

## اتلافات حرارت در اثر تعویض هوای ساختمان

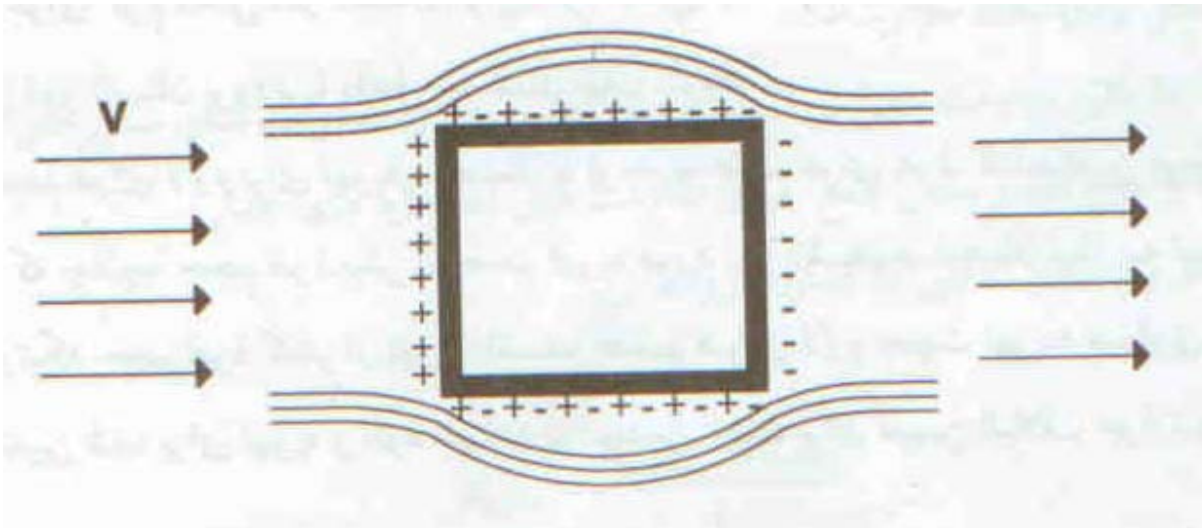
هوای یک ساختمان ممکن است به دو روش اختیاری و غیر اختیاری تعویض شود. تعویض اختیاری هوای داخل ساختمان که تهویه نامیده می شود با کنترل ساکنان و معمولاً بوسیله دستگاه هواساز یا سایر دستگاههای تهویه انجام می شود. تهویه همچنین می تواند به روش طبیعی مانند باز کردن مقاطع ساختمان انجام شود. فرایند تهویه برای خارج کردن یا رقیق کردن دود، بو، باکتری ها، گازها و تازه کردن هوای داخل انجام می شود.

تعویض غیر اختیاری و خارج از کنترل هوای ساختمان نفوذ نامیده می شود. نفوذ در اثر ورود هوای خارج ساختمان از طریق درزها و شکافهای اطراف در و پنجره های ساختمان پدید می آید. نفوذ موجب می شود که در زمستان هوای سرد خارج به ساختمان وارد و هوای گرم داخل به خارج منتقل شود و به این ترتیب انرژی گرمایی داخل ساختمان تلف گردد.

حجم هوای لازم برای تهویه ساختمان با توجه به حجم هوای نفوذ کننده تعیین میشود. بدین ترتیب که چنانچه حجم نفوذ بیش از حجم تهویه مورد نیاز باشد، ساختمان نیاز به تهویه ندارد. در صورتیکه حجم نفوذ کمتر از تهویه باشد حجم هوای لازم جهت تهویه مساوی تفاضل دو حجم تعیین شده برای تهویه و نفوذ خواهد بود بدین جهت برای تعیین اتلاف حرارتی ساختمان اتلاف حرارتی هر یک از فرآیندهای نفوذ و تهویه جداگانه محاسبه می شود و مقدار بزرگتر آنها با سایر اتلافات حرارتی ساختمان جمع می شود.

### نفوذ هوا در زمستان:

در زمستان علل نفوذ هوا از درزهای پنجره ها و درهای ساختمان به داخل عبارت از: اثر باد و خاصیت دودکش می باشد. سرعت باد موجب می شود که هوای سرد خارج از طریق درزهای پنجره ها و درهایی که در مقابل وزش باد قرار گرفته اند به داخل وارد و هوای گرم داخل از طریق درزهای سطوح دیگر از ساختمان خارج شود. در واقع با برخورد هوا به یک طرف ساختمان فشار دینامیکی آن تبدیل به فشار استاتیکی شده و در پشت ساختمان کاهش فشار رخ می دهد. بالا رفتن فشار در سطوح یک طرف ساختمان و کاهش فشار در سطحی دیگر موجب جریان هوای خارج به داخل و خروج هوای داخل به خارج می شود که کوران نامیده می شود.



خاصیت دودکش که به ویژه در ساختمانهای بلند قابل توجه است موجب می شود که در زمستان به علت بالا رفتن هوای گرم داخل ساختمان از طریق راه پله، آسانسور و مجراهای دیگر، فشار هوا در طبقات پایین کاهش و در طبقات بالا افزایش پیدا کند. به عبارت دیگر خاصیت دودکش موجب می شود که هوای خارج از درزهای پایین ساختمان وارد و از درزهای سطوح بالایی ساختمان خارج شود.

### محاسبه اتلاف حرارت حاصل از نفوذ و تهویه:

بطور کلی نتیجه نفوذ و تهویه تغییر دما و رطوبت هوای داخل ساختمان و در نتیجه تغییر بارهای محسوس و نهان ساختمان است. تغییر بارهای محسوس و نهان از روابط زیر محاسبه می شود.

$$Q_S = 1.08(\text{cfm})(T_I - T_O) \quad \text{Btu/hr}$$

$$Q_L = 0.68(\text{cfm})(W_I - W_O) \quad \text{Btu/hr}$$

در روابط فوق cfm حجم هوای نفوذ یا تهویه بر حسب فوت مکعب در دقیقه،  $T_I$ ،  $T_O$ ،  $W_I$  و  $W_O$  به ترتیب دماها و رطوبت های مخصوص داخل و خارج ساختمان میباشند. واحد دما درجه فارنهایت و واحد رطوبت مخصوص گرین بر پوند هوای خشک می باشد.

با توجه با اینکه مقادیر دما و رطوبت مخصوص از شرایط هوای داخل و خارج به سادگی مشخص می شوند، مشکل اصلی در محاسبه حرارت محسوس ( $Q_s$ ) و حرارت نهان ( $Q_L$ ) حاصل از نفوذ و تهویه تعیین  $cfm$  یعنی حجم هوای نفوذ یا تهویه در واحد زمان است. در زیر روشهای مختلف محاسبه  $cfm$  نفوذ و تهویه بیان می شود.

### محاسبه نفوذ هوا:

روشهای مختلفی برای تعیین حجم هوای نفوذ کننده درواحد زمان وجود دارد مانند روش درز، روش سطح و روش حجمی.

### الف - روش درز:

در روش درز که دقت آن بیشتر از دقت روشهای دیگر است، به صورت زیر عمل می شود:

1- طول درزهای پنجره یا درب را بر حسب فوت اندازه می گیریم. اگر ساختمان از چهار طرف با هوای بیرون در تماس باشد فقط درزهای دو سطح مجاور آن که دارای بیشترین پنجره و رب می باشند را اندازه می گیریم. اگر سطح یک طرف ساختمان در تماس با هوای بیرون است تمام درزهای آن و اگر دو یا سه سمت ساختمان با هوای بیرون تماس دارد، سطحی که بیشترین درز را دارد و طول درزهایش نیز از نصف کل درزها کمتر نیست در محاسبات لحاظ می شود (در صورت کمتر بودن، طول درزهای دو سطح دیگر در محاسبات وارد می شود)

2- با توجه به نوع پنجره که ممکن است کشویی یا لولایی باشد و یا درها به ترتیب به جداول زیر مراجعه می کنیم. این جداول دبی هوای نفوذ را بر حسب فوت مکعب در دقیقه برای یک فوت طول درز برای انواع درز پنجره های فلزی و چوبی و همچنین برای درب ها با شرایط مختلف درز و با توجه به سرعت باد می دهند.

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

| سرعت باد بر حسب مایل بر ساعت |      |      |      |      |      | عرض درز<br>به اینچ | نوع پنجره              |
|------------------------------|------|------|------|------|------|--------------------|------------------------|
| ۳۰                           | ۲۵   | ۲۰   | ۱۵   | ۱۰   | ۵    |                    |                        |
| ۶/۲                          | ۵/۱  | ۴/۱  | ۲/۹  | ۱/۸  | ۰/۸۷ | $\frac{1}{16}$     | فلزی                   |
| ۲/۳                          | ۱/۸۶ | ۱/۴۳ | ۱/۰۳ | ۰/۶۰ | ۰/۲۵ | $\frac{1}{32}$     | فلزی                   |
| ۳                            | ۲/۵  | ۱/۹۳ | ۱/۴۷ | ۰/۸۷ | ۰/۳۳ | $\frac{3}{64}$     | فلزی                   |
| ۱/۵۳                         | ۱/۲۰ | ۰/۹۰ | ۰/۶۳ | ۱/۴۰ | ۰/۱۳ | $\frac{1}{32}$     | مسکونی                 |
| ۴                            | ۳/۷۰ | ۳/۱۰ | ۲/۴۰ | ۱/۴۶ | ۰/۵۰ | -                  | دوران حول<br>محور قائم |

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

## ب- روش حجمی:

در این روش که برای ساختمانهای کوچک مسکونی در شرایط عادی و بدون استفاده از وسایل تهویه اجباری استفاده می شود، فرض می شود که هوای داخل اتاق بسته به تعداد دیوارهایی که در مجاورت با هوای خارج دارد، در اثر نفوذ 0.5 تا 2 بار در ساعت تعویض می شود. در جدول زیر ارتباط تعداد تعویض هوای اتاق در ساعت با تعداد دیوارهای مجاور هوای خارج نشان داده شده است.

اگر حجم اتاق  $V$  و تعداد تعویض هوای آن مطابق جدول زیر مساوی  $N$  باشد،  $cfm$  نفوذ خواهد بود:

$$cfm = \frac{N \cdot V}{60}$$

| تعداد دیوارهای مجاور هوای خارج | تعداد تعویض حجم اتاق در ساعت (N) |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 0                              | 0/5                              |
| 1                              | 1                                |
| 2                              | 1/5                              |
| 3 و 4                          | 2                                |
| هال ورودی                      | 2                                |

محاسبه هوای مورد نیاز برای تهویه:

الف - روش جداول استاندارد:

در جدول زیر مقادیر کمینه و توصیه شده هوای تهویه استاندارد برای کاربردهای مختلف داده شده است. این جدول برای شرایط ارتفاع سقف 2.5 متر (8 فوت) تهیه شده است. در مکانهایی که تراکم افرادی بیش از حد معمول است یا مکانهایی که بخواهیم هوای مطلوبتری ایجاد کنیم از مقادیر توصیه شده جدول استفاده می کنیم.

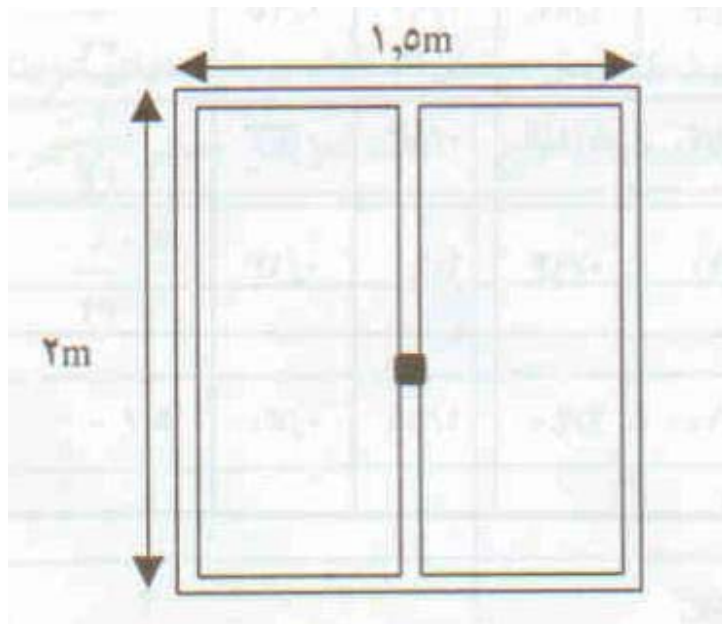
| CFM برای هر مترمربع کف | CFM برای هر نفر |           | انفراد سببگاری | نوع ساختمان             |
|------------------------|-----------------|-----------|----------------|-------------------------|
|                        | کمینه           | توصیه شده |                |                         |
| -                      | ۱۵              | ۲۰        | بعضی           | آپارتمان با کیفیت متوسط |
| ۳/۵۵                   | ۲۵              | ۳۰        | بعضی           | آپارتمان با کیفیت عالی  |
| ۲۱/۵                   | -               | -         | -              | آشپزخانه                |
| ۲۱/۵                   | -               | -         | -              | دستویی و توالت          |
| ۳/۵۵                   | ۲۵              | ۳۰        | زیاد           | اتاق هتل                |
| -                      | ۱۲              | ۱۵        | قابل توجه      | رستوران                 |
| ۴۳                     | -               | -         | -              | آشپزخانه هتل            |
| ۱۳/۴۵                  | ۳۰              | ۵۰        | خیلی زیاد      | سالن اجتماعات           |
| ۳/۵۵                   | -               | -         | هیچ            | اتاق عمل بیمارستان      |
| ۳/۵۵                   | ۲۵              | ۳۰        | هیچ            | اتاق مریض               |
| -                      | ۱۵              | ۲۰        | هیچ            | بخشهای بیمارستان        |
| -                      | ۱۰              | ۱۵        | بعضی           | ادارات شلوغ             |
| ۲/۷                    | ۱۵              | ۲۵        | هیچ            | ادارت خلوت              |
| -                      | -               | -         | هیچ            | کلاس درس                |
| -                      | ۱۵              | ۲۰        | بعضی           | آزمایشگاه               |
| -                      | ۷/۵             | ۱۰        | قابل توجه      | داروخانه                |
| ۱/۱                    | ۷/۵             | ۱۰        | هیچ            | کارخانه                 |
| -                      | ۵               | ۷/۵       | هیچ            | ناتر                    |
| ۱۰/۷۵                  | -               | -         | -              | گاراژ                   |

## ب- روش تعویض هوا

در این روش cfm هوای تهویه بر اساس برآورد تعداد دفعاتی که هوای یک اتاق نیاز به تعویض دارد، تعیین می شود. در جدول زیر تعداد دفعاتی که لازم است هوای یک اتاق با کاربردهای مختلف تعویض شود آورده شده است. اگر چه این روش هوای مورد نیاز برای تهویه یک اتاق را با تقریب زیاد تعیین می کند اما در بسیاری از مواقع دبی هوای تهویه را با سرعت زیادی می توان برآورد نمود. در جدول زیر N تعداد دفعاتی است که هوای فضای مورد نظر باید در یک ساعت تعویض گردد و cfm تهویه از همان رابطه cfm نفوذ در روش حجمی محاسبه می گردد.

| N     | نوع ساختمان      | N     | نوع ساختمان   |
|-------|------------------|-------|---------------|
| ۲     | کتابخانه         | ۱-۲   | اتاق خواب     |
| ۴     | آزمایشگاه        | ۲-۴   | آشپزخانه      |
| ۱-۲   | مسجد             | ۱/۵-۲ | هال و راهرو   |
| ۲/۵-۳ | بخشهای بیمارستان | ۲-۳   | کلاس          |
| ۴     | اتاق عمل         | ۲/۵-۳ | سالن اجتماعات |
| ۴-۵   | گاراژ عمومی      | ۲     | سالن ورزش     |
| ۱/۵-۳ | زیرگذر           | ۲     | رستوران       |
| ۱-۱/۲ | بانک             | ۱/۵-۲ | اتاق اداری    |
| ۲-۳   | نمایشگاه         | ۱-۴   | کارخانجات     |
| ۱۵-۲۰ | اتاق عمل         | ۱/۵-۳ | فروشگاه       |

مثال) یک پنجره کشویی فلزی با ارتفاع 2 متر و عرض 1.5 متر در مقابل جریان باد با سرعت 15 مایل بر ساعت قرار گرفته است. اگر اختلاف دمای هوای داخل و خارج 27 درجه فارنهایت و اختلاف رطوبت مخصوص آنها 10 گرین بر پوند هوای خشک باشد، اتلاف حرارت‌های محسوس و نهان را نحاسبه کنید.



مثال) در یک کارگاه به مساحت 4000 متر مربع تعداد 125 نفر مشغول کارند هوای لازم برای تهویه و همچنین بار محسوس و بار نهان تهویه را برای اختلاف درمای خشک داخل و خارج 25 درجه فارنهایت و اختلاف رطوبت مخصوص 10 گرین بر پوندهوای خشک محاسبه کنید.