

تأثیر نماهای شیشه‌ای دو جداره بر شرایط حرارتی داخل ساختمان*

دکتر محمد تقی رضایی حریری**
ریما فیاض***

چکیده:

نماهای تماماً شیشه از دوران معماران مدرن در بناها بکار گرفته شدند. در صورتی که در این قبیل نماها سایه بان مناسب پیش‌بینی نشده باشد، در اثر تابش آفتاب به درون طی اوقات گرم و معتدل سال، دمای داخل از حد آسایش خارج می‌شود و بر بار برودتی ساختمان افزوده می‌گردد. در اوقات سرد نیز به علت ضریب هدایت حرارتی زیاد نماهای شیشه‌ای، اتلاف حرارت به بیرون صورت می‌گیرد و بر بار گرمایش ساختمان می‌افزاید. در مقاله حاضر ضمن مقایسه وضعیت حرارتی یک دیوار آجری و دو جدار شیشه‌ای مختلف، تأثیر استفاده از نماهای شیشه‌ای بر دمای داخل مورد بررسی قرار گرفته است. به همین منظور به کمک یک دستگاه ثبت، وضعیت حرارتی یک نمای شیشه‌ای موجود مطالعه شده است. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از نماهای تماماً شیشه در اقلیم‌های آفتابی یا سرد مناسب نبوده، و طراحان در صورت تمایل به استفاده از نماهای مزبور باید جزئیات اجرایی خاصی را پیش‌بینی نمایند تا در مصرف انرژی صرفه‌جویی شود و شرایط آسایش حرارتی در فضای داخل تأمین گردد.

کلید واژه:

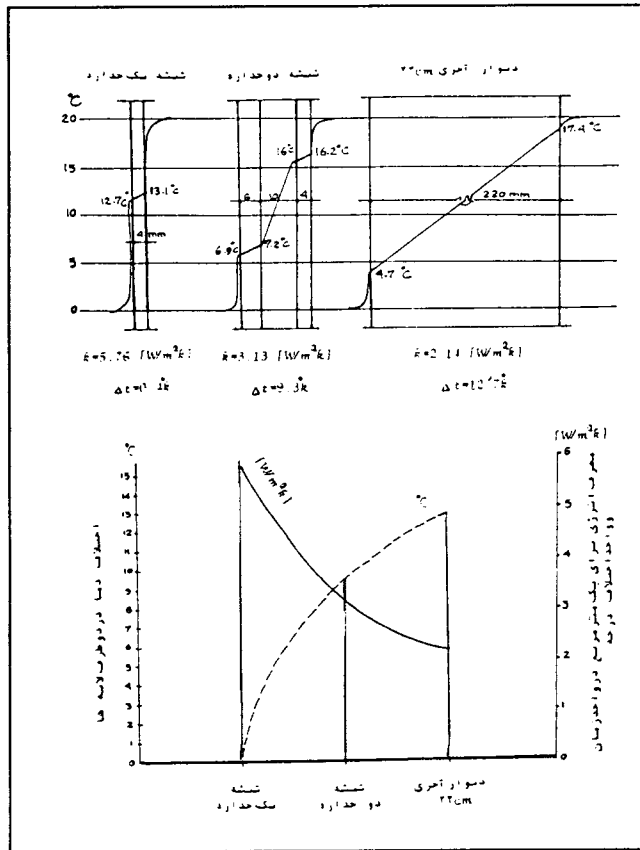
آسایش حرارتی، اقلیم، حرارت، ساختمان و شیشه دو جداره

* مقاله حاضر از سری مقالات برگرفته از طرح پژوهشی «کاربرد عناصر غیرفعال خورشیدی در بناهای بلند اقلیم گرم و خشک»، است که از طرف معاونت پژوهشی دانشگاه حمایت مالی شده است. بدینوسیله از معاونت و شورای محترم پژوهشی سپاسگزاری به عمل می‌آید.
** دانشیار گروه آموزشی معماری، دانشکده هنرهای زیبا - دانشگاه تهران.
*** دانشجوی دکترای معماری، دانشکده هنرهای زیبا - دانشگاه تهران.

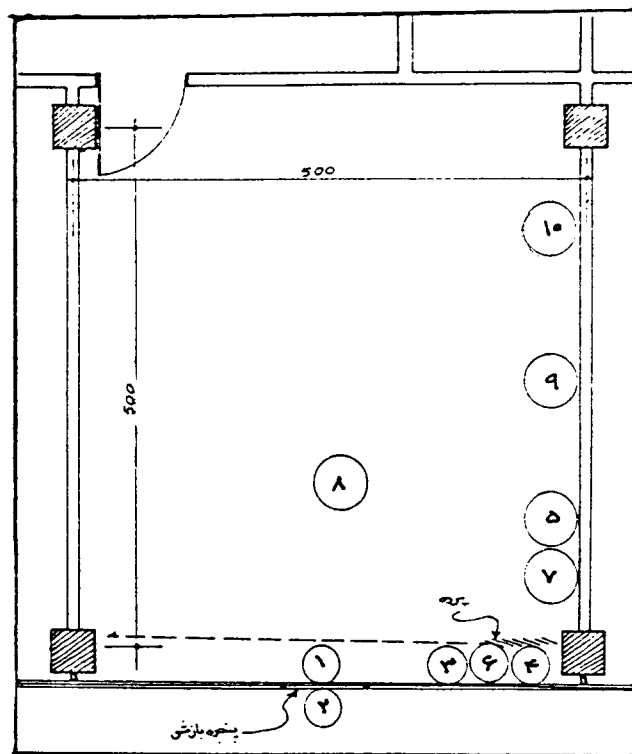
نماهای تماماً شیشه از دوران معماری مدرن به عنوان پوشش ساختمانها به کار رفتند. هدف از اجرای نماهای تماماً شیشه، کاهش بار مرده ساختمانهای بلند، سرعت بخشیدن به اجرا، تأمین دید یکپارچه از مناظر بیرون برای ساکنین داخل، ایجاد حسن ادغام محیط داخل و خارج، انجام احساس سبکی و ظرافت در ساختمان از دید یک ناظر شهری، و نمایش زندگی درون ساختمان از بیرون بدنبال روشن و خاموش شدن چراغهای داخلی در طول شبانه روز بود. اما نماهای تماماً شیشه به علت ضخامت کم و مقاومت هدایت حرارتی اندک، مشکلات حرارتی فراوانی را برای ساکنین فراهم می‌آورند.

نماهای تماماً شیشه در صورتی که سایبان خارجی مناسب برای آنها پیش‌بینی نشده باشد، در اوقات گرم و معتدل سال به علت تابش آفتاب به فضای داخل، سبب افزایش بیش از حد دمای داخل می‌شوند (over heat). همچنین به علت مقاومت هدایت حرارتی کم، دمای سطح نما در اوقات سرد نزدیک به دمای محیط خارج بوده و بدن افراد مستقر در نزدیکی نما از طریق تشعشع با نما تبادل حرارت کرده و ساکنین احساس عدم آسایش حرارتی خواهند نمود. به علاوه در اثر تبادل حرارت از طریق جابجایی بین هوای گرم داخل اتاق و سطح سرد شیشه، دمای داخل کاهش یافته و برای حفظ دما در حد آسایش، نیاز به مصرف زیاد انرژی خواهد بود. اگرچه اکنون انواع گوناگون شیشه‌هایی ساخته شده‌اند که جاذب حرارت بوده و از ورود تابش خورشید به داخل جلوگیری می‌کنند، و یا شیشه‌های دو جداره‌ای وجود دارند که مقاومت هدایت حرارتی بهتری نسبت به شیشه‌های یک جداره دارند، اما با این حال هنوز هم نماهای شیشه‌ای نسبت به سایر مصالح ساختمانی دارای ضریب هدایت حرارت زیاد بوده و باعث اتلاف حرارت زیاد می‌شوند.

در شکل (۱) ضریب هدایت حرارتی یک شیشه یک جداره، یک شیشه دو جداره، و یک دیوار آجری به ضخامت ۲۲ cm با



شکل ۱. ضریب هدایت حرارتی و نوسان دما در شیشه یک جداره، شیشه دو جداره و دیوار آجری ۲۲ cm بدون در نظر گرفتن اثر تابش خورشید.



شکل ۲. محل نصب سنسورها

یکدیگر مقایسه شده‌اند. با فرض اینکه دمای خارج صفر درجه باشد و دمای داخل در حد 20°C حفظ شود، مقدار نوسان، در داخل و سطوح عناصر نامبرده نشان داده شده است. همانطور که در شکل مزبور مشاهده می‌شود هرچه ضریب هدایت حرارتی عنصری کاهش یابد، اختلاف دمای سطوح طرفین عنصر افزایش می‌یابد. اختلاف دمای سطوح طرفین دیوار آجری $12/7^{\circ}\text{C}$ ، شیشه دو جداره $9/3^{\circ}\text{C}$ و شیشه یک جداره $0/4^{\circ}\text{C}$ است. بنابراین اگر برای گرم کردن فضای داخل، انرژی مصرف نشود، دمای سطوح داخلی $0/4^{\circ}\text{C}$ برای شیشه یک جداره، برای شیشه دو جداره $9/3^{\circ}\text{C}$ و برای دیوار آجری $12/7^{\circ}\text{C}$ خواهد بود. به این ترتیب مشاهده می‌شود که شیشه دو جداره علیرغم داشتن وضعیت حرارتی بهتر نسبت به شیشه یک جداره، از نظر تأمین شرایط حرارتی برای فضای داخل مناسب نیست.

برای مطالعه اثر نمای شیشه‌ای بر شرایط حرارتی داخل، ساختمان بلندی با ۱۴ طبقه ارتفاع و دارای نمای تماماً شیشه انتخاب شد. نمای شیشه‌ای دارای دو جدار شیشه به ضخامت 4 mm در طرف داخل و 6 mm در طرف خارج است. بین دو جدار شیشه‌ای 1 cm لایه هوا وجود دارد. قاب نگهدارنده شیشه‌ها از پروفیل آلومینیوم است و ضریب هدایت حرارتی متوسط تمامی شیشه $k = 3.13\text{ [W/m}^2\text{k]}$ است. برای اندازه‌گیری دمای فضای داخل، یک دستگاه ثابت دیجیتالی طراحی و ساخته شد. دستگاه مزبور در اتاق جنوبی آپارتمانی واقع در طبقه هشتم ساختمان ۱۴ طبقه قرار داده شد. ۱۰ سنسور در نقاط مختلف اتاق نصب شدند (شکل ۲)، محل نصب سنسورها به ترتیب شماره هر کدام به شرح زیر است:

۱. سنسورها^(۱) به ترتیب شماره گذاری به شرح زیر است. (شکل ۲)
۱. روی نمای شیشه‌ای از داخل.
۲. روی نمای شیشه‌ای از خارج.
۳. بین پرده و شیشه.
۴. در فاصله 20 cm از پرده و در ارتفاع 145 cm از کف تمام شده.
۵. روی کف تمام شده.
۶. روی پرده به سمت شیشه (با فاصله

تقریبی 25 cm از شیشه و ارتفاع 145 cm از کف تمام شده).

۷. روی دیوار در فاصله $1/20\text{ m}$ از شیشه و در ارتفاع 145 cm از کف تمام شده.
۸. در ارتفاع $1/90\text{ m}$ از کف اتاق و با فاصله تقریبی $1/5\text{ m}$ از نمای شیشه‌ای.
۹. روی دیوار شرقی در وسط اتاق و در ارتفاع 15 m از کف تمام شده.

۱۰. روی دیوار شرقی نزدیک به انتهای اتاق و در ارتفاع $1/5\text{ m}$ از کف تمام شده.

دستگاه ثابت به مدت یک هفته و برای هر نیم ساعت دمای نقاط نامبرده را ثبت کرد. زمان اندازه‌گیری از ۲۲ فروردین ۷۸ تا ۲۹ فروردین ۷۸ به مدت یک هفته بود. در طول هفته کارمندان از ساعت ۹ صبح وارد اتاق شده و در ساعت ۳ بعد از ظهر اتاق را ترک می‌کردند. تنها پنجره بازشوی اتاق از ساعت ۸ صبح تا ۴ بعد از ظهر باز بود و در تمام هفته حداکثر دمای خارج 23°C تا 21°C بوده و در حد آسایش قرار داشت. در نمودارهای ۱ تا ۶ میزان نوسان دمای نقاط مختلف به خوبی مشهود است. الگوی نوسان دما در تمام هفته تقریباً مشابه است به این معنی که سنسور شماره ۸ همواره بیشترین دما را داشته است. به عبارت دیگر گرمترین نقطه اتاق در ارتفاع $1/90\text{ m}$ از کف به بالا بوده است. کمترین میزان دما مربوط به سنسور شماره ۲ می‌باشد که دمای هوای خارج را بدون اثر تابش خورشید نمایش می‌دهد. اختلاف بین دمای دو سنسور اخیر در طول هفته اندازه‌گیری، نزدیک به 10°C بود. یعنی اگر چه دمای بیرون در حد آسایش قرار داشت اما دمای اتاق در ارتفاع $1/90\text{ m}$ از حد آسایش خارج شده و حتی به 30°C نیز رسیده است. پس از سنسور شماره ۸، سنسورهای ۷، ۹ و ۱۰ با 23°C تا 21°C اختلاف نسبت به سنسور ۸ بالاترین دما را نشان داده‌اند. در واقع دمای اتاق با فاصله گرفتن از شیشه تقریباً یک‌نواخت‌تر شده و نوسان کمتری را در طول روز دارا است، اما همواره از دمای بیرون از حد 7°C بیشتر است. یعنی طی روزهای اندازه‌گیری، در مواقعی از روز دمای داخل از حد آسایش خارج می‌شود. سنسورهای ۱، ۳، ۴، ۵ و ۶ از دمای خارج در حد 5°C بیشتر بوده و میزان نوسان دمای شبانه روزی در این محلها نزدیک به دمای

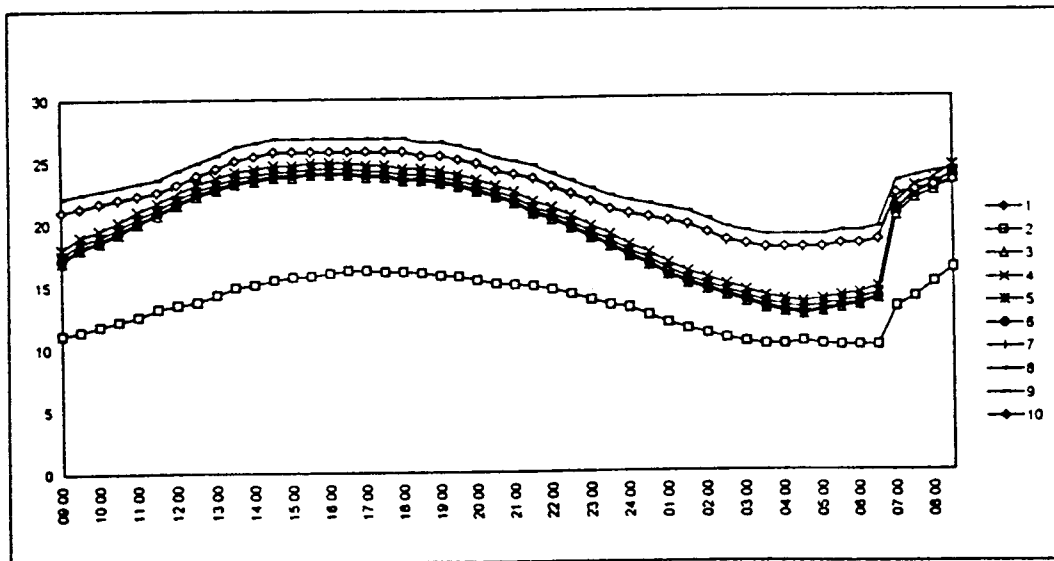
خارج است.

بنابراین همانطور که از نمودارها استنباط می‌شود، وجود نماهایی تماماً شیشه باعث می‌شود تا فاصله تقریباً 30 cm از نمای مزبور، نوسان دمای داخل مشابه نوسان دمای خارج، و اختلاف دمای داخل و خارج (در زمان اندازه‌گیری) در حد $5-4^{\circ}\text{C}$ باشد، همین امر در اوقات بسیار گرم و یا بسیار سرد سال می‌تواند عدم آسایش حرارتی ایجاد نماید. به عنوان مثال در گرمترین روز سال، بدون احتساب اثر تابش خورشید، دمای شیشه $31/5^{\circ}\text{C}$ و در سردترین روز سال 5°C خواهد شد. با فاصله گرفتن از نمای شیشه‌ای میزان نوسان دما کاهش می‌یابد. اما در طول شبانه روز مقدار نوسان در فاصله مزبور تا 5°C نیز می‌رسد.

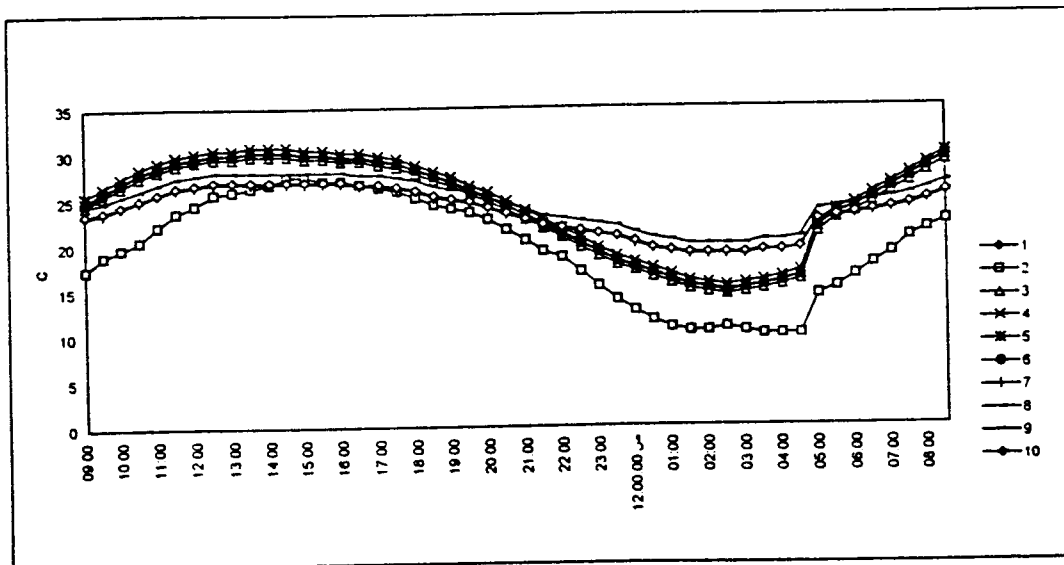
با توجه به این بررسی روشن می‌شود که نماهای تماماً شیشه حتی اگر به صورت دو جداره اجرا شوند، باعث نوسان زیاد دما در فضای داخل شده و در فاصله نزدیک به شیشه بسیار تابع شرایط دمای خارج هستند. یعنی در اوقات سرد، جدار شیشه‌ای سرد شده، و در اوقات گرم در اثر تابش خورشید افزایش دما پیدا می‌کنند، و باعث ایجاد شرایط حرارتی ناراحت کننده برای ساکنین می‌شوند. زیرا تابش خورشید پس از ورود به فضای داخل و تبدیل به امواج با طول موج بلند نمی‌تواند از شیشه خارج شده. در فضای داخل محبوس می‌شود و دمای داخل افزایش می‌یابد (اثر گلخانه‌ای)، بنابراین توصیه می‌شود با توجه به کیفیت شیشه‌های موجود و ضرایب هدایت حرارتی آنها، در اقلیم‌های سرد یا گرم از نماهای تماماً شیشه استفاده نشود و سطح شیشه‌ها به حداقل مورد نیاز برای تأمین روشنایی و دید و منظر کاهش یابد. وجود نماهای تماماً شیشه به علت اتلاف حرارت زیاد، باعث مصرف زیاد انرژی جهت تأمین گرمایش و سرمایش و لاجرم آلودگی بیشتر هوا می‌گردد. در صورتی که لازم باشد از نظر زیبایی نمای ساختمانهای بلند با شیشه اجرا شود. باید در فاصله حداقل 30 cm از نمای مزبور از دیوارهای سبک با عایق حرارت کافی استفاده گردد. برای اینکه هوای بین نمای شیشه‌ای و نمای داخل، در اثر تابش خورشید بیش از حد گرم نشود، با تعبیه دریچه‌هایی هوای مزبور به خارج تخلیه گردد.

پی نوشتها:

۱. در تمام موارد از تابش آفتاب بر روی سنسورها
ممانعت بعمل آمد و دمای اندازه گیری شده دمای
هوا در همان نقطه است.



نمودار ۱. نوسان دمای روزانه در ۲۲ فروردین



نمودار ۲. نوسان دمای روزانه در ۲۳ فروردین