

بررسی رفتار حرارتی نماهای دو پوسته در اقلیم شهر تهران^۱

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۲۷

تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۴/۲۷

چکیده: پوسته ساختمان به عنوان جداکننده فضای داخلی و محیط خارجی، نقش مهمی در رفتار حرارتی ساختمان دارد. این بخش از ساختمان به عنوان مهم ترین منبع دریافت نور و انرژی خورشیدی، بر گرمایش و سرمایش، تهویه تعدمی و ناخواسته، کنترل نوفه های صوتی، کیفیت طراحی و اجرا و ابعاد زیبایی شناسی، تأثیر قابل توجهی در مقایسه با سایر اجزای ساختمان دارد. ایده های نوین طراحی، به پوسته ساختمان به عنوان حائلی که موجب ایجاد تعادل بین فضای داخلی و محیط خارجی ساختمان می گردد، نگاه می کند. یکی از این ایده ها استفاده از نماهای دو پوسته است. به منظور بررسی کارایی ایده نمای دو پوسته در اقلیم شهر تهران، یک ساختمان اداری در گزینه های مختلف با و بدون نمای دو پوسته مدل سازی و عملکرد انرژی آن به وسیله نرم افزار شبیه سازی EQUEST شبیه سازی گردید. در این شبیه سازی، تأثیر عوامل لایه بندی نما، شفافیت و جهت نما بر نیاز انرژی سیستم HVAC ساختمان مقایسه گردید. بر اساس نتایج شبیه سازی می توان گفت که استفاده از نمای دو پوسته در مقایسه با نمای تک-پوسته، منجر به کاهش ۱۶ الی ۲۰٪ مصرف انرژی سیستم HVAC^۱ ساختمان می گردد.

واژگان کلیدی: نمای دو پوسته، شبیه سازی، رفتار حرارتی نما، پوسته ساختمان، عملکرد انرژی ساختمان.

Assessment of Thermal Behavior of Double Skin Façade in the Climate of Tehran

Abdolhamid Ghanbaran¹, Amin Hosseinpour²

1- Assistant Professor, Faculty of Architecture and Urbanism, Shahid Rajaiee Teacher Training University

2- MS Architecture Graduate, Faculty of Architecture and Urbanism, Shahid Rajaiee Teacher Training University

Abstract

The layer of the building as a separator of the interior and exterior environments plays an important role in thermal behavior of the building. Compared to the other parts of building, the façade has a significant effect in terms of solar heat gain, day lighting, ventilation, infiltration, thermal load control, noise control, design quality and aesthetic dimensions.

New concepts of façade design; turned the building façade to a barrier between the interior and exterior environments. One of these concepts is double skin façade. To assess the performance of double skin façade in the climate of Tehran, an office building is modeled both with and without double skin façade with the building energy simulation program E-QUEST. In these simulations, the effect of façade layering, transparency and orientation on energy demand of HVAC system have been compared and contrasted. The results show that the energy demand of HVAC system reduces about 16 to 20 % by using a double skin façade compared to a single skin façade. However, to improve the energy performance of the façade, one has to consider other important design parameters in façade design such as ventilation, control strategy, shading devices, etc.

Keywords: Double skin façade; Simulation; Thermal behavior of façade; Building envelope; Energy performance of the building

¹ -Heating, Ventilation, and Air Conditioning



۱- مقدمه

پوسته ساختمان به عنوان جداکننده فضای داخلی و محیط خارجی ساختمان، نقش مهمی در رفتار حرارتی ساختمان دارد. این بخش از ساختمان به عنوان مهم‌ترین منبع دریافت نور و انرژی خورشیدی، بر گرمایش و سرمایش، تهویه تعدمی و ناخواسته، کنترل نوفه‌های صوتی، کیفیت طراحی و اجرا و ابعاد زیبایی‌شناسی، تأثیر قابل توجهی در میان سایر اجزای ساختمان دارد (Yellamraju, 2004).

پوسته ساختمان به شکل سنتی به عنوان حائلی بین فضای داخلی و شرایط آب و هوایی متغیر خارجی ساختمان بوده است و ارزیابی عملکرد آن با توجه به توانایی تفکیک فضای داخلی و خارجی ساختمان صورت می‌گرفته است، در حالی که ایده‌های نوین طراحی، به پوسته ساختمان به عنوان حائلی که موجب ایجاد تعادل بین فضای داخلی و محیط خارج ساختمان می‌گردد، نگاه می‌کند (McClintock, 1997).

امروزه راه‌کارهای متنوعی برای بهره‌گیری از نمای ساختمان به عنوان عاملی جهت صرفه‌جویی انرژی در حال توسعه و شکل‌گیری است. در این میان توجه به اقلیم ساختمان، مهم‌ترین عامل در تعیین رفتار بهینه نماست.

در اقلیم‌های گرمی مانند بسیاری از شهرهای کشورمان، یکی از اهداف اصلی نما می‌بایست کاهش کسب حرارت خورشیدی در فصل گرما باشد. برای رسیدن به این هدف، راهکارهای متنوعی مانند استفاده از سایه‌بان‌های داخلی و خارجی، فناوری‌های پیشرفته، نماهای شیشه‌ای، سامانه‌های تهویه‌ای فعال و غیر فعال و نمای دوپوسته مطرح است که هر یک از این راهکارها به نحوی ما را در رسیدن به این هدف یاری می‌کنند (Hmaza, 2008).

در چنین شرایطی، نماهای دوپوسته به عنوان راه حلی مناسب در طراحی ساختمان‌های اداری در طی ۲۰ سال گذشته مطرح گردیده است (Poirazis, 2004). نمای دوپوسته از دوپوسته غالباً شیشه‌ای که به‌وسیله دالانی از هوا از هم جدا می‌شوند، تشکیل می‌شود. این دالان هوا در نقش عایق حرارتی و صوتی خواهد بود.

اجزای سایه‌انداز هم جهت محافظت در برابر عوامل اقلیمی در این فضا قرار می‌گیرند. در فصل گرما، هوا در حفره میانی گرم می‌شود و می‌بایست به کمک تهویه طبیعی و یا مکانیکی از این فضا خارج گردد؛ اما در فصل سرما از این هوای گرم شده می‌توان به عنوان هوای گرم مورد نیاز سیستم گرمایش بهره‌برداری نمود. همچنین در فصل سرما این لایه حائل می‌تواند باعث کاهش هدر رفتن گرمای فضای داخلی شود (Ding, 2005). علاوه بر این وجود این منطقه حائل از ساختمان در برابر آلودگی‌های صوتی، جریان‌های شدید باد، آلودگی‌های جوی و ... محافظت می‌کند و ضمن ایجاد شرایط لازم جهت تهویه طبیعی و تهویه شبانه، منجر به کاهش مصرف انرژی ساختمان در فصول مختلف خواهدگردید (Hien, 2005).

بهره‌گیری از نماهای دوپوسته در ساختمان‌های اداری مزایا و معایبی به همراه خواهد داشت. از مزایای آن می‌توان به عایق حرارتی مناسب، امکان بهره‌گیری از تهویه شبانه، عایق‌بندی آکوستیکی، کاهش اثر منفی فشار ساختمان‌های بلندمرتبه، شفافیت معماری، محافظت از سایه‌اندازها و سیستم نورپردازی و امکان بهره‌گیری از تهویه طبیعی نام برد. در مقابل مواردی چون کاهش سطح مفید ساختمان، محافظت در برابر حریق و هزینه‌های بالاتر اجرایی و نگهداری، از معایب این ایده به شمار می‌رود (Poirazis, 2004). با توجه به تمایل کارفرمایان به معماری شفاف در ساختمان‌های اداری از یک‌سو و هزینه‌های بالای انرژی در ساختمان‌های شیشه‌ای از سوی دیگر، ایده نماهای دوپوسته به عنوان راهکاری موفق در ساختمان‌های اداری کشورهای توسعه‌یافته در حال بهره‌برداری است. نکته مهم دیگری که موجب اقبال نماهای دوپوسته در طراحی ساختمان‌های اداری گردیده، الگوی بهره‌برداری ویژه این نوع ساختمان‌هاست که فقط در طول روز مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این رو در ساعات اولیه روز با افزایش بار در سیستم‌های تأسیساتی مواجه خواهند شد، در حالی که نماهای دوپوسته با امکان



الف



ج



ب

تصویر ۱- ساختمان "دروازه شهر دوسلدورف"

الف) نمای جنوبی (ب) فضای حفره میانی بین دو جداره (ج) دید از فضای داخلی
منبع: (LBNL – <http://gaia.lbl.gov/hpbf/picture/casestudy/dusseldorf/building.jpg>)

سلکوویتز در تحقیقی ضمن شبیه‌سازی نمای دوپوسته اشاره می‌کند که یک نمای دوپوسته می‌تواند ضمن ایجاد شرایط آسایش ساکنان، مصرف انرژی ساختمان را نیز کاهش می‌دهد. سیستم‌های شیشه‌ای پیشرفته می‌توانند در ترکیب با ایده نمای دوپوسته ضمن محافظت از ساختمان در برابر اشعه مزاحم آفتاب، باعث بهبود کیفیت هوا، کاهش بار سرمایش و گرمایش و هزینه‌های بهره‌برداری از ساختمان گردد. نکته مهم در طراحی نمای دوپوسته این است که می‌بایست ضمن ایجاد چشم‌انداز مناسب، از ایجاد اثر نامطلوب خیرگی نیز جلوگیری کرد. هم‌چنین بهره‌مندی هرچه بیشتر از نور روز باعث افزایش بار سرمایش و گرمایش ساختمان خواهد شد (Selkowitz, 2001).

در تحقیقی دیگر هوسگن سعی می‌کند با شبیه‌سازی نمای دو پوسته، مناسب بودن این ایده را بررسی نماید. در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار ESP-r نمای تک‌پوسته و دوپوسته شبیه‌سازی شده است. این مقاله نشان می‌دهد که در طراحی نمای دو پوسته، می‌توان

برقراری تهویه شبانه در ساختمان، به مقدار زیادی از این بار خواهند کاست (Poirazis, 2004).

تحقیقات شبیه‌سازی زیادی در زمینه بررسی رفتار نماهای دوپوسته انجام پذیرفته است. تحلیل رفتار مصرف انرژی، خصوصاً در دفاتر اداری با سیستم تهویه مطبوع، به دلیل عوامل تأثیرگذار متعددی از جمله اقلیم، خصوصیات فیزیکی ساختمان، سیستم تهویه مطبوع و مداخلات کاربران، بسیار پیچیده است. عملکرد انرژی ساختمان وابسته به طراحی بافت ساختمان، الگوی بهره‌برداری از ساختمان، جداول زمانی بهره‌برداری از ساختمان و شرایط غالب اقلیمی است (Ding, 1984).

هنسن و همکاران در تحقیقی نشان می‌دهند که شبیه‌سازی نمای دوپوسته شامل بررسی عواملی چون دما و نوسانات جریان هوا است که با تحلیل مناسب این عوامل و ارائه راه‌حل‌های مناسب با توجه به شرایط خاص پروژه، می‌توان بار سرمایش و گرمایش ساختمان را کاهش داد (Hensen, 2002).

تا ۲۰٪ از هزینه انرژی گرمایش ساختمان را کاهش داد (Hoseggen, 2008).

گراتیا نیز در تحقیقی ضمن شبیه‌سازی نمای دوپوسته و بررسی رفتار آن در یک روز آفتابی، اشاره می‌کند که اگر نمای دوپوسته در جهت جنوبی بنا قرار گیرد و تهویه نشود، در صورتی که از لوور استفاده نشود، دمای حفره میانی ممکن است تا ۴۷ درجه سانتی‌گراد بالا رود که در صورت وجود لوورها این دما تا ۵۲ درجه سانتی‌گراد نیز بالا خواهد رفت. با توجه به اثر گلخانه‌ای که موجب ایجاد شرایط نامناسب در ساختمان می‌گردد، توجه به تهویه حفره میانی اهمیت بالایی خواهد داشت (Gratia, 2004).

بخش عمده مطالعات و پروژه‌های انجام شده در زمینه نماهای دوپوسته با موضوع آسایش حرارتی و صرفه‌جویی انرژی، عموماً در اقلیم‌های سرد اروپایی و شمال آمریکا انجام گرفته است. در این تحقیقات تأثیرات به‌کارگیری این سیستم‌ها بررسی و نتایج آن منتشر گردیده است. در عین حال تاکنون تأثیر استفاده از این‌گونه نماها در اقلیم‌های گرمی همچون اقلیم کشورمان، به‌صورت کامل مورد مطالعه قرار نگرفته است. این تحقیق سعی می‌کند رفتار نمای دوپوسته در اقلیم شهر تهران را شبیه‌سازی کرده و تأثیر این نما بر رفتار حرارتی پوسته ساختمان را تحلیل کند. نتایج حاصل از این تحقیق، راهنمایی برای طراحی نمای دوپوسته در اقلیم شهر تهران خواهد بود.

۲- روش تحقیق

در این تحقیق جهت بررسی رفتار حرارتی نماهای دوپوسته، از روش شبیه‌سازی استفاده شده است. در این راستا به منظور بررسی سوالات و فرضیات تحقیق به کمک ابزار شبیه‌سازی، تأثیر گونه‌های مختلف نمای شیشه‌ای بر مصرف انرژی ساختمان سنجیده شده است.

نخستین گام در روند این تحقیق جمع‌آوری اطلاعات مورد مطالعه در تحقیق است. این اطلاعات شامل اطلاعات آب و هوایی شهر تهران و اطلاعات مربوط به ساختمان مورد مطالعه است. اطلاعات آب و هوایی شهر

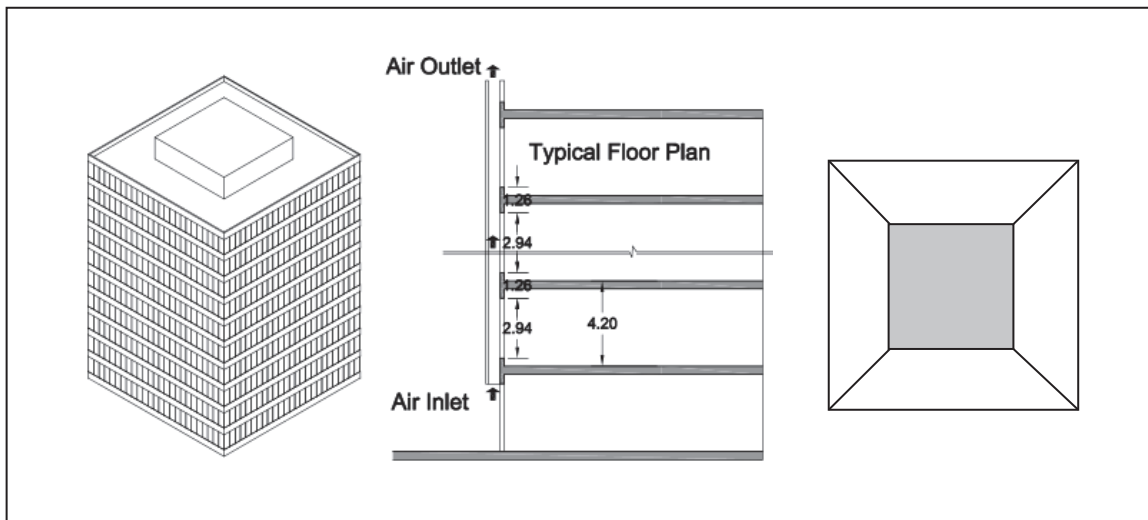
تهران به صورت یک فایل اطلاعاتی حاوی سوابق آب و هوایی شهر تهران طی سی سال گذشته گردآوری شده است که به عنوان بانک اطلاعات آب و هوایی شبیه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اطلاعات مربوط به فیزیک ساختمان از قبیل پلان‌های معماری، سازه، تأسیسات مکانیکی و الکتریکی، اطلاعات سایت و جهت‌گیری ساختمان، ساختار نمای ساختمان، مشخصات مصالح، جداول زمانی بهره‌برداری از ساختمان و... بر مبنای استانداردهای متداول طراحی گردآوری گردید و در خصوص مشخصات فیزیکی مصالح نیز اطلاعات بر اساس استانداردهای داخلی و خارجی و همچنین مشخصات ارائه شده توسط تولیدکنندگان جمع‌آوری شده است. نرم‌افزار شبیه‌سازی به کار گرفته شده در این تحقیق، نرم افزار eQUEST است. این نرم‌افزار، ابزاری حرفه‌ای با کاربری آسان است که با استفاده از قدرت تحلیل آن با اعمال هزینه‌های ناچیز و معقول در طراحی می‌توان به تغییراتی بزرگ در مصرف انرژی در بنا دست‌یافت (الهی بخش، ۱۳۸۶). این نرم‌افزار حاصل ترکیب ابزاری برای طراحی بنا، ابزار تعیین کارایی انرژی و یک ماژول نمایشگر گرافیکی نتایج است. موتور محاسباتی اصلی این برنامه نسخه DOE_2.2 است.

متغیر مستقل این تحقیق گونه‌های مختلف نمای دوپوسته و متغیر وابسته، میزان مصرف انرژی سالانه به منظور سرمایه‌ش و گرمایش و همچنین بیشینه مصرف انرژی سرمایه‌ش و گرمایش در گونه‌های مختلف ساختمان با نمای دوپوسته خواهد بود.

۲-۱- شبیه‌سازی

جهت بررسی رفتار حرارتی پوسته ساختمان، یک نمونه پایه با نمای تک‌پوسته با مصالح متداول طراحی و شبیه‌سازی گردید. سپس دو گزینه نمای دوپوسته جهت مقایسه مصرف انرژی و رفتار حرارتی طراحی و شبیه‌سازی شد. نمونه پایه بر اساس فرضیات و سوالات تحقیق طراحی شده است. به این منظور ساختمان اداری با پلان مربعی شکل به ابعاد ۳۰/۴۵ در ۳۰/۴۵ متر در ۱۰ طبقه با نمای شیشه‌ای، که ۷۰٪ آن از



تصویر ۲- تصاویر شماتیک مدل شبیه سازی شده تحقیق، منبع: نگارندگان

تک جداره با شیشه کم گسیل لمینیت ۶+۴ میلی متر (به منظور جلوگیری از خطر سقوط قطعات شیشه) جایگزین شده است. همچنین در فضای میان دو پوسته، کرکره های فلزی جهت جلوگیری از تابش مستقیم آفتاب تعبیه گردیده است.

در گزینه دوم لایه داخلی مشابه گزینه اول است و لایه خارجی با دیوار پرده ای شیشه ای با شیشه مشابه به کار گرفته در گزینه اول جایگزین شده است. همچنین کرکره های فلزی مشابه گزینه اول نیز در میانی به کار گرفته شده است. انتخاب نوع شیشه و فریم نوع شیشه و مقادیر آن، طبق مقادیر جدول ۱ محاسبه شد و در شبیه سازی اعمال گردید.

پوسته ساختمان در هریک از گزینه ها از دو بخش شفاف و غیر شفاف تشکیل شده است که هر کدام به ترتیب ۷۰٪ و ۳۰٪ سطح نما را به خود اختصاص می دهد. جهت انجام عملیات شبیه سازی ابتدا مشخصات فیزیکی بخش غیر شفاف و شفاف محاسبه می گردد. جهت محاسبه مقاومت حرارتی دیواره، می بایست مقاومت لایه های مختلف آن را محاسبه نمود. آن خواهد بود. بدین منظور مقاومت لایه های مختلف دیوار بر اساس مقادیر ارائه شده در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان استخراج گردید. بر این اساس ضریب

شیشه است، طراحی گردید (BC-70). هر طبقه این ساختمان، که مساحتی در حدود ۹۲۹ متر مربع دارد، به ۵ زون اصلی تقسیم شده است (تصویر ۲). بر این اساس زون های پیرامونی شامل فضاهای اداری با پلان باز و بسته است، در حالی که زون مرکزی شامل فضاهای ارتباطی، خدماتی، تأسیساتی و ... است.

مصارف مختلف انرژی از قبیل روشنایی، تجهیزات اداری و ... بر اساس پیش فرض های نرم افزار با توجه به کاربری های تعریف شده پیش بینی شده است. همچنین ساعات و روزهای اشغال هر یک از فضاها با توجه به برنامه های زمانی تعریف شده در طول سال در شبیه سازی مد نظر قرار گرفته است.

۲-۲- مشخصات فیزیکی گزینه های شبیه سازی

در این مرحله متغیرهای مستقل تحقیق که شامل مسائل مربوط به ساختار فیزیکی نما در بخش های شفاف و غیر شفاف است، با توجه به استانداردهای ساختمانی رایج در کشورمان انتخاب گردید. سپس دو گزینه مختلف از نمای دو پوسته مورد بررسی قرار گرفت. در گزینه اول پوسته داخلی مشابه نمای تک جداره نمونه پایه طراحی گردید و یک پوسته اضافی در فاصله ۶۰ سانتی متری پوسته داخلی قرار گرفت. این پوسته به گونه ای طراحی شده است که در بخش های غیر شفاف مشابه گزینه پایه باشد و پنجره آن با پنجره

انتقال حرارت سطحی بخش غیرشفاف در گزینه‌های پایه و گزینه اول نمای دوپوسته معادل $0.4787 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ و در گزینه دوم نمای دوپوسته این مقدار $0.4657 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ جهت محاسبه مشخصات فیزیکی بخش شفاف پس از حفره میانی به کار گرفته شده است.

معرفی گزینه اول نمای دوپوسته (DSF1-70)

گزینه اول نمای دوپوسته مطابق تصویر ۳-ب و ۴-ب در پوسته داخلی شامل دو بخش شفاف و غیر شفاف است. بخش شفاف نما که 70% سطح را به خود اختصاص می‌دهد، شامل پنجره بازشو دوجداره‌ی عایق حرارتی پر شده با گاز آرگون و پروفیل آلومینیومی ترمال بریک است. بخش غیرشفاف نما شامل یک دیوار دوجداره‌ی آجری است. در قسمت شیشه‌ای لایه دوم، شیشه تک‌جداره لمینیت شده 10 میلی‌متری قرار گرفته است. سطح شیشه‌ای لایه خارجی برابر سطح شیشه‌ای لایه داخلی است و در فضای میان دو لایه کرکره‌های فلزی قابل کنترل با ضریب انتقال نور 20% و ضریب انعکاس نور 50% تعبیه گردیده است. فاصله این دوپوسته از یکدیگر 60 سانتی متر است.

فضای حفره میانی در فصل تابستان برای جلوگیری از افزایش دما توسط دریچه‌های تعبیه شده در قسمت فوقانی و تحتانی تهویه می‌شود، اما در فصل زمستان جهت حفظ گرما و ایجاد عایق حرارتی بسته است (تصویر ۵).

معرفی گزینه دوم نمای دوپوسته (DSF2-70)

گزینه دوم نمای دوپوسته مطابق تصویر ۳-ج و ۴-ج در پوسته داخلی شامل دو بخش شفاف و غیر شفاف است. بخش شفاف نما که 70% سطح را در به خود اختصاص می‌دهد، شامل پنجره بازشو دوجداره‌ی عایق حرارتی پر شده با گاز آرگون و پروفیل آلومینیومی ترمال بریک است. بخش غیر شفاف نما شامل یک دیوار تک‌جداره آجری و پوسته خارجی نما شامل شیشه تک‌جداره‌ی لمینیت شده 10 میلی‌متری به صورت دیوار پرده‌ای است.

سطح شیشه‌ای لایه‌ی خارجی به صورت سراسری و در فضای میان دو لایه کرکره‌های فلزی قابل کنترل با ضریب انتقال نور 20% و ضریب انعکاس نور 50% تعبیه گردیده است. فاصله این دوپوسته از یکدیگر 60 سانتی متر است.

فضای حفره میانی در فصل تابستان برای جلوگیری از افزایش دما توسط دریچه‌های تعبیه شده در قسمت فوقانی و تحتانی تهویه می‌شود؛ اما در فصل زمستان جهت حفظ گرما و ایجاد عایق حرارتی بسته کارکرد دارد (تصویر ۵).

۳- یافته‌های پژوهش

در این بخش به بررسی تأثیر عوامل مختلف بر عملکرد انرژی نماهای شیشه‌ای خواهیم پرداخت. به این منظور ۲ عامل لایه‌بندی نما و جهت‌گیری ساختمان به صورت جداگانه مورد تحلیل قرار گرفته است که نتایج آن به شرح زیر است:

جدول ۱- مشخصات فنی پنجره‌های مورد بررسی

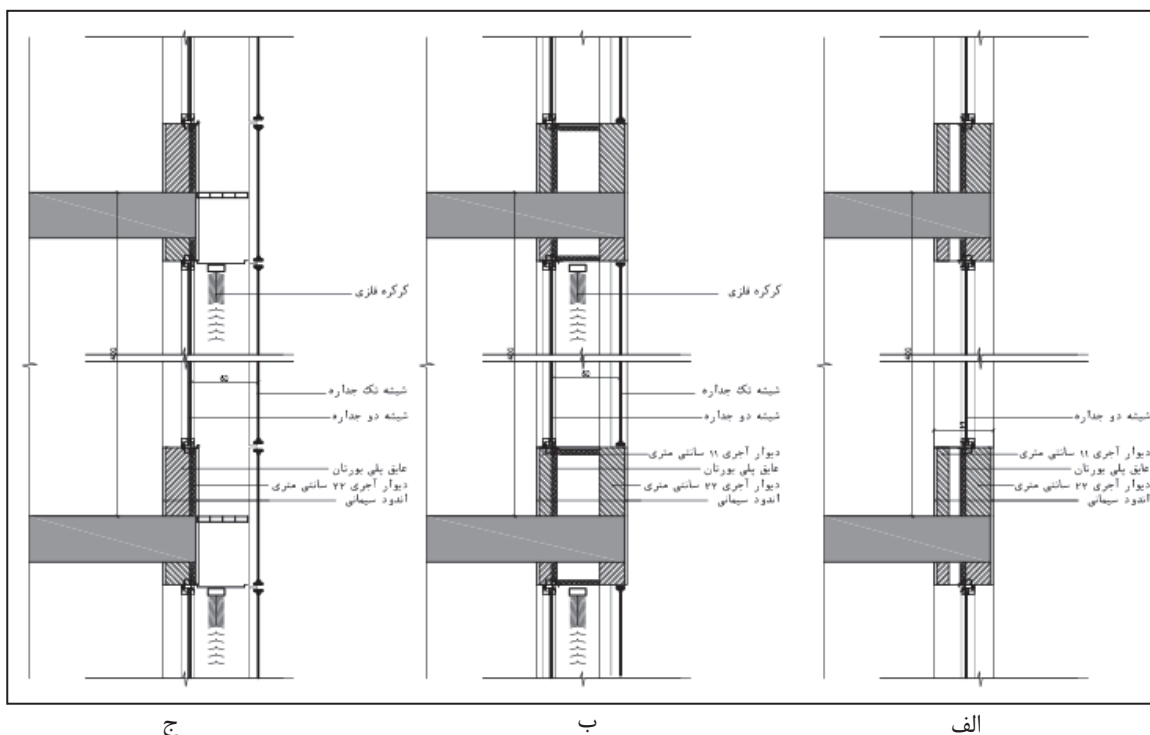
گزینه	تعداد لایه‌های شیشه	ضریب انتقال حرارت سطحی ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)	انتقال نور مرئی	انتقال انرژی خورشیدی	ضریب سایه اندازی
نمونه پایه	۲	۱/۷۶۶	۰/۶۰۱	۰/۱۳۹	۰/۲۰
گزینه اول نمای دوپوسته	۴	۰/۹۶۶	۰/۴۶۵	۰/۰۶۷	۰/۱۰
گزینه دوم نمای دوپوسته	۴	۰/۹۶۶	۰/۴۶۵	۰/۰۶۷	۰/۱۰

۳-۱- بررسی تأثیر عامل لایه بندی نما

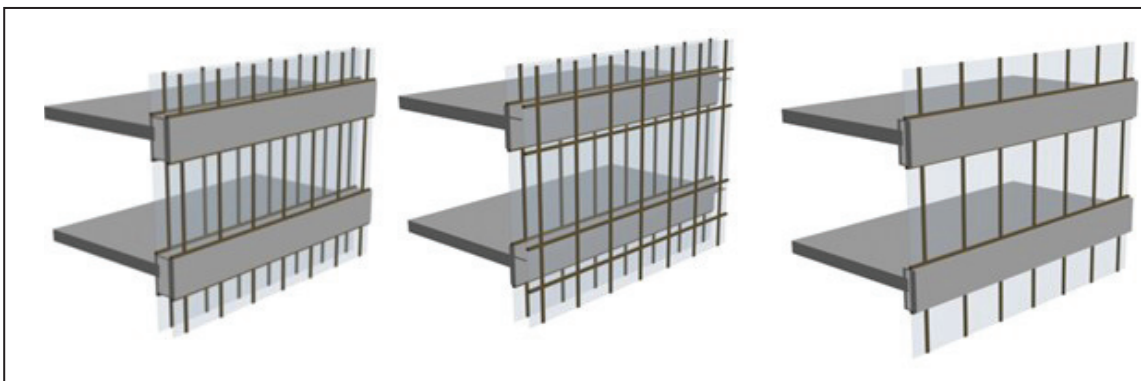
یکی از متغیرهای مستقل این تحقیق، لایه بندی نما بوده است که بدین منظور نما در ۳ حالت شبیه سازی شد و مورد مطالعه قرار گرفت که پیشتر به آن اشاره گردید. در این بخش به مقایسه نتایج حاصل از شبیه سازی این گزینه ها خواهیم پرداخت:

- در مجموع می توان نتیجه گرفت که در گزینه اول نمای دوپوسته با توجه به عقب نشینی پنجره در نما، مصرف انرژی سرمایش و پیک بار سرمایش کاهش بیشتری از خود نشان می دهد، در حالی که رفتار دو گزینه نمای دوپوسته در کاهش پیک بار گرمایش به یکدیگر مشابه است.
- می توان گفت که با استفاده از نمای دوپوسته، کاهش بار گرمایش چشم گیرتر از کاهش بار سرمایش ساختمان است. در این جا لازم است به اهمیت طراحی صحیح نمای دوپوسته و توجه به تهویه حفره میانی و مشخصات فیزیکی سایه اندازها که باعث کاهش هرچه بیشتر بار سرمایش ساختمان و فراهم کردن شرایط آسایش حرارتی ساکنان در فصل گرما خواهد شد، اشاره کرد.

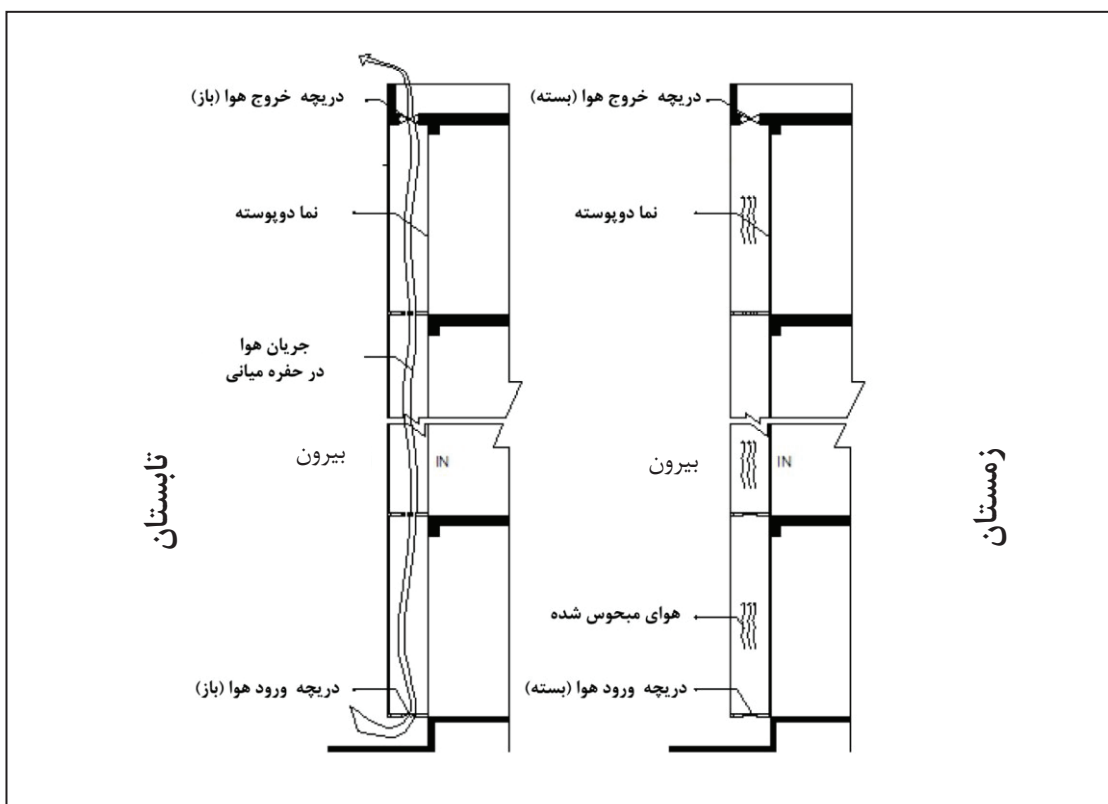
- با جایگزین کردن نمای تک پوسته نمونه پایه با نمای دوپوسته گزینه اول و دوم به ترتیب ۲۰٪ و ۱۶٪ از مصرف انرژی سیستم HVAC کاهش می یابد. همچنین با جایگزین کردن نمای تک پوسته نمونه پایه با نمای دوپوسته گزینه اول و دوم پیک بار گرمایش ساختمان به ترتیب ۲۶٪ و ۲۰٪ و پیک بار سرمایش ساختمان نیز در هر دو گزینه ۳۰٪ کاهش خواهد یافت (نمودار ۱، ۲ و ۳).



تصویر ۳- مقاطع گزینه های مورد بررسی: (الف) نمونه پایه (ب) گزینه اول نمای دوپوسته (ج) گزینه دوم نمای دوپوسته



تصویر ۴- نمای شماتیک گزینه‌های شبیه‌سازی از راست به چپ: نمونه پایه، گزینه اول نمای دو پوسته و گزینه دوم نمای دو پوسته



تصویر ۵- مقطع عمودی نماهای دو پوسته مورد مطالعه منبع: نگارندگان

شبیه‌سازی نمونه پایه و گزینه‌های نمای دوپوسته و تحلیل نتایج با بررسی رفتار حرارتی نماهای شیشه‌ای تک‌پوسته و دوپوسته می‌توان نتیجه گرفت که «دوپوسته‌ی شیشه‌ای جدا شده با حفره‌ای از هوا» که نمای دوپوسته نامیده می‌شود، می‌تواند باعث کاهش ۱۶ الی ۲۰٪ در مصرف انرژی سیستم HVAC ساختمان گردد. با این حال توصیه می‌گردد که حتی در صورت استفاده از نمای دوپوسته، سطح نما به صورت کامل شیشه‌ای نباشد و بخشی از آن را با مصالح غیر شفاف پوشاند. در مجموع می‌توان گفت گزینه اول نمای دوپوسته با سطح شیشه‌ای ۷۰٪ می‌تواند گزینه مناسبی به‌عنوان جایگزین نماهای شیشه‌ای تک پوسته در شهر تهران باشد و باعث کاهش ۲۰٪ مصرف انرژی سیستم HVAC ساختمان‌های اداری گردد. علاوه بر این می‌توان ادعا کرد این گونه نماها در فصل سرما کارایی بهتری در صرفه‌جویی انرژی از خود نشان می‌دهند.

همچنین شایان ذکر است که این تحقیق در شرایط پایدار آزمایشی انجام پذیرفته و تأثیر تهویه طبیعی و شبیه‌سازی جریان هوا در حفره میانی در آن لحاظ نگردیده است. این عامل خود می‌تواند نقش مؤثری در کاهش مصرف انرژی ساختمان ایفا نماید. جهت بهبود عملکرد نماهای دوپوسته در فصل تابستان، تهویه مناسب آن امری ضروری است، زیرا در اقلیم گرم افزایش دمای حفره میانی با توجه به اثر گلخانه‌ای بسیار بالا خواهد بود که ممکن است باعث ایجاد شرایط عدم آسایش ساکنان شود.

پی‌نوشت‌ها

- 1- Double Skin Facade
- 2- Occupancy patter
- 3- Operating schedule

۳-۲- بررسی تأثیر نمای دوپوسته در کاهش پیک بار سرمایش و گرمایش در جهات مختلف ساختمان

با توجه به نتایج حاصل از شبیه‌سازی می‌توان گفت: - در مقایسه نمونه پایه و گزینه اول نمای دوپوسته، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که تأثیر این متغیر بر کاهش پیک بار سرمایش در نماهای جنوبی و شرقی بیشتر و در نمای شمالی کمتر خواهد بود. مقدار این کاهش در گزینه اول نمای دوپوسته در زون جنوبی ۳۵٪، در زون شرقی ۳۶٪، در زون غربی ۳۳٪ و در زون شمالی ۲۵٪ است.

- در مقایسه نمونه پایه و گزینه دوم نمای دوپوسته، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که تأثیر این متغیر بر کاهش پیک بار سرمایش در نماهای جنوبی و شرقی بیشتر و در نمای شمالی کمتر خواهد بود. مقدار این کاهش در گزینه دوم نمای دوپوسته در زون جنوبی ۲۷٪، در زون شرقی ۲۸٪، در زون غربی ۲۵٪ و در زون شمالی ۲۲٪ است.

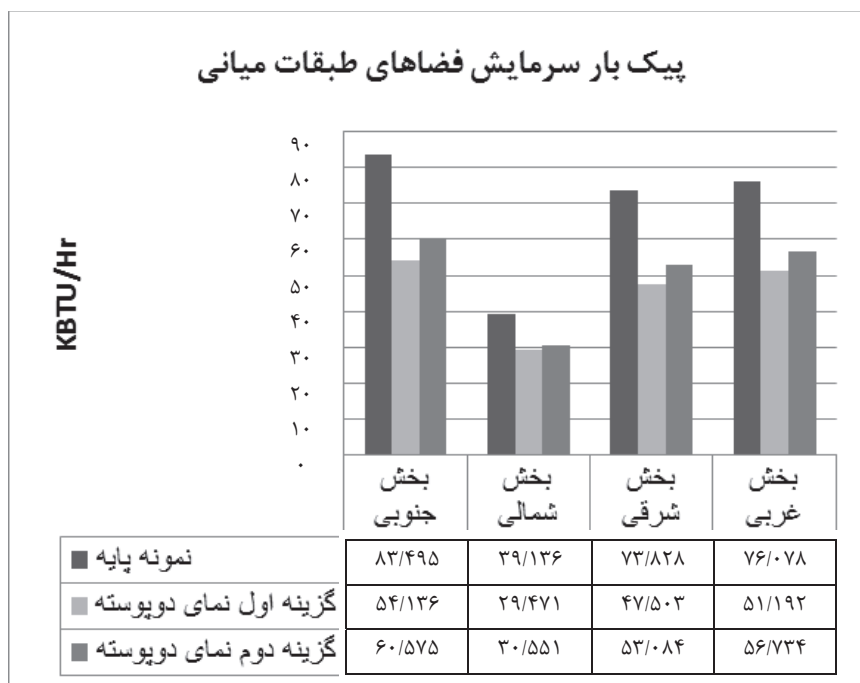
- در مجموع می‌توان نتیجه‌گیری کرد که گزینه اول تأثیر بیشتری در کاهش پیک بار سرمایش ساختمان داشته است.

- در مقایسه پیک بار گرمایش نمونه پایه با گزینه‌های نمای دوپوسته می‌توان گفت که با به کارگیری نمای دوپوسته، پیک بار گرمایش در زون جنوبی ۳۵٪، در زون شرقی ۳۱٪، در زون غربی ۳۱٪ و در زون شمالی ۳۲٪ کاهش خواهد یافت.

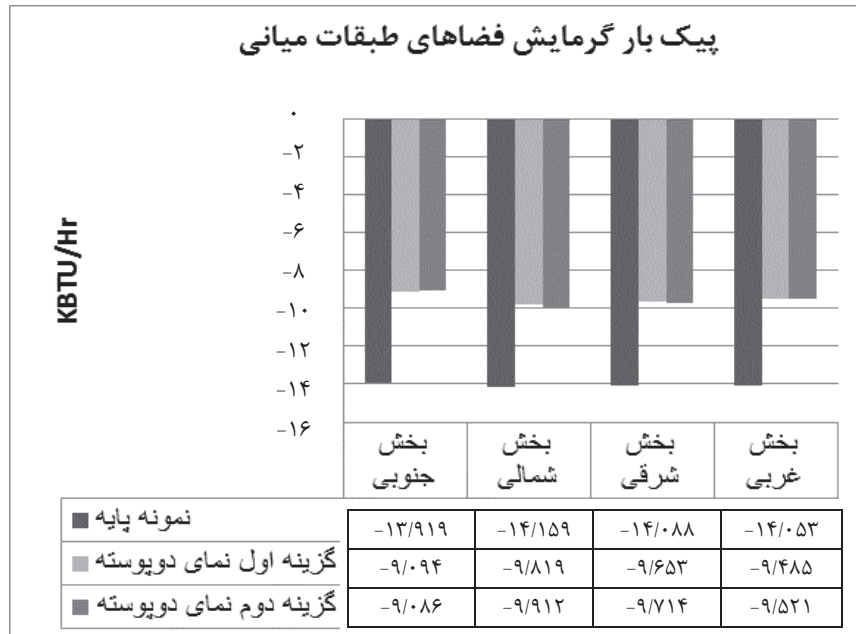
در مجموع می‌توان گفت که کاهش پیک بار در نمای جنوبی بیشتر از سایر جهات است. (در حدود ۲ تا ۴٪) گزینه‌های اول و دوم نمای دوپوسته هر دو به یک میزان در کاهش پیک بار گرمایش مؤثر می‌باشند. دلیل این کاهش بهبود شرایط عایق حرارتی پوسته ساختمان و حفظ انرژی حرارتی خورشید در حفره میانی است.

۴- نتیجه‌گیری

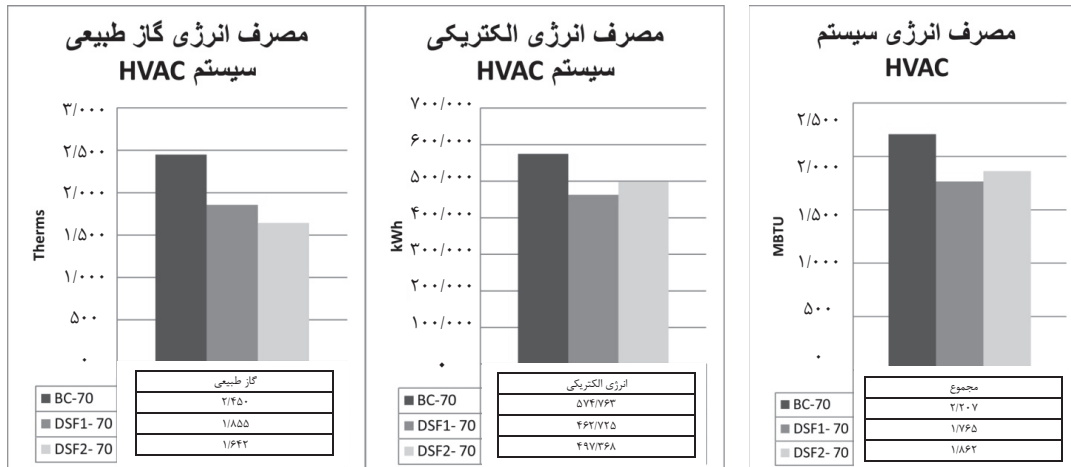
هدف اصلی این تحقیق، بررسی عملکرد حرارتی نماهای دو پوسته در اقلیم شهر تهران بوده است. این تحقیق بر اساس روش شبیه‌سازی انجام‌گرفت و پس از



نمودار ۱- مقایسه پیک بار سرمایش فضاهای طبقات میانی ساختمان



نمودار ۲- مقایسه پیک بار گرمایش فضاهای طبقات میانی ساختمان
(در گزینه های با نمای ۷۰٪ شیشه‌ای)



نمودار ۳- مقایسه مصرف انرژی در گزینه‌های شبیه سازی

منابع

- Hien, W. N. 2005. "Effect of glazed façade on energy consumption, thermal comfort and condensation for a typical office building in Singapore". **Energy and buildings**. 37. Pp 563-572.
- Hoseggen, R., Wachenfeldt, B.J., & Hanssen, S.O. 2008. "Building simulation as an assisting tool in decision making. Case study: With or without a double skin façade". **Energy and buildings**. 40. pp 821-827.
- McClintock, M., & Perry, J. 1997. "The Challenge of 'Green' Buildings in Asia". In: International Conference of Building Envelope Systems and Technologies (ICBEST). Bath University, UK.
- Poirazis, Harris. 2004. "Double Skin Façades for Office Buildings". Report No EBD-R-04/3 Lund University.
- Selkowitz, S. E. 2001. "Integrating Advanced Facades into High Performance Buildings". In: 7th International Glass Processing Days. Tampere, Finland, June 18-21.
- Yellamraju, Vijaya. 2004. "Evaluation and design of double skin façade for office building in hot climates". Ms diss., Texas A&M university <http://www.library.lbl.gov/docs/LBNL/479/48/PDF/LBNL-47948.pdf>
- الهی بخش، امیرحسین، و شاه محمدی، فاطمه. ۱۳۸۶. "انتخاب نرم افزار شبیه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان برای توسعه در کشور". مقاله‌ی ارائه شده در بیست و دومین کنفرانس بین‌المللی برق. تهران.
- مقررات ملی ساختمان ایران. ۱۳۸۹. مبحث ۱۹: صرفه‌جویی در مصرف انرژی. وزارت مسکن و شهرسازی، معاونت امور مسکن و ساختمان.
- Ding, G. D., Pederson, C. O., McCulley, M. T., & Rao K. R. 1984. **Simulation Studies of Building Energy Performance in Warm and Humid Climates**. In: Energy Conservation in the Design of Multi-Story Buildings. New York: Pergamon Press.
- Ding, W., Yuji, H., & Tokiyoshi Y. 2005. "Natural ventilation performance of a double skin façade with a solar chimney". **Energy and buildings**. 37. pp 411-418.
- Gratia, E., & Deherde, A. 2004. "Natural ventilation in a double skin façade". **Energy and buildings**. 36. pp 137-146.
- Hamza, N. 2008. "Double versus single skin facades in hot ardi areas". **Energy and buildings**. 40. Pp 240-248.
- Hensen, J., Bartak, M., & Drkal, F. 2002. **Modeling and Simulation of a Double-Skin Façade System**. ASHRAE Transactions. p 108.