Archive of SID

مجله مهندسی مکانیک، شماره پیاپی ۸۵، جلد ۴۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، صفحه ۳۳۱-۳۲۵

بررسی تاثیر سایبان و عایق گرمایی بر بار سرمایشی ساختمان اداری در سه اقلیم گرم و مرطوب، معتدل و سرد

مرتضی اصغری دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند، دماوند، ایران
زهرا پولایی موزیرجی* استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند، دماوند، ایران
حمید یزدانی دکترای تخصصی، گروه مهندسی معماری انرژی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

چکیده

امروزه برای فراهم کردن آسایش در ساختمان‌ها انرژی زیادی صرف می‌شود لذا ضروریست راهکار مناسب جهت کاهش مصرف ارایه گردد. یکی از راه‌های محاسبه انرژی مصرفی ساختمان، برنامه‌های شبیه‌ساز مانند انرژی‌پلاس[1] و دیزاین‌بیلدر[2] می‌باشد. در این مقاله انرژی مصرفی بار سرمایش یک مدل واقعی با نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر در سه شهر اهواز، تهران و تبریز بر اساس دو راهبرد مختلف شبیه‌سازی شده و تاثیرات آنها بر مصرف انرژی در روز ۱ جولای مورد بررسی قرار گرفته است. راهبرد اول استفاده از معادله انتقال گرمای تابشی و کاهش سطح مقطع تابیده شده ساختمان با بکارگیری سایبان با عمق‌های مختلف (۶ حالت) است و راهبرد دوم بکارگیری معادله فوریه می‌باشد که با استفاده از عایق گرمایی با ضخامت‌های متفاوت (۵ حالت) میزان کاهش شار گرمایی ساختمان محاسبه شده است. نتایج نشان داد برای شهر اهواز و تهران راهبرد دوم بر راهبرد اول ارجحیت دارد ولی در شهر تبریز اختلاف دو راهبرد کم می‌باشد. همچنین نتایج شهر اهواز نشان داد کاهش مصرف انرژی با استفاده از سایبان غالبا صحیح نمی‌باشد و کاربرد عایق گرمایی با ضخامت یک سانتیمتر تاثیر خوبی در کاهش مصرف انرژی دارد.

واژه های کلیدی: شبیه‌سازی، انرژی، ساختمان، سایبان.

Evaluation of Window overhang and External wall thermal Conductivity reduction Effect On office Cooling load in 3 Climates Hot and Humidity, Mild and Cold

M. Asghari Department of Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Damavand, Iran
Z. Poolaei Department of Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Damavand , Iran
H. Yazdani Department of Architecture, Science and Technology University, Tehran, Iran

Abstract

In today's world too much energy is consumed to provide comfort conditions inside the buildings and this makes it necessary to estimate the energy consumption and recommend appropriate strategy to reduce it. One way of calculating the amount of energy consumption for providing comfort conditions is to employ simulated programs such as EnergyPlus and DesignBuilder. In this paper one authentic case study has been chosen and by applying DesignBuilder program, the amount of energy consumption for its cooling condition on 1st of July in three different cities based on two different strategies has been simulated and their effects on electric energy consumption have been compared. The first strategy is to employ the equation of estimating heat transfer via solar radiation and using overhang shades (6 different thicknesses) to reduce the area of the building exposed to solar radiation and reducing the heat gained from it. The second one is to apply the equations of Fourier's law in which the amount of reduction in heat transferred to the building by utilizing heat insulations in 5 different thicknesses is calculated. The results showed that the second strategy has much more superiority over the first one considering in Ahvaz and Tehran cities, but for Tabriz, the difference between two strategies is less. Furthermore the results obtained in Ahvaz showed that our conception of reducing the energy consumption by employing overhang shades is not always right. And employing heat insulation even by the thickness of one centimeter is more effective.

Keywords: Simulation, Energy, Building, Overhang.

۱- مقدمه

انسان‌ها برای ایجاد و حفظ شرایط آسایش مستلزم مصرف انرژی می‌باشند که در حال حاضر سهم زیادی از آن با بهره‌برداری از منابع فسیلی امکان‌پذیر می‌باشد [۱،۲،۳].

دپارتمان انرژی آمریکا[1] میزان مصرف انرژی در بخش‌های مختلف جامعه را به چهار گروه حمل و نقل[2]، صنعت[3]، ساختمان‌های اداری[4] و مسکونی[5] تقسیم نموده که سهم ساختمان متشکل از تجاری و مسکونی برابر با ۴۱ درصد می‌باشد [۵،۴]. براساس بررسی‌های صندوق بین‌المللی پول ایران در رده کشورهای با مصرف انرژی بالا جای دارد [۶].

به عنوان مثال آقای ابراهیم‌پور و همکاران در سال ۲۰۱۱ روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان درانشگاه شهر تبریز را با نرم‌افزار انرژی پلاس مورد بررسی قرار دادند که استفاده از سایبان با عمق ۵۰ سانتیمتر و رنگ روشن جداره‌ها باعث کاهش مصرف انرژی گردید [۷].خانم نیکوفرد و همکاران در سال ۲۰۱۴ تاثیرات نصب سایبان بر

[1] Department Of Energy(DOE)
[2] Transportation
[3] Industry
[4] Commercial
[5] Residential

* نویسنده مکاتبه کننده، آدرس پست الکترونیکی: poolaei@damavandiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۱۷
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۰۹

www.SID.ir

Archive of SID

مصرف انرژی گرمایی، سرمایی و تولید گازهای گلخانه‌ای را با نرم‌افزار ای اس پی آر[1] در یک ساختمان مسکونی را مورد بررسی قرار دادند که فقط استفاده از سایبان کرکره‌ای اتوماتیک کاهش مصرف انرژی را در پی‌داشت [۸]. در سال ۲۰۱۵ آقای مارتین تالفلدت و همکاران با نرم‌افزار آی‌دی‌ای-آی‌سی‌ای[2] تحقیقاتی در زمینه کنترل بهینه سایبان‌های خارجی در آب و هوای اروپا را انجام دادند [۹].

در سال ۲۰۱۵ آقای ژانگ لیانینگ با روش عددی ال‌سی‌سی‌آ[3] به بررسی تاثیرات ضخامت عایق گرمایی بر روی بار سرمایش و گرمایش ساختمان‌های تجاری در آب و هوای مختلف کشور چین اقدام که نتایج نشان داد استفاده از عایق گرمایی بار گرمایی را بیشتر از بار سرمایی تحت تاثیر خود قرار می‌دهد [۱۰]. آقای یوانیس آکساپولوس و همکاران با توجه به انتقال گرمای رسانشی دیوارهای خارجی و تاثیر مولفه‌های وزش باد بر این دیوار (سرعت و جهت) به بررسی اقتصادی‌ترین و بهینه-ترین ضخامت عایق گرمایی بر روی دیوارهای خارجی به روش ال‌سی-اس[4] در سال ۲۰۱۵ اقدام که استفاده از عایق گرمایی در وجه شمالی با ضخامت ۴/۲۵ تا ۱۵ سانتیمتر بهتر از حالت‌های دیگر ارائه شده بود [۱۱]. در این مقاله به بررسی کاهش مصرف انرژی در ساختمان بر اساس دو راهبرد انتقال گرمای تابشی و رسانش در سه اقلیم ایران ۱. گرم و مرطوب همانند شهر اهواز ۲. معتدل همانند تهران ۳. سرد همانند تبریز پرداخته شده است.

لذا ساختمان را با المانهای سایبان با ۶ عمق مختلف و عایق حرارتی با ۵ ضخامت مختلف در نرم افزار شبیه سازی نموده و به مقایسه و تحلیل میزان انرژی مورد نیاز آنها پرداخته شده است.

۲- مشخصات جغرافیایی و اقلیمی

۲-۱- شهر اهواز

شرایط اقلیمی شهر اهواز گرم و مرطوب می‌باشد که قانون مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۹ ساختمان‌های این شهر را در گروه ساختمان‌های با مصرف انرژی بالا و نیاز غالب گرمایی آن را سرمایش به حساب می-آورد [۱۲].

۲-۲- شهر تهران

شرایط اقلیمی شهر تهران معتدل می‌باشد و در قانون مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۹ ساختمان‌های این شهر در گروه ساختمان‌های با مصرف انرژی متوسط به حساب می‌آید[۱۲].

۲-۳- مشخصات شهر تبریز

شرایط اقلیمی شهر تبریز سرد و خشک می‌باشد وقانون مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۹ ساختمان‌های این شهر را در گروه ساختمان با مصرف انرژی بالا و نیاز غالب گرمایی آن را گرمایش به حساب می-آورد[۱۲].

در تحقیقات حاضر یک ساختمان واقعی شکل ۱ با کاربری اداری واقع در شهر اهواز و با مشخصات ذیل مورد بررسی قرار گرفته است.

شکل ۱- ساختمان مورد بررسی

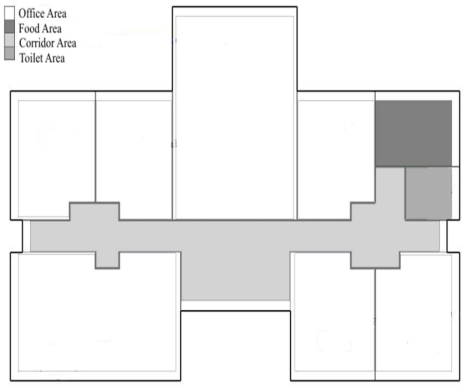
۳- مشخصات ساختمان

۳-۱- مشخصات هندسی

ساختمان بصورت یک طبقه شامل 7 اتاق اداری، یک راهرو، یک آشپزخانه، یک سرویس بهداشتی و یک روشویی به مساحت ۲۰۸/۶۹ مترمربع می‌باشد.

به منظور محاسبه میزان انرژی لازم برای رسیدن به شرایط آسایش، ساختمان را در نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر که قابلیت شبیه‌سازی انرژی به صورت گذرا دارد شبیه‌سازی گردیده است.

ساختمان بر اساس تجهیزات و کاربرد به چهار قسمت اداری، راهرو، سرویس بهداشتی و آشپزخانه تقسیم شده است. مساحت محیط‌های دارای سیستم سرمایش (کولر گازی پنجره ای) شامل اتاق‌های اداری و آشپزخانه به مساحت ۱۶۸/۹ متر مربع و محیط بدون سیستم سرمایش شامل سرویس بهداشتی و راهرو به مساحت ۳۹/۷۹ متر مربع مطابق شکل ۲ می‌باشد.



شکل ۲- تقسیم بندی حرارتی فضای اصلی

میزان تعویض هوا برابر ۰/۷ بر ساعت فرض شده است.

۳-۲- مواد و مصالح ساختمانی

[6] ESP-R
[7] IDE-ICE4.5
[8] LCCA
[4] LCS

www.SID.ir

Archive of SID

مشخصات گرمایی مصالح تشکیل دهنده جداره‌ها به تفصیل در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات حرارتی اجزای ساختمان

جنس لایه‌ها	ضریب هدایت (w/mk)	ظرفیت گرمای ویژه (J/kgk)	چگالی (kg/m^3)	ضخامت (cm)
دیوار خارجی				
آجر نما	۱/۱	۸۴۰	۱۹۲۰	۳
ملات سیمان	۱/۱۵	۹۲۰	۲۰۰۰	۲/۵
آجر	۱/۰	۸۴۰	۱۱۰۰	۳
گچ و خاک	۱/۱۵	۸۴۰	۱۰۰۰	۲/۵
گچ	۰/۷	۱۰۰۰	۱۳۰۰	۰/۴
رنگ روغنی	۰/۱	۱۵۰۰	۱۰۰۰	۰/۱

و پنجره‌ها دارای قاب فلزی با شیشه یک جداره ۴ میلیمتری بوده و درب ورودی از نوع شیشه میرال نشکن می‌باشد.

۴- روش انجام تحقیق و نتایج

انتقال گرما در جداره‌های ساختمان متاثر از مود انتقال گرمای رسانشی ، جابجایی و تابش می‌باشد. این سه مود ایجاد یک گرمای رسانشی در جداره خارجی ساختمان می‌نمایند که معادلات حاکم بر موازنه گرمایی جداره‌ها برابر است با[۱۳]:

$$q''_{sol} + q''_{LWR} + q''_{ko} + q''_{conv} = 0 \quad (۱)$$

لذا در این مطالعه به بررسی تاثیرات دو راهبردهای ۱- انتقال گرمای تابشی (استفاده از سایبان) ۲- انتقال گرمای رسانشی (عایق حرارتی) بر میزان مصرف انرژی مورد نیاز سرمایش ساختمان فوق پرداخته شده است.

۴-۱- محاسبه مصرف انرژی فضای اصلی

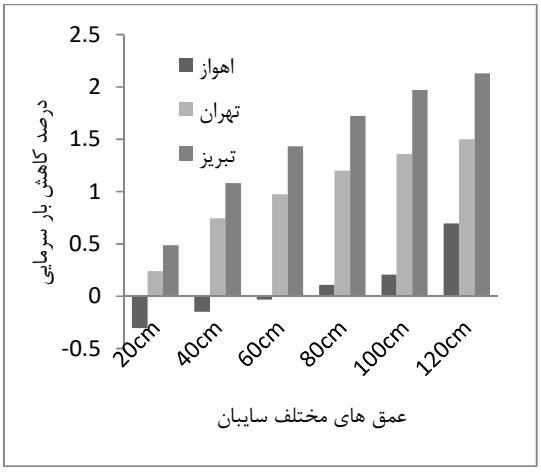
در گام اول میزان انرژی الکتریکی مصرفی جهت بار سرمایش ساختمان با شرایط توصیف داده شده از نظر کاربرد، مصالح مصرفی، تجهیزات، شرایط آب و هوایی در روز یک جولای شبیه‌سازی گردیده که نتایج بدست آمده به عنوان شاخص جهت مقایسه با حالتهای دیگر در گام دوم استفاده می‌شود.

۴-۲- راهبرد اول: کاهش انتقال گرمای تابشی جذب شده در سطح خارجی

جهت کاهش انتقال گرمای تابشی بر روی جداره های ساختمان از سایبانهای عمود بر دیوار در شش مرحله با طولی برابر با طول پنجره،قطر ۱۰ سانتی متر و عمقی برابر با (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰، سانتیمتر) برای همان روز خاص در سه شهر مورد نظر مطابق شکل ۳ مجددا شبیه‌سازی گردیده است.

شکل ۳- فضای اصلی با سایبان

نتایج حاصل از شبیه سازی در شکل ۴ نشان داده شده است که حاکی از آنست که مصرف انرژی در آب و هوای اهواز در سه حالت اول افزایش یافته و در بهترین حالت که سایبان با عمق ۱۲۰ سانتیمتر می‌باشد کاهش مصرف انرژی به حدود یک درصد می‌رسد و در آب و هوای معتدل تهران سایبان باعث کاهش مصرف انرژی شده اما حداکثر به ۱/۵ درصد رسیده است و در آب و هوای سرد و خشک تبریز استفاده از سایبان مناسبتر بوده و میتوان تا ۲/۱۳ درصد مصرف انرژی را با سایبان دارای عمق ۱۲۰ سانتیمتری کاهش داد.



شکل ۴- کاهش مصرف انرژی با استفاده از سایبان

۴-۳- راهبرد دوم: کاهش انتقال گرمای رسانشی از جداره‌ها

ساختمان ترسیم شده در مرحله اول را در این مرحله با عایق‌های گرمایی پلی‌اورتان با مشخصات جدول ۲ از داخل به ضخامت‌های مختلف ۱ تا ۵ سانتیمتر برای همان روز و در سه شهر مورد نظر مجددا شبیه-سازی نموده و نتایج را با نتایج حاصله در گام نخست مقایسه گردیده است.

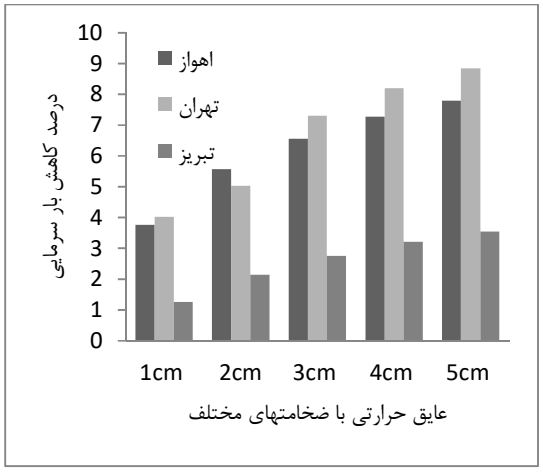
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مشخصات عایق حرارتی

ضریب انتقال گرما	گرمای ویژه	چگالی
$\frac{Btu}{Hr,ft^2,{}^{\circ}f}$	Btu/lb-^{0}F	Lb/ft^3
0.1942	0.3513384	1.8728

نتایج حاصله نشان از کاهش مصرف انرژی در شهر اهواز تا ۷/۸ درصد، در تهران ۸/۸۴۵ درصد و در شهر تبریز ۳/۵۴۳ درصد مصرف انرژی را دارد که شکل ۵ میزان صرفه‌جویی انرژی را نشان داده است.



شکل۵-کاهش مصرف انرژی با استفاده از عایق گرمایی

همانطور که از نتایج شکل‌های بالا مشاهده می‌گردد، استفاده از عایق گرماییدارای راندمان مناسب‌تری در تمامی اقلیم‌ها نسبت به سایبان است و این در حالی است که استفاده از سایبان در اقلیم گرم و مرطوب انرژی مورد نیاز سرمایش را افزایش داده است.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

در این تحقیق، توانستیم با استفاده از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر یک ساختمان اداری را در سه آب و هوای ایران و با ۱۱ حالت مختلف شبیه‌سازی و مورد بررسی و تجزیه تحلیل قرار دهیم که نتایج نشان‌دهنده این است که:

۵-۱- راهبرد اول

در مناطق گرم و مرطوب اهواز دارای راندمان پایینی است چه بسا که بدلیل افزایش جرم ساختمان در سه حالت اول می‌بینیم که اینرسی گرمایی بر کاهش سطح مقطع تابش خورشید غلبه کرده و رشد مصرف انرژی را در پی دارد و در بهترین حالت با عمق سایبان ۱۲۰ سانتیمتری به ۰/۶۹۶ درصد کاهش مصرف انرژی می‌رسد.

در آب و هوای معتدل تهران نیز به دلیل موقعیت جغرافیایی، سایبان دارای تاثیر مناسبی نبوده و با عمق ۱۲۰ سانتیمتری به ۱/۵ درصد کاهش مصرف انرژی می‌رسد.

در آب و هوای سرد و خشک تبریز تاثیر مناسب‌تر می‌باشد و ۲/۱۳ درصد کاهش مصرف انرژی بار سرمایی می‌باشد.

۵-۲- راهبرد دوم

در شهر اهواز با عایق گرمایی به ضخامت ۵ سانتیمتر می‌توان مصرف انرژی بار سرمایی را تا ۷/۸ درصد کاهش داد.

در شهر تهران عایق گرمایی دارای راندمان بالایی می‌باشد و به میزان ۸/۸۴۵ مصرف انرژی بار سرمایی را کاهش داده است.

در شهر تبریز استفاده از عایق حرارتی باعث کاهش انرژی مورد نیاز بار سرمایی به میزان ۳/۵۴۳ درصد شده است ولی به دلیل آب و هوایی نسبتا خنک در مقایسه با مدل‌های دیگر دارای عدد کوچکتری است.

در پایان استفاده از عایق گرمایی که پارامتر اصلی در مبحث ۱۹ محسوب می‌شود بسیار مناسب‌تر از سایبان که جزء عوامل ویژه فرعی مبحث می‌باشد توصیه می‌گردد حتی اگر عمق سایبان را افزایش دهیم باز هم رشد چشمگیری در کاهش مصرف انرژی بدست نمی‌آید.

۵-تقدیر و تشکر

تحقیق حاضر، خلاصه نتایج حاصل از طرح تحقیقاتی و پژوهشی (بررسی تاثیر سایبان و عایق گرمایی بر بار سرمایشی ساختمان اداری در سه اقلیم گرم و مرطوب، معتدل و سرد) مصوب معاونت پژوهش و فناوری شرکت انتقال گاز ایران می باشد و با حمایت مالی آن سازمان انجام گردیده است.

۶- فهرست علائم

q''_{sol}	گرما مستقیم جذب شده از خورشید
q''_{LWR}	گرمای تابشی جذب شده از محیط (W/m^2)
q''_{conv}	انتقال گرما همرفتی(W/m^2)
q''_{ko}	شار گرمایی خارج (W/m^2)

۷- مراجع

[1] Zhu Y., Jin X., Du Z., Fan B., and Fang X., Simulation of variable refrigerant flow air conditioning system inheating mode combined with outdoor air processing unit, *Energy and Buildings*, Vol. 68, pp. 571-579, 2014.

[2] Bojic M., Nikolic N., Nikolic D., Skerlic J., Miletic I.. Miletic, A simulation appraisal of performance of different HVAC systems in an office building, *Energy and Buildings*, Vol. 43, pp. 1207-1215, 2011.

[3] Flaga-Maryanczyk A., Schnotale J., Radon J., and Was K., Experimental measurements and CFD simulation of a ground sourceheat exchanger operating at a cold climate for a passive houseventilation system, *Energy and Buildings*, Vol. 68, pp. 562-570, 2014.

[4] Huebner G.M., McMichael M., Shipworth D., Shipworth M., Durand-Daubin M., and Summerfield , A, The reality of English living rooms – A comparison of internaltemperatures against common model assumptions, *Energy and Buildings*, Vol. 66, pp. 688-696, 2013.

[5] Cho J., Yang J., Park W, Evaluation of air distribution system's airflow performance for coolingenergy savings in high-density data centers, *Energy and Buildings*, Vol. 68, pp. 270-279, 2014

www.SID.ir

Archive of SID

[6] Fund I. M., *The economics of energy price reform in the islamic republic of iran,* IMF country report, No. 10/76, 2010.

[7] ابراهیم پور ع. و کریمی واحد ی.، روشهای بهینه سازی مصرف انرژی در یک ساختمان دانشگاهی در تبریز. *مجله مهندسی مکانیک مدرس*، د.۱۲، ش.۴، ص ۹۱-۱۰۴، ۱۳۹۱.

[8] Nikoofard S., Ian, V.I.U., and Morrison B, Technoeconomic assessment of the impact of window shading retrofits on the heating and cooling energy consumption and GHG emissions of the Canadian housing stock, *Energy and Buildings*, 2013.

[9] Thalfeldt M., and Kurnitski J, External shading optimal control macros for 1- and 2-piece automated blinds in European climates. *BUILD SIMUL*, Vol. 8, pp. 13–25, 2015.

[10] Lianying Z., Yuan W., Jiyuan Z., Xing L., Linhua Z., Numerical Study of Effects of Wall's Insulation Thickness on Energy Performance for Different Climatic Regions of China, *ScienceDirect-Energy Procedia*, Vol. 75, pp. 1290–1298, 2015.

[11] Axaopoulosa I., Axaopoulos P., Panayiotouc G., Kalogirouc S., Gelegenis J, Optimal economic thickness of various insulation materials for different orientations of external walls considering the wind characteristics, *ScienceDirect*, Vol. 90, pp. 939-952, 2015.

[۱۲] دفتر مقررات ملی ساختمان*سازمان مقررات ملی ساختمان مبحث۱۹- صرفه جویی انرژی*،۱۳۹۸.

[13] Energy, U.S.D.o., *EnergyPlusTM Documentation,* v8.4.0. 2015..

www.SID.ir