WWW.TOOSBOILER.COM

5-1- محاسبه بارگرمایش Heating load

تلفات حرارت (افت حرارت) در زمستان از طریق نفوذ هوا (infiltration) و ورود هوای تازه (Ventilation) و هدایت حرارت (Conduction) از جداره‌های ساختمان به هوای سرد محیط خارج صورت می‌گیرد. این تلفات را بار حرارتی (Heat load) می‌گویند.

برای محاسبه تبادل حرارت از طریق بام (سقف مجاور هوای خارج)، سقف (سقف مجاور طبقه‌ای که گرم نمی‌شود یا درجه حرارت داخل آن متفاوت می‌باشد)، دیوار و شیشه (پنجره) از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$q = UA\Delta T$$

که در آن:

مقدار تبادل حرارت =q

ضریب انتقال حرارت (که ازجدول 7 بدست می‌آید) =U

مساحت سطحی که تبادل حرارت از آنجا انجام می‌شود $A=ft^2$

اختلاف درجه حرارت هوای داخل و خارج $\Delta T=°F$

(یا اختلاف درجه حرارت بین محیطی که گرم نمی‌شود و محیطی که گرم می‌شود)

تبادل حرارت از طریق نفوذ هوا Infiltration

همواره مقداری هوا از محیط خارج از طریق درزهای درب‌ها و پنجره‌ها وارد محیط داخل می‌شود و یا اینکه برای مطبوع نگهداشتن محیط داخل مقداری از هوای درگردش را باید خارج نموده و بجای آن هوای تازه به محیط اضافه نمود (تعویض هوا). مقدار حرارتی که صرف می‌شود تا این هوا (نفوذی یا تعویض هوا) گرم شده و به درجه حرارت محیط داخل برسد از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$q_s = C_p\, Q\, \rho\, \Delta T$$

که در آن:

مقدار تبادل حرارت محسوس در اثر نفوذ هوا q_s=Btu/h

حرارت مخصوص (گرمای ویژه) هوا که برای $Q = ft^3/h$

هوای استاندارد این مقدار برابر 0.24 می‌باشد.

مقدار حجمی هوا (نفوذی یا تعویض هوا) Cp= Btu/lb°F

وزن مخصوص هوا (که برای هوای استاندارد این مقدار ρ= lb/ft^3

برابر 0.075 می‌باشد)

اختلاف درجه حرارت محیط داخل و خارج $\Delta T=(t_o-t_i)$

در نتیجه برای هوای استاندارد

$$q_s = 0.018\, Q\, \Delta T$$

گاه برای تامین شرایط مطبوع در هوای محیط داخل مقداری رطوبت به هوا اضافه می‌نمایند. مقداری حرارت لازم است تا این رطوبت بصورت بخار آب در هوا بماند این حرارت بصورت حرارت نهان (lantent heat) می‌باشد که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$q_l = Q\, \rho (w_i - w_o) h_{fg}$$

که در آن:

مقدار حرارتی که برای تخبیر رطوبت اضافه شده لازم می‌باشد q_l= Btu/h

مقدار حجمی هوا (نفوذی یا تعویض هوا) $Q=ft^3/h$

وزن مخصوص هوا ρ= lb/ft^3

که برای هوای استاندارد برابر W_i= lb/lb dry air

0.075 می‌باشد)

نسبت رطوبت هوای داخل W_o= lb/lb dry air

(نسبت رطوبت موردنظر)

نسبت رطوبت هوای خارج W_o= lb/lb dry air

حرارت نهان تبخیر آب h_{fg}= Btu/lb

(که برابر 1060 Btu/lb می‌باشد)

لذا:

$$q_l = 79.5\, Q\Delta W$$

نکته:

باید توجه نمود که همواره مقداری رطوبت در هوای محیط خارج وجود دارد که وقتی وارد محیط داخل شود به همان حالت بخار آب باقی می‌ماند همچنین برای احساس راحتی می‌بایست رطوبت نسبی محیط داخل در حد موردنظر باشد و لذا مقدار رطوبتی که به هوای تازه باید اضافه شود از تفاضل مقدار رطوبت موردنظر و مقدار رطوبت موجود در هوای خارج بدست می‌آید که در محاسبه مقدار تبادل حرارت تفاضل مقادیر نسبت رطوبت (Humidity Ratio) هوای داخل و خارج منظور می‌گردد. مقادیر نسبت رطوبت با داشتن شرایط هوای خارج و شرایط مورد نظر هوای داخل از جارت سایکرومتریک بدست می‌آیند.

محاسبه مقدار Q یا نفوذ هوا (infiltration) به دو روش صورت می‌گیرد:

1- روش درزی (Crack length method)

2- روش تعویض هوا (Air change method)

1- روش درزی

همواره مقداری هوا از طریق شکاف و درز درب ها و پنجره‌ها وارد محیط داخل می‌شود، برای محاسبه مقدار این هوا باید طول کلیه درزها و شکاف ها را در درب و پنجره‌ها تعیین نمود، مقدار تلفات حرارتی از این طریق از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

WWW.TOOSBOILER.COM

$q_s = 0.018\ B\ L\Delta T$ (حرارت محسوس)

$q_l = 79.5BL\ \Delta W$ (حرارت نهان، درصورتی که رطوبت به محیط افزوده شود)

روابط فوق در واقع همان معادلات قبلی می‌باشند که در آن BL جانشین Q شده است.

که در آن:

مقدارنفوذ هوا برحسب سرعت باد و نوع درهاوپنجره‌ها $B=ft^3/h$

طول کلی درزهای کلیه درب و پنجره‌ها $L=ft$

نکته:

در ساختمانهای مرتفع در طبقات پائین exfiltration (خروج هوا از محیط داخل به خارج) و در طبقات فوقانی infiltration (ورود هوا از محیط خارج به داخل) بدلیل خاصیت دودکش (chimny) زیاد می‌شود.

2-روش تعویض هوا *Air change*

چون محاسبه طول درز درها و پنجره‌ها کار مشکلی می‌باشد لذا بیشتر طراحان از روش تعویض هوا استفاده می‌کنند، مقدار تعویض هوا بر واحد سطح برحسب نوع محل در واحد زمان از جداول مربوطه بدست می‌آید و لذا با تعیین مقدار آن و ضرب آن در سطح محل مقدار Q بدست می‌آید که در فرمول‌های قبلی برای محاسبه تلفات حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برآورد درجه حرارت برای محل‌هایی که گرم نمی‌شود

این محل‌ها در حدفاصل هوای خارج و محیط گرمایش قرار دارند. این درجه حرارت می‌تواند برابر میانگین درجه حرارت هوای خارج و هوای داخل (درمحیط گرمایش) فرض شود ولی از رابطه زیر مقدار آن دقیق‌تر محاسبه می‌شود:

که در آن:

$$T_u=\frac{[t_i(A_1U_1+A_2U_2+\ldots)+t_0(60\rho C_pQ_0+A_aU_a+A_bU_b+\ldots)]}{[(A_1U_1+A_2U_2+\ldots)+(60C_pQ_0+A_aU_a+A_bU_b+\ldots)]}$$

ρ = وزن مخصوص هوا

C_p = گرمای ویژه هوا

برای هوای استاندارد مقدار $\rho.C_p$ برابر است با $0.018\ Btu/ft^{3\circ F}$

$T_u = {}^\circ F$ درجه حرارت محیطی که گرم نمی‌شود

$T_i = {}^\circ F$ درجه حرارت محیط داخل (محیط گرمایش)

$To = {}^\circ F$ درجه حرارت هوای خارج

$A_1,A_2,\ldots = ft^2$ مساحت سطوحی که بین هوای خارج و محیطی که گرم نمی‌شود قرار دارند.

$A_a.A_b,\ldots = ft^2$ مساحت سطوحی که بین محیط داخل و محیطی که گرم نمی‌شود قرار دارند.

$U_1,U_2,\ldots = Btu/h.ft^2.{}^\circ F,\ldots A_2,A_1$ ضریب‌انتقال حرارت‌برای

$U_a,U_b,\ldots = Btu/h.ft^2.{}^\circ F,\ldots A_b,A_a$ ضریب‌انتقال حرارت‌برای

$Q = ft^3/min$ مقدار هوای تازه یا نفوذ هوا که به محیطی که گرم نمی‌شود وارد می‌شود.

مثال:

درجه حرارت را برای محیطی که گرم نمی‌شود محاسبه نمایید. سطوح مجاور با محیطی که گرم می‌شود به ترتیب برابرند با $A_1=100^{ft2}$,$A_2=120^{ft2}$,$A_3=140^{ft2}$ و نیز ضریب انتقال حرارت آنها $U_1=0.25$ و $U_2=0.20$ و $U_3=0.15$ می‌باشد همچنین سطوح مجاور با محیط خارج در قسمتی که هوای آن گرم نمی‌شود عبارتند از $A_a=100$,$A_b=140$ و ضرایب انتقال حرارت درآنها برابرند با $U_a=0.1$, $U_b=0.3$. درجه حرارت محیط داخل (محیط گرمایش) برابر $T_i=70^{\circ F}$ و محیط خارج برابر $T_o=-10^{\circ F}$ می‌باشد.

$$Tu=70(100\times0.15+120\times0.20+140\times0.25)+[-10(100\times0.1+140\times0.20]/(100\times0.15+120\times0.20+140\times0.25+100\times0.1+140\times0.20)$$

$$Tu=\frac{4660}{126}=37^{\circ F}$$

اگر از روش میانگین هوای خارج و داخل (محیط گرمایش) استفاده کنیم داریم:

$$T_u=\frac{t_i+t_o}{2}=\frac{70-10}{2}=30^{\circ F}$$

اختلاف $7^{\circ F}$ می‌باشد، لذا فرمول اول دقیق‌تر است.

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

6-1- محاسبه بار سرمایش Cooling load

افزایش گرما در محیط داخل در تابستان (Heat gain) از راههای زیر صورت می‌گیرد:

هدایت حرارت از دیوارهای خارجی و سقف بام
هدایت حرارت از کف و سقف و پارتیشن (محل‌هایی که سرد نمی‌شوند.)
اشعه آفتاب (Solar) از سطوح شفاف (شیشه و دیوار شیشه‌ای)
حرارت ناشی از افراد، روشنائی، وسایل گرمازا (لوازم خانگی)
حرارت ناشی از نفوذ هوای خارج و تعویض هوا
(Ventilation یا Air change)

مقادیر تبادل حرارت بصورت حرارت محسوس و یا حرارت نهان هستند که حرارت محسوس (sensible heat) مستقیما توسط هدایت (conduction)، جابجایی (convection) و تابشی (Radiation) به محیط اضافه می‌شود. حرارت نهان (latent Heat) وقتی ایجاد می‌شود که به محیط رطوبت اضافه گردد (توسط افراد بصورت تنفسی و یا رطوبت زن).

وسایل برودتی برای سرمایش باید بتوانند تمامی مقادیر حرارت محسوس ونهان (مجموع حرارت نهان و محسوس) را جذب نمایند.

محاسبه بارسرمائی به روش های گوناگون صورت می‌گیرد که ساده‌ترین روش بصورت زیر می‌باشد.

تبادل حرارت از بام (Roof) و دیوار

$q = UA(CLTD)$

که درآن:

ضریب انتقال حرارت (از جدول 4) $U = Btu/hr.ft^2.°F$

مساحت سطح تبادل حرارت $A = ft^2$

CLTD (cooling load Temperature difference)= °F

اختلاف درجه حرارت بار سرمایی

مقدار U برای سقف و دیوار برحسب نوع مصالح بکار رفته در آنها از جدول (4) بدست می‌آید.

مقدار CLTD مبنا را برحسب مقدار U نوع مصالح برای سقف از جدول (12) و برای دیوار از جدول (13) برحسب جهت جغرافیائی دیوار بدست می‌آید.

مقادیر CLTD مندرج در جداول فوق که آن را CLTD مبنا (base value) می‌گویند براساس درجه حرارت محیط داخل برابر 78^{oF} و محیط خارج حداکثر 95^{oF} و بطور متوسط 85^{oF} و با Daily rage=21^{oF} و برای سولار در عرض جغرافیایی 40^{oN} در 21 جولای و رنگ تیره برای سقف و دیوار تنظیم گردیده است. لذا برای شرایط غیر از شرایط فوق می‌بایست مقدار CLTD تصحیح گردد که مقدار تصحیح را برای سایر ماهها و عرض های جغرافیائی می‌توان از جدول (14) بدست آورد همانطور که مشاهده می‌شود چون این جدول برای ماه جولای و عرض جغرافیائی 40^{oN} تنظیم گردیده است، مقدار تصحیح در این نقطه صفر می‌باشد. در ضمن برای رنگهای مختلف و نیز شرایط هوای محیط خارج و داخل مختلف باید مقادیر تصحیح در نظر گرفت.

از رابطه زیر مقدار تصحیح کل را برای سقف می‌توان محاسبه نمود که این مقدار باید با CLTD مبنا جمع گردد.

$$CLTDcorr = [K(CLTD + LM) + T_{ic} + T_{oc}]f$$

که در آن:

$CLTD_{corr}$= مقدار تصحیح CLTD که باید با CLTD مبنا جمع جبری شود

CLTD= همان مقدار مبناء است که ازجدول (12) بدست می‌آید

LM= مقدار تصحیح برای ماه و عرض جغرافیایی غیر از 40^{oN} که از جدول (14) بدست می‌آید.

L حرف اول کلمه latitude به معنای عرض جغرافیایی و M حرف اول کلمه Month به معنای ماه می‌باشد.

K= ضریب تصحیح رنگ

برای رنگ تیره یا روشن در ساختمانهای صنعتی K=1 و برای رنگ روشن در ساختمانهای غیرصنعتی K=0.5 می‌باشد.

T_{ic} = مقدار تصحیح درجه حرارت محیط داخل

که $T_{ic} = (78 - T_R)$ می‌باشد و T_R درجه حرارت موردنظر محیط داخل است (غیر از 78^{oF}).

T_{oc}= مقدار تصحیح درجه حرارت محیط خارج

که $T_{oc} = (T_o - 85)$ می‌باشد و T_o درجه حرارت موردنظر محیط خارج است (غیر از 85^{oF}).

f= ضریب حرکت هوا در زیر سقف

برای محل‌هایی که هواکش در سقف وجود دارد f=0.75 و برای محل‌هایی که هواکش در سقف وجود ندارد f=1 می‌باشد.

مقدار U برای سقف در جدول (12) تقریبی است و برای استفاده در محاسبات باید مقدار آن را برحسب نوع مصالح مصرفی از جدول (4) بدست آورد.

در جدول (12) دو قسمت نشان داده شده است که یکی برای بام با سقف کاذب و دیگری برای بام بدون سقف کاذب است.

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

Table 12 Cooling Load Temperature Differences (CLTD) for Calculating Cooling Load from Flat Roofs

Roof No	Description of Construction	Weight, lb/ft²	U-value, Btu/h·ft²·°F	Solar Time 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Hour of Maximum CLTD	Minimum CLTD	Maximum CLTD	Difference CLTD
Without Suspended Ceiling																															
1	Steel sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	7 (8)	0.213 (0.124)	1	−2	−3	−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	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. ins.	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34	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. ins.	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	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	43	42	40	22	16	43	27
With Suspended Ceiling																															
1	Steel Sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	9 (10)	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	61	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	51	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	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	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	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	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	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32	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	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	36	23	21	37	16

(1) *Direct Application of Table Without Adjustments:*

Values were calculated using the following conditions:

- Dark flat surface roof ("dark" for solar radiation absorption)
- Indoor temperature of 78°F
- Outdoor maximum temperature of 95°F with outdoor mean temperature of 85°F and an outdoor daily range of 21°F
- Solar radiation typical of 40 deg North latitude on July 21
- Outside surface resistance, $R_o = 0.333$ ft²·°F·h/Btu
- Without and with suspended ceiling, but no attic fans or return air ducts in suspended ceiling space
- Inside surface resistance, $R_i = 0.685$ ft²·°F·h/Btu

(2) *Adjustments to Table Values:*

The following equation makes adjustments for deviations of design and solar conditions from those listed in (1) above.

$$\text{CLTD}_{\text{corr}} = [(\text{CLTD} + \text{LM})\,K + (78 - t_R) + (t_o - 85)]\,f$$

where CLTD is from this table

(a) LM is latitude-month correction from **Table 14** for a horizontal surface,

(b) K is a color adjustment factor applied after first making month-latitude adjustments. Credit should not be taken for a light-colored roof except where permanence of light color is established by experience, as in rural areas or where there is little smoke.
$K = 1.0$ if dark colored or light in an industrial area
$K = 0.5$ if permanently light-colored (rural area)

(c) $(78 - t_R)$ is indoor design temperature correction

(d) $(t_o - 85)$ is outdoor design temperature correction, where t_o is the average outside temperature on design day

(e) f is a factor for attic fan and or ducts above ceiling applied after all other adjustments have been made
$f = 1.0$ no attic or ducts
$f = 0.75$ positive ventilation

Values in **Table 12** were calculated without and with suspended ceiling, but make no allowances for positive ventilation or return ducts through the space. If ceiling is insulated and fan is used between ceiling and roof, CLTD may be reduced 25% ($f = 0.75$). Analyze use of the suspended ceiling space for a return air plenum or with return air ducts separately.

(3) *Roof Constructions Not Listed in Table:*

The U-Values listed are only guides. The actual value of U as obtained from tables such as Table 4, Chapter or as calculated for the actual roof construction should be used.

An actual roof construction not in this table would be thermally similar to a roof in the table, if it has similar mass, lb/ft², and similar heat capacity, Btu/ft²·°F. In this case, use the CLTD from this table as corrected by Note (2) above.

Example: A flat roof without suspended ceiling has mass = 18.0 lb/ft², $U = 0.20$ Btu/h·ft²·°F, and heat capacity = 9.5 Btu/ft²·°F.

Use $\text{CLTD}_{\text{uncorr}}$ from Roof No. 13, to obtain $\text{CLTD}_{\text{corr}}$ and use the actual U value to calculate $q/A = U\,(\text{CLTD}_{\text{corr}}) = 0.20\,(\text{CLTD}_{\text{corr}})$.

(4) *Additional Insulation:*

For each R-7 increase in R-value from insulation added to the roof structure, use a CLTD for a roof whose weight and heat capacity are approximately the same, but whose CLTD has a maximum value 2 h later. If this is not possible, because a roof with longest time lag has already been selected, use an effective CLTD in cooling load calculation equal to 29°F.

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

Table 13 Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Sunlit Walls

North Latitude Wall Facing	Solar Time, h																							Hr of Maximum CLTD	Minimum CLTD	Maximum CLTD	Difference CLTD
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400				
Group A Walls																												
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	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	15	16	16	17	18	18	18	19	19	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	22	18	25	7
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	22	18	24	6
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	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	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	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 B Walls																												
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	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	12	21	9
E	23	22	21	20	18	17	16	15	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	26	26	25	24	21	14	26	12
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	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	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	24	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 C Walls																												
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	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	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20	20	10	23	13
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	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	35	33	22	12	35	23
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	26	22	10	27	17
Group D Walls																												
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	18	16	21	6	19	13
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	19	7	25	18
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	19	6	29	23
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25
Group E Walls																												
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	4	26	22
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	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	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	17	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	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33
Group F 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	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	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41
S	10	8	6	4	3	2	1	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	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44
Group G Walls																												
N	3	2	1	0	−1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	−1	26	27
NE	3	2	1	0	−1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	−1	39	40
E	4	2	1	0	−1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	−1	55	56
SE	4	2	1	0	−1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	−1	51	52
S	4	2	1	0	−1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	−1	46	47
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	63
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55

(1) *Direct Application of the Table Without Adjustments:*

Values in this table were calculated using the same conditions for walls as outlined for the roof CLTD table. Table 12 These values may be used for all normal air-conditioning estimates usually without correction (except as noted below) when the load is calculated for the hottest weather.

For totally shaded walls use the North orientation values.

(2) *Adjustments to Table Values:*

The following equation makes adjustments for conditions other than those listed in Note (1).

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)\,K + (78 - t_R) + (t_o - 85)$$

where

CLTD is from Table 31 at the wall orientation.

LM is the latitude-month correction from Table 32.

K is a color adjustment factor applied after first making month-latitude adjustment

$K = 1.0$ if dark colored or light in an industrial area

$K = 0.83$ if permanently medium-colored (rural area)

$K = 0.65$ if permanently light-colored (rural area)

Credit should not be taken for wall color other than dark except where permanence of color is established by experience, as in rural areas or where there is little smoke.

Colors:

Light — Cream

Medium — Medium blue, medium green, bright red, light brown, unpainted wood and natural color concrete

Dark — Dark blue, red, brown and green

$(78 - t_R)$ is indoor design temperature correction

$(t_o - 85)$ is outdoor design temperature correction, where t_o is the average outside temperature on design day.

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

Table 14 CLTD Correction For Latitude and Month Applied to Walls and Roofs, North Latitudes

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

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

نکته:

بام (Roof) سقف مجاور به محیط خارج و سقف (ceiling) سقف بین طبقات می‌باشد.

برای دیوار مقدار تصحیح CLTD از رابطه زیر بدست می‌آید که همان رابطه فوق الذکر است ولی در آن f وجود ندارد چون مفهومی ندارد.

$$CLTD_{corr}=K(CLTD+LM)+ T_{ic} + T_{oc}$$

که درآن:

از جدول (13) بدست می‌آید CLTD=

مقدار تصحیح برای ماه و عرض جغرافیائی غیر از 40^{oN} LM=

که از جدول (14) بدست می‌آید.

ضریب تصحیح رنگ K=

در محیط های صنعتی برای رنگهای تیره یا روشن K=1 و در محیط های غیرصنعتی برای رنگهای روشن K=0.65 و برای رنگهای متوسط K=0.83 می‌باشد منظور از رنگ روشن، سفید و کرم و... و رنگ متوسط، آبی، سبزروشن، قهوه‌ای روشن، قرمز روشن، چوب خود رنگ، بتون لخت و رنگ تیره،آبی سیر، قرمز، قهوه‌ای و سبز می‌باشد.

تصحیح درجه حرارت محیط داخل $T_{ic}=(78-T_R)$

تصحیح درجه حرارت محیط خارج $T_{oc}=(to-85)$

مقدار U برای دیوار در جدول (13) تقریبی می‌باشد و برای استفاده در محاسبات تبادل حرارت مقدار U را باید از جدول (4) برحسب نوع مصالح مصرفی مورد محاسبه قرار داد. همچنین در جدول (15) نیز مقادیر U برای دیوار برحسب نوع مصالحی که در آن بکار رفته است نشان داده شده است که در هفت گروه از A تا G دسته‌بندی گردیده است، همه دیوارهای هم گروه (مثلا A) با اینکه بعضی از مصالح بکار رفته در آن با یکدیگر متفاوت می‌باشد ولی در جدول (13) برای تعیین CLTD در یک دسته قرار می‌گیرند.

مثال:

مقدار CLTD را برای دیوار گروه D که در سمت جنوب قرار دارد برای ساعت 2 بعدازظهر (ساعت 1400) در 21 اکتبر در 32^{oN} تعیین نمائید. درجه حرارت محیط خارج 95^{oF} می‌باشد و daily Range=21^{oF} است.

حل:

از جدول (13) مقدار CLTD در ساعت 1400 برابر 160^{oF} است ولی این مقدار باید برای 32^{oN} تصحیح گردد لذا از جدول (14) مقدار تصحیح درجه حرارت برای دیوار جنوبی و عرض جغرافیائی 32^{oN} در 21 اکتبر برابر 11^{oF} می‌باشد و لذا:

$CLTD= 16+11=27^{oF}$

مثال:

یک ساختمان به ابعاد 30ft ×10ft در 32^{oN} قرار گرفته است. درجه حرارت محیط خارج db=90^{oF} و daily range=20^{oF} و درجه حرارت محیط داخل db=78^{oF} می‌باشد، مقدار بار سرمائی را برای سقف بام و دیوارهای جنوبی و غربی در ساعت های 1200 و 1400 و 1600 در 21 اگوست محاسبه نمائید. دیوار جنوبی 10×100 و دیوار غربی 10×30 می‌باشد مقدار U برای سقف برابر 0.091 و برای دیوار جنوبی 0.115 و برای دیوار غربی 0.161 می‌باشد. سقف دارای هواکش نمی‌باشد. رنگ دیوارها متوسط و رنگ سقف تیره می‌باشد.

Table 14 CLTD Correction For Latitude and Month Applied to Walls and Roofs, North Latitudes (*Concluded*)

Lat.	Month	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR
56	Dec	−7	−9	−12	−16	−16	−14	−9	−5	−3	−28
	Jan/Nov	−6	−8	−11	−15	−14	−12	−6	−1	2	−27
	Feb/Oct	−6	−8	−10	−12	−10	−7	0	6	9	−22
	Mar/Sept	−5	−6	−7	−8	−5	−2	4	8	12	−15
	Apr/Aug	−3	−4	−4	−4	−1	1	5	7	9	−8
	May/Jul	0	0	0	0	2	2	5	6	7	−2
	Jun	2	1	2	1	3	3	4	5	6	1
64	Dec	−7	−9	−12	−16	−17	−18	−16	−14	−12	−30
	Jan/Nov	−7	−9	−12	−16	−16	−16	−13	−10	−8	−29
	Feb/Oct	−6	−8	−11	−14	−13	10	−4	1	4	−26
	Mar/Sept	−5	−7	−9	−10	−7	−4	2	7	11	−20
	Apr/Aug	−3	−4	−4	−4	−1	1	5	9	11	−11
	May/Jul	1	0	1	0	3	4	6	8	10	−3
	Jun	2	2	2	2	4	4	6	7	9	0

(1) Corrections in this table are in °F. The correction is applied directly to the CLTD for a wall or roof as given in Tables 12 and 13

(2) The CLTD correction given in this table is *not* applicable to Table 33, Cooling Load Temperature Differences for Conduction through Glass.

(3) For South latitudes, replace Jan. through Dec. by July through June.

WWW.TOOSBOILER.COM

حل:

ابتدا میانگین درجه حرارت محیط خارج را تعیین می‌نمائیم چون 90^{oF} حداکثر درجه حرارت می‌باشد.

$T_{OA}=T_o$-daily range/2 میانگین درجه حرارت محیط خارج

$T_{OA}=90-20/2=80^{oF}$

تصحیح درجه حرارت محیط خارج:

$T_{oc}=(T_o-85)=80-85=5^{oF}$

تصحیح درجه حرارت محیط داخل:

$T_{oi}=(78-T_i)=78-78=0^{oF}$

تصحیح درجه حرارت برای ماه و غرض جغرافیائی 32^{oN} از جدول (14):

سقف بام	$LM=-1^{oF}$
دیوار جنوبی	$LM=1^{oF}$
دیوار غربی	$LM=0$

ضریب رنگ:

برای سقف تیره	K = 1
برای دیوار متوسط	K=0.88

در نتیجه:

سقف بام	$CLTDcorr=[K(CLTD-LM)+T_{ic}+T_{oc}]f$
دیوار جنوبی	$CLTDcorr=K(CLTD-LM)+T_{ic}+T_{oc}$
دیوار غربی	$CLTDcorr=K(CLTD-LM)+T_{ic}+T_{oc}$

باتوجه به جداول (12) و (13) مقادیر خواسته شده در مساله طبق جدول زیر بدست می‌آید:

	زمان	CLTD	$CLTD_{corr}$	UA(CLTD)
بام	1200	25	21	5733
	1400	35	31	8463
	1600	43	39	10647
دیوارجنوبی	1200	11	3.3	380
	1400	12	4.1	475
	1600	15	6.6	761
دیوارغربی	1200	11	4.1	199
	1400	20	11.6	560
	1400	39	27.4	1322

تبادل حرارت از جداره‌های داخلی (دیوار بین محیطی که سرد نمی‌شود و محیط سرمایش)

(پـــارتیشن، ســـقف و کـــف بـــین طـــبقات Partitions, ceilings,floors) در جاهائی که بعضی از قسمتهای ساختمان سرد نمی‌شوند و یا به میزان کمتری سرد می‌شوند، تبادل حرارت بین جداکننده‌های داخلی خواهیم داشت که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$q= UA(T_b-T_i)$

که در آن:

U= ضریب انتقال حرارت دیوار یا پارتیشن
(از جدول (4) بدست می‌آید.)

Tb=F° درجه حرارت متوسط محیطی که سرد نمی‌شود

T_i= °F درجه حرارت محیط داخل

تبادل حرارت از پنجره

تبادل حرارت بین محیط داخل و خارج از طریق پنجره‌ها از دو طریق صورت می‌گیرد:

1- اشعه آفتاب (Solar)

2- تبادل حرارت دراثر اختلاف درجه حرارت محیط داخل و خارج

1-اشعه آفتاب

انرژی حرارتی خورشید توسط امواج کوتاه به زمین می‌رسد که این انرژی از طریق شیشه‌های ساختمان وارد محیط داخل می‌شود که مقادیر آن در سیستم انتقال حرارت محاسبه گردیده و بصورت فاکتورهائی (solar heat gain factor یا SHGF) در جدول (16) برای شیشه به ضخامت 0.125 داده شده است، این مقادیر برحسب موقعیت جغرافیائی محل (طول و عرض جغرافیائی و جهت جغرافیائی اطاق)برای هر منطقه‌ای متفاوت می‌باشد، همچنین مقادیر جدول برای آفتاب نیمه درخشان محاسبه گردیده است و برای مناطقی که آفتاب تندی دارند باید این مقادیر را 15% بیشتر در نظر گرفت و برای مناطقی که بیشتر ابری هستند و درخشش آفتاب کم است باید آنها را 20 تا 30 درصد کمتر از مقادیر داده شده در جدول درنظرگرفت.

ضریب سایه ***Shade coefficient (SC)***

در پنجره‌هایی که رنگی هستند و یا دارای سایبان می‌باشند (Externally shaded) مقداری از انرژی تابشی آفتاب جذب آنها نمی‌گردد، لذا برای این پنجره‌ها مقدار SHGF را باید از جدول (17) بدست آورد، جدول (17) برای عرض جغرافیایی °0 الی °24 می‌باشد و برای عرض‌های جغرافیایی بیش از °24 باید از جدول (16) برحسب عرض جغرافیایی مورد نظر در ستون N

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

Table 15 Wall Construction Group Description

Group No.	Description of Construction	Weight (lb/ft^2)	U-Value ($Btu/h \cdot ft^2 \cdot °F$)
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

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

Table 16 Maximum Solar Heat Gain Factor, Btu/h·ft² for Sunlit Glass, North Latitudes

0° N Lat

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303
Apr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265
June	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255
July	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260
Aug.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276
Sept.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293
Dec.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288

4° N Lat

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	33	33	79	170	229	252	237	193	141	286
Feb.	35	35	123	199	242	248	215	152	88	301
Mar.	38	77	163	219	242	227	177	96	43	302
Apr.	55	125	189	223	223	190	126	43	38	287
May	93	154	200	220	206	161	89	38	38	272
June	110	164	202	215	196	147	73	38	38	263
July	96	154	197	215	200	156	85	39	38	267
Aug.	59	124	184	215	214	181	120	42	40	279
Sep.	39	75	156	209	231	216	170	93	44	293
Oct.	36	36	120	193	234	239	207	148	86	294
Nov.	34	34	79	168	226	248	232	190	139	284
Dec.	33	33	62	157	221	250	242	206	160	277

8° N Lat

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300
Apr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	289
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277
June	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269
July	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272
Aug.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282
Sep.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273
Dec.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265

12° N Lat

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	31	31	63	155	217	246	247	212	182	262
Feb.	34	34	105	186	235	248	226	177	133	286
Mar.	36	58	148	210	240	233	190	124	73	297
Apr.	40	108	178	219	227	200	142	64	40	290
May	60	139	194	220	212	173	106	40	40	280
June	75	149	198	217	204	161	90	40	40	274
July	63	139	191	215	207	168	102	41	41	275
Aug.	42	109	174	212	218	191	135	62	142	282
Sep.	37	57	142	201	229	222	182	121	73	287
Oct.	34	34	103	180	227	238	219	172	130	280
Nov.	32	32	63	153	214	241	243	209	179	260
Dec.	30	30	47	141	207	242	251	223	197	250

16° N Lat

	N	NNE NNW	NE/ NW	ENE WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	30	30	55	147	210	244	251	223	199	248
Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275
Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291
Apr.	39	99	172	215	227	204	150	77	45	289
May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
June	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
July	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277
Aug.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
Sep.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282
Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
Dec.	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234

20° N Lat

	N	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
Feb.	31	31	88	173	226	244	238	201	174	263
Mar.	34	49	132	200	237	236	206	152	115	284
Apr.	38	92	166	213	228	208	158	91	58	287
May	47	123	184	217	217	184	124	54	42	283
June	59	135	189	216	210	173	108	45	42	279
July	48	124	182	213	212	179	119	53	43	278
Aug.	40	91	162	206	220	200	152	88	57	280
Sep.	36	46	127	191	225	225	199	148	114	275
Oct.	32	32	87	167	217	236	231	196	170	258
Nov.	29	29	48	136	197	239	249	229	211	230
Dec.	27	27	35	122	187	238	254	241	226	217

24° N. Lat

	N	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
Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249
Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275
Apr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283
May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282
June	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279
July	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278
Aug.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277
Sep.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266
Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244
Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213
Dec.	26	26	29	112	180	234	247	247	237	199

28° N. Lat

	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
Feb.	29	29	72	157	213	244	246	224	207	234
Mar.	33	41	116	189	231	237	221	182	157	265
Apr.	36	84	151	205	228	216	178	124	94	278
May	40	115	172	211	219	195	144	83	58	280
June	51	125	178	211	213	184	128	68	49	278
July	41	114	170	208	215	190	140	80	57	276
Aug.	38	83	149	199	220	207	172	120	91	272
Sep.	34	38	111	179	219	226	213	177	154	256
Oct.	30	30	71	151	204	236	238	217	202	229
Nov.	26	26	35	115	181	232	247	243	235	195
Dec.	24	24	24	99	172	227	248	251	246	179

32° N. Lat

	N (Shade)	NNE/ NW	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
Feb.	27	27	65	149	205	242	248	232	221	217
Mar.	32	37	107	183	227	237	227	195	176	252
Apr.	36	80	146	200	227	219	187	141	115	271
May	38	111	170	208	220	199	155	99	74	277
June	44	122	176	208	214	189	139	83	60	276
July	40	111	167	204	215	194	150	96	72	273
Aug.	37	79	141	195	219	210	181	136	111	265
Sept	33	35	103	173	215	227	218	189	171	244
Oct.	28	28	63	143	195	234	239	225	215	213
Nov.	24	24	29	103	173	225	245	246	243	175
Dec.	22	22	22	84	162	218	246	252	252	158

36° N. Lat

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	22	22	24	90	166	219	247	252	252	155
Feb.	26	26	57	139	195	239	248	239	232	199
Mar.	30	33	99	176	223	238	232	206	192	238
Apr.	35	76	144	196	225	221	196	156	135	262
May	38	107	168	204	220	204	165	116	93	272
June	47	118	175	205	215	194	150	99	77	273
July	39	107	165	201	216	199	161	113	90	268
Aug.	36	75	138	190	218	212	189	151	131	257
Sep.	31	31	95	167	210	228	223	200	187	230
Oct.	27	27	56	133	187	230	239	231	225	195
Nov.	22	22	24	87	163	215	243	248	248	154
Dec.	20	20	20	69	151	204	241	253	254	136

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

Table 16 Maximum Solar Heat Gain Factor, Btu/h·ft² for Sunlit Glass, North Latitudes (*Concluded*)

40° N. Lat

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	20	20	20	74	154	205	241	252	254	133
Feb.	24	24	50	129	186	234	246	244	241	180
Mar.	29	29	93	169	218	238	236	216	206	223
Apr.	34	71	140	190	224	223	203	170	154	252
May	37	102	165	202	220	208	175	133	113	265
June	48	113	172	205	216	199	161	116	95	267
July	38	102	163	198	216	203	170	129	109	262
Aug.	35	71	135	185	216	214	196	165	149	247
Sep.	30	30	87	160	203	227	226	209	200	215
Oct.	25	25	49	123	180	225	238	236	234	177
Nov.	20	20	20	73	151	201	237	248	250	132
Dec.	18	18	18	60	135	188	232	249	253	113

44° N. Lat

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	17	17	17	64	138	189	232	248	252	109
Feb.	22	22	43	117	178	227	246	248	247	160
Mar.	27	27	87	162	211	236	238	224	218	206
Apr.	33	66	136	185	221	224	210	183	171	240
May	36	96	162	201	219	211	183	148	132	257
June	47	108	169	205	215	203	171	132	115	261
July	37	96	159	198	215	206	179	144	128	254
Aug.	34	66	132	180	214	215	202	177	165	236
Sep.	28	28	80	152	198	226	227	216	211	199
Oct.	23	23	42	111	171	217	237	240	239	157
Nov.	18	18	18	64	135	186	227	244	248	109
Dec.	15	15	15	49	115	175	217	240	246	89

48° N. Lat

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	15	15	15	53	118	175	216	239	245	85
Feb.	20	20	36	103	168	216	242	249	250	138
Mar.	26	26	80	154	204	234	239	232	228	188
Apr.	31	61	132	180	219	225	215	194	186	226
May	35	97	158	200	218	214	192	163	150	247
June	46	110	165	204	215	206	180	148	134	252
July	37	96	156	196	214	209	187	158	146	244
Aug.	33	61	128	174	211	216	208	188	180	223
Sep.	27	27	72	144	191	223	228	223	220	182
Oct.	21	21	35	96	161	207	233	241	242	136
Nov.	15	15	15	52	115	172	212	234	240	85
Dec.	13	13	13	36	91	156	195	225	233	65

52° N. Lat

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	13	13	13	39	92	155	193	222	230	62
Feb.	18	18	29	85	156	202	235	247	250	115
Mar.	24	24	73	145	196	230	239	238	236	169
Apr.	30	56	128	177	215	224	220	204	199	211
May	34	98	154	198	217	217	199	175	167	235
June	45	111	161	202	214	210	188	162	152	242
July	36	97	152	194	213	212	195	171	163	233
Aug.	32	56	124	169	208	216	212	197	193	208
Sep.	25	25	65	136	182	218	228	228	227	163
Oct.	19	19	28	80	148	192	225	238	240	114
Nov.	13	13	13	39	90	152	189	217	225	62
Dec.	10	10	10	19	73	127	172	199	209	42

56° N. Lat

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	10	10	10	21	74	126	169	194	205	40
Feb.	16	16	21	71	139	184	223	239	244	91
Mar.	22	22	65	136	185	224	238	241	241	149
Apr.	28	58	123	173	211	223	223	213	210	195
May	36	99	149	195	215	218	206	187	181	222
June	53	111	160	199	213	213	196	174	168	231
July	37	98	147	192	211	214	201	183	177	221
Aug.	30	56	119	165	203	216	215	206	203	193
Sep.	23	23	58	126	171	211	227	230	231	144
Oct.	16	16	20	68	132	176	213	229	234	91
Nov.	10	10	10	21	72	122	165	190	200	40
Dec.	7	7	7	7	47	92	135	159	171	23

60° N. Lat

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	7	7	7	7	46	88	130	152	164	21
Feb.	13	13	13	58	118	168	204	225	231	68
Mar.	20	20	56	125	173	215	234	241	242	128
Apr.	27	59	118	168	206	222	225	220	218	178
May	43	98	149	192	212	220	211	198	194	208
June	58	110	162	197	213	215	202	186	181	217
July	44	97	147	189	208	215	206	193	190	207
Aug.	28	57	114	161	199	214	217	213	211	176
Sep.	21	21	50	115	160	202	222	229	231	123
Oct.	14	14	14	56	111	159	193	215	221	67
Nov.	7	7	7	7	45	86	127	148	160	22
Dec.	4	4	4	4	16	51	76	100	107	9

64° N. Lat

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	3	3	3	3	15	45	67	89	96	8
Feb.	11	11	11	43	89	144	177	202	210	45
Mar.	18	18	47	113	159	203	226	236	239	105
Apr.	25	59	113	163	201	219	225	225	224	160
May	48	97	150	189	211	220	215	207	204	192
June	62	114	162	193	213	216	208	196	193	203
July	49	96	148	186	207	215	211	202	200	192
Aug.	27	58	109	157	193	211	217	217	217	159
Sept.	19	19	43	103	148	189	213	224	227	101
Oct.	11	11	11	40	83	135	167	191	199	46
Nov.	4	4	4	4	15	44	66	87	93	8
Dec.	0	0	0	0	1	5	11	14	15	1

Table 17 Maximum Solar Heat Gain Factor (SHGF) for Externally Shaded Glass, Btu/h·ft² (Based on Ground Reflectance of 0.2)

Use for latitudes 0 to 24 deg.
For latitudes greater than 24, use north orientation, Table 16
For horizontal glass in shade, use the tabalated values for all latitudes.

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	(All Lat.) HOR
Jan.	31	31	31	32	34	36	37	37	38	16
Feb.	34	34	34	35	36	37	38	38	39	16
Mar.	6	36	37	38	39	40	40	39	39	19
Apr.	40	40	41	42	42	42	41	40	40	24
May	43	44	45	46	45	43	41	40	40	28
June	45	46	47	47	46	44	41	40	40	31
July	45	45	46	47	47	45	42	41	41	31
Aug.	42	42	43	45	46	45	43	42	42	28
Sept.	37	37	38	40	41	42	42	41	41	23
Oct.	34	34	34	36	38	39	40	40	40	19
Nov.	32	32	32	32	34	36	38	38	39	17
Dec.	30	30	30	31	32	34	36	37	37	15

WWW.TOOSBOILER.COM