Archive of SID
DOI: 10.30495/HOVIATSHAHR.2021.16498

صفحات ۱۴-۵

بهینه‌سازی پارامترهای مؤثر بر کارایی انرژی پنجره‌های دوجداره در اقلیم گرم و خشک
(مطالعه موردی: جبهه جنوبی ساختمان اداری در شهر تهران)

دکتر پیمان پیله‌چی‌ها*، مهندس محسن بیات**، مهندس مریم قاسمی نسب***

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۸/۱۲

چکیده

حدود ۳۲درصد انرژی در دنیا در ساختمان‌ها مصرف می‌شود. در میان راهکارهای متنوع برای کاهش این میزان مصرف، انتخاب انواع مناسب پنجره‌ها در پوسته ساختمان‌ها می‌تواند نقش مهمی در بهره‌وری انرژی آن‌ها داشته باشد. به دلیل تابش مستمر خورشیدی به جبهه جنوبی، در این مطالعه، تأثیر پارامترهای مختلف پنجره دوجداره همچون نوع شیشه و همچنین گاز پرکننده بین دوجداره شیشه با چهار فاصله هوایی مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش بیان یافته‌ها و تحلیل آن‌ها به‌صورت قیاسی بوده که در قالب نمودار ارائه گردیده است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند که استفاده از شیشه انعکاسی با گاز زنون و فاصلهٔ هوایی ۸ میلی‌متری حداکثر صرفه‌جویی انرژی را به میزان ۱۴/۹۹درصد در قیاس با مدل مرجع برای جبهه جنوب فراهم می‌کند. نتایج نشان می‌دهند انتخاب شیشه جاذب و کم گسیل حتی در بهترین شرایط انتخاب مناسبی برای شهر تهران نیست زیرا نسبت به مدل مرجع به ترتیب به میزان ۰/۵۳ و ۳/۷۹درصد باعث افزایش مصرف انرژی می‌شوند.

واژه‌های کلیدی

مصرف انرژی، نوع شیشه، گاز بین دوجداره، فاصله هوایی.

* استادیار، گروه معماری، موسسه آموزش عالی کوثر، قزوین، ایران.(مسئول مکاتبات) Email: p.pilechiha@modares.ac.ir
** دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه معماری، موسسه آموزش عالی کوثر، قزوین، ایران. Email:Mohsen.b7249@yahoo.com
*** دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
Email: m.ghaseminasab@gmail.com

مقاله پژوهشی- کاربردی
© 2021 IAU
ISSN 17359562

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

انسان‌ها از گذشته در ساختمان‌های خود دنبال راهی بوده‌اند تا هم‌زمان بتوانند نور طبیعی و هوای گرم را داخل بنا حفظ کند. نیاز به مصالحی داشته‌اند که مانع ورود یا خروج گرما از بنا شود، از ورود گردوغبار و حشرات جلوگیری کرده و هم‌زمان نور طبیعی موردنیاز ساختمان را تأمین کند (نمازیان و سپهری، ۱۳۹۴). این نیازها سبب استفاده بشر از شیشه در سکونتگاه‌هایش شده است. قبل از دستیابی به جام شیشه، این نیاز با مصالح شفاف دیگر پاسخ داده می‌شد. استفاده از ورق‌های نازک سنگ مرمر، میکا و پوست حیوانات در روم باستان، کاغذ برنج در چین و ژاپن، سنگ‌های شفاف رنگی در مصر و سوریه نمونه‌ای از تلاش‌ها برای پاسخ به این نیاز است (همان).

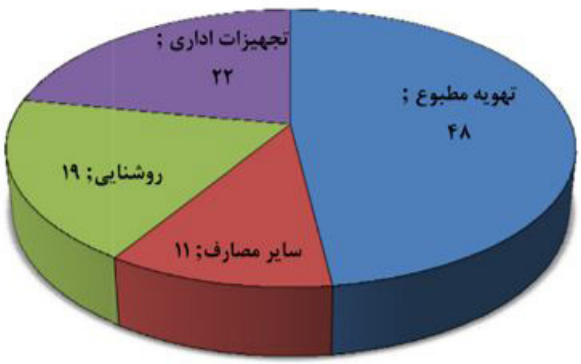
با رشد جمعیت و پیشرفت صنعت، جلوگیری از هدررفت انرژی و صرفه‌جویی آن‌یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های کشورهای جهان قلمداد شده است. در دهه ۱۹۶۰ مصرف انرژی مسئلهٔ مهمی نبوده است. برای مثال، رایج‌ترین تجهیزات تهویه مطبوع برای ساختمان‌های بزرگ، سامانه باز گرمایش با دستگاه‌های انتهایی بود که دران هوا تا پایین‌ترین سطح موردنیاز در هر فضا خنک می‌گشت و سپس در صورت لزوم برای برطرف ساختن نیاز فضاهای دیگر دوباره گرم می‌شد بدین ترتیب استفاده دوباره از انرژی موضوع مهمی محسوب نمی‌شده است (Lechner, 2014)؛ اما در حدود سال ۱۹۷۰ با بروز بحران انرژی و افزایش تقاضای منابع انرژی، جلوگیری از هدررفت انرژی اهمیت بیشتری پیدا کرد (خدا کرمی و قبادی، ۱۳۹۵).

امروزه مصرف انرژی در ساختمان‌ها در ایالات متحده حدود ۳۵ درصد (Lechner, 2014)؛ در ژاپن ۳۱ درصد (خداکرمی و قبادی، ۱۳۹۵) و در ایران و کشورهای درحال‌توسعه بیش از ۴۰ درصد از کل مصرف انرژی را شامل می‌شود (Alghoul & Hatab, 2016).

همه آمار، ارقام، اخبار و تحلیل‌های مختلف به‌وضوح نشان می‌دهند که مصرف انرژی در کشور ما به طور هنگفتی بالاتر از استانداردهای جهانی است (ابراهیم پور و محمد کاری، ۱۳۹۰)؛ یعنی چیزی حدود ۵ برابر (خداکرمی و قبادی، ۱۳۹۵) که این امر کشور را به سمت بروز مشکلات و معضلات ملی پیش می‌برد (کارگر شریف‌آباد و جلیلیان، ۱۳۹۵)؛ بنابراین، صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها یک هدف مهم در راستای تحقق اصول زیست‌محیطی و توسعه پایدار است (Alhgoul & Alrijabo, 2016).

بخش عمده‌ای از مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری مطابق با شکل ۱ مربوط به نورپردازی و گرمایش و سرمایش فضا است (سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)، ۱۳۹۲). عملکرد انرژی یک ساختمان، به ساختار آن ساختمان بستگی دارد ازجمله پنجره‌ها که مسئول حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد از افت انرژی از کل انرژی مصرف‌شده در ساختمان‌ها هستند (Hee et al., 2015). برای کاهش انتقال حرارت پنجره‌ها لازم است از طرفی با بهره‌گیری از شیشه‌های چند جداره پرشده با گازهای خاص، انتقال حرارت از بخش نور گذر پنجره به حداقل رسانده شود (آب‌روش و همکاران، ۱۳۹۱) از طرف دیگر فاصله بین شیشه‌ها اندازه بهینه‌ای در نظر گرفته شود؛ بنابراین، نوع شیشه پنجره و گاز بین شیشه‌ها و جهت آن جزو پارامترهای حیاتی هستند که می‌توانند بر عملکرد ساختمان تا حد قابل‌توجهی تأثیر بگذارند.

هدف این پژوهش آن است که با تلاش بیشتر در راستای وضع قوانین، استانداردها یا آن دسته از همبستگی‌ها است که طراحی و انتخاب پنجره‌ها را ساده می‌سازند. این پژوهش در راستای پاسخگویی به این سوالات است که مناسب‌ترین ترکیب در پنجره دوجداره در هر اقلیم و جهت آن برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی موردنیاز گرمایش و سرمایش و مصرف انرژی کل، در تمام سال کدام است؟



شکل ۱. ترازنامه انرژی در یک ساختمان اداری نمونه. (مأخذ: سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)،۱۳۹۲)

www.SID.ir

Archive of SID

پیشینه پژوهش

پس از مقدمه‌ای که ارائه شد، پیشـــینهٔ تحقیق و مهم‌ترین مطالعات انجام‌شـــدهٔ داخلی و خارجـــی دررابطه‌با پارامترهای مؤثـــر بر پنجره دوجداره جهت صرفه‌جویی انرژی مورد بررســـی قرارگرفتن است. در مورد خصوص مصرف انرژی در پنجره‌ها تحقیقات زیادی انجام‌شده که در جدول ۱ این قسمت به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود.

باوجود تحقیقات انجام‌شـــده در این زمینه، همچنان کمبود اطلاعات پژوهشی در ادبیات تحقیقاتی این موضوع مشاهده می‌شود.

روش پژوهش

در پژوهش حاضر، یک اتاق اداری با تک پنجره‌ای با شیشـــه معمولی در جبهه جنوبی شبیه‌سازی‌شـــده و مؤلفه‌های منتخب مؤثر بر مصرف انـــرژی یک پنجـــره به‌عنوان متغیرهـــای پژوهش مـــورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. این متغیرها شـــامل گاز بین شیشـــه‌ها، فاصله بین شیشه‌ها و جنس شیشـــه‌ها هســـتند. در مدل پژوهش، تمامی جداره‌های اتاق، غیر از جداره پنجره‌دار، بی‌دررو در نظر گرفته‌شـــده‌اند و نسبت پنجره به دیوار در مدل اشاره‌شـــده بر اســـاس پژوهـــش مهدوی‌نژاد و مطور (Mahdavinejad et al., 2012, 35) درصد لحاظ شده است. سایر مدل‌ها که در این پژوهش با مدل مرجع قیاس شـــده‌اند ازنظر متریال و رنگ در ســـاختمان‌های نوین تهران رایج بـــوده و در بازار موجودند. در این مقایســـه جنس شیشه‌ها، گاز بین شیشـــه‌ها و فاصله هوایی از پارامترهای پژوهش هستند. نرم‌افزار شبیه‌سازی انرژی پلاس[1] نسخه ۸,۷,۰ جهت محاســـبه بار سرمایشی و گرمایشـــی موردنیاز و مصرف انرژی برای اتاق اداری مذکور مورداســـتفاده قرار گرفته اســـت. برای این منظور شبیه‌ســـازی هندســـی مدل در نرم‌افزار اسکچاپ[2] نسخه ۲۰۱۶ صورت گرفته‌شده است و ســـپس، با استفاده از نرم‌افزار واسط اپن‌اســـتدیو[3] نســـخه ۲.۸.۱ مدل تکمیل‌شـــده به انـــرژی پلاس برده شده اســـت تا شبیه‌سازی انرژی سالیانه انجام شـــود. درنهایت، نتایج به‌دســـت‌آمده با استفاده از نرم‌افزار مایکروسافت اکسل[4] بررسی و مورد تجزیه‌وتحلیل گرافیکی قرار گرفتند.

مدل پایه پژوهش

مدل پژوهش در شـــهر تهران[5] (کســـمایی، ۲۴۵،۱۳۹۲) واقع‌شده اســـت. داده‌های جوی مورداستفاده در شبیه‌سازی از طریق وب‌سایت

جدول ۱. پیشینه پژوهش

نویسندگان و سال نشر	خلاصه‌ای از پژوهش
سرگزی و همکاران، ۱۳۹۴	بررسی انتقال حرارت توسط تشعشع، جابه‌جایی و هدایت برای پنجره‌های معمولی با شیشه‌های تک‌لایه و پنجره‌های دوجداره پرداختند که نتایج آن حاکی از کاهش ۴۲ درصدی اتلاف انرژی در صورت استفاده از پنجره‌های دوجداره بود. این پژوهش در ادامه به بهینه‌سازی پارامترهای پنجره‌های دوجداره به روش عددی برای دستیابی به عملکرد بهینه این پنجره‌ها پرداخته است.
Hee et al., 2015	انواع پنجره جایگزین توسط محققین متعددی موردمطالعه قرار گرفته است. این نتیجه‌گیری‌ها را می‌توان از نتایج آن تحقیقات به دست آورد: (۱) مکان‌های مختلف در جهان و جهت‌های متفاوت مستلزم انواع مختلف پنجره هستند، (۲) تأثیر تغییر نوع پنجره بر بارهای گرمایشی و سرمایشی به شیوه‌های مختلف برای مکان‌ها دیده می‌شود. بااین‌حال، این دو بحث مورد تحلیل توسط هی همچنان مستلزم تحقیقات جامع است. اولین محدودیت فقدان آن، تأثیر کمّی است که فناوری شیشه بر روی صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها دارد و مورد دوم فقدان تکمیل اطلاعات موارد مطالعاتی در ادبیات تحقیقاتی این موضوع است.
Alhgoul & Alrijabo, 2016	اندازه، جهت و نوع پنجره همچنان جزو موارد موردبحث در مطالعات بوده و مستلزم تلاش بیشتر در راستای وضع قوانین، استانداردها یا آن دسته از همبستگی‌ها است که طراحی و انتخاب پنجره‌ها را ساده می‌سازد.
Karlsson & Roos, 2004	بررسی گزینه‌های بهینه بازشو پرداخته‌اند. در این پژوهش نوع شیشه و ضریب انتقال حرارت ثابت قاب برای اقلیم‌های مختلف اروپا، نوع ساختمان و جهت آن‌ها باهم مقایسه شده است. درنهایت مدل ساده خطی‌ای برای شبیه‌سازی ساختمان‌ها و بازشو در منطقه موردمطالعه ارائه گشته است.
Fang, 2001	ضریب انتقال حرارت پنجره با پرده پارچه‌ای را با استفاده از نوعی هات باکس در آزمایشگاهی در چین محاسبه کرد و از روی نتایج آزمایش‌ها چند رابطهٔ تجربی را برای پنجره یک‌لایه و دولایه استخراج و سپس با استفاده از چند ضریب، تأثیر درنظرنگرفتن قاب را نیز در معادلات به‌دست‌آمده اضافه نمود.
Arasteh, 1995	تحقیق آن در مورد پیشرفت در فناوری پنجره در سال‌های ۱۹۷۳- ۱۹۹۳ بود.
Baetens et al., 2010 Jelle et al., 2012	تحقیق خود را بر روی پنجره‌های هوشمند متمرکز می‌کنند تا نور روز تابستانی و کنترل انرژی خورشیدی در ساختمان‌ها به دست آیند.

www.SID.ir

Archive of SID

انرژی پلاس (EnergyPlus, 2016) برای شـــهر تهران[۶] به دســـت آمدند. اتـــاق مذکور ابعادی برابـــر ۴*۴*۲/۳ متـــر دارد و دیوارهای جانبی، آجری به ضخامت ۲۲ ســـانتیمتر در نظر گرفته‌شـــده‌اند که از بیرون به داخل شـــامل ۵/۲ سانتیمتر ماسه و سیمان، ۵/۱۷ سانتیمتر آجر و ۲ ســـانتیمتر گچوخاک اســـت. این نوع ساختار دیوار معمولاً در ساختمان‌های اداری تهران مورداستفاده قرار گرفته است.

در این مطالعه یک پنجره دوجداره شفاف با فاصلهٔ هوایی ۳ میلی‌متر پرشـــده از هوا به‌عنوان مدل مرجع پژوهش انتخاب‌شده است. تمامی آلترناتیوها دوجداره بوده‌اند و برای هر دوجداره از یک جنس یکســـان استفاده‌شده اســـت. متغیرهای پژوهش شامل دو شیشه ۶ میلی‌متری معمولـــی[۷]، کم گســـیل[۸]، آبی[۹]، انعکاســـی[۱۰]، جـــاذب[۱۱] و طیفی[۱۲] با فاصله‌هـــای هوایـــی ۳ و ۶ و ۸ و ۱۳ میلی‌متری و پرشـــده با گازهای مختلـــف آرگون، کریپتون، زنون و هوا هســـتند که در جدول ۲ آمده اســـت و که با مدل مرجع مقایسه شده‌اند. اطلاعات سیستم گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع مدل در جدول ۳ ارائه‌شده است.

یافته‌های پژوهش

با بررسی پیشینه تحقیق مطالعاتی که در این زمینه انجام شده می‌توان یافـــت که یکی از خلاهای این موضوع پژوهش انتخاب بهینه‌ترین نوع پنجره از نظر پارامترهایی همچون جنس شیشه، نوع گاز و فاصله بین شیشـــه ها به‌ویژه برای شهر تهران اســـت. باتوجه‌به جمعیت و وسعت بالای این شـــهر اهمیت انتخاب بهینه‌ترین پنجـــره در کاهش اتلاف انرژی اهمیت به ســـزایی داشـــته که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در این پژوهش بیان یافته‌ها و تحلیل آن‌ها به‌صورت قیاسی بـــوده که در قالب نمودار ارائه گردیده اســـت. ابتـــدا مصرف انرژی در مدل پایه پژوهش ارائه‌شده است و پس‌ازآن به تفکیک گونه متغیرهای پژوهش، مدل‌ها باهم و با مدل پایه مقایســـه شده‌اند. درنهایت بهترین مدل‌ها شناسایی و اعلام شدند.

مدل پایه

همان‌طور که در بخش روش‌شناسی پژوهش ذکر شد، مدل مرجع در شبیه‌ســـازی این پژوهش، پنجره‌ای دوجداره با شیشه‌های معمولی و فاصله هوایی سه میلی‌متری پرشده از هوا انتخاب‌شده است که یکی از متداول‌ترین و رایج‌ترین پنجره‌های مورداستفاده در شهر تهران است. این پنجره در جبهه جنوبی فرض شـــده است که بهترین و رایج‌ترین جبهه برای تأمین نور و قراردادن پنجره در اقلیم ایران و تهران اســـت. مصرف انرژی در این مدل برابر با ۲۰۱,۷۳ کیلووات‌ساعت بر مترمربع به‌دست‌آمده است.

جدول۲. متغیرهای پژوهش

متغیرهای پژوهش	
جنس شیشه	معمولی
	کم گسیل
	آبی
	انعکاسی
	جاذب
	طیفی
فاصله‌های هوایی	۳ میلی‌متری
	۶ میلی‌متری
	۸ میلی‌متری
	۱۳ میلی‌متری
گاز بین شیشه	آرگون
	کریپتون
	زنون
	هوا

www.SID.ir

Archive of SID

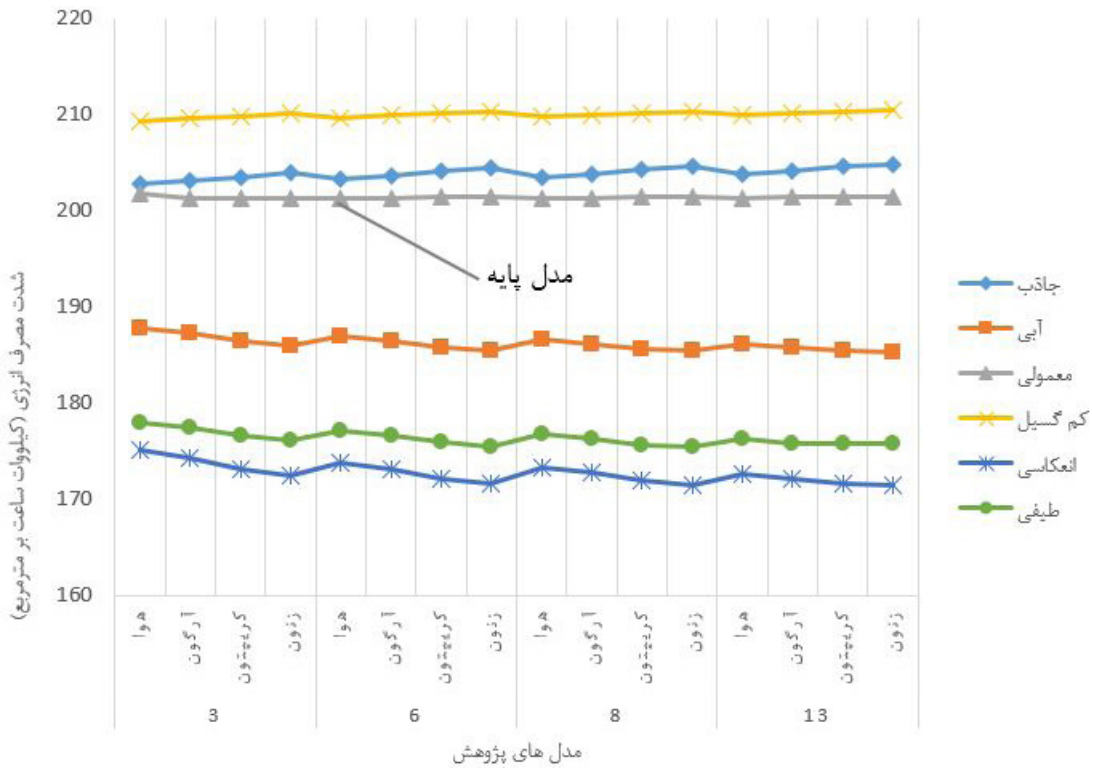
جدول ۳. پارامترهای شبیه‌سازی سیستم گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع استفاده‌شده در پژوهش.

پارامتر	مقدار
سیستم تهویه مطبوع	ایده‌آل
تراکم اشغال فضا	یک شخص
ست پوینت گرمایشی	21°C (07:00_19:00), 15.6°C(بقیه روز)
ست پوینت سرمایشی	24°C (07:00_19:00), 26.7°C(بقیه روز)
توان مصرفی نورپردازی مصنوعی	10.76 W/m^2
توان مصرفی تجهیزات	6.92 W/m^2
نرخ تعویض هوا در ساعت	1/hr
نرخ نفوذ جریان هوا	0.3 L/s-m^2
نرخ تهویه	6.44 L/s-person
درصد حرارت محسوس بار سرمایشی	0.7

جنس شیشه

شکل شماره ۲ نشان‌دهنده تغییر جنس شیشه در مدل مرجع از شیشه معمولی به سایر شیشه‌ها با تغییر فاکتور گاز در فاصله هوایی‌های موردپژوهی است. در میان مدل‌های مورد بررسی، شیشه کم گسیل (رنگ زرد) و شیشه جاذب (رنگ آبی) به ترتیب بیشترین افزایش مصرف انرژی را نسبت به شیشه معمولی (مدل مرجع) با ۴,۳ و ۱,۶ درصد دارد و به‌علاوه انرژی کاراترین شیشهٔ پنجره برای مدل پژوهش، نوع انعکاسی (رنگ آبی تیره) و سپس نوع طیفی (رنگ سبز) با کاهش میزان مصرف انرژی به ترتیب به میزان ۱۵ و ۱۳ درصد است.

مقایسه مدل‌ها در شکل ۲ نشان می‌دهد که افزایش فاصله هوایی تغییر محسوسی در شدت میزان مصرف انرژی در شیشه‌هایی با جنس



شکل ۲. مقایسه مدل های مورد مطالعه با تمرکز بر جنس شیشه ها

www.SID.ir

Archive of SID

یکسان اتفاق نمی‌افتد. اگرچه این تغییرات در فاصله هوایی ثابت برای گازهای هوا، آرگون، کریپتون و زنون هم محسوس نیست اما هرچه در این مدل‌ها مصرف انرژی در ساختمان‌ها کمتر باشد، میزان این تغییرات بیشتر است.

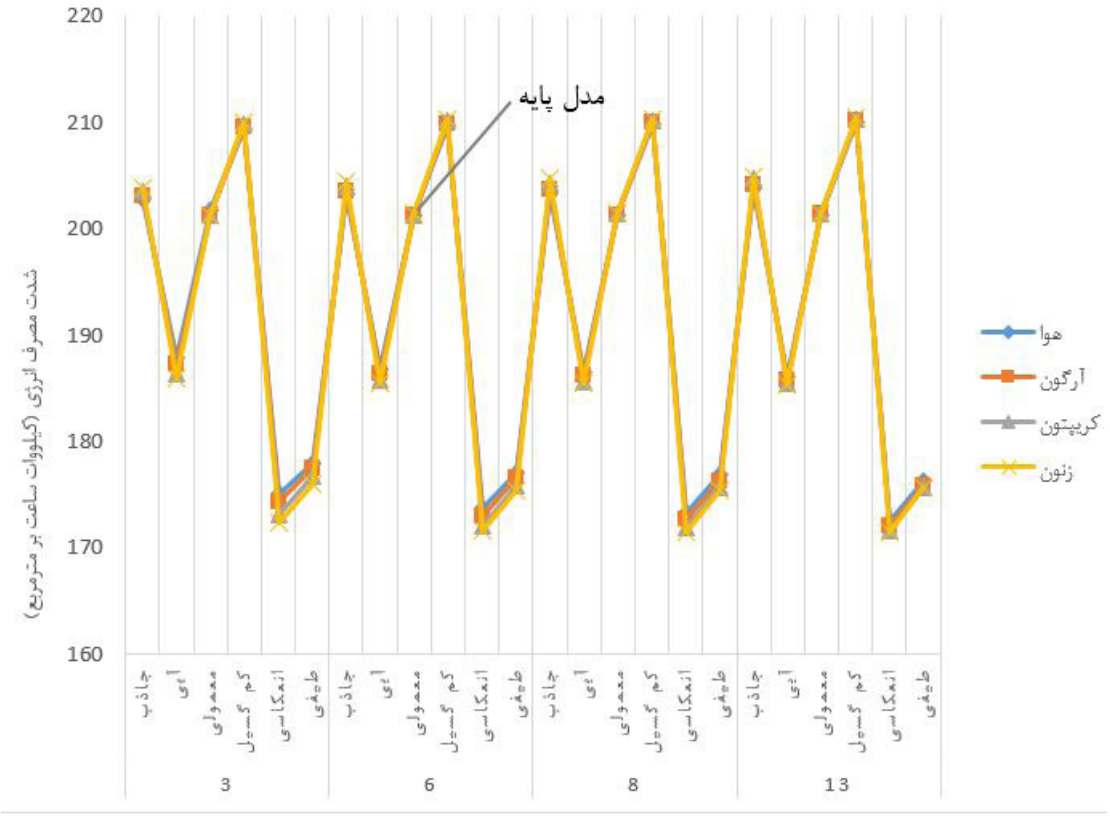
جنس گاز

شکل ۳ نشان می‌دهد با تغییر فاصله هوایی از سه میلی‌متر به شش، هشت و سیزده میلی‌متر، تغییرات مصرف انرژی بسیار محدود بوده و نمی‌توان تفاوت قابل‌توجهی را مشاهده کرد. فرم زیگزاگی نمودار در این هر فاصله هوایی بسیار مشابه با سایر فواصل هوایی است. در مورد فاصله هوایی سه میلی‌متر همان‌طور که در شکل ۲ هم بیان شد بیشترین مصرف انرژی در شیشه کم گسیل اتفاق می‌افتد (۲۰۹/۳۷ کیلووات‌ساعت بر مترمربع) و کمترین مقدار مصرف انرژی نیز مربوط به شیشه با جنس انعکاسی (۱۷۱/۴۹ کیلووات‌ساعت بر مترمربع) است. در مورد سایر فاصله‌های هوایی هم بیشترین و کمترین مصرف انرژی متعلق به همین‌گونه است.

در بخش‌های مختلف نمودار، اکثر خطوط رنگی بر روی همدیگر منطبق‌اند مگر در شیشه‌های انعکاسی و طیفی که تفاوت آن‌ها معنادار است. درواقع در حالتی که فاصله هوایی مقدار ثابتی است و جنس شیشه‌ها هم انعکاسی یا طیفی است، با تغییر گاز بین شیشه‌ها از هوا به سایر گازها، مصرف انرژی کم می‌شود. این تغییرات با افزایش فاصله هوایی بین شیشه‌ها کاهش می‌یابد، یعنی در پنجره‌هایی بافاصله هوایی سه میلی‌متری، زمانی که شیشه از نوع انعکاسی یا طیفی باشد، تغییر گاز بین شیشه‌ها، تفاوت معنادارتری در مصرف انرژی نسبت به فاصله‌های هوایی دیگر ایجاد می‌کند.

اندازه فاصله هوایی

شکل ۴ نشان‌دهنده تغییر فاصله‌های هوایی از سه میلی‌متر به شش،



شکل ۳. مقایسه مدل های مورد مطالعه با تمرکز بر گاز بین شیشه ها

www.SID.ir

Archive of SID

هشت و سیزده میلی‌متر در مدل‌های مختلف پنجره‌های موردپژوهی هستند. با تغییر جنس شیشه از شیشه معمولی به شیشه جاذب و شیشه کم گسیل مصرف انرژی افزایش می‌یابد. درحالی‌که با تغییر شیشه از شیشه معمولی به شیشه‌رنگی آبی‌رنگ، شیشه طیفی و شیشه رفلکس مصرف انرژی به ترتیب به میزان ۸، ۱۳ و ۱۵ درصد بهبودیافته و مصرف انرژی کاهش می‌یابد. این مورد در نمودارهای ۲ و ۳ هم قابل‌مشاهده است. در شیشه جاذب، زمانی که گاز بین شیشه‌ها، از هوا به سایر گازها تغییر می‌کند، مصرف انرژی ۰/۵ تا ۱/۵ درصد افزایش پیدا می‌کند. این افزایش مصرف انرژی فقط در مورد شیشه جاذب صادق است و در سایر شیشه‌ها با تغییر گاز، یا مصرف انرژی کاهش پیدا می‌کند مثل شیشه آبی (۶ تا ۸ درصد) و انعکاسی (۱۳ تا ۱۵ درصد) و طیفی (۱۱ تا ۱۳ درصد) یا تغییر خاصی اتفاق نمی‌افتد مثل شیشه کم گسیل و معمولی.

عدم تطابق خطوط در شیشه انعکاسی نشان‌دهنده این است که در این نوع شیشه، علاوه بر اینکه تغییر دادن هوا به سایر گازها باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود تغییر اندازه فاصله هوایی هم تأثیر معنادارتری نسبت به سایر متغیرها دارد.

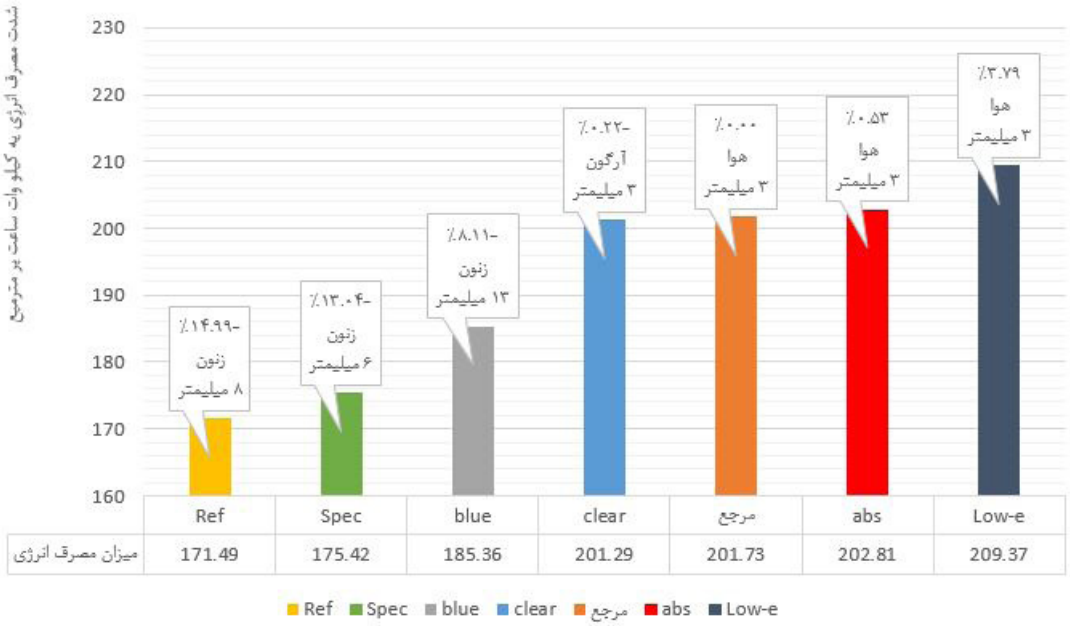
بهینه‌ترین ترکیب شیشه، گاز و فاصله هوایی در قیاس با نمونه مرجع پژوهش

شکل ۵ میزان تغییر مصرف انرژی را با تغییر پنجره شفاف دوجداره با بهترین ترکیب از شیشه، گاز و فاصله هوایی از دیگر انواع پنجره در جهت جنوب نشان می‌دهد. همان‌طور که مشهود است بهترین ترکیب، مربوط به شیشه رفلکس در ترکیب با گاز زنون و فاصله هوایی ۸ میلی‌متر (۱۷۱/۴۹ کیلووات‌ساعت بر مترمربع) است که حداکثر صرفه‌جویی انرژی را به میزان ۱۵ درصد در پنجره‌ای در جداره جنوبی فراهم می‌کند. بعدازآن بهترین ترکیب به ترتیب مربوط به پنجره دوجداره با شیشه طیفی و فاصله هوایی ۶ میلی‌متری پرشده از گاز زنون، شیشه آبی و فاصله هوایی ۱۳ میلی‌متری پرشده از گاز زنون و شیشه معمولی و فاصله هوایی ۳ میلی‌متری پرشده از گاز آرگون است

شکل ۴. مقایسه مدل های مورد مطالعه با تمرکز بر اندازه فاصله هوایی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. بهترین ترکیب شیشه، گاز و فاصله هوایی در قیاس با مدل مرجع

که هرکدام به ترتیب با ۱۳، ۸ و ۰/۲ درصد نسبت به مدل مرجع بهتر عمل می‌کنند. همان‌طور که مشهود است پنجره دوجداره با شیشه کم گسیل و شیشه جاذب حتی در بهترین حالت خود انتخاب مناسبی برای جایگزینی با مدل مرجع نیستند.

نتیجه‌گیری

ازآنجایی‌که پوسته‌های ساختمان عامل اصلی در هدررفت انرژی هستند و نقش پنجره‌ها در این پوسته‌ها بسیار مهم است، لذا انتخاب پنجرهٔ مناسب می‌تواند نقش مهمی در جلوگیری از هدررفت انرژی این بخش ایفا کند. شهر تهران به علت وسعت و جمعیت بالا یکی از پرمصرف‌ترین شهرهای ایران است لذا توجه به نحوه ساخت‌وساز در این شهر بسیار مهم است. در میان جبهه‌های قرارگیری ساختمان، جبهه جنوبی به دلیل تابش مستمر خورشید حداقل نیمی از جداره‌های اصلی ساختمان‌ها را شکل می‌دهد. در پژوهش‌های پیشین پنجره مناسب باتوجه‌به اقلیم شهر تهران با پارامترهای شیشه، گاز بین دو شیشه، فاصله بین شیشه‌ها تعریف نشده بود، لذا پژوهش حاضر سعی بر آن داشته است که پنجره‌های مناسب با پارامترهای مناسب برای صرفه‌جویی انرژی در شهر تهران در جبهه جنوبی انتخاب کند.

در این تحقیق پنجره دوجداره با شیشه‌های معمولی و فاصله هوایی سه میلی‌متر پرشده از هوا که پنجره‌ای متداول در شهر تهران است به‌عنوان پنجره مرجع در نظر گرفته شد و در یک اتاق اداری رو به جبهه جنوب شبیه‌سازی شد. سپس مؤلفه‌های منتخب مؤثر به‌عنوان متغیرهای پروژه در شبیه‌سازی اعمال شدند. مدل آزمایشگاهی این پژوهش، در نرم‌افزار اسکچاپ ترسیم و به‌واسطه نرم‌افزار اپن استودی وارد نرم‌افزار انرژی پلاس شد.

در مقایسه مدل مرجع با سایر مدل‌ها، جنس شیشه‌ها شامل انعکاسی، طیفی، رنگی آبی، قابلیت انتشار کم و جاذب و فاصله هوایی شامل فواصلِ سه، شش، هشت و سیزده میلی‌متر و گاز بین شیشه‌ها شامل هوا، آرگون، کریپتون و زنون مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد شیشه نوع انعکاسی و نوع طیفی و رنگی آبی به ترتیب صرفه‌جویی بالایی را در مقایسه با دیگر انواع شیشه در اقلیم تهران فراهم می‌سازند؛ لذا بهترین حالت پنجره در جهت جنوب مربوط به پنجره دوجداره با شیشه رفلکس است که دارای ۸ میلی‌متر فاصله هوایی پرشده از گاز

www.SID.ir

Archive of SID

زنون اســت و حدود ۱۵ درصد کاهش مصرف انرژی نسبت به پنجره مرجع به همراه دارد، بهینه‌ترین کارایی انرژی را داشــته و پیشــنهاد می‌شود از این پنجره برای شهر تهران استفاده شود.

پی‌نوشت‌ها

1. https://energyplus.net/
2. https://www.sketchup.com/
3. https://www.openstudio.net/
4. https://products.office.com/en/excel
5. ۵۱ درجــه و ۱۹ دقیقه طول جغرافیایــی و ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه عرض جغرافیایی
6. https://energyplus.net/weather-location/asia_wmo_region_2/IRN//IRN_Tehran-Mehrabad.407540_ITMY
7. Clear
8. Low-E
9. blue colored
10. reflective
11. Absorptive
12. spectrally selective

فهرست مراجع

۱. ابراهیم پور، عبدالسلام؛ و محمد کاری، بهروز. (۱۳۹۰). روشی جدید برای طراحی پنجره باتوجه‌به مصرف انرژی. *مجله علمی‌پژوهشی مهندس مکانیک مدرس*، ۱۱ (۱)، ۸۸-۷۷.

۲. آب روش، مهدیــه؛ محمــد کاری، بهروز؛ و حیدری، شــاهین. (۱۳۹۴). اندازه‌گیری خواص تشعشــعی شیشه‌های پوشــش‌دار و بررسی تأثیر آن‌ها بر تلفات انرژی. *ماهنامه علمی‌پژوهشی مهندس مکانیک مدرس*، ۱۵ (۸)،-۴۰۲ ۴۱۰.

۳. سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا). (۱۳۹۲)، بهینه‌سازی مصرف برق در تجهیزات اداری. *پروژه مشارکت بسیج ادارات در مدیریت انرژی ساختمان‌های اداری*.

۴. خداکرمی، جمال؛ و قبادی، پریسا. (۱۳۹۵). بهینه‌سازی مصرف انرژی در یک ساختمان اداری مجهز به سیستم مدیریت هوشمند. *پژوهشی مهندسی و مدیریت انرژی*، ۶ (۲)، ۲۳-۱۲.

۵. ســرگزی، دانیال؛ عابدی، محمدحســین؛ و صیدزایی، نرگس. (۱۳۹۴)، بهینه‌ســازی مصرف انرژی در ســاختمان (مطالعه موردی: پنجره دوجداره)، پژوهش‌هــای نویــن در عمران، معماری و شهرســازی، *دومیــن کنفرانس بین‌المللی در استانبول ترکیه*، ۲۴ اسفند، ۱۴-۱.

۶. کارگر شــریف‌آباد، هادی؛ و جلیلیان، مســعود. (۱۳۹۵). رده‌بندی انرژی چند ســاختمان مسکونی طبق استاندارد ملی در شــهر قم و بررسی اثر چند عامل مؤثر بر آن. *ماهنامه علمی‌پژوهشــی مهندس مکانیک مدرس*، ۱۶ (۱)، ۳۶۴-۳۶۱.

۷. کسمایی، مرتضی (۱۳۹۲)، *اقلیم و معماری*، محمد احمدی‌نژاد. اصفهان: نشر خاک.

۸. نمازیان، علی؛ و ســپهری، یحیی. (۱۳۹۴). نقش شیشه (پنجره) در رفتار حرارتی ساختمان. *مسکن و محیط روستایی*،۱۵۲، ۱۰۰-۸۴.

9. Arasteh D. (1995), *Advances in window technology. In: Böer KW, editor. Advances in solar energy,* an annual review of research and development. Colorado: American Solar Energy Society.

10. Baetens R., Jelle B. P., & Gustavsen A. (2010), Properties,requirements and possibilities of smart windows for dynamic daylight and solar energy control in buildings: a state-of-the-art review, *SolEnergyMaterSolCells*, 94, 87–105.

11. EnergyPlus, (2016), Retrieved October, 2016, from https://energyplus.net/weather.

12. Energy USD of. EnergyPlus Version 8.7 Documentation: Engineering Reference. 2017.

13. Hee W. J., Alghoul, M. A., Bakhtyar, B., Elayeb, O., Shameri, M. A., Alrubaih, M. S., et al. (2015). The role of window glazing on daylighting and energy saving in buildings. *Renew Sustain Energy Rev,* 42, 323–343.

14. Jelle, B. P., Hynd, A., Gustavsen, A., Arasteh, D., Goudey, H., & Hart, R. (2012). Fenestration of today and tomorrow: A state-of-the-art review and future research opportunities. *Solar Energy Materials and Solar Cells,* 96, 1-28.

15. Karlsson, J., & Roos, A. (2004). Evaluation of window energy rating models for different houses and European climates, *Solar Energy.* 76, 71-77.

16. Lechner, N. (2014). *Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects.* Alabama, the United States: John wiley & sons.

17. Mahdavinejad, M. J., Matoor, S., Feyzmand, N., &

www.SID.ir

Archive of SID

Doroodgar, A. (2012). Horizontal distribution of illuminance with reference to window wall ratio (wwr) in office buildings in hot and dry climate, case of iran, tehran. *In Applied Mechanics and Materials* (Vol.110, pp.72-76). Trans Tech Publications Ltd.

18. Alghoul, S. K., & Hatab, A. M. (2016). Building Energy Efficiency: Optimization of Building Envelope Using Grey-Based Taguchi. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology,* 3, 6192-7.

19. Alghoul, S. K., & Alrijabo, H. G. (2016). The Effect of Alternative Double Glazed Windows on Buildings Energy Consumption. *International Journal of Engineering papers,* 1, 18-24.

20. Fang, X. (2001). A study of the U-factor of a window with a cloth curtain. *Applied Thermal Engineering,* 21, 549-558.

www.SID.ir

Archive of SID

ISSN 17359562 DOI: 10.30495/HOVIATSHAHR.2021.16498 © 2021 IAU

Energy Optimization of Double Glazed Window Parameters in Hot and Arid Climate

(Case Study: the Southern Front of an Office Building in Tehran)

Peiman Pilechiha, Assistant Professor, Department of Architecture, Kowsar Institute of Higher Education, Qazvin, Iran.*

***Mohsen Bayat,** M.A. in Architecture, Kowsar Institute of Higher Education, Qazvin, Iran.*

***Maryam Ghasemi Nasab,** M.A. in Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.*

Abstract

Approximately 32% of the world's energy is consumed in buildings. Among the various solutions to reduce this consumption, the selection of appropriate types of windows in the shell of buildings can play a vital role in their energy efficiency. With population growth and industry development, preventing energy waste and saving it has become one of the most important concerns of countries around the world. The city of Tehran is one of the most consumed cities in Iran due to its large size and population. Therefore, it is important to pay more attention to the construction method in this city. Among the building envelopes, the south envelope forms at least half of the main walls of the buildings due to continuous sunlight. Because of the continuous solar radiation to the southern envelope, in this study, the effect of different parameters of the double glazed window, such as the type of glass, as well as the filling gas between the double glazed windows with four different air distances has been investigated. Given that a significant part of energy consumption in office buildings is related to lighting, heating, and cooling space, it is important to choose the right type of window in reducing energy consumption. In this research, the findings and their analysis are deductive, which is presented in the form of a diagram. In the simulation of this research, double glazed windows with clear glass and an air gap of 3 mm filled with air have been selected, which is one of the most common and commonly used windows in Tehran. This window on the southern envelope is assumed to be the best and most common envelope for providing light and placing the window in the climate of Iran and Tehran. Then selected efficient components were applied as project variables in the simulation. The simulation model of this research was drawn in SketchUp software and entered into the Energy Plus engine in Open Studio software. Simulation and study of energy consumption of the research model have been done with Open Studio by Energy Plus Engine. Findings show that the use of reflective glass with xenon gas and an air gap of eight millimeters provides maximum energy savings of 14.99% compared to the reference model for the southern front. The results show that the choice of absorbent and low-emission glass is not a great choice for Tehran even in the best conditions, because compared to the reference model, they increase energy consumption by 0.53% and 3.79%, respectively. Therefore, the best window position in the south direction is related to the double glazed window with reflex glass, which has an air gap filled with xenon gas and has a 15% reduction in energy consumption compared to the reference window. This window has the most optimal energy efficiency and offers the use of this window for the city of Tehran. This study suggests the use of this type of window for the city of Tehran, especially office buildings that have a large amount of energy in the world.

Keywords: Energy consumption, glazing type, gas between glasses, air gap.

* Corresponding Author Email: p.pilechiha@modares.ac.ir

www.SID.ir