ISSN: 2538-2594; Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2018;8(3):171-177.

Optimal Placement of Shadow Tools of Double-skin Facade with the Aim of Achieving Thermal Comfort in Hot Climate

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Hood S.D.[1] *MSc,*
Mahmoodi Zarandi M.*[2] *PhD,*
Kamyabi S.[3] *PhD*

How to cite this article
Hood S.D, Mahmoodi Zarandi M, Kamyabi S. Optimal Placement of Shadow Tools of Double-skin Facade with the Aim of Achieving Thermal Comfort in Hot Climate.Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2018;8(3):171-177.

[1]Architecture Department, Semnan Science & Research Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran
[2]Architecture Department, Technical Faculty, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[3]Energy & Sustainable Development Research Center, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran

Correspondence
Address: North Tehran Branch, Islamic Azad University,Vafadar Boulevard, Shahid Sadougi Street, Shahid Babaei Highway, Tehran, Iran. Postal Code: 1651153311
Phone: +98 (21) 77009800
Fax: +98 (21) 77009848
m_mahmoodi@iau-tnb.ac.ir

Article History
Received: October 09, 2018
Accepted: November 16, 2018
ePublished: December 20, 2018

ABSTRACT

During the energy crisis and the world's attention to optimal energy consumption, especially in buildings, the walls of the buildings became one of the most important parts of the design process. In the first step, air locking and isolation of the walls were important in order to prevent the loss of energy. In the next steps, the need to get proper solar radiation in cold areas and the existence of a tool to prevent the entry of solar radiation in hot areas was raised. The aim of this paper is to investigate the effect of the shading tool location and the optimal combination of glass layers in double skin facade in the warm and humid climate of Iran. The methodology for achieving this goal is to use computer simulations (Fluent software). In this study, different configurations of double skin facade have been investigated. During these surveys, the structure has been considered optimally in the Kish Climate Zone. Three different areas were investigated for the establishment of shaders; the findings of this study are presented as temperature and air flow diagrams and contours. The results of this research show that the most suitable place for the establishment of the shadow tool is the interior and back of the double skin façade. It was also found that the proper type of double skin facade, in order to prevent the optimum from increasing the internal temperature, includes a glass layer in the outer shell and a window with a double-glazed glass in the inner shell. In this paper, the "simulation and modeling research" method has been used. In this paper, the "simulation and modeling research" method has been used. In the software simulation and numerical analysis sections, the type of quantitative research is "analytic" research method and results are obtained based on "induction".

Keywords Double-skin facade; Energy consumption; Hot climate; Shadower tools; Fluent software

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

CITATION LINKS

[1] Air flow window an effective element in reduction of buildings' energy consumption in Tehran [2] The effect of the ventilated air layer in the new open joint facade on energy performance of the building [3] A numerical analysis of double skin facades in summer [4] Modeling and simulation of a double-skin façade system [5] Natural ventilation performance of a double skin facade with a solar chimney [6] The process of climate technology development with a sustainable development approach [7] Natural cooling strategies efficiency in an office building with a double-skin façade [8] Termal behavior of a ventilated double skin facade in hot arid climate [9] Greenhouse effect in double-skin facade [10] Modeling ventilated double skin façade-A zonal approach [11] Double skin façades for warm climate regions: Analysis of a solution with an integrated movable shading system [12] Study on solar heat gain and thermal transmittance of east and west facing double skin façade in hot and humid climate [13] Assessment of design parameter influence on energy efficiency in educational buildings in Tehran's climate

Copyright© 2018, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

استقراریابی بهینه سایبان‌های نماهای دوپوسته با هدف دست‌یابی به آسایش حرارتی در اقلیم گرم

سیده‌دل‌افروز هود MSc
گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران
مهناز محمودی‌زرندی* PhD
گروه معماری، دانشکده فنی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
سعید کامیابی PhD
مرکز تحقیقات انرژی و توسعه پایدار، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

چکیده
در جریان بحران انرژی و توجه مجامع جهانی به مصرف بهینه‌ی انرژی، به‌خصوص در ساختمان‌ها، جداره‌های خارجی بناها تبدیل به یکی از مهم‌ترین بخش‌های جالب توجه در روند طراحی شد. در قدم اول، هوابندی و عایق‌بندی جداره‌ها، برای جلوگیری از اتلاف انرژی اهمیت پیدا کرد. در مراحل بعدی نیاز به دریافت مناسب تابش خورشید در مناطق سرد و وجود ابزاری برای جلوگیری از ورود گرمای تابشی خورشید در مناطق گرم، مطرح شد. هدف از این مقاله، بررسی میزان تاثیرگذاری محل ابزار سایه‌انداز و همچنین ترکیب بهینه‌ی لایه‌های شیشه در نمای دوپوسته در اقلیم گرم و مرطوب ایران است. مواد و روش دست‌یابی به این هدف، استفاده از شبیه‌سازی‌های کامپیوتری (نرم‌افزار فلوئنت) است. در این پژوهش پیکره‌بندی‌های مختلف نمای دوپوسته، مورد بررسی واقع شده‌اند. طی این بررسی‌ها، ساختار دارای عملکرد بهینه در منطقه‌ی آب و هوایی کیش مد نظر بوده است. سه ناحیه متفاوت برای استقراریابی سایه‌اندازها بررسی شد؛ یافته‌های این بررسی به‌صورت نمودارها و کانتورهای نمایش‌دهنده دما و جریان هوا ارایه شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد مناسب‌ترین محل برای استقراریابی ابزار سایه‌انداز، در فضای داخلی و پشت نمای دوپوسته است. همچنین مشخص گردید که نوع مناسب نمای دوپوسته، جهت جلوگیری بهینه از افزایش دمای داخلی، شامل یک لایه شیشه در پوسته‌ی خارجی و یک پنجره با شیشه دوجداره در پوسته‌ی داخلی است. در این نوشتار از روش "تحقیق شبیه‌سازی و مدلسازی" استفاده شده است. در بخشهای شبیه‌سازی نرم‌افزاری وتحلیل عددی نوع تحقیق "کمی" و روش تحقیق "تحلیلی" است و دستیابی به نتایج براساس "استقراء" صورت می‌گیرد.

کلیدواژه‌ها: نماهای دوپوسته، مصرف انرژی، اقلیم گرم، ابزار سایه‌انداز، نرم‌افزار فلوئنت

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۵

*نویسنده مسئول: m_mahmoodi@iau-tnb.ac.ir

مقدمه

یکی از بارزترین وظایف پوسته‌های ساختمان، کنترل انتقال حرارت و جریان هوا بین فضای خارج و محیط داخلی بنا است. این مسئولیت به‌خصوص پس از بحران انرژی و شکست معماری مدرن و سبک بین‌الملل، نقش پررنگ‌تری پیدا کرد. پوسته‌ها ضمن کنترل انتقال حرارت (از طریق بازشوها، پل‌های حرارتی، دریافت ناخواسته انرژی تابشی خورشید) می‌بایست دارای هوابندی مناسبی نیز باشند. هوابندی مناسب بدان معنا که جریان هوا تحت کنترل کاربران بنا باشد.

طراحان ساختمان‌ها از سویی به‌دنبال کاهش جریان هوا و تهویه ناخواسته هستند و از سوی دیگر، تهویه بخشی از نیاز ساختمان و ساکنین بوده و تامین آن اجتناب‌ناپذیر است[1]. آنان همچنین در اقلیمی راه را برای نفوذ هر چه بیشتر پرتوی تابش خورشید باز می‌کنند و در شرایطی دیگر سد راه نفوذ آن می‌شوند. با توجه به این نگرش، لزوم دقت در نوع اقلیم و شرایط آب و هوایی منطقه مورد نظر برای طراحی جداره‌های ساختمان انکارناپذیر است. در اقلیم سرد، جداره‌ها و پوسته‌های بنا، ابزاری در راستای حفظ و دریافت حرارت هستند. در اقلیم گرم، پوسته‌ها در کنار ایجاد تهویه (در ساعاتی که دمای هوای خارج مناسب باشد)، شرایطی را ایجاد می‌کنند که از ورود و دریافت ناخواسته تابش خورشید جلوگیری به عمل آید. تمام این وظایف می‌تواند توسط جداره‌ها (نماها)ی دوپوسته تحقق یابد.

نمای ساختمان، به‌عنوان یک لایه جداکننده میان شرایط آب و هوایی داخل و خارج آن عمل می‌کند. در میان روش‌های گوناگون مورد استفاده برای بهبود عملکرد حرارتی ساختمان، یکی از راه‌حل‌های مطرح، استفاده از نماهای نوین تهویه‌شونده است[2].

کارکرد نماهای دوپوسته (DSF) به‌گونه‌ای است که میزان و زمان تهویه طبیعی ساختمان تحت کنترل کاربران بنا قرار می‌گیرد. ضمن اینکه با نصب و استفاده از ابزار سایه‌انداز می‌توان میزان گرمای حاصل از تابش خورشید را نیز کنترل کرد. یکی از نکات مهم در زمینه استفاده از ابزار سایه‌انداز در نماهای دوپوسته، محل قرارگیری آن است. جای‌گیری‌های مختلف می‌تواند اثر متفاوتی بر میزان حرارت واردشده و همچنین میزان جریان هوای ایجادشده در داخل بنا داشته باشد. از سوی دیگر به‌دلیل آنکه نماهای دوپوسته از دو جداره با پوشش شیشه‌ای بین فضای داخل و خارج تشکیل شده است، تعداد لایه‌های این شیشه‌ها نیز می‌تواند بر میزان دریافت تابش موثر واقع شود.

مبانی نظری: امروزه در دنیا و نیز در ایران، ساختمان‌های دارای نمای تمام شیشه‌ای محبوبیت زیادی بین معماران و سرمایه‌گذاران بناها کسب کرده‌اند. به‌خصوص در ساختمان‌های اداری که عمده کاربری آنها در روز است، این سیستم می‌تواند پتانسیل استفاده از نور طبیعی را در اختیار کاربران قرار دهد.

این مزیت سبب می‌شود تا کاربران بدون مواجهه با معضلات موجود در نماهای تک‌پوسته (تاثیر فشار و سرعت باد، خیرگی ناشی از تابش مستقیم، آلودگی‌های محیطی و غیره) از دریچه‌های بازشو در فضای کار خود بهره‌مند شوند. امکان نصب سایه‌بان‌ها، اتاق‌های داخلی ساختمان را ضمن امکان استفاده از نور روز، از تابش مستقیم خورشید محافظت می‌نماید که این امر موجب کاهش بار سرمایی ساختمان در فصل تابستان می‌شود[3]. در مناطق گرم و حتی در مناطق معتدل آب و هوایی، ساختمان‌های کاملاً شیشه‌ای به‌منظور کاهش بارهای خنک‌کننده، نیاز به ابزار سایه‌انداز دارند. سیستم‌های سایبان‌های خارجی بسیار موثرتر از ابزار سایه‌انداز داخلی هستند. با این حال، دستگاه‌های سایبان خارجی به دلایل مکانیکی، هزینه‌ای و زیبایی‌شناسی از مقبولیت کمتری برخوردارند[4]. این نگرش باعث به داخل کشیده‌شدن سیستم سایه‌انداز در ساختمان‌های تمام‌شیشه‌ای شد. طی رواج ایده نماهای دوپوسته، ابزار سایه‌انداز در داخل حفره هوا مستقر شدند.

یک نمای دوپوسته شامل یک سطح شیشه‌ای خارجی، یک سیستم سایه‌انداز، یک حفره پر از هوا و سیستم دوجداره داخلی است که گاهی اوقات با دیوارهای کدر متحد می‌شود[5].

برای رسیدن به آسایش حرارتی در هر اقلیمی به‌خصوص اقلیم گرم، لازم است سه جانب رعایت شود. اول آنکه محیط داخلی در برابر شرایط اقلیمی نامطلوب خارج حفظ شود. دوم از روش‌های طراحی اقلیمی برای ایجاد شرایط آسایش کاربران بنا حداکثر استفاده به‌عمل آید؛ و در مرحله آخر از تاسیسات و تجهیزات مکانیکی استفاده شود. طراحی اقلیمی روشی برای کاهش همه‌جانبه انرژی ساختمان است. طراحی ساختمان اولین خط دفاعی در مقابل

عوامل اقلیمی خارج بناست. در تمام آب و هواها، ساختمان‌هایی که براساس اصول طراحی اقلیمی ساخته شده‌اند، ضرورت گرمایش و سرمایش مکانیکی را به حداقل می‌رساند و در عوض از انرژی طبیعی موجود در اطراف ساختمان استفاده می‌کنند[6]. با توجه به این نکته جلوگیری از نفوذ گرما از اهداف اولیه‌ی طراح نماهای دوپوسته در اقلیم گرم خواهد بود.

در ماه‌های گرم سال، در مناطق دارای اقلیم گرم، پیکره‌بندی نماهای دوپوسته می‌تواند به‌راحتی باعث یک افزایش دمای بالا و در نتیجه آن افزایش چشمگیر بار خنک‌کنندگی ساختمان شود[7]. در چنین شرایطی، دمای داخل حفره از دمای خارج به مراتب گرم‌تر می‌شود که البته این مشکل را می‌توان با ایجاد تهویه شبانه تا حدودی رفع کرد. در روزهای تابستان دمای داخل حفره حدود ۱ تا ۱۰درجه از دمای خارج گرم‌تر است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که استفاده از ابزار سایه‌انداز در نمای دوپوسته می‌تواند دمای هوا و در نتیجه بار سرمایش را کمتر کند[8]. نمای دوپوسته با دراختیارگذاشتن فضایی تحت کنترل و بسته در مقابل جداره اصلی بنا، گزینه‌های متفاوتی را برای جانمایی سایبان‌ها در مقابل طراحان ساختمان قرار می‌دهد. مکان‌یابی مناسب آن از اهداف این نوشتار است.

پیشینه تحقیق: *هاشمی* و همکاران در سال ۲۰۱۰ در مقاله‌ای با عنوان "رفتار حرارتی نمای دوپوسته دارای تهویه در اقلیم گرم و خشک" به بررسی عملکرد ساختمان دیوان عدالت اداری در تهران (اقلیم گرم و خشک) پرداختند. این مطالعه نشان می‌دهد در روزهای گرم تابستان دمای داخل حفره از دمای خارج به مراتب گرم‌تر می‌شود که البته این مشکل را می‌توان با ایجاد تهویه شبانه تا حدودی رفع کرد. در هر صورت بارهای گرمایشی و سرمایشی هر دو، در ساختمان با نماهای دوپوسته کمتر از ساختمان با نمای معمولی است و بیان می‌شود که در اقلیم گرم و خشکی مانند تهران استفاده از ابزارهای سایه‌انداز در فضای حفره الزامی به نظر می‌رسد و می‌تواند به کاهش بار سرمایشی کمک فراوانی کند[8].

در مقاله *گراتیا* و *هرده* با عنوان "اثر گلخانه‌ای در نماهای دوپوسته" به بررسی عواملی که اثر گلخانه‌ای را تحت تاثیر قرار می‌دهند، پرداخته شده است. پارامترهای مشخص، سطح تابش خورشید، جهت‌گیری و استفاده از ابزار سایه‌انداز، نسبت پنجره/دیوار در نمای داخلی، سرعت باد، رنگ ابزار سایه‌انداز و نمای داخلی و بازشوها در نمای دوپوسته هستند. تاثیر این پارامترها بر تحول میانگین دمای هوا در حفره تجزیه و تحلیل شد. پس از آن، مقاله به این سوال پاسخ داد که آیا اثر گلخانه‌ای مطلوب است؟[9].

در مقاله *جیرو* و *حقیقت* روش و برنامه‌های کاربردی مدل‌سازی منطقه‌ای نماهای دوپوسته با پرده کرکره مورد بحث قرار گرفت. مطالعه پارامتری به منظور ارزیابی تاثیر ارتفاع حفره (H) ، دبی جرمی ورودی (Mo)، وجود پرده کرکره بر تفاوت دمای ورودی و خروجی انجام شد. نتایج نشان داد که تاثیر تغییر ارزش هر پارامتر در طول روز نسبت به طول شب بیشتر آشکار می‌شود. افزایش H و حضور پرده کرکره باعث افزایش تفاوت دمای ورودی و خروجی می‌شود، اما افزایش Mo باعث کاهش آن می‌شود[10].

بالدینلی درمقاله‌ای با عنوان "نماهای دوپوسته برای نواحی با آب و هوای گرم: آنالیز یک راه حل با سیستم سایه‌بان مجزای متحرک" بررسی کرد که چگونه نماهای دوپوسته در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی در تابستان و زمستان موثر هستند. در این مقاله یک نمای دوپوسته مجهز به سیستم یکپارچه سایه‌انداز متحرک مورد بررسی قرار گرفت. مطالعه رفتار ترمودینامیک آن، نشان‌دهنده عملکرد خوب آن در شرایط تابستانی و زمستانی بود. این سایبان‌های متحرک در زمستان اجازه ورود نور و گرمای خورشید را داده اما گرما در تابستان توسط بخش خارجی جذب شده وتاثیر قابل توجهی بر پوسته داخلی ندارد و کاهش بار سرمایشی را موجب می‌شود[11].

عوامل تاثیرگذار بر عملکرد نماهای دوپوسته: عملکرد نماهای دوپوسته در راستای ایجاد شرایط حرارتی و آسایشی مناسب، تحت تاثیر عوامل متعددی است. این عوامل از یک سو به نوع پیکربندی و ساختار نما مربوط می‌باشد واز سوی دیگر به منطقه و اقلیم مورد نظر وابسته است. به‌طور کلی مهم‌ترین این عوامل به شرح زیر است:

- نوع جریان هوا
- عمق حفره هوا
- تعداد لایه‌های شیشه
- جانمایی ابزار سایه‌انداز
- ارتفاع حفره هوا
- عرض جغرافیایی و در نتیجه آن میزان تابش خورشید

مواد و روش‌ها

همان طور که در بخش قبل اشاره شد، عوامل متعددی بر کارآیی و عملکرد نماهای دوپوسته تاثیرگذار هستند. بدون شک درنظرنگرفتن هریک از این عوامل می‌تواند کارآیی این نماها را مختل نماید. در این نوشتار عملکرد این نماها در اقلیم گرم و مرطوب جزیره کیش مورد نظر است. از آنجا که بررسی تمامی عوامل یادشده از اهداف این پژوهش نیست، طرح شماتیک مورد نظر از شرایط خاصی برخوردار است.

پیش‌بینی عملکرد یک نمای دوپوسته به‌طور کامل، تلاش بی‌حاصلی خواهد بود، زیرا دما و جریان هوا از بسیاری از فرآیندهای حرارتی، اپتیکی و جریان سیال به‌طور همزمان حاصل می‌شود که در تعامل و بسیار دینامیک (پویا) هستند. این فرآیندها به خواص هندسی، حرارت، فیزیکی و آیرودینامیکی اجزای مختلف دوجداره و خود ساختمان بستگی دارد. دمای داخل دفاتر، درجه حرارت محیط، سرعت باد، جهت باد، انتقال و جذب تابش خورشیدی و زاویه برخورد، که هرکدام بسیار موقت هستند، بر نیروهای اصلی اثر می‌کنند. تمام این موارد به‌طور معمول موجب جریان هوای بسیار نامناسب می‌شود[4].

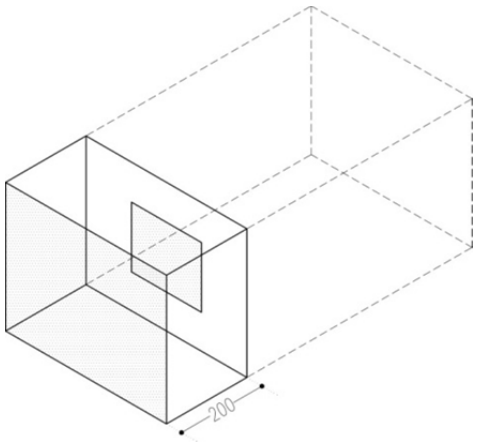
یکی از مهم‌ترین عوامل در بهره‌وری نماهای دوپوسته، نوع تهویه هواست، که با توجه به شرایط جغرافیایی و اقلیمی و نیز با توجه به سرمایش و گرمایش مورد نیاز ساختمان انتخاب می‌شود. در این پژوهش به‌دلیل آنکه جریان هوا بر اثر ایجاد تهویه در نما، در نظر گرفته نمی‌شود، نما از نوع بافر انتخاب شده است. در نما از نوع بافر، هوا در حفره جریان ندارد بلکه تنها به‌عنوان یک لایه بین فضای داخل و فضای خارج استفاده می‌شود. از دیگر عوامل تاثیرگذار بر عملکرد نماهای دوپوسته، عمق حفره هواست. به‌دلیل آنکه بررسی عمق مناسب از اهداف این نوشتار نیست، با توجه به نتایج رساله دکترا و مقاله *روسادی* با عنوان " مطالعه در مورد افزایش گرمای خورشیدی و انتقال حرارتی نمای دوپوسته شرق و غرب در آب و هوای گرم و مرطوب"[12] عمق حفره هوا به‌طور ثابت در تمام پیکره‌بندی‌ها، ۲۰۰۰میلی‌متر در نظر گرفته شده است.

طرح شماتیک مورد نظر، شامل یک واحد به عرض ۶متر، عمق ۵متر و ارتفاع ۳متر است که در جزیره کیش با اقلیم گرم و مرطوب واقع شده است (شکل ۱).

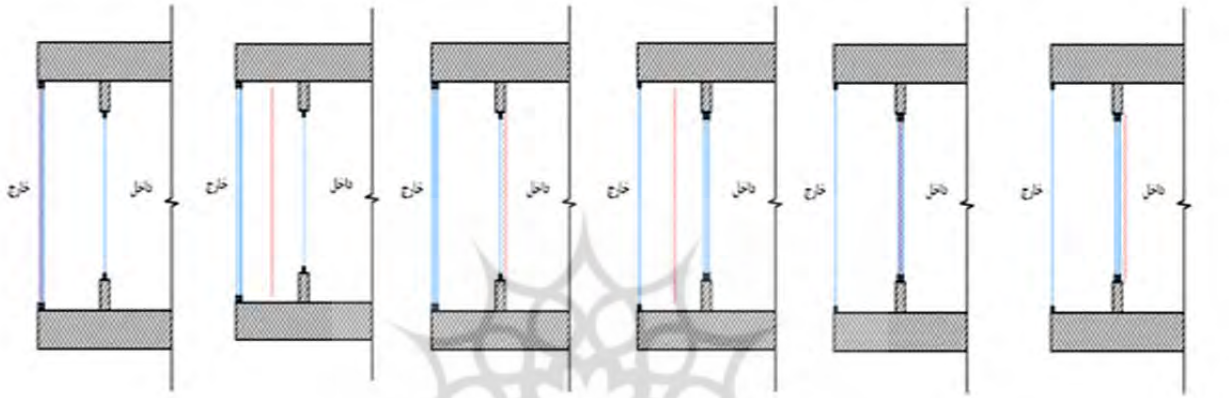
در این بررسی ۶ پیکره‌بندی در نظر گرفته شده است، که در آنها

تعداد لایه‌های شیشه برابر ۳ لایه است، با این تفاوت که در ۳ پیکره‌بندی (۱ تا ۳) جداره خارجی دارای ۲ لایه شیشه و پنجره داخلی تک‌لایه است، و در ۳ پیکره‌بندی دیگر (۴ تا ۶) جداره خارجی یک لایه شیشه و پنجره پوسته داخلی از نوع دوجداره است (شکل ۲). در پیکره‌بندی شماره ۱ ابزار سایه‌انداز در پوسته خارجی و بین دو لایه شیشه قرار گرفته است. در پیکره‌بندی‌های شماره ۲ و ۴ سایه‌بان‌ها در داخل حفره هوا و بین دو پوسته مستقر شده‌اند. در پیکره‌بندی‌های شماره ۳ و ۶ ابزار سایه‌انداز به فضای داخلی منتقل شده و در پشت پنجره پوسته داخلی قرار گرفته است. در پیکره‌بندی شماره ۵ ابزار سایه‌انداز بین دو لایه شیشه جداره داخلی واقع شده است.

با توجه به ترکیب لایه‌ها، ابزار سایه‌انداز در ۶ محل متفاوت جانمایی شده‌اند که در جدول ۱ مشاهده می‌شود.



شکل ۱) طرح شماتیک مورد بررسی



شکل ۲) ۶ پیکره‌بندی موردبررسی

جدول ۱) ساختار پیکربندی‌ها

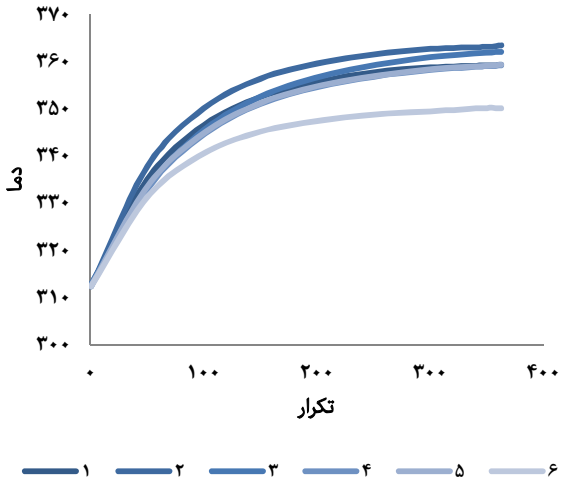
ساختار مورد بررسی	عمق حفره‌هوا (میلی‌متر)	شیشه خارجی	شیشه داخلی	فاصله هوابندی	محل سایه‌انداز
پیکره‌بندی ۱	۲۰۰۰	دو لایه شیشه ٦میلی‌متری	یک لایه شیشه ٤میلی‌متری	۱۲میلی‌متر آرگون	بین دو لایه شیشه خارجی
پیکره‌بندی ۲	۲۰۰۰	دو لایه شیشه ٦میلی‌متری	یک لایه شیشه ٤میلی‌متری	۱۲میلی‌متر آرگون	بین دو جداره
پیکره‌بندی ۳	۲۰۰۰	دو لایه شیشه ٦میلی‌متری	یک لایه شیشه ٤میلی‌متری	۱۲میلی‌متر آرگون	درون اتاق
پیکره‌بندی ٤	۲۰۰۰	یک لایه شیشه ۸میلی‌متری	دو لایه شیشه ٤میلی‌متری	۱۲میلی‌متر آرگون	بین دو جداره
پیکره‌بندی ٥	۲۰۰۰	یک لایه شیشه ۸میلی‌متری	دو لایه شیشه ٤میلی‌متری	۱۲میلی‌متر آرگون	بین دو لایه شیشه داخلی
پیکره‌بندی ٦	۲۰۰۰	یک لایه شیشه ۸میلی‌متری	دو لایه شیشه ٤میلی‌متری	۱۲میلی‌متر آرگون	درون اتاق

اعداد به‌دست‌آمده از آزمایش، مربوط به ظهر گرم‌ترین روز سال (۱۰ تیر) است. در این پژوهش، تنها اثر جانمایی ابزار سایه‌انداز و نحوه چیدمان ۳ جداره روی میزان حرارت فضای داخلی مورد نظر است؛ که به‌وسیله نرم‌افزار فلوئنت اندازه‌گیری شده است.

امروزه شبیه‌سازی به‌عنوان روشی متداول در بررسی رفتار عوامل گوناگون بر میزان مصرف انرژی ساختمان مورد استفاده محققان علوم ساختمانی قرار گرفته است. در این میان نرم‌افزارهای گوناگون با قابلیت‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند که این نرم‌افزارها می‌بایست توسط تحقیقات میدانی و آزمایشگاهی اعتبارسنجی شوند[13]. یکی از مرسوم‌ترین این نرم‌افزارها، فلوئنت است. پارامترهای خروجی از نرم‌افزار به‌طور مستقیم، دمای نقاط مختلف فضای داخلی و حفره هوا را نشان می‌دهند. همچنین در قسمت بعدی، میزان جریان هوا بدون اثر دستگاه‌های مکانیکی و همچنین بدون ایجاد تهویه در نما، در داخل فضا دیده می‌شود. از آنجا که شبیه‌سازی و دریافت نتیجه از نرم‌افزار فلوئنت به‌صورت لحظه‌ای انجام می‌گیرد، لازم است آزمایش به‌طور متناوب تکرار شود. زمانی که نتیجه به حالت ثابت رسید، عدد مورد نظر می‌تواند به‌عنوان پارامتر نهایی در نظر گرفته شود.

یافته‌ها

نمودار دمایی: در نمودار ۱، مقایسه دمایی حالت‌های مختلف مورد بررسی، دیده می‌شود. در این نمودار، محور عمودی نشان‌دهنده دمای داخل اتاق بر حسب درجه کلوین و نمودار افقی، تعداد تکرار آزمایش است. در این شیوه از بررسی لازم است آزمایش تا رسیدن به دمای ثابت تکرار شود. دمای به‌دست‌آمده در حالت ثابت، دمای نهایی فضا در شرایط مورد آزمایش است. به‌عنوان مثال، همان گونه که دیده می‌شود در حالت (پیکره‌بندی) ششم دمای اولیه اتاق از ۳۱۲درجه کلوین شروع می‌شود و درنهایت در دمای ۳۴۹/۷۵درجه کلوین ثابت می‌شود. نتیجه گرفته می‌شود که دمای فضای مورد آزمایش تحت شرایط ذکرشده ۳۴۹/۷۵درجه کلوین خواهد بود.

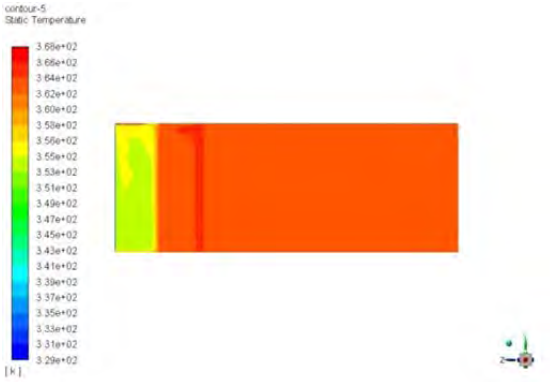


نمودار ۱) مقایسه دمایی ۶ پیکره‌بندی

کانتور دما در مقطع عرضی: شکل‌های ۳ تا ۸ کانتور دما در مقاطع عرضی پیکره‌بندی‌های شش‌گانه را نمایش می‌دهند. همان گونه که دیده می‌شود در کنار هر یک از این کانتورها نموداری وجود دارد که با توجه به آن می‌توان دمای نقاط مختلف فضای داخلی و حفره هوا (فضای بین دوجداره) و مرز بین این دو فضا را مشاهده و استخراج نمود. همچنین با توجه به این نمودار می‌توان محل حداقل و حداکثر دمای پیکره‌بندی‌ها را مشخص کرد.

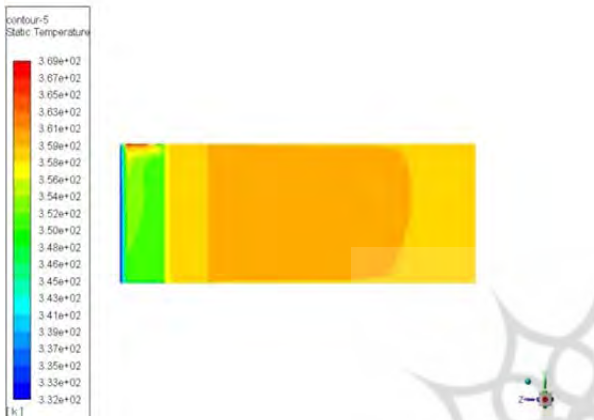
در این شکل‌های محور X بر عرض اتاق، محور Y بر ارتفاع اتاق و محور Z بر عمق اتاق به‌همراه عمق حفره هوا منطبق است. در نتیجه کانتور دما در مقطع عرضی، نشان‌دهنده دما در صفحه‌ای مجازی در راستای صفحه YZ است.

شکل ۳) کانتور دما در مقطع عرضی حالت اول



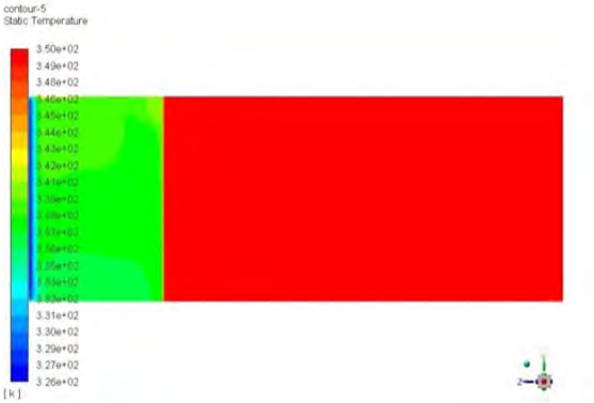
شکل ۴) کانتور دما در مقطع عرضی حالت دوم

شکل ۵) کانتور دما در مقطع عرضی حالت سوم



شکل ۶) کانتور دما در مقطع عرضی حالت چهارم

شکل ۷) کانتور دما در مقطع عرضی حالت پنجم



شکل ۸) کانتور دما در مقطع عرضی حالت ششم

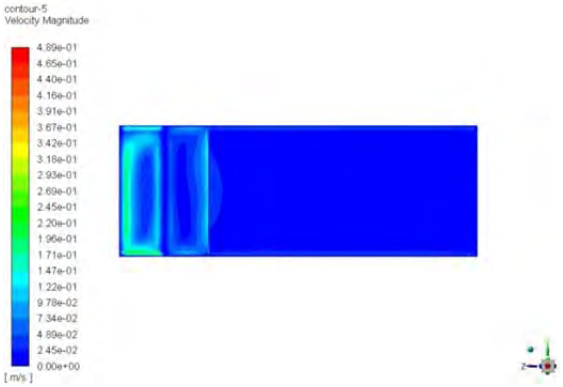
سرعت هوا در مقطع عرضی: شکل‌های ۹ تا ۱۴ سرعت هوا در مقاطع عرضی پیکره‌بندی‌های شش‌گانه را نمایش می‌دهند. در کنار هر یک از این کانتورها نموداری وجود دارد که با توجه به آن می‌توان سرعت هوا در نقاط مختلف فضای داخلی و حفره هوا (فضای بین دوجداره) را مشاهده و استخراج نمود. همچنین با توجه به این نمودار می‌توان محل حداقل و حداکثر سرعت هوا در پیکره‌بندی‌ها را مشخص کرد.

در این شکل‌های محور X بر عرض اتاق، محور Y بر ارتفاع اتاق و محور Z بر عمق اتاق به‌همراه عمق حفره هوا منطبق است. در نتیجه کانتور سرعت هوا در مقطع عرضی، نشان‌دهنده سرعت در صفحه‌ای مجازی در راستای صفحه YZ است.

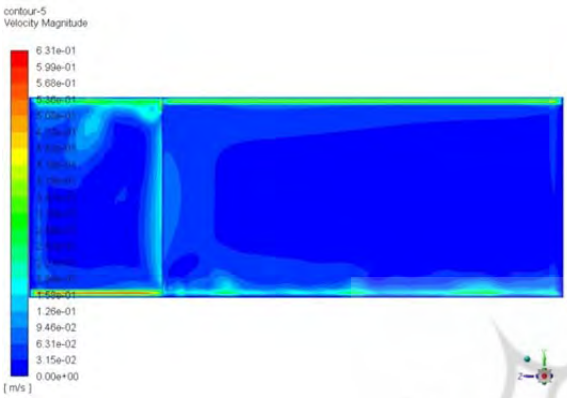
شکل ۹) سرعت هوا در مقطع عرضی حالت اول

شکل ۱۰) سرعت هوا در مقطع عرضی حالت دوم

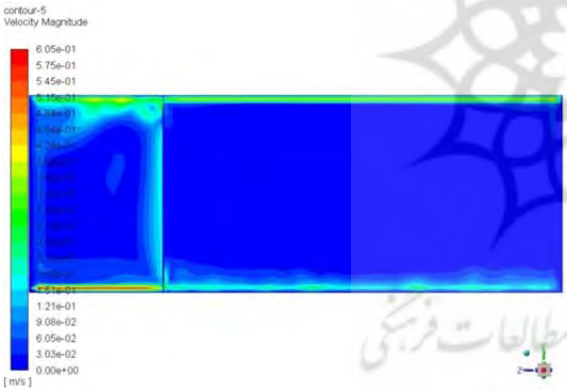
شکل ۱۱) سرعت هوا در مقطع عرضی حالت سوم



شکل ۱۲) سرعت هوا در مقطع عرضی حالت چهارم



شکل ۱۳) سرعت هوا در مقطع عرضی حالت پنجم



شکل ۱۴) سرعت هوا در مقطع عرضی حالت ششم

نتیجه‌گیری

در جریان دست‌یابی به ساختمان بهینه از لحاظ مصرف انرژی، میزان دریافت و حفظ، یا عدم دریافت گرمای تابشی خورشید، یکی از مسایل اصلی و مورد توجه طراحان و معماران و همچنین سرمایه‌گذاران و کاربران ساختمان است. برای نیل به این هدف درنظرگرفتن اقلیم و شرایط آب و هوایی منطقه مورد نظر از اهمیت زیادی برخوردار است. در شرایط اقلیمی گرم و مرطوب، حفظ ساختمان از دریافت انرژی گرمایی خورشید، از اقدامات اولیه، در راستای ایجاد آسایش حرارتی ساکنان و کاربران محسوب می‌شود. تلاش‌ها در این راستا، به استفاده از سایبان‌های خارجی و ابزار سایه‌انداز داخلی می‌انجامد، که همان گونه که در بخش‌های گذشته ذکر شد، سایبان‌های خارجی عملکرد بهتری دارند اما به دلایلی همچون هزینه نگهداری و زیبایی شناسی با اقبال کمتری مواجه هستند.

نماهای دوپوسته، استفاده از ابزار سایه‌انداز را در محل‌های مختلف امکان‌پذیر می‌کنند. همچنین نوع ترکیب سه‌لایه شیشه به‌کاررفته در نماهای دوپوسته می‌تواند بر میزان جذب و دریافت گرمای تابشی خورشید موثر باشد.

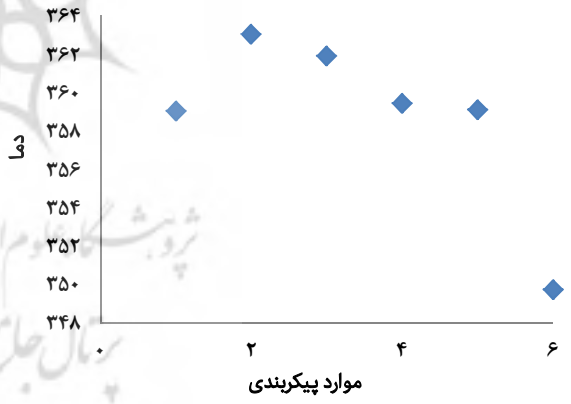
بر این اساس، در این مقاله، ۶ پیکره‌بندی معرفی و توسط نرم‌افزار فلوئنت بررسی شد. آزمایش مورد نظر تحت شرایط دمایی و زاویه تابش خورشید در جزیره کیش و در گرم‌ترین روز سال (۱۰تیر) انجام شد. سپس دمای فضای داخلی در هر ۶ پیکره‌بندی اندازه‌گیری شد (بدون استفاده و درنظرگرفتن تهویه طبیعی و مکانیکی و سیستم‌های سرمایشی). جدول ۲ نتایج حاصل از شبیه‌سازی پیکره‌بندی‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲) نتایج حاصل از شبیه‌سازی پیکره‌بندی‌ها

پیکره‌بندی	۱	۲	۳	٤	٥	٦
دما (درجه کلوین)	۳۵۹/۰٦	۳٦۳/۰۸	۳٦۱/۹٥	۳٥۹/٤۸	۳٥۹/۱۲	۳٤۹/۷٥

همان گونه که نمودار مقایسه‌ای ۲ نمایش می‌دهد، بهترین پیکره‌بندی از لحاظ دریافت کمتر انرژی گرمایشی خورشید، حالت ششم است. در پیکره‌بندی ششم، جداره خارجی دارای یک لایه شیشه ۸میلی‌متری و پنجره جداره داخلی دارای دولایه شیشه ۴میلی‌متری و فاصله هوابندی ۱۲میلی‌متر آرگون است. همچنین در این پیکره‌بندی ابزار سایه‌انداز در داخل اتاق و پشت نمای دوپوسته واقع شده است.

همچنین شکل‌های ۹ تا ۱۴ (کانتور سرعت هوا در مقطع عرضی) نشان می‌دهند که پیکره‌بندی ۶، قادر به ایجاد جریان هوای بیشتری در فضای داخلی و همچنین حفره هوا است، که از الزامات طراحی ساختمان در منطقه گرم و مرطوب است.



نمودار ۲) مقایسه دمای فضای داخلی پیکره‌بندی‌ها

تشکر و قدردانی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.
تاییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.
تعارض منافع: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.
سهم نویسندگان: سیده‌دل‌افروز هود (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر اصلی/نگارنده بحث (۴۵%)؛ مهناز محمودی‌زرندی (نویسنده دوم)، روش‌شناس/تحلیلگر آماری/نگارنده بحث (۴۵%)؛ سعید کامیابی (نویسنده سوم)، پژوهشگر کمکی (۱۰%).
منابع مالی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

1- Mohammadi M, Heidari Sh. Air flow window an effective element in reduction of buildings' energy consumption in Tehran. Honar-Ha-Ye-Ziba. 2015;20(2):13-22. [Persian]
2- Saghafi MJ, Tavassoli N. The effect of the ventilated air layer in the new open joint facade on energy performance of the building. Naqshe-Jahan. 2016;6(3):5-14. [Persian]
3- Afshinmehr V, Aref F, Shanehsaz M. A numerical analysis of double skin facades in summer. Naqshe-Jahan. 2015;5(2):77-85. [Persian]
4- Hensen J, Bartak M, Drkal F. Modeling and simulation of a double-skin façade system. ASHRAE Trans. 2002;108(2):1251-9.
5- Ding W, Hasemi Y, Yamada T. Natural ventilation performance of a double skin facade with a solar chimney. Energy Build. 2005;37(4):411-8.
6- Mahmoodi M, Nivi S. The process of climate technology development with a sustainable development approach. Naqshe-Jahan. 2011;1(1):35-52. [Persian]
7- Gratia E, De Herde A. Natural cooling strategies efficiency in an office building with a double-skin façade. Energy Build. 2004;36(11):1139-52.
8- Hashemi N, Fayaz R, Sarshar M. Termal behavior of a ventilated double skin facade in hot arid climate. Energy Build. 2010;42(10):1823-32.
9- Gratia E, De Herde A. Greenhouse effect in double-skin facade. Energy Build. 2007;39(2):199-211.
10- Jiru TE, Haghighat F. Modeling ventilated double skin façade-A zonal approach. Energy Build. 2008;40(8):1567-76.
11- Baldinelli G. Double skin façades for warm climate regions: Analysis of a solution with an integrated movable shading system. Build Environ. 2009;44(6):1107-18.
12- Mulyadi R, Yoon G, Okumiya M. Study on solar heat gain and thermal transmittance of east and west facing double skin façade in hot and humid climate. AIJ J Technol Des. 2012;18(40):989-94.
13- Ghanbaran A, Hosseinpour MA. Assessment of design parameter influence on energy efficiency in educational buildings in Tehran's climate. Naqshe-Jahan. 2016;6(3):51-62. [Persian]