مجله مهندسی مکانیک مدرس، مهر 1395، دوره 16، شماره 13، ویژه‌نامه مجموعه مقالات کنفرانس، ص‌ص 96-99

مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین‌المللی تهویه‌مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
بیرجند، دانشگاه بیرجند، 6 و 7 مهر 1395

مهندسی مکانیک مدرس
mme.modares.ac.ir

بررسی رفتار حرارتی نمای دوپوسته دارای شیشه‌های هوشمند الکتروکرومیک و تاثیر آن بر کاهش مصرف انرژی

مهران سعادتی نسب[1]، سید علیرضا ذوالفقاری[2]، مرتضی عنبرسوز[3*]، الهه نوروزی جاجرم[4]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد
2- استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه بیرجند، بیرجند
3- استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه مهندسی فناوری های نوین، قوچان
4- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود
* قوچان، صندوق پستی 94771-67335، anbarsouz@qiet.ac.ir

چکیده

یکی از مؤثرترین تدابیر برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های بلند مرتبه در کنار حفظ دید و منظر مناسب، استفاده از نماهای دو پوسته است. عملکرد نماهای دو پوسته در فصل سرد سال همواره عملکرد مطلوبی داشته است، این در حالی است که در فصل گرم سال، عملکرد نمای دو پوسته وابستگی شدیدی به نحوه طراحی اجزای نما و نیز اقلیم مورد بررسی دارد. استفاده از نمای دو پوسته در اقلیم‌های گرم می‌تواند باعث افزایش مصرف انرژی ساختمان شود. برای رفع این مشکل، طراحان راه حل استفاده از شیشه‌های هوشمند را پیشنهاد کرده‌اند. در تحقیق حاضر، عملکرد نماهای دوپوسته دارای شیشه‌های الکتروکرومیک به لحاظ میزان مصرف انرژی ماهانه و سالانه در شرایط اقلیمی تهران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از نماهای دو پوسته دارای شیشه‌های الکتروکرومیک از مزیت چشمگیری نسبت به نماهای معمولی و نیز نماهای دو پوسته متداول برخوردار است. استفاده از نمای دو پوسته دارای شیشه‌های الکتروکرومیک می‌تواند مصرف انرژی ساختمان را تا حدود 25 درصد در ماه‌های سرد و تا حدود 26 درصد در ماه‌های گرم سال کاهش دهد و از این طریق موجب صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف انرژی ساختمان گردد.

کلید واژگان: نمای دوپوسته، شیشه الکتروکرومیک، بهینه سازی، تهویه طبیعی

Thermal behavior of a double skin facade with smart electro-chromic glasses and its effects on the energy consumption of a high-rise building in Tehran climate

Mehran Sa'adati Nasab [1], Alireza Zolfaghari [2], Morteza Anbarsooz [3*], Elaheh Norouzi Jajarm [4]

1- Department of Mechanical Engineering, Ferdowsi of Mashhad University, Mashhad, Iran
2- Department of Mechanical Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran
3- Department of Mechanical Engineering, Quchan University of Advanced Technology, Quchan, Iran
4- Department of Mechanical Engineering, University of Shahroud, Shahroud, Iran
* P.O.B. 94771-67335, Quchan, Iran, anbarsouz@qiet.ac.ir

ABSTRACT

One of the most effective methods for reducing the energy consumption of high-rise buildings, besides using appropriate building aspect ratios, is employing double skin facades. Double skin facades always show desirable performance in cold seasons, however, in hot seasons, their performance strongly depends on the facade components design and the climate of the building location. In hot climates, using double skin facades might increase the energy consumption of the building. In order to solve this issue, the researchers suggested using smart glasses. In this paper, the performance of a double skin façade with smart electro-chromic glasses was investigated in terms of the monthly and annual energy consumption in Tehran climate. Results showed the superior performance of the selected double skin façade with electro-chromic glasses, with respect to the regular single and double skin facades. It was also found that employing double skin facades with electro-chromic glasses would result in a 25% reduction of the building energy consumption in cold months and a 26% reduction in hot months, which have significant effects on the annual energy consumption of the building.

Keywords: Double skin façade, Electro-chromic glass, Optimization, Natural ventilation

1- مقدمه

یکی از مؤثرترین تدابیر برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان های بلند مرتبه در کنار حفظ دید و منظر مناسب، استفاده از نماهای دو پوسته است. سازوکار عملکرد نماهای دو پوسته به این صورت است که این نماها دارای حداقل دو غشاء هستند و حد فاصل این دو غشاء مسیری برای تهویه و حرکت هوا در نظر گرفته می‌شود که این تهویه می‌تواند از نوع طبیعی یا مکانیکی باشد. در "شکل 1" طرحواره‌ای از نحوه عملکرد نماهای دو پوسته با تهویه طبیعی در فصل زمستان و تابستان نشان داده شده است. در طی فصل سرما، نمای دو پوسته عملکردی تقریباً مشابه با گلخانه و شیشه دو جداره دارد. به این صورت که هوای موجود در داخل شکاف گرم شده و این هوای گرم باعث کاهش اتلاف حرارت از طریق جابه‌جایی می‌شود. همچنین در طی فصل گرما، با باز شدن دریچه‌های پایین و بالا می‌توان مانع از تجمع هوای گرم در نمای دو پوسته شد و دمای ساختمان را در حد مطلوب

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Please cite this article using:

M.Sa'adati Nasab, A.Zolfaghari, M.Anbarsooz, E.Norouzi Jajarm, Thermal behavior of a double skin facade with smart electro-chromic glasses and its effects on the energy consumption of a high-rise building in Tehran climate, *Modares Mechanical Engineering, Proceedings of the Second International Conference on Air-Conditioning, Heating and Cooling Installations*, Vol. 16, No. 13, pp. 96-99, 2016 (in Persian فارسی)

نگه‌داشت [1].

در دو دهه اخیر، تحقیقات نسبتاً گسترده‌ای در زمینه بررسی عملکرد نماهای دو پوسته انجام پذیرفته است. در سال 2001، گان [2] در یکی از تحقیقات پیشگام در زمینه نماهای دو پوسته، میزان انتقال حرارت از این نماها را در شرایط مختلف به کمک حل عددی ارزیابی نمود. هنسن و همکارانش [3] در سال 2002، در تحقیقی به توسعه مبانی مدل‌سازی یک نمای دو پوسته پرداختند. در سال 2004، مانز [4] میزان انرژی خورشیدی عبوری از یک نمای دو پوسته دارای جابه‌جایی طبیعی را در شرایط مختلف به صورت عددی و تجربی تعیین نمود. همچنین در سال 2008، جیرو و حقیقت [5] کاربرد روش حل منطقه‌ای[1] را بر مدل‌سازی نماهای دو پوسته مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که می‌توان بدون حل کامل معادلات جریانی متداول در دینامیک سیالات محاسباتی، عملکرد نماهای دو پوسته را به کمک معادلات ساده منطقه‌ای با دقت قابل قبولی مورد مدلسازی و تحلیل قرار داد. در سال 2010، هاشمی و همکاران [6] رفتار یک نمای دو پوسته تهویه شونده را برای اقلیم تهران به طور تجربی و عددی مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که در فصل گرم سال، دمای هوای عبوری از نماهای دو پوسته بین 1 تا 10 درجه سلسیوس از دمای هوای بیرون بیشتر خواهد بود و این امر می‌تواند موجب افزایش بار تابستانه شود. همچنین ایشان نشان دادند که استفاده از سایه‌انداز در نمای دو پوسته جنوبی، تأثیر بسزایی در بهبود عملکرد این نماها دارد. به طوری که در صورت استفاده از سایه‌انداز در فصل تابستان، دمای هوای عبوری از نمای دو پوسته بین 7 تا 12 درجه سلسیوس نسبت به دمای هوای بیرون کمتر خواهد بود و این امر تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر کاهش بار برودتی خواهد داشت. همچنین در سال 2013، قدیمی و همکارانش [7] به تحلیل پارامتریک رفتار حرارتی یک نمای چند پوسته در اقلیم تهران پرداختند.

شایان ذکر است که در تمامی تحقیقات مذکور، عملکرد نماهای دو پوسته در فصل سرد سال همواره عملکرد مطلوبی داشته است، این در حالی است که در فصل گرم سال، عملکرد نمای دو پوسته وابستگی شدیدی به نحوه طراحی اجزای نما و نیز اقلیم مورد بررسی نشان می‌دهد به طوری که در اقلیم‌های گرم باعث افزایش مصرف انرژی ساختمان خواهد شد. برای رفع این مشکل، طراحان راه حل استفاده از شیشه‌های هوشمند را توصیه کرده‌اند.

بر این اساس، رویکرد جلوگیری از ورود بار ناشی از تابش‌های خورشیدی منجر به ارائه ایده‌های مختلفی در زمینه طراحی نماهای دو پوسته شده است که در این میان می‌توان به ایده استفاده از شیشه‌های هوشمند الکتروکرومیک، ترموکرومیک، بازتابنده و LOW-E در نماهای دو پوسته اشاره نمود. لازم به توضیح است که شیشه‌های الکتروکرومیک و ترموکورمیک، شیشه‌هایی هستند که تغییر رنگ داده و تیره می‌شوند. بر این اساس، با افزایش دما و یا القای جریان، این شیشه‌ها از حالت شفاف به حالت تیره تغییر

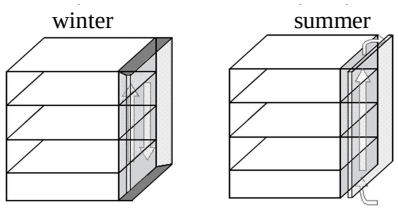

Fig. 1 The performance of double skin façade in winter and summer

شکل 1 نحوه عملکرد نمای دو پوسته در زمستان و تابستان [1]

[1] Zonal Method

Fig. 2 The color change of electrochoromic and thermochromic windows

شکل 2 تغییر رنگ شیشه‌های الکتروکرومیک و ترموکرومیک

وضعیت داده و با جلوگیری از ورود تابش خورشید به ساختمان مانع از افزایش دمای سیستم می‌شوند. در عوض، هنگامی که هوا سرد است (فصول سرد سال)، این شیشه‌ها حالت شفاف خود را حفظ کرده که باعث جذب حداکثری تابش خورشید می‌شود. "شکل 2" شماتیکی از عملکرد شیشه‌های الکتروکرومیک و ترموکورمیک را نشان می‌دهند.

در سال 2005، پرز و همکارانش [8] در پژوهشی به بررسی عملکرد شیشه-های مختلف در نمای دو پوسته ساختمان پرداختند. آن‌ها تاثیر شدت تابش خورشید بر حرارت جذب شده، دبی جرمی و تغییرات دمای هوای بین دو پوسته را برای 10 نوع شیشه‌ی مختلف مورد بررسی قرار دادند. در سال 2012، ایگناتویچ و همکارانش [9] تاثیر پنجره‌های دو و سه جداره LOW-E و بازتابنده با گازهای مختلف را در نمای دو پوسته ساختمان مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند که برای کشور صربستان استفاده همزمان از شیشه‌ی سه جداره LOW-E با گاز کریپتون و شیشه‌ی دو جداره بازتابنده با گاز آرگون بهترین عملکرد را در فصل تابستان خواهد داشت. در سال 2013، پیتالوگا [10] به بررسی عملکرد دیوار ترومب با استفاده از شیشه‌های الکتروکرومیک پرداخت. ایشان نشان داد که استفاده از شیشه‌های هوشمند الکتروکرومیک در دیوار ترومب می‌تواند مصرف انرژی ساختمان را نسبت به دیوار ترومب با شیشه‌ی معمولی تا 29.5% کاهش دهد. در سال 2014، اسکاف و همکارانش [11] عملکرد تابستانه‌ی پنجره‌های تهویه‌شونده با شیشه‌های جاذب و هوشمند الکتروکرومیک را بررسی کردند. آن‌ها نشان دادند که با انتخاب لایه‌ی مناسب LOW-E حرارت جذب شده توسط پنجره-های تهویه‌شونده نسبت به پنجره‌های معمولی تا 55 درصد کاهش می‌یابد.

چنانچه گفته شد، تحلیل عملکرد نماهای دوپوسته دارای شیشه‌های هوشمند کمتر از یک دهه سابقه دارد و مطالعات انجام شده در این زمینه، محدود به تعداد انگشت شماری از تحقیقات انجام شده در سال‌های اخیر است. از سوی دیگر، تاکنون تحقیقی در زمینه مقایسه عملکرد سالانه نماهای دو پوسته هوشمند با نماهای دو پوسته معمولی و نماهای تک پوسته انجام نشده است. بر این اساس، در تحقیق حاضر به تحلیل و مقایسه عملکرد پنج نوع نمای مختلف در یک ساختمان بلند مرتبه در اقلیم تهران پرداخته می‌شود.

2- فضای نمونه

به منظور بررسی تاثیر نمای دو پوسته با شیشه‌های الکتروکرومیک بر میزان مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری بلند مرتبه، ساختمانی 20 طبقه به ارتفاع 56 متر در شهر تهران در نظر گرفته شده است. مساحت هر طبقه 292 متر مربع و ارتفاع آن 2.8 متر است. در نمای جنوبی و شمالی ساختمان، به ترتیب پنج و چهار پنجره هرکدام به ابعاد 2×2 مترمربع به صورت متقارن قرار دارند که از نوع دو جداره و پر شده با گاز آرگون بوده و ضریب انتقال حرارت کلی هر یک از آن‌ها 2.5 $W/m^2.K$ می‌باشد. در "شکل 3"، نمایی از ساختمان نمونه مورد مطالعه در تحقیق حاضر نشان داده شده است.

در جدول 1 خواص و ترتیب قرارگیری مواد به‌کار رفته در دیوارهای ساختمان و در جدول 2 خواص حرارتی و تابشی شیشه‌های هوشمند استفاده شده در نمای دو پوسته آورده شده است.

نمای دو پوسته‌ی ساختمان دارای 70 سانتی‌متر عمق و 27 متر ارتفاع است و مکانیزم تهویه‌ی هوای بین نمای دوپوسته به صورت تهویه طبیعی و در اثر اختلاف دما و اختلاف فشار می‌باشد. در قسمت پایین و بالای نمای دو پوسته، دو دریچه هر یک به ابعاد 0.7×9.5 متر مربع وجود دارد که طبق برنامه‌ی زمانی تعریف شده، این دریچه‌ها در طول دوره گرما از ساعت 7 صبح تا 7 عصر باز بوده و پس از آن بسته می‌باشند. همچنین این دریچه‌ها در طول دوره‌ی سرما همواره بسته بوده تا عملکرد گلخانه‌ای خود را حفظ کنند.

3- روش حل

در این تحقیق به‌منظور مدل‌سازی فضای نمونه از نرم‌افزار دیزاین بیلدر استفاده شده است. این نرم‌فزار از حلگر پایه انرژی‌پلاس برای تحلیل

جدول 1 ترتیب قرار گرفتن لایه‌ها و ضخامت آن‌ها از خارج به داخل

Table 1 The arrangement of layers and their thickness from outside to inside

اجزاء ساختمان	لایه‌ها	ضخامت (m)	ضریب هدایت حرارتی (W/mK)
کف	بتن با پوکه	0.1	0.34
	ملات	0.02	1.15
	موزائیک	0.03	1.4
سقف ساختمان	آسفالت	0.04	1.15
	قیرگونی	0.03	0.25
	ملات	0.02	1.15
	بتن با پوکه	0.05	0.34
	بتن	0.1	1.75
	لایه هوا	0.4	0.3
	گچ و خاک	0.02	1.15
	گچ	0.005	0.7
دیوار خارجی	سنگ گرانیت	0.02	2.9
	ملات	0.02	1.15
	آجر	0.2	1
	گچ و خاک	0.02	1.15
	گچ	0.005	0.7
دیوار داخلی	گچ	0.005	0.7
	گچ و خاک	0.02	1.15
	آجر	0.1	1
	گچ و خاک	0.02	1.15
	گچ	0.005	0.7

جدول 2 جنس شیشه‌های هوشمند به کار رفته در نمای دو پوسته [21]

Table 2 The smart glass material that used in double skin facade

نوع شیشه	ضریب هدایت حرارتی (W/mK)	ضریب عبور خورشیدی	ضریب عبور مرئی
معمولی	0.9	0.77	0.88
الکتروکرومیک	0.9	0.69	0.82
ترموکرومیک	0.9	0.65	0.71
LOW-E	0.9	0.6	0.84
بازتابنده	0.9	0.066	0.08

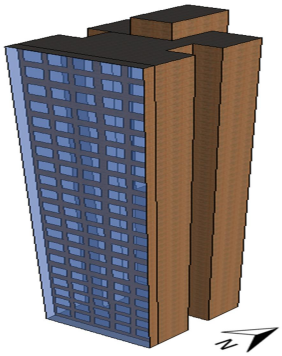

Fig. 3 The test case of present study

شکل 3 نمایی از فضای نمونه تحقیق حاضر

فرآیندهای انتقال حرارت حاکم بر ساختمان بهره می‌گیرد. بر این اساس، دیزاین بیلدر به روش موازنه حرارتی و رویکرد ناحیه‌ای برای هوا[1]، محاسبات مربوط به انتقال حرارت و جریان هوا را انجام می‌دهد. جزئیات مربوط به نحوه مدل‌سازی و معادلات حاکم در مرجع مهندسی نرم‌افزار [12] آمده است. همچنین، مدل‌سازی انتقال حرارت و تابش در شیشه‌های هوشمند در مرجع [13] آورده شده است:

4- نتایج

به‌منظور مقایسه نتایج حاصل از به‌کارگیری نماهای دو پوسته الکتروکرومیک با سایر نماهای مشابه، یک نمای معمولی و یک نمای دو پوسته فاقد شیشه‌های الکتروکرومیک نیز مدل‌سازی شده است. البته میزان مقاومت حرارتی کلی دیواره در همه این حالت‌ها برابر فرض شده است.

"شکل 4" میزان مصرف انرژی ماهانه موردنیاز ساختمان در طول سال را برای چهار نمای مختلف نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود که استفاده از نمای دو پوسته به‌طورکلی در فصل سرما با عملکرد شبه گلخانه‌ای خود توانسته است مصرف انرژی ساختمان را کاهش دهد و این کاهش مصرف در ماه‌های سردتر بیشتر است. اما چنانچه در این شکل ملاحظه می‌شود، برای اقلیم تهران، استفاده از نماهای دو پوسته در ماه‌های گرم سال عملکرد مطلوبی نداشته و مصرف انرژی ساختمان را افزایش می‌دهد. دلیل عملکرد نامناسب نمای دو پوسته نسبت به حالت معمول در ماه‌های گرم به این موضوع برمی‌گردد که هوای موجود در بین نمای بیرونی و جداره‌ی ساختمان گرم شده و این هوای گرم برای خروج از فضای نمای دو پوسته نیاز به زمان بیشتری نسبت به نمای معمولی دارد لذا گرمای هوا به جداره‌های ساختمان منتقل شده و باعث افزایش دمای ساختمان و در پی آن افزایش مصرف انرژی سرمایشی شده است. این مشکل را می‌توان به کمک نماهای دو پوسته با شیشه‌های الکتروکرومیک تا حدودی بر طرف کرد. شیشه‌های الکتروکرومیک با تغییر رنگ، با جلوگیری از تابش خورشید، مانع از بالا رفتن بیش از حد دما شده که با کاهش دمای هوای بین دو پوسته، عملکرد نما اصلاح و گرما از بازشوهای تعبیه شده در بالای نما خارج می‌شود.

"شکل 5" درصد بهینه‌سازی مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی ساختمان به ازای 12 ماه سال را نشان می‌دهند. با توجه به این شکل مشخص است که استفاده از نمای دو پوسته معمولی در بهترین حالت توانسته در ماه می، حدود 70 درصد مصرف انرژی را کاهش دهد. این در حالی است که استفاده از نماهای دو پوسته با شیشه‌های الکتروکرومیک، به

[1] Air Zonal Method

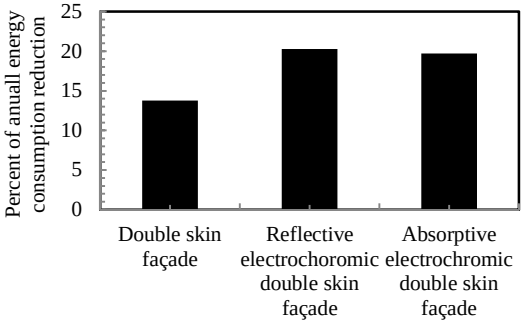

Fig. 6 The comparison of annual energy consumption of building

شکل 6 مقایسه میزان مصرف انرژی سالانه ساختمان

5 نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، عملکرد نماهای دوپوسته با شیشه‌های الکتروکرومیک به لحاظ میزان مصرف انرژی ماهانه و سالانه در شرایط اقلیمی تهران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از نماهای دو پوسته دارای شیشه‌های الکتروکرومیک از مزیت چشمگیری نسبت به نماهای معمولی و نیز نماهای دو پوسته متداول برخوردار است. به‌طوری که استفاده از نمای دو پوسته دارای شیشه‌های الکتروکرومیک می‌تواند مصرف انرژی ساختمان را 25 درصد در ماه‌های سرد و 26 درصد در ماه‌های گرم سال کاهش دهد و از این طریق موجب صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف انرژی ساختمان گردد.

6- مراجع

[1] H. Poirazis, *Double skin façades for office buildings*, Report EBD-R--04/3, Department of Construction and Architecture, Lund Institute of Technology, Lund University, pp. 1-192, 2004.
[2] G. Gan, Thermal transmittance of multiple glazing: computational fluid dynamics prediction, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 21, No. 15, pp. 1583-1592, 2001.
[3] J. L. M. Hensen, M. Bartak, D. Frantisek, Modeling and simulation of a double-skin facade system, *ASHRAE Transactions*, Vol. 108, No. 2, pp. 1251-1259, 2002.
[4] H. Manz, Total solar energy transmittance of glass double façades with free convection, *Energy and Buildings*, Vol. 36, No. 2, pp. 127-136, 2004.
[5] T. E. Jiru, F. Haghighat, Modeling ventilated double skin façade—A zonal approach, *Energy and Buildings*, Vol. 40, No. 8, pp. 1567-1576, 2008.
[6] N. Hashemi, R. Fayaz, M. Sarshar, Thermal behaviour of a ventilated double skin facade in hot arid climate, *Energy and Buildings*, Vol. 42, No. 10, pp. 1823-1832, 2010.
[7] M. Ghadimi, H. Ghadamian, A. A. Hamidi, M. Shakouri, S. Ghahremanian, Numerical analysis and parametric study of the thermal behavior in multiple-skin façades, *Energy and Buildings*, Vol. 67, pp. 44-55, 2013.
[8] I. Pe´rez-Grande, J. Meseguer, G. AlonsoInfluence of glass properties on the performance of double-glazed facades, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 91, No. 0, pp. 355-365, 2007.
[9] M. G. Ignjatovic, B. D. Blagojevic, B. V. Stojanovic, M. M. Stojiljkovic, Influence of glazing types and ventilation principles in double skin façade on delivered heating and cooling energy during heating season in an office building, *Thermal Science*, Vol. 16, No. 2, pp. 461-469, 2012.
[10] M. Pittaluga, The electrochromic wall, *Energy and Buildings*, Vol. 66, No. 0, pp. 49-56, 2013.
[11] M. C. Skaff, L. Gosselin, Summer performance of ventilated windows with absorbing or smart glazings, *Solar Energy*, Vol. 105, pp. 2-13, 2014.
[12] EnergyPlus, *EnergyPlus Engineering Reference* - The Reference to EnergyPlus Calculations, 2007.
[13] L.C. Chen, K.C. Ho, Design equations for complementary electrochromic devices: application to the tungsten oxide– Prussian blue system, *Electrochimica Acta*, Vol. 46, No. 0, pp. 2151-2158, 2001.

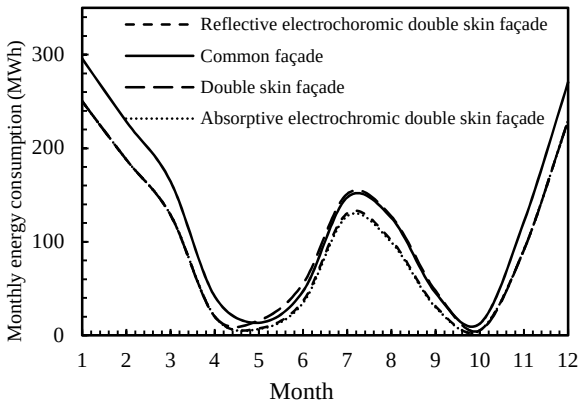

Fig. 4 The comparison of monthly energy consumption for four different facade

شکل 4 مقایسه مصرف انرژی ماهانه به ازای چهارنمای مختلف

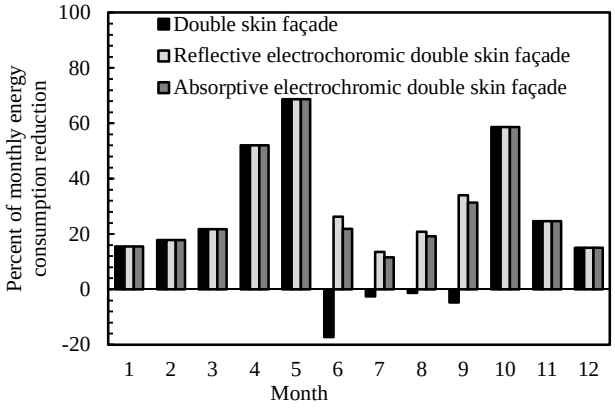

Fig. 5 The comparison of reduction monthly energy consumption

شکل 5 مقایسه درصد کاهش میزان مصرف انرژی ماهانه

دلیل عدم تغییر رنگ در فصول سرد، عملکرد کاملا مشابهی را از خود نشان داده‌اند و مصرف انرژی ساختمان را نسبت به نمای دو پوسته‌ی معمولی کاهش یا افزایش نداده‌اند. همچنین نماهای دو پوسته‌ی معمولی در بهترین حالت در ماه اگوست حدود 4 درصد و در بدترین حالت در ماه ژوئن حدود 20 درصد به میزان مصرف انرژی ساختمان اضافه کرده است. اما استفاده از نماهای دو پوسته با شیشه‌های الکتروکرومیک توانسته این عملکرد منفی را به عملکردی مطلوب تبدیل کرده و در بهترین حالت در ماه سپتامبر حدود 35 درصد میزان مصرف انرژی سرمایشی را کاهش دهد. عملکرد مناسب نماهای الکتروکرومیک در کلیه‌ی ماه‌های گرم ادامه داشته و به‌طور میانگین حدود 26 درصد میزان مصرف انرژی را کاهش داده است.

"شکل 6" درصد کاهش مصرف انرژی در کل سال را نشان می‌دهند. مشاهده می‌شود که استفاده از نماهای دو پوسته معمولی در طول سال در مجموع با مصرف 131 مگاوات ساعت انرژی و کاهش 13.7 درصدی مصرف انرژی، عملکرد مناسب زمستانه و عملکرد نامناسب تابستانه از خود نشان داده است. این در حالی است که نتایج نشان می‌دهد که با استفاده از نماهای دو پوسته با شیشه‌های الکتروکرومیک می‌توان این عملکرد دوگانه را به عملکردی مطلوب در طول سال تبدیل کرد؛ به طوری که استفاده از نمای دو پوسته دارای شیشه‌های الکتروکرومیک با مصرف 121 مگاوات ساعت انرژی و کاهش 20.3 درصدی عملکرد مناسب‌تری را از خود نشان می‌دهد.