

بهینه کردن کارکرد انرژی دیوارهای بدون بازشو در جبهه‌های آفتابگیر*

زهرا سخندان سرخابی**، دکتر محمد علی خانمحمدی***

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۰۹/۱۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۱/۱۱/۲۶

چکیده

در این مقاله راهکاری نوین برای ارتقاء کیفیت گرمایشی دیوارهای بدون بازشو در جبهه‌های آفتابگیر و مجاور آن ارائه می‌شود. در زمستان چنانچه یکی از جبهه‌های آفتابگیر به دلایلی مانند باد نامطلوب قابلیت ایجاد سطوح شیشه خور را نداشته باشد، گرمایش طبیعی بنا مختل خواهد شد، بنابراین نیاز است تا راهکارهایی برای ارتقاء کیفیت گرمایشی دیوارهای بدون بازشو سه جبهه ارائه شود. در روش پیشنهادی به بررسی سامانه‌های جذب مستقیم، غیرمستقیم و دیوار ترومب پرداخته می‌شود و با استفاده از قابلیت‌های دیوار ترومب آبی و جرم حرارتی دیوار سنگی، سامانه‌ای با قابلیت توسعه، با لوله‌های آب گرم طراحی می‌شود. در نتایج آزمایش‌های عملی، گرمایش مازاد دیوار ترومب در دیوار سنگی برای شب ذخیره شده و بازده گرمایشی مناسب‌تری به دست می‌آید، عیوب گرمایشی دیوار ترومب آبی رفع شده و هدر رفت حرارتی به حداقل رسیده، به نحوی که دیوار سنگی را از فضای حائل باد به منبع گرمایشی مؤثری تبدیل کرده‌است.

واژه‌های کلیدی

بهینه‌سازی کارکرد انرژی، سامانه‌های تابشی گرمایشی، دیوار ترومب آبی، جرم حرارتی، دیوار سنگی

* این مقاله بر گرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد زهرا سخندان در رشته مهندسی معماری پایدار با عنوان «طراحی مجموعه توریستی تفریحی قلعه دره سی با نگاهی به روش‌های بهینه‌سازی عملکرد ساختمان‌ها از نظر انرژی» که به راهنمایی دکتر محمدعلی خانمحمدی انجام یافته‌است.

** دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی معماری گرایش معماری پایدار دانشگاه علم و صنعت ایران. (مسئول مکاتبات)

Email: zahra.sokhandan@gmail.com

*** استادیار معماری، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده معماری و شهرسازی، گروه معماری پایدار.

Email: khanmohammadi@iust.ac.ir

مقدمه

نامطلوب جوی مقاومت کنند، لازم به نظر می‌رسد. در این مقاله با به کار بستن یک دیوار ترومب آبی در مجاورت دیواره صلب سنگی جبهه جنوب غربی و انتقال انرژی گرمایشی آن به دیوار سنگی به واسطه لوله‌هایی با مقطع طراحی شده هم کارکرد دیوار ترومب آبی گسترش می‌یابد و هم دیواره صلب سنگی به مخزن ذخیره حرارتی دیوار ترومب تبدیل می‌شود. برای ارائه چنین سامانه‌ای منطقه ارسباران به عنوان منطقه هدف در نظر گرفته شده است که با مطالعه خصوصیات محیطی ارسباران، تحلیل آنها و هماهنگ سازی آن با سامانه‌های ایستای رایج مانند دیوار ترومب آبی و جذب مستقیم انرژی خورشیدی سامانه‌ای ارائه شده است که با تغییر خصوصیات مخزن دیوار ترومب آبی و به کار بستن اجزایی مانند ترموستات و توده حرارتی دیوار سنگی گرمایش ایستای مطبوعی را به حالت متعادل در کل اضلاع بنا تقسیم می‌کند و با به کار بستن حداقل منابع حداکثر گرمایش و انرژی را ایجاد کرده و گامی به سوی همسان سازی معماری با طبیعت بر می‌دارد. شایان ذکر است که کارکرد سامانه با مدل سازی دیوار جنوب غربی و آزمایش آن در اردیبهشت ماه و در منطقه هدف اثبات شده است که نتایج آن در ادامه مقاله ارائه خواهد شد.

ساختار بدنه مقاله عبارتست از:

در بخش یک سامانه جذب مستقیم و غیر مستقیم و در بخش دوم دیوار ترومب به بحث گذاشته می‌شود، بخش سوم توضیحات کلی طراحی سامانه گرمایشی را ارائه کرده و در بخش چهارم به طراحی دیواره ترومب آبی با قابلیت توسعه به واسطه گرمایش دیواره پرداخته می‌شود. در بخش پنجم مدل سازی عملکرد انرژی دیواره جنوب غربی به تفصیل توضیح داده شده و کارکرد سامانه در یک واحد اقامتی در بخش ششم به تصویر کشیده می‌شود و در نهایت نتیجه‌گیری ارائه می‌گردد.

روش تحقیق

پژوهش حاضر، نوشته‌ای از نوع تجربی است که با مطالعه سامانه‌های ایستای رایج به تجزیه و تحلیل کارکرد آنها پرداخته و سپس با استفاده از ایده‌های اصلی کارکردشان، مجدداً به نحوی طراحی می‌شوند که هر کدام بتوانند به عنوان جزئی از یک سامانه طراحی شده جدید، به کار بسته شوند. پس از طراحی سامانه، مدلی از آن در شرایط معین ساخته شده و عملکرد سامانه آزمایش می‌شود و در نهایت نتایج آزمایش تجربی ارائه می‌شود.

در فرایند توسعه همگام با محیط زیست، ارزیابی آسایش حرارتی به صورت بومی ضروری می‌باشد، زیرا از اتلاف مقدار متناسبی از انرژی جلوگیری می‌شود (صادقی روش و طباطبائی، ۱۳۸۸، ۳۹). زندگی بشر همواره با نیازهایی مانند گرمایش در زمستان و سرمایش و تهویه در تابستان همراه بوده است، در طول تاریخ او در جستجوی راه‌هایی بوده است که با حداقل هزینه و کار به سرمایش و گرمایش مطلوب برسد و بیشترین بازدهی و کمترین اتلاف را برنامه‌ریزی کند. اولین راه حلی که او را به این هدف رهنمون ساخت، زندگی همسان با طبیعت بود به گونه‌ای که مانع ورود عوامل نامطلوب طبیعت به داخل فضاها شده و عوامل مطلوب را به داخل فضاها انسانی هدایت می‌ساخت (مفیدی شمیرانی و بزرگر، ۱۳۸۹، ۱۴). پس از بحران انرژی سال ۱۹۷۰ بشر به همزیستی مجدد با طبیعت روی آورد، اما به گونه‌ای متفاوت و با همراهی فناوری. او ابتدا به مطالعه راهکارهای بومی برای ممانعت از عوامل نامطلوب پرداخت و سپس با استفاده از ابزاری به قدرتمندی فناوری، موانع و محدودیت‌ها را از پیش روی برداشت و تهدید عوامل نامطلوب طبیعی را به فرصتی گران قیمت تبدیل کرد. می‌توان گفت یکی از اصلی‌ترین مشکلات در معماری‌های همسان با طبیعت وجود عوامل نامطلوب مانند بادهای در اضلاع آفتابگیر بناست که تنها راهکار ایستا برای جلوگیری از آنها، مسدود ساختن این جبهه‌هاست که میزان جذب مستقیم نور و گرمایش خورشیدی را کاهش می‌دهد (نوروزیان ملکی و همکاران، ۱۳۸۸، ۲۲). مسئله اصلی پژوهش این است که آیا می‌توان دیوارهای صلب واقع در جبهه‌های آفتابگیر را به منبعی ایستا برای به دست آوردن گرمایش تبدیل کرد؟

بشر برای ممانعت از بادهای نامطلوب ابتدا دیواره‌هایی حجیم را ساخت که بتوانند او را در برابر بادهای مصون دارند، اما بتدریج به فکر استفاده از این دیوارها به عنوان منبع‌های گرمایشی افتاد (Roaf et al., 2003, 10). اولین سامانه‌ای که او از این دیوارها ایجاد کرد، سامانه‌های جذب غیر مستقیم انرژی بود که انرژی گرمایشی خورشید را در دیوار بنایی ذخیره کرده و آن را در شب هنگام به داخل فضا تابش می‌کرد (Arnold, 1980, 715). اما این سامانه در صورت وجود بادهای نامطلوب کارکرد مناسبی نداشت، چون گرمایش ایجاد شده از خورشید توسط بادهای نامطلوب اتلاف می‌شد و اصولاً دیواره فقط به عنوان سد در برابر عوامل نامطلوب کار می‌کرد پس ساخت و طراحی سامانه‌ای که بتواند دیوارهای صلب جبهه‌های آفتابگیر را به منابعی گرمایشی ارزشمند تبدیل کنند و هم‌زمان در برابر عوامل

ri جذب مستقیم و غیر مستقیم

برای ساخت بناهایی که از سامانه جذب مستقیم انرژی آفتاب استفاده می‌کنند، مدیریت صحیح جبهه‌های جنوب شرقی، جنوب و جنوب غربی بسیار حائز اهمیت است. در این سامانه معمولاً جرم حرارتی مناسب، سطح شیشه خور و عایق‌های شبانه، نقش بسیار مهمی دارند. در سامانه جذب مستقیم، نور خورشید از طریق شیشه‌های رو به جنوب به داخل بنا هدایت می‌شود، به سطح بتونی یا بنایی داخلی برخورد کرده، جذب شده و تبدیل به گرما می‌شود. مقداری از گرما، بلافاصله از سطح به داخل اتاق بر می‌گردد و بقیه از طریق هدایت در جرم حرارتی ذخیره شده و شب هنگام، گرمای ذخیره شده به داخل اتاق منتقل می‌شود (مور، ۱۳۸۲، ۱۵۳). اصلی‌ترین مشکل در این سامانه گرم شدن بیش از حد فضای داخل اتاق در فصول گرم در اثر تابش مستقیم است و کف، برای استفاده از جرم حرارتی، بایستی عاری از پوشش‌هایی مانند فرش و مانند آن باشد. چنانچه تابش بر روی سطحی اتفاق بیفتد که با فضای هدف، ارتباط مستقیم نداشته، پس از جذب مقداری از گرما در جرم حرارتی سطح، بقیه را به بیرون فضا باز تابش می‌کند و گرمای جذب شده با تأخیر، به داخل فضای هدف تابش می‌کند. این سامانه غیر مستقیم بوده و گرمای مطبوع‌تری را وارد فضا می‌کند (واتسون و لب، ۱۳۸۴، ۱۴۴). می‌توان گفت با وجود کسب انرژی گرمایشی بیشتر در سامانه جذب مستقیم، کنترل این سامانه مشکل بوده و محدودیت‌های فراوانی را در طرح معماری وارد می‌کند. پس بایستی توجه داشت که سامانه‌ای با بازدهی مناسب مانند جذب مستقیم نیز دارای معایبی است که می‌توان آنها را از طرق دیگر رفع کرد.

ri دیوار ترومب^۲

یکی از اصلی‌ترین سامانه‌های دریافت غیرمستقیم انرژی خورشید، سامانه دیوار ترومب است. در این سامانه با قرار دادن یک دیوار صلب از جنس مصالح بنایی یا بتنی و حتی آب در ضلع آفتاب‌گیر بنا بالاخص جبهه جنوبی و نصب دیواره‌ای شیشه‌ای با فاصله‌ای در حدود ۳ تا ۴ سانتیمتر از دیوار بنایی، انرژی گرمایشی خورشید با تأخیر در شب هنگام و با خصوصیت تابشی مواد، وارد فضای داخلی بنا می‌شود (مور، ۱۳۸۲، ۱۶۶). این سامانه گرمای روز خورشید را دریافت و با تأخیر، شب هنگام آن را وارد فضای داخلی بنا می‌کند. اصلی‌ترین مشکل در این سامانه، مسدود کردن جبهه نورگیر بناست که میزان روشنایی طبیعی داخلی بنا را کاهش می‌دهد. یکی از راه‌حلهایی که توسط متخصصین پیشنهاد می‌شود، ترکیب سامانه جذب مستقیم با دیوار ترومب است که از این طریق اشکالات موجود در هر دو سامانه تا حدی

رفع می‌شود (همان، ۱۷۱).

ri توفیقات کلی طراحی سامانه گرمایشی

زندگی تنها در محیط و شرایط اقلیمی طبیعی یا مصنوع مناسب شکوفا می‌شود. ساکنان کره زمین از دیرباز این اصول را کشف، بنیان و روش طراحی بناهایشان قرار دادند (مفیدی شمیرانی و ممقانی قاضی جهانی، ۱۳۹۱، ۷۹). ایده اولیه برای گرمایش بنا، استفاده از خاصیت تابشی مواد است که گرمای خود را به فضای اطراف تابش می‌کنند. اوقاتی از روز مانند ظهر، گرمای تابش یافته، تأثیر چندانی در گرمایش بنا نخواهد داشت، اما با غروب آفتاب و سرد شدن هوا، استفاده از تابش گرمایشی مواد تأثیر قابل توجهی در گرمایش داخلی خواهد داشت. پس بایستی به نوعی انرژی گرمایشی را که در مواد ذخیره می‌شود، حفظ کرده و از آن با تأخیر برای گرمایش داخلی بهره برد. ایده دوم استفاده از قابلیت گرمایشی دیواره‌های ترومب آبی است، چرا که دمای آب این دیواره‌ها چنانچه از ۵۴ درجه سلسیوس بیشتر شود، کارکرد معکوس داشته و نیاز به کنترل‌های شدید حرارتی دارد و اگر به ۷۴ درجه سلسیوس برسد، بایستی تعدیل شود، همانند اتفاقی که در آبگرمکن‌های معمولی و خورشیدی نیز می‌افتد.

دمای این دیواره‌ها در مناطقی با ساعات آفتابی زیاد در ساعت ۱۰:۳۰ صبح به حدود ۵۴ درجه سانتیگراد می‌رسد، که پس از رسیدن به این دما همواره مقداری از انرژی گرمایشی خود را به داخل فضا تابش می‌کند (Balcomb & Hedstrom, 1980, 21).

این کارکرد در زمستان به گرمایش روز کمک می‌کند، اما میزان ذخیره حرارتی را برای شب به حداقل می‌رساند، در حالی که استفاده از کارکرد دیوار ترومب بیشتر به هدف دستیابی به گرمایش شبانه است. چرا که گرمایش روزانه زمستانی با استفاده از سیستم جذب مستقیم به سادگی حاصل می‌شود و دیگر نیازی به دیوار ترومب نیست. بنابراین در منطقه‌ای مانند ارسباران که در اثر تابش مستقیم آفتاب به این دیواره‌ها به صورت تجربی در ساعت ۱۲:۴۰ دقیقه بعد از ظهر اردیبهشت ماه و ساعت ۱۵:۱۷ دقیقه دی ماه (با یک ورق جذب کننده که معمولاً در دیواره‌های ترومب نیز موجودند) دما به ۷۴ درجه سانتیگراد می‌رسد، کارکرد دیوار ترومب پس از ساعت ۱۰:۳۰ صبح تا ۱۲:۴۰ دقیقه اردیبهشت ماه یا ۱۵:۱۷ دقیقه دی ماه، اصولاً به کارکرد معکوس تبدیل شده و انرژی ارزشمند ذخیره شده برای شب را در روز اتلاف می‌کند. پس می‌توان با انتقال گرمایش دیوار ترومب در دیوار صلب سنگی جنوب غربی، هم به جبران گرمایش از دست رفته ضلع جنوب غربی پرداخت و هم کارکرد دیوار ترومب را به بازدهی بیشتری رساند.

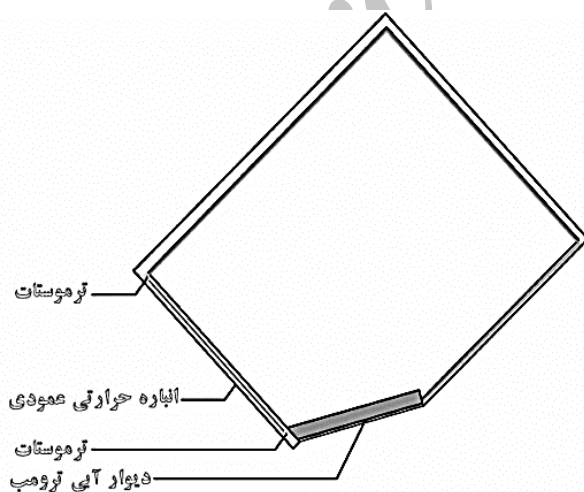
نقش مخزن دوم، هدایت کننده آب گرم در سامانه است و مخزن سوم، مخزنی است که تأمین کننده آب با دمای کمتر برای تعدیل دمای دیوار ترومب می‌باشد. این مخزن همچنین می‌تواند آب برگشتی از سامانه را دوباره وارد چرخه دیوار ترومب کند. در صورتی که از دیوار ترومب آبی با سیستم ظرف‌های آب روی هم استفاده شود، ظرف فوقانی در نقش مخزن دوم و ظرف تحتانی در نقش مخزن سوم به کار بسته می‌شود. در مجاورت مخزن دوم یک ترموستات قرار داده می‌شود تا در صورتی که دمای آب داخل مخزن اول به ۵۴ تا ۷۴ درجه سانتیگراد رسید، بنا به تصمیم طراح و شرایط آب و هوایی، سامانه فعالیت خود را آغاز کند. مخزن دوم در ابتدا خالی از آب است. وقتی آب داخل مخزن اول گرم شده و به دمای ۵۴-۷۴ درجه سانتیگراد می‌رسد، ترموستات آب را به مخزن دوم وارد می‌کند. آب از داخل مخزن دوم وارد لوله‌هایی با مقطع خاص می‌شوند. این لوله‌ها از جنسی هستند که بیشترین ضریب انتقال حرارتی را داشته‌باشند و شکل آنها به نوعی است که حداکثر انتقال حرارت را ایجادکنند که با شیب مناسبی در دیوار طبق شکل ۴ قرار می‌گیرند. لوله‌ها به دو نوع هستند: لوله‌های رفت که انتقال حرارتی بسیار بالا و سطح جانبی زیادی دارند و لوله‌های برگشت که با مقطع دایره‌ای، طراحی و عایق کاری شده‌اند (شکل ۴).

لوله‌های رفت داخل دیوار، گرمای خود را به دیواره سنگی انتقال می‌دهند و پس از آن به داخل یک مخزن کوچک ریخته می‌شوند. چنانچه دمای آب به اندازه کافی سرد شده باشد، ترموستات اجازه ورود

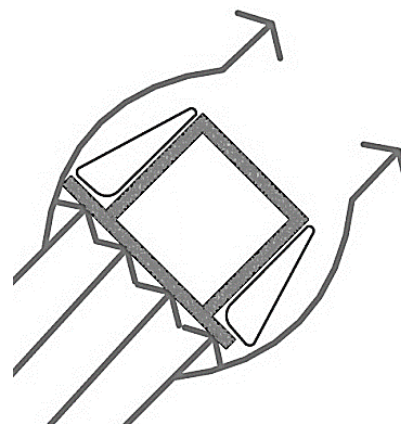
طراحی دیواره ترومب آبی با قابلیت توسعه به واسطه گرمایش دیواری برای جلوگیری از تأثیر بادها یا عوامل نامطلوب بر روی فضای داخلی ابتدا، بنا در جهت عامل نامطلوب چرخانده می‌شود، تا تأثیر و تنش ایجاد شده در ضلع‌های دیگر به صفر برسد. چنانچه باد نامطلوب از جنوب غربی باشد با چرخاندن بنا به جنوب غربی تنها این ضلع، تحت تأثیر عامل نامطلوب خواهد بود وگرنه هر دو ضلع جنوبی و غربی از این عامل تأثیر خواهند پذیرفت. به واسطه چرخش بنا، دیواره بدون بازشو جنوب غربی به عنوان منبع گرمایشی طراحی می‌شود و دیواره‌های دیگر بدون پذیرفتن تأثیر از عامل نامطلوب می‌توانند برای هر حالتی به کار گرفته شوند (شکل ۱).

اولین عنصر برای کارکرد یک سامانه، تأمین منبع انرژی آن است که برای تحقق بخشیدن به آن، ابتدا بایستی محل مناسبی را برای قراردادن دیوار ترومب آبی در نظر گرفت. دیوارهای ترومب، تنها قابلیت کارکرد در ضلع‌های جنوبی را با انحراف ۱۵ درجه نسبت به شرق یا غرب دارا هستند، پس می‌توان این دیواره را در گوشه جنوبی بنا با چرخش ۱۵ درجه نسبت به شرق در نظر گرفت. باید توجه داشت که با چرخش به شرق، تأثیر عامل نامطلوب بر روی دیوار ترومب آبی کاهش خواهد یافت (شکل ۲).

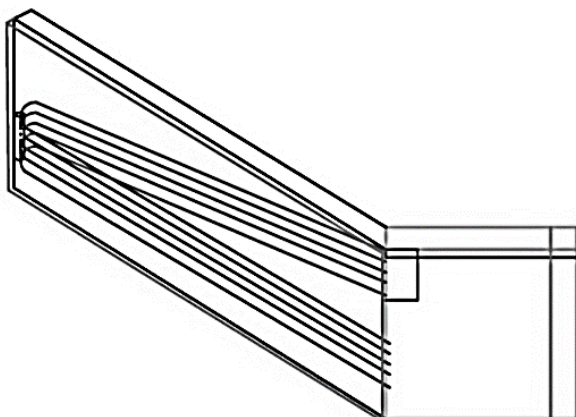
در گام بعدی چنانچه از دیوار ترومب آبی با یک منبع بهره برده شود، بایستی ۲ منبع کوچک آب در آن ایجادگردد. یکی از منابعها همراه با یک ترموستات در قسمت فوقانی دیوار ترومب و دیگری در تحتانی ترین قسمت آن قرار می‌گیرد (شکل ۳).



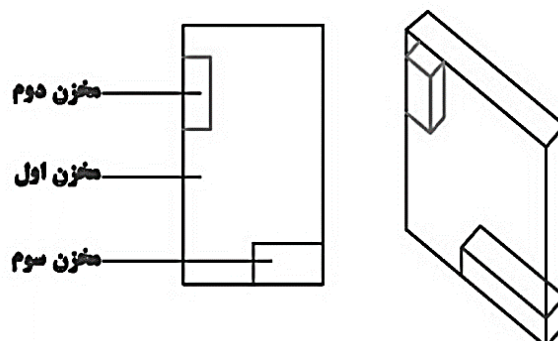
شکل ۲. موقعیت کلی سامانه دیوار جنوب غربی



شکل ۱. جلوگیری از تأثیر باد جنوب غربی



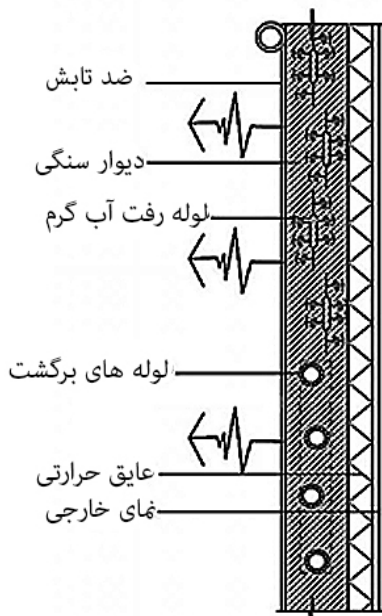
شکل ۴. ترکیب دیوار ترومب و دیوار جنوب غربی



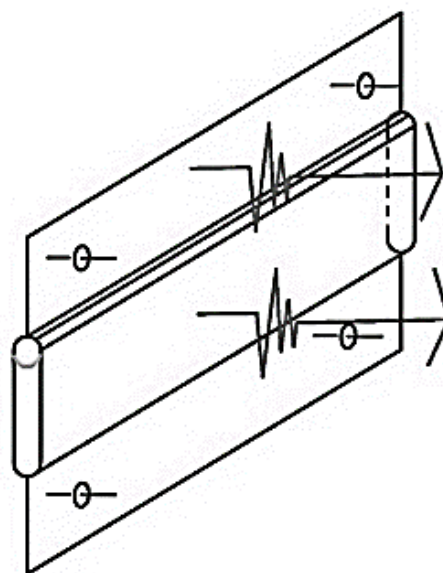
شکل ۳. وضعیت دیوار ترومب آبی

برای حفاظت از دیوار در برابر باد جنوب غربی می‌توان از پوشش سبز در فاصله مناسبی استفاده کرد به نحوی که دیوار آبی در منطقه محافظت شده از باد قرار بگیرد. همچنین برای حفظ گرمای دیوار جنوب غربی استفاده از یک لایه عایق حرارتی مفید خواهد بود. برش دیوار جنوب غربی در ادامه ارائه می‌شود (شکل ۶).

آب را به داخل لوله‌های برگشت می‌دهد. هر چه قدر میزان حبس آب در داخل لوله‌های رفت بیشتر باشد، دمای آب برگشت، کمتر خواهد بود. آب برگشتی، بنا به وضعیت آب و هوایی می‌تواند وارد مخزن اول یا مخزن سوم شود. چنانچه گفته شد لوله‌های آب برگشتی عایق شده‌اند (شکل ۶) چون در غیر این صورت گرمای داده شده به سنگ‌ها، آب لوله را گرم می‌کند (شکل ۵).



شکل ۶. برش دیوار جنوب غربی



شکل ۵. مقطع لوله‌های آب رفت

مدل‌سازی عملکرد انرژی دیواره جنوب غربی

در این بخش سعی شده‌است که عملکرد انرژی دیواره جنوب غربی شبیه‌سازی شود، برای این کار ماکتی از دیواره جنوب غربی ساخته شده‌است. در ابتدا جعبه‌ای توری برای نگهداری سنگ‌ها در داخل یک حجم دیوار مانند ساخته می‌شود. این جعبه توری از جنس توره‌های پنجره با سوراخ‌های یک میلیمتری است (شکل ۷).

لوله‌هایی مسی در داخل این جعبه به صورت مایل کار گذاشته می‌شوند، دلیل انتخاب لوله‌های مسی ویژگی مناسب این لوله‌ها در انتقال حرارت است. برای شبیه‌سازی دیوار با توجه به در نظر گرفتن دیواری با ابعاد $0/3 \times 4 \times 6$ متر، با احتساب مقیاس کوچک، مکعب توری با ابعاد $0/1 \times 4 \times 6$ متر ساخته شده که ۵ لوله به طول تقریباً ۲۲ سانتیمتر و قطر یک سانتیمتر در داخل جعبه مطابق شکل ۸ کار گذاشته می‌شود. انتخاب قطر لوله‌ها پس از محاسبه سطح جانبی لوله پیشنهادی با مقطع دایره در نظر گرفته شده‌است، چرا که ساخت لوله به شکل پیشنهادی مستلزم هزینه زیادی می‌باشد. حجم دیوار مدل $0/24$ متر مکعب و سطح جانبی ۵ لوله حدوداً $0/35$ متر مربع است که با اعمال $10/32$ مترمربع سطح جانبی در لوله‌های دیوار اصلی (محیط لوله‌ها $0/35$ متر به دست می‌آید) نتایج مدل در دیوار واقعی صدق خواهد کرد (شکل ۸). سر لوله‌ها در قسمت تحتانی بسته می‌شود تا بتوانند آب را در خود نگه‌دارند. در ادامه، داخل جعبه جهت شبیه‌سازی یک انباره حرارتی سنگی با سنگ‌هایی با قطر حدود یک تا سه سانتیمتر پر می‌شوند و یک دماسنج در داخل دیواره قرار می‌گیرد (شکل ۹).

پس از این مرحله، آب 74 درجه سلسیوس در داخل لوله‌های مسی ریخته می‌شود. از آنجایی که به دیوار ترومب آبی با شرایط سامانه طراحی شده دسترسی وجود ندارد، این آب گرم شده و به دیواره منتقل می‌شود و روی آن با فوم پوشانده می‌شود. دلیل انتخاب دمای 74 درجه این است که آب دیوار ترومب در دمای 74 درجه بایستی تعدیل شود و بنا به آزمایشی تجربی در منطقه ارسباران این دما در ساعت $15:17$ دقیقه دی ماه به دست می‌آید (شکل ۱۱ و ۱۰).

پس از دو ساعت دمای آب داخل لوله‌ها اندازه‌گیری می‌شود. دمای آب لوله تحتانی حدوداً 27 درجه سلسیوس است، در حالی که دمای هوای بیرون حدود 29 درجه سلسیوس و فضای داخل اتاق 22 درجه سلسیوس می‌باشد (شکل ۱۲).

در این صورت اگر فرض شود تمام اتلاف حرارتی که توسط لوله‌ها انجام شده در داخل دیواره سنگی حفظ شده باشد، می‌توان گفت که حرارتی معادل 47 درجه سلسیوس به هوای محبوس واقع در بین



شکل ۷. توریسمی به عنوان جعبه سامانه



شکل ۸. جای‌گیری لوله‌های مسی سامانه



شکل ۱۰. پر کردن سامانه با سنگ



شکل ۹. دماسنج بین سنگ‌ها



شکل ۱۲. اندازه‌گیری دمای آب پس از آزمایش



شکل ۱۱. پوشاندن سامانه با فوم برای عایق سازی

کرد) (شکل ۱۳).

برای استفاده بهینه تر از انرژی گرمایشی ایجاد شده می توان آب رسیده به مخزن کوچکی را که بعد از لوله های رفت پیش بینی شده است (و دارای اختلاف دمای حداقل ۵ درجه سلسیوس با هوای داخل اتاق می باشد)، در داخل فضا و در فاصله ۳۰ سانتیمتری از کف اتاق از طریق دیوار دور فضا در کل اتاق به گردش درآورد. باید توجه داشت که نوع لوله ها در تمام ضلع ها از نوع لوله های رفت با ضریب انتقال حرارتی بالاست، که در اثر گذر از دیوارهای شمال شرقی و شمال غربی دمای خود را با دمای اتاق تعدیل کرده و اختلاف دما را به فضا تابش می کنند. در ادامه با عبور لوله ها از ضلع جنوب شرقی، آب آنها، گرم و به دمای مخزن اول دیوار ترومب نزدیک می شود و پس از گرم شدن در مخزن سوم از طریق این مخزن دوباره وارد سامانه می شود. باید توجه داشت که کارکرد سامانه توسعه ای، برای بهره بردن از انرژی گرمایشی در ضلع های شمال غربی و شمال شرقی است که جبهه های سرد بنا را در اوقات روز شامل می شوند، کارکرد سامانه توسعه ای دقیقاً مشابه سامانه های تشعشی کفی است که امروزه در بعضی از منازل به کار بسته می شوند، با این تفاوت که لوله ها از دیوار عبور کرده و گرمای تابش نشده (هدررفت) را منتقل می کنند. نتایج کارکرد سامانه توسعه ای با استفاده از تحلیل های رایج انرژی حاصل شده و دستیابی به نتایج دقیق تر آن با استفاده از آزمایش های تجربی و یا شبیه سازهای رایانه ای به عنوان پیشنهادی برای تحقیقات آتی ارائه شده است.

سنگ ها تزریق شده است، که می تواند در داخل سنگ ها ذخیره شود. البته دمای دماسنج داخل دیواره معادل ۳۵ درجه سلسیوس را نشان می دهد، که اختلاف دمای اتفاق افتاده، دمای تبادل شده را مشخص می سازد. باید توجه داشت که دمای هوای بیرون ۲۹ درجه سلسیوس بوده و دمای هوای داخل جعبه ۶ درجه بیشتر از دمای هوای خارج است. همچنین دمای هوای اولیه بین سنگ ها ۲۸ درجه و دمای هوای بیرون، ۳۱ درجه بوده است. حال اگر همین عملکرد، در دیواره جنوب غربی پذیرفته شود، آب رسیده به مخزن کوچک در انتهای دیوار، در صورت حبس شدن در لوله ها در زمانی معادل دو ساعت به دمای ۲۷ درجه می رسد و اگر دمای داخل نیز ۲۲ درجه باشد ۵ درجه با محیط اختلاف دما داشته و می تواند این دما را به داخل اتاق منتقل کند. چنانچه زمان حبس آب در داخل لوله ها کوتاه تر باشد، دمای رسیده به مخزن انتهای دیوار بیشتر بوده و آب گرم تری حاصل خواهد شد که ترکیب این سامانه را با سامانه های تشعشی (که نویسنده آن را در مقاله سامانه توسعه ای نامیده است) برای انتقال دمای آب به داخل بنا توجیه می کند. برای عملکرد جرم حرارتی جنوب غربی چنانچه دمای دماسنج داخل دیوار در نظر گرفته شود، دمای داخل دیوار با دمای داخل فضا ۱۳ درجه سلسیوس تفاوت دارد که در صورت تابش حرارت از دیواره، می توان امیدوار بود که گرمای مناسبی به دست آید. همچنین با احتساب ۱۸ درجه سانتیگراد برای دمای شب، دمایی معادل ۱۷ درجه قابلیت تابش به داخل فضا را خواهد داشت (با توجه به این اصل که دما از جسم گرم تر به محیط اطراف تابش خواهد

جدول ۱. نتایج آزمایش عملی سامانه با استفاده از مدل ساخته شده

| | | | | | |
|---|-------------------------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------------|
| دمای آب لوله ها در ساعت ۱۴:۳۰ | دمای هوای بیرون در ساعت ۱۴:۳۰ | دمای هوای داخل در ساعت ۱۴:۳۰ | دمای هوای بین سنگ ها در ساعت ۱۴:۳۰ | دمای هوای شب در داخل | دمای هوای شب |
| ۲۴ | ۳۱ | ۲۶ | ۲۸ | ۱۸ | ۱۹ |
| دمای آب لوله ها پس از آزمایش ساعت ۱۶:۳۰ | دمای هوای بیرون در ساعت ۱۶:۳۰ | دمای هوای داخل در ساعت ۱۶:۳۰ | دمای هوای بین سنگ ها پس از آزمایش | میزان اتلاف | اختلاف دما برای تابش در شب |
| ۲۷ | ۲۹ | ۲۲ | ۳۵ | ۴۷ | ۱۷ |

کارکرد سامانه در یک واحد اقامتی

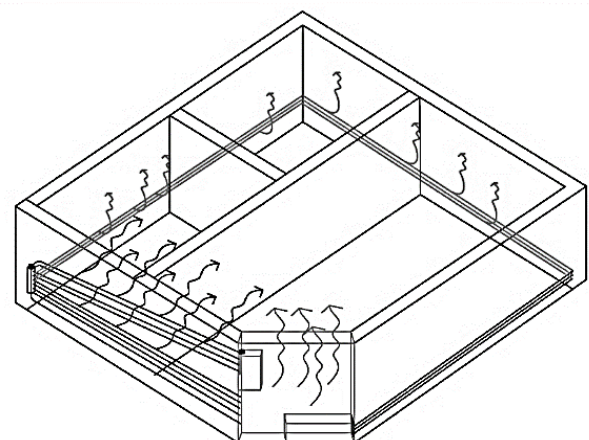
سامانه مذکور برای استفاده در واحدهای اقامتی در منطقه گردشگری قلعه دره سی ارسباران طراحی شده است. این سامانه قابلیت کارکرد در تمام بناهایی را که، در یکی از جبهه‌های آفتابگیر محدودیت‌هایی مانند بادهای نامطلوب دارند، داراست. با توجه به اصول معماری پایدار، این سامانه قابلیت گرمایش طبیعی بنا را افزایش و وابستگی به انرژی‌های تجدیدناپذیر را کاهش می‌دهد و دیوار ترومب را به دیوار ترومب گسترش پذیر تبدیل می‌کند. در مناطق صعب العبور که رساندن انرژی مستلزم هزینه زیادی است، استفاده از این سامانه، گرمایش شبانه مناسبی در فصول و ساعات سرد فراهم می‌کند. با توجه به تغییرات عرض جغرافیایی در مناطق هدف، چنانچه نیاز به دریافت انرژی خورشیدی بیشتری باشد، می‌توان دیواره مذکور را با شیب مناسبی نسبت به عرض جغرافیایی قرار داد تا دریافت انرژی بهینه شود. در اوقات گرم سال با ایجاد سایه بر روی سامانه می‌توان کارکرد آن را متوقف یا معکوس کرد. سایه اندازی مذکور در صورتی که به حالت کرکره‌های جمع شونده اعمال شود، کنترل مناسبی را بر روی گرمایش بنا ایجاد خواهد کرد، چرا که با سایه اندازی، دیوار ترومب آبی هوای سردتری را در اوقات گرم دریافت می‌کند و کارکرد آن، معکوس می‌شود و یا با بستن کرکره‌ها، سامانه متوقف می‌شود.

صفحه‌های ضدتابش گرما از قسمت داخلی می‌توانند مانع تابش گرما به داخل بنا شوند. باید توجه داشت که در صورت اعمال سایبان برای کنترل تابستانی، کارکرد سامانه در فصول سرد به دلیل زاویه

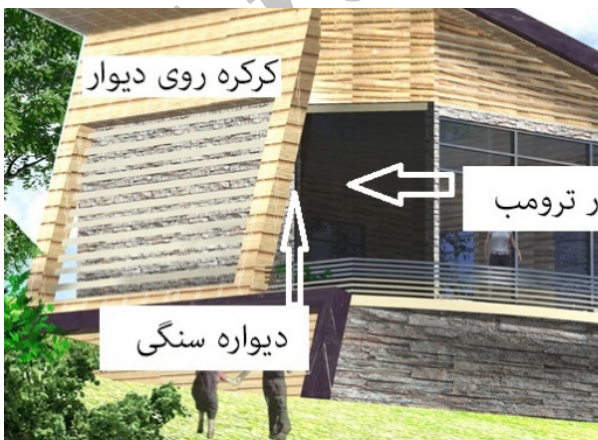
مایل تابش در زمستان مختل نمی‌شود.

نتیجه گیری

با توجه به اینکه سامانه‌های زیادی برای کاهش مصرف انرژی در سراسر دنیا طراحی شده‌اند ولی همه این سامانه‌ها قابلیت تطبیق با همه مناطق را ندارند و در بسیاری از موارد نیز، معکوس عمل می‌کنند و یا کارایی آنها با توجه به هزینه انجام شده دارای صرفه اقتصادی نیست. پس می‌توان با استفاده از تلفیق قابلیت‌های این سامانه‌ها و طراحی منطبق با اقلیم، هم به نوع‌های جدیدی از سامانه‌ها دست یافت و هم اجزا و عناصر موجود در بنا، از جمله دیوارها، کف‌ها، سایبان‌ها و موارد دیگر را از نظر ساخت و انرژی بهینه کرد. برای ایجاد گرمایش در بنا می‌توان با استفاده از ترکیب قابلیت‌های دیوار ترومب و جذب مستقیم و همچنین جایابی خصوصیات مانند رسانش، همرفت و تابش، سامانه‌ای جدید را طراحی کرد که این سامانه می‌تواند بدون استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر به حالت دائم در گرمایش بنا مؤثر باشد. در طراحی این سامانه عدم تابش هوای گرم به داخل بنا در روز مد نظر است که از صفحات ضدتابش در دیواره سنگی به داخل بنا، برای شب است. با ترکیب سامانه دیوار ترومب آبی و جرم حرارتی دیواره سنگی به واسطه لوله‌های آب گرم می‌توان حرارت مازاد دیوار ترومب را در دیوار سنگی ذخیره و از گرمای مطبوع آن استفاده کرد و دیوار ترومب آبی را به دیوار حرارتی



شکل ۱۳. توسعه سامانه دیوار بدون بازشو در جبهه آفتابگیر



شکل ۱۴. نمونه کارکرد سامانه در یکی از واحدهای اقامتی

۵. نوروزیان ملکی، سعید؛ و حسینی، سعید باقر؛ رضایی، محمود. (۱۳۸۸)، معماری در عصر تغییر اقلیم. مسکن و محیط روستا، (۴)، ۲۰-۳۲. عروا تسون، دانلد؛ و لب، کنت. (۱۳۸۴). طراحی اقلیمی اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان. (وحید قبادیان و محمد فیض مهدوی، مترجم) تهران: دانشگاه تهران.

7. Arnold, F. (1980). Design consideration for solar dehumidifiers. *Proceedings of the fifth national passive solar conference*. (pp.712-716). colorado: American solar energy society.

8. Balcomb, D. & Hedstrom, J.C. (1980). Determining Heat Fluxes from Temperature Measurements in Massive Walls. *The 5th National Passive Solar Conference*. October 19-26, (pp.17-32). Amherst.

9. Roaf, S., Fuentes, M., & Thomas, S. (2003). *Eco house 2. A Design Guide*. London: Architectural.

گسترش پذیری در سایر اضلاع بنا تبدیل کرد و از طرفی دیوار سنگی را از بدنه‌ای حائل در برابر باد نامطلوب به بدنه حرارتی مناسبی برای گرمایش داخل بنا مبدل کرد.

پی نوشت ها

1. Passive system
2. Trombe wall

فهرست مراجع

۱. برزگر، زهرا؛ و مفیدی شمیرانی، سعید مجید. (۱۳۸۹). طراحی اقلیمی اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان. *باغ نظر*، (۱۵)، ۱۳-۲۶.
۲. صادقی روش، محمد حسن؛ و طباطبائی، سعید مهدی. (۱۳۸۸). تعیین محدوده آسایش حرارتی در شرایط آب و هوایی خشک. *هویت شهر*، (۴)، ۳۹-۴۵.
۳. مفیدی شمیرانی، سعید مجید؛ و ممقانی قاضی جهانی، مهسا. (۱۳۹۱). اصول تجربی طراحی بناهای پایدار برای مناطق کویری. *هویت شهر*، (۱۲)، ۷۹-۸۴.
۴. مور، فولر. (۱۳۸۲). سیستم‌های کنترل محیط زیست. (محمد علی کی نژاد و رحمان آذری، مترجم). تبریز: دانشگاه هنر اسلامی تبریز.

Archive of Science