

**محاسبات بار گرمایشی و بار سرمایشی و
ملاحظات اقتصادی مربوط به بهینه سازی
مصرف انرژی**

مؤلف :

مهندس توحید ادیبی

ویرایش ششم

مرداد ماه ۱۳۹۳

فهرست مطالب

۱	فصل ۱ مقدمه
۱-۱	۱-۱ مقدمه
۲-۱	۲-۱ روشهای انتقال گرما
۱-۲-۱	۱-۲-۱ هدایت گرمایی
۱-۱-۲-۱	۱-۱-۲-۱ هدایت گرمایی یک بعدی پایدار بدون گرمایش در مختصات کارتزین
۲-۱-۲-۱	۲-۱-۲-۱ هدایت گرمایی یک بعدی پایدار بدون گرمایش در مختصات استوانه‌ای
۲-۲-۱	۲-۲-۱ جابجایی
۱-۲-۲-۱	۱-۲-۲-۱ ترکیب مقاومتهای گرمایی
۲-۲-۲-۱	۲-۲-۲-۱ ضریب انتقال گرمایی کلی
۳-۲-۱	۳-۲-۱ تشعشع
۶	فصل ۲ مفاهیم، پارامترها و فرایندها
۲-۱	۲-۱ تعاریف اولیه
۲-۲	۲-۲ روابط بین پارامترها
۳-۲	۳-۲ نمودار نم سنجی
۴-۲	۴-۲ فرایندهای تهویه مطبوع
۱-۴-۲	۱-۴-۲ گرم کردن بدون تغییر نسبت رطوبت
۲-۴-۲	۲-۴-۲ گرم کردن با افزایش رطوبت
۳-۴-۲	۳-۴-۲ گرم کردن با کاهش رطوبت
۴-۴-۲	۴-۴-۲ سرد کردن بدون تغییر نسبت رطوبت
۵-۴-۲	۵-۴-۲ سرد کردن با افزایش رطوبت
۶-۴-۲	۶-۴-۲ سرد کردن با کاهش رطوبت
۱۳	فصل ۳ محاسبه بار گرمایشی در زمستان
۱-۳	۱-۳ محاسبه بار گرمایی ناشی از جداره‌های مرتبط با هوای بیرون
۲-۳	۲-۳ محاسبه بار گرمایی ناشی از جداره‌های مرتبط با هوای کنترل نشده
۳-۳	۳-۳ گرمای منتقل شده از جدار متصل به زمین
۱-۳-۳	۱-۳-۳ درحالی‌که کف از سطح زمین کمتر از ۲.۵ متر پایین تر باشد، در سطح زمین باشد و یا بالاتر از سطح زمین باشد
۲-۳-۳	۲-۳-۳ حالتی که کف از سطح زمین بیشتر از ۲.۵ متر پایین تر باشد
۴-۳	۴-۳ نفوذ
۱-۴-۳	۱-۴-۳ محاسبه نسبتاً دقیق نفوذ (روش درز)
۱-۱-۴-۳	۱-۱-۴-۳ یکی از جداره‌های خارجی شامل در و پنجره با هوای بیرون در تماس باشد
۲-۱-۴-۳	۲-۱-۴-۳ دو جدار شامل در و پنجره با هوای بیرون در تماس باشد

- ۳-۴-۱-۳. سه جدار شامل در و پنجره با هوای بیرون در تماس باشد. ۱۶
- ۳-۴-۱-۴. چهار جدار شامل در و پنجره با هوای بیرون در تماس باشد. ۱۶
- ۳-۴-۲. محاسبه تقریبی نفوذ(روش حجمی) ۱۶
- ۳-۵. تهویه ۱۶
- ۳-۶. محاسبه بار گرمایشی ناشی از نفوذ یا تهویه ۱۷
- ۳-۶-۱. محاسبه دقیق بار نهان و محسوس ۱۷
- ۳-۶-۲. محاسبه تقریبی بار نهان و محسوس ۱۷
- ۳-۷. مقایسه مقدار نفوذ و تهویه ۱۸

۱۹ فصل ۴ محاسبه بار سرمایشی در تابستان

- ۴-۱. محاسبه بار سرمایشی ناشی از پنجره‌ها ۲۰
- ۴-۱-۲. تصحیح مربوط به چارچوب پنجره ۲۰
- ۴-۱-۳. تصحیح مربوط به مه و یا گرد و غبار ۲۰
- ۴-۱-۴. تصحیح ارتفاع ۲۰
- ۴-۱-۵. تصحیح نقطه شبنم ۲۱
- ۴-۲. محاسبه بار سرمایشی ناشی از سقف و دیوارهای مرتبط با فضاهای کنترل نشده ۲۱
- ۴-۳. محاسبه بار سرمایشی از سقف و دیوارهای مرتبط با هوای بیرون ۲۱
- ۴-۴. محاسبه بار سرمایشی ناشی از جدارهای متصل به زمین ۲۲
- ۴-۵. بار سرمایشی ناشی از حضور افراد ۲۳
- ۴-۶. محاسبه بار سرمایشی ناشی از وسایل و تجهیزات ۲۳
- ۴-۷. نفوذ ۲۳
- ۴-۸. محاسبه بار سرمایشی ناشی از تهویه ۲۳

۲۴ فصل ۵ بررسی اقتصادی روش‌های ساده کاهش مصرف انرژی

- ۵-۱. مقدمه ۲۵
- ۵-۲. روش‌های کاهش مصرف انرژی در ساختمان ۲۵
- ۵-۲-۱. تعدیل دمای داخل ساختمان ۲۵
- ۵-۲-۲. دو جداره کردن پنجره‌ها ۲۶
- ۵-۲-۳. عایق کاری جداره‌ها ۲۶

۲۷ فصل ۶ جدول‌ها و نمودارها

فهرست اشکال

۱	فصل ۱ مقدمه
۶	فصل ۲ مفاهیم، پارامترها و فرایندها
۹	شکل ۲-۱. گرم کردن بدون تغییر نسبت رطوبت
۹	شکل ۲-۲. گرم کردن با افزایش رطوبت.....
۱۰	شکل ۲-۳. گرم کردن با کاهش رطوبت.....
۱۰	شکل ۲-۴. سرد کردن بدون تغییر نسبت رطوبت
۱۰	شکل ۲-۵. سرد کردن با افزایش رطوبت.....
۱۱	شکل ۲-۶. سرد کردن با کاهش رطوبت.....
۱۳	فصل ۳ محاسبه بار گرمایشی در زمستان
۱۹	فصل ۴ محاسبه بار سرمایشی در تابستان
۲۴	فصل ۵ بررسی اقتصادی روش‌های ساده کاهش مصرف انرژی
۲۷	فصل ۶ جدول‌ها و نمودارها
۴۶	شکل ۶-۲. نمودار نم‌سنجی.....

فهرست جداول

۱	فصل ۱ مقدمه
۶	فصل ۲ مفاهیم، پارامترها و فرایندها
۱۳	فصل ۳ محاسبه بار گرمایشی در زمستان
۱۹	فصل ۴ محاسبه بار سرمایشی در تابستان
۲۴	فصل ۵ بررسی اقتصادی روش‌های ساده کاهش مصرف انرژی
۲۷	فصل ۶ جدول‌ها و نمودارها
۲۸	جدول ۶-۱. چگالی و ضرایب هدایت گرمایی مواد مختلف در 300K یا دمای ذکر شده
۳۱	جدول ۶-۲. مقاومت گرمایی ناشی از هوا ($K \cdot m^2 / W$)
۳۲	جدول ۶-۳. مقاومت گرمایی ناشی از لایه‌های هوا ($K \cdot m^2 / W$)
۳۲	جدول ۶-۴. شرایط طرح خارج
۳۳	جدول ۶-۵. ضریب F برای به دست آوردن گرمای منتقل شده به زمین
۳۳	جدول ۶-۶. دمای زمین
۳۳	جدول ۶-۷. میزان نفوذ برای پنجره‌های کشویی (روش درز)
۳۳	جدول ۶-۸. میزان نفوذ برای پنجره‌های لولایی (روش درز)
۳۴	جدول ۶-۹. میزان نفوذ برای در (روش درز)
۳۴	جدول ۶-۱۰. میزان نفوذ (روش حجمی)
۳۴	جدول ۶-۱۱. مقدار تهویه مورد نیاز
۳۶	جدول ۶-۱۲. میزان گرمای دریافتی از خورشید بر حسب $W / (m^2)$ در نیمکره شمالی عرض ۳۰ درجه جغرافیایی
۳۷	جدول ۶-۱۳. میزان گرمای دریافتی از خورشید بر حسب $W / (m^2)$ در نیمکره شمالی عرض ۴۰ درجه جغرافیایی
۳۸	جدول ۶-۱۴. ضرایب تصحیح برای نوع شیشه و پرده
۳۹	جدول ۶-۱۵. ضرایب ذخیره برای گرما اکتسابی خورشیدی از شیشه با وسایل سایه افکن داخلی برای کار ۲۴ ساعته سیستم و دمای ثابت اتاق
۴۰	جدول ۶-۱۶. ضرایب ذخیره برای گرما اکتسابی خورشیدی از شیشه بدون وسایل سایه افکن داخلی برای کار ۲۴ ساعته سیستم و دمای ثابت اتاق

- جدول ۶-۱۷.** ضرایب ذخیره برای گرما اکتسابی خورشیدی از شیشه با وسایل سایه افکن داخلی برای کار ۱۶ ساعته سیستم و دمای ثابت اتاق..... ۴۱
- جدول ۶-۱۸.** ضرایب ذخیره برای گرما اکتسابی خورشیدی از شیشه بدون وسایل سایه افکن داخلی برای کار ۱۶ ساعته سیستم و دمای ثابت اتاق..... ۴۲
- جدول ۶-۱۹.** اختلاف دمای معادل ($^{\circ}\text{C}$) برای دیواره‌های تیره رنگ برای دمای طرح خارج 35°C و دمای طرح داخل 27°C و دامنه تغییرات روزانه دما معادل 11°C و کار ۲۴ ساعته سیستم جغرافیایی 40° درجه شمالی..... ۴۳
- جدول ۶-۲۰.** اختلاف دمای معادل ($^{\circ}\text{C}$) برای سقف‌های تیره‌رنگ برای دمای طرح خارج 35°C و دمای طرح داخل 27°C و دامنه تغییرات روزانه دما معادل 11°C و کار ۲۴ ساعته سیستم و عرض جغرافیایی 40° درجه شمالی..... ۴۴
- جدول ۶-۲۱.** مقادیر تصحیح اختلاف دمای معادل ($^{\circ}\text{C}$)..... ۴۴
- جدول ۶-۲۲.** بار گرمایی ناشی از حضور مرد..... ۴۵

فصل ۱

مقدمه

۱-۱- مقدمه

کنترل دما، رطوبت، سرعت هوا، میزان اکسیژن هوا، آلودگی میکروبی هوا برعهده مهندسان مکانیک سیالات (و یا تاسیسات) می باشد که روش های کنترل این موارد در درس تهویه مطبوع بررسی می شود. کنترل میزان آلودگی صوتی هم برای آسایش انسان لازم می باشد، ولی این موضوع جزو مباحث مربوط به تهویه مطبوع نمی باشد. بدن هر انسان نیاز به دفع گرما دارد که در حالت های مختلف مقدار آن فرق می کند. مثلاً شخصی که استراحت می کند حدود ۱۲۰ وات و شخصی که در حال انجام یک ورزش سنگین است، حدود ۶۰۰ وات گرما را از بدن خود دفع می کند. با توجه به موارد اشاره شده می توان موارد زیر را توضیح داد.

- ✓ با توجه به اینکه دمای بدن حدود ۳۷ درجه سانتی گراد است بدن انسان برای دفع مناسب گرما در محیطی با دمای کمتر از ۳۷ درجه سانتی گراد احساس آسایش می کند. دمای آسایش برای انسان در حالت عادی حدود ۲۳ درجه سانتی گراد است.
- ✓ زمانی که دمای محیط بالا می رود یا فعالیت انسان زیاد می شود بدن عرق می کند تا بتواند گرمای بیشتری را توسط بخار کردن عرق روی پوست خود دفع کند.
- ✓ کمبود رطوبت باعث سختی در تنفس می شود و زیاد بودن آن باعث احساس خفگی می شود.

- ✓ کنترل میزان اکسیژن برای اطمینان از وجود اکسیژن کافی برای تنفس می باشد.

بدن به ۴ طریق گرما دفع می کند:

- I. تشعشع^۱
- II. جابجایی^۲
- III. عرق کردن
- IV. هدایت^۳ (نقش بسیار کم رنگی دارد).

¹ Radiation

² Convection

۲-۱. روشهای انتقال گرما

انتقال گرما به ۳ روش هدایت، جابجایی و تشعشع اتفاق می افتد.

۱-۲-۱. هدایت گرمایی

نرخ انتقال گرما به کمک هدایت گرمایی از فرمول $q = -kA \frac{\partial T}{\partial n}$ به دست می آید که k ضریب

هدایت گرمایی، A مساحت و $\frac{\partial T}{\partial n}$ گرادیان دما می باشد.

۱-۱-۲-۱. هدایت گرمایی یک بعدی پایدار بدون گرمایش در مختصات کارتیزین

اگر دما فقط تابعی از x باشد، و در داخل جسم جامد هیچ گونه گرمایشی وجود نداشته باشد،

می توان روابط زیر را به کار برد.

$$q = kA \frac{\Delta T}{\Delta x}, R = \frac{\Delta x}{kA}, q = \frac{\Delta T}{R} \quad (1-1)$$

R مقاومت گرمایی می باشد.

۲-۱-۲-۱. هدایت گرمایی یک بعدی پایدار بدون گرمایش در مختصات استوانه ای

اگر دما فقط تابعی از r باشد، و در داخل جسم جامد هیچ گونه گرمایشی وجود نداشته باشد،

می توان رابطه زیر را به کار برد.

$$R = \frac{\ln \frac{r_o}{r_i}}{2\pi kL} \quad (2-1)$$

۲-۲-۱. جابجایی

نرخ انتقال گرما توسط روش جابجایی از فرمول $q = hA(T_s - T_\infty)$ به دست می آید که h

ضریب جابجایی، A مساحت، T_s دمای جسم جامد و T_∞ دمای سیال می باشد. k فقط تابع دما و

جنس ماده می باشد ولی h تابع دما، سرعت، ویسکوزیته، عدد پرانتل، ضریب هدایت گرمایی سیال و ...

می باشد. مقاومت گرمایی در حالت جابجایی $R = \frac{1}{hA}$ می باشد.

³ conduction

۱-۲-۲-۱. ترکیب مقاومتهای گرمایی

$$\text{➤ حالت سری: } R_{tot} = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\text{➤ حالت موازی: } R_{tot}^{-1} = R_1^{-1} + R_2^{-1} + \dots$$

۱-۲-۲-۱. ضریب انتقال گرمایی کلی

در رابطه $q = UA\Delta T$ ، U ضریب انتقال گرمایی کلی است که از رابطه زیر به دست می آید.

$$U = \frac{1}{AR_{tot}} \quad (3-1)$$

مثال ۱-۱-۱- گرمای منتقل شده از صفحه‌ای آلومینیومی به ضخامت 5cm و مساحت 8m^2 که

دمای دو سطح آن به ترتیب 10 و 20 درجه سانتی گراد می باشد، را به دست آورید.

$$q = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} = 237 * 8 * \frac{20-10}{5 * 10^{-2}} = 379200\text{W} = 3.79\text{kW}$$

مثال ۲-۱- هوا با 300°C و 6kPa روی یک صفحه تخت به طول 0.5 متر و دمای 27°C با

سرعت 10m/s جریان دارد h کل صفحه چقدر است؟

$$T_f = \frac{27+300}{2} + 273 = 437 \rightarrow \nu = 308 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{s}, k = 36.4 \times 10^{-3} \text{W/m.K}, \text{Pr} = 0.687$$

$$\text{Re} = \frac{U_\infty L}{\nu} = 9597 \rightarrow \overline{Nu} = 0.664 \text{Re}^{0.5} \text{Pr}^{1/3} = 57.4 \rightarrow \bar{h} = \frac{\overline{Nu} \cdot k}{L} = 4.18 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

مثال ۳-۱- لوله‌ای به طول 3 متر از جنس مس به شعاع داخلی 5cm و شعاع خارجی 6cm را در

نظر بگیرید. اگر داخل لوله آب با $h = 100 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$ و $T = 80^\circ\text{C}$ و بیرون لوله هوا با $h = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$ و

$T = 10^\circ\text{C}$ باشد گرمای منتقل شده از آب به هوا چقدر خواهد بود؟

$$R_{tot} = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln \frac{r_o}{r_i}}{2\pi k L} + \frac{1}{h_o A_o} = \frac{1}{100 \times 2\pi \times 5 \times 10^{-2} \times 3} + \frac{\ln \frac{6}{5}}{2\pi \times 401 \times 3} + \frac{1}{10 \times 2\pi \times 6 \times 10^{-2} \times 3}$$

$$= 0.0106 + 0.0000241 + 0.0884 = 0.0990 \text{ K/W} \rightarrow q = \frac{\Delta T}{R_{tot}} = \frac{80-10}{0.099} = 707 \text{ W}$$

مثال ۴-۱- در مثال ۱-۳ با استفاده از 1cm پشم شیشه با $k = 0.46 \text{W/m.K}$ روی لوله

پوشانده می شود. گرمای منتقل شده از لوله در این حالت چقدر است.

$$R_{tot} = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{Ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi k_1 L} + \frac{Ln \frac{r_3}{r_2}}{2\pi k_2 L} + \frac{1}{h_o A_o} = \frac{1}{100 \times 2\pi \times 5 \times 10^{-2} \times 3} + \frac{Ln \frac{6}{5}}{2\pi \times 401 \times 3} + \frac{Ln \frac{7}{6}}{2\pi \times 0.46 \times 3} + \frac{1}{10 \times 2\pi \times 7 \times 10^{-2} \times 3} = 0.0106 + 0.0000241 + 0.178 + 0.0758 = 0.264 \text{ K/W}$$

$$q = \frac{\Delta T}{R_{tot}} = \frac{80 - 10}{0.264} = 265 \text{ W}$$

۱-۲-۳. تشعشع

نرخ انتقال گرما به روش تشعشع از رابطه زیر به دست می آید که σ ضریب استفان بولتزمن، \mathcal{E} ضریب صدور، F_{12} ضریب شکل و A مساحت می باشد.

$$q = \frac{\sigma(T_1^4 - T_2^4)}{R}, \quad \sigma = 5.669 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}, \quad R = \frac{1 - \epsilon_1}{\epsilon_1 A} + \frac{1}{A_1 F_{12}} + \frac{1 - \epsilon_2}{\epsilon_2 A} \quad (۴-۱)$$

در این رابطه دما برحسب کلوین می باشد.

مثال ۱-۵- گرمای منتقل شده، از صفحه ای به مساحت $10m^2$ و دمای $300K$ و ضریب صدور

0.7 به صفحه ای با دمای $270K$ و ضریب صدور 0.6 و مساحت $5m^2$ چقدر است؟ ضریب شکل

صفحه اول به صفحه دوم 0.3 می باشد.

$$R = \frac{1 - 0.7}{0.7 \times 10} + \frac{1}{10 \times 0.3} + \frac{1 - 0.6}{5 \times 0.6} = 0.429 + 0.333 + 0.133 = 0.509$$

$$q = \frac{\sigma(T_1^4 - T_2^4)}{R} = \frac{5.069 \times 10^{-8} (300^4 - 270^4)}{0.509} = 310 \text{ W}$$

فصل ۲

مفاهیم، پارامترها و فرایندها

۲-۱. تعاریف اولیه

بار گرمایی^۴: مقدار گرمایی که یک ساختمان در سردترین شب سال از دست می‌دهد.

بار سرمایی^۵: مقدار گرمایی که به یک ساختمان در گرم‌ترین روز سال وارد می‌شود و یا در

داخل ساختمان به علت وجود تجهیزات و یا حضور افراد تولید می‌شود.

نسبت رطوبت^۶ (رطوبت مخصوص): جرم بخار آب موجود در یک کیلوگرم هوای خشک

را می‌گویند.

هوای اشباع^۷: هوایی که مقدار بخار آب موجود در آن ماکزیمم مقدار ممکن را داشته باشد.

رطوبت نسبی^۸ (ϕ): جرم بخار آب موجود در هوا به جرم بخار آب موجود در هوای اشباع در

همان دما و فشار کل را گویند.

نفوذ^۹: میزان هوایی که از طریق درز پنجره‌ها، در و ... به داخل خانه نفوذ می‌کند.

تهویه^{۱۰}: مقدار هوای تازه‌ای که لازم است وارد ساختمان شود تا هوای ساختمان حداقل

اکسیژن و ... لازم را داشته باشد.

دمای مرطوب^{۱۱}: دمایی که توسط دماسنجی با حباب بسته شده با پارچه‌ای خیس

اندازه‌گیری می‌شود.

گرما محسوس^{۱۲}: میزان گرمایی که لازم است تا دمای هوا، اضافی یا کم شود.

گرما نهان^{۱۳}: میزان گرمایی که مورد نیاز است تا میزان رطوبت موجود در هوا اضافی یا کم

شود.

⁴ heat load

⁵ cool load

⁶ specific humidity

⁷ saturated air

⁸ relative humidity

⁹ infiltration

¹⁰ Ventilation

¹¹ Wet Bulb Temperature

¹² sensible heat

¹³ Latent heat

دمای نقطه شبنم^{۱۴}: اگر مخلوط هوا و بخار آب را در فشار ثابت سرد کنیم تا هوا اشباع شود

دمای هوای اشباع را دمای نقطه شبنم گویند.

دمای طرح داخل^{۱۵}: دمای آسایش یا دمای طراحی داخل ساختمان که در محاسبات در نظر

گرفته می‌شود.

دمای طرح خارج^{۱۶}: کمترین دما و بیشترین دمایی که هوای خارج ساختمان در طول سال

تجربه می‌کند.

۲-۲. روابط بین پارامترها

$$\Phi = \frac{p_v}{p_g}, p_t = p_a + p_v, \omega = 0.622 \frac{p_v}{p_g}, Q_s = \dot{m} C_p \Delta T, Q_L = \dot{m} h_{fg} \quad (1-2)$$

در رابطه بالا Φ رطوبت نسبی، p_v فشار جزئی بخار آب، p_g فشار اشباع بخار آب، p_t فشار

کل، p_a فشار جزئی هوا، p_v فشار جزئی بخار آب، ω نسبت رطوبت، Q_s گرمای محسوس، Q_L

گرمای نهان می‌باشد.

مثال ۱-۲ مخلوط هوا و بخار آب با $\dot{m}_a = 1 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ و $P = 100 \text{ kPa}$ و $T = 10^\circ \text{C}$ و $\phi = 30\%$ وارد

یک کانال شده و داخل کانال ابتدا از روی یک کویل گرم عبور می‌کند و در ادامه از روی یک تشت

آب با دمای 10°C عبور کرده و از کانال با $T = 30^\circ \text{C}$ و $\phi = 50\%$ و $P = 100 \text{ kPa}$ خارج می‌شود میزان

رطوبت اضافه شده از تشت آب به هوا و میزان گرمای اضافه شده توسط کویل گرم را به دست آورید.

نقطه شبنم مخلوط را در خروجی به دست آورید؟

$$\Phi_1 = \frac{p_{v1}}{p_{g1@T=10^\circ\text{C}}} = \frac{p_{v1}}{1.23} \rightarrow p_{v1} = 0.369 \text{ kPa} \rightarrow p_{a1} = p_t - p_{v1} = 100 - 0.369 = 99.63 \text{ kPa}$$

$$\omega_1 = 0.622 \frac{p_{v1}}{p_{g1}} = 0.622 \frac{0.369}{99.63} = 2.3 * 10^{-3} \rightarrow \dot{m}_{v1} = \dot{m}_{a1} \omega = 1 * 2.3 * 10^{-3} = 2.3 * 10^{-3} \text{ kg/s}$$

$$\Phi_2 = \frac{p_{v2}}{p_{g2@T=30^\circ\text{C}}} = \frac{p_{v2}}{4.25} \rightarrow p_{v2} = 2.13 \text{ kPa} \rightarrow p_{a2} = p_t - p_{v2} = 100 - 2.13 = 97.87 \text{ kPa}$$

$$\omega_2 = 0.622 \frac{p_{v2}}{p_{g2}} = 0.622 \frac{2.13}{99.63} = 13.5 * 10^{-3} \rightarrow \dot{m}_{v1} = \dot{m}_{a1} \omega = 1 * 13.5 * 10^{-3} = 13.5 * 10^{-3} \text{ kg/s}$$

¹⁴ Dew Point

¹⁵ indoor Temperature

¹⁶ outdoor Temperature

$$\dot{m}_w = \dot{m}_{v2} - \dot{m}_{v1} = 11.2 * 10^{-3} \text{ kg / s}, \quad Q_a = \dot{m}_a C_{pa} (T_2 - T_1) = 20.1 \text{ kW},$$

$$Q_v = \dot{m}_v C_{pv} (T_2 - T_1) = 0.0861 \text{ kW}, \quad Q_w = \dot{m}_w (h_{fg} + C_{pw} (T_2 - T_1)) = 28.2 \text{ kW}$$

$$Q_t = Q_a + Q_v + Q_w = 48.39 \text{ kW}, \quad p_{v2} = 2.13 \text{ kPa} \rightarrow T_{dp} = 18^{\circ} \text{ C}$$

۳-۲. نمودار نم سنجی^{۱۷}

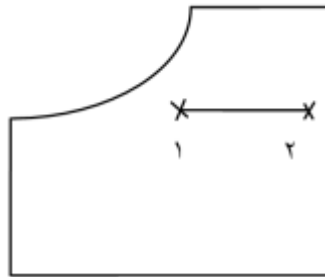
نمودار نم سنجی شامل دمای خشک T_{Db} ، دمای مرطوب T_{wb} ، نسبت رطوبت ω ، رطوبت نسبی ϕ ، آنتالپی مخلوط h و حجم مخصوص v می باشد. برای به دست آوردن نقطه شبنم از نقطه مورد نظر خطی موازی خط دمای خشک رسم می کنیم تا منحنی $\phi=100\%$ را قطع کند. دمای نقطه به دست آمده دمای نقطه شبنم می باشد.

۴-۲. فرایندهای تهویه مطبوع

۲-۴-۱. گرم کردن بدون تغییر نسبت رطوبت

T_{Db} زیاد می شود، ω ثابت می ماند و ϕ کم می شود.

دستگاه: بخاری، شوفاژ، فن کوئل و هواساز با کوئل گرم

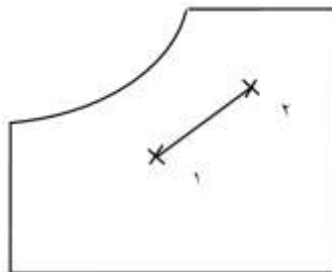


شکل ۲-۱. گرم کردن بدون تغییر نسبت رطوبت

۲-۴-۲. گرم کردن با افزایش رطوبت

T_{Db} زیاد می شود، ω زیاد می شود و ϕ می تواند زیاد یا کم شود یا ثابت بماند.

دستگاه: کوئل گرم + اسپری آب (بخار آب)



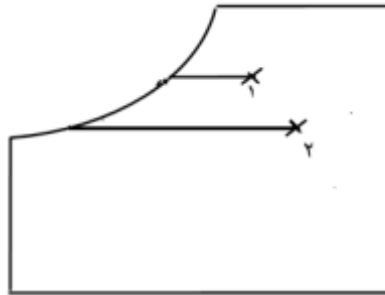
شکل ۲-۲. گرم کردن با افزایش رطوبت

¹⁷ Psychrometric chart

۲-۴-۳. گرم کردن با کاهش رطوبت

T_{Db} زیاد می شود، ω کم می شود، ϕ کم می شود.

دستگاه: کویل سرد + کویل گرم

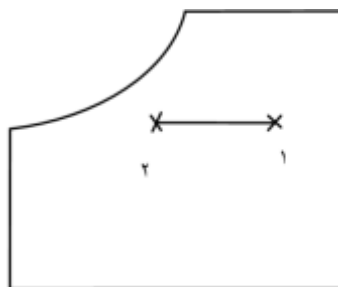


شکل ۲-۳. گرم کردن با کاهش رطوبت

۲-۴-۴. سرد کردن بدون تغییر نسبت رطوبت

T_{Db} کم می شود، ω ثابت می ماند، ϕ زیاد می شود.

دستگاه: کویل سرد یا کولر گازی



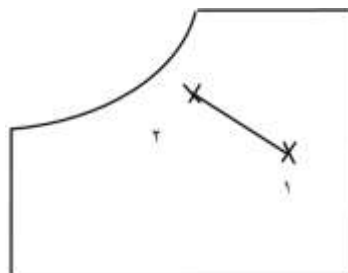
شکل ۲-۴. سرد کردن بدون تغییر نسبت رطوبت

۲-۴-۵. سرد کردن با افزایش رطوبت

T_{Db} کم می شود، ω زیاد می شود و ϕ زیاد می شود.

دستگاه: (کویل سرد + اسپری آب) یا کولر آبی

* محدودیت دمایی وجود دارد حداکثر تا $\phi=100\%$ می توان خشک کرد. (کولر آبی)

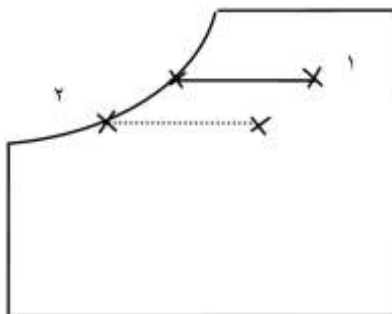


شکل ۲-۵. سرد کردن با افزایش رطوبت

۲-۴-۶. سرد کردن با کاهش رطوبت

T_{Db} کم می شود، ω زیاد می شود، Φ می تواند زیاد یا کم شود یا ثابت بماند.

دستگاه: (کویل سرد) + (کویل گرم)



شکل ۲-۶. سرد کردن با کاهش رطوبت

مثال ۳.۲. گرمای لازم برای تبدیل هوا با $\dot{m}_a = 1 \text{ kg/s}$ و $T = 10^\circ \text{C}$ و $\Phi = 40\%$ به هوا با دمای

$T = 30^\circ \text{C}$ چقدر است؟ در این فرآیند رطوبت نسبی چگونه تغییر کرده است؟

$$T_1 = 10^\circ \text{C}, \Phi_1 = 40\% \rightarrow h_1 = 18 \text{ kJ/kg}, \omega_1 = 0.003$$

$$T_2 = 30^\circ \text{C}, \omega_2 = 0.003 \rightarrow h_2 = 38 \text{ kJ/kg}, \Phi_2 = 13\%$$

$$Q = \dot{m}_a (h_2 - h_1) = 20 \text{ kW}$$

مثال ۴.۲. مقدار گرما و مقدار آب لازم برای تبدیل مخلوط هوا و بخار آب با $\dot{m}_a = 2 \text{ kg/s}$ و $T = 10^\circ \text{C}$

و $\Phi = 40\%$ به مخلوط هوا و بخار آب با $T = 30^\circ \text{C}$ و $\Phi = 50\%$ چقدر است؟ دمای آب در اختیار 30°C است.

$$T_1 = 10^\circ \text{C}, \Phi_1 = 40\% \rightarrow h_1 = 18 \text{ kJ/kg}, \omega_1 = 0.003$$

$$T_2 = 30^\circ \text{C}, \Phi_2 = 50\% \rightarrow h_2 = 64 \text{ kJ/kg}, \omega_2 = 0.013$$

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a (\omega_2 - \omega_1) = 0.02 \text{ kg/s}, Q = \dot{m}_a (h_2 - h_1) - \dot{m}_w h_w = 2(64 - 18) - 0.02 * 126 = 89.5 \text{ kW}$$

مثال ۵-۲. گرما و آب مورد نیاز برای تبدیل هوای مرطوب با دبی $\dot{m}_a = 0.4 \text{ kg/s}$

از حالت $T = 10^\circ \text{C}$ و $\Phi = 70\%$ به حالت $T = 30^\circ \text{C}$ و $\Phi = 50\%$ چقدر است؟ دمای آب در اختیار 30°C

می باشد.

$$T_1 = 10^\circ \text{C}, \Phi_1 = 70\% \rightarrow \omega_1 = 0.005, h_1 = 24 \text{ kJ/kg}$$

$$T_2 = 30^\circ \text{C}, \Phi_2 = 50\% \rightarrow \omega_2 = 0.013, h_2 = 64 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a (\omega_2 - \omega_1) = 0.0032 \text{ kg/s}, Q = \dot{m}_a (h_2 - h_1) - \dot{m}_w h_w = 15.5 \text{ kW}$$

مثال ۶-۲. راهکار لازم برای تبدیل هوای مرطوب با دبی $\dot{m}_a = 1 \text{ kg/s}$ از حالت $T = 25^\circ \text{C}$

و $\Phi = 70\%$ به حالت $T = 40^\circ \text{C}$ و $\Phi = 30\%$ را ارائه دهید؟

$$T_1=25\text{ }^\circ\text{C}, \quad \Phi_1=70\% \rightarrow \omega_1=0.014, \quad h_1=60\text{ kJ/kg}$$

$$T_3=40\text{ }^\circ\text{C}, \quad \Phi_3=30\% \rightarrow \omega_3=0.009, \quad h_3=65\text{ kJ/kg}$$

با توجه به اینکه نسبت رطوبت کم شده است پس باید ابتدا مخلوط را سرد کنیم تا آب تقطیر

شده و نسبت رطوبتش کم شود و سپس مخلوط را گرم کنیم تا به دمای مورد نظر برسد.

$$\omega_2=0.014, \quad \Phi_2=100\% \rightarrow h_2=37\text{ kJ/kg}, \quad T=19\text{ }^\circ\text{C}$$

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a(\omega_2 - \omega_1) = 0.005\text{ kg/s}, \quad Q_1 = \dot{m}_a(h_2 - h_1) - \dot{m}_w h_{L@T=19^\circ\text{C}} = -22.5\text{ kW}$$

$$Q_2 = \dot{m}_a(h_3 - h_2) = 28\text{ kW}$$

مثال ۲-۷ گرمایی که لازم است از هوای مرطوب با دبی $\dot{m}_a = 1\text{ kg/s}$ و $T = 30^\circ\text{C}$ و $\Phi = 13\%$

بگیریم تا به هوای مرطوب با $T = 10^\circ\text{C}$ برسیم چقدر است؟

$$T_1=30\text{ }^\circ\text{C}, \quad \Phi_1=13\% \rightarrow \omega_1=0.003, \quad h_1=38\text{ kJ/kg}$$

$$T_2=10^\circ\text{C}, \quad \omega_2=0.003 \rightarrow h_2=18\text{ kJ/kg}$$

$$Q_2 = \dot{m}_a(h_2 - h_1) = 20\text{ kW}$$

مثال ۲-۸ گرمایی که لازم است از هوای مرطوب با دبی $\dot{m}_a = 1\text{ kg/s}$ و $T = 30^\circ\text{C}$ و $\Phi = 80\%$

بگیریم تا به هوای مرطوب با $T = 10^\circ\text{C}$ برسیم چقدر است؟

$$T_1=30\text{ }^\circ\text{C}, \quad \Phi_1=80\% \rightarrow \omega_1=0.021, \quad h_1=85\text{ kJ/kg}$$

غیر ممکن است پس حتما تقطیر صورت گرفته است.

$$\omega_2=0.021, \quad T_2=10\text{ }^\circ\text{C} \rightarrow T_2=18\text{ }^\circ\text{C}$$

پس تقطیر آب از دمای 26°C درجه سانتی گراد شروع شده و تا 10°C درجه سانتی گراد ادامه داشته

است. پس دمای میانگین تقطیر 18°C درجه سانتی گراد بوده است.

$$T_3=10\text{ }^\circ\text{C}, \quad \Phi_3=100\% \rightarrow h_2=18\text{ kJ/kg}, \quad \omega_1=0.008$$

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a(\omega_2 - \omega_1) = 0.013\text{ kg/s}, \quad Q_1 = \dot{m}_a(h_2 - h_1) - \dot{m}_w h_{L@T=18^\circ\text{C}} = -54\text{ kW}$$

مثال ۲-۹ کمترین دمایی که یک کولر آبی با هوای مرطوب ورودی با $T_2 = 40^\circ\text{C}$ و $\Phi = 30\%$

می تواند ایجاد کند چقدر است؟

$$T_2=40\text{ }^\circ\text{C}, \quad \Phi=30\% \rightarrow h_1=75\text{ kJ/kg}$$

$$h_2=75\text{ kJ/kg}, \quad \Phi=100\% \rightarrow T_2=25\text{ }^\circ\text{C}$$

فصل ۳

محاسبه بار گرمایشی در

زمستان

۱-۳. محاسبه بار گرمایی ناشی از جداره‌های مرتبط با هوای بیرون

برای محاسبه بار گرمایی ناشی از جداره‌های (در، دیوار، پنجره، سقف و...) مرتبط با هوای بیرون از (۱-۳) استفاده می‌شود. در این رابطه T_i دمای طرح داخل، T_o دمای طرح خارج، U ضریب هدایت گرمایی و A مساحت می‌باشد.

$$Q=UA(T_i-T_o) \quad (1-3)$$

برای به دست آوردن ضریب انتقال گرما، ابتدا ضریب هدایت گرمایی مواد به کار رفته را از جدول (۱-۳) و همچنین مقاومت گرمایی لایه‌های هوا را از جدول (۲-۳) و (۳-۳) به دست آورده و سپس با ترکیب مقاومت‌های گرمایی ضریب انتقال گرما به دست می‌آید. دمای طرح داخل در زمستان در شرایط آسایش ۲۲ درجه سانتی گراد در نظر گرفته می‌شود و دمای طرح خارج از جدول (۴-۳) به دست می‌آید.

۲-۳. محاسبه بار گرمایی ناشی از جداره‌های مرتبط با هوای کنترل نشده

برای محاسبه بار گرمایی ناشی از جداره‌های (در، دیوار، پنجره، سقف و...) مرتبط با هوای کنترل نشده از رابطه (۲-۳) استفاده می‌شود. در این رابطه T_i دمای طرح داخل، T_m دمای فضای کنترل نشده، U ضریب هدایت گرمایی و A مساحت می‌باشد.

$$Q=UA(T_i-T_m) \quad (2-3)$$

برای به دست آوردن دمای فضای کنترل نشده در زمستان از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$T_m=0.5*(T_i+T_{out}) \quad (3-3)$$

مثال ۱-۳ بار گرمایی پنجره‌ای تک جداره به مساحت 4m^2 در شهر بوشهر که ضخامت شیشه آن 3mm در شرایط آسایش چقدر است؟

$$U^{-1} = \frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_o} = 0.11 + \frac{3*10^{-3}}{1.4} + 0.06 = 0.172 \frac{m^2.K}{W} \rightarrow U = 5.81 W / m^2 K \rightarrow$$

$$Q=4*5.81*(22-(6))=372W$$

مثال ۲-۳ بار گرمایی دیوار به مساحت 10m^2 در شهر زنجان که متشکل از ۳۰ سانتی متر آجر و ۶ میلیمتر گچ می‌باشد را در شرایط آسایش و در شرایطی که دمای داخل 17°C باشد به دست آورید. ($U=1.76\text{ W/m}^2\text{K}$)

$$Q_1=UA\Delta T=10*1.76*(17-(-16))=581W, \quad Q_2=UA\Delta T=10*1.76*(22-(-16))=669W$$

مثال ۳-۳ بار گرمایی کف یک آپارتمان در شهر بیرجند به مساحت ۱۰۰ متر مربع که در تماس

با پارکینگ می باشد را در حالت آسایش محاسبه نمایید. ($U=1 \text{ W/m}^2\text{K}$)

$$T_0 = -8 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow T_m = (-8+22)*0.5 = 7 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow Q = AU\Delta T = 1500W$$

۳-۳. گرمای منتقل شده از جدار متصل به زمین

۳-۳-۱. درحالیکه کف از سطح زمین کمتر از ۲.۵ متر پایین تر باشد، در سطح زمین باشد و یا بالاتر از سطح زمین باشد.

برای محاسبه گرمای منتقل شده به زمین در این حالت از رابطه زیر استفاده می شود.

$$Q = FP (T_i - T_0) + 0.284 A (T_i - T_g) \quad (\text{SI}) \quad (4-3)$$

P محیط در تماس با هوای بیرون بر حسب متر، T_i و T_0 و T_g دمای طرح داخل و طرح خارج و

دمای زمین (جدول ۶-۶)، A مساحت کف می باشد و F از جدول ۶-۵ به دست می آید.

۳-۳-۲. حالتی که کف از سطح زمین بیشتر از ۲.۵ متر پایین تر باشد.

برای محاسبه بار گرمایی دیوارهای جانبی تا عمق ۲.۵ m و کف، از فرمول های قسمت قبلی

استفاده می شود و عمق بعد از ۲.۵m از فرمول زیر استفاده می شود.

$$Q = 0.455 A (T_i - T_g) \quad (\text{SI}) \quad (5-3)$$

۳-۴. نفوذ^{۱۸}

به مقدار هوایی که از درز در و پنجره وارد ساختمان می شود را نفوذ می گویند.

۳-۴-۱. محاسبه نسبتاً دقیق نفوذ (روش درز)

اولین روش برای محاسبه نفوذ روش درز می باشد که تقریباً روش دقیقی محسوب می شود. برای

محاسبه نفوذ از روش درزی چهار حالت زیر پیش می آید.

۳-۴-۱-۱. یکی از جدارهای خارجی شامل در و پنجره با هوای بیرون در تماس باشد.

درزهای پنجره و در واقع در ضلع مورد نظر در نظر گرفته شده و به کمک عدد جدول ۶-۶ تا 0

میزان نفوذ به دست می آید.

مثال ۳-۴ میزان نفوذ هوا به داخل یک اتاق که فقط ضلع جنوبی آن با هوای بیرون مرتبط

¹⁸ infiltration

است با اطلاعات زیر چقدر است؟ اتاق دارای یک پنجره لولایی مسکونی که مجموع درز آن ۶ متر می باشد. سرعت باد در محل مورد نظر $\frac{m}{s}$ ۶,۴ است.

$$\text{From table} \rightarrow 1.17 \frac{gr}{m \cdot s} \rightarrow \dot{m} = 1.17 * 6 = 7.02 \frac{gr}{s}$$

۳-۴-۱-۲. دو جدار شامل در و پنجره با هوای بیرون در تماس باشد.

ابتدا میزان نفوذ هر کدام از دو سمت جداگانه محاسبه شده و مقدار بزرگتر به عنوان مقدار نفوذ در نظر گرفته می شود.

۳-۴-۱-۳. سه جدار شامل در و پنجره با هوای بیرون در تماس باشد.

ابتدا میزان نفوذ هر کدام از سمت ها را جداگانه محاسبه شده و عدد بزرگتر با مجموع دو عدد کوچک مقایسه می شود. هر کدام بزرگتر بود به عنوان مقدار نفوذ در نظر گرفته می شود.

۳-۴-۱-۴. چهار جدار شامل در و پنجره با هوای بیرون در تماس باشد.

ابتدا میزان نفوذ هر کدام از چهار سمت جداگانه محاسبه شده و سپس مقدار هر دو طرف مجاور با هم جمع شده و سپس عدد بزرگتر به عنوان مقدار نفوذ در نظر گرفته می شود.

۳-۴-۲. محاسبه تقریبی نفوذ (روش حجمی)

روش دوم برای محاسبه میزان نفوذ روش حجمی است که روشی تقریبی ولی سریع برای محاسبه نفوذ می باشد. در این روش با مشخص کردن تعداد دیوارهای خارجی که شامل پنجره یا درب هستند و به کمک جدول ۶-۱۰ تعداد تعویض کل هوا در یک ساعت به دست می آید و سپس به کمک آن \dot{m} محاسبه می شود.

مثال ۳-۵ میزان نفوذ رادر یک اتاق که فقط دیوار جنوبی (شامل پنجره) آن با هوای بیرون در

تماس است را به دست آورید. حجم اتاق $27m^3$ است. چگالی هوا را 1.2 kg/m^3 در نظر بگیرید.

$$\text{From table} \rightarrow n = 1 \frac{1}{hr} \rightarrow \dot{m} = 1 \frac{1}{hr} * 1.2 \frac{kg}{m^3} * 27m^3 = 32.4 \frac{kg}{hr} = 9 \frac{gr}{s}$$

۳-۵. تهویه^{۱۹}

با استفاده از جدول ۶-۱۱ و با توجه به شرایط مسئله می توان میزان تهویه لازم برای ساختمان را محاسبه کرد. البته در صورتی که هوای لازم برای احتراق وسایل گازسوز مثل بخاری، پکیج و ... از

¹⁹ Ventilation

داخل خانه تامین شود؛ مقدار هوای لازم تجهیزات هم باید به میزان تهویه مورد نیاز اضافی شود.

مثال ۳، ۶. تهویه لازم برای یک آپارتمان معمولی با ۴ نفر ساکن چقدر است؟

$$\text{From table} \rightarrow 11 \frac{\text{gr}}{\text{s}} \rightarrow \dot{m} = 4 * 11 = 44 \frac{\text{gr}}{\text{s}}$$

مثال ۳، ۷. تهویه لازم برای یک سینما با ظرفیت ۴۰۰ نفر چقدر است؟

$$\text{From table} \rightarrow 9 \frac{\text{gr}}{\text{s}} \rightarrow \dot{m} = 400 * 9 = 3600 \frac{\text{gr}}{\text{s}}$$

۳-۶. محاسبه بار گرمایشی ناشی از نفوذ یا تهویه

اگر مقدار بار گرمایی ناشی از تهویه بیشتر بود آن عدد مبنا محاسبات می باشد و در غیر این صورت بار گرمایشی ناشی از نفوذ در نظر گرفته می شود. در محاسبات در حالت بهینه سازی بار گرمایی ناشی از تهویه در نظر گرفته می شود به این دلیل که به کمک روشهای مختلف میزان نفوذ از میزان تهویه مورد نیاز کمتر شده است. هوای تازه وارد شده به داخل اتاق (ناشی از نفوذ یا تهویه) ایجاد بار گرمایی محسوس (ناشی از تفاوت در دما) و بار گرمایی نهان (ناشی از تفاوت در رطوبت) می کند.

۳-۶-۱. محاسبه دقیق بار نهان و محسوس

برای محاسبه میزان دقیق بار گرمایی محسوس و بار گرمایی نهان از روابط زیر استفاده می شود.

$$Q_s = \dot{m}_a C_{p_a} (T_i - T_o) + \dot{m}_v C_{p_v} (T_i - T_o)$$

\dot{m}_a : دبی هوای خشک، C_{p_a} : ظرفیت گرمایی ویژه هوای خشک، \dot{m}_v : دبی بخار آب موجود در

هوا، C_{p_v} : ظرفیت گرمایی ویژه بخار آب، Q_s : گرمای محسوس

$$Q_L = \dot{m}_w h_{fg}$$

\dot{m}_w : آب مورد نیاز، h_{fg} : آنتالپی تبدیلی آب اشباع به بخار اشباع، Q_L : گرمای نهان

۳-۶-۲. محاسبه تقریبی بار نهان و محسوس

درمباحث مربوط به تهویه مطبوع با توجه به اینکه گستره تغییرات دمایی کم است می توان برای سادگی محاسبات فرمول های قسمت قبل را ساده تر بیان کرد. برای محاسبه تقریبی بار گرمایی محسوس و بار گرمایی نهان ناشی از نفوذ می توان از رابطه زیر استفاده کرد.

$$Q_s = 1010 \dot{m}_a (T_i - T_o), \quad Q_L = 2.475 \times 10^6 \dot{m}_a (\omega_i - \omega_o) \quad (۳-۶)$$

برای به دست آوردن ω_0 و ω_i می توان از نمودار نم سنجی استفاده کرد.

مثال ۳، ۸. در مثال ۳، ۴ اگر $T_0 = -5^\circ\text{C}$ و $w_0 = 0.001$ و $T_i = 22^\circ\text{C}$ و $w_i = 0.009$ باشد، بار ناشی از

نفوذ چقدر خواهد بود؟

$$Q_s = 1010 \times 7.02 \times 10^{-3} (22 - (-5)) = 191\text{W},$$

$$Q_L = 2.475 \times 10^6 \times 7.02 \times 10^{-3} (0.009 - 0.001) = 139\text{W} \rightarrow Q_T = 330\text{W}$$

۳-۷. مقایسه مقدار نفوذ و تهویه

- ✓ اگر میزان نفوذ بیشتر از تهویه مورد نیاز باشد، بار گرمایشی بدون دلیل بالا رفته و ساختمان از نظر مصرف انرژی ساختمان مناسبی نیست و بهتر است به کمک روشهایی مثل استفاده از درزگیر نفوذ در ساختمان کاهش یابد.
- ✓ اگر میزان تهویه مورد نیاز بیشتر از نفوذ باشد برای تامین هوای تازه مورد نیاز، باید به صورت مکانیکی علاوه بر نفوذ طبیعی هوای تازه را وارد ساختمان کرد.
- ✓ اگر میزان تهویه لازم تقریباً برابر مقدار نفوذ باشد شرایط مناسبی وجود دارد البته در مکان های خاص ترجیح داده می شود نفوذ به صفر برسد و تهویه مورد نیاز به صورت مکانیکی انجام شود تا در صورت نیاز تغییرات لازم روی هوای ورودی انجام شود.

فصل ۴

محاسبه بار سرمایشی در

تابستان

۴-۱. محاسبه بار سرمایشی ناشی از پنجره‌ها

محاسبه بار سرمایشی ناشی از پنجره‌ها پیچیده‌تر از محاسبه بار گرمایشی آنها است. بار سرمایشی ناشی از پنجره‌ها از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Q = SHG \times A \times F_C \times F_S + UA (T_o - T_i) \quad (1-4)$$

SHG : گرمای دریافت از خورشید در واحد سطح، A : مساحت پنجره، F_C : ضریب تصحیح

برای نوع پنجره و پرده (جدول ۶-۱۴)، F_S : ضریب ذخیره (جدول ۶-۱۵ تا جدول ۶-۱۸)

SHG از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$SHG = SHG_0 * f_1 * f_2 * f_3 * f_4 \quad (2-4)$$

SHG_0 از جدول ۶-۱۲ و جدول ۶-۱۳ با توجه به جهت پنجره و عرض جغرافیایی و نیمکره

شمالی یا نیمکره جنوبی بودن منطقه به دست می‌آید. f_1, f_2, f_3, f_4 ضرایب تصحیح هستند که نحوه به دست آوردن آنها در ادامه مطلب توضیح داده شده است.

۴-۱-۲. تصحیح مربوط به چارچوب پنجره

اگر پنجره چارچوب فلزی داشته باشد، $f_1 = 1.175$ خواهد بود و در غیر این صورت $f_1 = 1$

خواهد بود.

۴-۱-۳. تصحیح مربوط به مه و یا گرد و غبار

در صورت وجود مه یا گرد و غبار $f_2 = 0.85$ خواهد بود و در غیر این صورت $f_2 = 1$ خواهد بود.

۴-۱-۴. تصحیح ارتفاع

برای به دست آوردن f_3 از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$f_3 = 1 + 3 \times 10^{-5} \times \text{ارتفاع از سطح دریا} \quad (3-4)$$

مثال ۱،۴. ضریب تصحیح ارتفاع در محاسبه تشعشع ناشی از پنجره‌ها در تابستان، در شهر

مشهد چقدر است.

ارتفاع مشهد از سطح دریا = 946m

$f_3 = 1,03$

²⁰ Solar heat gain

۴-۱-۵. تصحیح نقطه شبنم

برای به دست آوردن f_4 ابتدا نقطه شبنم شهر مورد نظر با کمک نمودار نم سنجی و با استفاده از دمای خشک و مرطوب تابستان که از جدول ۴-۶ استخراج شده است؛ به دست می‌آید و سپس از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$f_4 = (19.5 - T_{DP}) \times 13 \times 10^{-3} + 1 \quad (4-4)$$

مثال ۲،۴. ضریب تصحیح نقطه شبنم در شهر تبریز چقدر است؟

$$T_{WB} = 30^\circ\text{C}, T_{DB} = 35^\circ\text{C} \Rightarrow T_{DP} = 28.5^\circ\text{C} \Rightarrow f_4 = 0.883$$

۴-۲. محاسبه بار سرمایشی ناشی از سقف و دیوارهای مرتبط با فضاهای کنترل

نشده

محاسبات این قسمت تفاوت چندانی با محاسبات بار گرمایشی ندارد و از روابط زیر بدست می‌آید.

$$Q = AU\Delta T \quad (5-4)$$

$$T_m = 0.65T_0 + 0.35T_i$$

T_m دمای قسمت کنترل نشده، T_i دمای داخل، T_0 دمای خارج، A : مساحت، u : ضریب انتقال

گرمایی، ΔT : اختلاف دما

مثال ۴،۴. بار سرمایشی از دیوار غربی به مساحت 40m^2 متصل به راهرو با $U = 1.1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ و

دمای داخل در دمای آسایش، در شهر سنندج چقدر است؟

$$T_0 = 38^\circ\text{C}, \quad T_m = 0.65 \cdot 38 + 0.35 \cdot 23 = 33^\circ\text{C} \quad Q = 40 \cdot 1.1 \cdot (33 - 23) = 440\text{W}$$

۴-۳. محاسبه بار سرمایشی از سقف و دیوارهای مرتبط با هوای بیرون

به علت پیچیدگی ماهیت انتقال گرما در تابستان به جای اختلاف دمای معمولی باید اختلاف

دمای معادل تعریف شود. گرمای منتقل شده از دیوارها و سقف از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Q = AU\Delta T_e \quad (6-4)$$

A مساحت، U ضریب هدایت حرارتی، ΔT_e اختلاف دمای معادل

برای محاسبه ΔT_e سه حالت زیر وجود دارد.

حالت ۱: رنگ جدار خارجی روشن

$$\Delta T_e = 0.55(R_s/R_m)\Delta T_{em} + (1-0.55R_s/R_m)\Delta T_{es} \quad (7-4)$$

حالت ۲: رنگ جدار خارجی نیمه روشن

$$\Delta T_e = 0.78(R_s/R_m)\Delta T_{em} + (1-0.78R_s/R_m)\Delta T_{es} \quad (8-4)$$

حالت ۳: رنگ جدار خارجی تیره

$$\Delta T_e = R_s/R_m \cdot \Delta T_{em} + (1-R_s/R_m)\Delta T_{es} \quad (9-4)$$

R_s حداکثر تشعشع دریافتی در جدار خارجی در شرایط مورد نظر از جدول ۶-۱۲ و جدول ۶-۱۳

R_m حداکثر تشعشع دریافتی در جدار خارجی در شرایط مورد نظر در عرض جغرافیایی ۴۰ درجه

شمالی از جدول ۶-۱۳

ΔT_{em} اختلاف دمای معادل برای جدار خارجی رو به آفتاب که از رابطه زیر به دست می آید.

$$\Delta T_{em} = \Delta T_{em1} + \Delta \quad (10-4)$$

ΔT_{em1} اختلاف دمای معادل برای دیوارها و سقف تیره رنگ برای جدار رو به آفتاب برای دمای

طرح خارج 35°C و دمای طرح داخل 27°C و دامنه تغییرات روزانه دما معادل 11°C و کار ۲۴ ساعته

سیستم و عرض جغرافیایی ۴۰ درجه شمالی می باشد که از جدول ۶-۱۹ برای دیوار و از جدول ۶-۲۰

برای سقف به دست می آید. Δ تصحیح اختلاف دماهای معادل می باشد که از جدول ۶-۲۱ به دست

می آید.

ΔT_{es} اختلاف دمای معادل برای جدار خارجی رو به سایه که از رابطه زیر به دست می آید.

$$\Delta T_{es} = \Delta T_{es1} + \Delta \quad (11-4)$$

ΔT_{es1} اختلاف دمای معادل برای دیوارها و سقف تیره رنگ برای جدار رو به سایه برای دمای طرح

خارج 35°C و دمای طرح داخل 27°C و دامنه تغییرات روزانه دما معادل 11°C و کار ۲۴ ساعته

سیستم و عرض جغرافیایی ۴۰ درجه شمالی می باشد که از جدول ۶-۱۹ برای دیوار و از جدول ۶-۲۰

برای سقف به دست می آید. (قسمت سایه)

۴-۴. محاسبه بار سرمایشی ناشی از جدارهای متصل به زمین

بار سرمایشی جدارهای متصل به زمین در تابستان صفر در نظر گرفته می شود.

۴-۵. بار سرمایشی ناشی از حضور افراد

بار سرمایشی ناشی از حضور مردان از جدول ۶-۲۲ به دست می آید. برای محاسبه بار سرمایشی ناشی از حضور زنان عدد جدول در 0.85 و برای محاسبه بار سرمایشی ناشی از حضور خردسالان عدد جدول در 0.75 ضرب می شود.

مثال ۴,۶. در یک واحد مسکونی ۴ فرد با مشخصات زیر حضور دارند، بار سرمایشی ناشی از افراد

چقدر است؟

$$Q=117W \quad (1) \text{ یک نفر مرد در حال تماشای تلویزیون}$$

$$Q=0.85*188=160W \quad (2) \text{ یک نفر خانم در حال کار با کامپیوتر}$$

$$Q=2*0.75*152=228W \quad (3) \text{ ۲ نفر کودک در حال خوردن غذا}$$

$$Q_T=505W$$

۴-۶. محاسبه بار سرمایشی ناشی از وسایل و تجهیزات

تجهیزات مورد استفاده در ساختمان نظیر یخچال ، تلویزیون ، کامپیوتر، لامپها و ... گرما تولید می کنند که باید در محاسبه بار سرمایشی لحاظ شوند.

مثال ۴,۷. برآورد تقریبی از بار سرمایشی ایجاد شده توسط وسایل زیر چقدر است؟

(۱) پنکه ۷۰ وات (۲) یخچال ۲۰۰ وات (۳) کامپیوتر ۱۰۰ وات (۴) جاروبرقی ۱۲۰۰ وات

۴-۷. نفوذ

در تابستان نفوذ کمتر از میزان تهویه مورد نیاز است پس در نظر گرفته نمی شود.

۴-۸. محاسبه بار سرمایشی ناشی از تهویه

میزان تهویه مورد نیاز در تابستان برابر میزان تهویه مورد نیاز در زمستان است. برای محاسبه بار

سرمایشی تهویه مورد نیاز از فرمولهای بخش تهویه در زمستان می توان استفاده کرد.

فصل ۵

بررسی اقتصادی روش‌های ساده کاهش مصرف انرژی

۵-۱. مقدمه

کنترل و بهینه سازی مصرف انرژی به ویژه انرژی های فسیلی که مهمترین منبع انرژی مصرفی در جوامع بشری می باشند نه تنها از نظر اقتصادی و صرفه جویی در هزینه های استحصال و دستیابی به آن، بلکه از منظر زیست محیطی نیز با اهمیت می باشد. در میان مولفه های مصرف انرژی در ساختمان، سیستم های تهویه (گرمایش و سرمایش) که عمدتاً از سوخت های فسیلی (به طور مستقیم و یا غیر مستقیم) استفاده می کنند و از جمله مصرف کنندگان عمده انرژی هستند، از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشند. مسئله مربوط به کاهش میزان مصرف انرژی در ساختمان مسئله بسیار مهمی است که در تمام کشورهای جهان در این زمینه مطالعات مهمی انجام شده است.

مصرف بی رویه انرژی علاوه بر ضررهای شدید اقتصادی باعث مشکلاتی چون افزایش گازهای گلخانه ای و ... می شود. بطور متوسط هزینه هر GJ انرژی گرمایی 10 دلار^{۲۱} و هزینه هر GJ انرژی سرمایشی 18 دلار می باشد، در نتیجه برای کاهش هزینه های سرمایش و گرمایش لازم است مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی را تا حد ممکن کاهش داد مهمترین روش هایی که می توان مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی را کاهش داد در این فصل مورد بررسی قرار می گیرد.

۵-۲. روش های کاهش مصرف انرژی در ساختمان

تعدیل دمای داخل ساختمان، استفاده از پنجره هایی با شیشه های دو جداره و عایق کاری جدار خارجی ساختمان سه مورد از مهمترین روش های کاهش بار گرمایشی و سرمایشی در ساختمان می باشد. که در ادامه به بررسی روش های اشاره شده پرداخته می شود.

۵-۲-۱. تعدیل دمای داخل ساختمان

نرخ تلفات گرما از داخل خانه تابع اختلاف دمای داخل و خارج خانه می باشد هر چقدر بتوان دمای داخل خانه را به دمای بیرون نزدیک کرد به همان میزان بار گرمایشی و سرمایشی کاهش پیدا می کند. در قوانین نظام مهندسی ایران حداکثر دمای مجاز در زمستان 20°C و حداقل دمای مجاز

^{۲۱} قیمت ها مربوط به سال ۲۰۱۱ می باشد.

در تابستان 28°C لحاظ شده است. در مناطق گرم و مرطوب حداقل دمای تابستان می تواند 25°C در نظر گرفته شود.

مثال ۱،۵. بار گرمایشی دیوار غربی به مساحت 100m^2 یک ساختمان مسکونی در زمستان در شهر کاشان را یکبار با فرض دمای آسایش و یکبار با فرض دمای متوسط 17°C بدست آورید. میزان صرفه جویی چقدر است؟ $U=1.1\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

$$T_0 = -4^{\circ}\text{C}, \quad T_i = 22^{\circ}\text{C}, \quad Q_1 = UA\Delta T_1 = 2860\text{W}, \quad Q_2 = UA\Delta T_2 = 2310\text{W}, \quad Q_1 - Q_2 = 550\text{W}$$

$$\text{کاهش هزینه} = 550 * 3600 * 24 * 180 * 0.5 * 10 / 10^9 = 43 \$$$

۵-۲-۲. دو جداره کردن پنجره ها

دو جداره کردن شیشه ها به دو دلیل هزینه های گرمایشی و سرمایشی را کم می کند. دلیل اول اینکه ضریب انتقال حرارت پنجره دو جداره کمتر از پنجره تک جداره است و دلیل دوم اینکه نفوذ در پنجره های دو جداره به صفر نزدیک می شود.

مثال ۲،۵. گرمای منتقل شده از یک پنجره یک جداره را با یک پنجره دو جداره مقایسه کنید. u پنجره تک جداره $5.81 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ می باشد و u پنجره دو جداره $3.09 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ می باشد. علاوه بر عدد فوق کاهش بار ناشی از نفوذ وجود خواهد داشت.

۵-۲-۳. عایق کاری جداره ها

عایق کاری جداره ها به علت کاهش ضریب انتقال حرارت، بار گرمایشی و سرمایشی را کاهش می دهد.

مثال ۳،۵. دیوار جنوبی یک ساختمان دارای $U = 1.1\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ می باشد اگر 1cm عایق با $k=0.01\text{W}/\text{m.K}$ استفاده شود چند درصد کاهش بار حرارتی خواهیم داشت؟

$$u_2^{-1} = u_1^{-1} + \Delta x/k = 1/1.1 + 1 * 10^{-2}/0.01 \quad U_2 = 0.52$$

درصد کاهش بار حرارتی $= (1.1 - 0.52)/1.1 = 53\%$

فصل ۶

جدول‌ها و نمودارها

جدول ۶-۱. چگالی و ضرایب هدایت گرمایی مواد مختلف در 300K یا دمای ذکر شده

k (W/ m.K)	ρ (kg/ m ³)	ماده	
237	2702	خالص	آلومینیوم
401	8933	خالص	مس
80.2	7870	خالص	آهن
60.5	7854	کربن دار ساده (Mn < 1% , Si < 0.1%)	
0.58	1920	سیمان - آریست	
0.17	800	گچ	
0.12	545	تخته چند لا	
0.055	290	مصالح پوشش، چگالی متوسط	
0.058	290	اجر آکوستیک	
0.094	640	تخته فشاری ، چگالی متوسط	
0.15	1010	تخته فشاری ، چگالی زیاد	
0.078	590	نئوپان؛ چگالی کم	
0.17	1000	نئوپان؛ چگالی زیاد	
0.16	720	چوب سخت (بلوط، افرا)	
0.12	510	چوب نرم (صنوبر، کاج)	
0.72	1860	ملاط سیمان	
0.72	1920	اجر معمولی	
1.3	2083	اجر روکار	
0.52	-	۱ حفره، ضخامت ۱۰cm	اجر سفال، توخالی
0.69	-	۳ حفره، ضخامت ۳۰cm	
1	-	شن/ماسه، ضخامت ۲۰cm	بلوک سیمانی، ۳ مغزه بادامی
0.67	-	سنگریزه، ضخامت ۲۰cm	
1.1	-	۲ مغزه، ضخامت 16kg,20cm	بلوک سیمانی، مغزه مستطیلی
0.6	-	همان با مغزه پر شده	
0.72	1860	سیمان ، شن و ماسه	
0.22	1680	گچ، شن و ماسه	

0.25	720	گچ، ورمیکولیت		
0.046	16	فایبر گلاس، با روکش کاغذی		پوشش‌ها
0.038	28			
0.035	40			
0.038	32			
0.058	145	شیشه لانه زنبوری		تیغه‌ها
0.036	105	فایبر گلاس با چسب آلی		
0.027	55	اکستروود شده (R-12)	پلی استرن، منبسط شده	
0.04	16	دانه‌های ریختگی		
0.049	265	تخته الیاف معدنی، برای سقف		
0.087	350	چوب، با روکش سیمانی		
0.039	120	چوب پنبه		
0.045	160	چوب پنبه، دانه‌ای		
0.069	350	سیلیکای دیاتومه دار، دانه درشت		
0.091	400	پودری		
0.052	200	سیلیکای دیاتومه دار، دانه ریز		عایق‌های غیر متراکم
0.061	275			
0.043	16	فایبرگلاس، تزریقی یا ریخته شده		
0.068	80	ورمیکولیت فلسی		
0.063	160			
0.046	190	دانه‌های پشم معدنی با آزیست و چسب معدنی		
0.1	-	کرک استات پلی وینیل اسپری شده یا ماله کشی شده		شکل گرفته/ فوم زده شده درمحل
0.026	70	اورتان مخلوط دو جزئی قوم صلب		
0.00016	40	فویل آلومینیومی - لایه شیشه‌ای ۱۰-۱۲ لایه، خالی از هوا برای کاربردی کریوژنیک (150K)		بازتابشی
0.00017	120	فویل آلومینیومی - لایه شیشه‌ای ۷۵-۱۵۰ لایه، خالی از هوا، برای کاربردهای کریوژنیک (150 K)		
0.0017	160	پودر سیلیکا، خالی از هوا		
0.038	96-192	الیاف معدنی تقویت شده با فلز (310K)		روکش‌ها
0.035	40-96			
0.048	10			
0.046	12	الیاف معدنی، شیشه، الیاف ظریف با چسب آلی		
0.042	16			
0.039	24			
0.036	32			
0.033	48			

0.071	48	الیاف آلومینا- سیلیکا(530K)	
0.059	64		
0.052	96		
0.049	128		
0.038	50-125	نمد، نیمه صلب با چسب آلی	
0.033	50		
0.051	120	نمد، ورقه‌ای، بدون چسب(420K)	بلوکها، تخته‌ها و عایق کننده‌های لوله کاغذ آزبست ورقه‌ای و کنگره‌ای(310K)
0.082	190	۴ لا	
0.074	255	۶ لا	
0.071	300	۸ لا	
0.051	185	اکسید منیزیم ، ۸۵٪	سیلیکات کلسیم
0.055	190		
0.058	145	شیشه لانه زنبوری	
0.092	345	دیاتومه(530K)	
0.101	385	سیلیکا(530K)	
0.027	56	اکسترود شده (R-12)	پلی استرن (صلب)
0.029	35	اکسترود شده (R-12)	
0.04	16	دانه قالبی	
0.032	70	لاستیک، صلب فوم دار	
0.071	430	با چسب خاک رس	سیمان عایق کاری الیاف معدنی (سنگ، سرباره یاشیشه)(310K)
0.108	560	با چسب از نو گیرش هیدرولیکی	
0.039	45	سلولز، چوب یا خمیر کاغذ	پر کن‌های غیر متراکم
0.053	105	پرلیت، منبسط شده	
0.068	122	ورمیکولیت ، منبسط شده	
0.063	80		
0.062	2115	آسفالت	
1.4	1300	باکلیت	
18.5	-	کربوراندم(872K)	آجر نسوز
11	-	کربوراندم(1672K)	
2.3	3010	آجر کرم(473K)	
2.5		آجر کرم(823K)	
2		آجر کرم(1173K)	
0.25	-	دیاتومه(478K)	
0.3	-	سیلیکا،نسوز(1145K)	
1	2050	خاک نسوز، پخته شده در 1600K - (773K)	
1.1		خاک نسوز، پخته شده در 1600K - (1073K)	
1.1		خاک نسوز، پخته شده در 1600K - (1373K)	
1.3	2325	خاک نسوز، پخته شده در 1725K - (773K)	
1.4		خاک نسوز، پخته شده در 1725K - (1073K)	
1.4		خاک نسوز، پخته شده در 1725K - (1373K)	
1	2645	آجر رسی (478K)	

1.5		آجر رسی (922K)	
1.8		آجر رسی(1478K)	
3.8		منیزیت (478K)	
2.8	-	منیزیت (922K)	
1.9		منیزیت(1478K)	
1.3	1460	خاک رس	
1.4	2300	بتن (مخلوط با سنگ ریزه)	
1.4	2500	ورق(کربنات سدیم)	شیشه
1.4	2225	پیرکس	
2.79	2630	گرانیت،(Barre)	سنگ
2.15	2320	سنگ آهک،(Salem)	
2.8	2680	سنگ مرمر،(Halston)	
5.38	2640	کوارتز،(Sioux)	
2.9	2150	سنگ ریگی،(Berea)	
0.27	1515	شن	
0.52	2050	خاک	
0.055	140	حنا	چوب، رگه‌های عرضی
0.097	465	سرو	
0.11	415	صنوبر	
0.17	545	بلوط	
0.15	640	کاج زرد	
0.11	435	کاج سفید	
0.19	545	بلوط	چوب، رگه‌های شعاعی
0.14	420	صنوبر	

جدول ۶-۲. مقاومت گرمایی ناشی از هوا ($K.m^2/W$)

جدار در تماس با فضای کنترل نشده			جدار در تماس با فضای خارج			جهت جریان گرما	زاویه جدار نسبت به سطح افقی
مجموع لایه‌ها	لایه هوای خارجی	لایه هوای داخلی	مجموع لایه‌ها	لایه هوای خارجی	لایه هوای داخلی		
۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۱۱	افقی	عمودی یا با زاویه بیش از ۶۰ درجه نسبت به سطح افقی
۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۰۹	رو به بالا	افقی یا با زاویه کمتر از ۶۰ درجه نسبت به سطح افقی
۰/۳۴	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۰۵	۰/۱۷	رو به پایین	افقی یا با زاویه کمتر از ۶۰ درجه نسبت به سطح افقی

جدول ۶-۳. مقاومت گرمایی ناشی از لایه‌های هوا ($K.m^2/W$)

ضخامت لایه هوا به میلیمتر							جهت جریان گرما	زاویه لایه هوانسبت به سطح افقی
۱۰۰ تا ۵۱	۵۰ تا ۲۵	۲۴ تا ۱۴	۱۳ تا ۱۱/۱	۱۱ تا ۹/۱	۹ تا ۷/۱	۷ تا ۵		
۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۱	افقی	عمودی یا با زاویه بیش از ۶۰ درجه نسبت به سطح افقی
۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۱	رو به بالا	افقی یا با زاویه کمتر از ۶۰ درجه نسبت به سطح افقی
۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۲	رو به پایین	افقی یا با زاویه کمتر از ۶۰ درجه نسبت به سطح افقی

جدول ۶-۴. شرایط طرح خارج

ارتفاع از سطح دریا (m)	عرض جغرافیایی درجه	تابستان				نام شهر
		زمستان	دمای تغییرات روزانه دما			
		دمای خشک	دمای مرطوب	دمای خشک	($^{\circ}C$)	
2	30	4	18	27	46	آبادان
1762	34	-13	17	21	36	اراک
1341	38	-13	15	22	34	ارومیه
1585	33	-10	16	20	38	اصفهان
20	31	3	19	27	46	اهواز
570	27	3	16	29	46	ایرانشهر
0	37	0	8	28	33	بابلسر
0	37	0	8	28	32	بندر انزلی
9	27	10	9	32	41	بندر عباس
13	27	8	8	37	43	بندر لنگه
12	30	7	8	30	43	بندر ماهشهر
14	29	6	9	31	41	بوشهر
1463	33	-8	17	23	39	بیرجند
1372	38	-8	13	30	35	تبریز
1220	35	-6	15	23	38	تهران
6	25	10	7	32	40	چاه بهار
0	28	13	9	32	41	خارک
1220	33	-3	18	26	41	خرم آباد
0	30	7	19	27	46	خرمشهر
152	32	-1	17	26	46	دزفول
0	۳۷	-1	7	21	32	رامسر
0	۳۷	-4	12	28	32	رشت
488	۳۱	4	15	29	47	زابل
1372	۲۹	-8	18	24	41	زاهدان
1646	۳۷	-16	17	22	35	زنجان
945	۳۶	-9	17	24	38	سبزوار

1494	۳۶	-17	21	24	36	سقز
1159	۳۶	-5	14	26	41	سمنان
1524	۳۵	-13	18	22	38	سنندج
1372	۳۶	-9	16	23	36	شاهرود
1707	۳۵	-7	17	21	35	شمیران
1524	۳۰	-6	19	21	38	شیراز
915	۳۴	-4	18	26	45	طبرس
1402	۲۹	-2	17	25	41	فسا
1311	۳۶	-8	17	24	39	قزوین
960	۳۴	-4	16	28	43	کاشان
1768	۳۰	-9	18	22	38	کرمان
1402	34	-11	23	18	38	کرمانشاه
122	۳۷	-1	11	29	39	گرگان
946	۳۶	-11	16	19	36	مشهد
1677	۳۵	-10	21	17	35	همدان
1220	۳۲	-7	16	24	41	یزد

جدول ۶-۵. ضریب F برای به دست آوردن گرمای منتقل شده به زمین

0.6m بالای سطح زمین	در سطح زمین	0.6m زیر سطح زمین	1.2m زیر سطح زمین	2.4m زیر سطح زمین	ضریب F (W/m.K)
۱,۵۶	۱,۰۴	۱,۳۰	۱,۵۶	۱,۸۲	

جدول ۶-۶. دمای زمین

-34	-29	-23	-18	-12	-7	دمای طرح خارج (°C)
4	7	10	13	16	18	دمای زمین (°C)

جدول ۶-۷. میزان نفوذ برای پنجره‌های کشویی (روش درز)

سرعت باد برحسب متر بر ثانیه						نوع پنجره
۱۲,۸	۱۰,۷	۸,۵	۶,۴	۴,۳	۲,۱	
۲,۵۵	۲,۴۷	۱,۸۲	۱,۲۱	۰,۶۵	۰,۲۲	چوبی
۵,۲۱	۴,۲۸	۳,۲۲	۲,۲۹	۱,۴۵	۰,۶۱	فلزی

جدول ۶-۸. میزان نفوذ برای پنجره‌های لولایی (روش درز)

سرعت باد برحسب متر بر ثانیه						عرض درز به میلی متر	نوع پنجره
۱۲,۸	۱۰,۷	۸,۵	۶,۴	۴,۳	۲,۱		
۱۱,۳۵	۹,۴۹	۷,۶۳	۵,۳۹	۳,۳۵	۱,۶۲	۱,۶	فلزی
۴,۲۸	۳,۱۲	۲,۶۶	۱,۹۲	۱,۱۲	۰,۴۷	۰,۸	فلزی
۵,۵۸	۴,۶۵	۳,۵۹	۲,۷۳	۱,۶۲	۰,۶۱	۱,۲	فلزی
۲,۸۵	۲,۲۳	۱,۶۷	۱,۱۷	۰,۶۹	۰,۲۴	۰,۸	مسکونی
۷,۴۴	۶,۸۸	۵,۷۷	۴,۴۶	۲,۷۲	۰,۹۳	-	دوران حول محور قائم

جدول ۶-۹. میزان نفوذ برای در (روش درز)

سرعت باد برحسب متر بر ثانیه						نوع درب
۱۲٫۸	۱۰٫۷	۸٫۵	۶٫۴	۴٫۳	۲٫۱	
۲۹	۲۴	۲۰	۱۴	۴/۸	۴/۸	شیشه‌ای
۴/۲	۳/۳	۲/۶	۱/۸	۰/۹	۰/۹	فلزی یا چوبی ظریف
۸/۴	۶/۶	۵/۲	۳/۷	۰/۹	۰/۹	فلزی یا چوبی غیر ظریف
۱۹	۱۶	۱۳	۹/۶	۳/۲	۳/۲	در کارخانه

جدول ۶-۱۰. میزان نفوذ (روش حجمی)

تعداد دیوارهای خارجی شامل پنجره یا درب	۰	۱	۲	۳ یا ۴	راهروی ورودی
ACH	۰٫۵	۱	۱٫۵	۲	۲٫۵

جدول ۶-۱۱. مقدار تهویه مورد نیاز

محل مورد تهویه	هوای لازم برای هر نفر (g/s)	هوای لازم بر حسب مساحت کف (g/m ² .s)	دفعات تعویض هوا بر ساعت
معمولی	۱۱	-	۲
	۱۷	۲	-
لوکس	۱۷	۲	-
آپارتمانها	۱۷	۲	-
آرایشگاه مردانه	۹	-	۲
رستوران	-	۲۴	۲۳
	-	۱۲	۱۳
آشپزخانه‌ها	-	۱۲	۱۳
اتاق انتظار عمومی	-	-	۴
انبارها	-	-	۲
بانک	۶	-	۲
بیمارستان	۱۷	۲	-
	۱۱	-	-
	۲۸	۱۲	-
	۹	-	-
	۱۱	-	-
	۱۱	-	-
تالار کنفرانس	۹	-	۵
توالت (تخلیه هوا)	-	۱۲	۶
تونل	-	-	۶
حمام	-	-	۶
دراگ استور	۶	-	-
دفتر کار	۱۵	۱٫۵	۳
	۹	۱٫۵	۴
راه پله و راهرو	-	۱٫۵	۱
رستوران	۹	-	۶
	-	-	۸
	۷	-	۵

2	-	6	سالن زیبایی بانوان	
6	-	11	سالن کنوانسیون	
8	-	9	سینما و تئاتر	
3	0.3	4	فروشگاه	بزرگ
3	-	6		کوچک
3	0.6	6	کارخانجات	
6	-	11	کارگاه ریسندگی	
18	-	-	کارگاه ریخته گری	
8	-	14	کلیسا و مسجد	
-	6	-	گاراژ	
5	-	11	لابراتوار	
-	-	9	مدرسه	
4	-	-	موتور خانه تاسیسات	
-	2	17	هتل‌ها	
-	-	4	قواعد کلی برای مکانها	بدون دود سیگار
-	-	7		با مقداری دود سیگار
-	-	13		با مقدار زیاد دود سیگار
-	-	28		با مقدار بسیار زیاد**

جدول ۶-۱۲. میزان گرمای دریافتی از خورشید بر حسب $W / (m^2)$ در نیمکره شمالی عرض ۳۰ درجه جغرافیایی

زمان سال	ساعت	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	
۲۱ خرداد	شمال	104	91	57	44	44	44	44	44	44	44	44	91	104	
	شمال شرق	16	32	38	44	44	44	44	60	174	306	410	438	331	
	شرق	16	32	38	44	44	44	44	139	309	451	508	492	341	
	جنوب شرق	16	32	38	44	44	44	44	54	139	284	284	237	132	
	جنوب	16	32	38	44	44	44	44	66	60	47	38	32	16	
	جنوب غرب	132	237	284	284	284	230	139	54	44	44	44	44	32	16
	غرب	341	492	508	451	309	139	44	44	44	44	44	38	32	16
	شمال غرب	331	502	410	211	174	60	3	44	44	44	44	38	32	16
	افقی	60	192	413	568	685	757	789	757	685	568	413	192	60	60
۱ مرداد ۳۱ شهریور	شمال	69	63	44	41	44	44	44	44	44	44	44	63	69	
	شمال شرق	13	28	38	41	44	44	44	50	145	281	388	413	293	
	شرق	13	28	38	41	44	44	44	139	312	457	517	489	315	
	جنوب شرق	13	28	38	41	44	44	44	69	167	262	315	259	132	
	جنوب	13	28	38	41	44	44	44	85	95	63	38	28	13	
	جنوب غرب	132	259	315	315	262	167	69	44	44	44	44	44	28	13
	غرب	315	489	517	457	312	139	44	44	44	44	44	38	28	13
	شمال غرب	293	413	388	281	145	50	44	44	44	44	44	38	28	13
	افقی	47	208	388	555	675	744	776	744	675	555	388	208	47	47
۲ شهریور ۳۱ فروردین	شمال	19	25	۳۵	41	41	44	44	44	44	44	41	25	19	
	شمال شرق	6	25	35	41	41	44	44	47	123	259	353	407	401	
	شرق	6	25	35	41	41	44	44	123	259	353	407	401	221	
	جنوب شرق	6	25	35	41	41	44	44	145	322	467	524	457	208	
	جنوب	6	25	35	41	41	44	44	183	199	183	148	85	41	
	جنوب غرب	117	309	401	407	353	259	123	47	41	41	41	35	25	6
	غرب	208	464	524	467	322	145	44	44	44	44	44	35	25	6
	شمال غرب	174	341	315	208	85	44	44	44	41	41	41	35	25	6
	افقی	19	148	338	508	631	710	741	710	631	508	338	148	19	19
۳۱ شهریور ۲ فروردین	شمال	0	16	32	38	41	44	44	44	44	41	38	32	16	
	شمال شرق	0	233	284	126	47	44	44	44	41	38	32	16	0	
	شرق	0	391	498	454	325	151	44	44	41	38	32	16	0	
	جنوب شرق	0	309	413	479	445	356	211	79	41	38	32	16	0	
	جنوب	0	28	57	189	259	309	331	309	259	189	57	28	0	
	جنوب غرب	0	16	32	38	41	79	211	356	445	479	413	309	0	
	غرب	0	16	32	38	41	44	44	151	325	454	498	391	0	
	شمال غرب	0	16	32	38	41	44	44	44	41	38	32	16	0	
	افقی	0	16	32	38	41	44	44	44	47	126	284	233	0	

جدول ۶-۱۳. میزان گرمای دریافتی از خورشید بر حسب $W / (m^2)$ در نیمکره شمالی عرض ۴۰ درجه جغرافیایی

زمان سال	ساعت	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	
۲۱ خرداد	شمال	۱۰۱	۶۳	۳۸	۴۱	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۸	۱۰۱	
	شمال شرق	۱۹	۳۲	۳۸	۴۱	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۸	۳۲	۱۹	
	شرق	۱۹	۳۲	۳۸	۴۱	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۸	۳۲	۱۹	
	جنوب شرق	۱۹	۳۲	۳۸	۴۱	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۸	۳۲	۱۹	
	جنوب	۱۹	۳۲	۳۸	۴۱	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۸	۳۲	۱۹	
	جنوب غرب	۱۶۱	۲۷۸	۳۴۴	۳۵۰	۳۱۲	۲۲۴	۱۰۷	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۸	۳۲	۱۹
	غرب	۳۹۷	۵۰۸	۵۱۱	۴۴۸	۲۰۵	۱۳۹	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۸	۳۲	۱۹
	شمال غرب	۳۷۲	۴۲۰	۳۵۳	۴۲۰	۲۳۰	۹۵	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۸	۳۲	۱۹
	افقی	۹۸	۲۵۹	۴۲۳	۵۶۵	۶۶۲	۷۳۲	۷۴۸	۷۳۲	۶۶۲	۵۶۵	۴۲۳	۲۵۹	۹۸	
۱ مرداد ۳۱ شهریور	شمال	۷۶	۴۴	۳۸	۴۱	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۸	۴۴	
	شمال شرق	۱۶	۳۲	۳۸	۴۱	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۸	۳۲	۱۶	
	شرق	۱۶	۳۲	۳۸	۴۱	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۸	۳۲	۱۶	
	جنوب شرق	۱۶	۳۲	۳۸	۴۱	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۸	۳۲	۱۶	
	جنوب	۱۶	۳۲	۳۸	۴۱	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۸	۳۲	۱۶	
	جنوب غرب	۱۷۰	۳۰۳	۳۷۵	۳۹۴	۳۴۷	۲۵۹	۱۳۲	۴۷	۴۴	۴۱	۳۸	۳۲	۱۶	
	غرب	۳۷۲	۵۰۸	۵۱۷	۴۵۴	۳۰۹	۱۳۶	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۸	۳۲	۱۶
	شمال غرب	۳۳۴	۴۰۱	۳۳۱	۲۰۸	۸۲	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۸	۳۲	۱۶
	افقی	۷۶	۲۳۰	۳۹۷	۵۳۹	۶۴۰	۷۱۰	۷۳۵	۷۱۰	۶۴۰	۵۳۹	۳۹۷	۲۳۰	۷۶	
۲ شهریور ۳۱ فروردین	شمال	۲۲	۲۵	۳۵	۴۱	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۵	۲۲	
	شمال شرق	۹	۲۵	۳۵	۴۱	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۵	۲۵	
	شرق	۹	۲۵	۳۵	۴۱	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۵	۲۵	
	جنوب شرق	۹	۲۵	۳۵	۴۱	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۵	۲۵	
	جنوب	۹	۲۵	۳۵	۴۱	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۵	۲۵	
	جنوب غرب	۱۲۶	۳۳۱	۴۳۵	۴۶۱	۴۳۸	۳۳۸	۲۰۸	۷۹	۴۴	۴۱	۳۵	۲۵	۹	
	غرب	۲۶۵	۴۶۴	۵۱۱	۴۵۷	۳۱۹	۱۴۲	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۵	۲۵	
	شمال غرب	۲۱۵	۳۲۲	۲۵۹	۱۴۵	۵۰	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۵	۲۵	
	افقی	۲۸	۱۴۸	۳۱۵	۴۷۳	۵۸۴	۶۴۷	۶۷۵	۶۴۷	۵۸۴	۴۷۳	۳۱۵	۱۴۸	۲۸	
۳۱ شهریور ۲ فروردین	شمال	۰	۱۶	۲۸	۳۸	۴۱	۴۱	۴۴	۴۱	۴۱	۴۱	۳۸	۲۸	۱۶	
	شمال شرق	۰	۱۶۱	۱۸۳	۸۲	۴۱	۴۱	۴۴	۴۱	۴۱	۴۱	۳۸	۲۸	۱۶	
	شرق	۰	۳۶۶	۴۷۰	۴۳۸	۳۱۲	۱۴۲	۴۴	۴۱	۴۱	۴۱	۳۸	۲۸	۱۶	
	جنوب شرق	۰	۳۰۰	۴۵۴	۵۱۱	۴۹۵	۴۲۰	۲۸۴	۱۲۹	۴۴	۳۸	۲۸	۱۶	۰	
	جنوب	۰	۳۸	۱۳۹	۲۵۶	۳۴۷	۳۸۵	۴۴۲	۳۸۵	۳۱۵	۲۵۶	۱۳۹	۳۸	۰	
	جنوب غرب	۰	۱۶	۲۸	۳۸	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴	۴۱	۳۸	۲۸	
	غرب	۰	۱۶	۲۸	۳۸	۴۱	۴۱	۴۴	۴۱	۴۱	۴۱	۳۸	۲۸	۱۶	
	شمال غرب	۰	۱۶	۲۸	۳۸	۴۱	۴۱	۴۴	۴۱	۴۱	۴۱	۳۸	۲۸	۱۶	
	افقی	۰	۶۶	۲۱۱	۳۹۱	۴۸۳	۵۵۵	۵۷۷	۵۵۵	۴۸۳	۳۹۱	۲۱۱	۶۶	۰	

جدول ۶-۱۴. ضرایب تصحیح برای نوع شیشه و پرده

نوع شیشه	شیشه لخت بدون وسایل سایه افکن	کرکره داخلی افقی با زاویه ۴۵ درجه یا عمودی			کرکره خارجی افقی با زاویه ۴۵ درجه		تخته سایه افکن خارجی با زاویه ۱۷ درجه		سایبان خارجی از پهلوی یا بالا		
		رنگ روشن	رنگ نیمه روشن	رنگ تیره	رنگ روشن	سمت خارج روشن و سمت داخل تیره	رنگ نیمه روشن	رنگ تیره	رنگ روشن	رنگ نیمه روشن یا تیره	
شیشه معمولی	1.00	0.56	0.65	0.75	0.15	0.13	0.13	0.22	0.15	0.25	
صفحه استاندارد (۳/۴ اینچ)	0.94	0.56	0.65	0.74	0.14	0.12	0.12	0.21	0.14	0.24	
شیشه جذب گرما	با ضریب جذب ۴۰٪ تا ۴۸٪	0.80	0.56	0.62	0.72	0.12	0.11	0.11	0.18	0.12	0.20
	با ضریب جذب ۴۸٪ تا ۵۶٪	0.73	0.53	0.59	0.62	0.11	0.10	0.10	0.16	0.11	0.18
	با ضریب جذب ۵۶٪ تا ۷۰٪	0.62	0.51	0.54	0.56	0.10	0.10	0.10	0.14	0.10	0.16
با دو لایه شیشه	شیشه معمولی	0.90	0.54	0.16	0.67	0.14	0.12	0.12	0.20	0.14	0.22
	صفحه استاندارد	0.80	0.52	0.59	0.65	0.12	0.11	0.11	0.18	0.12	0.20
	شیشه خارجی با ضریب جذب ۴۸٪ تا ۵۶٪ و شیشه داخلی از نوع شیشه معمولی	0.52	0.36	0.39	0.43	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.13
	شیشه خارجی با ضریب جذب ۴۸٪ تا ۵۶٪ و شیشه داخلی از نوع صفحه استاندارد	0.50	0.36	0.39	0.12	0.11	0.10	0.11	0.10	0.10	0.12
با سه لایه شیشه	شیشه معمولی	0.83	0.48	0.56	0.64	0.12	0.11	0.18	0.12	0.16	0.20
	صفحه استاندارد	0.69	0.47	0.52	0.57	0.10	0.10	0.15	0.10	0.14	0.17
شیشه‌های رنگ شده	رنگ روشن	0.28									
	رنگ نیمه روشن	0.39									
	رنگ تیره	0.50									
شیشه‌های رنگی	رنگ کهربایی	0.70									
	رنگ قرمز تیره	0.56									
	رنگ آبی تیره	0.60									
	رنگ سبز تیره	0.32									
	سبز مایل به خاکستری	0.46									
	شیری روشن	0.43									
شیری مات	0.37										

جدول ۶-۱۵. ضرایب ذخیره برای گرما اکتسابی خورشیدی از شیشه با وسایل سایه افکن داخلی برای کار ۲۴ ساعته سیستم و دمای ثابت اتاق

جرم بر واحد سطح کف (kg/m ²)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
بالای ۹۰۰	0.47	0.58	0.54	0.42	0.27	0.27	0.21	0.2	0.19	0.18	0.17	0.16	0.14	شمال شرق
۵۰۰	0.48	0.6	0.57	0.44	0.3	0.3	0.24	0.2	0.19	0.17	0.16	0.15	0.13	
۱۵۰	0.15	0.76	0.73	0.58	0.36	0.36	0.24	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	
بالای ۹۰۰	0.39	0.56	0.62	0.59	0.49	0.33	0.23	0.21	0.2	0.18	0.17	0.15	0.12	شرق
۵۰۰	0.4	0.58	0.65	0.63	0.52	0.35	0.24	0.22	0.2	0.18	0.16	0.14	0.12	
۱۵۰	0.46	0.7	0.3	0.79	0.64	0.42	0.25	0.19	0.16	0.14	0.11	0.09	0.07	
بالای ۹۰۰	0.04	0.23	0.47	0.59	0.64	0.62	0.53	0.41	0.27	0.24	0.21	0.19	0.16	جنوب شرق
۵۰۰	0.03	0.24	0.47	0.61	0.67	0.65	0.57	0.44	0.29	0.24	0.21	0.18	0.15	
۱۵۰	0	0.3	0.57	0.73	0.84	0.81	0.69	0.5	0.3	0.2	0.17	0.13	0.09	
بالای ۹۰۰	0.06	0.04	0.33	0.38	0.51	0.6	0.66	0.67	0.64	0.59	0.42	0.24	0.22	جنوب
۵۰۰	0.04	0.04	0.22	0.38	0.52	0.63	0.7	0.71	0.69	0.59	0.45	0.26	0.22	
۱۵۰	0.1	0.21	0.43	0.63	0.77	0.86	0.88	0.62	0.56	0.5	0.24	0.16	0.11	
بالای ۹۰۰	0.08	0.08	0.09	0.1	0.11	0.24	0.39	0.53	0.63	0.66	0.61	0.47	0.23	جنوب غرب
۵۰۰	0.07	0.08	0.08	0.04	0.1	0.24	0.4	0.55	0.66	0.7	0.64	0.5	0.26	
۱۵۰	0.83	0.64	0.06	0.07	0.09	0.23	0.47	0.67	0.81	0.86	0.79	0.6	0.26	
بالای ۹۰۰	0.08	0.09	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.18	0.36	0.52	0.63	0.65	0.55	غرب
۵۰۰	0.07	0.04	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.18	0.36	0.54	0.66	0.68	0.6	
۱۵۰	0.03	0.04	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08	0.19	0.42	0.65	0.81	0.85	0.74	
بالای ۹۰۰	0.08	0.09	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.16	0.33	0.49	0.61	شمال غرب
۵۰۰	0.07	0.08	0.09	0.09	0.09	0.1	0.1	0.1	0.1	0.16	0.34	0.52	0.65	
۱۵۰	0.03	0.05	0.07	0.07	0.08	0.09	0.09	0.1	0.1	0.17	0.39	0.63	0.8	
بالای ۹۰۰	0.06	0.37	0.47	0.67	0.74	0.76	0.79	0.81	0.83	0.84	0.86	0.87	0.88	شمال و سایه دار
۵۰۰	0.04	0.31	0.47	0.67	0.76	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.88	0.9	0.91	
۱۵۰	0	0.25	0.74	0.74	0.88	0.91	0.94	0.96	0.96	0.98	0.98	0.99	0.99	

جدول ۶-۱۶. ضرایب نخیره برای گرما اکتسابی خورشیدی از شیشه بدون وسایل سایه افکن داخلی برای کار ۲۴ ساعته سیستم و دمای ثابت اتاق

جرم بر واحد سطح کف (kg/m ²)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
بالای ۹۰۰	0.17	0.27	0.33	0.33	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.22	0.2	0.19	0.17	شمال شرق
۵۰۰	0.19	0.31	0.38	0.39	0.36	0.34	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19	0.17	0.16	
۱۵۰	0.31	0.56	0.65	0.61	0.46	0.33	0.26	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.09	
بالای ۹۰۰	0.16	0.26	0.34	0.39	0.4	0.38	0.34	0.3	0.28	0.26	0.23	0.22	0.2	شرق
۵۰۰	0.16	0.29	0.4	0.46	0.46	0.42	0.36	0.31	0.28	0.25	0.23	0.2	0.18	
۱۵۰	0.27	0.5	0.67	0.73	0.68	0.53	0.38	0.27	0.22	0.18	0.15	0.12	0.09	
بالای ۹۰۰	0.08	0.14	0.22	0.31	0.38	0.43	0.44	0.43	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	جنوب شرق
۵۰۰	0.05	0.12	0.23	0.35	0.44	0.49	0.51	0.47	0.41	0.36	0.31	0.27	0.24	
۱۵۰	0	0.18	0.4	0.59	0.72	0.77	0.72	0.6	0.44	0.32	0.23	0.18	0.14	
بالای ۹۰۰	0.1	0.1	0.13	0.2	0.28	0.35	0.42	0.48	0.51	0.51	0.48	0.42	0.37	جنوب
۵۰۰	0.07	0.06	0.12	0.2	0.3	0.39	0.48	0.54	0.58	0.57	0.53	0.45	0.37	
۱۵۰	0	0	0.12	0.29	0.48	0.64	0.75	0.82	0.81	0.75	0.61	0.42	0.28	
بالای ۹۰۰	0.11	0.1	0.1	0.1	0.1	0.14	0.21	0.29	0.36	0.43	0.47	0.46	0.4	جنوب غرب
۵۰۰	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.14	0.22	0.31	0.42	0.5	0.53	0.51	0.44	
۱۵۰	0.02	0.03	0.05	0.06	0.08	0.12	0.34	0.53	0.68	0.78	0.78	0.68	0.46	
بالای ۹۰۰	0.12	0.11	0.11	0.1	0.1	0.1	0.1	0.13	0.19	0.27	0.36	0.42	0.44	غرب
۵۰۰	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.1	0.12	0.19	0.3	0.4	0.48	0.51	
۱۵۰	0.02	0.03	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	0.14	0.29	0.49	0.67	0.76	0.75	
بالای ۹۰۰	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.12	0.17	0.25	0.34	0.39	0.34	0.39	شمال غرب
۵۰۰	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.11	0.19	0.29	0.4	0.46	0.4	0.46	
۱۵۰	0.02	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.13	0.27	0.48	0.65	0.73	0.65	0.73	
بالای ۹۰۰	0.16	0.23	0.33	0.41	0.47	0.52	0.57	0.61	0.66	0.69	0.72	0.74	0.59	شمال و سایه دار
۵۰۰	0.11	0.33	0.44	0.51	0.57	0.62	0.66	0.7	0.74	0.76	0.79	0.8	0.6	
۱۵۰	0	0.48	0.66	0.76	0.82	0.87	0.91	0.93	0.95	0.97	0.98	0.98	0.52	

جدول ۶-۱۷. ضرایب ذخیره برای گرما اکتسابی خورشیدی از شیشه با وسایل سایه افکن داخلی برای کار ۱۶ ساعته سیستم و دمای ثابت اتاق

جرم بر واحد سطح کف (kg/m ²)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
بالای ۹۰۰	0.18	0.17	0.16	0.14	0.12	0.09	0.04	0.07	0.53	0.64	0.59	0.47	0.31	شمال شرق
۵۰۰	0.17	0.16	0.15	0.13	0.11	0.08	0.07	0.06	0.53	0.63	0.61	0.5	0.33	
۱۵۰	0.15	0.13	0.12	0.11	0.07	0.04	0.02	0.02	0.56	0.77	0.73	0.58	0.36	
بالای ۹۰۰	0.2	0.18	0.17	0.15	0.12	0.1	0.09	0.08	0.47	0.63	0.48	0.44	0.54	شرق
۵۰۰	0.2	0.18	0.16	0.14	0.12	0.09	0.08	0.07	0.45	0.63	0.7	0.67	0.56	
۱۵۰	0.16	0.14	0.11	0.09	0.07	0.04	0.02	0.02	0.47	0.71	0.8	0.79	0.64	
بالای ۹۰۰	0.27	0.24	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.14	0.37	0.55	0.66	0.7	جنوب شرق
۵۰۰	0.29	0.24	0.21	0.18	0.15	0.12	0.1	0.09	0.11	0.35	0.53	0.66	0.72	
۱۵۰	0.3	0.2	0.17	0.13	0.09	0.05	0.04	0.03	0.02	0.31	0.57	0.75	0.84	
بالای ۹۰۰	0.64	0.59	0.42	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.19	0.18	0.34	0.48	0.6	جنوب
۵۰۰	0.69	0.59	0.45	0.26	0.22	0.18	0.16	0.13	0.16	0.14	0.31	0.46	0.59	
۱۵۰	0.56	0.5	0.24	0.16	0.11	0.08	0.05	0.04	0.12	0.23	0.44	0.64	0.77	
بالای ۹۰۰	0.63	0.66	0.61	0.47	0.23	0.19	0.18	0.16	0.22	0.21	0.2	0.2	0.2	جنوب غرب
۵۰۰	0.66	0.7	0.64	0.5	0.26	0.2	0.17	0.15	0.2	0.19	0.18	0.17	0.18	
۱۵۰	0.81	0.86	0.79	0.6	0.26	0.17	0.12	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.1	
بالای ۹۰۰	0.36	0.52	0.63	0.65	0.55	0.22	0.19	0.17	0.23	0.23	0.21	0.21	0.2	غرب
۵۰۰	0.36	0.54	0.66	0.68	0.6	0.25	0.2	0.17	0.22	0.21	0.19	0.19	0.17	
۱۵۰	0.42	0.65	0.81	0.85	0.74	0.3	0.19	0.13	0.12	0.1	0.1	0.1	0.1	
بالای ۹۰۰	0.16	0.33	0.49	0.61	0.6	0.19	0.17	0.15	0.21	0.21	0.21	0.2	0.19	شمال غرب
۵۰۰	0.16	0.34	0.52	0.65	0.23	0.18	0.15	0.12	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17	
۱۵۰	0.17	0.39	0.63	0.8	0.79	0.28	0.18	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	
بالای ۹۰۰	0.83	0.84	0.16	0.87	0.88	0.39	0.35	0.31	0.23	0.58	0.75	0.79	0.8	شمال و سایه دار
۵۰۰	0.85	0.87	0.18	0.89	0.9	0.4	0.34	0.29	0.25	0.46	0.73	0.78	0.82	
۱۵۰	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.35	0.23	0.16	0.07	0.22	0.69	0.8	0.86	

جدول ۶-۱۸. ضرایب ذخیره برای گرما اکتسابی خورشیدی از شیشه بدون وسایل سایه افکن داخلی برای کار ۱۶ ساعته سیستم و دمای ثابت اتاق

جرم بر واحد سطح کف (kg/m ²)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
بالای ۹۰۰	0.23	0.22	0.2	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.28	0.37	0.42	0.41	0.36	شمال شرق
۵۰۰	0.22	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	0.12	0.1	0.28	0.39	0.45	0.45	0.41	
۱۵۰	0.18	0.16	0.14	0.12	0.09	0.06	0.04	0.03	0.33	0.57	0.66	0.62	0.46	
بالای ۹۰۰	0.28	0.26	0.23	0.22	0.2	0.18	0.16	0.14	0.29	0.38	0.44	0.48	0.48	شرق
۵۰۰	0.28	0.25	0.23	0.2	0.18	0.15	0.14	0.12	0.27	0.38	0.48	0.54	0.52	
۱۵۰	0.22	0.18	0.15	0.12	0.09	0.04	0.04	0.03	0.29	0.51	0.68	0.74	0.69	
بالای ۹۰۰	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.24	0.29	0.35	0.43	0.49	جنوب شرق
۵۰۰	0.41	0.36	0.31	0.27	0.24	0.21	0.16	0.16	0.19	0.24	0.33	0.44	0.52	
۱۵۰	0.44	0.12	0.23	0.18	0.14	0.09	0.07	0.05	0.03	0.2	0.41	0.6	0.71	
بالای ۹۰۰	0.57	0.51	0.48	0.42	0.37	0.33	0.19	0.26	0.33	0.31	0.32	0.37	0.42	جنوب
۵۰۰	0.6	0.57	0.52	0.45	0.37	0.31	0.27	0.23	0.27	0.24	0.28	0.37	0.42	
۱۵۰	0.61	0.75	0.41	0.42	0.28	0.19	0.13	0.09	0.06	0.04	0.15	0.31	0.69	
بالای ۹۰۰	0.43	0.47	0.46	0.4	0.34	0.3	0.27	0.24	0.35	0.32	0.3	0.28	0.26	جنوب غرب
۵۰۰	0.16	0.5	0.33	0.51	0.44	0.35	0.29	0.26	31	0.28	0.25	0.24	0.22	
۱۵۰	0.68	0.78	0.78	0.64	0.46	0.29	0.29	0.14	0.11	0.1	0.1	0.09	0.1	
بالای ۹۰۰	0.26	0.27	0.36	0.42	0.44	0.38	0.33	0.29	0.38	0.34	0.32	0.26	0.26	غرب
۵۰۰	0.23	0.3	0.4	0.48	0.51	0.45	0.25	0.3	0.34	0.31	0.28	0.25	0.23	
۱۵۰	0.29	0.49	0.67	0.76	0.75	0.53	0.33	22	0.17	0.14	0.13	0.11	0.11	
بالای ۹۰۰	0.18	0.17	0.25	0.34	0.39	0.34	0.29	0.26	0.33	0.2	0.28	0.26	0.24	شمال غرب
۵۰۰	0.17	0.18	0.29	0.6	0.46	0.4	0.32	0.26	0.3	0.28	0.25	0.23	0.22	
۱۵۰	0.13	0.27	0.48	0.65	0.72	0.49	0.31	0.21	0.18	0.14	0.12	0.12	0.12	
بالای ۹۰۰	0.74	0.75	0.76	0.78	0.78	0.59	0.52	0.46	0.31	0.57	0.44	0.68	0.72	شمال و سایه دار
۵۰۰	0.79	0.8	0.81	0.82	0.83	0.6	0.51	0.44	0.3	0.47	0.6	0.47	0.72	
۱۵۰	0.93	0.95	0.97	0.98	0.99	0.62	0.24	0.24	0.04	0.07	0.53	0.7	0.78	

جدول ۶-۱۹. اختلاف دمای معادل (°C) برای دیواره‌های تیره رنگ برای دمای طرح خارج 35°C و دمای طرح داخل 27°C و دامنه تغییرات روزانه دما معادل 11°C و کار ۲۴ ساعته سیستم جغرافیایی ۴۰ درجه شمالی

جرم دیوار در واحد سطح (kg/m ²)	AM								PM								
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
شمال شرق	۱۰۰	3	8	12	13	13	11	8	7	7	7	8	8	8	7	6	4
	۳۰۰	-1	-1	-1	3	13	12	11	8	6	6	7	7	8	7	7	6
	۵۰۰	2	2	2	2	2	6	9	8	8	7	6	6	7	7	7	6
	۶۸۰	3	3	3	3	3	3	3	6	8	9	8	7	6	6	6	6
شرق	۱۰۰	1	9	17	18	20	19	18	11	7	7	8	8	8	7	6	4
	۳۰۰	-1	-1	0	12	17	17	17	11	8	8	7	7	8	7	7	6
	۵۰۰	3	3	3	4	8	11	13	14	13	13	10	9	8	8	8	7
	۶۸۰	6	6	6	4	4	5	6	8	10	10	10	9	9	8	7	7
جنوب شرق	۱۰۰	6	3	7	11	14	15	16	14	13	13	9	8	8	7	6	4
	۳۰۰	1	1	0	7	11	13	16	14	14	14	11	8	8	7	7	6
	۵۰۰	4	4	3	3	3	6	9	9	10	10	10	9	8	7	7	6
	۶۸۰	5	4	4	4	4	4	3	6	8	8	9	10	9	7	8	7
جنوب	۱۰۰	-1	-1	-2	1	2	8	12	15	17	17	14	11	9	7	6	4
	۳۰۰	-1	-2	-2	-2	-1	4	7	11	13	13	14	13	11	8	7	6
	۵۰۰	2	2	1	1	1	2	2	4	7	7	9	10	10	8	8	6
	۶۸۰	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	6	7	8	8	9	9
جنوب غرب	۱۰۰	13	-1	-2	-2	-1	0	2	3	11	14	19	22	23	23	17	13
	۳۰۰	19	1	1	0	0	0	1	1	4	7	13	18	19	20	19	19
	۵۰۰	13	4	3	3	3	2	3	3	4	4	7	8	11	13	13	13
	۶۸۰	10	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	5	6	8	10
غرب	۱۰۰	12	-1	-2	-2	-1	0	2	3	8	11	18	22	25	27	19	12
	۳۰۰	20	1	1	0	0	0	1	2	4	6	11	13	19	22	23	20
	۵۰۰	16	4	4	3	3	3	3	3	4	4	6	7	9	11	14	16
	۶۸۰	9	7	6	6	5	4	4	4	5	6	6	6	6	7	8	9
شمال غرب	۱۰۰	19	-2	-2	-2	-1	0	2	3	6	7	11	13	18	22	21	19
	۳۰۰	18	-1	-2	-2	-2	-1	0	1	3	4	6	7	12	17	17	18
	۵۰۰	11	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	5	7	9	11
	۶۸۰	6	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	6
شمال (سایه)	۱۰۰	4	-2	-2	-2	-2	-1	1	2	4	6	7	8	7	7	6	4
	۳۰۰	7	-1	-2	-2	-2	-1	-1	0	2	3	4	6	6	7	7	7
	۵۰۰	4	1	1	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	3	4
	۶۸۰	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3

جدول ۶-۲. اختلاف دمای معادل (°C) برای سقف‌های تیره‌رنگ برای دمای طرح خارج 35°C و دمای طرح داخل 27°C و دامنه تغییرات روزانه دما معادل 11°C و کار ۲۴ ساعته سیستم و عرض جغرافیایی ۴۰ درجه شمالی

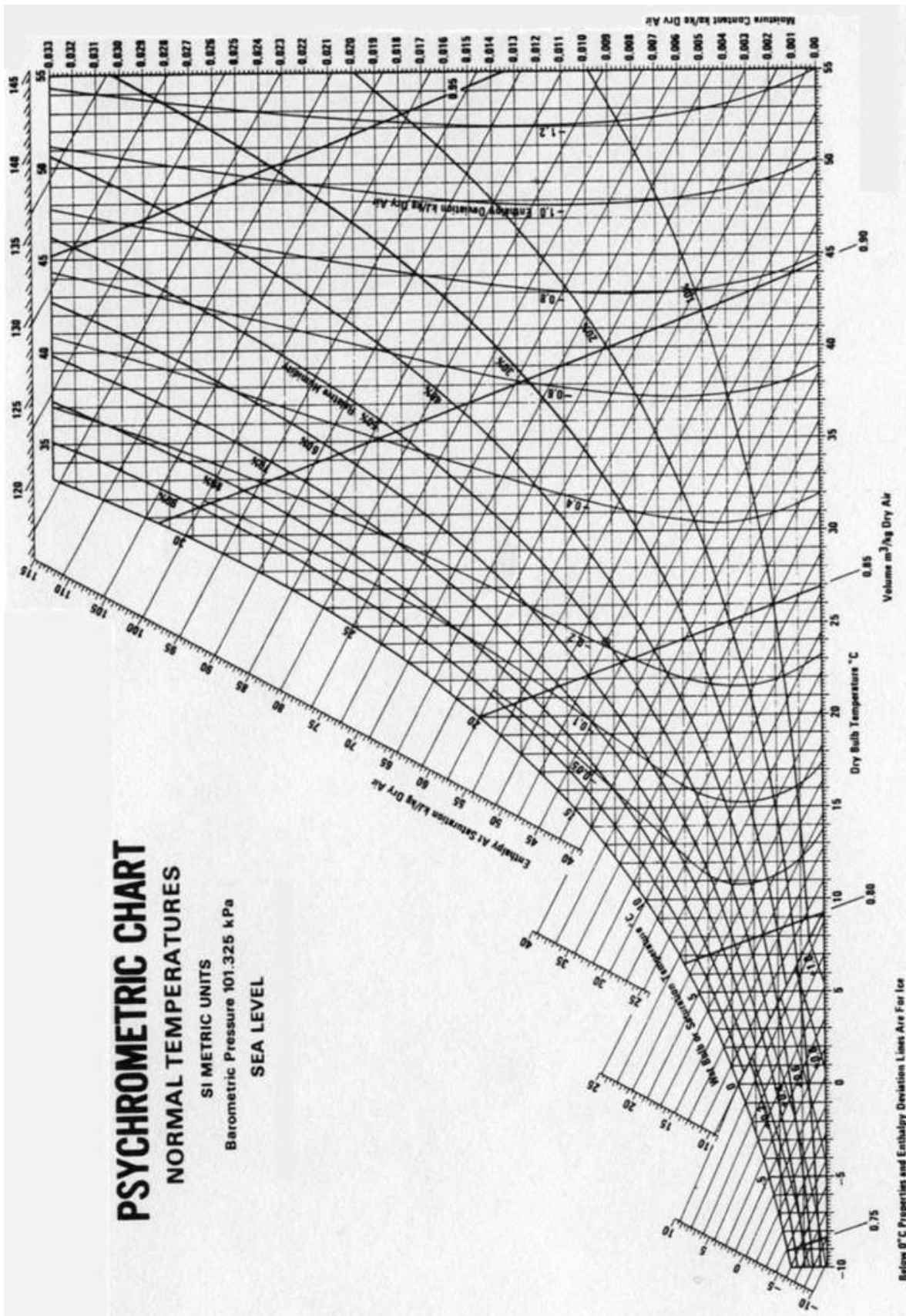
	جرم سقف در واحد سطح (kg/m ²)	AM								PM												AM				
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
در معرض خورشید	۵۰	-2	-3	-4	-3	-1	4	8	13	18	21	24	26	25	23	19	16	12	9	6	4	2	1	-1	-2	
	۱۰۰	0	-1	-1	-1	1	5	9	13	17	20	23	24	24	22	19	17	16	11	8	7	4	3	2	1	
	۱۵۰	2	2	1	2	3	6	9	13	16	18	21	22	23	22	19	18	16	13	11	9	7	6	5	3	
	۲۰۰	5	4	3	4	4	6	9	12	15	17	19	21	22	21	20	19	17	16	14	12	10	9	7	6	
	۲۵۰	7	7	6	6	7	7	9	12	14	16	18	19	21	21	18	19	19	18	17	15	13	11	10	8	
پوشیده شده با آب	۱۰۰	-3	-1	0	1	2	6	9	11	12	11	10	9	8	7	6	3	1	1	1	-1	-1	-2	-2	-3	
	۱۵۰	-2	-1	-1	-1	0	3	6	7	7	8	9	8	8	8	7	6	4	3	2	1	-1	-1	-2	-2	
	۲۰۰	-1	-1	-1	-1	-1	1	3	4	6	7	8	8	8	8	8	7	6	4	2	2	2	1	1	0	
مرطوب	۱۰۰	-2	-1	0	1	2	4	7	8	10	9	9	8	8	7	6	3	1	1	0	-1	-1	-1	-2	-2	
	۱۵۰	-1	-1	-1	-1	0	1	3	5	7	8	8	8	8	7	7	5	4	3	2	1	0	0	-1	-1	
	۲۰۰	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	3	4	6	7	7	8	7	7	6	6	4	3	2	1	1	0	-1	
سایه دار	۱۰۰	-3	-3	-2	-1	0	1	3	5	7	7	8	7	7	6	4	3	1	1	0	-1	-2	-2	-3	-3	
	۱۵۰	-3	-3	-2	-2	-1	0	1	3	4	6	7	7	7	6	6	4	3	2	1	0	-1	-2	-2	-3	
	۲۰۰	-2	-2	-1	-1	-1	-1	0	1	2	3	4	5	6	11	6	4	4	3	2	1	1	0	-1	-1	

جدول ۶-۲۱. مقادیر تصحیح اختلاف دمای معادل (°C)

تفاضل دمای هوای داخل و بیرون	میزان تغییرات روزانه دما																
	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22
-17	-22	-22	-23	-23	-24	-24	-25	-26	-26	-27	-27	-28	-28	-29	-29	-30	-31
-11	-16	-17	-17	-18	-18	-19	-19	-20	-21	-21	-22	-22	-23	-23	-24	-24	-25
-6	-6	-11	-12	-12	-13	-13	-14	-14	-15	-16	-16	-17	-17	-18	-18	-19	-19
0	0	-6	-6	-6	-7	-8	-8	-9	-9	-10	-11	-11	-12	-12	-13	-13	-14
3	3	-3	-3	-4	-4	-5	-6	-6	-7	-7	-8	-8	-9	-9	-10	-11	-11
6	6	0	-1	-1	-2	-2	-3	-3	-4	-4	-5	-6	-6	-7	-7	-8	-8
10	10	3	2	2	1	1	0	-1	-1	-2	-2	-3	-3	-4	-4	-5	-10
11	11	6	5	4	4	3	3	2	2	1	1	0	-1	-1	-2	-2	-4
13	14	8	8	7	7	6	6	5	4	4	3	3	2	2	1	1	0
11	11	11	11	10	9	9	8	8	7	7	6	6	5	4	4	3	3
19	19	14	13	13	12	12	11	11	10	9	9	8	8	7	7	6	6
22	22	17	16	16	15	14	14	13	13	12	12	11	11	10	9	9	8

جدول ۶-۲۲. بار گرمایی ناشی از حضور مرد

گرمای نهنان(وات)	گرمای محسوس(وات ت)	گرمای کل تعدیل شده(وات)	گرمای کل مرد بالغ(وات)	مکان	درجه فعالیت
۴۱	۶۲	۱۰۳	۱۱۷	تئاتر سینما	نشسته - راحت
۵۶	۶۷	۱۲۳	۱۴۱	دفاتر - هتل، آپارتمان	نشسته با کار خیلی سبک مانند نوشتن
۹۵	۷۵	۱۷۰	۱۸۲	رستوران	نشسته در حال خوردن
۷۵	۷۵	۱۵۰	۱۸۸	دفاتر - هتل، آپارتمان	نشسته با کار سبک مانند تایپ کردن
۹۵	۹۲	۱۸۸	۲۳۵	بانک- فروشگاه	ایستاده با کار خیلی سبک یا آهسته قدم زدن
۱۲۸	۱۰۱	۲۲۹	۲۵۸	کارخانه	سری کاری - انجام عملیات کاری متوالی
۲۰۴	۱۰۱	۳۰۵	۳۰۵	کارخانه	پیاده روی با سرعت ۳ مایل در ساعت یا کار سبک با ماشین
۱۸۰	۱۰۱	۲۸۲	۳۵۲	سالن بولینگ	ورزش بولینگ
۳۰۴	۱۶۶	۴۶۹	۴۶۹	کارخانه	کار سنگین - کار با ماشین‌های سنگین - بلند کردن
۳۴۲	۱۸۶	۵۲۸	۵۸۷	سالن ژیمناستیک	کار سنگین - ورزش حرفه‌ای



شکل ۶-۲. نمودار نم‌سنجی

