

معرفی سیستم نوین لایه‌های ساختمانی تغییرپذیر (فناوری نو در طراحی معماری اقلیمی)

محمد رضا عباسی^۱، منصوره طاهباز^۲، راحیل وفائی^۳

چکیده

از آنجایی که معماری مدرن بی توجه به معماری همساز با اقلیم شکل گرفته و حتی باعث مصرف بیشتر انرژی‌های فسیلی شده و هم‌خوانی و سازگاری منطقی با رفتارها و عاداتهای مردم نداشته است، استفاده از فناوری‌های نوین در ساختمان‌هایی که با شرایط اقلیمی محیط خود هماهنگ باشند لازم به نظر می‌رسید. سیستم لایه‌های ساختمانی تغییرپذیر، جداره‌های ساختمانی ابداعی و نوینی است که در اداره کل مالکیت صنعتی ایران تحت عنوان «سیستم نوین ساختمانی با رویکرد منعطف‌سازی در حیطه عایق حرارتی و پوشش نما» به ثبت رسیده است. این جداره‌ها می‌توانند با کنترل نور و گرمای روزانه، متناسب با شرایط محیط بیرون تغییر کنند، از این رو در تنظیم شرایط محیطی یک فضا از نظر تبادل حرارت با محیط خارج نقش به‌سزایی ایفا می‌کند. در این مقاله تلاش شده است ضمن معرفی این طرح ابتکاری، پنجره و دیوار تغییرپذیر، بررسی و دستاوردهای آن توضیح داده شود. در سیستم لایه‌های ساختمانی تغییرپذیر برخلاف جداره‌های رایج، دیوارها به صورت ثابت طراحی نشده است، همچنین بلکه قابلیت تغییر رنگ، میزان شفافیت و کنترل مقدار نور عبوری از دیوار، کاهش یا افزایش ظرفیت و ذخیره حرارتی، همچنین قابلیت جابجایی مکان عایق حرارتی به صورت دستی یا خودکار توسط کامپیوتر، از جمله مزیت‌های این سیستم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اقلیم، سیستم لایه‌های ساختمانی تغییرپذیر، نور مستقیم خورشید، تغییرپذیری.

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۳/۲۴

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۶/۲۵

۴۳

شماره ۵-۲
تابستان ۱۳۹۴

فصلنامه
علمی-پژوهشی

نقش
جهان

معرفی سیستم نوین لایه‌های ساختمانی تغییرپذیر
(فناوری نو در طراحی معماری اقلیمی)

۱- کارشناس معماری، جهاد دانشگاهی یزد، یزد، ایران Vahab91@yahoo.com

۲- دانشیار معماری دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران (نویسنده مسوول) M58tahbaz@yahoo.com

۳- دانشجوی دکتری معماری دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران Rahil.vafaei@gmail.com

۱. مقدمه

بررسی معماری چند دهه اخیر نشان می دهد که تقلید از معماری بین المللی مدرن، علاوه بر این که همخوانی و سازگاری منطقی با رفتارها و عادات های مردم نداشته، بلکه برخلاف معماری هماهنگ و همساز با اقلیم تولید شده است. همچنین علاوه بر ایجاد آلاینده های زیست محیطی و اتلاف انرژی، هزینه های گرمایش و سرمایش را افزایش داده و با جدایی حاصله از طبیعت، زندگی ماشینی را جایگزین کرده است. در دهه های ۱۹۶۰ - ۱۹۷۰ مکتبی تحت عنوان ریجنالیسم^۱ شکل گرفت که در این مکتب چون فرهنگ و خصوصیات و شرایط اقلیمی با عبور از هر منطقه به منطقه دیگر فرق می کند باید معماری آن هم تغییر کند؛ در واقع یکی از اهداف این مکتب این بود که معماری هر منطقه متناسب با آن منطقه باشد. این مکتب نقطه مقابل سبک بین الملل بود که معماری یکسانی برای هر منطقه در نظر می گرفت. با توجه به اینکه در اقلیم های متفاوت فصل ها و روزهای متفاوتی وجود دارد و نیازمند ساختمانی است که برای همان روز طراحی شده باشد، در نظر گرفتن عامل غالب برای طراحی در یک اقلیم برای یک فصل مناسب و در فصل دیگر نامناسب خواهد بود، لذا طراحی سیستم ساختمانی تغییرپذیر که بتواند روزانه متناسب با شرایط محیط بیرون تغییر کند ضروری به نظر می رسد. از آنجایی که یکی از مهمترین عوامل اقلیمی تأثیرگذار در شرایط محیط داخلی آفتاب (نور مستقیم خورشید) می باشد، جهت تحقق بخشیدن به کنترل نور و گرما در پنجره، ایده اولیه از سایه یک لیوان چای گرفته شد. به اینصورت که اگر به جای آنکه چای در لیوان ریخته شود در بین جداره های پنجره دو جداره تزریق گردد، رنگ نمای پنجره به رنگ چای در خواهد آمد که در پشت آن سایه رنگی ایجاد می شود.

در جهت رسیدن به این هدف می بایست جداره ای طراحی می شد که در آن مواردی چون رنگ، مقاومت و ظرفیت حرارتی، میزان جذب، شفافیت و ... تغییر کند. با پیشرفت ایده مورد نظر، نمونه آزمایشی این پنجره ساخته شد که شامل دو جداره شیشه به فاصله ۵ میلیمتر از یکدیگر بود و بین آن ها مایع رنگی تزریق شد و با تزریق رنگ تا حدود نسبتاً زیادی نور عبوری از پنجره کاهش یافت که پاسخگوی یکی از اهداف اصلی طرح بود (عباسی، ۱۳۹۰).

این طرح نمونه مشابه داخلی و خارجی نداشته و در اداره کل مالکیت صنعتی ایران (اداره اختراعات) تحت عنوان «سیستم نوین ساختمانی با رویکرد منعطف سازی در

حیطه عایق حرارتی و پوشش نما» به ثبت رسیده است^۲؛ بنابراین یک ابتکار علمی بوده و این مقاله معرفی و گزارش یک طرح بدیع را در حیطه فناوری های نوین و روزآمد در معماری بیان می کند.

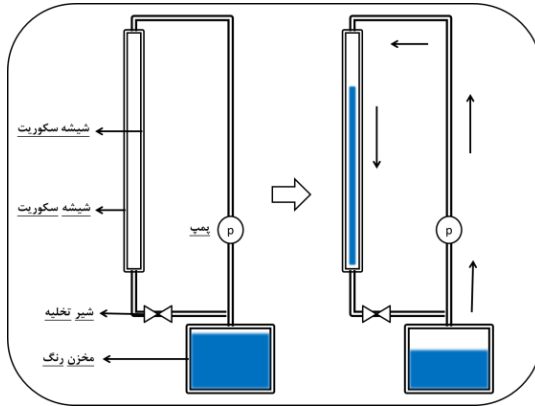
در این تحقیق ابتدا تغییرپذیری در ساختمان توسط سیستم لایه های ساختمانی تغییرپذیر در پنجره توضیح داده می شود که می تواند به وضوح موضوع تحقیق کمک بیشتری نماید، سپس با استفاده از نتایج به دست آمده سیستم دیوار تغییرپذیر نیز معرفی می گردد.

۲. پیشینه تحقیق

در قرن ۲۱ استفاده از مصالح نوین از جمله مصالح هوشمند^۳ در معماری رواج یافته که خاصیت تغییرپذیری داشته و ویژگی های ظاهری یا درونی آن ها در پاسخ به تأثیرات فیزیکی، شیمیایی به صورت برگشت پذیر تغییر می یابد. مصالح هوشمند تحت عنوان مصالح انعطاف پذیر و تطبیق پذیر نیز شناخته می شوند و این به دلیل ویژگی خاص آن ها در تنظیم نمودن خود با شرایط محیطی می باشد (Addington & Schodek, 2005). مصالح هوشمند انواع مختلفی دارند که برخی در برابر تغییرات دمای محیط پیرامون به طور برگشت پذیر واکنش نشان می دهند مانند مصالح منبسط شونده^۴ (TEM)، برخی در مقابل محرک های بیرونی تغییر رنگ موقت می دهند مانند مصالح فتوکرومیک (PC)، ترموکرومیک. در ابتدا به کارگیری مصالح فتوکرومیک به خاطر جنبه زیبایی آن ها بود (به دلیل طیف رنگی که در برابر نور ایجاد می کردند) اما پژوهشگران تحقیقات بسیاری بر روی این مصالح انجام دادند تا بتوانند از این فناوری برای عملکردهای دیگری مثل کاهش میزان مصرف انرژی و یا تغییرات دمایی این پوشش ها استفاده کنند (Ritter, 2007). برخی با قرارگیری در مقابل نور مستقیم خورشید میزان شفافیت خود را تغییر می دهند که مصالح الکتروکرومیک نامیده می شوند (Lampert, 1995; Sekhar & Lim, 1998).

نوع دیگر مصالح هوشمند که ذخیره کننده حرارت (گرما) هستند در معماری نیز استفاده فراوان دارند و پرمکاربردترین آن ها که مصالح تغییر حالت دهنده^۵ (PCM) هستند می توانند به عنوان واسطه تنظیم دما از حالت جامد به مایع و بالعکس تغییر یابند (Khudhair & Farid, 2004; Razack & Al-Hallaj, 2004).

شیشه های هوشمند^۶ با تغییر از حالت شفاف به نیمه شفاف میزان انتقال نور و گرما را کنترل می کنند. در



شکل ۱: نحوه ارتباط اجزای سیستم در مرحله اول طراحی (مأخذ: نگارندگان)

مرحله چهارم: ایجاد رنگ‌های مختلف با ترکیب رنگ‌های اصلی.

مرحله پنجم: قابلیت استفاده از این ایده در طراحی دیوار:

- استفاده از ایده پنجره در طراحی دیوارهای داخلی،
- استفاده از ایده پنجره در طراحی دیوارهای خارجی،

مرحله ششم: قابلیت رنگ کردن یک دیوار با چند رنگ.

مرحله هفتم: قابلیت جابه جایی عایق حرارتی.

مرحله هشتم: قابلیت کنترل سیستم با کامپیوتر.

روش کار به این صورت است که مایع رنگی از مخازن به وسیله پمپ به جداره‌ها تزریق می‌شود، این سیستم قابلیت این را دارد که در کمتر از یک ساعت درصد شفافیت آن را تغییر داد و در صورت لزوم دید یک طرفه ایجاد کند. همچنین می‌توان مواردی چون مکان عایق حرارتی و مقدار نور عبوری از هریک از سه جداره را تغییر داد که در ادامه پس از معرفی مراحل مختلف طرح به اهمیت و ضرورت این تغییرها اشاره می‌شود.

۴. تغییرپذیری در ساختمان

۴-۱. معرفی طرح

مرحله اول: کنترل نور پنجره به وسیله مایع رنگی

همانطور که در مقدمه مقاله اشاره شد، ابتدا ایده اولیه در یک پنجره دوجداره آزمایش شد که این پنجره با لوله‌هایی به یک مخزن رنگ و یک پمپ متصل است (شکل ۱). روش کار بدین صورت است که پمپ مایع رنگی را از مخزن رنگ به داخل دو جداره که به فاصله ۰/۵ سانتیمتر از هم قرار دارند تزریق می‌کند و در قسمت پایین پنجره یک شیر تخلیه قرار داده شده که با باز کردن آن رنگ بین دو جداره تخلیه می‌شود؛ در این حالت با تزریق

نوعی از آن‌ها ذرات در مقیاس نانو که در یک مایع معلق می‌شوند بین دو تکه شیشه یا پلاستیک قرار می‌گیرد یا به یک لایه چسبانده می‌شود. شیشه‌های الکتروکرومیک دسته دیگری از شیشه‌های هوشمند هستند که در اثر جریان الکتریکی تغییر رنگ (تیره) داده و میزان انتقال نور و جذب یا انعکاس آن‌ها تغییر می‌یابد. این سیستم‌ها می‌توانند به صورت دستی یا اتوماتیک تنظیم شده تا مقدار نور، درخشندگی و گرمای عبوری از آن به دقت کنترل شود و در نتیجه کاهش نیاز به تهویه در ماه‌های تابستان و گرمایش در زمستان را به دنبال دارد. از ویژگی‌های این نوع شیشه، قطع نشدن ارتباط بصری افراد با بیرون و همچنین عدم نیاز به نصب پرده و ... است (Wang & Meng, 2012).

با دستیابی به فناوری‌های نوین در خصوص مصالح هوشمند، توجه خاصی از سوی معماران برای طراحی ساختمان‌هایی با قابلیت ماندگاری بالا در برابر شرایط اقلیمی به عمل آمده است و انتظار می‌رود که تقاضا و بهره‌وری از مصالح هوشمند، روز به روز افزایش یابد. سیستم لایه‌های ساختمانی تغییرپذیر (VBLS) که در این مقاله معرفی خواهد شد نمونه‌ای ابتکاری است که بسیاری از ویژگی‌های مصالح هوشمندی همانند تغییر رنگ و شفافیت، ذخیره حرارت، کنترل انتقال نور و گرما و صوت، را به صورت تلفیقی در یک سیستم داشته و می‌تواند به عنوان پنجره، دیوار و حتی سقف به کار برده شود.

۳. روش تحقیق

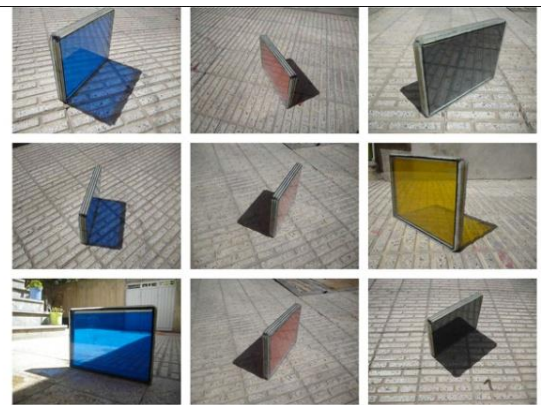
مطابق ایده اولیه که از سایه چای در لیوان گرفته شد پس از چند مرحله آزمون و خطا، سیستم لایه‌های ساختمانی تغییرپذیر طراحی شد که این فناوری نوین شامل سه قسمت اصلی می‌باشد: ۱. لایه‌های شفاف، ۲. مخازن رنگ، ۳. پمپ و شیر کنترل‌کننده. جداره‌های شفاف آن می‌تواند از جنس انواع شیشه سکوریت، پلکسی‌گلاس^۱ و ... باشد که به وسیله فاصله‌انداز^۲ از یکدیگر جدا می‌شوند. رنگ‌های معمولی با گذشت زمان به جداره‌های شیشه چسبیده و ته نشین می‌شود که جهت رفع این مشکل مایع رنگی مناسبی جستجو و جایگزین شد.

نمونه آزمایشگاهی این طرح در طی ۹ مرحله ساخته شد که شامل مراحل زیر می‌باشد:

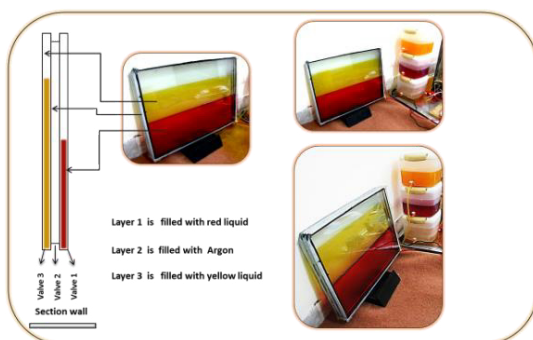
مرحله اول: کنترل نور پنجره به وسیله مایع رنگی.

مرحله دوم: کنترل نور پنجره توسط رنگ‌های مختلف.

مرحله سوم: کنترل دید و درصد شفافیت در پنجره.



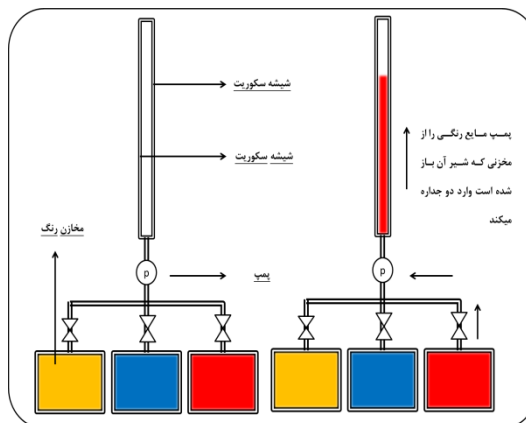
شکل ۳: سایه رنگ ها و کنترل نور رنگ ها (مأخذ: نگارندگان)



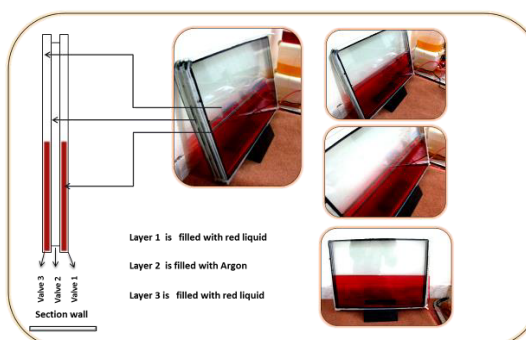
شکل ۵: ماکت دیوار داخلی و برش از دیوار با دو رنگ (مأخذ: نگارندگان)

می توان با تزریق رنگ های متفاوت، جهت کاهش نور و کنترل بیشتر دمای داخل استفاده کرد. در مرحله دوم طراحی تصمیم به تغییر رنگ گرفته شد که در این صورت به ازای هر رنگ نیاز به یک مخزن و یک پمپ و یک مسیر لوله بود که این خود از لحاظ اجرا و هزینه مقرون به صرفه نبود.

در نهایت در جهت کاهش هزینه ها و کاهش تجهیزات از شیرهای کنترل کننده استفاده شد که در فاصله بین مخازن رنگ و پمپ قرار می گیرند، در واقع روی هر مخزن رنگ یک شیر نصب می شود که تمام این شیرها توسط یک لوله به یک پمپ و از پمپ توسط یک لوله به پنجره وصل می شود. روش کار در این حالت به این صورت است که ابتدا شیر مخزن رنگ مورد نظر خود را باز کرده (این شیرها در قسمت دست انداز پنجره قرار می گیرند) سپس پمپ را روشن کرده که در این حالت پمپ، رنگ مخزنی که شیر آن باز است را به داخل پنجره تزریق می کند (شکل ۲). در نهایت با این روش امکان استفاده از رنگ های مختلف امکان پذیر می شود.



شکل ۲: نحوه ارتباط اجزای سیستم بعد از استفاده از شیرهای کنترل کننده مخازن (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۴: ماکت دیوار داخلی و برش از دیوار با یک رنگ (مأخذ: نگارندگان)

رنگ بین دو جداره تا حدود زیادی نور عبوری از پنجره کاهش می یابد.

مرحله دوم: کنترل نور پنجره توسط رنگ های مختلف

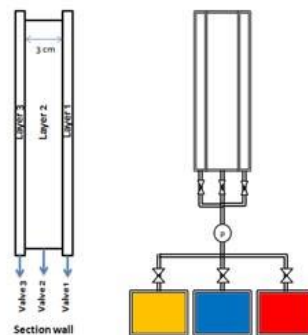
از آنجایی که هدف اصلی رسیدن به حداکثر تغییرپذیری بود در مرحله دوم با استناد به اهمیت روانشناسی رنگ ها و با فرض اینکه هر رنگ مقدار مشخصی نور خورشید را از خود عبور می دهد و این مقدار می تواند برای هر رنگ متفاوت باشد، قابلیت کاهش و افزایش مقدار نور عبوری با تغییر رنگ امکان پذیر است. بنابراین در جهت اثبات این فرضیه آزمایش هایی صورت گرفت که شرح داده می شود.

هدف از این آزمایش مشخص شدن مقدار نور و گرمای عبوری از هر لایه رنگ بود که در شرایط کاملاً یکسان دو جداره از پلکسی گلاس به فاصله ۲ میلیمتر از هم قرار گرفته و با دو جدا کننده داخلی به ۳ بخش تقسیم شدند. داخل هر بخش یک رنگ تزریق و در مقابل نور مستقیم خورشید در محیط باز قرار داده شد.

نتیجه آزمایش: به دلیل متفاوت بودن میزان جذب و عبور نور از رنگ های مختلف، سایه آن ها نیز دمای متفاوتی خواهد داشت. بنابراین با توجه به نتایج آزمایش ها



شکل ۸: تقسیم دیوار خارجی به دو تا سه قسمت رنگی (مأخذ: نگارندگان)



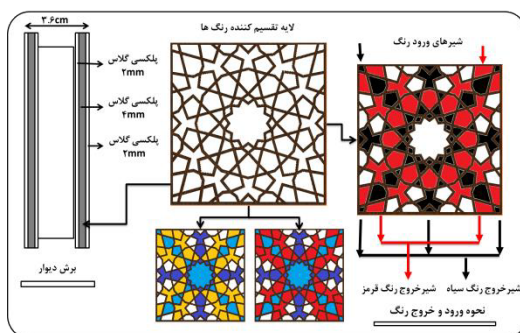
شکل ۶: برش از دیوار خارجی (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۹: نمونه‌ای از یک لایه تقسیم‌کننده داخلی (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۷: ماکت دیوار خارجی در محیط (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۱۰: نحوه ورود رنگ به لایه تقسیم‌کننده رنگ (مأخذ: نگارندگان)

لایه دیگر رنگ زرد شفاف تزریق می‌شود که با این روش هنگامی که از سمت لایه قرمز به پنجره نگاه شود جداره داخل به رنگ نارنجی دیده می‌شود.

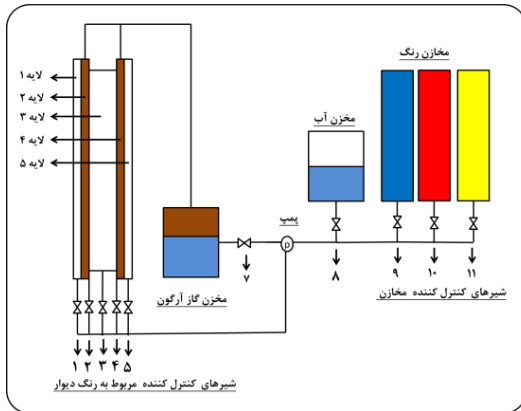
مرحله پنجم: قابلیت استفاده از این ایده در طراحی دیوار

در این مرحله ایده پنجره به دیوارهای داخلی و خارجی نیز تعمیم داده شد که به منظور استفاده از این طرح به عنوان یک دیوار موارد زیر در نظر گرفته شدند:

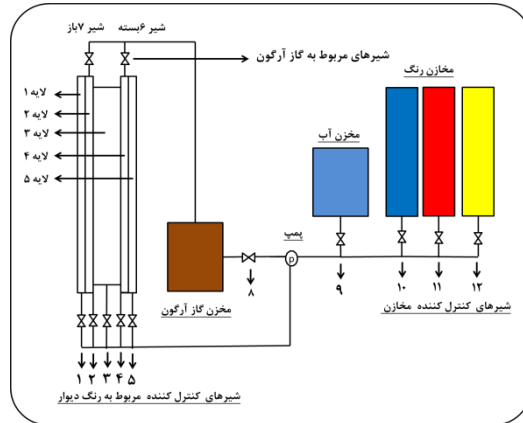
- کنترل نور و گرما،
- کنترل انتقال حرارت،

مرحله سوم: کنترل دید و درصد شفافیت در جداره‌ها
در این مرحله در ادامه مطالعات در مورد رنگ‌ها در جهت کنترل بیشتر نور مستقیم خورشید به خاصیت مات یا شفاف بودن رنگ‌ها پی برده شد که بنا بر آزمایش‌هایی که انجام شد مشاهده گردید که رنگ‌های مات به طور کامل مانع از نفوذ نور خورشید می‌شوند بنابراین در کنار مخازن رنگ‌های شفاف از مخازن رنگ‌های مات نیز استفاده شد که این امکان را ایجاد می‌نماید که میزان عبور نور مستقیم خورشید را از پنجره به طور کامل کنترل کنیم. (شکل ۳)

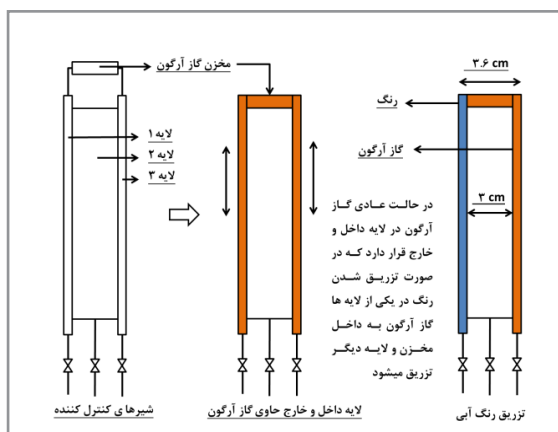
مرحله چهارم: ایجاد تمام رنگ‌ها با ترکیب رنگ‌ها
از آنجایی که در مرحله سوم طراحی با افزودن مخازن رنگ‌های مات تعداد مخازن افزایش پیدا کرده بود امکان استفاده از رنگ‌های ترکیبی مانند نارنجی مستلزم افزودن یک مخزن دیگر بود، لذا در جهت کاهش مخازن و امکان استفاده از این رنگ‌ها، یک لایه دیگر به پنجره مذکور افزوده شد. روش کار در این حالت، به این صورت است که از دو لایه مذکور در یک لایه رنگ قرمز نوع شفاف و در



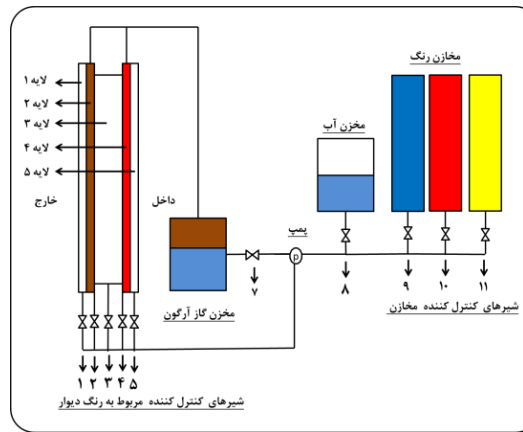
شکل ۱۳: عایق حرارتی سمت خارج (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۱۱: معرفی لایه های عایق حرارتی (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۱۴: برش از دیوار خارجی و مخزن گاز آرگون (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۱۲: لایه های مربوط به عایق حرارتی با گاز آرگون پر شده (مأخذ: نگارندگان)

استفاده از ایده پنجره در طراحی دیوارهای خارجی

در این مرحله رفتار این طرح به عنوان یک دیوار خارجی بررسی شد که در جهت کاهش نوسان درجه حرارت داخل، ضخامت لایه وسط تا ۳ سانتیمتر افزایش یافت و به جای گاز آرگون از آب استفاده شد. (شکل ۶)

همانگونه که وجود منابع آب در اقلیم منطقه^{۱۱} می تواند باعث اعتدال درجه حرارت در طی شبانه روز شود در داخل ساختمان نیز به عنوان یک اقلیم کوچک^{۱۲} آب می تواند نوسان درجه حرارت را کاهش دهد به همین منظور در خانه های خورشیدی از شبکه های آب جهت کسب و ذخیره حرارت در طی روز و تأمین حرارت در شب هنگام استفاده می شود. (قبادیان، ۱۳۸۲: ۲۲) بنابراین وجود یک لایه ۳ سانتیمتری از آب در این دیوار نیز می تواند مشابه شبکه های آب در خانه های خورشیدی عمل کند.

در این سیستم نیز مانند پنجره می توان رنگ های مختلف را با ترکیب دو رنگ ایجاد نمود که سایه حاصله از آن ها نیز متفاوت خواهند بود (شکل ۷).

- کنترل صوت،

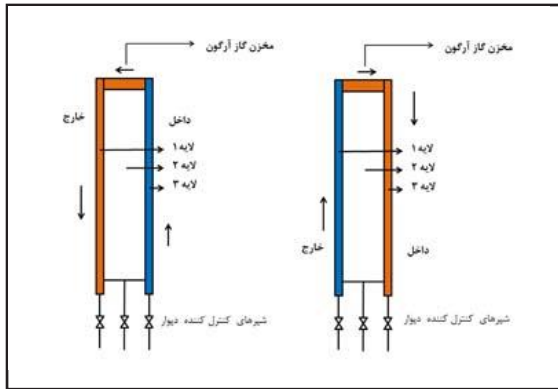
- ایجاد رنگ های متفاوت در نمای داخل و خارج دیوار.

برای رسیدن به این هدف جداری طراحی شد که در آن مواردی چون رنگ، مقاومت و ظرفیت حرارتی آن، میزان جذب، شفافیت و... قابل تغییر است. این موارد، استفاده از ۵ لایه را ضروری می کرد که این موضوع خود باعث وزن زیاد و عدم قابلیت اجرا می شد و کاهش لایه های دیوار از ۵ به ۳ این مشکل را برطرف نمود.

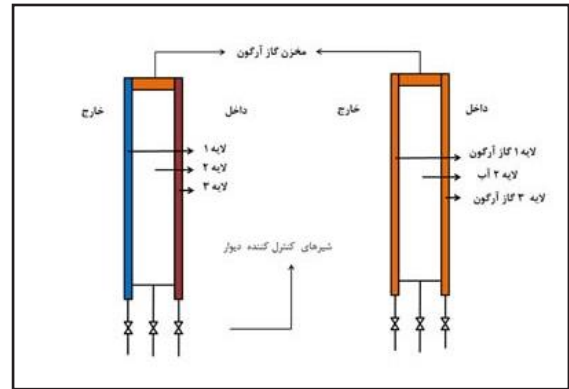
در ادامه پس از معرفی طرح به تأثیر لایه های مختلف در سیستم لایه های دیوار تغییرپذیر^{۱۳} اشاره خواهد شد.

استفاده از ایده پنجره در طراحی دیوارهای داخلی

در این مرحله در جهت تغییرپذیری بیشتر، از این طرح به عنوان یک دیوار جداکننده داخلی استفاده شد (شکل ۴) که برای کاهش انتقال صوت و حرارت، یک لایه دیگر حاوی گاز آرگون در وسط دو لایه مذکور افزوده شد.



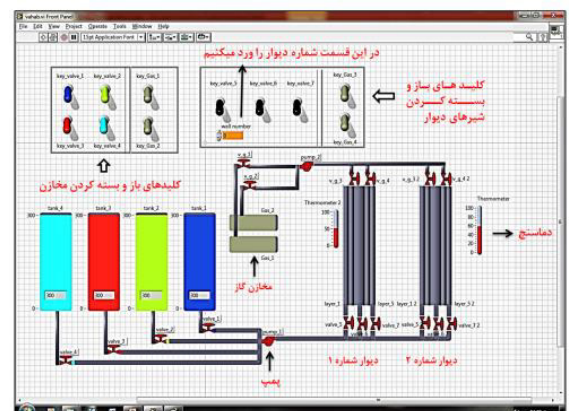
شکل ۱۶: عایق حرارتی سمت خارج (لایه گاز آرگون، لایه ۳ رنگ) و سمت داخل (لایه ۱ رنگ، لایه ۳ گاز آرگون) (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۱۵: سمت راست دیوار با عایق حرارتی: حالت اول لایه ۱ و ۳ با گاز آرگون پر شده دیوار، سمت چپ بدون عایق حرارتی (لایه ۱ و ۳ با رنگ پر شده) (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۱۸: کنترل نور در دیوار (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۱۷: نحوه کنترل دیوار توسط کامپیوتر (مأخذ: نگارندگان)

مرحله ششم: قابلیت رنگ کردن یک دیوار با چند رنگ

در این مرحله در بین دو جداره شیشه یک لایه تقسیم کننده داخلی قرار داده شد که این امکان را می دهد که نمای دیوار مذکور را به چند قسمت تقسیم و در هر قسمت رنگی متفاوت تزریق کرد (شکل ۸) و این تقسیمات می تواند به اشکال مختلف در اندازه های کوچکتر نیز باشند (گره چینی سنتی). (شکل ۹) در این حالت بر روی صفحه اصلی تقسیم کننده، اشکال تقسیم شده ای که می خواهیم یک رنگ داشته باشند را با یک سوراخ به هم وصل می کنیم بنابراین تمام قسمت های به هم وصل شده حاوی یک رنگ می باشد (شکل ۱۰).

مرحله هفتم: قابلیت جابجایی عایق حرارتی

در اقلیم های مختلف و بناهایی با کاربری های متفاوت (موقت و دائم) مکان عایق حرارتی تغییر می کند و از آنجایی که هدف تغییرپذیری می باشد دو لایه دیگر به دیوار مذکور افزوده شد که یکی از این دو لایه به عنوان

مکان عایق حرارتی در زمان های خاص از گاز آرگون پر می شود (شکل ۱۱) و در این حالت گاز آرگون به عنوان عایق حرارتی و عایق صوت در سمت داخل یا خارج قرار می گیرد. در ادامه نحوه عوض کردن مکان عایق حرارتی در دو مرحله توضیح داده می شود.

مرحله اول: مطابق شکل ۱۲ پمپ آب را از مخزن آب به مخزن گاز آرگون می فرستد که باعث می شود گاز آرگون وارد لایه های دیوار شود.

مرحله دوم: در صورتی که سمت داخل با یکی از رنگ ها پر شود گاز آرگون لایه داخلی به مخزن خود برمی گردد و مایع رنگی جایگزین آن می شود. (شکل ۱۳)

از آنجایی که استفاده بیشتر از سه لایه از لحاظ اجرایی مشکل ایجاد می کرد و مقرون به صرفه نبود به همین دلیل دو لایه ای که برای عایق حرارتی اضافه شده بود دوباره حذف شد و یک مخزن گاز آرگون در بالای دیوار جا سازی شد و از لایه های رنگ برای عایق حرارتی استفاده شد. در این حالت امکان جابجایی عایق حرارتی با هزینه

بسیار کمتر و بدون استفاده از پمپ، شیر و تأسیسات خاص وجود دارد (شکل ۱۴).

نحوه جابجا کردن عایق حرارتی

باتوجه به شکل ۱۵ در حالت عادی گاز آرگون در لایه داخل و خارج قرار دارد، در صورتی که بخواهیم هم لایه داخل و هم لایه خارج را رنگ کنیم تمام گاز آرگون موجود در لایه داخل و خارج درون مخزن بالای دیوار فشرده می شود. طبق شکل ۱۶ در صورتی که بخواهیم عایق حرارتی در سمت داخل قرار گیرد باید لایه سمت خارج با رنگ پر شود، در این صورت گاز آرگون موجود در لایه خارج در لایه داخل و مخزن گاز آرگون فشرده می شود. در صورتی که نیاز باشد که عایق حرارتی (گاز آرگون) در سمت خارج قرار گیرد باید لایه سمت داخل با رنگ پر شود که در این صورت گاز آرگون موجود در لایه سمت داخل در مخزن گاز آرگون و لایه خارج فشرده می شود. در حالت کلی عایق سمت داخل قرار می گیرد که این خود سبب بیشتر شدن ذخیره حرارتی می شود و در صورت نیاز به ورود این ذخیره حرارتی به داخل، در هنگام شب اگر اختلاف دما زیاد بود عایق به صورت خودکار توسط یک سنسور که اختلاف دمای روز و شب را برآورد می کند جابجا شده و عایق را به سمت خارج می برد و اگر اختلاف کم بود عایق جابجا نمی شود.

مرحله هشتم: قابلیت کنترل سیستم با کامپیوتر

در صورت افزایش تعداد دیوارها کنترل شیرها سخت و زمان زیادی برای کنترل آن صرف می شود به همین جهت برنامه نویسی کامپیوتری صورت گرفته که بتوان به کمک آن این سیستم را در مقیاس وسیع کنترل کرد. در حالت کلی دوروش برای کنترل سیستم طراحی شده است که قابلیت استفاده در تمام بناها را دارد:

۱. کنترل دستی،

۲. کنترل به وسیله کامپیوتر.

در کنترل دستی روشن کردن پمپ و باز و بسته کردن شیرها توسط کاربر انجام می شود و این برای حالتی است که تعداد دیوارها کم باشد. در صورتی که تعداد دیوارها خیلی زیاد باشد این کار توسط شیرهای برقی که توسط یک نرم افزار^{۱۳} (برنامه نویسی شده) کنترل می شود انجام می گیرد.

روش کار با نرم افزار

با توجه به شکل ۱۷ روش کار به این صورت است که ابتدا شماره دیوار مورد نظر را روی سیستم در قسمت شماره دیوار وارد کرده سپس کلید لایه مورد نظر (لایه سمت داخل، وسط، سمت خارج) را در قسمت کلید شیرها به همراه کلید رنگ مورد نظر انتخاب می کنیم.

۲-۴. سایر ویژگی های طرح

۱-۲-۴. ضخامت دیوار

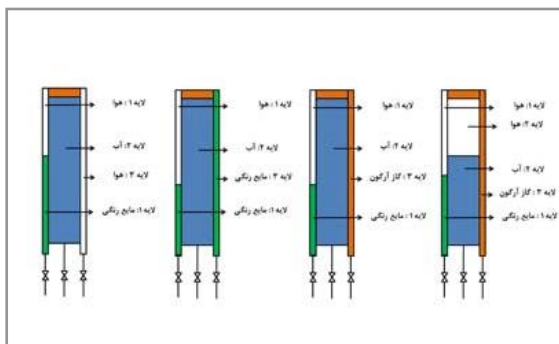
ضخامت این دیوار برای دیوارهای خارجی حداکثر ۱۰ سانتیمتر و برای دیوارهای داخلی ۳ تا ۵ سانتیمتر است که این کاهش ضخامت دیوارهای خارجی و داخلی منجر به افزایش مساحت و حجم مفید ساختمان می شود. یکی دیگر از مزایای کاهش ضخامت در این نوع دیوار در مقایسه با دیوارهای مشابه، کاهش وزن آن است که وزن دیوارهای خارجی بین ۷۵ تا ۱۰۹ کیلوگرم و وزن دیوارهای داخلی بین ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم می شود و از ۱۰۹ کیلوگرم وزن دیوار حدوداً ۴۰ کیلوگرم آن آب است که در هنگام وقوع زلزله کاملاً بی خطر می باشد و مابقی وزن آن مربوط به جدارهای آن است که از جنس شیشه سکوریت و پلکسی گلاس بوده که در این مورد هم از مصالح کاملاً بی خطر استفاده شده است. همانطور که این دیوارها منجر به کاهش وزن ساختمان شده در نتیجه کاهش نشست آن و افزایش مقاومت در برابر زلزله را نیز به دنبال دارند. قابل ذکر است که جنس جدارها با توجه به نوع ساختمان «ویلائی یا آپارتمانی» متغیر است و جنس آن باید متناسب با مقاومت آن ها در برابر سرت انتخاب شود و در خانه های ویلائی پیشنهاد می شود به جای استفاده از شیشه های مقاوم تر از شبکه بندی استفاده شود.

۲-۲-۴. جنس دیوار

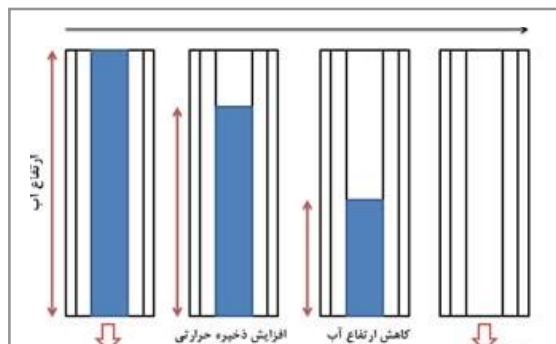
همانطور که گفته شد جنس این دیوارها از شیشه است که مهمترین مزیت شیشه ای بودن این نوع جدارها استفاده از نور طبیعی و دید و منظر مناسب و مقابله با رطوبت و عدم نیاز به بخار بند است و حتی در موارد نیاز به نظافت دیوار یا در صورت هر گونه نقاشی از طرف کودکان این امکان را می دهد که تمام دیوارها از کف تا سقف شسته شوند. همچنین قابلیت اجرای هر نوع تزئینات از قبیل گچبری و کار بر روی شیشه با ویتراژی نیز وجود دارد.

۳-۲-۴. کاهش هزینه های دیوار تغییرپذیر

کم بودن ضخامت این دیوار موجب افزایش سطح و در نهایت موجب افزایش قیمت ساختمان می شود. «سرعت اتمام ساختمان روی بهره واری که باید در دوره



شکل ۲۰: حالت‌های مختلف انتقال حرارت (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۱۹: کاهش ارتفاع آب و جایگزینی هوا جهت کاهش ذخیره حرارتی (مأخذ: نگارندگان)

سرعت انتقال حرارت در دیوار این طرح، قابل تغییر است که در ادامه به توضیح هر کدام و نحوه تغییر آن اشاره می‌شود:

۵-۱. ضرورت و مزایای تغییرپذیری رنگ

با استفاده از رنگ می‌توان تأثیر تابش در سطوح داخلی را کنترل کرد. رنگ‌های روشن ۹۰ درصد انرژی خورشید را منعکس می‌کند و رنگ‌های تیره ۱۵ درصد انرژی خورشید را منعکس می‌کند (کسمایی، ۱۳۸۵، ۳۰) لذا در این طرح با عوض کردن رنگ نمای خارجی می‌توان جذب حرارت خورشید را کم و زیاد نمود و باعث کاهش مصرف سیستم گرمایشی و سرمایشی شد. براساس نظریه ایتن دیوار این امکان را به ما می‌دهد که با انتخاب رنگ گرم برای زمستان و رنگ سرد برای تابستان بدون مصرف انرژی خانه را ۳ تا ۴ درجه گرم‌تر یا سردتر احساس کنیم (عناصر رنگ ایتن، ۱۳۷۹).

امکان انتخاب رنگ مناسب هر فعالیت در این نوع دیوار، موجب افزایش بازده آن فعالیت می‌شود به‌طور مثال برای بازده بیشتر کارهایی که به هوش مربوط می‌شود رنگ دیوار بهتر است زرد باشد. دکتر داگت (رئیس مرکز بین‌المللی رهبری در آموزش) اشاره می‌کند که رنگ می‌تواند محدوده توجه را از طریق اجتناب از محیط یکنواخت بهبود بخشد، همچنین می‌تواند تمرکز دانش‌آموزان را از طریق تحریک ذهنی، افزایش دهد در نتیجه میزان سودمندی و دقت را افزایش می‌دهد. رنگ می‌تواند درک زمانی را تعدیل کند، رفتارهای مخرب و خشونت‌آمیز را کاهش دهد و حتی می‌تواند در میزان غیبت دانش‌آموزان در مدارس مؤثر باشد. (Daggett, 2008).

در هتل‌ها و مسافرخانه‌ها و بیمارستان‌ها یا حتی منزل مسکونی این دیوارها به مهمان یا بیمار این امکان را می‌دهد که رنگ اتاق خود را به سلیقه خود تعیین کند.

ساختمان‌سازی پرداخت شود و از نظر مالی نفعی ندارد، تأثیر می‌گذارد» (سالوادوری، ۱۳۸۲، ۵۵) بنابراین سرعت اجرای این دیوارها به علت پیش ساخته بودن بسیار بالاست و فقط نیاز به نصب دارد که این خود موجب کاهش هزینه می‌گردد. عدم نیاز به عایق رطوبتی و قرنیز و ابزار و استادکار و کار با ملات نیز موجب کاهش هزینه ساخت می‌شود.

۴-۲-۴. تعداد مخازن رنگ و محل قرارگیری آن‌ها

تعداد مخازن مورد نیاز برای یک بنا ۸ مخزن می‌باشد که حجم این مخازن بستگی به حد و حدود و مقدار استفاده از این سیستم دارد. از این ۸ مخزن، ۳ مخزن مخصوص رنگ‌های اصلی شفاف، ۳ مخزن شامل رنگ‌های اصلی مات و دو مخزن هم مخصوص رنگ سفید و رنگ مشکی می‌باشد. محل قرارگیری مخازن بستگی به نوع کاربری و میزان استفاده از این سیستم دارد که در حالت کلی سه روش برای محل قرارگیری مخازن پیش‌بینی شده است.

۱. قراردادن مخازن در فاصله بین شناژها،

۲. قراردادن مخازن در چاه،

۳. قراردادن مخازن در یک اتاق مانند موتورخانه.

قابل ذکر است در هنگامی که مخازن در چاه قرار داده می‌شود باید فضایی برای دسترسی به آن برای تعمیر و نگهداری در نظر گرفت. رنگ‌هایی که برای این سیستم در نظر گرفته شده کاملاً بهداشتی بوده و به محیط زیست آسیب نخواهد رساند و ماندگاری زیادی داشته به‌طوری که هر چند سال یک بار نیاز به تعویض دارند و با تزریق آن به داخل جداره‌ها نه به جداره‌ها می‌چسبد و نه رسوب می‌کند.

۵. دستاوردهای تغییرپذیری طرح

مواردی مانند رنگ، درصد شفافیت، ظرفیت حرارتی، ذخیره حرارتی، مکان عایق حرارتی، مقاومت حرارتی و

به دو صورت می توان رنگ دیوار را تغییر داد: مات و شفاف که در نوع شفاف آن هر رنگ درک متفاوتی از منظر بیرون می دهد.

در مباحث روانشناسی رنگ، تأثیر رنگ ها بر ذهن و احساسات انسان را نمی توان مطلق پنداشت. همه رنگ ها در یک بازه زمانی خاص می توانند مفید باشند با توجه به این نکته که يك رنگ ممکن است در لحظاتی گذرا آزار دهنده و یا برای همیشه لذت بخش و دوست داشتنی باشد. مثلاً رنگ قرمز در کوتاه مدت مفید ولی در دراز مدت برای سلامتی مضر است از این رو قابلیت تغییر این امکان را می دهد که از مزایای رنگ هایی همچون قرمز استفاده شود. ضرورت به کارگیری رنگ، فرم و فضا به عنوان عامل مؤثر در بهبود و مداوای بیماران امری اجتناب ناپذیر است و به کمک رنگ می توان رنگ درمانی کرد و رفتارها را متناسب با زمان خود کنترل نمود.

۲-۵. ضرورت و مزایای تغییرپذیری در شفافیت

با پرکردن جداره های دیوار از رنگ و نور خورشید، دید به طور کامل از بین می رود اما با استفاده از رنگ هایی که امکان دید را فراهم می کند می توان نور خورشید را با توجه به تیره یا روشن بودن رنگ کم و زیاد نمود. به کمک این طرح می توان در کمتر از ۵ دقیقه یک دیوار را مات یا شفاف نمود. همچنین می توان دیوار را تا ارتفاع مورد نیاز مات کرده بدون اینکه بیرون دیده شود و بقیه ارتفاع تا سقف برای عبور نور شفاف باقی بماند، در این حالت نور مستقیم خورشید از بالای دیوار عبور کرده و استفاده از نور مصنوعی را در روز کاهش می دهد. بنابراین دیوارهای شیشه ای قابلیت کنترل نور و دید را فراهم کرده و در طراحی محدودیت کمتری برای معماران ایجاد می نماید (شکل ۱۸).

۳-۵. ضرورت و مزایای تغییرپذیری ظرفیت و ذخیره حرارتی

این دیوار به گونه ای طراحی شده است که می توان ظرفیت ذخیره حرارتی آن را تغییر داد. چون در اقلیم های متفاوت به دیوارهایی با ظرفیت حرارتی متفاوت نیاز است قابلیت تغییر ظرفیت حرارتی این امکان را می دهد که از این دیوار در تمام اقلیم ها استفاده کرد. به عنوان مثال می توان متناسب با نیازهای حرارتی داخل ساختمان در اقلیم های مختلف ظرفیت حرارتی را تنظیم کرد.

نحوه کم و زیاد کردن ظرفیت و ذخیره حرارتی: لایه وسط این دیوار ۳ تا ۵ سانتیمتر است که آن را از آب پر کرده و

با توجه به اینکه آب بیشترین ذخیره حرارتی را در مقایسه با هوا دارد منجر به کاهش نوسانات روزانه می شود و با کاهش ارتفاع آب و جایگزینی هوا ذخیره حرارتی نیز کمتری شود. (شکل ۱۹)

۴-۵. ضرورت و مزایای تغییرپذیری مکان عایق حرارتی

در این دیوارها عایق حرارتی می تواند به صورت دستی یا به صورت اتوماتیک به وسیله کامپیوتر روزانه براساس نیاز در سمت داخل یا خارج دیوار قرار گیرد؛ بنابراین اجرای این دیوار را در اقلیم های متفاوت ممکن می سازد. در بناهایی با کاربری موقت، گرما پس از عبور از عایق حرارتی از ساختمان خارج می شود. این فناوری نوین قابلیت این را دارد که پس از عبور حرارت از عایق، مکان عایق را تغییر و آن را در سمت خارج قرار داد تا گرما نتواند از دیوار خارج شود. برای مثال اگر بخواهیم یک اتاق را سریع گرم کنیم عایق را سمت داخل قرار می دهیم و بعد از گرم شدن عایق را سمت خارج قرار داده تا حرارتی که از عایق عبور کرده به اتاق برگردد یا خارج نشود و با این کار برای تمام کاربری ها (اداری، مسکونی، بیمارستان) در بهترین حالت قابل استفاده است.

۵-۵. بررسی راه های انتقال حرارت در دیوار

با توجه به اینکه انتقال حرارت از سه طریق اتفاق می افتد می توان با تغییر در لایه ها مقاومت حرارتی آن ها را تغییر داد. از آنجایی که مقدار ضریب هدایت گرمایی آب، هوا و گاز آرگون به ترتیب کمتر از دیگری است، بنابراین بسته به اینکه هر کدام از لایه ها با چه ماده ای و تا چه ارتفاعی پر می شود می تواند انتقال حرارت از طریق رسانایی و همرفت متفاوت باشد. (شکل ۲۰)

همچنین می توان با تغییر رنگ لایه ها از نظر دریافت تابش، آن ها را کنترل نمود. شیشه ای بودن این دیوار این امکان را می دهد که حتی در زمستان بخشی از آن را شفاف کرده تا تابش خورشید به داخل نفوذ کند، این کار منجر به گرم شدن بنا شده (اتر گلخانه ای) بنابراین انتقال حرارت از طریق تابش می تواند باعث کاهش استفاده از تأسیسات گرمایشی شود.

نتیجه گیری

در این مقاله یک سیستم نوین ساختمانی تحت عنوان سیستم لایه های ساختمانی تغییرپذیر معرفی شد. این سیستم از لایه های شفاف و رنگ های نجسب تشکیل شده که تغییرپذیری را با کنترل نور و گرما در ساختمان نشان می دهد.

فهرست منابع

- Abasi, Mohamadreza. (2011) Laboratory reported the construction of a new system variable layer constructions; Aligoodarz.
- Addington, D. Michelle, & Schodek, Daniel L. (2005) Smart Materials and Technologies for the Architecture and Design Professions; Amsterdam, Architectural Press.
- Daggett, Willard R., & Cobble, Jeffrey E., & Gertel, Steven J. (2008) Color in an Optimum Learning Environment; International Center for leadership in Education, 9-1. Available at: URL: <http://www.leadered.com/pdf/Color%20white%20paper.pdf>.
- Farid, M. M., & Khudhair, A. M., & Razack, S. A. K., & Al-Hallaj, S. (2004) A review on phase change energy storage: materials and applications; Energy conversion and management 1615-1597, (9)45.
- GhobDIn, Vahid. (2003) Climate study of traditional buildings in Iran; Tehran, University of Tehran Press.
- Itten, Johannes. (2005) The Elements of Color; translated by Behrouz Zhaledoost. Tehran, Efaf.
- Kasmaee, Morteza. (2006) Climate and Architecture; Isfahan, Khak Press.
- Khudhair, A. M., & Farid, M. M. (2004) A review on energy conservation in building applications with thermal storage by latent heat using phase change materials; Energy conversion and management 275-263, (2)45.
- LabVIEW System Design Software (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)
- Salvadori, Mario George (2003) Structure in architecture: The building of buildings (forth publication); Tehran, University of Tehran Press.

لایه‌های تغییرپذیر در این سیستم می‌توانند به عنوان پنجره یا دیوار در تبادل حرارت یک فضا با محیط خارج و تنظیم شرایط محیطی مؤثر باشند و از آنجایی که امکان شفاف یا مات بودن این لایه‌ها وجود دارد، پنجره و دیوارهای ساختمان به کنترل نور و گرمای عبوری از آن کمک می‌کنند. همچنین در این طرح امکان دید به بیرون نیز وجود دارد و حتی می‌توان بخشی از دیوار را مات کرده و از بخشی از آن نور طبیعی را وارد ساختمان نمود. سیستم لایه‌های ساختمانی متغیر علاوه بر اینکه میزان عبور نور را کنترل می‌کند به دلیل داشتن لایه‌های متفاوت و امکان تغییر ظرفیت حرارتی آن ب در کنترل گرما در فصول مختلف و در اقلیم‌های متفاوت به راحتی قابل استفاده بوده و به کاهش نوسان دمای داخل ساختمان کمک می‌کند؛ همچنین استفاده از رنگ‌های متفاوت در لایه‌ها باعث افزایش کاربری آن شده و در کنترل نور و گرما و میزان شفافیت نیز تأثیرگذار است.

یکی از خصوصیات این سیستم که همانند شیشه‌های هوشمند می‌باشد حفظ ارتباط بصری افراد با بیرون، صرفه جویی در هزینه‌های گرمایش، سرمایش، روشنایی، و هزینه‌های نصب و نگهداری پرده مجهز به موتور یا پرده کرکره است. قابلیت کنترل دستی و هوشمند از دیگر خصوصیات این سیستم است که بسته به نوع عملکرد و هزینه‌های پروژه قابل استفاده است. با اضافه کردن گاز آرگون به این سیستم به عنوان عایق حرارتی و لایه آب به عنوان ذخیره‌کننده حرارتی، با قابلیت جابجایی مکان عایق حرارتی و تغییر در میزان ظرفیت حرارتی می‌توان از این سیستم، علاوه بر مسکن در بناهایی همچون گلخانه‌ها، هتل‌ها، موزه‌ها، گالری‌ها، کتابخانه‌ها و ... استفاده نمود.

پی‌نوشت‌ها

1. Variable Building Layers System (V.B.L.S)
2. Regionalism
3. این طرح در اداره کل مالکیت صنعتی ایران به نام آقای «محمد رضا عباسی» با شماره ۷۴۹۳۷ در تاریخ ۱۳۹۱/۰۲/۱۸ به ثبت رسیده است.
4. Smart Materials
5. (Thermal Expansion Material (TEM)
6. Phase Changing Material (PCM)
7. Smart glass
8. Plexiglass
9. Spacer
10. (Variable Building wall Layers System (V.B.W.L.S
11. Macro Climate
12. Micro Climate

Ritter, Axel; (2007) Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design; Basel, Birkhauser.

Wang, K., & Wu, H., & Meng, Y., & Zhang, Y., & Wei, Z. (2012) Integrated energy storage and electrochromic function in one flexible device: an energy storage smart window; Energy & Environmental Science 8389-8384 ,(8)5.

Lampert, C.M. (1995). Chromogenic switchable glazing: Towards the development of the smart window; Proceedings Window Innovation 95 Conference, Canada, Toronto.

Sekhar, S.C., & Lim, C. T. K. (1998) On the study of energy performance and lifecycle cost of smart windows; Energy and Buildings 316-307 ,28.

<http://www.ni.com/labview/> (Developer: National Instruments)



شماره ۲-۵
تابستان ۱۳۹۴

فصلنامه
علمی-پژوهشی

**نقش
جهان**

معرفی سیستم نوین لایه های ساختمانی تغییرپذیر
(فناوری نو در طراحی معماری اقلیمی)