန် ခွင့်ပြထားသည်။ Ventilation rate များ အကြောင်းကို အနေး(၈) တွင် အသေးစိတ် ရေးသားထားသည်။

TABLE 6.17 MINIMUM MECHANICAL VENTILATION REQUIREMENT RATES

Outdoor air shall be provided at a rate no less than the greater of either

A. 15 CFM per person, times the expected occupancy rate.

B. The applicable ventilation rate from the following list, times the conditioned floor area of the space.

| Type of Use | CFM per Square Foot of Conditioned Floor Area |
|--|--|
| Auto repair workshops | 1.50 |
| Barber shops | 0.40 |
| Bars, cocktail lounges, and casinos | 1.50 |
| Beauty shops | 0.40 |
| Coin-operated dry cleaning | 0.30 |
| Commercial dry cleaning | 0.45 |
| Hotel guest rooms (less than 500 sq ft) | 30 CFM/Guest Room |
| Hotel guest rooms (500 sq ft or greater) | 0.15 |
| Retail stores | 0.20 |
| Smoking lounges | 1.50 |
| All others | 0.15 |

Abridged from Energy Efficiency Standards. California Energy Commission, 1999.

ဥပမာ (၆-၁၇)

Stellar Dome မိုးလုံလေလုံအားကတားရုံ(athletic stadium)ထဲတွင် လူလေးသောင်း(40,000 people)ခန့်ရှိနိုင်သည်ဟု ခန့်မှန်သည်။ Space design condition သည် 80°F နှင့် 50% RH ဖြစ်သည်။ Outdoor design condition သည် 94°F DB နှင့် 74°F WB ဖြစ်သည်။ Ventilation ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် cooling load ကိုရှာပါ။

အကြောင်း

Sensible heat equation နှင့် latent heat equation ကို အသုံးပြုသည်။ Table 6.17 မှ လူတစ်ယောက် လျှင် ပြင်ပလေ(outside air) 15 CFM နှင့်ထည့်ပေးရမည်(15 CFM of outside air per person)ဟု ဖော်ပြထားသည်။

$$\begin{aligned} Q_s &= 1.1 \times \text{CFM} \times \text{TC} \\ &= 1.1 \times 15 \times 40,000 \times 14 \\ &= 9,240,000 \text{ BTU/hr} \end{aligned}$$

Humidity ratio သည် အခန်းတွင်း(inside)နှင့် ပြင်ပအခြေအနေ(outdoor conditions) ၏ 77.0 နှင့် 95.0 gr.w./lb d.a. ဖြစ်သည်။

$$\begin{aligned} Q_L &= 0.68 \times \text{CFM} \times (W_o - W_i) \\ &= 0.68 \times 15 \times 40,000 \times (95.0 - 77.0) \\ &= 7,344,000 \text{ BTU/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{Total}} &= 9,240,000 + 7,344,000 \\ &= 16,584,000 \text{ BTU/hr} \times \frac{1 \text{ ton}}{12,000 \text{ BTU/hr}} = 1382 \text{ tons} \end{aligned}$$

အကယ်၍ outdoor temperature အမြင်ဆုံး(maximum)တွင် peak load မဖြစ်ပေါ်လျှင် correction လုပ်ရန် လိုအပ်သည်။ Ventilation နှင့် infiltration load ကို တွက်ရာတွင် correction လုပ်ရန်အတွက် အသုံးပြုရမည့် outdoor temperature ကို Table 6.18 တွင် ဖော်ပြထားသည်။

TABLE 6.18 DECREASE FROM PEAK DESIGN OUTDOOR DB TEMPERATURE, F

| Daily Range, F | hour | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 10 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 |
| 15 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 14 | 13 | 11 | 8 | 6 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 20 | 17 | 18 | 19 | 20 | 20 | 20 | 19 | 17 | 14 | 11 | 8 | 5 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 4 | 7 | 9 | 12 | 14 | 15 | 16 |
| 25 | 22 | 23 | 24 | 25 | 25 | 25 | 23 | 21 | 18 | 14 | 10 | 6 | 3 | 1 | 0 | 1 | 3 | 5 | 9 | 12 | 15 | 17 | 19 | 21 |
| 30 | 26 | 28 | 29 | 30 | 30 | 30 | 28 | 25 | 21 | 17 | 12 | 7 | 3 | 1 | 0 | 1 | 3 | 6 | 10 | 14 | 17 | 20 | 23 | 25 |
| 35 | 30 | 33 | 34 | 35 | 35 | 35 | 33 | 29 | 25 | 20 | 14 | 8 | 4 | 1 | 0 | 1 | 4 | 7 | 12 | 16 | 20 | 24 | 27 | 29 |

Reprinted with permission from the 1979 ASHRAE Load Calculation Manual.

၆.၈ Heat Gain to Ducts (Duct များမှ အပုဂ္ဂနယ်ယူရှင်း)

လေအေး(conditioned air)များသည် duct အတွင်း၌ စီးဆင်းနေစဉ် အနီးဝန်းကျင်မှ(surroundings) အပုံများကို စပ်ယူကာ gain heat ဖြစ်ပေါ်သည်။ Duct သည် unconditioned space ကို ဖြတ်သွားလျှင် heat gain ဖြစ်ပေါ်မှုသည် useful cooling effect ဖြစ်သည်။ Duct များသည် unconditioned space ဖြတ်သွားလျှင် sensible heat များ ဆုံးရုံးသွားသောကြောင့် BSCL တွင် ပေါင်းထည့်ပေးရမည်။ Heat gain ကို heat transfer equation ဖြစ်ပေါ်သွားလျှင်သည်။

$$Q = U \times A \times TD \quad (5.5)$$

Q = Duct heat gain (BTU/hr)

U = Overall coefficient of heat transfer (BTU/hr)

A = Duct surface area (ft^2)

TD = Temperature difference between air in duct and surrounding air ($^{\circ}\text{F}$)

Unconditioned area ကို ဖြတ်သွားသည့် လေအေးများကို သယ်ဆောင်သွားသည့် duct (cold air ducts) အား overall value of R-4 ($U = 0.25$) ထောက် မန္တုညွှန်သည့် ပစ္စည်းများဖြင့် insulate လုပ်ရမည်။

ဥပမာ (၆-၁၆)

အကျယ်(၃၆)လက်မန္တုင် အမြင့်(၁၂)လက်မ ရီဖြီး ပေ(၅၀)ရုံညွှန်သည့် duct ကို အပူချိန် 60°F ရှိသည့် လေကို သယ်ဆောင်ရန်အတွက် တပ်ဆင်ထားသည်။ အပူချိန် 90°F ရှိသည့် အခန်းကိုဖြတ်၍ တပ်ဆင်ထားသည်။ Insulation ၏ overall U တန်ဖိုးမှာ $U=0.25$ ဖြစ်လျှင် duct အတွင်းရှိ လေတွင် ဖြစ်ပေါ်မည့် heat gain ကို ရှာပါ။

အကြောင်း

Duct ၏ မျက်နှာပြင် ဧရိယာ(surface area)

$$A = \left(2 \times 36 \text{ in.} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in.}} + 2 \times 12 \text{ in.} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in.}} \right) \times 50 \text{ ft} = 400 \text{ ft}^2$$

Equation 3.5 ကို အသုံးပြု၍

$$\begin{aligned} Q &= U \times A \times TD \\ &= 0.25 \times 400 \times (90 - 60) = 3000 \text{ BTU/hr} \end{aligned}$$

Return air duct တွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် heat gain အလွန်များလျှင် တွက်၍ CSCL ထဲသို့ ပေါင်းထည့်သင့်သည်။ BSCL ထဲသို့ မပေါင်းထည့်သင့်သူ့ပါ။

Supply duct များတွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် heat gain များသည် အလေဟသာ ဆုံးဖြတ်သွားခြင်း မဟုတ်ပေ။ Conditioned space အတွင်း၌ အအေးဓာတ်များ ဖြန့်ဖြူးမှု (distribution of cooling) ညီညာအောင် သတိပြုသင့်သည်။ Cooling distribution ကို မထိနိုက်စေရန် သတိပြုသင့်သည်။ အလွန်ရည်လျားသည့် duct များတွင် လေထွက်ပေါက်မှ ထွက်လာသည့် supply air ၏ ကွာခြားမှ သိပ်မများသင့်ပေါ်။

သို့သော လေထွက်ပေါက်(out let)များစွာ ပါဝင်သည့် အလွန်ရည်လျားသည့် duct ဖြစ်လျှင် heat gain ကြောင့် အစွန်ဆုံး(အဝေးဆုံး)လေထွက်ပေါက်မှ အပူချိန်မြင့်သည့်လေများထွက်လာနိုင်သည်။ Duct တစ်လျှောက်တွင် အပူများ တိုးလာခြင်းကြောင့် supply air temperature မြင့်တက်လာခြင်း ဖြစ်သည်။ ထိုကြောင့် supply air duct များကို insulate လုပ်ရခြင်း ဖြစ်သည်။

တရီးသော ဒီဇိုင်နာများသည် supply air duct တွင် ဖြစ်ပေါ်မည့် heat gain ပမာဏကို ထွက်ယူရမည့်အတေး BSCL ၏ ရာခိုင်နှုန်း အနည်းငယ် အပို့ဆောင်းပေးသည်။ ဥပမာ- insulated supply duct များအတွက် Building Sensible Load (BSCL) ၏ 1% မှ 3% ခန့် ထည့်ပေါင်းပေးသည်။

၆.၁၈ Fan And Pump Heat

Fan များနှင့် pump များသို့ ထည့်ပေးသည့် စွမ်းအင်(input power)အရီးသည် မှတ်တိုက်မှု(friction)များကြောင့် အပူ(heat)အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲသွားသည်။ ထိုအပူများသည် sensible heat gain ဖြစ်သည်။

Draw-through fan arrangement တွင် cooling coil သည် fan မတိုင်ခင်တွင် တည်ရှိ(fan downstream from the cooling coil)သည်။ Draw-through fan arrangement တွင် ဖော်တာနှင့် fan မှ ထွက်လာသည့် အပူ(heat)ကို BSCL တွင် ထည့်ပေါင်းပေးရသည်။

Blow-through arrangement တွင် cooling coil သည် fan ပြီးနောက်တွင် တည်ရှိ(fan upstream from the coil)သည်။ Blow-through arrangement တွင် ဖော်တာနှင့် fan မှ ထွက်လာသည့် အပူ(heat)ကို CSCL load တွင် ထည့်ပေါင်းပေးရသည်။

Fan heat အတွက် ပို့ဆောင်ပေးရမည့် ခန့်မျမ်းတန်ဖိုး(approximate allowance)မှာ အောက်ပါအတိုင်း ဖြစ်သည်။

မီအား 1 inch WG ထုတ်ပေးနိုင်သည့် fan အတွက် BSCL ၏ 2.5% အပိုထပ် ဆောင်းပေးရမည်။ မီအား 2 inch WG အတွက် BSCL ၏ 5% နှင့် မီအား 4 inch WG အတွက် BSCL ၏ 10% အပိုထပ် ဆောင်းပေးရမည်။ (For 1 in. w.g. pressure add 2.5% to BSCL For 2 in. w.g. pressure add 5% to BSCL For 4 in. w.g. pressure add 10% to BSCL.)

သေးငယ်သည့် system များရှိ chilled water pump မှ ထွက်လာသည့် အပူပေါက်သည် အလွန်နည်း သောကြောင့် လျှပ်လျှောက်နိုင်သည်။ သို့သော် တြိုးမားသည့် system များရှိ chilled water pump မှ ထွက်လာသည့် အပူပေါက်သည် sensible load ၏ 1% မှ 2% ခန့် ဖြစ်သည်။ (generally small and may be neglected, but for large systems it may range from 1-2% of sensible load.)။

Central system များတွင် တပ်ဆင်ထားသည့် chilled water cooling coil များအတွက် pump မှ ဖြစ်ပေါ်သည့် အပူ(heat)သည် refrigeration chiller ၏ load ဖြစ်သည်။ Cooling coil ၏ load မဟုတ်ပေး တပ်နည်းအားဖြင့် pump ထွက်လာသည့် အပူများကို refrigeration chiller က ဖယ်ထွက်ပေးရမည်။ Cooling coil က ဖယ်ထွက်ပေးရန် မလိုအပ်သောကြောင့် cooling coil အရွယ်အစားနှင့် မသက်ဆိုင်ပေး။

Refrigeration Load (RL)ဆိုသည်မှာ refrigeration equipment များက မောင်းပေးရမည့်စုစုပေါင်း(load) ဖြစ်သည်။ Direct expansion (DX) system များတွင် refrigeration load နှင့် cooling coil load တို့ တူညီကြသည်။ Chilled water system များတွင် refrigeration load သည် cooling coil(s) load နှင့် chilled water pump heat တို့ ပေါင်းထားသည့် ပမာဏဖြစ်သည်။

၆.၉၉ Duct Air Leakage

Duct system များ၏ ဆက်ထားသည့် နေရာ(joint)များတွင် ယိုစိမ့်မှု(duct leakage) ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ ဖြစ်ပေါ်သည့် ယိုစိမ့်မှုသည် CFM စုစုပေါင်း၏ 5% ထက် ပိုမပျားသင့်ပေး။ Duct များသည် conditioned space အပြင်ဘက်တွင်ရှိနေလျှင် လေယိုစိမ့်မှုကို BSCL နှင့် BLCL တို့တွင် ပေါင်းထည့်ရမည်။ လေယိုစိမ့်မှုများ(air leaks) သည် conditioned space အတွင်းသို့ ယိုစိမ့်ခဲ့လျှင် BSCL နှင့် BLCL တို့တွင် ထည့်ပေါင်းပေးရန် မလိုအပ်သော်လည်း လေဖြန့်ဖြူးမှ ညီညာစေရန် သတိပြုသင့်သည်။

၆.၂၀ Supply Air Conditions

Sensible နှင့် latent heat gain တို့ကို တွက်ချက်ပြီးနောက် လိုအပ်သည့် အခန်းအခြေအနေ ရရှိရန် အတွက် supply air condition များ ဖြစ်သည့် လေစီးနှုန်း(flow rate)၊ စိတိုင်းဆ(humidity)နှင့် အပူချိန် (temperature) တို့ကို သတ်မှတ်ပေးရန် လိုအပ်သည်။

၆.၂၁ Summary of Commercial Cooling Load Calculation Procedures

Commercial cooling load တွက်နည်း အဆင့်ဆင့်ကို အောက်တွင် အနှစ်ချုပ် ဖော်ပြထားသည်။

- Table 1.1 နှင့် A.9 တို့မှ အခန်းတွင်း နှင့် ပြင်ပ ဒီဇိုင်းအခြေအနေ(indoor and outdoor design conditions) များကို ရွှေ့ချယ်ပါ။
- External heat gain ဖြစ်ပေါ်မည့် မျက်နှာပြင်များအားလုံး(all surfaces)၏ အတိုင်းအတာ(measure dimensions)များကို ပို့ဆောင်ပေး၍ တိုင်းယူပါ။
- မျက်နှာပြင် ဧရိယာတွက်ပါ။(Calculate areas of all these surfaces.)
- သင့်လောင်သည့် ထေားများ(appropriate tables)မှ heat transfer coefficient U တန်ဖိုး (U-values)ကို ရွှေ့ချယ်ပါ။ Element တစ်ခုချင်းစီအတွက် R တန်ဖိုး (R-values) တစ်ခုချင်းစီကို တွက်ပါ။ (calculate from

individual R-values)

သင့်လျော်သည့်ယေား(table) များကို ဖတ်၍ အမျိုးအစား တစ်ခုချင်းစီ၏ heat transfer coefficient U- value များတို့ ရွေ့ချပ်ပါ။

- (၅) အခန်း တစ်ခန်းချင်းစီအတွက် peak load ဖြစ်ပေါ်မည့်နေ့(day)နှင့် လ(month)တို့ကို တွက်ပါ။ Load အများဆုံး ဖြစ်ပေါ်လိမ့်မည်ဟု ခန့်မှန်းထား(expected to be a maximum)သည့်အချိန်တွင် external heat gain များကို တွက်ပါ။

Table 6.1 | 6.2 | 6.6 နှင့် 6.8 တို့မှ external heat gain ကို တွက်၍ အများဆုံးတန်ဖိုး(maximum values)ကို ရှာဖွေပါ။ တစ်ခါတစ်ရုံ အမြင့်ဆုံး ဖြစ်မည်ထင်သည့် အချိန်အချို့ကို တွက်ရန် လိုအပ်လိမ့်မည်။

Peak load ဖြစ်ပေါ်မည့် အချိန်ရရှိပြီးနောက် အခန်းတိုင်း၏ external heat gain နှင့် peak load များကို တွက်ပါ။

- (၆) ထို့နောက် လူများ(people)၊ မီးလုံးမီးချောင်းများ(lights)နှင့် equipment စသည့် internal heat gain များကို ပေါင်းထည့်ပါ။ (Calculate each room peak load, using the values for the external heat gains determined)။ လိုအပ်သည့် အသေးစိတ် အချက်အလက်များကို ပို့သွက်နှင့် အဆောက်အအုံ ပိုင်ရှင်များထံမှ ရရှိနိုင်သည်။ Infiltration ဖြစ်ပေါ်နိုင်လျှင် room load ထဲတွင် ပေါင်းထည့်ပါ။

- (၇) အဆင့်(၅)တွင် ဖော်ပြန်သည့် တွက်နည်းအတိုင်း အဆောက်အအုံတစ်ခုလုံး၏ peak load (Building peak load) ကို ရှာဖွေပါ။

- (၈) External gain + internal gain နှင့် infiltration စသည်တို့ကို ထည့်ပေါင်း၍ building load ကို တွက်ပါ။ Supply duct heat gain + duct heat leakage နှင့် draw-through supply fan heat gain တို့ကို ပေါင်းထည့်ပါ။

- (၉) Cooling coil နှင့် refrigeration load တို့ကိုရှာပါ။ Ventilation load (Table 6.17) ကို ပေါင်းထည့်၍ building heat gain တွင် blow-through fan + return air fan နှင့် pump heat gain များကို ထည့်ပေါင်းပါ။

- (၁၀) အလိုက်သည့် supply air condition တွက်ပါ။ ဥပမာ(၆-၁၇)တွင် အထက်ပါတွက်နည်း(procedures)ကို ဥပမာ အဖြစ် တွက်ပြထားသည်။ ပုံ(၆-၆)တွင် ဒေတာများနှင့် ရလဒ်များကို ယေားပုံစံ(data and results are tabulated on a Commercial Cooling Load Calculation form)ဖြင့် ဖော်ပြထားသည်။ လေ့လာနှုန်းသည့်အချက်များနှင့် ဥပမာမှ ရင်းပြုချက်များကို အသေးစိတ် နှိမ်းယုံ၍ လေ့လာသင့်သည်။

ဥပမာ (၆-၁၇)

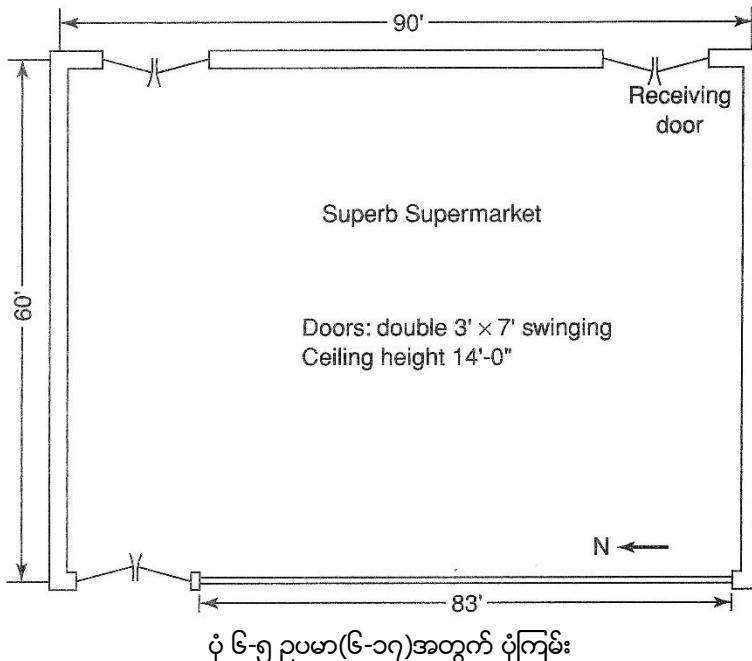
ပုံ(၆-၆)တွင် cooling load တွက်မည့် စုပါမားကက် ပုံကို ဖော်ပြထားသည်။ Columbus, Ohio တွင် တည်ရှိသည်။ မြေအောက်ထပ် (၁)ထပ်ပါဝင်သည့် (၁)ထပ်တို့ကို အဆောက်အအုံ(one story building) ဖြစ်သည်။ မြေအောက်ထပ်ကို စတိုခန်း အဖြစ်(basement used for storage) အသုံးပြုသည်။ တည်ဆောက်ထားပုံ(construction)နှင့် အခန်းအတွင်းနှင့် ပြင်ပအခြေအနေများ(conditions)ကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

(၁) ခေါင်မှုံး

ခေါင်မှုံးသည် ကွန်ကရစ်(၄)လက်မထူးသည့်အပြား ဖြစ်သည်။ ခေါင်မှုံး(roof) တည်ဆောက်ထားပုံမှာ 4 in. h.w. concrete slab, 2 in. insulation, gypsum board ceiling ဖြစ်သည်။ U တန်ဖိုး ပေးထားသည်။ (U = 0.09 BTU/hr-ft²-F)။ နှစ်လက်မထူးသည့် gypsum board ကို insulation အဖြစ် အသုံးပြုသည်။

(၂) ကြမ်းခင်း(floor)

ကြမ်းခင်း(floor) တည်ဆောက်ထားပုံမှာ 4 in. concrete slab ဖြစ်သည်။ U တန်ဖိုး ပေးထားသည်။ (U= 0.35)



(၃) ခိုးများ(walls)

ခိုးများ(walls)သည် 4 in. face brick, 4 in. common brick, 2 in. insulation, 1/2 in. gypsum wallboard အမျိုးအစားဖြစ်သည်။ U တန်ဖိုး ပေးထားသည်။ ($U = 0.11$)

(၄) ပြတင်းပေါက်(window)

အရှေ့ပြတင်းပေါက်(front window) များသည် '4 in. single heat absorbing class, 10 ft high, aluminum frame, not shaded ဖြစ်သည်။

(၅) တံခါးများ(doors)

တံခါးများ(doors)သည် 1/2 in. single clear glass, aluminum frame အမျိုးအစား ဖြစ်သည်။
တံခါး(receiving door) 1 and 1/2 in. steel with urethane core အမျိုးအစား ဖြစ်သည်။

(၆) လူပိုးရေ(occupancy)

လူပိုးရေ(occupancy) အလောက်(၆၀)ရှိမည်။ (60 people)

(၇) တည်ဆောက်ထားပုံ(construction)

တည်ဆောက်ထားပုံ(construction)မှာ medium (M) weight အမျိုးအစား ဖြစ်သည်။

(၈) မီးလုံး၊ မီးချောင်း(lighting)

မီးလုံး၊ မီးချောင်း(lighting) တစ်စတုရန်းမီတာလျှင် 3 watts နှင့် ဖြစ်သည်။ (3 watts per square foot of floor area, fluorescent fixtures)

(၉) Outdoor ventilation rate

Outdoor ventilation rate as per Table 6.17

(၁၀) Operating hours

ဆိုင်စွဲခိုင် နံနက်(၁၀)နာရီမှ ည(၈)နာရီ အထိ ဖြစ်သည်။ (Store is open from 10 AM to 8 PM (9 AM to 7 PM Standard Time))

လိုအပ်သည့်(required) cooling load ကို တွက်ပါ။

အကြောင်း

တွက်နည်း(procedure)ကို ဖော်ပြပြီး ဖြစ်သည်။

- (၁) Indoor design condition သည် 76°F DB နှင့် 50% RH ဖြစ်သည်။ Outdoor design condition သည် 90°F DB နှင့် 74 WB ဖြစ်သည်။ လတ္တိတွင် (latitude) 39°N အရပ်တွင် တည်ရှိသည်။ Daily temperature range သည် 19°F ဖြစ်သည်။ အခန်းအတွင်းနှင့် ပြင်ပ စိတိုင်းဆ(inside and outdoor humidity ratio) သည် 66 gr w./lb d.a နှင့် 101 gr w./lb d.a ဖြစ်သည်။
- (၂) ပုံတွင် အတိုင်းအတာ များကို ဖော်ပြထားသည်။ (Dimensions are shown on the plan.)
- (၃) ဧရိယာကို တွက်ယူသည်။ (Areas are calculated and recorded on the form.)
- (၄) ယေားမှ U တန်ဖိုးများကို ဖတ်ယူသည်။ (U-values specified or found from tables are listed on the form.)
- (၅) (၆) အခန်းတစ်ခန်းသာ ပါသည့် အဆောက်အအုံ ဖြစ်သည်။ တည်ဆောက်ပုံ(construction)နှင့် မျက်နှာများ၊ အရပ်(orientation)များအရ ခေါင်မိုး(roof)နှင့် west glass တို့သည် peak load time ကို ဖြစ်ပေါ်စေသည်။ (indicates that the roof and West glass will determine the peak load time)
- Peak glass load သည် July နှင့် August လတ္တိတွင် ဖြစ်ပေါ်သည်။ မျိုး(glass)၏ peak CLF သည် 5 PM တွင် ဖြစ်ပေါ်သည်။ ခေါင်မိုး(roof)၏ peak CLTD သည် ရှုလိုင်လည်နေ(၅)နာရီ(July at 5 PM)တွင် ဖြစ်ပေါ်သည်။ ခေါင်မိုး(roof) အမျိုးအစားသည် No. 9 ဖြစ်သည်။ တို့ကြောင့် peak load ဖြစ်ပေါ်သည့် အချင်း(peak load time)သည် ရှုလိုင်လ ည်နေ(၅)နာရီ (July 5 PM) ဖြစ်သည်။
- ညေနာရီတွင် နံရံ(wall)များကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် load သည် ညေနာရီတွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် load ထက် ပိုများသည်။
- (၇) Item တစ်ခုချင်း(individual)မှ ဖြစ်ပေါ်သည့် heat gain ကို တွက်ပြီး ပုံတွင် ရေးသွင်းမှတ်သားသည်။ Basement အပူချိန်သည် inside နှင့် outside temperature ကြားတွင် ဖြစ်သည်။ နံရံများ(walls) အမျိုးအစားသည် group B ဖြစ်သည်။
- လူများ(people) ဆိုမဟုတ် ဓါးလုံး၊ မီချောင်း(lighting)ကြောင့် storage effect မဖြစ်ပေါ်ပေါ်၊ အဘယ်ကြောင့် ဆိုသော် စတိုးဆိုင်ပိတ် ပြီးနောက် air conditioning system ကို ရပ်တန်(shutdown)သည်။ နံနက်ခင်းဆိုင်စွဲပြီးလျှင် ချက်ချင်းလူများ ရောက်မလာနိုင်သေးသောကြောင့် ချက်ချင်းအေးရန် မလိုအပ်ပေါ်။
- Infiltration ကို ထည့်တွက်ရန် မလိုအပ်ပေါ်။ တံခါးဖွင့်သည့်အကြိမ် အရေအတွက် နည်းသော ကြောင့် ventilation air က infiltration ဖြစ်ခြင်းကို လျော့နည်းစေသည်။ (ventilation air is assumed to prevent any significant infiltration because the doors are not used heavily.) Supply duct သည် store အတွင်း ဖြတ်သန်းသွယ်တန်း(exposed)ထားသောကြောင့် heat gain နှင့် leakage တို့ကြောင့် cooling load ပိုများခြင်း မဖြစ်နိုင်ပေါ်။
- (၈) Ventilation load ကို ပုံစံ(form)တွင် ပြထားသည့်အတိုင်း တွက်ယူ(calculated and shown on the form) သည်။ Return air fan gain ကို လျှစ်လျှော့ထားသည်။ Pump များ တပ်ဆင်ထားခြင်း မရှိပါ။ Draw-through unit ကို အသုံးပြထားသည်။ Fan gain သည် 3% ဖြစ်သည်ဟု ယူဆသည်။
- (၉) Supply air condition ကို ရှာသည်။

ဥပမာ(၆-၁၇)

အစောင့်(Solution to Example 6.17)

ဥပမာ(၆-၁၇)တွင် တွက်ထားသည့် အဆောက်အအီ၏ cooling load calculation ကို software program ကို အသုံးပြု၍ တွက်ယူနိုင်သည်။ Program ဖြင့် တွက်သည့်အခါ ဒေတာထည့်ပေးပုံ အနည်းငယ် ကျွေား(slightly different input data)သည်။ အချိန်ရလျှင် ကွန်ပူ။တာပရိဂရမ်ဖြင့် တွက်၍ ရရှိသည် အဖြောက်မျိုးကို နှင့်ယုဉ်ကြည့်သင့်သည်။

Project Superb Supermarket Bldg./Room Building (peak)
Location Columbus, OH Engrs. Energy Associates Calc. by EP 3/4/01 Chk. by VL 3/5/01

| Design Conditions | DB F | WB F | RH % | W' gr/lb | Daily Range 19 F | Ave. 80 F |
|-------------------|---------|------|------|----------|------------------|----------------|
| | Outdoor | 90 | 74 | | Day July 21 | Time 5 PM (ST) |
| Room | 76 | | 50 | 66 | Lat. 40° N | |

| Conduction | Dir. | Color | U | A, ft ² | CLTD, F | | |
|--------------|------|-------|------|--------------------|---------|-------|----|
| | | | | Gross | Net | Table | |
| Glass | W | | 1.01 | | 830 | 13 | 11 |
| | W | | 1.01 | | 42 | 13 | 11 |
| | E | | 1.01 | | 42 | 13 | 11 |
| Wall | N | D | 0.11 | | 840 | 11 | 9 |
| | S | D | 0.11 | | 840 | 17 | 15 |
| | E | D | 0.11 | 1260 | 1176 | 26 | 24 |
| | W | D | 0.11 | 1260 | 388 | 17 | 15 |
| Roof/ceiling | | D | 0.09 | | 5400 | 36 | 35 |
| Floor | | | 0.35 | | 5400 | | 7 |
| Partition | | | | | | | |
| Door | E | | 0.39 | | 42 | 27 | 25 |
| | | | | | | | |

| SCL BTU/hr |
|---------------|
| 9220 |
| 470 |
| 470 |
| |
| 830 |
| 1390 |
| 3100 |
| 640 |
| 17,010 |
| 13,230 |
| |
| 410 |
| |

| Solar | Dir. | Sh. | SHGF | A | SC | CLF |
|-------|------|-----|------|-----|------|------|
| Glass | W | no | 216 | 830 | 0.69 | 0.58 |
| | W | no | 216 | 42 | 0.94 | 0.58 |
| | E | no | 216 | 42 | 0.94 | 0.22 |
| | | | | | | |

$$\text{CFM}_{\text{sa}} = \frac{\text{RSCL}}{1.1 \times (t_f - t_{sa})} = \frac{\text{RSCL}}{\text{RTCL}}$$

$$\text{RSHR} = \frac{\text{RSCL}}{\text{RTCL}} =$$

71,750

4950

1880

Residential Cooling Loads

Cooling load တွက်နည်းတွင် residential တွက်နည်းနှင့် non residential တွက်နည်းဟူ၍ နှစ်မျိုး ကွဲပြားသည်။ Non residential အဆောက်အအီများသည် ရော့ပင်းစင်တာများ၊ ကျောင်းများ၊ အစိုးရချိုးများ၊ ဆေးရုံများ စသည်တို့ ဖြစ်ကြသည်။ Industrial building များ အတွက် non residential တွက်နည်းကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

ပြီးခဲ့သည့် cooling load တွက်နည်းများသည် commercial building နှင့် စက်ရုံ၊ အလုပ်စုများ(industrial buildings)များအတွက် တွက်နည်းဖြစ်သည်။ လူနေအိမ်များ(residences)အတွက် cooling load တွက်နည်းနှင့် commercial cooling load တွက်နည်း နှစ်မျိုးလုံးတွင် heat transfer principle တူညီကြသည်။ တွက်နည်းအဆင့်များ(procedures) တူညီကြသည်။ သို့သော် ပို၍ ရင်းလင်းလွယ်ကူစွာ တွက်နိုင်အောင် ပြုပြင်ထားသည်။

Residential cooling load နှင့် commercial cooling load တွက်နည်းများတွင် ကွဲပြားခြားချက် များစွာ ရှိသည်။ Residential air conditioning equipment နှင့် control တို့တွင် ရန်များ မပါဝင်ပေါ်။ (၂၇)နာရီပတ်လုံး air conditioning ကို မောင်းထားလေ့ ရှိသောကြောင့် humidity control နှင့် part load operation တို့ မရှိပေါ်။ ထိုအချက်များကြောင့် cooling load calculation ကို လွယ်ကူစွာ တွက်နိုင်သည်။

Residential cooling load တွက်သည့်အပါ sensible load ကိုသာ တွက်သည်။ Latent load တန်ဖိုးများကို ခန့်မှန်းယူသည်။ Lighting load များကို ထည့်မထွက်ပေါ်။ Infiltration load များအတွက် ခန့်မှန်းယူသည်။ Peak time ၏ peak load သို့မဟုတ် heat storage effect တို့ကို ထည့်တွက်ရန် မလိုအပ်ခြင်း စသည့်အချက်များကြောင့် residential cooling load ကို တွက်ချက်ရာတွင် ပို၍ လွယ်ကူသည်။

TABLE 6.19 CLTD VALUES FOR SINGLE-FAMILY DETACHED RESIDENCES^a

| Daily Temp. Range ^b | Design Temperature, °F | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|--|
| | 85 | | | 90 | | | 95 | | | 100 | | 105 | | 110 | |
| | L | M | L | M | H | L | M | H | M | H | M | H | M | H | |
| <i>All walls and doors</i> | | | | | | | | | | | .. | .. | .. | .. | |
| North | 8 | 3 | 13 | 8 | 3 | 18 | 13 | 8 | 18 | 13 | 18 | 13 | 18 | 23 | |
| NE and NW | 14 | 9 | 19 | 14 | 9 | 24 | 19 | 14 | 24 | 19 | 24 | 19 | 24 | 29 | |
| East and West | 18 | 13 | 23 | 18 | 13 | 28 | 23 | 18 | 28 | 23 | 28 | 23 | 28 | 33 | |
| SE and SW | 16 | 11 | 21 | 16 | 11 | 26 | 21 | 16 | 26 | 21 | 26 | 21 | 26 | 31 | |
| South | 11 | 6 | 16 | 11 | 6 | 21 | 16 | 11 | 21 | 16 | 21 | 16 | 21 | 26 | |
| <i>Roofs and ceilings</i> | | | | | | | | | | | .. | .. | .. | .. | |
| Attic or flat built-up | 42 | 37 | 47 | 42 | 37 | 51 | 47 | 42 | 51 | 47 | 51 | 47 | 51 | 56 | |
| <i>Floors and ceilings</i> | | | | | | | | | | | .. | .. | .. | .. | |
| Under conditioned space, over unconditioned room, over crawl space | 9 | 4 | 12 | 9 | 4 | 14 | 12 | 9 | 14 | 12 | 14 | 12 | 14 | 19 | |
| <i>Partitions</i> | | | | | | | | | | | .. | .. | .. | .. | |
| Inside or shaded | 9 | 4 | 12 | 9 | 4 | 14 | 12 | 9 | 14 | 12 | 14 | 12 | 14 | 19 | |

^aCooling load temperature differences (CLTDs) for single-family detached houses, duplexes, or multifamily, with both east and west exposed walls or only north and south exposed walls, °F.

^bL denotes low daily range, less than 16 °F; M denotes medium daily range, 16 to 25 °F; and H denotes high daily range, greater than 25 °F.

Reprinted with permission from the 1997 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

- (a) လူနေအိမ်(single-family detached houses) duplexes သို့မဟုတ် multifamily အတွက် Cooling Load Temperature Differences(CLTDs) ဖြစ်သည်။ အရှေ့ဘက်နှင့် အနောက်ဘက်မျက်နှာ(both east and west exposed walls) သို့မဟုတ် north and south exposed walls(°F) များတွက် ဖြစ်သည်။

(b)

L denotes low daily range, less than 16°F:

M denotes medium daily range, 16 to 25°F and

H denotes high daily range, greater than 25°F

၆.၂၂ Cooling Load From Heat Gain Through Structure

နံရံများ(walls)၊ ခေါင်မြို့(roof)၊ မျက်နှာကြုံ(ceiling) နှင့် တွေ့မ်ခင်း(floor)တို့ကို ဖြတ်၍ ဖြစ်ပေါ်လာသည့် cooling load ကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည့် ညီမျှခြင်း(following equation)ဖြင့် တွက်ပါ။

$$Q = U \times A \times CLTD \quad (6.8)$$

Where

Q = sensible cooling load (BTU/hr)

U = overall heat transfer coefficient (BTU/hr-ft²- °F)A = area (ft²)

CLTD = cooling load temperature difference (°F)

Table 6.19 တွင် CLTD value များကို ဖော်ပြထားသည်။ L (low) ၊ M (medium) and H (high) စသည်ဖြင့် outdoor temperature range များကို ခွဲခြားဖော်ပြထားသည်။ Table A.6 တွင် တွေ့ခြင်နိုင်သည်။

CLTD table သည် အခန်းအပူချိန်(indoor temperature) 75°F ကို အခြေခံထားသည်။ တရား indoor temperature များအတွက် CLTD ကို correction လုပ်ရန် လိုအပ်သည်။ ယေားသည် 75°F ကို အခြေခံထား ဆောက်လာင့် 1°F ကွာခြားမှ ရှိတိုင်း 1°F correction လုပ်ပေးရန် လိုအပ်သည်။ (corrected by 1°F for each 1°F temperature difference from 75°F)

ယေားတွင် ဖော်ပြထားသည့် အပူချိန်(listed outdoor temperature values)အကြားတွင် CLTD value များကို interpolated လုပ်ရန် လိုအပ်သည်။ မျက်နှာပြင်(exposed surfaces)များ၏ အရောင်သည် အနက်ရောင် ဖြစ်သည်ဟု ယူဆသည်။

ဥပမာ (၆-၁)

အိမ်တစ်လုံး၏ ခေါင်မြို့ နေ့ယာသည် (၁၆၀၀)စတုရန်းပေ ဖြစ်သည်။ အခန်းတွင်းအပူချိန်(inside design condition)သည် 78°F ဖြစ်သည်။ ပြင်ပအပူချိန်(outdoor design condition)သည် 90°F ဖြစ်သည်။ Outdoor daily temperature range သည် 20°F ဖြစ်သည်။ ခေါင်းမြို့နှင့် မျက်နှာကြုံပေါင်းထားသည့်(combined roof-ceiling) U-factor သည် 0.09 ဖြစ်လျှင် roof cooling load ကို ရှာပါ။

အဓိက

Equation 6.8 အသုံးပြု၍ တွက်သည်။ CLTD တန်ဖိုးကို Table 6.19 မှ ဖတ်ယူသည်။ သက်ဆိုင်သည့် အခန်းတွင်း ဒီဇိုင်းအပူချိန်(inside design temperature)သည် 78°F ဖြစ်သည်။ Outdoor temperature range သည် M class ဖြစ်သည်။

$$CLTD = 42 - (78 - 75) = 39°F$$

$$Q = 0.09 \times 1600 \times 39 = 5620 \text{ BTU/hr}$$

၆.၂၃ Cooling Load From Heat Gain Through Windows

ပြတ်းပေါက်နှင့်တံ့ခါး(windows and doors)မှ ဖုန်(glass)များကို ဖြတ်၍ ဝင်ရောက်လာသည့် heat gain များကြောင့် sensible cooling load ဖြစ်ပေါ်သည်။ Table 6.20 တွင် Glass Load Factors (GLF) ဖော်ပြထားသည်။ GLF value များသည် solar radiation နှင့် conduction through glass နှစ်မျိုးကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည်ပောက် ဖြစ်သည်။ Value များသည် ယေားတွင် ဖော်ပြထားသည့် အပူချိန်(listed outdoor temperature values) အကြားတွင် ရောက်နေလျှင် interpolate လုပ်ရန် လိုအပ်သည်။

Equation 6.11 ကို အသုံးပြု၍ glass sensible cooling load ကို တွက်ယူသည်။

$$Q = A \times GLF \quad (6.9)$$

Where

Q = sensible cooling load due to heat gain through glass (BTU/hr)

A = area of glass (ft^2)GLF = glass load factor (BTU/hr- ft^2)

ဥပမာ (၆-၁၉)

လူနေအိမ်(residence)တစ်အိမ်သည် 80 ft^2 ကျယ်ဝန်းသည်။ အနောက်ဘက်မျက်နှာတွင်မှန်တစ်ထပ်သာ (regular single glass on the west side) ပါသည်။ ခန်းဆီး သို့မဟုတ် လိုက်ကာ(draperies) ပါသည်။ ပြင်ပ အပူချိန်(outdoor design temperature)သည် 95°F ဖြစ်သည်။ မှန်(glass)ကို ဖြတ်၍(through) ဖြစ်ပေါ်လာမည့် cooling load ကို ရှာပါ။

အကြောင်း

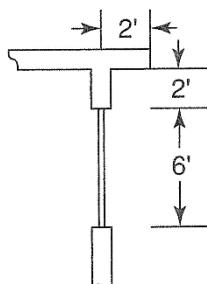
Table 6.20 မှ GLF သည် 50 BTU/hr- ft^2 ဖြစ်သည်။ ပြတ်းပေါက်(window)မှ ဖြစ်ပေါ်သည့် cooling load ရရန် equation 6.9 ကို အသုံးပြုသည်။

$$Q = 50 \text{ BTU/hr-}\text{ft}^2 \times 80 \text{ ft}^2 = 4000 \text{ BTU/hr}$$

အပြင်ဘက်တွင် အသေတပ်ဆင်ထားသည့် overhang မှ ပြတ်းပေါက်မှန်များပေါ်သို့ အရိပ်ကျရောက်စေ သောကြောင့် တွက်နည်းပုံစံမတူပေါ်။ ပထမဗီးစွာ ကျရောက်မည့်အရိပ်အရွယ်အစားကို တွက်ရန်လိုသည်။ Table 6.21 ကို အသုံးပြုသည်။

ပြတ်းပေါက်မှန်ပေါ်သို့ အရိပ်ကျရောက်သည့် ဒေါင်လိုက်အမြင့်(vertical length of shading)ကိုတွက်ရန် ထောက်နာပြင် နေရာ၏ အရိပ်ကျရောက်(part of the glass which is shaded) နေသည့်အပိုင်းအတွက် table 6.20 မှတန်ဖိုးများကို အသုံးပြုသည်။ Table 6.20 မှ တန်ဖိုးများသည် ဖောက်အရပ်ကို မျက်နှာမှုထားသည့် မှန်(north facing glass)များဖြစ်သည်။ ငါးတို့သည် အရိပ်ကျရောက်နေသည့် မှန်၏ တန်ဖိုးများနှင့် တူညီသည်။

အနောက်မြောက် အရပ်(northwest)နှင့် အရေးမြောက်အရပ်(northeast)တို့အတွက် shade line factor များကို ဖော်ပြုမထားပေါ်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ထိမျက်နှာမှုရာဘက်(orientations)တွင် overhang များ တပ်ဆင် လေ့မရှိ သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ အနောက်မြောက်အရပ်နှင့် အရေးမြောက်အရပ်မျက်နှာတို့၏ overhang သို့မဟုတ် sun shade တပ်ဆင်လေ့ မရှိသောကြောင့် ထိအရပ် မျက်နှာများအတွက် shade line factor များကို ထောက်တွင် ဖော်ပြု မထားပါ။



ဥပမာ (၆-၂၀)

တောင်ဘက်မျက်နှာမှုသည့်နံရုံ(south wall)တွင် (၆)ပေမြင့်သည့် ပြတ်းပေါက် (6 ft high picture window) တစ်ခရီးသည်။ Roof overhang တပ်ဆင်ထားပုံကို ပုံ(၆-၇) တွင် ပြထားသည်။ Savannah, Georgia အရပ်တွင် အောက်လုပ်ထားသည့် အိမ် တစ်ဆောင်(house) ဖြစ်သည်။ အရိပ်ကျရောက်နေသည့် မှန်မော်ယာ(shaded glass area)ကို ရှာပါ။

ပုံ(၆-၇)

အကြောင်း

Savannah သည် 32°N လတ္တိတွင်(latitude)အရပ်တွင် တည်ရှိသည်။ Table 6.21 မှဖတ်လျှင် shade line factor သည် 5.0 ဖြစ်သည်။ အရိပ်၏ ဒေါင်လိုက်အမြင့်(vertical length of shade)သည် $2 \times 5.0 = 10.0 \text{ ft}$ ဖြစ်သည်။ မှန်၏ အောက်ခြေ(bottom of the glass)သည် overhang အောက်(r)ပေတွင် (8 ft below the overhang)ရှိသည်။ ထိုကြောင့် မှန်တစ်ခုလုံးသည် အရိပ်ကျရောက်ခြင်း(glass is completely shaded) ဖြစ်သည်။

အကယ်၍ နံရုံသည် အနောက်တောင်ဘက်သို့ မျက်နှာမူလျှင်(wall faced southwest) အရိပ်၏ ဒေါင်လိုက်အမြင့်(shade extends vertically)သည် $1.6 \times 2 = 3.2$ ft ဖြစ်သည်။ (၁)ပေခန်းသာ အရိပ်ကျလိမ့်မည်။ (barely covers one foot of glass) မျက်နှာမူရာအရပ်(orientation)နှင့် design တို့သည် အဆောက်အအီ(building) စွမ်းအင်သုံးစွဲမှ နည်းစေသည့် အမိကအချက် ဖြစ်သည်။

၆.၂၄ People And Appliances

လူရှယ်တစ်ယောက်မှ ထွက်သည့်အပူ(sensible heat gain per person)ကို ပုံမှုးမျှ(average) 225 BTU/hr အဖြစ် ယူဆသည်။ အခန်းအတွင်း၌ ရှိနေမည့် လူအရေအတွက်(number of occupants)ကို အတိအကျ မသိနိုင်လျှင် အိပ်ခန်း(bed room) အရေအတွက်၏ နှစ်ဆေအဖြစ် ယူဆနိုင်သည်။ Maximum load သည် နောက်လိုင်းနောက်လိုင်း(late afternoon)တွင်သာ ဖြစ်ပေါ်လေ့ရှိသည်။

လူများသည် ညည်ခန်းနှင့် ထမင်းတားခန်းတို့တွင် ရှိနေမည်ဟု ယူဆသတ်မှတ်ပါသည်။(it is usual to assume that the occupants are in living and dining areas for purposes of load distribution.)

1200-1600 BTU/hr ပမာဏကို မီးဖို့ချောင်(typical for kitchen appliances)အတွက် sensible heat gain allowance အဖြစ်သတ်မှတ်သည်။ အကယ်၍ မီးဖို့ချောင်(kitchen)သည် အနီးရှိအခန်းနှင့် ကပ်ပျက်ရှိလျှင်(open to an adjacent room) ၅၀% ကို ဘေးခန်းသို့ (50% of this load should be assigned to that room) ရောက်သွားလိမ့်မည်ဟု ယူဆသတ်မှတ်သည်။ ကြီးမားသည့်(large) special appliance များကို အသုံးပြုထားလျှင် output သီးခြား ထွက်ယူရမည်။

TABLE 6.20 WINDOW GLASS LOAD FACTORS (GLF) FOR SINGLE-FAMILY DETACHED RESIDENCES^a

| Design Temperature, °F | Regular Single Glass | | | | | | Regular Double Glass | | | | | | Heat-Absorbing Double Glass | | | | | | Clear Triple Glass | | | | |
|--|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------------|----|----|-----|-----|-----|--------------------|-----|-----|--|--|
| | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 85 | 90 | 95 | | |
| <i>No inside shading</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| North | 34 | 36 | 41 | 47 | 48 | 50 | 30 | 30 | 34 | 37 | 38 | 41 | 20 | 20 | 23 | 25 | 26 | 28 | 27 | 27 | 30 | | |
| NE and NW | 63 | 65 | 70 | 75 | 77 | 83 | 55 | 56 | 59 | 62 | 63 | 66 | 36 | 37 | 39 | 42 | 44 | 44 | 50 | 50 | 53 | | |
| E and W | 88 | 90 | 95 | 100 | 102 | 107 | 77 | 78 | 81 | 84 | 85 | 88 | 51 | 51 | 54 | 56 | 59 | 59 | 70 | 70 | 73 | | |
| SE and SW ^b | 79 | 81 | 86 | 91 | 92 | 98 | 69 | 70 | 73 | 76 | 77 | 80 | 45 | 46 | 49 | 51 | 54 | 54 | 62 | 63 | 65 | | |
| South ^b | 53 | 55 | 60 | 65 | 67 | 72 | 46 | 47 | 50 | 53 | 54 | 57 | 31 | 31 | 34 | 36 | 39 | 39 | 42 | 42 | 45 | | |
| Horizontal skylight | 156 | 156 | 161 | 166 | 167 | 171 | 137 | 138 | 140 | 143 | 144 | 147 | 90 | 91 | 93 | 95 | 96 | 98 | 124 | 125 | 127 | | |
| <i>Drapery, venetian blinds, translucent roller shades fully drawn</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| North | 18 | 19 | 23 | 27 | 29 | 33 | 16 | 16 | 19 | 22 | 23 | 26 | 13 | 14 | 16 | 18 | 19 | 21 | 15 | 16 | 18 | | |
| NE and NW | 32 | 33 | 38 | 42 | 43 | 47 | 29 | 30 | 32 | 35 | 36 | 39 | 24 | 24 | 27 | 29 | 29 | 32 | 28 | 28 | 30 | | |
| E and W | 45 | 46 | 50 | 54 | 55 | 59 | 40 | 41 | 44 | 46 | 47 | 50 | 33 | 33 | 36 | 38 | 38 | 41 | 39 | 39 | 41 | | |
| SE and SW ^b | 40 | 41 | 46 | 49 | 51 | 55 | 36 | 37 | 39 | 42 | 43 | 46 | 29 | 30 | 32 | 34 | 35 | 37 | 35 | 36 | 38 | | |
| South ^b | 27 | 28 | 33 | 37 | 38 | 42 | 24 | 25 | 28 | 31 | 31 | 34 | 20 | 21 | 23 | 25 | 26 | 28 | 23 | 24 | 26 | | |
| Horizontal skylight | 78 | 79 | 83 | 86 | 87 | 90 | 71 | 71 | 74 | 76 | 77 | 79 | 58 | 59 | 61 | 63 | 63 | 65 | 69 | 69 | 71 | | |
| <i>Opaque roller shades fully drawn</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| North | 14 | 15 | 20 | 23 | 25 | 29 | 13 | 14 | 17 | 19 | 20 | 23 | 12 | 12 | 15 | 17 | 17 | 20 | 13 | 13 | 15 | | |
| NE and NW | 25 | 26 | 31 | 34 | 36 | 40 | 23 | 24 | 27 | 30 | 30 | 33 | 21 | 22 | 24 | 26 | 27 | 29 | 23 | 23 | 26 | | |
| E and W | 34 | 36 | 40 | 44 | 45 | 49 | 32 | 33 | 36 | 38 | 39 | 42 | 29 | 30 | 32 | 34 | 35 | 37 | 32 | 32 | 35 | | |
| SE and SW ^b | 31 | 32 | 36 | 40 | 42 | 46 | 29 | 30 | 33 | 35 | 36 | 39 | 26 | 27 | 29 | 31 | 32 | 34 | 29 | 29 | 31 | | |
| South ^b | 21 | 22 | 27 | 30 | 32 | 36 | 20 | 20 | 23 | 26 | 27 | 30 | 18 | 19 | 21 | 23 | 24 | 26 | 19 | 20 | 22 | | |
| Horizontal skylight | 60 | 61 | 64 | 68 | 69 | 72 | 57 | 57 | 60 | 62 | 63 | 65 | 52 | 52 | 55 | 57 | 57 | 59 | 56 | 57 | 59 | | |

^aGlass load factors (GLFs) for single-family detached houses, duplexes, or multifamily, with both east and west exposed walls or only north and south exposed walls, Btu/h • ft².

^bCorrect by +30% for latitude of 48° and by -30% for latitude of 32°. Use linear interpolation for latitude from 40 to 48° and from 40 to 32°.

To obtain GLF for other combinations of glass and/or inside shading: $GLF_a = (SC_a/SC_t)(GLF_t - U_aD_t) + U_aD_r$, where the subscripts *a* and *t* refer to the alternate and table values, respectively. SC_i and U_i are given in Table 5. $D_t = (t_a - 75)$, where $t_a = t_o - (DR/2)$; t_o is the outdoor design temperature and DR is the daily range.

Reprinted with permission from the 1997 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

၆.၅ Infiltration And Ventilation

Table 6.22 တွင် infiltration rate များကို Air Changes per Hour (ACH) နှင့်ဖြင့်ဖော်ပြထားသည်။ လေလုံမှုအဆင့် (ဂ)ဆင့်(three categories of construction tightness)ခွဲ၍ ဖော်ပြထားသည်။

(၁) အလွန်လေလုံသည်။ (Tight)

ပြတင်းပေါက်များနှင့် တံခါးများကို ကောင်းစွာလေလုံအောင် တပ်ဆင်(well fitted windows and doors) ထားသည်။ Weather stripping များ တပ်ဆင်ထားသည်။ ဆောင်းအခါ အိမ်အတွင်း၌ မီးလုံသည့် ဖို့နှင့် ခေါင်းတိုင်(fireplace) မရှိပါ။

(၂) လေအသင့်အတင့်လုံသည်။ (Medium)

ပြတင်းပေါက်များနှင့် တံခါးများကို အသင့်အတင့် လေလုံအောင် တပ်ဆင်(average fit windows and doors) ထားသည်။ ဆောင်းအခါ အိမ်အတွင်း၌ မီးလုံသည့် ဖို့ဖို့နှင့် ခေါင်းတိုင်(fireplace) တပ်ဆင်ထားသော်လည်း မသုံးသည့်အခါ ပိတ်ထား(closed off)သည်။

(၃) လေလုံမှုနည်းသည်။ (Loose)

ပြတင်းပေါက်များနှင့် တံခါးများသည် လေမပုံ(Poorly fitted windows and doors)ပါ။ ဆောင်းအခါ အိမ်အတွင်း၌ မီးလုံသည့် ဖို့ဖို့နှင့် ခေါင်းတိုင်(fireplace) တပ်ဆင်ထားသော်လည်း မသုံးသည့်အခါ ပိတ်ထား၍ မရ(without shutoff)ပါ။

TABLE 6.21 SHADE LINE FACTORS (SLF)

| Direction Window Faces | Latitude, Degrees N | | | | | | |
|------------------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 24 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 |
| East | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| SE | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 0.9 |
| South | 9.2 | 5.0 | 3.4 | 2.6 | 2.1 | 1.8 | 1.5 |
| SW | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 0.9 |
| West | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |

Shadow length below the overhang equals the shade line factor times the overhang width. Values are averages for the 5 h of greatest solar intensity on August 1. Reprinted with permission from the 1997 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

TABLE 6.22 AIR CHANGE RATES AS A FUNCTION OF OUTDOOR DESIGN TEMPERATURES

| Class | Outdoor Design Temperature, °F | | | | | |
|--------|--------------------------------|------|------|------|------|------|
| | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 |
| Tight | 0.33 | 0.34 | 0.35 | 0.36 | 0.37 | 0.38 |
| Medium | 0.46 | 0.48 | 0.50 | 0.52 | 0.54 | 0.56 |
| Loose | 0.68 | 0.70 | 0.72 | 0.74 | 0.76 | 0.78 |

Values for 7.5 mph wind and indoor temperature of 75°F.

Reprinted with permission from the 1997 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

အောက်ပါညီမှုခြင်းကို အသုံးပြ၍ အခန်း(room)အတွင်းသို့ လေစိမ့်ဝင်လာမည့်ပမာဏ(quantity of air infiltrating)ကို တွက်ယူနိုင်သည်။

$$CFM = ACH \times \frac{V}{60} \quad (5.12)$$

Where

CFM = air infiltration rate into room (CFM)

Q = sensible cooling load due to infiltrating air CFM = from Equation 5.12

TC = temperature change between inside and outdoor air

အကယ်၍ infiltration air ပမာဏသည် 0.5 ACH ထက်နည်းလျှင် လေအရည်အသွေး(indoor air quality) သည် လက်ခံနိုင်သည့် အကြောင်း မရရှိနိုင်ပေါ့၊ ထိုကဲ့သို့ အကြောင်းမျိုးတွင် ပြင်ပလေ(outdoor air) ထည့်ပေးရန် လိုအပ်သည်။

၆.၂ Room, Building, And Air Conditioning Equipment Loads

Room Sensible Cooling Load (RSCL)

Room Sensible Cooling Load(RSCL)သည် အခန်း တစ်ခန်းချင်းစီမှ ဖြစ်ပေါ်သည့် sensible cooling load ဖြစ်သည်။

Building Sensible Cooling Load (BSCL)

အခန်း တစ်ခန်းချင်းစီ၌ ဖြစ်ပေါ်သည့် room sensible cooling load စုစုပေါင်းသည် Building Sensible Cooling Load (BSCL) ဖြစ်သည်။

Duct Heat Gains

(က) Ducts in attics

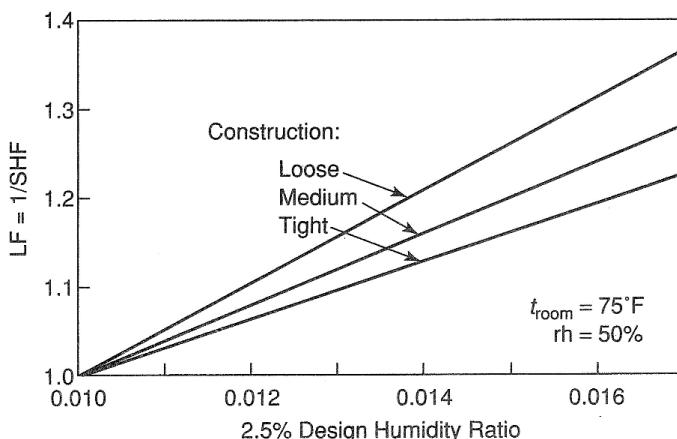
Ducts in attics များအတွက် building sensible cooling load ၏ 10% ထည့်ပေါင်းပေးရန် လိုသည်။

(ခ) Ducts in crawl space or basement

မြေအောက်ခန်းနှင့် crawl space အတွင်းရှိ duct များအတွက် building sensible cooling load ၏ 5% ထည့်ပေါင်းပေးရန် လိုသည်။

Duct Leakage

Duct များမှ လေယိုစိမ့်မှု(air leakage)များအတွက် building sensible cooling load ၏ 5% ထည့်ပေါင်းပေးရန် လိုသည်။



၄-၈ Effect of infiltration on latent load factor.

(Reprinted with permission from the 1993 ASHRAE Handbook—Fundamentals.)

Equipment Sensible Cooling Load

Equipment Sensible Cooling Load သည် building sensible cooling load နှင့် duct heat gain leakage တို့ ပေါင်းချုပ် ရသည့်တန်ဖိုး ဖြစ်သည်။

Latent Cooling Load

Residential calculation တွက်နည်း(procedure)သည် အကျဉ်းချုပ်ထားသည့်(abbreviated) တွက်နည်း ဖြစ်သောကြောင့် latent load ကို သီးသန် ထည့်တွက်ခြင်း မရှိပါ။ Building sensible load ကို ခန့်မှန်းထားသည့် တန်ဖိုး(approximated)ကို Latent Factor(LF)ဖြင့် ဖြောက်၍ building total load ရရှိသည့်နည်းဖြစ်သည်။

Outdoor design humidity ratio ဖတ်ယူ၍ psychrometric chart မှ Latent Factor(LF) value ကို ရရှိနိုင်သည်။ အောက်ပါညီမှုခြင်းကို အသုံးပြု၍ equipment total cooling load ကို တွက်ယူနိုင်သည်။

$$Q_T = Q_s \times LF \quad (6.10)$$

Where

Q_T = equipment total cooling load (BTU/hr)

Q_s = equipment sensible cooling load (BTU/hr)

LF = latent factor (ပုံ ၆-၈)

တွက်ထားသည့်(calculated) equipment total cooling load ကို အခြေခံ၍ air conditioning unit ကို ရွေးချယ်သည်။ Unitary (packaged) equipment များကို ထုတ်လုပ်သူများရောင်းချသည့် အရွယ်အစား အတိုင်းသာ ဝယ်ယူရရှိနိုင်သည်။ Central system ဖွင့် တပ်ဆင်ထားသည့် Air Handling Unit (AHU)များကဲ့သို့ အလိုရှိသည့် sensible cooling load နှင့် latent cooling load အချို့(SHR)ကို ရရှိရန် မဖြစ်နိုင်ပေ။

၆.၂၇ Summary of Residential Cooling Load Calculation Procedures

Residential cooling load တွက်နည်းအဆင့်များ(steps)ကို အောက်တွင် အကျဉ်းချုပ်ဖော်ပြု(summarized as follows)ထားသည်။

- (၁) Table 1.1 နှင့် A.9 တို့မှ အခန်းအတွင်း(inside)နှင့် အခန်းပြင်ပ အပုံချိန်(outdoor design temperatures) များကို ရွေးချယ်ပါ။
- (၂) အခန်းတိုင်း(each room)ရှိ external heat gain ဖြစ်ပေါ်စေမည့် မျက်နှာပြင်များ အားလုံး၏ အတိုင်း အတာများ ရအောင် ပို့ကာပုံများ(architectural plans)မှ တိုင်းယူပါ။
- (၃) မျက်နှာပြင်များအားလုံး၏ ဧရိယာကို တွက်ပါ။ (calculate areas of all these surfaces)
- (၄) Table A.7 သို့မဟုတ် A.8 မှ တစ်မျိုးချင်းစီ၏ heat transfer coefficient တန်ဖိုးကို ရွေးချယ်ပါ။ တစ်ခုချင်းစီ၏ R တန်ဖိုးကိုတွက်ပါ။ (calculate from individual R-values)
- (၅) Table 6.19 မှ CLTD တန်ဖိုးများကို အသုံးပြု၍ နံရံများ(walls)၊ ခေါင်များ(roof) နှင့် ကြမ်းခင်း(floors) အခန်းတိုင်း(each room)အတွက် heat gain များကို တွက်ပါ။
- (၆) Table 6.20 နှင့် Table 6.21 တို့ကို အသုံးပြု၍ အခန်းတိုင်း(each room)မှ မှန်(glass)ကို ဖြတ်၍(through) ဖြစ်ပေါ်လာသည့် heat gain ပမာဏကို တွက်ပါ။
- (၇) လုပ်များ(occupancy)နှင့် ကိစိယာ(appliance) load တို့ကို သတ်မှတ်ပါ။
- (၈) Infiltration နှင့် ventilation load သတ်မှတ်ပါ။
- (၉) တွက်ထားသည့် load တစ်ခုချင်း(individual loads)ကို ပေါင်းပါ။ တစ်ခုနှင့်ချင်းစီ(each room)နှင့် အဆောက် အအီး(building) တစ်ခုလုံး၏ sensible load ကို တွက်ပါ။
- (၁၀) Duct heat gain နှင့် လေယိုစိမ့်မှု(leakage)တို့ကို Building Sensible Cooling Load (BSCL)တွင် ထည့်ပေါင်းပါ။
- (၁၁) ပုံ(၆-၈)တွင် ဖော်ပြထားသည့် latent load factor အတိုင်း Building sensible cooling load ကို Latent Factor(LF) ဖြောက်ပါ။ ရရှိသည့် ရောင်းချသည့် air conditioning equipment ၏ total cooling load ဖြစ်သည်။

Residential cooling load calculation form ကို ပုံ(၆-၉)နှင့် Appendix တွင် ဖော်ပြထားသည်။ တွက်နည်းအဆင့်ဆင့်(calculation procedure)ကို ဥပမာအဖြစ် တွက်ပြထားသည်။ လေ့လာသူများအနေဖြင့် အဆင့်တိုင်းကို တွက်တတ်အောင် လေ့ကျင့်ပါ။

ဥပမာ (၆-၂၁)

ပုံ(၆-၁၀)တွင် ပြထားသည့်အတိုင်း လူနေအိမ်(residence)အတွက် room and building cooling load ကို တွက်ပါ။

အကြောင်း

ပြီးခဲ့သည့် တွက်နည်းအတိုင်း တွက်ယူသည်။ တစ်ဆင့်ချင်းစီမှ ရရှိသည့် အဖြေများကို ပုံ(၆-၉)တွင် ဖော်ပြထားသည်။

(၁) ဒီဇိုင်းအခန်း အပူရျိန်နှင့် ပြင်ပအပူရျိန်(indoor and outdoor design temperatures)သည် 75°F နှင့် 96°F ဖြစ်သည်။

(၂-၃) အဆောက်အအိုပုံ(building plans)မှ အတိုင်းအတွေး(dimensions)များ ရယူပါ။ နံရုံ၊ ခေါင်းစီး၊ တံခါး စသည်တို့ element တစ်ခုချင်းစီ၏ gross area နှင့် net area များကို တွက်ပါ။ ပုံ(၆-၉)တွင် ပြထားသည့် form ထဲတွင် ထည့်သွင်းပါ။ သီးခြားတံခါး(separating door) မရှိသောကြောင့် Hallway ကို living room ၏ အစိတ်အပိုင်းအဖြစ် သတ်မှတ်သည်။

(၄) Table A.7 နှင့် A.8 မှ ဆောက်လုပ်ထားသည့် ပစ္စည်းများ(materials)၏ heat transfer coefficient တန်ဖိုး ရယူပါ။

(၅) Table 6.19 မှ CLTD value ကို ရွှေ့ချယ်ပါ။ Outdoor temperature range သည် 22°F ဖြစ်သည်။ အဆောက်အအိုသည် M class ဖြစ်သည်။ အခန်းတစ်ခန်းချင်းစီ၏ wall heat gain ကို တွက်ယူသည်။ Equation 6.8 နှင့် ပုံ(၆-၉)ကို အသုံးပြု၍ တွော့း element များကို အလားတူ ပုံစံမျိုး တွက်ပါ။ (Other elements are calculated in the same way.)

(၆) Table 6.20 မှ ပြင်ပအပူရျိန် 95°F နှင့် အခန်းတွင်း အပူရျိန် 75°F အတွက် တောင်ဘက်မျက်နှာများသည် ပြတင်းပေါက်(windows on the south side)အတွက် မှန်(glass) နှင့် shading အတွက် CLF သည် 28 BTU/hr-ft² ဖြစ်သည်။ Heat gain များကို တွက်သည်။

(၇) အိပ်ခန်း(၂)ခန်းပါသည့်အိမ်(two bedroom house) ဖြစ်သောကြောင့် လူလေးယောက် နေထိုင်သည် (occupancy of four)ဟု ယူဆသည်။ Peak load ဖြစ်ပေါ်သည့် အချိန်၌ လူနှစ်ယောက်သည် ညွှန်ခန်းတွင် ရိုးနေမည်ဟု ယူဆသည်။ ကျွန်းလူနှစ်ယောက်သည် ထမင်းတားခန်းတွင် ရိုးနေမည်ဟု ယူဆ (assumed)သည်။ Kitchen appliance load များ အတွက် 1200 BTU/hr ခန့်ထည့်တွက်ရန် ယူဆ ထားသည်။

(၈) Infiltration ပမာဏ ရရှိသည်။ Table 6.22 နှင့် equation 3.12 တို့မှ infiltration နည်းခြင်း ကြောင့် Indoor Air Quality(IAQ) ညွှန်ပြုခြင်းနှင့်သည်။ ပြင်ပလေ(outside air)များကို fan ဖြင့် မောင်းထည့်ပေးခြင်း ကြောင့် cooling load ပိုများလာနိုင်သည်။

(၉) အဆောက်အအို(building)ရှိ အခန်းတိုင်း(each room)၏ RSCL ရရှိရန် individual gain များ အားလုံးကို ပေါင်းထည့်သည်။

(၁၀) မြေအောက်ခန်း(basement)တွင် duct system တပ်ဆင်ထားသည်။ Building Sensible Cooling Load (BSCL)ထဲတွင် heat gain အတွက် ၅% နှင့် လေယိုစိမ့်မှု(leakage)အတွက် ၅% အပိုဆောင်းထည့်ပေါင်း ပေးရမည်။

(၁၁) Total load ရရှိအတွက် BSCL ကို LF factor နှင့် ကြောက်(multiply)ပါ။ ပုံ(၆-၈)မှ latent load factor ကိုခန့်မှန်းပါ။

RESIDENTIAL COOLING Project A. Jones Residence
LOAD CALCULATIONS Location Hometown, MO Out. DB 96 F In. DB 75 F D.R. 22 F
Out. WB 77 F In. RH 50 % ACH 0.5

| Room Name | Living Room | | | | Dining Room | | | | Bedroom No. 1 | | | | Bedroom No. 2 | | | | | | | |
|--------------|------------------|-----|------|------|-------------|----|-----|------|-----------------|--------|------|-----|-----------------|------|--------|-----|---|-----|------|--------|
| Plan Size | 21 x 12 + 21 x 4 | | | | 9 x 10 | | | | 14 x 12 + 3 x 4 | | | | 10 x 11 + 3 x 4 | | | | | | | |
| | D. | U | A | CLTD | BTU/hr | D. | U | A | CLTD | BTU/hr | D. | U | A | CLTD | BTU/hr | D. | U | A | CLTD | BTU/hr |
| Wall | S .20 | 104 | 16 | 333 | N .20 | 58 | 13 | 151 | W .20 | 106 | 23 | 488 | W .20 | 74 | 23 | 340 | | | | |
| | E .20 | 128 | 23 | 589 | E .20 | 66 | 23 | 304 | S .20 | 82 | 16 | 262 | N .20 | 74 | 13 | 192 | | | | |
| Roof/ceiling | .10 | 336 | 47 | 1579 | .10 | 90 | 47 | 423 | .10 | 180 | 47 | 846 | .10 | 122 | 47 | 573 | | | | |
| Floor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Partition | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Door | S .47 | 21 | 16 | 158 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | D. | | CLF | | | D. | | CLF | | | D. | | CLF | | | D. | | CLF | | |
| Windows | S .40 | 28 | 1120 | N | 14 | 23 | 322 | W | 14 | 50 | 700 | W | 14 | 50 | 700 | | | | | |
| | | | | E | 14 | 50 | 700 | S | 14 | 28 | 392 | N | 14 | 23 | 322 | | | | | |
| Infiltration | | | | 443 | | | | 119 | | | 238 | | | | | | | | | 161 |
| People | 2 x 225 | | | 450 | 2 x 275 | | | 550 | | | | | | | | | | | | |
| Appliances | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RSCL | | | | 4672 | | | | 2569 | | | 2926 | | | | | | | | | 2288 |

| Room Name | Kitchen | | | | Bathroom | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----------|----|-----|------|----------|----|-----|-----|------|--------|----|---|-----|------|--------|----|---|-----|------|--------|
| Plan Size | 9 x 10 | | | | 6 x 7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | D. | U | A | CLTD | BTU/hr | D. | U | A | CLTD | BTU/hr | D. | U | A | CLTD | BTU/hr | D. | U | A | CLTD | BTU/hr |
| Wall | D. N .20 | 37 | 13 | 96 | N .20 | 34 | 13 | 88 | | | | | | | | | | | | |
| Roof/ceiling | .10 | 90 | 47 | 423 | .10 | 42 | 47 | 197 | | | | | | | | | | | | |
| Floor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Partition | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Door | N .47 | 21 | 13 | 128 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | D. | | CLF | | | D. | | CLF | | | D. | | CLF | | | D. | | CLF | | |
| Windows | N .14 | 23 | 322 | N | 14 | 23 | 322 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Infiltration | | | | 119 | | | | 55 | | | | | | | | | | | | |
| People | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Appliances | | | | 1200 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RSCL | | | | 2288 | | | | 662 | | | | | | | | | | | | |

Building Total

NOTES: Ceiling ht. = 8'0". Single clear glass, blinds.

Sum RSCL = 15,405

U_w = 0.20, U_r = 0.10, U_d = 0.47.

Duct gain 5 % = 770

Windows 3.5' W x 4' H, except as noted.

Duct leak 5 % = 770

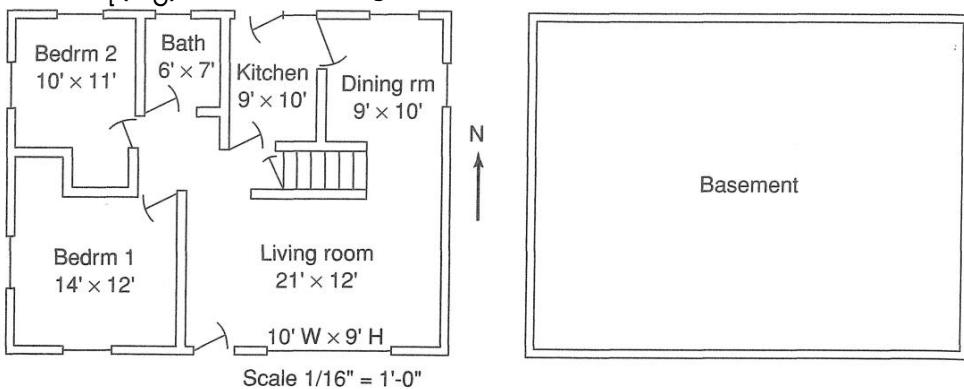
Doors 3' x 7'.

BSCL = 16,945

BTCL = 1.25 x BSCL = 21,181 BTU/hr

Unit size = 2 tons

ဗုဒ္ဓရေး Residential cooling load calculations form.



ဗုဒ္ဓရေး Plan for ဥပဒေ (ဗုဂံ)

၆.၂ Energy Conservation

Building cooling load ကို လျော့နည်းအောင်ပြုလုပ်နိုင်ခြင်း(reducing)သည် စွမ်းအင်ချေတာနိုင်ရန် (energy conservation)အတွက် အဓိုဒ္ဓအရေး(major opportunity)ကောင်း ဖြစ်သည်။ Building cooling load လျော့နည်းစေနိုင်သည့် နည်းလမ်းများကို အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည်။

- (a) အဆောက်အဦး(building) တစ်ခုလုံးတွင် R-value မြင့်သည့် insulation များကို သုံးပါ။
- (b) Table A.9 ကို အသုံးပြု၍ summer outdoor design တန်ဖိုးများဖြစ်သည့် DB temperature နှင့် coincident WB temperature ကို ရှာပါ။
- (c) အခန်းအတွင်း ဒီဇိုင်းအပူချိန်(inside design DB temperatures)ကို 78°F မှ 80°F အတွင်း အသုံးပြုပါ။ 78-80°F သည် သက်သောင့်သက်သာ ဖြစ်စေသည့် အပူချိန်(adequate comfort for most applications) ဖြစ်သည်။ ယခင်အချိန် သုံးသည့်(past practice) 75°F ဒီဇိုင်းအချိန်သည် ယခုအခါ စွမ်းအင်ဖြန်းတိုးရာ ရောက်သည်ဟု(even lower is wasteful) ယူဆလာကြသည်။
- (d) အပူစုပ်ယူနိုင်သည့် မှန်(heat-absorbing glass)များကို အသုံးပြုရန် စဉ်းစားပါ။
- (e) ထိရောက်သည့် အရိပ်ကျစေနိုင်သည့် ကိရိယာ(effective interior shading devices)များ တပ်ဆင်ပါ။
- (f) အဆောက်အဦး၏ နေရာပို့သည့်ဘက်တွင် မှန်များ သုံးစွဲခြင်း လျော့ချု(minimize use of glass in building) ပါ။
- (g) Overhang သို့မဟုတ် sun shade စသည့် အပြင်ဘက်မှ အရိပ်ကျစေနိုင်သည့် ကိရိယာ(external shading device)များ တပ်ဆင်ထားပါ။ (Consider outside construction features that provide shading of glass.)
- (h) နွေရာသီတွင် solar radiation ဝင်ရောက်မှုနည်းစေရန်အတွက် သင့်လျော့သည့် အဆောက်အဦး၏ မျက်နှာမှ ရာဘက် ရွေးချယ်ပါ။ တစ်နည်းအားဖြင့် solar radiation များသည့်ဘက်တွင် မှန်ပေါ်ယာ အနည်းငယ်သာ တပ်ဆင်ပါ။ သို့မဟုတ် solar radiation နည်းသည့်ဘက်တွင် မှန်များများ တပ်ဆင်နိုင်သည်။ (Orient the building so that solar radiation in summer is minimum on sides with large glass areas.)
- (i) မလိုအပ်ဘဲ လင်းထိန်နေအောင် မီးများထွန်းထားခြင်းကြောင့် cooling load ပိုများသည်။ ထို့ကြောင့် lighting level ကို လိုအပ်ရုံးသာ ထားသင့်သည်။ (Avoid unnecessarily excessive lighting levels.)
- (j) Energy efficient ဖြစ်သည့် LED ၊ T8 ၊ T5 အမျိုးအစားများကို အသုံးပြုပါ။ (Use types of lighting that more efficiently convert electrical energy into light.) LED light သည် T8 ထက် လည်းကောင်း၊ T8 သည် T5 ထက်လည်းကောင်း ပို၍ efficient ဖြစ်သည်။
- (k) Heat storage နှင့် time lag ပမာဏရရန် မှန်ကန်သည့်တွက်နည်းများ(proper calculation procedures)ဖြင့် တွက်ပါ။

၆.၃ Problems

- (a) A building with a 120 ft by 80 ft roof, located in Cincinnati, Ohio, has a roof constructed of I in. wood with R-5.5 insulation and a suspended ceiling. The inside design condition is 78°F. Determine the net roof cooling load at
 - A. September 21 at noon
 - B. Time of peak roof heat gain
- (b) A southeast facing wall of a building located in Las Vegas, Nevada, is 90 ft by 24 ft. The wall is constructed of 8 in. concrete, R-5 insulation and ½ in. gypsum wallboard. The inside design condition is 77°F. Determine the cooling load through the wall at
 - A. June 15 at 11 AM

B. Time of peak wall heat gain"

- (၃) A building in Baltimore, Maryland, has 2300 ft² of exterior single glass with no interior shading. The inside design condition is 78°F. Determine the net conduction heat gain through the glass at 2 PM in summer.
- (၄) A building in Dallas, Texas, has 490 ft² of windows facing west, made of 1/4 in. single clear glass, with medium color interior venetian blinds. The building is of light construction. Find the maximum net solar cooling load through the windows. In what month and hour is this?
- (၅) A room in a building in New York City has a 12 ft (W) by 6 ft (H) window facing south. The building is of medium weight construction. The window is 1/4 in. single clear glass, with dark roller shades. There is a 3 ft outside projection at the top of the window. Find the solar cooling load through the window at 12 noon on July 1.
- (၆) A room has four 40 W fluorescent lighting fixtures and two 200 W incandescent fixtures in use. The cooling system is shut down during unoccupied hours. What is the cooling load from the lighting?
- (၇) Find the sensible and latent load from 180 people dancing in the Get Down Disco. The temperature is 78°F.
- (၈) The Squidget factory, which is air conditioned 24 hours a day, operates from 8 AM to 5 PM. It has 76 (male and female) employees doing light bench work. What is the cooling load at 1 PM? The temperature is 78°F.
- (၉) The Greasy Spoon Cafe has a 20 ft² steam table, without a hood. What are the sensible and latent heat gains?
- (၁၀) Find the peak cooling load for the general office shown in Figure 6.11, with the following conditions:

Location: Sacramento, California. Inside conditions 78°F DB, 50% RH

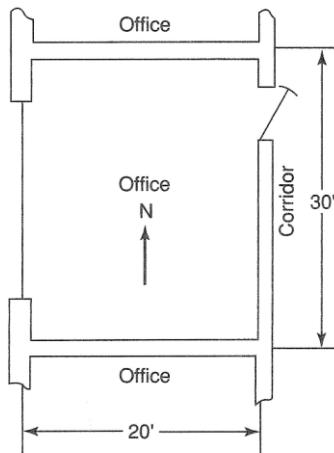
Wall: U = 0.28 BTU/hr- ft²-F, Group E

Window: 20 ft W x 6 ft H single clear glass, dark interior blinds

Occupancy: 10 people. Lights 4 W/ft² with ballast

Floor-to-floor height: 10 ft

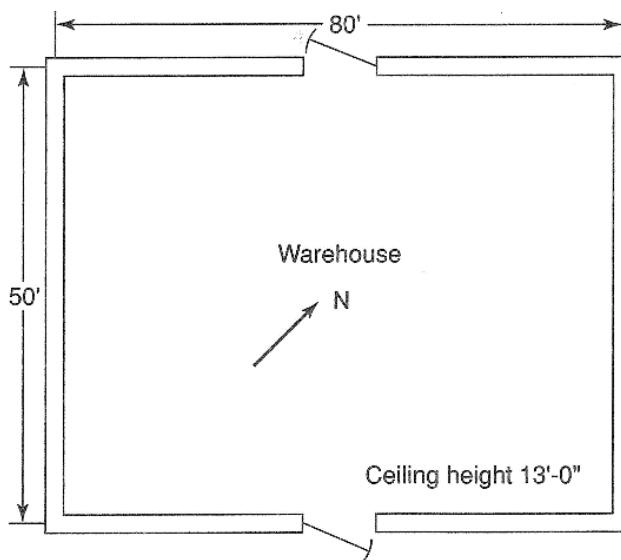
- (၁၁) The building shown in Figure 6.12, located in Ottawa, Canada, has the following conditions:
- Roof:** 4 in. h.w. concrete, R-5.5 insulation, finished ceiling Inside design conditions: 77°F, 55% RH
- Occupancy:** 80 ft²/person. Lighting is 2.5 W/ft². Determine the peak cooling load and the load at 11 AM June 30.



Note: Lightweight construction

ပုံ ၆-၁၁ ပုံစံ(၁၁)အတွက် ပုံ(Plan for Problem 6.10)

- (၁၂) Repeat Problem 6.12 for the building turned 45° clockwise, and 90° clockwise, and located in or near your community.



ပုံ ၆-၁၂ ပုံစံ(၁၃) အတွက် ပုံ(Plan for Problem 6.11)

- (၁၃) A room in a building in Memphis, Tennessee, has one exposed wall, facing east, with the following conditions:

Wall: $A = 68 \text{ ft}^2$, $U = 0.21 \text{ BTU/hr-ft}^{2-\circ}\text{F}$, Group E

Glass: $A = 130 \text{ ft}^2$, single heat-absorbing glass, no shading Lightweight construction.

Room temperature = 78°F. Find the peak cooling load.

- (၁၄) The Beetle Concert Hall in London, England, seats 2300 people. Inside design conditions are 75°F and 50% RH. Calculate the ventilation loads in summer.

- (၁၅) Perform a complete cooling load calculation for the one story office building shown in Figure 6.13. Conditions are as follows:

Location: Your town

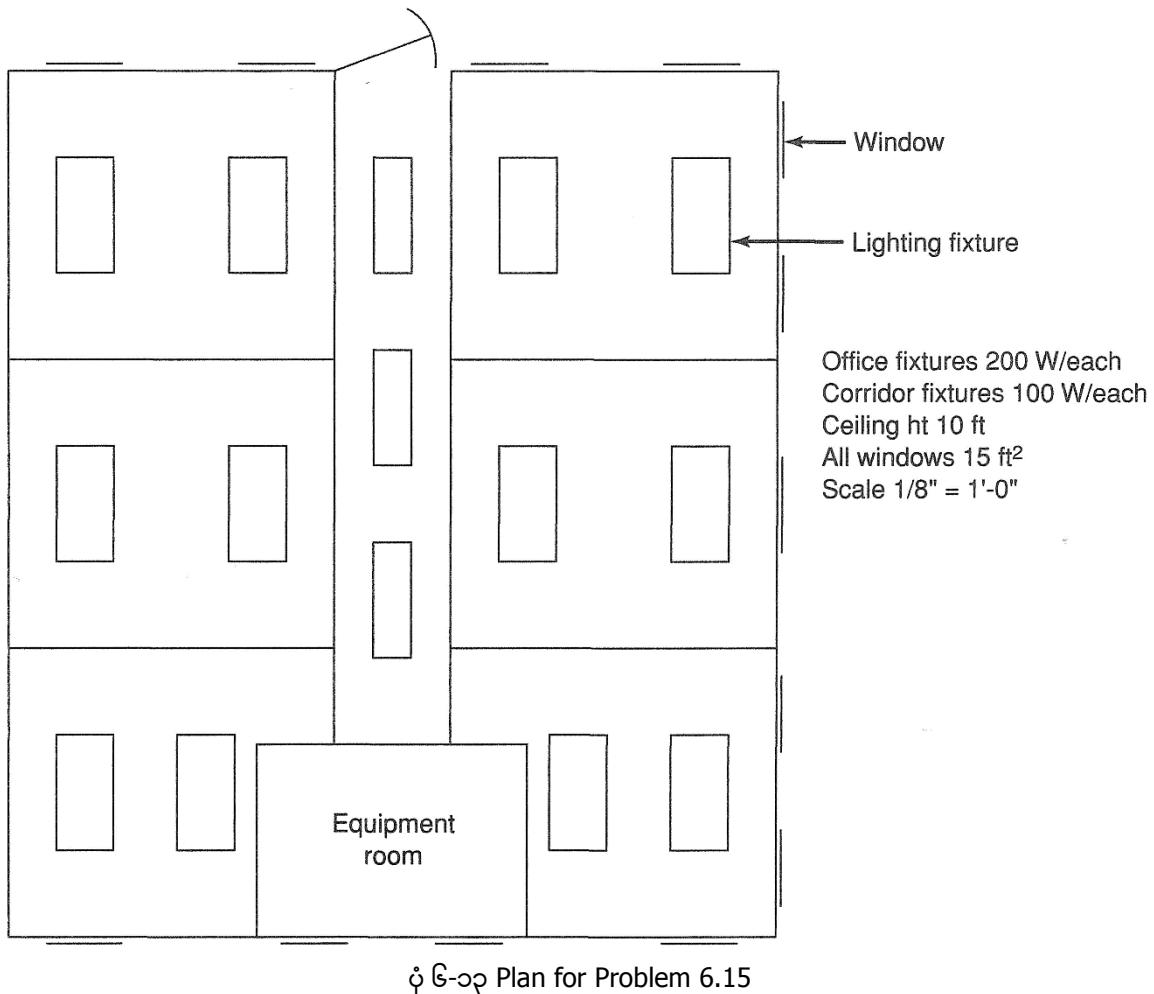
Walls: $U = 0.20 \text{ BTU/hr-ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$. Group C

Glass: Single heat absorbing glass, light interior blinds

Roof: 2.5 in. wood, R-2.8 insulation Orientation as assigned by instructor. Light construction.

People: 1 per 60 ft^2 . Make assumptions based on recommendations in the text on all other data (ventilation, duct and fan heat gains, and so on).

- (o) Perform a complete cooling load calculation for the residence described in Problem 5.20, to be located in your town.



-End -