بررسی تاثیر نمای دو پوسته در کاهش مصرف انرژی در ساختمان های تجاری_اداری

بهروز آزادگان* دانشجو کارشناسی ارشد معماری، موسسه اموزش عالی خاوران مشهد
behroozazadegan@gmail.com
سید مهدی مداحی: دکتری معماری، استاد یار گروه معماری، موسسه آموزش عالی خاوران مشهد
Sm.madahi@gmail.com
ایمان میرشجاعیان حسینی: موسسه عمران و توسعه رضوی، بنیاد بهره موقوفات آستان قدس رضوی، مشهد، ایران
imanmirshojaeian@oaqr.ir

چکیده

پوسته های ساختمان در تقابل بین محیط خارجی و فضاهای ساخته شده داخلی هستند که ما اغلب آنها را به عنوان مانع یا حفاظ در نظر گرفته ایم و راه حل‌های محدودی در تطابق با تغییرات محیطی در ساختمانها لحاظ کرد ه ایم. نماها نقش مهمی در اتلاف انرژی در ساختمانها دارند. این مصرف انرژی برای تأمین راحتی فضای داخلی است. ایده های مختلفی برای عملکرد بهتر پوسته خارجی-نمایی ساختمان وجود دارد. یکی از این ایده ها طراحی نماهای دو پوسته هستند. این نماها برای دو لایه کردن نماهای معمول امروزی است. نماهای دو پوسته براساس ساختاری که دارند می توانند مصرف انرژی را به میزان قابل توجه ای کاهش دهند. هدف از این مقاله بررسی چگونگی تاثیر نمای دو پوسته بر کاهش مصرف انرژی بر پایه منابع مختلف می باشد. شیوه تحقیق نیز براساس روش توصیف و تحلیل است که با جمع آوری اطلاعات توسط مقالات و کتب مختلف شکل گرفته است. در پایان نیز با جمع بندی و بررسی تحلیل ها، مشخص شد که با تعبیه نمای دو پوسته برروی ساختمان های تجاری_اداری علاوه بر افزایش کیفیت معمارانه و شفافیت فضا، باعث کاهش مصرف انرژی نیز می شود.

واژه‌های کلیدی: نما، دو پوسته، مشهد، تجاری، اداری،کاهش مصرف انرژی

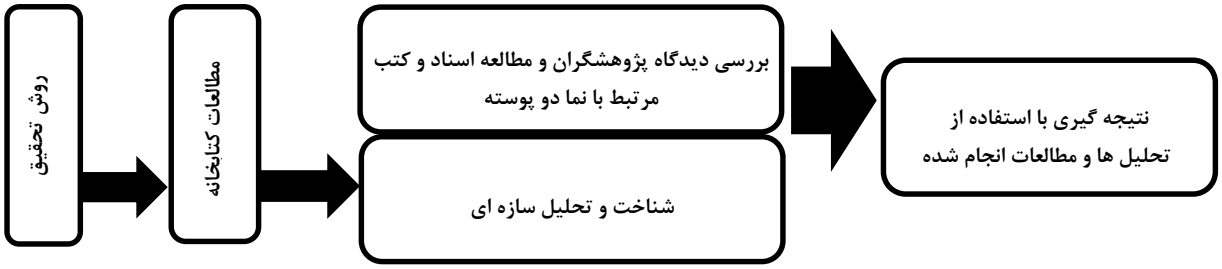
*نویسنده مسئول

مقدمه

امروزه نماها و چگونگی طراحی آنها نقش بسیار مهمی را در بهینه سازی مصرف انرژی ایفا میکند. نمای یک ساختمان حدود ۱۵٪ تا۴۰٪ بودجه کلی ساختمان را به خود اختصاص میدهد.(Hansanuwat,2010) توجه به مشکلات به وجود آمده درسالیان اخیر حول محور مسایل محیط زیست و کاهش مصرف انرژی در جامعه جهانی پژوهشگران و طراحان معماری را بر آن داشته تا با ارائه راهکارهایی از یک سو به بهینه سازی و از سوی دیگر به حفظ محیط زیست کمک کنند. از این رو پوسته خارجی-نمایی ساختمان های جدید باید در راستای پاسخگویی به نیازهای کاربران ساختمان طراحی شود. این پوسته های باید طوری طراحی شوند که آسایش بصری و حرارتی کاربران را فراهم کند. امروزه پوسته ها عملکردهای متفاوتی مانند، تأمین روشنایی، تهویه، محافظت در برابر رطوبت و حتی دریافت و ذخیره انرژی دارند. بنابراین پارامترهای متعددی برای تامین فاکتورهای آسایش و حفظ انرژی به صورت کارا در طراحی پوسته ساختمان دخیل هستند. ایده های مختلفی برای عملکرد بهتر پوسته خارجی-نمایی ساختمان وجود دارد. یکی از این ایده ها طراحی نماهای های دو پوسته هستند. این نما برای دو لایه کردن نماهای معمول امروزی است. نماهای دو پوسته براساس ساختاری که دارند می توانند مصرف انرژی را به میزان قابل توجه ای کاهش دهند. این نوع نماها علاوه بر تهویه طبیعی و کاهش نیاز ساختمان به نور مصنوعی، نقش بسزایی در کاهش آلودگی صوتی دارد و ساختمان های تجاری_اداری که دارای تعداد طبقات زیادی است،در طبقات بالایی در مقابل باد مقاومت خوبی را از خود نشان می دهد.

روش تحقیق

روش گردآوری داده ها در این پژوهش به شیوه بررسی اسناد و مدارک از نوع توصیفی_تحلیلی است که با استناد به کتب و مقالات و بررسی نمای دو پوسته از نظر عملکرد و سازه شکل گرفته است.



نمودار ۱: نحوه انجام تحقیق در راستای رسیدن به هدف پژوهش، منبع:نگارندگان

پیشینه تحقیق

در بحث نماهای دو پوسته پژوهش های متعددی انجام شده است که به بررسی چند مورد آن می پردازیم. به طور مثال آقای ابراهیمی در سال ۱۳۹۶ به مقتیسه بار حرارتی در ساختمان های دو پوسته با توجه به انواع شیشه ها در شهر تبریز پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که نمای شیشه ای سه جداره مناسب ترین نما برای شهر تبریز است. (ابراهیمی،۱۳۹۶) در مقاله ای دیگر خانم کشاورز در سال ۱۳۹۶ به بررسی بهینه سازی تهویه طبیعی در نمای دو پوسته راهرویی پرداختند که نتیجه این پژوهش این بود که کم کردن طول راهرو به میزان مشخص می تاند بر سرعت و توزیع جریان تاثیر مثبت داشته باشد.(کشاورز،۱۳۹۶) همچنین خانم غلامی در سال ۲۰۱۸ به بررسی روش های مختلف استفاده از نمای دو پوسته در کاهش مصرف انرژی در ایران پرداخت که با توجه به اقلیم متعدد موجود در ایران راهکارهای مختلفی را ارائه کرد از جمله این راهکارها در اقلیم کوهستانی و سرد نمای دو پوسته با حفره میانی و بافر هوا، در اقلیم گرم و خشک نمای دو پوسته با جداره مجوف و بافر هوا، در اقلیم سرد و خشک نمای دو پوسته با بافر هوا و سیستم سایه انداز و در اقلیم معتدل و مرطوب نمای دو پوسته بدون بافر هوا مناسب است.(غلامی،۱۳۹۶)در سال ۲۰۱۰ هوکرمان و همکاران در مقاله خود به بررسی تاثیر نماهای دو پوسته بر شرایط آسایش حرارتی ساکنان و کیفیت هوای داخل بررسی نمودند و نتایج را با حالت نمای تک پوسته مقایسه کردند.(Huckemann,2010) در سال ۲۰۱۲ آقای گون کیم در پژوهشی تجربی،تاثیر استفاده از نماهای دو پوسته در ساختمان‌های مسکونی قدیمی بر میزان مصرف انرژی و کاهش تولید کربن در اثر عملکرد ساختمان بررسی کردند و نتایج را برای ۴ نمای دو پوسته با ابعاد مختلف و عملیات گوناگون برای تهویه فضا ارائه کردند.(kim,2012)

همانطور که پیش تر گفته شد و با توجه به مقالات ذکر شده استفاده از نماهای دو پوسته متناسب با اقلیم منطقه میتواند باعث کاهش مصرف انرژی شده و آسایش محیطی را برای کاربران فراهم آورد. در این مقاله به بررسی چگونگی اثرگذاری نمای دو پوسته بر کاهش مصرف انرژی بر پایه مطالعه مقالات مختلف پرداخته‌ایم.

انواع نماهای هوشمند

هوشمندسازی نماها هم می تواند در لایه اول و پوسته اصلی ساختمان طراحی شود و هم می تواند در لایه دوم و الحاقی پوسته ساختمان رخ دهد. در پوسته اولیه و اصلی ساختمان می توان از سنسورها و مکانیزم ها و همچنین مواد و مصالح هوشمند استفاده کرد ولی در پوسته دوم علاوه بر موارد ذکر شده می توان با استفاده از پوشش ها و بازشوهای متفاوت به این عمل هوشمندسازی دست یافت.

نماهای تک لایه

در این نماها می توان با استفاده از مصالح هوشمند، به هوشمندسازی پوسته ساختمان پرداخت. در مواردی هم می توان از خود نما به صورت یک پارچه استفاده کرد و آن را تطبیق پذیر طراحی کرد که ترکیب دو مورد ذکر شده نیز به هوشمندسازی پوسته ساختمان کمک می کند.

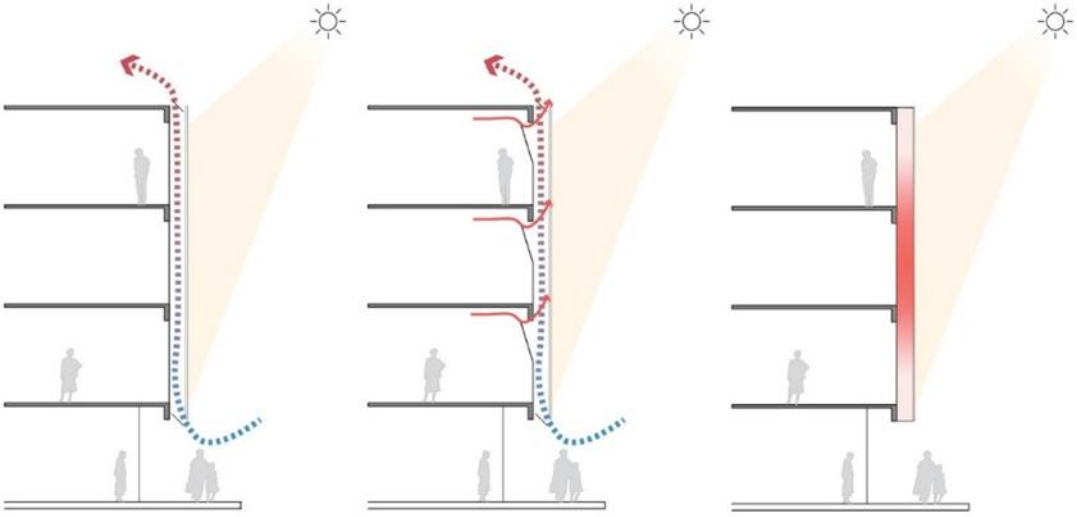
نماهای دو لایه

این نما برای دو لایه کردن نماهای معمول امروزی است. فاصله بین لایه اول و لایه دوم می تواند از 2m - 20cm باشد. در فضای حائل میان این دو لایه ساختمان عایق حرارتی شکل می گیرد و می تواند با ترکیب بازشوها باعث تهیه طبیعی در ساختمان شود.

مفهوم نمای دو پوسته

نماهای دو پوسته براساس ساختاری که دارند می توانند مصرف انرژی را به میزان قابل توجه ای کاهش دهند. این نماها تشکیل شده از یک نمای خارجی، یک فضای میانی و یک نمای داخلی است.(Ding,2005) فضای میانی به عنوان کانال هوا مورد استفاده قرار میگیرد.(saelens,2003)پوسته های خارجی و داخلی می‌توانند از جنس شیشه ساده تک لایه و یا پنل های شیشه ای دو جداره ساده باشد.(kim,2007) در فضای میانی دو پوسته، می توان از وسایل سایه انداز به شکل اتوماتیک استفاده کرد تا شدت نور ورودی به داخل ساختمان را کنترل کره و انرژی خورشید را جذب و یا منعکس کند.

فضای میانی بین دو جداره با توجه به کاربرد بنا می تواند بین ۲۰ سانتی متر و ۲ متر پهنا داشته باشد. این فضا می تواند به روش های مختلف(طبیعی، مکانیکی، هیبریدی) تهویه می شوند.(تصویر ۱)



تصویر ۱:عملکرد حرارتی نمای دو پوسته،(archdaily,2019)

اجزا نمای دو پوسته

لایه های نما دو پوسته عبارتند از: ۱. شیشه خارجی ۲. شیشه داخلی ۳. حفره میانی(تصویر ۲و۳)

۱. **شیشه خارجی:** نمای خارجی می تواند به طور کامل از جنس شیشه باشد و شیشه آن نیز یک جداره سخت است و ضخامت آن نیز نسبت به دیگر شیشه ها بیشتر است.

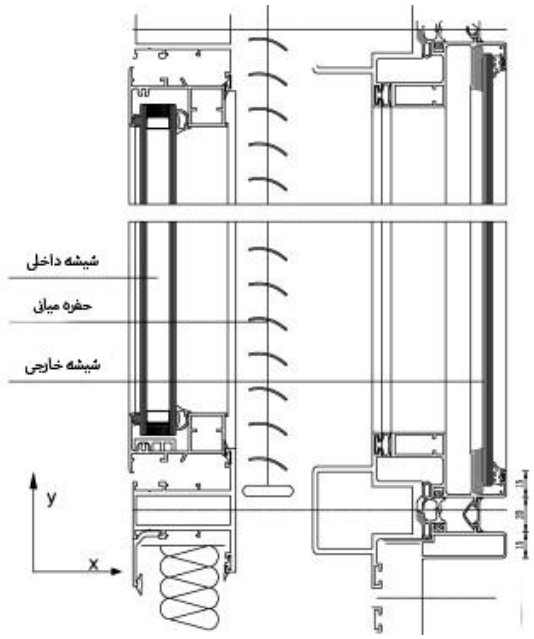
۲. **شیشه داخلی:** این لایه می تواند به طور کامل شیشه ای نباشد و معمولا از شیشه های دو جداره عایق دار و یا شیشه های لمینیت ساخته شده است. این شیشه امکان باز شدن را توسط کاربران را دارد.

۳. **حفره میانی بین دو شیشه:** این حفره می تواند به طور طبیعی و یا مکانیکی تهویه شود. پهنای این حفره بین ۲۰ سانتی متر تا ۲ متر متغیر است و این پهنا زمانی که نما به عنوان نگهدارنده عمل می‌کند، اثر گذار است. امکان بازکردن پنجره‌ها در داخل فضا توسط کاربر را می‌دهد.(Groninger,2000) این حفره به دو صورت پیوسته و تقسیم بندی شده وجود دارد:

۱. **فضای میانی پوسته:** این نما از روش دودکش استفاده می کند. در روزها هوای گرم، در قسمت بالای فضا دو پوسته جمع می شود. دریچه ای وجود دارد که هوای گرم از آنجا خارج می شود و هوای سرد جایگزین می شود.

۲. **فضای میانی تقسیم بندی شده:** فضای هوا تقسیم بندی شده می تواند گرمای زیاد طبقات را همانند صدا و دود کاهش دهند. نماهای دالانی این فضاها هوای تازه را وارد هر طبقه می کنند.(لطیفی،۱۳۹۰)

تصویر ۲: اجزا نما دو پوسته (igsmag,2019)



تصویر 3: اجزا نما دو پوسته (Xiao-li Xu,2008)

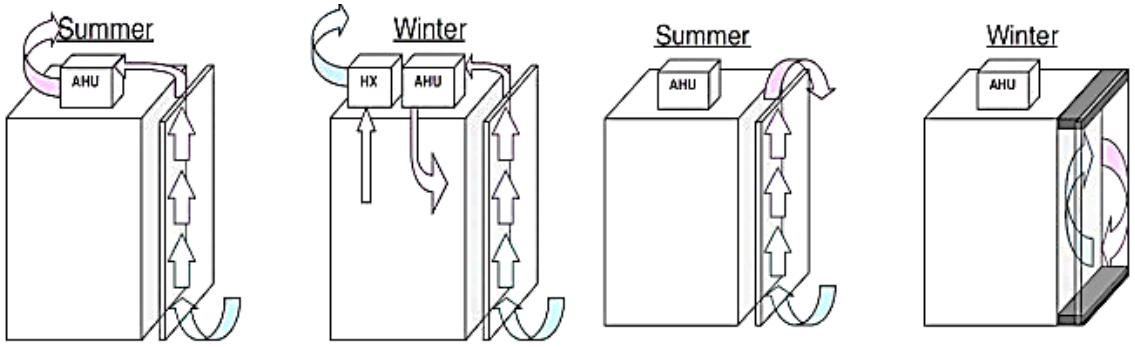
مکانیزم نمای دو پوسته

کاربرد نمای دو پوسته در فصول مختلف، متفاوت است:

در فصول گرم، با ورود هوا به داخل شکاف نما، حرارت ذخیره شده درون آن خارج می شود. این امر دمای فضای میانی را پایین نگه میدارد و رسانش، همرفت، تابش گرما را از سطح شیشه داخلی به داخل فضای زندگی را کاهش می دهد و آسایش محیطی را به همراه دارد. همچنین وسایل سایه انداز که معمولا به شکل کرکره های افقی و قابل تنظیم هستند که به عنوان خنک کننده غیر فعال عمل می کنند و انرژی خورشیدی را جذب و یا منعکس می کنند.(مطیعی،۱۳۸۵)(تصویر ۳)

همچنین در فصل سرد، عملکرد پوسته دو حالت دارد:

۱. به شکل سیستم بسته است که هوا در آن جریان ندارد. در این حالت هوای میان شکاف گرم شده و دمای سطح شیشه داخلی را افزایش می دهد و رسانش و همرفت و اتلاف انرژی کاهش میابد.
۲. هوای گرم از فضای داخلی به داخل شکاف وارد می شود، سطح شیشه داخلی گرم شده و رسانش و همرفت و اتلاف انرژی کاهش میابد.(تقی و معتمدی،۱۳۸۵) همچنین میتوان با تنظیم کرکره، پرتو های خورشید را برای گرم کردن فضای داخلی استفاده کرد. (تصویر ۴ و ۵)
۳.



تصویر ۴: مکانیزم نمای دو پوسته با تهویه طبیعی(Poirazis,2004)

تصویر ۵: مکانیزم نمای دو پوسته با تهویه مکانیکی(Poirazis,2004)

انواع نمای دو پوسته

براساس نوع پوسته

۱. نما حائل یا سپر (Buffer)

در این سیستم فضای داخلی کاملا بسته است و به عنوان سپر در برابر حرارت و صدا عمل می کند. این نوع نما از دو لایه شیشه که تقریبا به فاصله ۲۵۰ تا ۷۵۰ میلی متر از یکدیگر قرار گرفته اند، تشکیل شده است.این دو لایه با هوا درزگیری شده است.(تصویر ۶)

۲. نما استخراج کننده هوا (Extract-air)

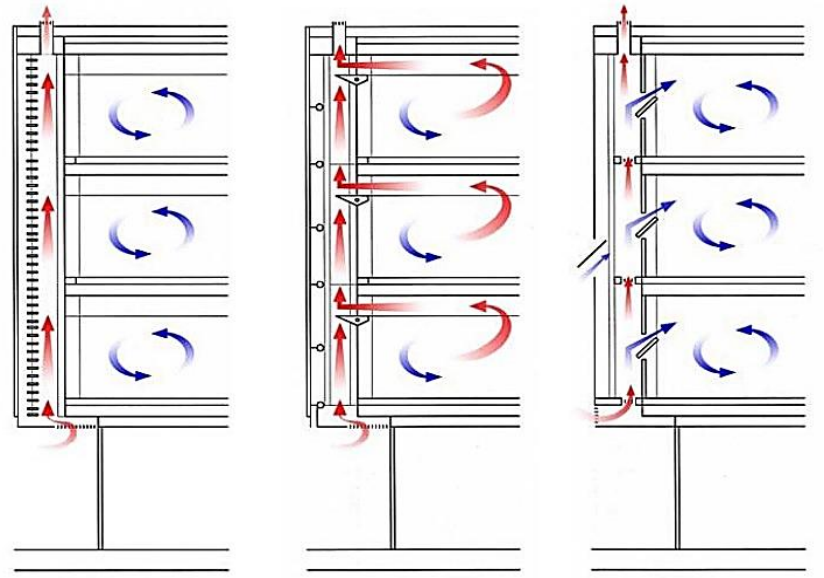
در این سیستم فضای داخلی دارای سیستم تهویه مکانیکی می باشد. این نما از دو پوسته عایق شیشه ای و یک پوسته تک لعابی ساخته شده است. فاصله میانی دو لایه حدودا بین ۱۵ تا ۹۰ سانتی متر است. پوسته دوم عایق صداست و عملکرد عایق حرارتی بسته به شرایط آب و هوایی پویا و قابل کنترل است. (تصویر ۷)

۳. نما دو جانبه (twin-face)

یک جداره معمولی یا دیوار در جداره داخلی و یک پوسته بیرونی تک لعابی ست. این سیستم به دلیل امکان استفاده از تهویه طبیعی توسط بازشوها در پوسته داخلی ارجحیت بیشتری دارد. فاصله بین ۲ لایه شیشه حدود ۵۰ تا ۶۰ سانتی متر است.فضای داخلی و پوسته دوم عملکرد عایق حرارتی و صوتی دارد. (تصویر ۸)

۴. نما هیبریدی(ترکیبی)

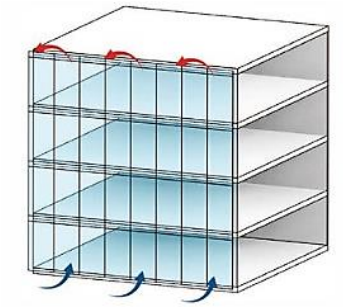
نما هیبریدی ترکیبی از یک یا چند کاراکتر از بقیه نماهاست.(رشیدی،۱۳۸۸)



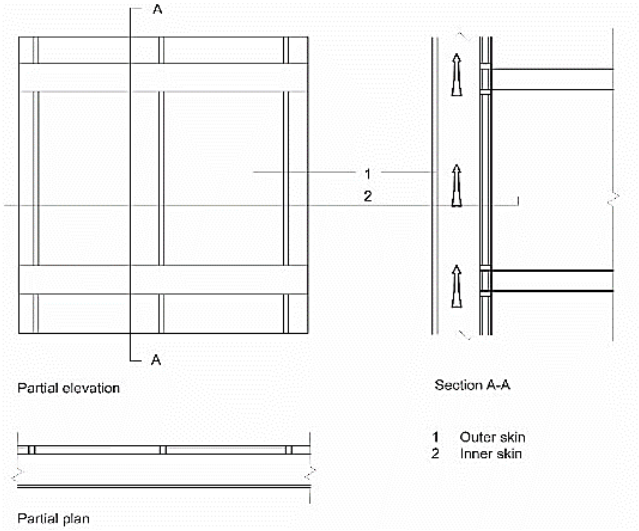
تصویر ۸: نما دو جانبه(رشیدی،۱۳۸۸) تصویر ۷: نما استخراج کننده هوا (رشیدی،۱۳۸۸) تصویر ۶: نما حائل یا سپر(رشیدی،۱۳۸۸)

براساس نوع هندسه حفره

۱. **نما چند طبقه:** به صورت عمودی و افقی تقسیم بندی نمی شوندبلکه فضای حائل آن شبکه های بزرگ نگهدارنده در تراز هر طبقه است و تهویه از طریق بازشوهای موجود نزدیک زمین و پشت بام انجام می شود. در فصول سرد میتوان این بازشوها را بست و از خاصیت گلخانه ای برای بهینه سازی انرژی استفاده کرد. (تصویر ۹و۱۰)

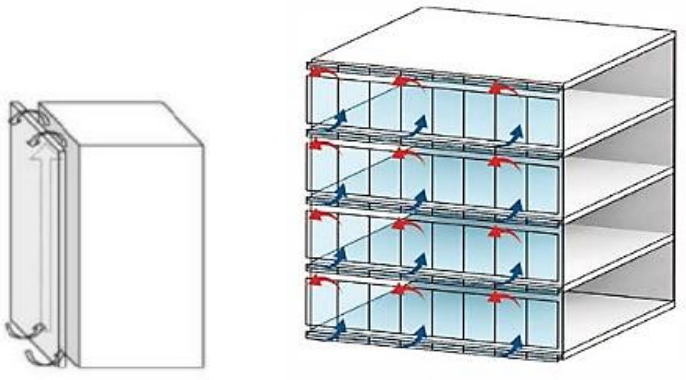


تصویر ۹: نما دوپوسته چند طبقه (Ajla Aksamija,۲۰۱۸)

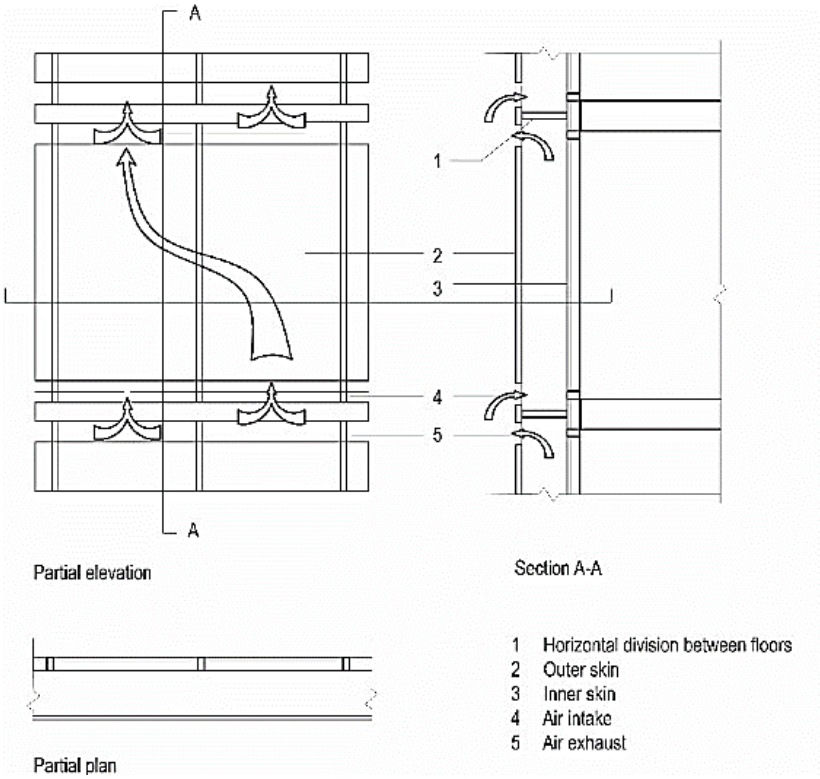


تصویر ۱۰: پلان و برش نما دوپوسته چند طبقه (Ajla Aksamija,۲۰۱۸)

۲. **نما کریدوری:** این نماها دارای فضای حائل عریض و افقی هم تراز با هر طبقه هستند. بخش های افقی برای اکوستیک، حفاظت در مقابل آتش و یا تهویه ساخته شده است. ورودی ها و خروجی های هوا نزدیک کف و بام ساختمان به صورت قطری قرار گرفته اند. (تصویر ۱۱و ۱۲)

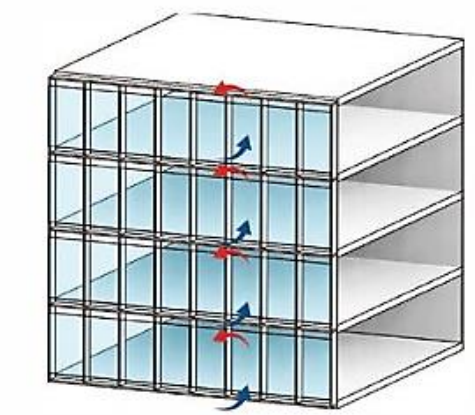


تصویر ۱۱: نما دوپوسته کریدوری(Ajla Aksamija,۲۰۱۸)

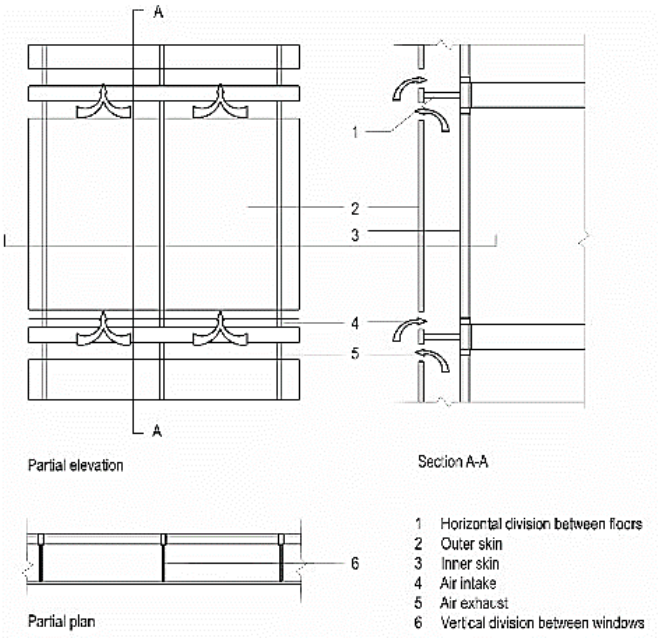


تصویر ۱۲: پلان و برش نما دوپوسته کریدوری(Ajla Aksamija,۲۰۱۸)

۳. **نما پنجره ی جعبه ای :** بخش های عمودی و افقی را به بخش های کوچکتر و مستقل و هم تراز با هر طبقه تقسیم بندی کرده اند. این نما دارای یک فریم بازشو در داخل می باشند که اجازه ی ورود هوای تازه و خروج هوای مصرف شده را فراهم می سازند. (تصویر۱۳و ۱۴)

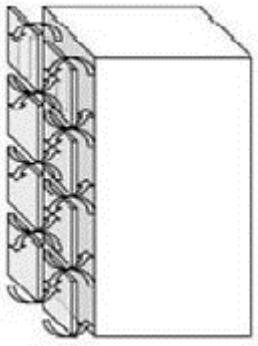


تصویر ۱۳: نما دوپوسته پنجره ی جعبه ای(Ajla Aksamija,۲۰۱۸)

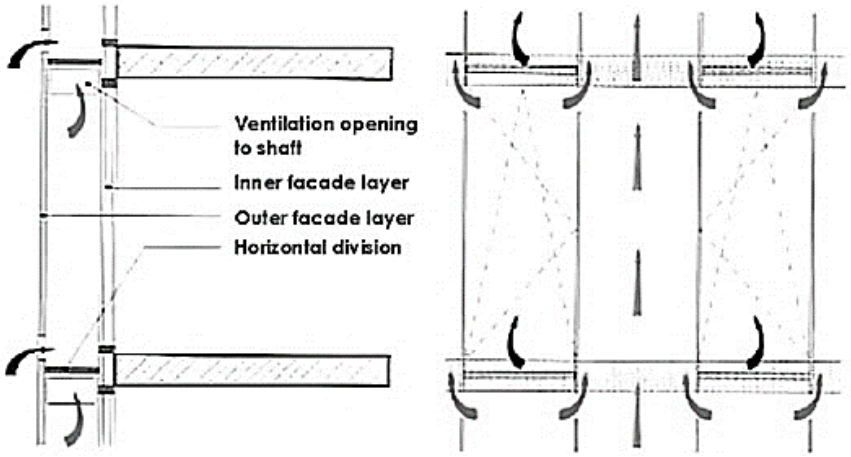


تصویر ۱۴: برش و پلان نما دوپوسته پنجره ی جعبه ای(Ajla Aksamija,۲۰۱۸)

۴. **نما نیزه ای:** یک سری عناصر خاص برروی نما قرار گرفته است که از طریق رشته های عمودی تعبیه شده در نما به هم وصل شده اند. اثر دودکشی هوا را از پنجره جعبه ای به درون محفظه عمودی می کشد و به بالا صعود کرده و سپس خارج می شود. (تصویر ۱۵و۱۶) (مطیعی،۱۳۸۵)



تصویر 15: نما دوپوسته نیزه ای(مطیعی،۱۳۸۵)



تصویر ۱۶: برش و نما دوپوسته نیزه ای(Perino,2008)

براساس جریان هوا در حفره میانی

۱. لایه هوای خارجی (ارتباط حفره فقط با محیط خارج)
۲. لایه هوای داخلی (ارتباط حفره فقط با محیط خارج)
۳. تامین هوا (جریان هوای خارج، وارد فضای داخل می گردد)
۴. خروج هوا

۵. حائل هوا (عدم ارتباط مستقیم حفره با محیط خارج و داخل)(lancour et.al,2004)

ارزیابی انواع نما دو پوسته

میتوان این دسته بندی ها را از نظر، میزان عایق بودن در برابر صدا، حریق، تهویه طبیعی و کیفیت هوا ارزیابی کرد. (جدول ۱)

جدول ۱: ارزیابی انواع نما دو پوسته (ستاری،۱۳۹۴)

	چند طبقه ای	کریدوری	پنجره ای جعبه ای	نیزه ای
عایق در برابر صدا	در زمانی که سطح آلودگی صوتی خارج زیاد است مناسب می باشد	مشکل انتقال صدا از اتاق های مجاور وجود دارد.	استفاده در زمانی که سطح آلودگی بالاست و نیاز به عایق بودن دو اتاق مجاور وجود دارد.	عایق بهتری برای صداهای خارجی هستند.
عایق در برابر حریق	ضریب خطر احتمالی بالا ست.تمام اتاق ها در همه طبقات با هم در ارتباط اند.	ضریب خطر احتمالی متوسط است.	ضریب خطر احتمالی پایین است.	ضریب خطر احتمالی متوسط است.زیرا اتاق ها فقط از طریق کانال های عمودی با هم ارتباط دارند.
تهویه طبیعی	اتاق های پشت نمای چند طبقه ای باید به صورت مکانیکی تهویه شوند	هوای خروجی از یک اتاق نباید وارد اتاق دیگری شود که این مشکل با جانمایی قطری قابل حل است.	بازشو ها برای تهویه طبیعی مناسب اند.	نحوه ی جمع شدن جریان هوا از تعدادی حفره به یک مجرای واحد باید مورد توجه قرار گیرد.

معایب و مزایا نمای دو پوسته

مزایا

۱. کاهش مصرف انرژی ساختمان
۲. صرفه جویی در هزینه تاسیسات مکانیکی
۳. کاهش وابستگی به نور مصنوعی
۴. گشودن پنجره در پوسته داخلی نما
۵. کاهش آلودگی صوتی(تقی و معتمدی،۱۳۸۵)
۶. آسایش ساکنان
۷. امکان استفاده از سایه بان
۸. افزایش کیفیت معماری و طراحی شفاف
۹. عایق گرمایی
۱۰. کاهش تاثیر فشار باد
۱۱. گریز از آتش(مطیعی،۱۳۸۵)

معایب

۱. هزینه ساخت بالا
۲. کاهش فضای مفید قابل استفاده
۳. هزینه زیاد نگهداری
۴. افزایش گرمای سازه(مطیعی،۱۳۸۵)

اهداف طراحی نمای دو پوسته

۱. صرفه جویی انرژی و مسئولیت زیست محیطی

به حداقل رساندن بارهای سرمایشی ساختمان و همچنین کاهش بارگذاری نور خورشید در محیط ساختمان

۲. استفاده از تهویه طبیعی به جای تهویه مکانیکی

با گشودن پنجره در فضای داخلی در شرایط مختلف آب و هوایی به کاربران این امکان را میدهد که تهویه طبیعی از طریق حفره های موجود بین پوسته ها، اتفاق بیفتد.

۳. صرفه جویی هزینه

این سیستم بسیار گران تر از سیستم های دیوار معمولی است که فقط هزینه نصب یک لایه را دارد اما هزینه نمای دو پوسته در هنگام ساخت توسط کاهش یار گرمایش و سرمایش در دراز مدت جبران می شود.

۴. کاهش صدا

پوشش دوم پوسته در کاهش صدای اطاف تاثیرگذار است.

۵. تنظیم دمای داخلی ساختمان در زمستان و تابستان(مطیعی،۱۳۸۵)

۶. امنیت

با باز شدن پنجره در پوسته داخلی، امنیت بیشتری نسبت به نماهای تک پوسته دارد.(Arons,2000)

۷. بهره وری ساکنان و ارتباط با محیط زیست

۸. حداکثر کاهش استفاده از وسایل گرمازا و سرمازا

۹. استفاده بیشتر از نور طبیعی و کاهش استفاده از نور مصنوعی

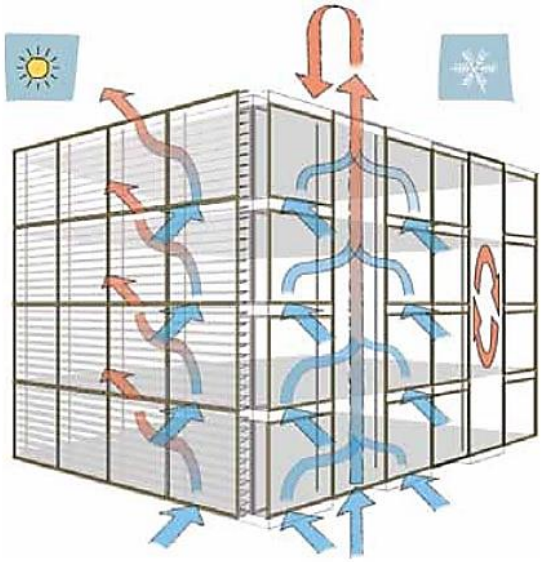
نحوه کاهش مصرف انرژی در نمای دو پوسته

همانطور که گفته شد، در فصول گرم، با ورود هوا به داخل شکاف نما، حرارت ذخیره شده درون آن خارج می شود. این امر دمای فضای میانی را پایین نگه میدارد و رسانش، همرفت، تابش گرما را از سطح شیشه داخلی به داخل فضای زندگی را کاهش می دهد و آسایش محیطی را به همراه دارد. همچنین وسایل سایه انداز که معمولا به شکل کرکره های افقی و قابل تنظیم هستند که به عنوان خنک کننده غیر فعال عمل می کنند و انرژی خورشیدی را جذب و یا منعکس می کنند

در فصول سرد نیز نما دو پوسته به دو شکل عمل میکند:

1. سیستم نما دو پوسته پیوسته که کاملا بسته است و جریانی در شکاف وجود ندارد. در این روش در اثر تابش آفتاب و پدیده گلخانه ای هوای داخل شکاف گرم شده و باعث کاهش اتلاف انرژی می شود.
2. در حالت دوم با ورود هوای گرم داخل ساختمان به درون شکاف و تابش خورشید و ایجاد پدیده گلخانه ای هوای داخل شکاف گرم شده و باعث کاهش اتلاف انرژی می شود.

تمامی این حالات و روش ها باعث کاهش مصرف انرژی درون ساختمان می شود. (تصویر ۱۷)



تصویر۱۷: تاثیر نمای دو پوسته در تنظیم دمای داخلی ساختمان(Poirazis,2004)

نتیجه گیری

با توجه به بررسی های انجام شده و مزایای ذکر شده نمای دو پوسته، قابلیت این را دارد که علاوه بر تامین نور کافی برای ساختمان ها و کاهش آلودگی صوتی، موجب کاهش مصرف انرژی و هزینه های جاری در ساختمان های بلند مرتبه تجاری_اداری نیز می گردد. نماهای دو پوسته در ساختمان های تجاری_اداری موجب شفافیت و بیشتر و افزایش کیفیت معمارانه فضا نیز می شود. نماهای دو پوسته شیشه ای، سیستمی پویا در انطباق با محیط اطراف با استفاده از سایه اندازی،تهویه، ورود نور طبیعی و.... هستند. همانطور که گفته شد، در فصول گرم، با ورود هوا به داخل شکاف نما، حرارت ذخیره شده درون آن خارج می شود. این امر دمای فضای میانی را پایین نگه میدارد و رسانش، همرفت، تابش گرما را از سطح شیشه داخلی به داخل فضای زندگی را کاهش می دهد و آسایش محیطی را به همراه دارد. همچنین وسایل سایه انداز که معمولا به شکل کرکره های افقی و قابل تنظیم هستند که به عنوان خنک کننده غیر فعال عمل می کنند و انرژی خورشیدی را جذب و یا منعکس می کنند در فصول سرد نیز نما دو پوسته در اثر تابش آفتاب و پدیده گلخانه ای هوای داخل شکاف گرم شده و باعث کاهش اتلاف انرژی می شود.

برای استفاده از هر فناوری در طراحی ساختمان ها باید با ویژگی های خاص فرهنگی،اقتصادی و اقلیمی کشور سازگاری داشته باشد، لازم است تاثیر این سیستم نما با توجه به جغرافیای محل،جهت گیری ساختمان، بار تاسیساتی و ..... محاسبه شود تا متناسب با سایت، ساختمان طراحی شود در این صورت ساختمان نه تنها تامین کننده انرژی ساختمان بوده بلکه انرژی مازاد را نیز ذخیره میکند.در مجموع استفاده از نما دو پوسته در ساختمان های تجاری یکی از راهکارهای موفق در کاهش مصرف انرژی شناخته می شود.

منابع

۱. ابراهیمی،سعید, کیاست فر،مهدی, امامی،سجاد, عباس نژاد،سجاد، (۱۳۹۶)، مقایسه بار حرارتی در ساختمان دو پوسته با انواع مختلف شیشه برای شهر تبریز، کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین در علوم و تکنولوژی،دوره اول.

۲. تقی، ندا، منتظر معتمدی، سمیه، (۱۳۸۵)، بکارگیری نمای دو پوسته و سیستم HVAC در ساختمانهای بلند مرتبه، پنجمین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران.

۳. دانیالی،عادله، صفری، حسین،(۱۳۹۴)، نمای دو پوسته: راهکاری برای نیل به معماری پایدار در ساختمان های مسکونی در اقلیم معتدل و مرطوب: نمونه موردی شهر رشت، سومین کنفرانس بین المللی پژوهش های کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری.

۴. رشیدی، علی ، شریفی ، مهدی ،(۱۳۸۸)، بررسی جایگاه نما های دو پوسته در کاهش مصرف منابع انرژی"، اولین همایش معماری پایدار ، همدان، آموزشکده فنی و حرفه ای سما همدان.

۵. طایفه ستاری،علی،شقاقی،شهریار،(۱۳۹۴)، بررسی سیستم نمای دو پوسته در راستای استفاده بهینه از انرژی در ساختمان ها،اولین همایش ملی شهر ، آرامش،دانشگاه آزاد اسالمی واحد مینودشت، گروه شهرسازی و معماری.

۶. سینگری،مریم،قربانی،وحید،(۱۳۹۵)، بررسی عملکرد نمای دو پوسته در مجتمع تجاری اقلیم سرد با رویکرد پایداری، اولین همایش هنر و صنعت در ساختمان عمران،معماری و شهرسازی،تبریز.

۷. شهریاری،شهرزاد، کریم زاده، علی، (۱۳۹۰)، نماهای دو پوسته راهکاری نو در راستای استفاده بهینه از انرژی، مجموعه مقالات دومین همایش ملی معماری پایدار مرکز آموزشی و فرهنگی سما همدان ، ایران.

۸. غلامی،حانیه، فیض آبادی،محمود، کامل نیا،حامد، علوی بایگی،مهدی،(۱۳۹۶)، بررسی روشهای مختلف استفاده از نمای دو پوسته در کاهش مصرف انرژی برای ساختمانهای اداری در ایران، کنفرانس عمران، معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسالم ایران تبریز.

۹. کشاورز،زهرا،تابان، محسن،مهرکی زاده، محمد،(۱۳۹۶)، بهینه سازی تهویه طبیعی در نمای دوپوسته راهرویی نمونه موردی ساختمان اداری در شیراز، معماری و شهرسازی پایدار، دوره ۵ , شماره ۱ ; ۱۵ – ۲۸.

۱۰. لطیفی، محمد، علیزاده گوهری، نغمه،(۱۳۹۰)، نماهای دو پوسته تدبیری برای یک معماری پایدار، مجموعه مقالات دومین همایش ملی معماری پایدار، مرکز آموزشی و فرهنگی سما همدان ایران.

۱۱. مطیعی بابک، نصیری محمد علی، (۱۳۸۵)، نماهای دو جداره، مجله الکترونیکی معماری و شهرسازی آرک نویز، سال اول، شماره۳.

۱۲. مقتدی نژاد، مهدی و خان محمدی، محمدعلی،(۱۳۹۴)، بررسی ویژگی های نمای دو پوسته و استفاده بهینه از انرژی در راستای اهداف معماری پایدار محیطی درساختمان های بلند مرتبه هزاره سوم،کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی.

13. Ajla Aksamija(2018),Thermal, energy and daylight analysis of different types of double skin façades in various climatesJournal of Facade Design and Engineering,volume 6.
14. Arons, D M.(2000) Properties and Applications of double- Skin Buildings. M.S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, June.
15. Ding, W. Hasemi, Y. Yamada, T.(2005) Natural ventilation performance of a double skin façade with a solar chimmey. Energy ang Buildings, 8-37, 411.
16. G. Kim, H. Soo Lim, J. Tai Kim,(2012) Development of a Double-Skin Façade for Sustainable Renovation of Old Residential Buildings, 7th International Symposium on Sustainable Healthy Buildings, Seoul, Korea.
17. Ghaffarianhoseini,Ali,Ghaffarianhoseini,Amirhosein,Berardi,Umberto,Tookey,John,HinWaLi,Danny,Kariminia,Shahab, Exploring the advantages and challenges of double-skin façades (DSFs), Renewable and Sustainable Energy Reviews 60,1052–1065,2016
18. Groninger B, (2000),Cooling with natural ventilation in office buildings, Internal Report KK-1145, TU_ Delft
19. Hansanuwat, R., (2010). Kinetic facades as environmental control systems: using kinetic facades to increase energy efficiency and building performance in office buildings. Thesis Master of building Science. University of southern California.
20. Kim, SY. Song, KD.(2007), Determining photosensor conditions of a daylight dimming control system using different double skin envelope confiqurations. Indoor and Built Environment, 16, pp 411.
21. Lancour, X. Deneyer, A. Blasco, M. Flamant, G. Wouters, P. Ventilated Double Facades, Classification & Illustration of Façade Concepts, Belgian Building Research Institute, 2004
22. Perino M,(2008), State of the art review. Responsive Building Elements, Annex. Vol. 2A, p. 44.
23. Poirazis, Harris. (2004),Double Skin Facades for Office Buildings, literature review. Volume 4 , Issue 3 of Report EBDR
24. Saelens , Hens,(2002), Modeling and Simulation of a Double-Skin Façade System2002
25. V. Huckemann, E. Kuchen, M. Leão, É. F. T. B. Leão,(2010), Empirical thermal comfort evaluation of single and double skin façades, Building and Environment, Vol. 45, No. 4, pp. 976-982.
26. Xiao-li Xu, Zhao Yang, Natural ventilation in the double skin facade with venetian blind, Energy and Buildings 40 1498–1504,2008.