فهرست

فصل اول

نماهای دوپوسته.....

۱-۱. مقدمه.....۱

۱-۲ سیر تاریخی نماهای دوپوسته.....۲

۱-۳ معرفی اجزای نمای دوپوسته.....۳

۱-٤ عملکرد نمای دوپوسته.....۵

۱-۵ عملکرد نمای دوپوسته در فصول مختلف.....۵

۲- دسته بندی نماهای دوپوسته.....٦

۲-۱ دسته بندی نماهای دوپوسته براساس حفره ی میانی.....٦

۲-۲دسته بندی نماهای دوپوسته بر اساس شیوه ی جریان هوا.....۹

۳- ۲دسته بندی نماهای دوپوسته بر اساس نوع تهویه.....۱۰.

۳- توصیف اجزای نمای دوپوسته.....۱۱

۳-۱ ساختار نمای دوپوسته.....۱۱

۳-۲ اصول بازشو ها.....۱۲

۳-۳ حفره ی میانی.....۱۲

۳-٤ بازشوهای جداره ی داخلی.....۱۳

۳-۵ بازشوهای جداره ی خارجی.....۱۵

۳-٦ انتخاب مصالح.....۱۵.

۳-٦-۱ جنس شیشه.....۱۵

۲-٦-۳ انتخاب تجهیزات سایه انداز.....۱۷

٤- نمای دوپوسته به عنوان سیستم غیرفعال خورشیدی(بار گرمایشی ساختمان).....۱۸

٤-۱ تاثیر پارامترهای مختلف سیستم نمای دوپوسته بر اثر گلخانه ای.....۱۹

٤-۱-۱ میزان تابش خورشیدی.....۲۰

٤-۱-۲ جهت‌گیری و استفاده از تجهیزات سایه‌انداز داخلی.....۲۱

٤-۱-۳ نسبت بین دیوار مات و پنجره‌ی نمای داخلی.....۲۱

٤-۱-٤ رنگ تجهیزات سایه‌انداز و سطوح داخلی.....۲۱

٤-۱-٥ عمق فضای میانی در نمای دو پوسته.....۲۱

٤-۱-٦ نوع شیشه‌ی نمای داخلی.....۲۱

٤-۱-۷ ابعاد بازشوها در نمای دوپوسته.....۲۲

٤-۱-۸ سرعت باد.....۲۲

٥- تهویه ی طبیعی در نماهای دوپوسته (بار سرمایشی ساختمان).....۲۳

٥-۱ عوامل موثر در تهویه.....۲٥

٥-۱-۱ جهت باد.....۲٥

٥-۱-۲ جهت ساختمان.....۲٦

٦- بررسی عملکرد سایه اندازها در نمای دوپوسته.....۲٦

٦-۱ معرفی تجهیزات سایه انداز.....۲٦

٦-۲ انواع تجهیزات سایه انداز.....۲۷

٦-۲-۱ سایه اندازهای کرکره ای افقی.....۲۷

٦-۲-۲ سایه اندازهای غلطکی.....۲۸

٦-۲-۳ سایه اندازهای دندانه دار.....۲۹.

٤-٢-٦ استفاده از گیاه در حفره ی میانی به عنوان سایه انداز..... ٣٠

٥-٢-٦ سایه بان متحرک..... ٣١

٣-٦ تاثیر پارامترهای مختلف بر عملکرد سایه انداز ها..... ٣٢

١-٣-٦ . بررسی محل قرارگیری سایه اندازها..... ٣٢

الف) سایه انداز در مقابل نما..... ٣٢

ب) سایه انداز در درون حفره ی میانی..... ٣٣

١- ب) سایه انداز در مقابل پوسته ی داخلی..... ٣٣.

٢- ب) سایه انداز در وسط حفره ی میانی..... ٣٤

٢-٣-٦ . تاثیر رنگ بر عملکرد سایه اندازها..... ٣٤

٣-٣-٦. بررسی تاثیر باز و بسته بودن نمای دوپوسته بر عملکرد سایه انداز..... ٣٥

٧- معایب و مزایای نمای دوپوسته..... ٣٦

١-٧ هزینه ی اولیه و سرمایه گذاری..... ٤١

٨- بررسی نمونه های موردی

١-٨ کتابخانه موراوین در جمهوری چک..... ٤٤

ب) شعبه ی مرکزیCommerzbank..... ٤٥

فصل دوم: نماهای متحرک

٢. مقدمه..... ٤٧

١-٢ معماری متحرک..... ٤٨

٢-٢ گونه شناسی معماری متحرک..... ٥١

٣-٢- ساختمان هوشمند..... ٥٨

٤-٢ توانایی نماهای متحرک هوشمند برای دستیابی به معماری پایدار..... ٦٢.

فصل سوم: استفاده از شبیه‌سازهای رایانه‌ای در ساختمان

۳. مقدمه..... ۷۰

۳-۱معماری امروز، دغدغه‌ها و را ه‌حل‌ها..... ۷۱

۳-۲ کلید حل مساله معماران هستند..... ۷۳

۳-۲-۱ معماران، مهندسان تاسیسات و کارایی محیطی ساختمان..... ۷۳

۳-۲-۲ معماران و دانش طراحی همساز با محیط..... ۷۵

۳-۳ روش های ارزیابی رفتار حرارتی ساختمان..... ۷۶

۳-۳-۱آیین‌نامه ها و راهنماهای طراحی..... ۷۷

۳-۳-۲ روش محاسبات سنتی..... ۷۷

۳-۳-۳ روش‌های همبستگی..... ۷۸

۳-۳-٤ شبیه سازی با استفاده از ماکت..... ۸۰

۳-۳-۵ شبیه سازی رایانه‌ای ساختمان..... ۸۱

۳-٤ : شبیه سازی ساختمان..... ۸۳

۳-٤-۱: تاریخچه‌ی استفاده از شبیه سازی در طراحی ساختمان..... ۸٤

۳-٤-۲ انواع الگوریتم‌های انجام شبیه‌سازی ساختمان..... ۸٦

۳-٤-۲-۱:روش شبیه سازی جداگانه..... ۸٦

۳-٤-۲-۲:روش‌های شبیه‌سازی مشارکتی..... ۸٦

۳-٤-۲-۲-۱:روش مبادله‌ی مدل رایانه‌ای..... ۸۷

۳-٤-۲-۲-۲روش اشتراک مدل رایانه ای..... ۸۷

۳-٤-۲-۳: روش شبیه سازی ترکیبی همزمان..... ۸۸

۳-٤-۲-٤:روش شبیه سازی به هم پیوسته..... ۸۸

۳-۵: مراحل یک شبیه سازی رایانه‌ای..... ۸۹
۳-٦:انواع شبیه سازی و کاربردهای آن در طراحی معماری..... ۹۰
۳-٦-۱ شبیه سازی انرژی و حرارتی..... ۹۳
۳-٦-۱-۱ساخت محیط شبیه سازی انرژی و حرارتی..... ۹۷
۳-٦-۱-۲: کاربردهای دیگر شبیه سازی انرژی..... ۹۷
۳-٦-۲ شبیه سازی نور..... ۹۸
۳-٦-۲-۱نرم افزار شبیه ساز نور..... ۱۰۱
۳-٦-۲-۱-۱ ریدینس..... ۱۰۱
۳-٦-۳ تحلیل خورشیدی..... ۱۰۳
۳-٦-٤ تحلیل داده های آب و هوایی ۱۰۳
۳-٦-۵: برنامه های شبیه ساز چندجانبه..... ۱۰٤
۳-٦-۵-۱: اکوتکت..... ۱۰۵
۳-٦-۵-۲ نرم افزار IES <VE>..... ۱۰۷
۳-٦-۵-۳ نرم افزار ESP-r..... ۱۰۸
۳-٦-۵-٤ نرم افزار انرژی پلاس..... ۱۱۲
۳-۷: معرفی نرم افزارهای منتخب..... ۱۱۳
۳-۷-۱ اطلاعات آب و هوایی: climate consultant..... ۱۱٤
۳-۷-۲ نرم افزار شبیه ساز انرژی..... ۱۱۷
۳-۷-۲-۱ نرم افزار دیزاین بیلدر..... ۱۱۷
۳-۷-۲-۲ :نرم افزار دیوا..... ۱۱۹

فصل چهارم: فرضیه های شبیه‌سازی ،روند پروژه ، نتایج مدل‌سازی

٤-١: مقدمه..... ١٢١

٤-٢ : روند پروژه ١٢٤

٤-٢-١: کاربری فضای شبیه‌سازی..... ١٢٤

٤-٢-٢ : ضوابط و اندازه‌های مدل آزمایش..... ١٢٤

٤-٢-٣ :معرفی سایه‌اندازها..... ١٢٥

٤-٢-٣-١ : سایه‌اندازهای افقی..... ١٢٥

٤-٢-٣-٢: سایه اندازهای قائم..... ١٢٦

٤-٢-٣-٣: پانل های قطری..... ١٢٦

٤-٢-٣-٤: پانل های نقطه مرکزی..... ١٢٧

٤-٢-٤:محل قرارگیری سایه‌اندازها..... ١٢٧

٤-٢-٥: انتخاب سایت و محل نمونه آزمایش..... ١٢٧

٤-٣: فرضیه های شبیه سازی..... ١٢٩

٤-٤ : شبیه سازی در نرم افزار دیوا..... ١٣١

٤-٥ : نتایج شبیه سازی در نرم افزار دیوا..... ١٣٧

٤-٥-١:سایه انداز های ثابت..... ١٣٧

٤-٥-٢:سایه‌اندازهای متحرک..... ١٣٩

٤-٥-٢-١: سایه‌اندازهای کرکره افقی ١٣٩

٤-٥-٢-٢: سایه‌اندازهای کرکره‌ای قائم..... ١٤٤

٤-٥-٢-٣:سایه‌اندازهای پانل‌های نقطه مرکزی..... ١٥٠

٤-٥-٢-٤: سایه اندازهای پانل قطری..... ١٥٥

٤-٦: شبیه سازی در نرم افزار دیزاین بیلدر..... ١٦٠

٤-٦-١: مدل سازی نمای دوپوسته بدون سایه‌انداز..... ١٦١

٤-٦-٢: نمای دوپوسته با سایه‌اندازهای کرکره افقی..... ١٦١

٤-٦-٣: نمای دوپوسته با سایه‌اندازهای کرکره قائم..... ١٦٤

٤-٦-٤: نمای دوپوسته با سایه‌اندازهای پانل نقطه مرکزی..... ١٦٥

٤-٦-٤: نمای دوپوسته با سایه‌اندازهای پانل قطری محوری..... ١٦٧

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی..... ١٦٩

۱-۱ مقدمه:

امروزه هزینه‌ی بالای انرژی و استفاده‌ی بهینه از منابع انرژی یکی از بحث‌های مهم جهانی به شمارمی-رود. لزوم حفظ انرژی و توسعه‌ی پایدار در طراحی ساختمانها، باعث شده است تا دیدگاههای جدیدی نسبت به استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر و غیر فسیلی شکل گیرد. با پیشرفت معماری درقرن بیستم و شروع جنبش مدرن، ابعاد و تعداد پنجره‌های بکار رفته درساختمانها، دیگر مثل گذشته تحت تأثیر ملاحظات سازه ای محدود نمی‌شوند، و حتی این امکان وجود دارد که دیوارهای پیوسته‌ی شیشه‌ای ایجاد نمود(Juan ZH,۲۰۱۰:۱۳۲۱) . با این وجود، شیشه به عنوان پوسته‌ی خارجی ساختمان از لحاظ اتلاف انرژی حرارتی، ضعیف ترین بخش ساختمان محسوب می‌شود و مشکلاتی از جمله اتلاف حرارتی، میعان وگرمای فوق-العاده زیاد در تابستان و سرد شدن سریع فضاها در زمستان را به همراه دارد،از این رو ضرورت استفاده از دستگاه های مکانیکی برای تنظیم عملکرد نمای ساختمان بیش از پیش احساس می‌شود. علاوه بر مقوله انرژی، عملکرد اکوستیکی این ساختمانها بسیار پایین است، در نتیجه توانایی مقابله شان در برابر تغییرات آب و هوایی پایین‌تر از حد انتظار است.(Allan D, ۲۰۰۶:۷)

برای رفع مشکلات فوق، ایجاد یک جداره‌ی حرارتی کارآمد در ساختمان، با رویکرد طراحی پایدار برای به حداکثر رساندن جذب گرما در زمستان و دفع گرما در تابستان بسیار مؤثر می‌باشد. در این میان نماهای دو پوسته یکی از بهینه‌ترین انتخاب ها در مدیریت تعامل انرژی بین فضای داخلی و خارجی ساختمان‌ها هستند(Hashemi N, Fayaz R, Sarshar M,۲۰۱۰: ۱۸۲۳-۱۸۳۲) .

اصطلاح نمای دو پوسته در واقع همان ایده‌ی نمای انعطاف‌پذیر متشکل از دو جداره‌ی مختلف است که با یک حفره‌ی هوایی میانی از هم جدا شده‌اند. حفره‌ی میانی وظایف جمع‌آوری تابش خورشیدی در زمستان (اثر گلخانه‌ای) و یا تخلیه‌ی آن در تابستان (تهویه‌ی طبیعی) را بر عهده دارد. لایه‌ی خارجی معمولاً از جنس شیشه بوده در حالیکه لایه‌ی داخلی از هر جنسی تشکیل خواهد شد. اما عمدتاً جداره‌ی خارجی فضای داخلی دارای جرم حرارتی می‌باشد(همان: ۱۸۲۳-۱۸۳۲). این نماها علاوه بر تأمین آسایش حرارتی و محیطی در ساختمان، مصرف انرژی را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهند.

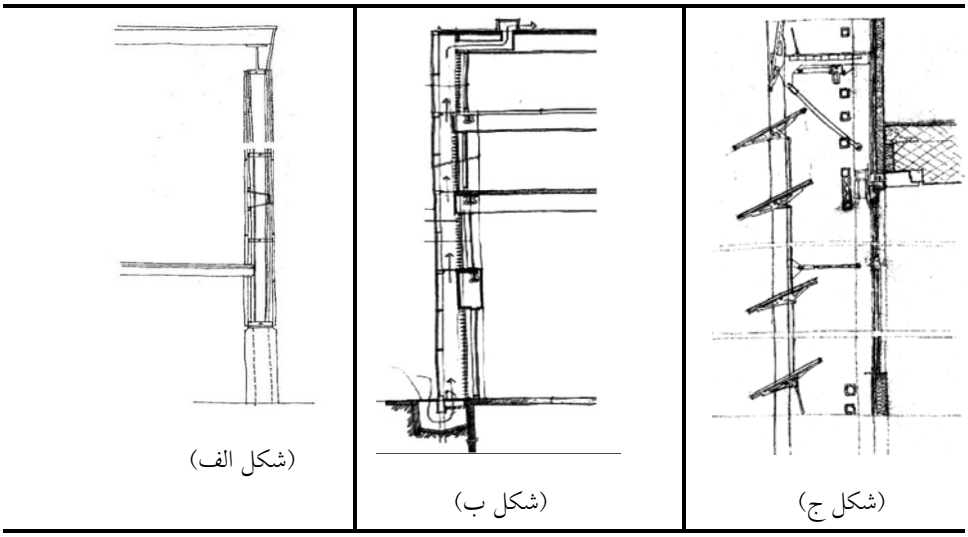
طبق تعریف انستیتو تحقیق ساختمان بلژیک [1]در کتاب منبع خود نمای دوپوسته نمایی است که یک یا چند طبقه را پوشش می‌دهد و از چند لایه ی شیشه‌ای تشکیل شده است. این لایه‌ها هم می‌توانند هوابندی شده باشند و هم نشده باشند.در این نوع نماها ,فضای میانی بصورت طبیعی یا مکانیکی تهویه می‌شود. روش تهویه هوای این فضای حائل ممکن است متناسب با زمان تغییر کند (Allan D,۲۰۰٦:٦).

۱-۲ سیر تاریخی نماهای دوپوسته

توسعه‌ی تکنولوژی نمای دوپوسته در اقلیم‌های سرد آغاز شد. اولین نمای دوپوسته‌ی واقعی درسال ۱۹۰۳درآلمان ساخته شد (شکل الف) و به دنبال آن پیشرفت‌های بعدی نمای دوپوسته دراواخر دهه‌ی ۷۰ به اوج رسید.درسال ۱۹۷۸ گروه معماری کنان [2]با کمک هوک[3]، ساختمان اداری هوکر[4] درنیویورک طراحی نمود.(شکل ب) این اولین طراحی نمای دوپوسته بودکه همزمان طراحی سیستم تهویه را نیز مدنظر قرارداد (Allan D,۲۰۰٦:٦).

باپذیرش نماهای دوپوسته در اروپا، آمریکای شمالی و ژاپن بعد ازسال۱۹۸۰، این سیستم گسترش چشمگیری یافته‌است.(Juan ZH,۲۰۱۰:۱۳۲۱) .دراواخردهه‌ی۹۰ ، دلایل زیست محیطی در درجه‌ی دوم اهمیت قرارگرفتند، وایده‌های زیبایی شناسانه وهندسی مورد توجه قرارگرفت.با این‌حال،درسال ۱۹۹۸ رنزوپیانو، سازگارترین سیستم نمای دوپوسته راطراحی کرد(شکل ج) (Benedetto A,۲۰۰۷:٦) مقطع قسمتی از برج های کارخانه استیف، ساختمان هوکر و برج دبیس در شکل ۱نشان داده شده است.

[1] BBRI۲۰۰۲
[2] CANON
[3] HOK
[4] HOOKER



(شکل الف) (شکل ب) (شکل ج)

شکل ۱ : سیر تحول و پیشرفت نماهای دو پوسته :الف)کارخانه استیف در گینگن آلمان[۵] ب)ساختمان هوکر در نیویورک[۶] ج)برج دیبیس در برلین آلمان[۷] (Benedetto A,۲۰۰۷:٦)

۱-۳ معرفی اجزای نمای دوپوسته

یک نمای دوپوسته‌ی ایده‌آل امکان تنظیم گرما، سرما، نوروصدا را به طریقی که کمترین میزان انرژی مصرف شود، فراهم می‌کند. از طرفی دیگر موانع و مشکلاتی با نصب شیشه‌های جداره خارجی نمای دو پوسته به جای دیوارهای خارجی مرسوم رخ می‌دهد که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به گرمای فوق‌العاده زیاد در تابستان، هزینه بالای تعمیر وکاهش فضای قابل استفاده ساختمان اشاره کرد.نمای دوپوسته از لایه‌های زیر تشکیل شده است:

پوسته‌ی خارجی: معمولاً شامل یک شیشه‌ی سخت شده است.نمای خارجی می‌تواند تمام شیشه‌ای باشد(Allan[۸] D, ۲۰۰٦:

پوسته‌ی داخلی یا جداره‌ی خارجی فضای داخلی: در این‌جا می‌توان از شیشه‌ی دوجداره(شفاف، کنترل‌گر خورشیدی، شیشه‌های جذب کننده و غیره)استفاده نمود. معمولاً این پوسته تمام شیشه‌ای نیست، بلکه می‌توان در آن

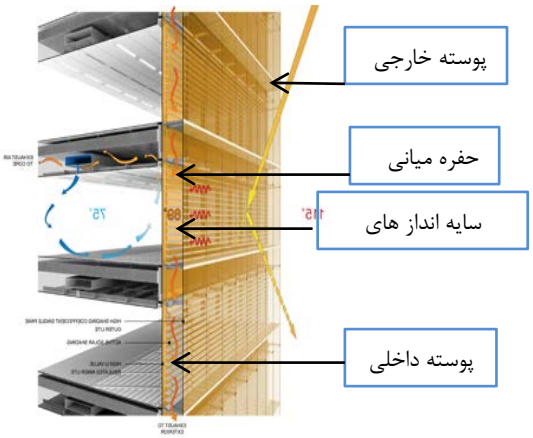
[۵] Steiff Factory in Giengen, Germany. ۱۹۰۳
[۶] Hooker building,cannon design,in newyork۱۹۷۹
[۷] Debis tower,renzo piano building workshop,Berlin,Germany ۱۹۹۸

بازشوهای شیشه‌ای و درقسمت‌های دیگر از مصالحی با جرم حرارتی بالا برای ذخیره‌ی انرژی حرارتی در طول روز استفاده نمود. بازشوهای داخلی می‌توانند توسط کاربران در ایجاد تهویه‌ی طبیعی باز و بسته شوند (همان: ۸).

فضای حایل میان دوپوسته (حفره‌ی میانی): حفره‌ی میانی می‌تواند کاملاً طبیعی و یا مکانیکی تهویه شود. عرض فضای حایل معمولاً بین ۲۰۰ میلی‌متر تا ۲ متر متغیر است. این عرض طریقه‌ی نگهداری نما را تحت تأثیر قرار می‌دهد (همان: ۸).

تجهیزات سایه اندازهای خورشیدی: استفاده‌ی گسترده از شیشه در پوسته‌ی خارجی به این معناست که با دسترسی مستقیم به نورخورشید میزان بیشتری از نور خورشید وارد فضای داخلی می‌شود. این امر موجب سلب آسایش ساکنین و مختل‌شدن فعالیت‌های آنان در فصول گرم می‌شود. معمول‌ترین راه محافظت بنا در برابر تابش مستقیم خورشید نصب سایه‌اندازها در حفره‌ی بین دو لایه‌ی نماست. (De Herde A,۲۰۰۷:۳٦٤)

اجزای نمای دوپوسته در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: اجزای نمای دوپوسته

۱-٤ عملکرد نمای دوپوسته

بررسی عملکرد حرارتی نمای دو پوسته به شدت به شرایط اقلیمی وابسته است. با توجه به شرایط اقلیمی متفاوت، نوع سیستم انتخابی مناسب نما متفاوت با یکدیگر خواهد بود. عدم توجه به این مسأله نه تنها کارآیی مناسب را در بر نخواهد داشت، بلکه ممکن است مصرف انرژی را نیز افزایش دهد. ابعاد حفره‌ی میانی، دریچه‌ها، جنس جداره‌ها، مسیر جریان هوا، سایه‌بان‌ها و کنترل هوشمند از جمله عوامل کلیدی در طراحی نمای دو پوسته می‌باشد(Baldinelli G, ۲۰۰۹:۱۱۰۷).

۱-٤-۱ عملکرد نمای دوپوسته در فصول مختلف

الف) عملکرد نماهای دو پوسته در فصل تابستان:

نماهای دوپوسته در فصل تابستان تشعشع خورشیدی جذب شده توسط نمای شیشه ای خارجی را به کمک تهویه مناسب کاهش می‌دهد.

با تابش شدید خورشید در تابستان، به سبب دمای بالای محیط و حضور طولانی‌تر خورشید در طول روز حفره ی میانی در طی روز گرم می‌شود و در شب گرم می‌ماند و این امر بار سرمایشی ساختمان را به میزان زیادی افزایش می‌دهد. استفاده از تجهیزات سایه انداز در داخل حفره برای کاهش عبور تابش خورشیدی و کنترل گرمای فزاینده در حفره میانی امری ضروری است.

در واقع نمای دوپوسته در طی روزهای گرم تابستان نمی‌تواند بطور موثر مثل یک سیستم تهویه مطبوع عمل کند و تنها میتواند درجه حرارت فضای داخلی را چند درجه پایین تر از حرارت بیرون برساند، در نتیجه به عنوان یک سیستم غیر فعال کارآمد نیست. با این وجود نمای دوپوسته به خودی خود مکانیسم کاهش حرارت را ایجاد می‌کند و در نتیجه وقتی با سیستم های خنک کننده دیگر ترکیب می‌شود راه حل بهتری است.در برخی موارد استفاده از سلولهای فتوولتائیک برای افزایش انسداد نور زننده خورشید و تابش ها پیشنهاد می‌شود که همزمان امکان ورود نور به داخل بنا را نیز فراهم میکند.بعلاوه PV می‌تواند منبع دیگر انرژی در بنا باشد(Benedetto A:۲۰۰۸,۱٦) .

ب) عملکرد نماهای دو پوسته در فصل زمستان:

در طی فصول سرد عملکرد این نماها را می توان دو حالت در نظر گرفت:

در حالت اول نما به شکل سیستم بسته ای است که هوا در ان جریان ندارد، لذا هوای میان حفره گرم شده و دمای سطح شیشه داخلی را افزایش می دهد و در نتیجه‌ی رسانش همرفت، اتلاف تابش کاهش می یابد.

در حالت دوم هوای گرم از فضای زندگی به داخل حفره میانی وارد می‌شود، سطح شیشه داخلی را گرم کرده و به همان نتایج فوق دست می یابد.با توجه به انکه در طی فصول سرد اغلب تابش مستقیم افتاب مطلوب است، با استفاده از قابلیت تنظیم کرکره ها می توان از پرتوهای خورشید برای گرم کردن ناحیه نزدیک پنجره استفاده کرد.

در آب و هوای سرد، نمای دوپوسته به عنوان یک مبدل حرارتی عمل می‌کند، به طوری که انرژی تابشی در بین دو لایه ذخیره شده و تقریبا دمای آن با دمای داخل ساختمان برابر می‌شود، که این امر سبب کاهش تبادل حرارتی فضای داخل با محیط خارجی می گردد.(Benedetto A:۲۰۰۸,۱۷)

۲- دسته بندی نماهای دوپوسته

۲-۱ دسته بندی نماهای دوپوسته براساس حفره‌ی میانی

تقسیم‌بندی نماهای دو پوسته بر اساس سیستم حفره‌ی میانی آن‌ها، که نوعی تقسیم‌بندی فیزیکی به حساب می‌آید، صورت می‌گیرد. این طبقه‌بندی عبارتست از:

نماهایی با ارتفاع یک طبقه (پنجره‌ی جعبه‌ای)[۸]: در این نما، فضای میانی به‌صورت افقی و عمودی، هم‌تراز با هر واحد نما تقسیم‌بندی شده است(شکل ۲). نماهای دو پوسته با ارتفاع یک طبقه که به‌صورت طبیعی تهویه می‌شوند نیز به عنوان مدل پنجره‌ی جعبه‌ای شناخته می‌شوند(D Allan,۲۰۰٦:۱۰). این پنجره‌ها دارای یک فریم بازشو به سمت داخل می‌باشند که اجازه‌ی ورود و خروج هوا را فراهم می‌سازند. پوسته‌ی خارجی، بازشوهایی در بالا و پایین هر پنجره دارد. هوای تمیز از یک سمت وارد و هوای مصرف شده از طرف دیگر خارج می‌شود. این نوع نما در مناطقی که آلودگی صوتی بالا می باشد توصیه می‌شود(BenedettoA,۲۰۰۸:۱۳). نمونه‌ای از ساختمان که سیستم این نوع نما در آن استفاده شده در شکل شماره ۳ نشان داده شده است.

[۸] .Box window type

(ب) (الف)

شکل ۳: نمای دو پوسته از نوع پنجره جعبه‌ای.الف: نحوه جریان هوا ب: بانک kfw درفرانک فورت[۹] (Blomsterberg A,۲۰۰۷)

نماهای دالانی[۱۰]: نماهای دالانی، دارای فضای حایل عریض و پارتیشن‌بندی شده‌ی افقی هم‌تراز با هر طبقه‌اند(شکل ۳)(Alland, D,۲۰۰٦: ۱۱). بازشوهای ورودی هوا نزدیک کف و خروجی‌ها نزدیک سقف هر طبقه قرار می‌گیرند. بازشوهای ورودی و خروجی هوا باید به‌صورت قطری قرارگیرند، تا هوای خارج شده از طبقات بلافاصله وارد هوای طبقه‌ی بالایی نشود. در طول فضای میانی نمای دالانی، حایل‌هایی بین هر دو اتاق قرار می‌گیرند تا از انتقال صدا و دود (در مواقع حریق) جلوگیری نمایند(BenedettoA,۲۰۰۸:۱٤). نمونه‌ای از ساختمان که سیستم این نوع نما در آن استفاده شده در شکل شماره ٤ نشان داده شده است.

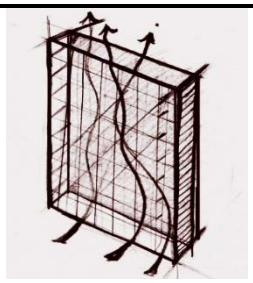
(ب) (الف)

شکل ٤: نمای دو پوسته از نوع دالانی. .الف: نحوه جریان هوا ب: نمایی از برج دیبیس[۱۱]**،بزرگنمایی ازحفره بین پوسته‌ها**
(Poirazis H, ۲۰۰٤:۱۳٦) (Blomsterberg A, ۲۰۰۷:۱۹)

نماهای چند طبقه[۱۲]: این نماها به‌صورت عمودی یا افقی تقسیم بندی نمی‌شوند بلکه فضای حایل در آن شامل شبکه‌های عظیم و بلند فلزی نگهدارنده در تراز هر طبقه است که امکان جریان هوا در آن‌ها

[۹] Kwf banking, Frankfurt
[۱۰] Corridor façade
[۱۱] Debis Tower,Berlin, Germany ,۱۹۹۸
[۱۲] Multi story

وجود دارد(شکل ٤). در نمونه‌های بزرگ از این نما، فضای حایل کل ساختمان را بدون هیچ تقسیم‌بندی پوشش می‌دهد(Allan, D,۲۰۰٦:۱۱). در واقع، تهویه‌ی هوای حفره‌ی میانی توسط دریچه‌های بزرگ در بالا و پایین حفره انجام می‌شود. این نوع نما معمولاً در مکان‌هایی که سر و صدای محیطی بالا است، کاربرد بیشتری دارد(Poirazis H, ۲۰۰٤:۳۲).

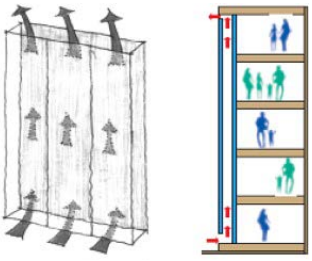


(الف)

(ب)

شکل ٥: نمای دو پوسته از نوع چند طبقه، الف: نحوه جریان هوا ب: نمایی ساختمان ویکتوریا لایف[۱۳] و حفره میانی ساختمان(Poirazis H, ۲۰۰٤:۱٥۱)

نماها با محفظه‌ی عمودی[۱٤]: این نماها خیلی شبیه به نمای یک طبقه هستند، اما در این‌جا مدول‌های محفظه‌های عمودی بلند ساختمان به وسیله بازشوهای فرعی به‌هم متصل می‌شوند(شکل ٥). اثر دودکشی، هوا را از پنجره‌ی جعبه‌ای به درون محفظه‌ی عمودی می‌کشاند، و از آن‌جا به سمت بالا صعود کرده و سپس خارج می‌شود(Allan, D,۲۰۰٦:۱۰). با توجه به این‌که دریچه‌های کمتری در پوسته‌ی خارجی وجود دارد، امکان استفاده‌ی آن در مناطق شلوغ و پر سر و صدا مهیا می‌باشد(Poirazis H, ۲۰۰٤:۳۱).



(الف)

(ب)

[۱۳] Victoria Life Insurance Buildings,Sachsenring, Cologne, Germany
[۱٤] shaft box type

شکل ٦: نمای دو پوسته از نوع محفظه عمودی. الف: نحوه جریان هوا، ب: برج ارگ۲۰۰۰[۱۵] ،نمای درونی ازمحفظه عمودی
(Poirazis H, ۲۰۰٤:۱۳۱)

۲-۲ دسته بندی نماهای دوپوسته بر اساس شیوه ی جریان هوا:

به طور کلی پنج روش تهویه به منظور ورود هوای تازه وجود دارد که نماهای دو پوسته با توجه به آن دسته بندی می‌شوند. این روش‌ها به اختصار توضیح داده می‌شوند:

پرده هوایی خارجی: در این روش هوا از خارج وارد می‌شود و درست بعد از آن از داخل به خارج می-رود(Allan, D,۲۰۰٦:۱۰).

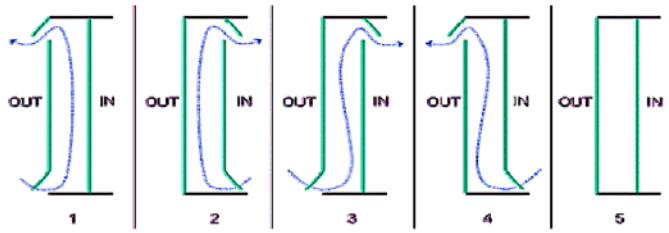
پرده هوایی داخلی: هوا از فضای داخلی وارد فضای حائل می‌شود و از طریق بازشوهای دیگر موجود در پوسته داخلی یا از طریق داکت تهویه وارد فضای داخلی می‌شود (همان: ۱۰).

دریافت هوا: در این روش فضای میانی از طریق هوای ورودی از بیرون تهویه می‌شود و بعد این هوا از فضای حائل وارد فضای داخلی می‌شود (همان: ۱۰).

خروج هوا: هوا از اتاقها بوسیله حفره میانی به بیرون منتقل می‌شود (همان: ۱۰).

حائل هوا: وقتی نمای دوپوسته بسته است تا درجه حرارت را در طی شب در فصل زمستان افزایش دهد (همان: ۱۰).

.انواع روش تهویه در شکل شماره ٦ نشان داده شده است.



شکل ۷: انواع روش‌های تهویه(Allan, D,۲۰۰٦:۱۱)

۳-۲دسته بندی نماهای دوپوسته بر اساس نوع تهویه:

[۱۵] ARAG ۲۰۰۰ Tower, Düsseldorf, North Rhine-Westphalia, Germany,۲۰۰۰

نماهای دوپوسته بر اساس ۳ روش تهویه می‌شوند: ۱- تهویه طبیعی ۲-تهویه مکانیکی ۳- تهویه هیبریدی

به طور کلی نماهایی که بطور طبیعی تهویه می‌شوند، طرز عملکرد را بسته به شرایط تغییر می‌دهند و نماهایی که بصورت مکانیکی تهویه می‌شوند، عموما دریچه ورودی ندارند و معمولا با یکی از روش های دو ،چهار ، پنج تهویه می‌شوند. نماهایی که با هر دو روش تهویه می‌شوند، دو پوسته شیشه ای دارند که معمولا یک پوسته‌ی آن از شیشه ی یک جداره است و پوسته‌ی دیگر شیشه عایق بندی شده است (همان: ۱۰).

سیستم های تهویه مکانیکی معمولا به عنوان سیستم تهویه در کف و سقف ساختمان، برای تامین و یا تخلیه‌ی هوای حفره‌ی میانی جهت تضمین توزیع مناسب هوای تازه، استفاده می‌شوند. هوا به وسیله‌ی تجهیزات مکانیکی وارد حفره می‌شود این هوا به سمت بالا حرکت می‌کند و حرارت موجود در حفره را از بین می‌برد و برای خروج و یا جریان دوباره در حفره، به حرکتش ادامه می‌دهد. به این دلیل که هوا بصورت مستقیم از بیرون وارد حفره نمی شود، احتمال وقوع چگالش و آلودگی در حفره کمتر خواهد بود (Baldinelli G, ۲۰۰۹:۱۱۱۰) در مورد نحوه تهویه در بخش‌های آینده به طور مفصل توضیح داده خواهد شد.

با توجه به مطالب گفته شده انواع روش‌های دسته‌بندی نماهای دوپوسته در جدول شماره ۱نشان داده شده-است.

جدول شماره ۱:دسته بندی نماهای دوپوسته

نوع تهویه	تهویه مکانیکی		تهویه ترکیبی(هیبریدی)		تهویه طبیعی	
نوع نمای دوپوسته	پنجره‌ی جعبه‌ای		نماهای دالانی		نماهای چند طبقه	نماها با محفظه‌ی عمودی
نحوه تهویه هوا	پرده هوای داخلی	پرده هوای خارجی	تامین هوا(شماره۳)	خروج هوا از درون به بیرون(شماره۴)		سپر هوایی(عکس شماره۵)

۳- تو

صیف اجزای نمای دوپوسته

۳-۱ ساختار نمای دوپوسته

پایان نامه دوره ی کارشناسی ارشدی در دانشگاه تکنولوژی هلسینکی[۱۶] در سال ۲۰۰۱ توسط فردی بنام اوتو[۱۷] نگاشته شد. بخشی از این تحقیق به روند تاریخی و طبقه بندی نماهای دوپوسته اختصاص دارد اما بطور کلی تمرکز آن روی سیستم های سازه‌ای نماهای دوپوسته است. طبق نظر نویسنده, " یک سازه ی کامل میتواند به زیر ساخت هایی تجزیه شود:

سازه ی اصلی: هسته ی باربر, همه‌ی ستون ها, دیوارها, کف و مهاربندی های تقویتی, بارهای افقی و عمودی را حمل می‌کنند.
سازه ی ثانویه: کف ها که بخشی از سیستم اصلی نیستند همانند : عناصر توکار، پارتیشن ها، سازه‌ی سقف و ملحقات آن، عناصر نما.
سازه های درجه‌ی ۳: همه‌ی سازه هایی که بخشی از سازه های ثانویه هستند و سازه هایی که مقاومتشان برای دوام سازه های ثانویه حیاتی نیست، مثلا یک پنجره در داخل نما. (Poirazis H, ۲۰۰٤: ۳۷)

عمده ترین مسئله ای که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت سازه های درجه ی دوم و سوم هستند. بصورت جزیی تر سازه های ثانویه را میتوان به ۳ دسته ی اصلی تقسیم کرد:

سازه ی چنگکی طره ای[۱۸]
سازه ی معلق[۱۹]
سازه ی قابی شکل[۲۰] (Poirazis H, ۲۰۰٤: ۳۷)

پایان نامه ی دیگری نیز در همین دانشگاه در سال ۱۹۹۹ توسط کالیونیمی[۲۱] نگاشته شده است که اطلاعاتی راجع به طراحی و اتصالات و چفت و بست های نمای شیشه‌ای ارائه می‌دهد. طبق نوشته های نگارنده " استفاده از شیشه در نما موجب بروز مشکلات زیادی می‌شود که ناشی از ویژگی‌های شیشه است. شیشه به لحاظ شکنندگی اش از دیگر مصالح مورد استفاده در ساختمان ،متفاوت است(همان:۳۸).

[۱۶] Helsinki University of Technology
[۱۷] Uuttu
[۱۸] cantilever bracket structure
[۱۹] suspended structure
[۲۰] frame structure
[۲۱] Kallioniemi

اتصالات نماهای شیشه ای از نوع پوتی گلیزینگ[۲۲], نگهدارنده های شیشه, چفت و بست های فشاری, قاب های شیشه ای تیزه دار[۲۳] به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرند(همان:۳۸).

۳-۲ اصول بازشو ها

سرعت جریان هوا و نوع جریان داخل حفره به عوامل زیر بستگی دارد:

عمق حفره (هم برای تهویه ی طبیعی و هم مکانیکی)
نوع بازشوهای داخلی (هم برای تهویه ی طبیعی و هم مکانیکی)
نوع بازشوهای خارجی (برای تهویه ی طبیعی) (همان:۳۸)

۳-۳ حفره ی میانی

بنابر نظر کامپاگنو[۲٤] (۲۰۰۲) " مبادله ی هوا بین محیط و حفره ی میانی بستگی به شرایط فشار باد موجود در پوسته ی ساختمان, خاصیت دودکشی و ضریب تخلیه ی بازشوها دارد. این دریچه ها میتوانند دائما باز باشند(سیستم غیرفعال[۲۵]), یا بصورت دستی و یا مکانیکی باز شوند (سیستم فعال). سیستم های فعال بسیار پیچیده هستند و در نتیجه به لحاظ ساخت و نگهداری و تعمیرات نیز هزینه بر هستند"(۲۰۰٤:۳۹ Poirazis H,).

فایست[۲٦], (۱۹۹۸) نمایی هواناپذیر را با نمایی دوپوسته با تهویه ی طبیعی مقایسه کرد که به نتایج زیر دست یافت:

در یک نمای هوا ناپذیر:
عمق حفره ی میانی تاثیری در دمای حفره ندارد.
پنجره ها معمولا بسته هستند و باز کردن پنجره ها, تهویه ی مناسب را تامین نمی‌کند.
حفره در پایین باز است و در بالا میتواند توسط یک سرپوش بسته شود.
یک نمای دوپوسته تاثیری در ایزولاسیون صوتی بنا ندارد(در مقایسه با دیوارهای رایج)

---

[۲۲] putty glazing
[۲۳] *point supported glass panes*
[۲٤] Compagno
[۲۵] *passive systems*
[۲٦] Faist

به دلیل افزایش دما در حفره(به سبب تابش های خورشیدی), ارتفاع حفره به ۳ تا ٤ طبقه محدود می-شود(همان:۳۹).

در یک نمای تهویه شده:
عمق حفره باید با دقت تعیین شود.
تهویه ی اتاق ها با باز کردن دریچه های مناسب انجام می‌شود.
پایین حفره بسته می‌شود و تا بالای طبقه ی آخر ادامه پیدا می‌کند.
ایزولاسیون صوتی موقعی که پوشش دوجداره در پوسته ی خارجی نصب می‌شود، بهبود می یابد.
ارتفاع مجاز بستگی به ابعاد حفره دارد. محدودیت آن بستگی به دمای هوای مجاز داخل حفره دارد (۱۰ تا ۱۵ طبقه) (همان:۳۹)

استرلی[۲۷](۲۰۰۱) توضیح وسیعی از عملکرد و جریان هوای حفره در ارتباط با عوامل سازه ای را ارائه می-دهد. نویسنده می‌گوید تنها زمانی که حفره‌ی بین جداره‌های نما کم عمق است (کمتر از ٤۰ سانتی متر) افت فشار قابل توجهی اتفاق می افتد. در غیر این صورت, فضای میانی مقاومت چندانی در برابر جریان هوا ندارد(همان:۳۹).

٤-۳ بازشوهای جداره ی داخلی

کارایی نمای داخلی در تهویه بستگی به حرکت بازشوهای پنجره دارد. در مقایسه ای بین انواع مختلف بازشوهای لولادار در نمای داخلی و کارایی آن‌ها در تهویه انجام می‌دهد.نمونه‌ای از این بازشوها در شکل های ٦ و ۷ نشان داده شده است.

. حالت های مختلف بازشوها در رابطه با بازشوهای داخلی در جدول شماره۲ شرح داده شده است:

جدول شماره۲:تاثیر عملکرد بازشوهای داخلی بر کارایی تهویه نماهای دو پوسته(٤۰ :۲۰۰٤, Poirazis H)

نوع بازشوی داخلی	کارایی تهویه‌ای

[۲۷] Oesterle et al