# انتخاب بهینه سیستمهای شیشه و پنجره به منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی

**روناک دقیق – مهندس شیمی**
**جلیل مشتاق، کارشناس ارشد مهندس عمران**

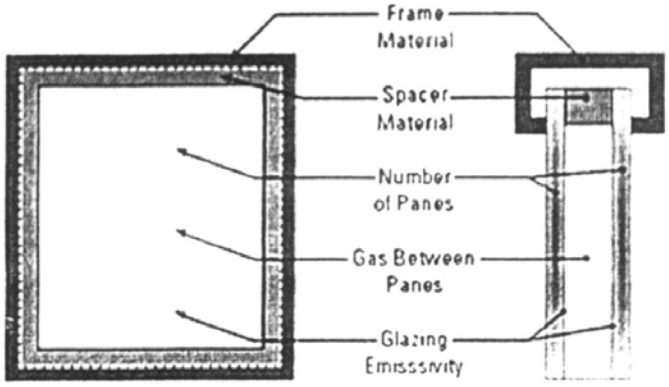
**مقدمه:**

مدت زمان مدیدی است که از پنجره به منظور تهویه، استفاده از نور روز و روشنایی استفاده شده‌است. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که حتی سلامتی، آسایش و بهر ه وری در محیط های داخلی ساختمان که از تهویه مناسب و نور طبیعی کافی برخوردارند، بهبود می یابند. با این وجود پنجره ها منبع اصلی اتلاف ناخواسته گرما ، ناراحتی و مشکلات مربوط به میعان می باشند. تنها درسال ۱۹۹۰ انرژی مصرفی برای جبران اتلاف و دریافت ناخواسته گرما از طریق پنجره ها در ساختمانهای مسکونی و تجاری هزینه ای بالغ بر ۲۰ میلیون دلار برای ایالات متحده در برداشته است ، ( این مقدار یک چهارم کل انرژی مصرف شده جهت سرمایش و گرمایش فضا می باشد). در سالهای اخیر انقلابی فنی وتکنیکی در مورد پنجره و صنعت پنجر ه سازی به وقوع پیوست . سیستم های شیشه و پنجره با عملکرد عالی وبازدهی بالا در حال حاضر موجود ند که به طور چشمگیر و مؤثری مصرف انرژی را کاهش داده و از ورود منابع آلودگی صوتی و گرد وغبار به داخل ساختمان جلوگیری می نمایند. در این پنجره ها اتلاف حرارت و نشت هوا کمتر می باشد و سطوح این پنجره ها گرم تر می باشند که این امر موجب افزایش و بهبود راحتی شده و مشکل میعان را به حداقل می رساند. این پنجره ها با عملکرد بالاو عالی ، دو جداره یا سه جداره ، دارای فیلم ها وپوششهای شفاف مخصوص بوده با فضای میانی جداره های آنها توسط گازهای ویژه پر شده است و قابهای پیشرفته و اصلاح شده دارند، که تمام این ویژگیها سبب کاهش اتلاف حرارت از طریق پنجره ها شده و در نهایت انتقال حرارت را کاهش می دهند.

شکل ۱ـ نمونه‌ای از شیشه‌های با عملکرد عالی و بازدهی بالای انرژی

## تعریف

سیستمهای پنجره متشکل از صفحات شیشه ، قابهاو چارچوبهای ساختاری ، جدا کننده ها و درزبندها می باشند. در سالهای اخیر انواع مختلف شیشه ، پوشش و قابها جهت استفاده در سیستمهای پنجره به طور چشمگیری افزایش یافته اند بنابراین امکان انتخاب بهینه پنجره سازگار باشرایط متفاوت از محیطی به محیط دیگر وجود دارد.




شکل ۲ـ فاکتورهای مؤثر بر عملکرد پنجره

تعیین دقیق ویژگیهای سیستمهای شیشه و پنجره برای صرفه جویی در مصرف انرژی ، بازدهی انرژی ،آسایش و راحتی کلیه ساختمانها لازم وضروری است . در ساختمانهای مسکونی با بار سطحی ، طراحی بهینه پنجره و شیشه می تواند مصرف انرژی را از ۵۰ـ۱۰٪ کمتر از حد مقرر و مقدار عملی قابل قبول در اکثر شرایط آب وهوایی کاهش دهد. در ساختمانهای تجاری با بار داخلی ، صنعتی و مؤسساتی سیستمهای پنجره بندی ( سیستمهای ویژه روزنه ) از پتانسیل لازم برای کاهش هزینه های روشنایی ، نوردهی و سیستم حرارت دهی و تهویه هوا از ۴۰ـ۱۰٪ برخوردارند.

انتخاب شیشه وپنجره بایستی کاملا همه جانبه در نظر گرفته شود. بعد از توافق طراحان و سفارش دهنده در خصوص مسئله طراحی ، موضوعات و گزینه های زیر بایستی مدنظر قرار گیرد و ارزیابی گردد:

ـ بهره ، دریافت و اتلاف حرارت

ـ نیازمندیهای بصری (حریم ، نور ، منظره )

ـ کنترل سایه و نور خورشید

ـ آسایش حرارتی

ـ کنترل میعان

ـ کنترل اشعه ماوراء بنفش

ـ کنترل صوتی

ـ تأثیرات رنگ

ـ روشنایی و نور روز

ـ نیازمندیهای انرژی

و در نهایت انتخاب بهینه و مطلوب سیستمهای پنجره و شیشه به عوامل زیادی ازجمله نوع کاربری ساختمان، آب وهوای محلی ،میزان استفاده و کارآیی ، جهت و سمت قرارگرفتن ساختمان و میزان تسهیلات و امکانات رفاهی بستگی دارد.

## ۱ـ مشخص نمودن پنجره ها و شیشه ها

جهت تعریف و نشان دادن سیستم پنجره لازم است که خصوصیات و مشخصات زیر تعریف شود:

ـ ضریب انتقال حرارت پنجره

ـ ضریب بهره دهی انرژی گرمایی خورشیدی پنجره یا ضریب سایه

ـ عبور قابل رؤیت شیشه

در رابطه با مسائل مربوط به زیبایی و عملکردی ممکن است رنگها وپوششها نیز تعریف و مشخص شوند.

### ضریب انتقال حرارت

این ضریب نشان دهنده میزان جریان حرارت ناشی از هدایت ، جابجایی و تشعشع از طریق پنجره در نتیجه اختلاف دمای داخل و خارج می باشد. هرچه میزان این ضریب بیشتر باشد حرارت بیشتری از طریق پنجره در فصل زمستان منتقل (تلف) می شود.

واحد ضریب انتقال حرارت Btu/hr:fr2.0F می باشد.

ضرایب انتقال حرارت معمولا در رنج بیشتر از ۱/۳ (برای پنجره تک شیشه ای با قاب آلومینیوم نمونه ) تا مقداری پایین در حدود ۰/۲ (برای پنجره چند صفحه ای شیشه ای با بازدهی و عملکردبالابا پوششها و روکشهای با نشر کم و قابهای عایق شده) می باشد.
پنجره ای با ضرایب انتقال حرارت ۰/۶ تحت شرایط مشابه حرارتی دو برابر پنجره‌ای با ضریب انتقال حرارت ۰/۳ حرارت از دست خواهد داد.
مجموع ضرایب انتقال حرارت پنجره می تواند تا حد قابل توجهی از ضرایب حرارت در مرکز شیشه بیشتر باشد.

## ضریب بهره دهی انرژی گرمایی خورشیدی

این ضریب نشان می دهد که چه میزان از انرژی خورشید که به پنجره برخورد می کند از طریق آن به عنوان حرارت انتقال می یابد. هرچه ضریب بهره دهی انرژی گرمایی خورشیدی بیشترباشدپتانسیل بهره خورشیدی و دریافت آن از طریق پنجره بیشتر خواهد بود.
ضریب بهره دهی انرژی گرمایی خورشیدی نسبت بین صفر و ۱ می باشد. مقدار صفر به این معنی است که هیچ یک از دریافتهای نور خورشید از طریق پنجره به عنوان حرارت منتقل نمی شود و مقدار یک به این معنی می باشدکه همه انرژی خورشیدی تابشی از طریق پنجره به عنوان گرما منتقل می شود.
پنجره ای با ضریب بهره گرمایی خورشیدی ۰/۶ دارای بهره گرمای خورشیدی دو برابر پنجره ای با مقدار ۰/۳ می باشد. به طور معمول پنجره هایی با مقادیر کم ضریب بهره دهی انرژی گرمایی خورشیدی در ساختمانهای با بار تهویه مطبوع بالا مناسبترند، در حالیکه پنجره هایی با مقادیر زیاد ضریب بهره گرمای خورشیدی در ساختمانهایی مطلوب هستند که در آنها به حرارت خورشیدی غیر فعال نیاز می باشد. اصطلاح ضریب بهره دهی انرژی گرمایی خورشیدی عبارتی تقریبا جدیداست و قرار است جانشین اصطلاح ضریب سایه گردد.

## عبورقابل روئیت

انتقال وعبور قابل روئیت نشان دهنده درصد بخش قابل روئیت طیف خورشید است که از طریق یک محصول شیشه ای منتقل می شود.
نورخورشید یک شکل الکترومغناطیس از تبادل انرژی بین خورشید و زمین است که متشکل از طیفی از امواج الکترومغناطیس می باشدکه معمولا تحت عنوان اشعه ماوراء بنفش ، قابل روئیت و مادون قرمز طبقه بندی شده و در کل به نام طیف خورشیدی نامیده می شود. طول موج کوتاه اشعه ماوراء بفنش عمدتا با چشم عادی دیده نمی شوند اما عامل رنگ رفتگی الیاف پارچه ای و آسیب به پوست

محسوب می شود. نور قابل روئیت از آندسته طول موجهای ساخته شده است که توسط چشم انسان قابل ردیابی است این نور تقریبا شامل ۴۷٪ انرژی نور خورشید است طول موجهایی بلندتر اشعه مادون قرمز نیز غیر قابل روئیت بوده وشامل ۴۶٪ انرژی در نور خورشید می باشد در یک سیستم شیشه ای ، اصطلاح شاخص سردی که. به نام ضریب تاثیر نیز خوانده می شود نسبت انتقال قابل روئیت به ضریب سایه می باشد.

## رنگها و پوششها

خواص یک شیشه را می توان توسط رنگ زدن یا استفاده از روکشها و پوششهای گوناگون یا فیلم ها تغییر داد.

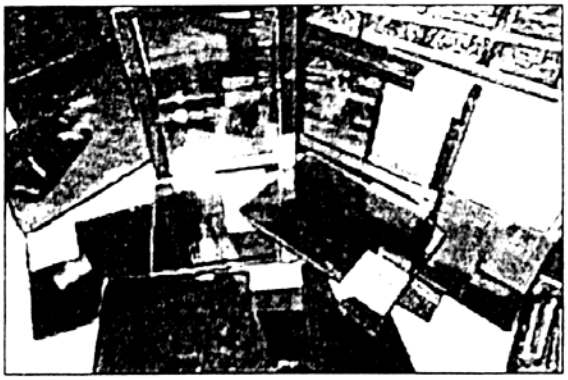
ـ رنگهای شیشه معمولا حاصل رنگدانه هایی است که هنگام تولید به شیشه اضافه می شود . بعضی رنگها نیز با چسباندن فیلم های رنگی به شیشه بعد از تولید به دست می آیند.

ـ رنگها معمولا به منظور زیبایی انتخاب می شوند. بعضی از رنگها نیز به کاهش دریافت و بهره نور خورشید کمک می کنند.

ـ روکش هایی به شکل اکسید های فلزی را نیز می توان در حین تولید شیشه به کاربرد. بعضی از این روکشها تحت عنوان کم انتشار به کاهش گرمای تابشی بین صفحات شیشه از طریق مسدود کردن بعضی یا کلیه طول موجهای اشعه مادون قرمز کمک می کنند . این روکشها تا حد زیادی می توانند از ضریب انتقال حرارت بکاهند.

ـ در تعیین رنگها و روکشها باید دقت شود زیرا کاربرد آنها می تواند تاثیر به سزایی در اتلاف و دریافت حرارت پنجره داشته باشد. انتخاب نابجا و غلط می تواند منتج به عملکردی کاملا نامطلوب و مخالف گردد.

ـ از نقطه نظر عملکردی ، تعیین ضریب انتقال حرارت پنجره ، ضریب بهر ه دهی انرژی گرمایی خورشیدی و عبور قابل رودئیت شیشه کافی است و نیازی به تعیین رنگها و روکشها نیست .



شکل ۴ ـ محصولات شیشه‌ای متنوع که امروزه در ساختمانها استفاده می‌شوند

www.me-en.com پایگاه اینترنتی آب و فاضلاب و انرژی (مهندسی مکانیک)

**بعضی توصیه ها در خصوص انتخاب رنگهاو شیشه ها عبارتند از :**

ـ در موارد عمومی ، ضرایب انتقال حرارت (۰/۴>) را برای کاربردهای مسکونی انتخاب کنید. حتی مقادیر کمتر در شرایط آب وهوایی بسیار گرم می تواند مطلوب باشد.

ـ هنگام تعریف عملکرد پنجره ها، دقت کنید مقادیر کلی عملکرد محصول را برای ضریب انتقال حرارت و ضریب بهره دهی انرژی گرمایی خورشیدی در نظر بگیرد. از کاربرد ضرایب انتقال حرارت تنهای شیشه باید خودداری شود.

ـ در شرایط آب وهوایی با بار تهویه مطبوع بسیار زیاد، پنجره هایی را بامقادیر کم ضریب بهره دهی انرژی گرمایی خورشیدی(۴ /۰>)انتخاب کنید.

ـ به طور کلی، عبور قابل روئیت بالای شیشه (۰/۷>) برای نور روز مطلوب است .

ـ برای ساختمان های تجاری در رابطه با استراتژی نور روز، مبادلات بین شیشه های استاندارد و شاخص سردی بالای شیشه (که از نظر طیفی انتخابی نامیده می شوند) را بررسی کنید. شیشه انتخاب طیفی دارای انتقال قابل روئیت نسبتا بالا وضریب بهره دهی گرمای خورشیدی نسبتا پایین است .

ـ معمولا بایستی پنجره هایی با ضریب بهره دهی انرژی گرمایی خورشیدی کم برای شیشه های شرقی وغربی به عنوان وسیله ای برای کنترل دریافت نور خورشید و افزایش راحتی ساکنین در نظر گرفته شود. برای ساختمانهای بزرگ تجاری وصنعتی ، از پنجره هایی با ضریب بهره دهی انرژی گرمایی خورشیدی کم در نمای شرق ، جنوب وغرب استفاده کنید. ضریب بهره دهی انرژی گرمایی خورشیدی در پنجره های شمالی برای بیشتر طول جغرافیایی قاره آمریکا چندان اهمیتی ندارد.

ـ برای ساختمانهایی که در آنها انرژی گرمایی خورشیدی غیرفعال مطلوب است ، لازم است که پنجره هایی جنوبی با مقادیر زیاد ضریب بهره دهی انرژی گرمایی خورشیدی همراه با ضریب انتقال حرارت پایین در نظر گرفته شود.

ـ پنجره ها را به دقت انتخاب کنید. انتخاب مناسب پنجره ها می تواند منجر به ایجاد متوسط دمای تابشی بیشتری در زمستان و کمتری در تابستان گردد و به راحتی ساکنین و بازدهی کار آنها بیفزاید. متوسط دمای تابشی نشانگر متوسط درجه حرارتی است که یک فرد از تبادل حرارت تابشی با محیط خود حس می کند.

## ۲ـ مشخصات نمونه شیشه ها

| نوع شیشه (محصول ) | ضخامت شیشه (اینچ ) | عبور قابل رویئت (درصدی از نور روز) | ضریب انتقال حرارت (زمستان ) | ضریب بهره دهی انرژی گرمایی خورشید |
|---|---|---|---|---|
| شیشه تک جداره | ۰/۲۵ | ۸۹ | ۱/۰۹ | ۰/۸۱ |
| شیشه عایق دو جداره | ۰/۲۵ | ۷۹ | ۰/۴۸ | ۰/۷۰ |
| شیشه عایق سه جداره | ۰/۱۲۵ | ۷۴ | ۰/۳۶ | ۰/۶۷ |
| شیشه دو جداره انتظار کم پیرولیت | ۰/۱۲۵ | ۷۵ | ۰/۳۳ | ۰/۷۱ |

www.me-en.com

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| شیشه دو جداره انتشار کم با روکش و پرشده با آرگون | ۰/۲۵ | ۷۳ | ۰/۲۶ | ۰/۵۷ |
| شیشه با انتشار کم و عملکرد بالا | ۰/۲۵ | ۷۰ | ۰/۲۹ | ۰/۳۷ |

## ۳ـ انواعی از سیستم های شیشه و پنجره

برخی از سیستمهای شیشه و پنجره عبارتند از :

پنجر ه های پر شده با گاز، گازهایی مانند آرگون و کریپتون غالبا بین صفحات شیشه و فضای میانی جداره ها تزریق می شوند تا از انتقال هدایتی و جابجایی گرما بکاهند و کارآیی آنها افزایش یابد. این گازهای کم هزینه از مقادیر ضریب انتقال حرارت بدون تاثیر بر ضریب سایه یا عبور قابل روئیت می کاهند.

فریتها ـ روکشهای سرامیکی پخته شده یا فریت را می توان برای سطح شیشه در شکلها ، رنگها و دانسیته های مختلف به کاربرد.

### شیشه ایمنی

### فیلمهای رتروفیت (اصطلاح ساختار)

شیشه های قابل تغییر نسل جدیدی از شیشه های دینامیک موجود می باشند که خواص نوری را از طریق تغییراتی در نور ، دمایا ولتاژ ، تغییر می دهند(فتوکرومیک، ترموکرومیک و الکتروکرومیک).

## ٤ـ توصیه ها و هشدارها

در رابطه با کاربرد و تعیین سیستم پنجره و شیشه بعضی از هشدارها عبارتند از:

ـ استفاده از پنجره هایی با عملکرد بالا می تواند تا حد زیادی از بار سرمایش و گرمایش کاشته و نیاز به گرم کردن محیطی در ساختمانهایی با بار داخلی را به علت تاثیر افزایش متوسط دمای تابشی حذف نماید و برروی آسایش ساکنین تاثیر مثبت داشته باشد.

ـ سیستمهای پنجره با ضریب نشر کم و روکشهای انتخاب طیف می توانند مانع از ضرررساندن طول موجهای مضر اشعه ماوراء بنفش گشته و بر عمر لوازم منزل بیفزایند.

ـ سیستم های مطلوب و بهینه پنجره بندی برای گرمایش غیرفعال در ساختمانهای مسکونی یا برای تامین نور روز در ساختمانهای تجاری / صنعتی موجب کاهش بارها می شوند.

ـ همواره مقادیر مجاز عملکرد کل انرژی محصول را مشخص کنید.

ـ کلیه روکش های باضریب نشر کم مشابه نیستند. اگر روکشهای انتخابی به عنوان یک استراتژی جهت افزایش عملکرد تعیین شده اند مطمئن شوید این روکشها به خوبی وبجا برای استفاده مورد نظر شما انتخاب شده است.

www.me-en.com پایگاه اینترنتی آب و آهن و آتش (مهندسی مکانیک)

ـ همواره به کنترل تابش به ویژه در کاربردهای تجاری وصنعتی توجه کنید. محدود کردن نسبتهای تقابل و فراهم کردن انتقال مرئی در محدوده دید به ویژه در کاربردهای نور روز حیاتی است.
ـ تا حد امکان سعی نمایید که میعان و بخار گرفتگی پنجر ه ها اتفاق نیفتد. میعان وقتی اتفاق می افتد که دمای سطح شیشه زیر نقطه شبنم هوای اتاق باشد که می تواند به پنجره ها و عناصر دیوار آسیب زده و مانع از دید شود.
ـ ساختمانهای تاریخی اغلب نیازمند ریزه کاریهای خاص بر روی پنجره ها می باشند . تمایل به دستیابی به دقت تاریخی می تواند گاهی با میل به تامین کارایی در تضاد افتد. خوشبختانه، چند شرکت در دنیا هم اکنون محصولاتی با عملکرد بالا ارائه می کنند که می توانند مشابه پنجره های تاریخی بوده در حالی که کارایی انرژی را نیز حفظ می کند.

## مطالعات تحقیقاتی

تعاونی توسعه تسهیلات و مؤسسه بهداشت روانی ایالات متحده اقدام به شناسایی و بهبود مدیریت انرژی نمودند. از میان چندین استراتژی ، این تیم بیشتراز ۳۰۰۰۰۰ دلار پنجره مؤثر بر صرفه جویی انرژی را نصب کردند. تا به امروز مؤسسه سالیانه ۱۰۰۰۰۰ دلار در هزینه انرژی صرفه جویی کرده است.
آزمایشگاه ملی آرگون، آرگون IL ، که تاییدیه شورای خانه سبز آمریکا را به دست آورده است دارای طرحی شامل بیش از ۱۵ نوع ماده ساختمانی است که بنا بر محتوی بازیافت ، تجدید پذیری یا انتشار کم انتخاب شده اند. به علاوه چندین ویژگی حفظ انرژی از قبیل پنجر ه های با عملکرد بالا برای نماهای غربی وشمالی موجب کاهش مصرف انرژی تا ۲۰٪ و کاهش مصرف گازطبیعی تا ۳۰٪ خواهد شد و تاثیر گازهای گلخانه ای ساختمان را تا ۵۵ تن در سال کاهش می دهد.

## منابع :

www.nfrc.org
www.aamanet.org

# Absrtact
# Windows and Glazing

Windows have long been used in buildings for daylighting and ventilation.many studies have even shown that heath, comfort and productivity are improved due to well-ventilated indoor environments and access to natural light. However, windows also represent a major source of unwanted heat loss, discomfort, and condensation problems. In1990alone, the energy used to offset unwanted heat losses and gains throught windows in residential and commercial buildings cost the United States $20 billion (one- fourth of the all energy used for space heating and cooling).

In recent year, windows have undergone a technological revolution. High Performance energy efficient window and glazing systems are now available that can dramatically cut energy consumption and pollution source: they have lower heat loss, less air leakage, and warmer windows surfaces that improve comfort and minimize condensation. These high performance windows feature double or triple glazing, specialized transparent coating, insulating gas transfer, thereby cutting the energy lost through windows.

This resource page convers basic concepts for specifying window and glazing systems particularly energy- efficicent windows.