فصل دوم

کلیات و محاسبات بارهای گرمایشی

۱. تعاریف

۲. شرایط هوای طرح داخل

۳. شرایط هوای طرح خارج

۴. اتلاف حرارتی از در، دیوار و پنجره ها

۵. اتلاف حرارتی از سقف

۶. اتلاف حرارتی از کف و دیوار های متصل به زمین

۷. اتلاف حرارتی در اثر نفوذ هوا از درز ها

۸. اتلاف حرارتی ناشی از رطوبت زنی

۹. اتلاف حرارتی ناشی از تأمین آبگرم مصرفی

۱۰. ضرایب تصحیح در محاسبات بار های گرمایشی

۱۱. پیوست. جداول محاسباتی بار های گرمایشی

۱. تعاریف

۱. مقدار گرمایی را که از هوای گرم ساختمان در فصل زمستان به هوای سرد بیرون ساختمان انتقال می یابد اتلاف حرارتی یا تلفات گرمایی ساختمان گوییم.

۲. مقدار گرمایی که برای جبران اتلاف گرمایی ساختمان توسط دستگاه های گرم کننده تولید می شود بار گرمایی یا ظرفیت گرمایی دستگاه ها می نامیم.

۳. بار گرمایی دستگاه ها و تلفات گرمایی ساختمان معادل یکدیگر می باشند.

۴. اتلاف حرارتی ساختمان از پنج طریق صورت می گیرد:

الف. انتقال گرما از طریق جداره های عمودی ساختمان، که شامل دیوار، پنجره و در می باشد

ب. انتقال گرما از طریق جداره های افقی ساختمان، که شامل سقف و کف می باشد

ج. انتقال گرما به دلیل ورود هوای سرد و خروج هوای گرم از درز پنجره ها و درهای ساختمان

د. انتقال گرما ناشی از رطوبت زنی (در صورت وجود)

و. انتقال گرما ناشی از تأمین آبگرم مصرفی ساختمان

۵. مقدار انتقال گرما از طریق جداره های ساختمان طبق فرمول زیر محاسبه می شود:

$Q = U.A.(\Delta T)$

$\Delta T = T_i - T_0$

Q : برابر حرارت انتقالی یا مقدار انتقال گرما از طریق جداره ها که واحد آن $\frac{Btu}{hr}$ می باشد.

U : برابر ضریب انتقال حرارت جداره که واحد آن $\frac{W}{m^2.\ c}$ یا $\frac{Btu}{hr.ft^2.F}$ می باشد.

A : برابر مساحت جدار خارجی که واحد آن ft^2 می باشد.

T_i و T_0 : به ترتیب برابر درجه حرارت هوای داخل فضا و خارج فضا می باشند.

۲. شرایط هوای طرح داخل

دمای هوای داخل T_i در ساختمان های مختلف با یکدیگر متفاوت می باشند. این دما با توجه به نوع کاربری ساختمان تعیین و در جدول ۱ پیوست این فصل ثبت گردیده است.

۳. شرایط هوای طرح خارج

دمای هوای خارج T_0 ساختمان با توجه به شرایط جوی آن محل تعیین می شود. سازمان هواشناسی معدل حداقل دمای هوا را در زمستان در سا لهای مختلف محاسبه و در جدول ۲ ثبت شده است. (به پیوست این فصل رجوع شود.)

* ضریب کلی انتقال حرارت جدار ها (U)

ضریب کلی انتقال حرارت اجسام مختلف بر اساس نوع مصالح به کار رفته شده در آن، از جدول ۳ (پیوست) استخراج می شود.

* دیوار های ساختمان به دو دسته تقسیم می شوند:

۱. دیوار های خارجی

آن دسته از جداره ها که با محیط خارج نظیر حیاط، کوچه و خیابان نیز در ارتباط هستند

۲. دیوار های داخلی

آن دسته از جداره ها که هر دو طرف آن فضای داخل باشد و با هوای سرد خارج در ارتباط نباشد. نظیر دیوار های بین اتاق ها، راهرو ها و پارتیشن ها

۴. اتلاف حرارتی از در، دیوار و پنجره

برای محاسبه مقدار اتلاف حرارتی از فرمول ذکر شده در تعاریف استفاده می شود:

$$Q = U.A.(\Delta T)$$

نکته مهم:

۵. اتلاف حرارتی از سقف

برای محاسبه اتلاف حرارتی از سقف، همانند مراحل قبل از فرمول زیر استفاده می شود:

$$Q = U.A.(\Delta T)$$

* برای سقف هایی که بین طبقات قرار دارد، بر اساس این نکته که حرارت هر دو طبقه یکسان است، لذا اختلاف دما تقریبا برابر صفر می باشد. مگر آنکه یکی از طبقات تهویه نشده باشد:

$$\Delta T = T_i - T_0 = 0$$

* نحوه انجام عملیات همانند قسمت قبل می باشد با این تفاوت که:

۶. اتلاف حرارتی از کف و دیوار های متصل به زمین

* روش اول:

انتقال گرما از کف طبقات میانی ساختمان که سقف طبقه دیگر است، همانند انتقال گرما از سقف می باشد و با رابطه $Q = U.A.(\Delta T)$ قابل محاسبه است.

اما انتقال حرارت از کف متصل به زمین براساس درجه حرارت زمین محاسبه می شود . مقدار انتقال حرارت از کف متصل به زمین و دیوار متصل به زمین به ازای هر متر مربع سطح کف یا دیوار متصل به زمین در جدول ۴ داده شده است. بطوریکه ابتدا منطقه ای را که محاسبات برای آن انجام می شود را از نظر سردسیر، معتدل یا گرمسیر بودن باید مشخص می کنیم سپس مساحت کف یا دیوار متصل به زمین را در این اعداد ضرب کرده تا اتلاف حرارتی بدست آید.

به صورت خلاصه:

۱. بدست آوردن دمای طرح خارج شهر مورد نظر

۲. انتخاب پارامتر سردسیر، گرمسیر یا معتدل برای شهر

۳. انتخاب ضریب اتلاف حرارتی از کف و یا دیوار متصل به زمین یا هردو آن ها. طبق جدول ۴

۴. ضرب این ضرایب در مساحت کف یا دیوار

۵. بدست آمدن اتلاف حرارتی کل از کف و دیوار های متصل به زمین

❋ روش دوم :

انتقال گرما از کف طبقات میانی ساختمان که سقف طبقه دیگر است، همانند انتقال گرما از سقف می باشد و با رابطه $Q = U.A.(\Delta T)$ قابل محاسبه است.

اتلاف حرارتی کف متصل به زمین

اتلاف حرارتی برای کف متصل به زمین با محیط کف تناسب دارد و از طریق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$Q = F \times P\,(t_i - t_0) + 0.05\,A\,(t_i - t_g)$$

A : مساحت کف

P : طولی از محیط کف که در مجاورت هوای خارج قرار دارد

F : ضریب محیط. به فاصله کف از سطح زمین بستگی دارد. طبق جدول **A**:

جدول **A**. انتخاب ضریب محیط

فاصله کف از سطح زمین (ft)	۲ فوت بالای سطح زمین	در سطح زمین	۲ فوت زیر سطح زمین	۴ فوت زیر سطح زمین	۶ فوت زیر سطح زمین
ضریب F	۰,۹	۰,۶	۰,۷۵	۰,۹	۱,۰۵

t_i : دمای طرح داخل

t_0 : دمای طرح خارج

t_g : دمای زمین. که در زمستان بر اساس جدول **B** زیر بدست می آورند:

جدول **B** . انتخاب دمای زمین

دمای طرح خارج t_0 (F)	-۳۰	-۲۰	-۱۰	۰	۱۰	۲۰
دمای زمین t_g (F)	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵

اتلاف حرارتی از طریق دیوار های متصل به زمین

درجه حرارت زمین تا عمق ۲,۵ متری، به دمای هوای محیط خارج بستگی دارد. این درجه حرارت از عمق ۲,۵ متر به پایین تقریبا در طول سال ثابت است. بنابراین محاسبه اتلاف حرارتی از طریق دیوار های متصل به زمین بر اساس درجه حرارت هوای خارج در فصل سرد (زمستان) صورت می گیرد و این مقدار را از جدول C محاسبه می کنند:

جدول C . محاسبه اتلاف حرارتی از طریق دیوار های متصل به زمین

دمای طرح خارج در زمستان t_0 (F)	-۳۰	-۲۰	-۱۰	۰	۱۰	۲۰
اتلاف حرارتی از واحد سطح Q ($\frac{Btu}{hr.ft^2}$)	۶	۵	۴	۳	۲	۱

۷. اتلاف حرارتی در اثر نفوذ هوا از درز ها

تلفات گرمایی ساختمان فقط در اثر انتقال گرما از جدارها(دیوار، در، پنجره، سقف و کف) نمی باشد . ورود هوای سرد و خروج هوای گرم نیز باعث اتلاف گرما می شود . از آنجا که هم درجه حرارت و هم رطوبت مطلق هوای خارج از هوای محیط داخل متفاوت است، لذا هوای نفوذی از خارج به داخل ساختمان هم بار محسوس و هم بار نهان به بار کل ساختمان اضافه خواهد نمود که طبق روابط زیر مطرح می باشند:

$$Q_s = 1.08 \times CFM \times (t_i - t_0)$$
$$Q_L = 0.68 \times CFM \times (w_i - w_0)$$

مقادیر موجود در فرمول های فوق به راحتی قابل محاسبه می باشند ولی پارامتر CFM که همان دبی هوای نفوذی می باشد به دو روش قابل محاسبه است:

روش اول

* روش درزی:

در این روش ابتدا طول درز های پنجره و درب های سمتی از ساختمان را که بیشترین سطح مرتبط با هوای خارج را دارد بر حسب فوت اندازه گرفته و سپس بر اساس نوع پنجره و از طریق جداول ۵ مربوطه مقدار هوای نفوذی را بر حسب CFM بدست می آوریم. (این روش دقت بالایی ندارد و دیگر منسوخ گردیده است)

روش دوم

* روش حجمی:

در این روش مقدار هوای نفوذی از خارج به داخل ساختمان بر اساس تعداد دیوار هایی که در مجاورت هوای خارج قرار داشته و دارای پنجره یا درب هستند بدست می آید. اگر V حجم ساختمان بر حسب فوت مکعب باشد، مقدار هوای نفوذی بر حسب CFM از رابطه زیر بدست می آید:

$$CFM = \frac{V \times ACH}{60}$$

در این روش ACH مقدار تعویض هوای اتاق در هر ساعت بوده و از جدول D بدست می آید:

جدول D . مقدار ACH بر حسب تعداد دیوار های خارجی شامل پنجره یا درب

راهرو های ورودی	۳ یا ۴	۲	۱	۰	تعداد دیوار های خارجی شامل پنجره یا درب
۲,۵	۲	۱,۵	۱	۰,۵	تعداد تعویض هوا (ACH)

* اگر پنجره ها و درها درزبندی مناسبی داشته باشند میزان ورود هوای سرد و خروج هوای گرم کمتر می شود به همین علت مقدار تعویض هوا را در صورت درزبندی خوب باید نصف کنیم. ($\frac{ACH}{2}$)

* در فضاهایی مانند آشپزخانه، سالن ها، کارگاه ها و ... که از هواکش استفاده می شود، میزان هوای سرد نفوذی برابر با قدرت هوادهی هواکش بر حسب متر مکعب بر ساعت است.

* در صورتی که فضای مجاور محل مورد محاسبه، فضای گرم نباشد اختلاف دمای آن محل و فضای گرم نشده برابر است:

$$(t_i - t_0) \times 0.5$$

۸. اتلاف حرارتی ناشی از رطوبت زنی

فرآیند عبور هوا از روی یک کویل گرمایشی با کاهش رطوبت نسبی هوا همراه است. لذا معمولا برای درجه حرارت طرح داخل معادل ۷۰ تا ۷۵ درجه فارنهایت، رطوبت نسبی ۱۵ تا ۲۵ درصد خواهد بود و این در حالی است که رطوبت نسبی برای شرایط آسایش افراد ۴۰ تا ۵۰ درصد است. در زمستان ها معمولا برای جلوگیری از کاهش رطوبت نسبی، گرم کردن هوا با رطوبت زنی همراه خواهد بود.

قانون: اگر دمای هوای گرمی که رطوبت زنی می شود بین ۱۵۰ تا ۱۸۰ درجه فارنهایت باشد، گرمای نهان تبخیر حدود ۱۰۰۰ $\frac{Btu}{lb}$ بوده و در نتیجه حرارت مورد نیاز برای رطوبت زنی از رابطه زیر بدست می آید:

$$Q = M \times 1000$$

Q : مقدار اتلاف حرارتی ناشی از رطوبت زنی

M : مقدار آبی است که باید بر حسب $\frac{lb}{hr}$ تبخیر شود تا هوا به رطوبت نسبی مورد نظر برسد. این مقدار از رابطه زیر بدست می آید:

$$M = \frac{60 \times CFM \times (w_r - w_c)}{7000\ v}$$

CFM : مقدار هوایی که قرار است رطوبت زنی شود.

V : حجم مخصوص هوا در شرایط بعد از کویل گرمایشی بر حسب $\frac{ft^3}{lb}$ هوای خشک است.

w_r : رطوبت مطلق هوای داخل فضا

w_c : رطوبت مطلق هوا بعد از کویل گرمایشی و قبل از رطوبت زنی آن است.

۹. اتلاف حرارتی ناشی از تأمین آبگرم مصرفی ساختمان

بار حرارتی یا اتلاف حرارتی ناشی از آبگرم مصرفی از طریق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$Q = 1.08 \times GPH \times (t_2 - t_1)$$

$$Q = 500 \times GPM \times (t_2 - t_1)$$

Q : بار حرارتی آبگرم مصرفی است.

GPH : مقدار واقعی آبگرم مصرفی است که بر حسب گالن بر ساعت می باشد.

GPM : مقدار واقعی آبگرم مصرفی است که بر حسب گالن بر دقیقه می باشد.

t_1 : درجه حرارت آب شهر ورودی به آبگرمکن یا منبع آب گرم می باشد و معمولا ۶۰ درجه فارنهایت است.

t_2 : درجه حرارت آب خروجی از آبگرمکن یا منبع آب گرم می باشد.

❋ بدست آوردن مقدار GPH و GPM

مراحل بدست آوردن مقدار **GPH** مطابق زیر می باشد:

۱. تهیه یک لیست از تعداد تجهیزات بهداشتی و مصرفی، که از آبگرم استفاده می کنند. (مانند ظرفشویی، حمام، توالت و ...)

۲. مشخص کردن تعداد این وسایل در صورت وجود بیش از یک مورد. (مانند. دو عدد روشویی، ۳ عدد حمام یا ...)

۳. استخراج مقدار **GPH** مختص با هر وسیله مصرفی از جدول ۶ پیوست.

۴. ضرب تعداد هر وسیله بهداشتی در مقدار **GPH** و در نهایت جمع کل حاصل ضرب ها.

۵. مجموع **GPH** های بند ۴ را در ضریب تقاضا که در جدول ۷ بر اساس نوع کاربری مشخص است ضرب کرده و این مقدار که همان مقدار **GPH** اصلاح شده یا به عبارتی دیگر مقدار واقعی آبگرم مصرفی در ساعت است را در فرمول ذکر شده قرار داده و مقدار اتلاف حرارتی ناشی از آبگرم مصرفی بدست می آید.

❋ حال اگر این مقدار بر حسب **GPM** خواسته شده باشد :

از همان اول با استفاده از جدول ۸ مراحل را انجام می دهیم. که این جدول بر حسب **GPM** می باشد.

۱۰. ضرایب تصحیح در محاسبات بار های گرمایشی

محاسبات بار گرمایشی و تلفات گرمایی ساختمان هایی را که تا کنون انجام دادیم بایستی با توجه به شرایط ویژه آن ساختمان تصحیح کرده و درصدی به اتلاف گرمایی اضافه نمائیم تا محاسبات دارای دقت بیش تری باشند .این درصد اضافی را ضریب تصحیح می نامیم.

ضریب تصحیح به چهار دسته تقسیم می شود. که در زیر به توضیح آن ها می پردازیم:

۱. ضریب جهت

این ضریب برای جدارهایی که خارجی می باشند نظیر در، پنجره و دیوار که در معرض هوای بیرون قرار دارند اعمال می گردد. ضریب جهت شمال و شرق 10 درصد و ضریب جهت غرب 5 درصد است . برای جهت جنوب ضریب اعمال نمی شود .

چگونه ضریب جهت را در محاسبات اعمال کنیم؟

۱. محاسبه اتلاف گرمایی جدارها، درب و پنجره
۲. محاسبه ضریب جهت بر اساس موقعیت درب، پنجره و جدار ها
۳. حاصل ضرب اتلاف حرارتی جدار در ضریب جهت
۴. جمع مقدار بدست آمده با اتلاف حرارتی جدار ها

۲. ضریب موقعیت

این ضریب را برای جدارهای خارجی که در معرض وزش باد بوده و بادگیر می باشند در نظر می گیریم .مقدار ضریب موقعیت 5 تا 10 درصد است. بادگیر بودن جدارها بستگی به جهت وزش باد دارد که در شهرهای مختلف با هم تفاوت دارد .بطور مثال جهت وزش باد در شهر تهران معمولاً از جنوب غرب به شمال شرق شهر است .جهت وزش باد با تغییر وضعیت آب و هوایی می تواند تغییر کند.

۳. ضریب تناوب

تمام ساختمان ها 24 ساعته مورد استفاده قرار نمی گیرند مانند مدارس که فقط روزها مورد استفاده قرار می گیرند .اتلاف گرمایی این گونه ساختمان ها را باید با در نظر گرفتن ضریب تناوب محاسبه کنیم.

ضریب تناوب برای ساختمان هایی که فقط روزها گرم می شوند 10 تا 15 درصد است .برخی از این ساختمان ها عبارتند از: مدارس، اداره ها و دفاتر عمومی و خصوصی

ضریب تناوب برای ساختمان هایی که به طور مرتب و هر روز از آ نها استفاده نمی شود مثلاً در طول هفته یک یا دو روز از آن استفاده می شود برابر 25 تا 30 درصد است. نمونه هایی از این ساختمان ها عبارت است از :کلیساها، سالن اجتماعات

ضریب تناوب برای ساختمان هایی که برای مدت طولانی مورد استفاده قرار نمی گیرند و گرم هم نمی شوند را تا 50 درصد در نظر می گیرند .برخی از این ساختما نها عبارتند از :حسینیه ها.

*** اگر به ساختمانی ضریب تناوب تعلق بگیرد مقدار آن را می توان به تلفات گرمایی تک تک جدارها اضافه نمود یا ضریب را در تلفات کل آن ساختمان اعمال کرد.**

۴. ضریب ارتفاع

این ضریب برای اتا قها یا محل هایی با ارتفاع بیش از 4 متر در نظر گرفته می شود و از جدول ۹ قابل استخراج می باشد.

۱۱. پیوست. جداول مربوط به بار های گرمایشی

جدول ۱. شرایط هوای طرح داخل برخی از مکان های مختلف

زمستان		تابستان				نوع ساختمان
با رطوبت زنی		محل های معمولی		محل های لوکس		
٪	°F	٪	°F	رطوبت نسبی	دمای خشک	
۳۰ – ۳۵	۷۴ – ۷۶	۴۵ – ۵۰	۷۷ – ۷۹	۴۵ – ۵۰	۷۴ – ۷۶	آپارتمان، منزل مسکونی، هتل، بیمارستان، اداره، مدرسه
۳۰ – ۳۵	۷۲ – ۷۴	۴۵ – ۵۰	۷۸ – ۸۰	۴۵ – ۵۰	۷۶ – ۷۸	مکانهایی با مدت اشتغال محدود: بانک، آرایشگاه، فروشگاه
۳۵ – ۴۰	۷۲ – ۷۴	۶۰ – ۶۵	۷۸ – ۸۰	۵۰ – ۵۵	۷۶ – ۷۸	مکانهایی با گرمای نهان زیاد: تالار، مسجد، رستوران، سینما
۳۰ – ۳۶	۶۸ – ۷۲	۵۰ – ۶۰	۸۰ – ۸۵	۴۵ – ۵۵	۷۷ - ۸۰	ساختمانهای صنعتی و کارخانجات، سالن اجتماعات و ...

جدول ۲. دمای طرح خارج برخی شهر ها

نام شهر	دمای هوای طرح خارج	منطقه	نام شهر	دمای هوای طرح خارج	منطقه
آبادان	۵	گرمسیر	رشت	-۷	معتدل
آبعلی	-۱۱	سردسیر	زابل	-۵	معتدل
اراک	-۹	سردسیر	زنجان	-۹	سردسیر
اردبیل	-۱۰	سردسیر	سبزوار	-۱۰	سردسیر
ارومیه	-۱۰	سردسیر	سمنان	-۵	معتدل
اصفهان	-۷	سردسیر	سنندج	-۱۰	سردسیر
بابل	-۵	معتدل	شمیران	-۱۲	سردسیر
بجنورد	-۷	سردسیر	شهر رضا	-۱۰	سردسیر
بندر عباس	۱۰	گرمسیر	شهر کرد	-۱۲	سردسیر
تبریز	-۱۰	سردسیر	شیراز	-۲	معتدل
تربت حیدریه	-۱۱	سردسیر	کرج	-۸	سردسیر
مرکز تهران	-۵	معتدل	کرمان	-۸	سردسیر
درود	-۱۰	سردسیر	مرند و مراغه	-۸	سردسیر
رامسر	-۱	معتدل	میانه و مشهد	-۱۱	سردسیر
			همدان	-۱۵	سردسیر

جدول ۳. ضریب انتقال حرارت اجسام مختلف

ماده		$\frac{Btu}{hr\,.\,ft\,.\,°F}$	$\frac{W}{m\,.\,°k}$	$\frac{Btu\,\times Inch}{hr\,.\,ft^2\,.\,°F}$
هوا		۰,۰۱۴	۰,۰۲۵	۰,۱۷۳
روغن		۰,۰۸۷	۰,۱۵	۱,۰۴
شیشه		۰,۶۶۵	۱,۱۵	۷,۹۶
لاستیک		۰,۰۷۵ – ۰,۰۹۳	۰,۱۳ – ۰,۱۶	۰,۹۰۱ – ۱,۱۰۹
مس		۲۱۹,۶۴	۳۸۰	۲۶۲۹,۶
آب		۰,۳۴۷	۰,۶	۴,۱۶
خاک رس		۰,۷۵۱	۱,۳	۹,۰۱
خاک		۰,۳	۰,۵۲	۳,۶۰۵
اپوکسی (با فیلتر سیلیکا)		۰,۱۷۳	۰,۳۰	۲,۰۸
اپوکسی (بدون پر کننده)		۰,۱۱	۰,۱۹	۱,۳۱۷
آلومینیوم		۱۳۶,۹۸۶	۲۳۷	۱۶۴۳,۲۱۵
فولاد		۳۰,۰۵۶	۵۲	۲۶۳,۳
ماسه		۱,۳۸۷	۲,۴	۱۶,۶۴۰
پشم شیشه	$۹ – ۱۲\ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۳۱	۰,۰۵۴	۰,۳۷۳۷
	$۱۲ – ۱۸ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۲۸	۰,۰۴۸	۰,۳۳۲
	$۱۸ – ۲۵\ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۲۵	۰,۰۴۳	۰,۲۹۸
	$۲۵ – ۸۰\ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۲۳	۰,۰۳۹	۰,۲۷
	$۸۰ – ۱۳۰\ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۲۱	۰,۰۳۷	۰,۲۶

پشم سنگ	$۱۸ - ۲۵ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۲۷	۰,۰۴۷	۰,۳۲
	$۲۵ - ۳۵ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۲۴	۰,۰۴۱	۰,۲۸
	$۳۵ - ۸۰ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۲۳	۰,۰۳۹	۰,۲۷
	$۸۰ - ۱۸۰ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۱۸	۰,۰۳۱	۰,۲۱
تفلون		۰,۲۰۲	۰,۳۵	۲,۴۲۷
پلی یورتان		۰,۰۱۹	۰,۰۳۳ – ۰,۰۳	۰,۲۳ – ۰,۲۱
پلی استایرن منبسطاصطلاحاً یونولیت یا پلاستوفوم	$۹ - ۱۳ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۲۵	۰,۰۴۴	۰,۳۰
	$۱۳ - ۱۶ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۲۴	۰,۰۴۲	۰,۲۹
	$۱۶ - ۲۰ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۲۳	۰,۰۳۹	۰,۲۷
	$۲۰ - ۲۵ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۲۳	۰,۰۳۹	۰,۲۷
	$۲۵ - ۳۵ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۲۱	۰,۰۳۷	۰,۲۶
سنگ نما		۱,۲۴ – ۱,۶۲	۲,۱۵ – ۲,۸	۱۴,۸۸ – ۱۹,۳۸
آجر نما		۰,۷۵۱	۱,۳	۹,۰۱۳
ملات ماسه و سیمان		۰,۸۱	۱,۴	۹,۶۹
آجر معمولی		۰,۴۱۶	۰,۷۲	۴,۹۹۲
گچ (روکش صاف)		۰,۲۰۲	۰,۳۵	۲,۴۲
سفال		۰,۵۷۸ – ۰,۷۸	۱ – ۱,۳۵	۶,۹۲ – ۹,۳۴
ملات سیمان		۰,۶۶۵	۱,۱۵	۷,۹۶
آسفالت ماسه ای		۰,۶۶۵	۱,۱۵	۷,۹۶
بتن معمولی		۱,۰۱۱	۱,۷۵	۱۲,۱۱
مرمر		۱,۶۱۸	۲,۸	۱۹,۳۷

قیرگونی		۰,۱۴۵	۰,۲۵	۱,۷۳
گچ و خاک		۰,۶۶۵	۱,۱۵	۷,۹۶
کاشی		۰,۴۰۵	۰,۷	۴,۸۴
کاشی پلاستیکی		۰,۱۳۳	۰,۲۳	۱,۵۹
رسوب های تو پر		۱,۸۳۸	۳,۱۸	۲۲
رسوب های متخلخل		۰,۰۵	۰,۰۸۷	۰,۶
کربنات کلسیم		۰,۴۶۲	۰,۸	۵,۵۴
سیلیکا		۰,۰۴۶	۰,۰۸	۰,۵۵۴
پلی اتیلن	$۹۰۰ - ۱۰۰۰ \frac{kg}{m^3}$	۰,۲۳۱	۰,۴	۲,۷۶۸
پلی کلرور وینیل (PVC)	$۱۳۰۰ - ۱۴۰۰ \frac{kg}{m^3}$	۰,۱۱۶	۰,۲	۱,۳۸۴
چوب		۰,۱۲۱	۰,۲۱	۱,۴۵۶
صفحات متشکل از تراشه های چوب فشرده (نئوپان)	$۶۵۰ - ۷۵۰ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۹۸	۰,۱۷	۱,۱۷۴
	$۵۵۰ - ۶۴۰ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۸۱	۰,۱۴	۰,۹۶۹
	$۴۵۰ - ۵۴۰ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۷	۰,۱۲	۰,۸۳۰
	$۳۶۰ - ۴۴۰ \frac{kg}{m^3}$	۰,۰۵۷	۰,۱	۰,۶۹۲

جدول۱. ۵. تعیین مقدار هوای نفوذی برای انواع پنجره ها برحسب سرعت باد

نوع پنجره	سرعت باد بر حسب مایل بر ساعت					
	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
چوبی	۰,۱۲	۰,۳۵	۰,۶۵	۰,۹۸	۱,۳۳	۱,۷۳
فلزی	۰,۳۳	۰,۷۸	۱,۲۳	۱,۷۳	۲,۳	۲,۸

جدول ۲. ۵. تعیین مقدار هوای نفوذی برای انواع درب ها برحسب سرعت باد

نوع درب	سرعت باد بر حسب مایل بر ساعت					
	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
شیشه ای	۴,۸	۱۰	۱۴	۲۰	۲۴	۲۹
فلزی یا چوبی ظریف	۰,۹	۱,۲	۱,۸	۲,۶	۳,۳	۴,۲
فلزی یا چوبی غیر ظریف	۰,۹	۲,۳	۳,۷	۵,۲	۶,۶	۸,۴
کارخانه ای	۳,۲	۶,۴	۹,۶	۱۳	۱۶	۱۹

جدول ۳. ۵. تعیین مقدار هوای نفوذی برای انواع پنجره ها برحسب سرعت باد با توجه به اندازه عرض درز

نوع پنجره	عرض درز به اینچ	سرعت باد بر حسب مایل بر ساعت					
		۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
فلزی	$\frac{1}{16}$	۰,۸۷	۱,۸	۲,۹	۴,۱	۵,۱	۶,۲
فلزی	$\frac{1}{32}$	۰,۲۵	۰,۶۰	۱,۰۳	۱,۴۳	۱,۸۶	۲,۳
فلزی	$\frac{3}{64}$	۰,۳۳	۰,۸۷	۱,۴۷	۱,۹۳	۲,۵	۳
مسکونی	$\frac{1}{32}$	۰,۱۳	۱,۴۰	۰,۶۳	۰,۹۰	۱,۲۰	۱,۵۳

جدول ۶ و ۷. تعیین مقدار GPH و ضریب تقاضا

وسیله بهداشتی	آپارتمان	ورزشگاه	بیمارستان	هتل	کارخانه	اداری	مسکونی ویلایی	مدارس	خوابگاه
دستشویی و توالت خصوصی	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
دستشویی و توالت عمومی	۵	۱۰	۸	۱۰	۱۵	۸	–	۱۵	۱۰
وان حمام	۲۰	۳۰	۲۰	۲۰	۳۰	–	۲۰	–	۳۰
دوش	۸۰	۲۵۰	۸۰	۸۰	۲۵۰	–	۸۰	۲۵۰	۲۲۵
سینک آشپزخانه	۱۰	–	۲۰	۲۰	–	۲۰	۱۰	۲۰	۲۰
سینک آبدار خانه	۵	–	۱۰	۱۰	–	۱۰	۵	۱۰	۱۰
ماشین ظرفشویی	۲۰	–	۵۰–۱۵۰	۵۰–۲۰۰	۲۰–۱۰۰	–	۲۰	۲۰–۱۵۰	۲۰–۱۵۰
سینک ظرفشویی	۱۵	–	۲۰	۳۰	۲۰	۲۰	۱۵	۲۰	۲۰
ماشین لباسشویی	۲۰	–	۳۰	۳۰	–	–	۲۰	–	۱۰۰
سینک لباسشویی	۷۵	–	۱۵۰	۱۵۰	–	–	۷۵	–	۳۰
ضریب تقاضا	۰,۳۵	۰,۴	۰,۵	۰,۳	۰,۶	۰,۳	۰,۳۵	۰,۵	۰,۴
ضریب ذخیره منبع	۱,۲۵	۱	۰,۶	۰,۸	۱	۲	۱,۲۵	۱	۱

جدول ۸. تعیین مقدار GPM

لوازم بهداشتی	مقدار مصرف	
	لیتر بر دقیقه	گالن بر دقیقه
وان	۱۵	۴
بیده	۷,۵	۲
سینک با سینی	۱۵	۴
ماشین ظرفشویی	۱۰	۲,۷۵
آب خوری	۳	۰,۷۵
سینک لباسشویی	۱۵	۴
دستشویی	۷,۵	۲
دوش	۱۱,۵	۳
دوش با شیر ترموستاتیک	۱۱,۵	۳
شیر سر شلنگی	۱۹	۵
سینک آشپزخانه	۹,۵	۲,۵
سینک آشپزخانه عمومی	۱۱,۵	۳
پیسوار با فلاش والو	۵۷	۱۵
توالت با فلاش تانک	۱۱,۵	۳
توالت با فلاش والو	۹۵	۲۵
توالت فرنگی یکپارچه	۲۳	۶