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

محمدرضا عباسی[1]، منصوره طاهباز[2]، راحیل وفائی[3]

چکیده

از آنجایی‌که معماری مدرن بی‌توجه به معماری همساز با اقلیم شکل‌گرفته و حتی باعث مصرف بیشتر انرژی‌های فسیلی شده و هم‌خوانی و سازگاری منطقی با رفتارها وعادتهای مردم نداشته است، استفاده از فناوری‌های نوین در ساختمان‌هایی که با شرایط اقلیمی محیط خود هماهنگ باشند لازم به‌نظر می‌رسید. سیستم لایه‌های ساختمانی تغییرپذیر[1]، 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 این‌رو 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. درسیستم لایه‌های ساختمانی تغییرپذیر برخلاف جداره‌های رایج، دیوارها به‌صورت 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 به‌صورت 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

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 می‌دهدکه تقلید از معماری بین‌المللی مدرن، علاوه بر این که همخوانی و سازگاری منطقی با رفتارها وعادت‌های مردم نداشته، بلکه برخلاف معماری هماهنگ و همساز با اقلیم تولیدشده است، همچنین علاوه برایجاد آلاینده‌های زیست محیطی و اتلاف انرژی، هزینه‌های گرمایش و سرمایش را افزایش داده و با جدایی حاصله ازطبیعت، زندگی ماشینی را جایگزین کرده است. در دهه‌های ۱۹۶۰ - ۱۹۷۰ مکتبی تحت عنوان ریجنالیسم[۲] شکل گرفت که در این مکتب چون فرهنگ و خصوصیات و شرایط اقلیمی با عبور از هر منطقه به منطقه دیگر فرق می‌کند 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 بین‌الملل بود که معماری یکسانی برای هر منطقه در نظر می‌گرفت. با توجه به اینکه در اقلیم‌های متفاوت فصل‌ها 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 به‌نظر می‌رسید. از آنجایی که یکی از مهمترین عوامل اقلیمی تأثیرگذار در شرایط محیط داخلی آفتاب (نور مستقیم خورشید) می‌باشد، 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 جداره‌های پنجره دو جداره تزریق گردد، رنگ نمای پنجره به رنگ چای در خواهد آمد که در پشت آن سایه رنگی ایجاد می‌شود.

در جهت رسیدن به این هدف می‌بایست جداره‌ای طراحی می‌شد 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 آن‌ها 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، 1390).

این طرح نمونه مشابه داخلی و خارجی نداشته و در اداره کل مالکیت صنعتی ایران (اداره اختراعات) تحت عنوان «سیستم نوین ساختمانی با رویکرد منعطف‌سازی در حیطه عایق حرارتی و پوشش نما» به ثبت رسیده است[۳]؛ بنابراین یک ابتکار علمی بوده و این مقاله معرفی و گزارش یک طرح بدیع را در حیطه فناوری‌های نوین و روزآمد در معماری بیان می‌کند.

در این تحقیق ابتدا تغییرپذیری در ساختمان توسط سیستم لایه‌های ساختمانی تغییرپذیر در پنجره توضیح داده می‌شود که می‌تواند به‌وضوح موضوع تحقیق کمک بیشتری نماید، سپس با استفاده از نتایج به‌دست آمده سیستم دیوار تغییرپذیر نیز معرفی می‌گردد.

۲. پیشینه تحقیق

در قرن ۲۱ استفاده از مصالح نوین از جمله مصالح هوشمند[۴] در معماری رواج یافته که خاصیت تغییرپذیری داشته و ویژگی‌های ظاهری یا درونی آن‌ها در پاسخ به تأثیرات فیزیکی، شیمیایی به‌صورت برگشت‌پذیر تغییر می‌یابد. مصالح هوشمند تحت عنوان مصالح انعطاف‌پذیر و تطبیق‌پذیر نیز شناخته می‌شوند و این به دلیل ویژگی خاص آن‌ها در تنظیم نمودن خود با شرایط محیطی می‌باشد (Addington & Schodek, 2005). مصالح هوشمند انواع مختلفی دارند که برخی در برابر تغییرات دمای محیط پیرامون به‌طور برگشت‌پذیر واکنش نشان می‌دهند مانند مصالح منبسط شونده[۵] (TEM)، برخی در مقابل محرک‌های بیرونی تغییر رنگ موقت می‌دهند مانند مصالح فتوکرومیک (PC)، ترموکرومیک. در ابتدا به‌کارگیری مصالح فتوکرومیک به‌خاطر جنبه زیبایی آن‌ها بود (به‌دلیل طیف رنگی که در برابر نور ایجاد می‌کردند) 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 پوشش‌ها استفاده کنند (Ritter, 2007). برخی با قرارگیری در مقابل نور مستقیم خورشید میزان شفافیت خود را تغییر می‌دهند که مصالح الکتروکرومیک نامیده می‌شوند (Lampert, 1995) (Sekhar & Lim, 1998).

نوع دیگر مصالح هوشمند که ذخیره‌کننده حرارت (گرما) هستند در معماری نیز استفاده فراوان دارند و پرکاربردترین آن‌ها که مصالح تغییر حالت‌دهنده[۶] (PCM) هستند می‌توانند به‌عنوان واسطه تنظیم دما از حالت جامد به مایع و بالعکس تغییر یابند (Khudhair & Farid, 2004) (Farid & Khudhair & Razack & Al-Hallaj, 2004).

شیشه‌های هوشمند[۷] با تغییر از حالت شفاف به نیمه‌شفاف میزان انتقال نور و گرما را کنترل می‌کنند. در

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 به‌صورت دستی یا اتوماتیک تنظیم شده تا مقدار نور، درخشندگی و گرمای عبوری از آن به‌دقت کنترل شود و در نتیجه کاهش نیاز به تهویه در ماه‌های تابستان و گرمایش در زمستان را به‌دنبال دارد. از ویژگی‌های این نوع شیشه، قطع‌نشدن ارتباط بصری افراد با بیرون و همچنین عدم نیاز به نصب پرده و ... است (Wang & Meng, 2012).

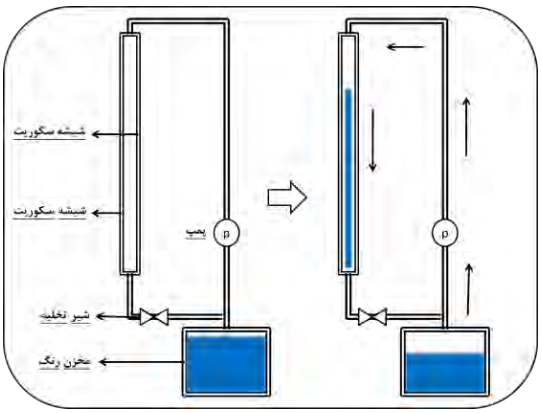
با دستیابی به‌فناوری‌های نوین در خصوص مصالح هوشمند، توجه خاصی از سوی معماران برای طراحی ساختمان‌هایی با قابلیت ماندگاری بالا در برابر شرایط اقلیمی به‌عمل آمده است و انتظار می‌رود که تقاضا و بهره‌وری از مصالح هوشمند، روز به روز افزایش یابد. سیستم لایه‌های ساختمانی تغییرپذیر (VBLS) که در این مقاله معرفی 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 به‌صورت تلفیقی در یک سیستم داشته و می‌تواند به‌عنوان پنجره، دیوار و حتی سقف به‌کار 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[8] و ... باشد که به‌وسیله فاصله‌انداز[9] از یکدیگر جدا می‌شوند. رنگ‌های معمولی با گذشت زمان به جداره‌های شیشه چسبیده و ته‌نشین 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 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،

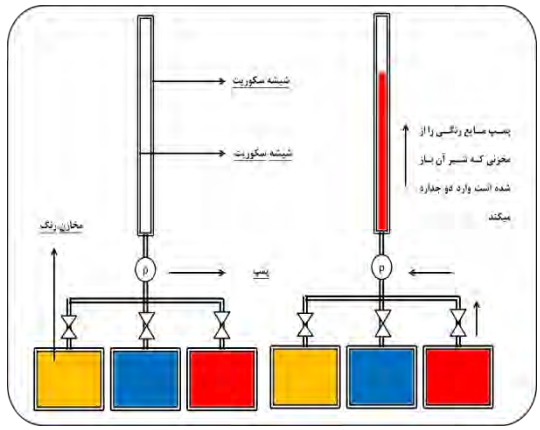
مرحله ششم: قابلیت رنگ کردن یک دیوار با چند رنگ.
مرحله هفتم: قابلیت جابه جایی عایق حرارتی.
مرحله هشتم: قابلیت کنترل سیستم با کامپیوتر.
روش کار به این صورت است که مایع رنگی از مخازن به وسیله پمپ به‌جداره‌ها تزریق می‌شود، این سیستم قابلیت این را دارد که در کمتر از یک ساعت درصد شفافیت آن را تغییر داد و در صورت لزوم دید یک‌طرفه 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

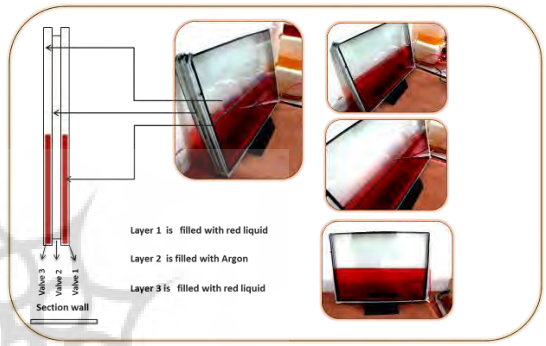
مرحله اول: کنترل نور پنجره به وسیله مایع رنگی

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 دوجداره تخلیه می‌شود؛ در این حالت با تزریق



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

شکل ۳: سایه رنگ‌ها و کنترل نور رنگ‌ها (مأخذ: نگارندگان)



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

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

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

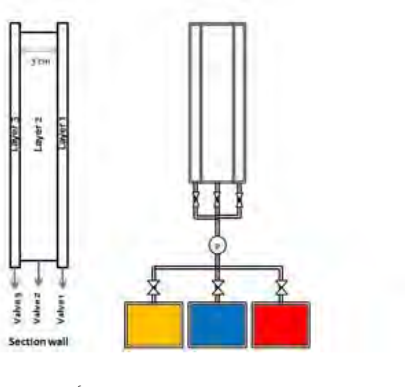
مرحله دوم: کنترل نور پنجره توسط رنگ‌های مختلف

از آنجایی که هدف اصلی رسیدن به حداکثر تغییرپذیری بود در مرحله دوم با استناد به اهمیت روانشناسی رنگ‌ها و با فرض اینکه هر رنگ مقدار مشخصی نور خورشید را از خود عبور می‌دهد و این مقدار می‌تواند برای هر رنگ متفاوت باشد، قابلیت کاهش و افزایش مقدار نور عبوری با تغییر رنگ امکان‌پذیر است. بنابراین در جهت اثبات این فرضیه آزمایش‌هایی صورت گرفت که شرح داده می‌شود.

هدف از این آزمایش مشخص‌شدن مقدار نور و گرمای عبوری از هر لایه رنگ بود که در شرایط کاملاً یکسان دو جداره از پلکسی‌گلاس به فاصله ۲ میلیمتر از هم قرار گرفته و با دو جداکننده 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 متفاوت‌بودن میزان جذب و عبور نور از رنگ‌های مختلف، سایه آن‌ها نیز دمای متفاوتی خواهد داشت. بنابراین با توجه به نتایج آزمایش‌ها می‌توان با تزریق رنگ‌های 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 هزینه‌ها و کاهش تجهیزات از شیرهای کنترل‌کننده استفاده شد که در فاصله بین مخازن رنگ و پمپ قرار می‌گیرند، در واقع روی هر مخزن رنگ یک شیر نصب می‌شود که تمام این شیرها توسط یک لوله به یک پمپ و از پمپ توسط یک لوله به پنجره وصل می‌شود. 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 می‌گیرند) سپس پمپ را روشن کرده که در این حالت پمپ، رنگ مخزنی که شیر آن باز است را به داخل پنجره تزریق می‌کند (شکل ۲). در نهایت با این روش امکان استفاده از رنگ‌های مختلف امکان‌پذیر می‌شود.



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

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

مرحله سوم: کنترل دید و درصد شفافیت در جداره‌ها

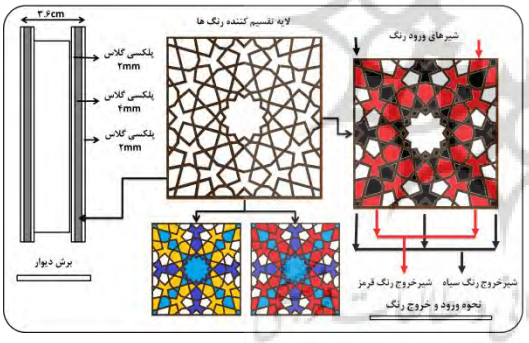
در این مرحله در ادامه مطالعات در مورد رنگ‌ها در جهت کنترل بیشتر نور مستقیم خورشید به خاصیت مات یا شفاف بودن رنگ‌ها پی برده شد که بنا بر آزمایش‌هایی که انجام شد مشاهده گردید که رنگ‌های مات به‌طور کامل مانع از نفوذ نور خورشید می‌شوند بنابراین در کنار مخازن رنگ‌های شفاف از مخازن رنگ‌های مات نیز استفاده شد که این امکان را ایجاد می‌نماید که میزان عبور نور مستقیم خورشید را از پنجره به‌طور 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 ۸: تقسیم دیوار خارجی به دو تا سه قسمت رنگی (مأخذ: نگارندگان)

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



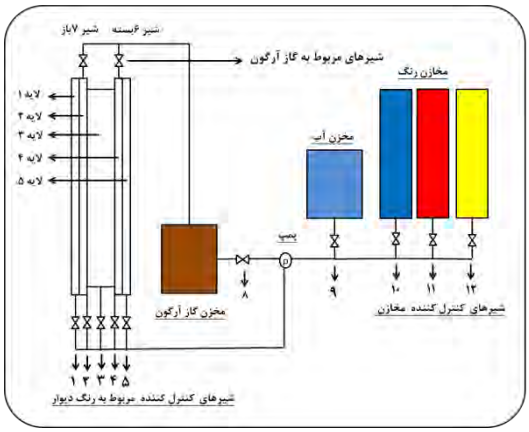
شکل ۱۰: نحوه ورود رنگ به لایه تقسیم‌کننده رنگ (مأخذ: نگارندگان)

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.

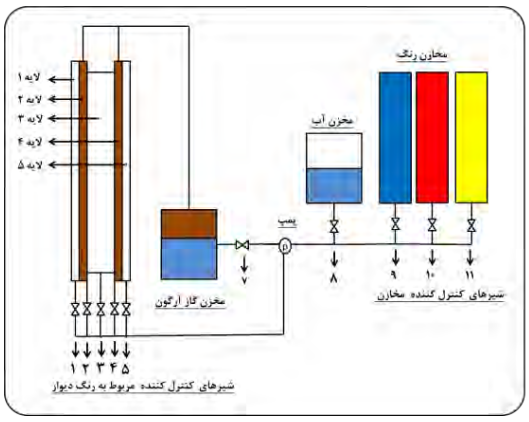
مرحله پنجم: قابلیت استفاده از این ایده در طراحی دیوار

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

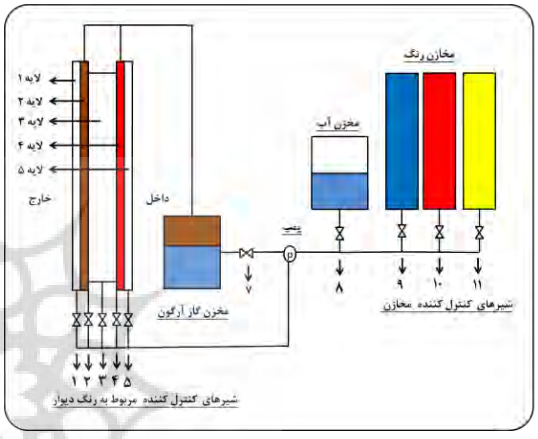
- کنترل نور و گرما،
- کنترل انتقال حرارت،



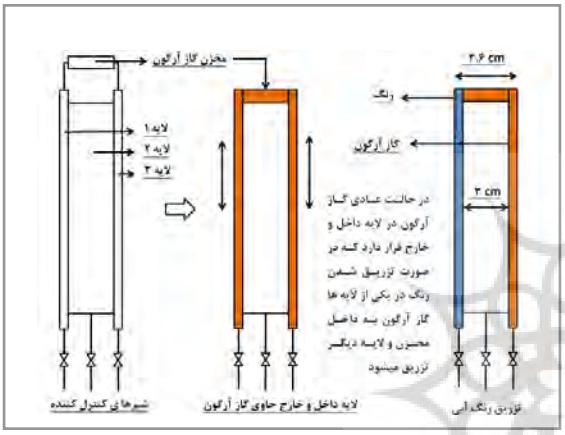
شکل ۱۱: معرفی لایه‌های عایق حرارتی (مأخذ: نگارندگان)



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



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



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

- کنترل صوت،

- ایجاد رنگ‌های متفاوت در نمای داخل و خارج دیوار.

برای رسیدن به این هدف جداره‌ای 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 می‌کرد که این موضوع خود باعث وزن زیاد و عدم قابلیت اجرا می‌شد و کاهش لایه‌های دیوار از ۵ به ۳ این مشکل را برطرف نمود.

در ادامه پس از معرفی طرح به‌تأثیر لایه‌های مختلف در سیستم لایه‌های دیوار تغییرپذیر[10] اشاره خواهد شد.

استفاده از ایده پنجره در طراحی دیوارهای داخلی

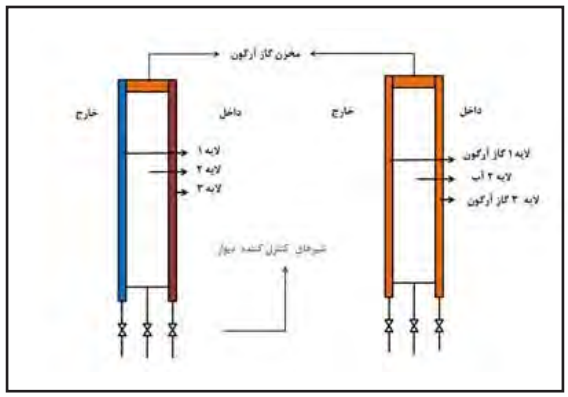
در این مرحله در جهت تغییرپذیری بیشتر، از این طرح به‌عنوان یک دیوار جداکننده داخلی استفاده شد (شکل ۴ و5) که برای کاهش انتقال صوت و حرارت، یک لایه دیگر حاوی گاز آرگون در وسط دو لایه مذکور افزوده شد.

استفاده از ایده پنجره در طراحی دیوارهای خارجی

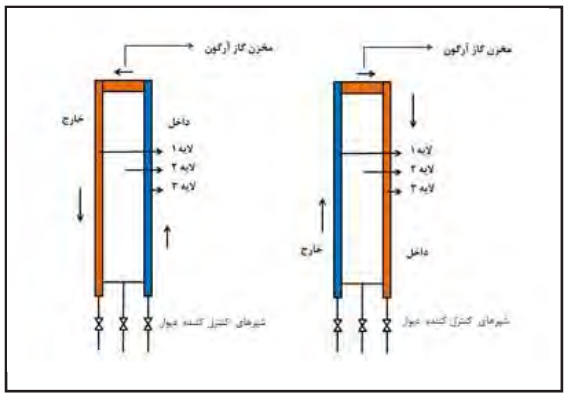
در این مرحله رفتار این طرح به‌عنوان یک دیوار خارجی بررسی شد که در جهت کاهش نوسان درجه حرارت داخل، ضخامت لایه وسط تا ۳ سانتیمتر افزایش یافت و به جای گاز آرگون از آب استفاده شد. (شکل ۶)

همانگونه که وجود منابع آب در اقلیم منطقه[11] می‌تواند باعث اعتدال درجه حرارت در طی شبانه روز شود در داخل ساختمان نیز به‌عنوان یک اقلیم کوچک[12] آب می‌تواند نوسان درجه حرارت را کاهش دهد به همین منظور در خانه‌های خورشیدی از بشکه‌های آب جهت کسب و ذخیره حرارت در طی روز و تأمین حرارت در شب هنگام استفاده می‌شود. (قبادیان، 1382: 22) بنابراین وجود یک لایه ۳ سانتیمتری از آب در این دیوار نیز می‌تواند مشابه بشکه‌های آب در خانه‌های خورشیدی عمل کند.

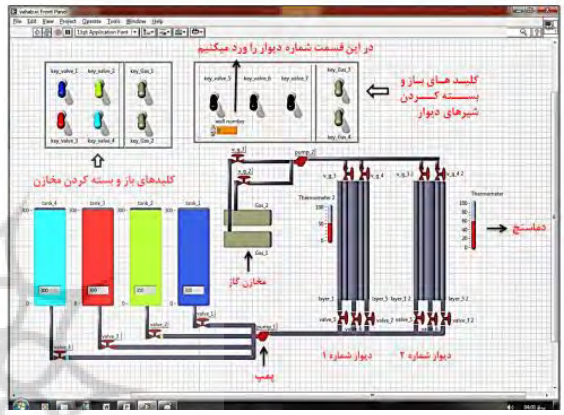
در این سیستم نیز مانند پنجره می‌توان رنگ‌های مختلف را با ترکیب دو رنگ ایجاد نمود که سایه حاصله از آن‌ها نیز متفاوت خواهند بود (شکل ۷).



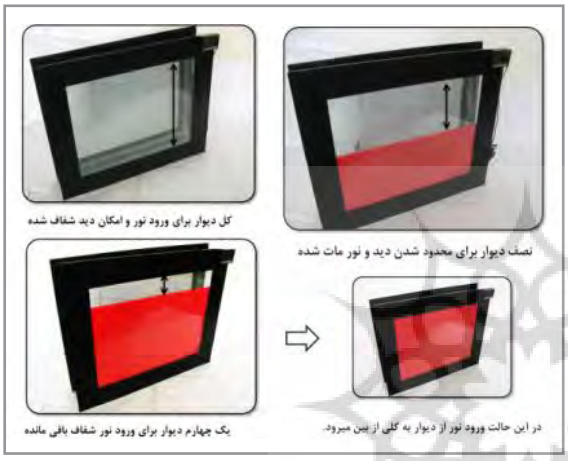
شکل ۱۵: سمت راست دیوار با عایق حرارتی: حالت اول لایه ۱و۳ با گاز آرگون پرشده دیوار، سمت چپ بدون عایق حرارتی (لایه ۱و۳ با رنگ پرشده) (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۱۶: عایق حرارتی سمت خارج (لایه۱گاز آرگون، لایه ۳ رنگ) و سمت داخل (لایه۱رنگ، لایه ۳ گاز آرگون) (مأخذ: نگارندگان)



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



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

مرحله ششم: قابلیت رنگ‌کردن یک دیوار با چند رنگ

در این مرحله در بین دو جداره شیشه یک لایه تقسیم‌کننده داخلی قرار داده شد که این امکان را می‌دهد که نمای دیوار مذکور را به چند قسمت تقسیم و در هر قسمت رنگی متفاوت تزریق کرد (شکل ۸) و این تقسیمات می‌تواند به اشکال مختلف در اندازه‌های کوچکتر نیز باشند (گره‌چینی سنتی). (شکل ۹) در این حالت بر روی صفحه اصلی تقسیم‌کننده، اشکال تقسیم‌شده‌ای که می‌خواهیم یک رنگ داشته باشند را با یک سوراخ به‌هم وصل می‌کنیم بنابراین تمام قسمت‌های به‌هم وصل‌شده حاوی یک رنگ می‌باشد (شکل ۱۰).

مرحله هفتم: قابلیت جابجایی عایق حرارتی

در اقلیم‌های مختلف و بناهایی با کاربری‌های متفاوت (موقت و دائم) مکان عایق حرارتی تغییر می‌کند و از آنجایی‌که هدف تغییرپذیری می‌باشد دو لایه دیگر به دیوار مذکور افزوده شد که یکی از این دو لایه به‌عنوان مکان عایق حرارتی در زمان‌های خاص از گاز آرگون پر می‌شود (شکل ۱۱) و در این حالت گاز آرگون به‌عنوان عایق حرارتی و عایق صوت در سمت داخل یا خارج قرار می‌گیرد. در ادامه نحوه عوض‌کردن مکان عایق حرارتی در دو مرحله توضیح داده می‌شود.

مرحله اول: مطابق شکل ۱۲ پمپ آب را از مخزن آب به مخزن گاز آرگون می‌فرستد که باعث می‌شود گاز آرگون وارد لایه‌های دیوار شود.

مرحله دوم: در صورتی که سمت داخل با یکی از رنگ‌ها پر شود گاز آرگون لایه داخلی به مخزن خود برمی‌گردد و مایع رنگی جایگزین آن می‌شود. (شکل ۱۳)

از آنجایی که استفاده بیشتر از سه لایه از لحاظ اجرایی مشکل ایجاد می‌کرد و مقرون به صرفه نبود به‌همین دلیل دو لایه‌ای که برای عایق حرارتی اضافه شده بود دوباره حذف شد و یک مخزن گاز آرگون در بالای دیوار جا سازی شد و از لایه‌های 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 جابجاکردن عایق حرارتی

با توجه 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 می‌شود. 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 می‌شود. 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 می‌شود. در حالت کلی عایق سمت داخل قرار می‌گیرد که این خود سبب بیشترشدن ذخیره حرارتی می‌شود و در صورت نیاز به ورود این ذخیره حرارتی به داخل، در هنگام شب اگر اختلاف دما زیاد بود عایق به‌صورت خودکار توسط یک سنسور که اختلاف دمای روز و شب را برآورد می‌کند جابجا شده و عایق را به‌سمت خارج می‌برد و اگر اختلاف کم بود عایق جابجا نمی‌شود.

مرحله هشتم: قابلیت کنترل سیستم با کامپیوتر

در صورت افزایش تعداد دیوارها کنترل شیرها سخت و زمان زیادی برای کنترل آن صرف می‌شود به‌همین جهت برنامه‌نویسی کامپیوتری صورت گرفته که بتوان به کمک آن این سیستم را در مقیاس وسیع کنترل کرد. در حالت کلی دو روش برای کنترل سیستم طراحی شده است که قابلیت استفاده در تمام بناها را دارد:

۱. کنترل دستی،

۲. کنترل به‌وسیله کامپیوتر.

در کنترل دستی روشن‌کردن پمپ و باز و بسته‌کردن شیرها توسط کاربر انجام می‌شود 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] (برنامه‌نویسی شده) کنترل می‌شود انجام می‌گیرد.

روش کار با نرم‌افزار

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 به‌همراه کلید رنگ مورد نظر انتخاب می‌کنیم.

۴-۲. سایر ویژگی‌های طرح

۴-۲-۱. ضخامت دیوار

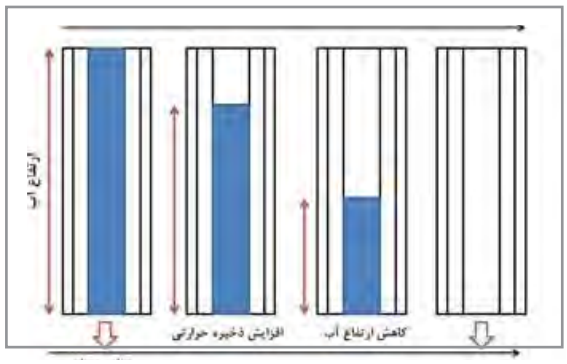
ضخامت این دیوار برای دیوارهای خارجی حداکثر ۱۰ سانتیمتر و برای دیوارهای داخلی ۳ تا ۵ سانتیمتر است که این کاهش ضخامت دیوارهای خارجی و داخلی منجر به افزایش مساحت و حجم مفید ساختمان می‌شود. یکی دیگر از مزایای کاهش ضخامت در این نوع دیوار در مقایسه با دیوارهای مشابه، کاهش وزن آن است که وزن دیوارهای خارجی بین ۷۵ تا ۱۰۹ کیلوگرم و وزن دیوارهای داخلی بین ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم می‌شود و از ۱۰۹ کیلو گرم وزن دیوار حدوداً ۴۰ کیلوگرم آن آب است که در هنگام وقوع زلزله کاملاً بی‌خطر می‌باشد و مابقی وزن آن مربوط به جداره‌های آن است که از جنس شیشه سکوریت و پلکسی‌گلاس بوده که در این مورد هم از مصالح کاملاً بی‌خطر 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 به‌دنبال دارند. قابل ذکر است که جنس جداره‌ها با توجه به‌نوع ساختمان «ویلایی یا آپارتمانی» متغیر است و جنس آن باید متناسب با مقاومت آن‌ها در برابر سرقت انتخاب شود و در خانه‌های ویلایی پیشنهاد می‌شود به‌جای استفاده از شیشه‌های مقاوم‌تر از شبکه‌بندی استفاده شود.

۴-۲-۲. جنس دیوار

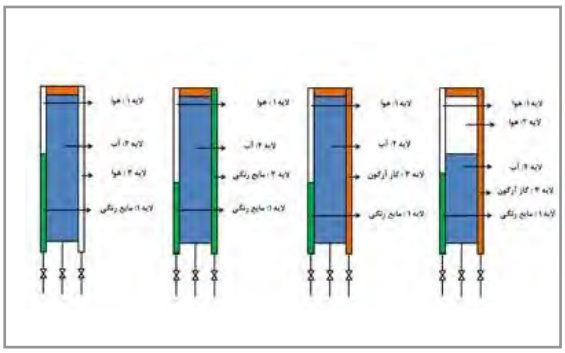
همانطور که گفته شد جنس این دیوارها از شیشه است که مهمترین مزیت شیشه‌ای‌بودن این نوع جداره‌ها استفاده از نور طبیعی و دید و منظر مناسب و مقابله با رطوبت و عدم نیاز به بخاربند است و حتی در موارد نیاز به نظافت دیوار یا در صورت هرگونه نقاشی از طرف کودکان این امکان را می‌دهد که تمام دیوارها از کف تا سقف شسته شوند. همچنین قابلیت اجرای هر نوع تزئینات از قبیل گچبری و کار بر روی شیشه با ویترای نیز وجود دارد.

۴-۲-۳. کاهش هزینه‌های دیوار تغییرپذیر

کم‌بودن ضخامت این دیوار موجب افزایش سطح و در نهایت موجب افزایش قیمت ساختمان می‌شود. «سرعت اتمام ساختمان روی بهره وامی که باید در دوره



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



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

ساختمان‌سازی پرداخت شود و از نظر مالی نفعی ندارد، تأثیر می‌گذارد» (سالوادوری، 1382، 55) بنابراین سرعت اجرای این دیوارها به‌علت پیش ساخته‌بودن بسیار بالاست و فقط نیاز به نصب دارد که این خود موجب کاهش هزینه می‌گردد. عدم نیاز به عایق رطوبتی و قرنیز و ازاره 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 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، 1385، 30) لذا در این طرح با عوض‌کردن 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، 1379).

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.

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

در مباحث روانشناسی رنگ، تأثیر رنگ‌ها بر ذهن و احساسات انسان را نمی‌توان مطلق پنداشت. همه رنگ‌ها در یک بازه زمانی خاص می‌توانند مفید باشند با توجه به این نکته که یك رنگ ممکن است در لحظاتی گذرا آزاردهنده و یا برای همیشه لذت‌بخش و دوست‌داشتنی باشد. مثلاً رنگ قرمز در کوتاه مدت مفید ولی در دراز مدت برای سلامتی مضر است از این رو قابلیت تغییر این امکان را می‌دهد که از مزایای رنگ‌هایی همچون قرمز استفاده شود. ضرورت به‌کارگیری رنگ، فرم و فضا به‌عنوان عامل مؤثر در بهبود و مداوای بیماران امری اجتناب ناپذیر است و به کمک رنگ می‌توان رنگ‌درمانی کرد و رفتارها را متناسب با زمان خود کنترل نمود.

۵-۲. ضرورت و مزایای تغییرپذیری در شفافیت

با پرکردن جداره‌های دیوار از رنگ و نور خورشید، دید به‌طور کامل از بین می‌رود اما با استفاده از رنگ‌هایی که امکان دید را فراهم می‌کند می‌توان نور خورشید را با توجه به تیره یا روشن بودن رنگ کم و زیاد نمود. به کمک این طرح می‌توان در کمتر از ۵ دقیقه یک دیوار را مات یا شفاف نمود. همچنین می‌توان دیوار را تا ارتفاع موردنیاز 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 می‌دهد. بنابراین دیوارهای شیشه‌ای قابلیت کنترل نور و دید را فراهم کرده و در طراحی محدودیت کمتری برای معماران ایجاد می‌نماید (شکل ۱۸).

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

این دیوار به‌گونه‌ای طراحی شده است که می‌توان ظرفیت ذخیره حرارتی آن را تغییر داد. چون در اقلیم‌های متفاوت به دیوارهایی با ظرفیت حرارتی متفاوت نیاز است قابلیت تغییر ظرفیت حرارتی این امکان را می‌دهد که از این دیوار در تمام اقلیم‌ها استفاده کرد. به‌عنوان مثال می‌توان متناسب با نیازهای حرارتی داخل ساختمان در اقلیم‌های مختلف ظرفیت حرارتی را تنظیم کرد.

نحوه کم و زیادکردن 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 می‌شود و با کاهش ارتفاع آب و جایگزینی هوا ذخیره حرارتی نیز کمترمی‌شود. (شکل ۱۹)

۵-۴. ضرورت و مزایای تغییرپذیری مکان عایق حرارتی

در این دیوارها عایق حرارتی می‌تواند به‌صورت دستی یا به صورت اتوماتیک به‌وسیله کامپیوتر روزانه براساس نیاز در سمت داخل یا خارج دیوار قرار گیرد؛ بنابراین اجرای این دیوار را در اقلیم‌های متفاوت ممکن می‌سازد. در بناهایی با کاربری موقت، گرما پس از عبور از عایق حرارتی از ساختمان خارج می‌شود. 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 می‌دهیم 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 کاربری‌ها (اداری، مسکونی، بیمارستان) در بهترین حالت قابل استفاده است.

۵-۵. بررسی راه‌های انتقال حرارت در دیوار

با توجه به اینکه انتقال حرارت از سه طریق اتفاق می‌افتد می‌توان با تغییر در لایه‌ها مقاومت حرارتی آن‌ها 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 لایه‌ها با چه ماده‌ای و تا چه ارتفاعی پر می‌شود می‌تواند انتقال حرارت از طریق رسانایی و همرفت متفاوت باشد. (شکل ۲۰)

همچنین می‌توان با تغییر رنگ لایه‌ها از نظر دریافت تابش، آن‌ها را کنترل نمود. شیشه‌ای بودن این دیوار این امکان را می‌دهد که حتی در زمستان بخشی از آن را شفاف کرده تا تابش خورشید به داخل نفوذ کند، این کار منجر به گرم‌شدن بنا شده (اثر گلخانه‌ای) بنابراین انتقال حرارت از طریق تابش می‌تواند باعث کاهش استفاده از تأسیسات گرمایشی شود.

نتیجه‌گیری

در این مقاله یک سیستم نوین ساختمانی تحت عنوان سیستم لایه‌های ساختمانی تغییرپذیر معرفی شد. این سیستم از لایه‌های شفاف و رنگ‌های نچسب تشکیل‌شده که تغییرپذیری را با کنترل نور و گرما در ساختمان نشان می‌دهد.

لایه‌های تغییرپذیر در این سیستم می‌توانند به‌عنوان پنجره یا دیوار در تبادل حرارت یک فضا با محیط خارج و تنظیم شرایط محیطی مؤثر باشند و از آنجایی که امکان شفاف یا مات‌بودن 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 به‌دلیل 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، صرفه‌جویی 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 اضافه‌کردن گاز آرگون به این سیستم به‌عنوان عایق حرارتی و لایه آب به‌عنوان 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 «محمدرضا 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
13. Lab-view

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.

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)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی