

دیوار ترومب ، سیستم جذب غیر مستقیم انرژی خورشیدی

در اقلیم گرم و خشک

اعظم صیدآبادی^۱، محمد رضا پارام^۲، حدیثه کامران کسمایی^۳

- ^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معماری، گروه معماری، واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران
^۲ عضو هیئت علمی تمام وقت، گروه معماری، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران
^۳ عضو هیئت علمی تمام وقت، گروه معماری، واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران

نام و نشانی ایمیل نویسنده مسئول:

اعظم صیدآبادی

a.seydabadi62@gmail.com

چکیده

خورشید بهترین منبع انرژی پاک در جهان است که سامانه های متنوعی برای بهره گیری از انرژی آن ابداع شده اند. با توجه به اینکه امروزه استفاده از انرژی های تجدیدپذیر و به خصوص انرژی خورشیدی به طور قابل توجهی رو به گسترش است؛ یکی از روش های مورد توجه جهت نیل به این هدف استفاده از دیوار ترومب در ساختمان ها می باشد. دیوار ترومب نوعی دیوار ذخیره ساز حرارتی است که از یک دیوار تیره رو به جنوب از جنس مصالح بنایی تشکیل یافته که با شیشه های عمودی پوشانده می شود. در این مقاله نقش دیوار ترومب به عنوان یکی از روشهای استفاده از انرژی غیرفعال خورشیدی باهدف ارائه راهکاری در تامین گرمایش و سرمایش در ساختمان های اقلیم گرم و خشک مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از انجام این تحقیق طبقه بندی اطلاعات موجود در رابطه با دیوار ترومب می باشد. در این مقاله، ضمن بررسی اجمالی عملکرد دیوار ترومب و معرفی انواع آن، پارامترهای تاثیر گذار در بهینه سازی عملکرد آن طبقه بندی میشود. این تحقیق بر اساس مطالعات کتابخانه ای و به ویژه مقالات منتشر شده در مجلات بین المللی در سال های اخیر است.

واژگان کلیدی: انرژی خورشیدی، سامانه ایستا، اقلیم گرم و خشک، دیوار ترومب

مقدمه

تلاش برای حل معضلات مهمی چون کاهش ذخایر سوخت فسیلی و آلودگی های ناشی از مصرف آنها، تخریب محیط زیست و... توجه طراحان را به ساخت بناهایی معطوف ساخته است که در آنها راهکارهای مختلف جهت استفاده از دیگر منابع انرژی در ایجاد آسایش حرارتی مدنظر قرار می گیرد. قسمت وسیعی از کشور ایران در اقلیم گرم و خشک واقع شده است. باتوجه به این موضوع در معماری سنتی این سرزمین سرمایه‌های فضا از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و معماران سنتی از راهکارها و عناصر معماری متعدد برای ایجاد آسایش به صورت ایستا بهره برده اند (مهدیزاده، ۱۳۸۷). با توجه به اهمیت ایجاد سرمایه‌های در اقلیم گرم، استفاده از سامانه های ایستای سرمایه‌های در معماری ایران سابقه ای دیرینه دارد. دیوار ترومب یکی از قدیمی ترین سیستم‌های جذب غیر مستقیم انرژی خورشیدی است. جذب غیر مستقیم انرژی خورشیدی از طریق سیستم‌های گوناگونی امکان پذیر است که در پروژه‌های مختلف متناسب با شرایط خاص پروژه می توان از آنها بهره جست. البته بهترین روش این است که اصول حاکم بر هر سیستم را درک نمود و در شکلی جدید به کار بست. دیوار ترومب اگر چه به عنوان اختراعی جدید شناخته شده است اما قدمتی دیرینه در معماری سنتی دارد و می تواند به عنوان راهکاری مفید برای بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان های ایران مورد استفاده قرار بگیرد. در ادامه این نوشتار، به تشریح ساختار و چگونگی عملکرد این سامانه پرداخته می شود.

۱- سامانه های ایستا :

گرمایش ایستا بر پایه استفاده از انرژی حرارتی خورشید و سرمایه‌های ایستا بر پایه استفاده از کاهنده های گرمایی مختلف استوار هستند (Brown, M., Dekay, G.Z, 2001). سامانه حرارتی ایستا سیستمی است که در آن عناصر اصلی بنا انرژی خورشید را جمع آوری، ذخیره و دوباره توزیع می کنند. در جدول زیر چهار روش جهت ایجاد سرمایه‌های گرمایش به صورت ایستا مطرح شده است.

گرمایش ایستا	سرمایش ایستا
جذب مستقیم	سرمایش از طریق تهویه (تهویه با نیروی باد و اثر دودکشی و تهویه شبانه و کلاک تهویه باد و بام دوجداره)
دیوار ذخیره ساز حرارتی (دیوار ترومب و دیوار آبی)	سرمایش تبخیری (تبخیر مستقیم و غیر مستقیم)
فضای خورشیدی (گلخانه و آتریوم)	سرمایش تابشی (مستقیم و غیر مستقیم)
چرخه جابجایی هوا (بستر سنگی و سیستم دوجداره)	۱- سرمایش از طریق اثر جرم (اتصال مستقیم و اتصال غیر مستقیم) ۲- سرمایش از طریق رطوبت زدایی

جدول شماره ۱

۱-۱ عناصر معماری سنتی جهت سرمایه‌های : مهمترین عناصری که می توان به آنها اشاره کرد : بادگیر، حیاط مرکزی، گودال باغچه ، شبستان و شوادان، شناسیل، حوضخانه، ایوان، خیشخان ، مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد ، پنجره های زیر سقفی، گره بندیهای چوبی و گچی پنجره ها، بدنه آب (آبنا و حوض) در مجاورت ساختمان و اجزای ساختمانی دو پوسته.

مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد: استفاده از مصالح حرارتی ، برای ذخیره گرمای روزانه و تخلیه شبانه آن با استفاده از تهویه شبانه موجب کاهش دما می گردد. سرمایه‌های بنا با تهویه شبانه نیز مستلزم استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد است. در روز، با ذخیره حرارت در مصالح ساختمانی در طول روز و کاهش دمای هوای بیرون در شب، جریان تهویه هوا از خارج به داخل بنا ایجاد شده و

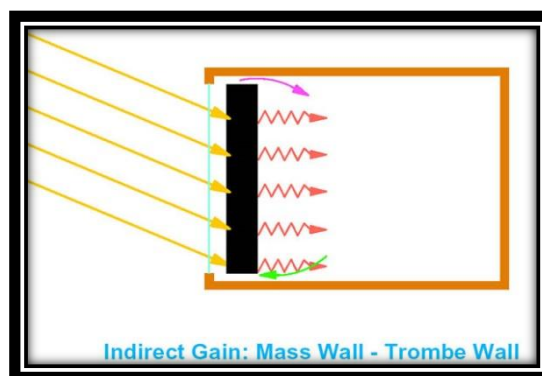
گرمای آزاد شده از مصالح را به خارج هدایت می کند. بدین ترتیب مصالح خنک شده و قابلیت جذب گرمای روز بعد را پیدا می کنند (Brown M., Dekay, G.Z, 2001). از طرفی در صورتیکه در شب دمای هوای داخل ساختمان کمتر از هوای خارج باشد، گرمای ذخیره شده در مصالح در طول روز وارد فضای داخلی ساختمان شده و این چرخه سرمایش و گرمایش مصالح، هر روز در بنا تکرار می شود. بنابراین استفاده از مصالح با جرم حرارتی زیاد موجب ایجاد یکنواختی حرارتی و کاهش نوسانات روزانه در ساختمان می شود (Givoni, B 1988). علاوه بر کاهش نوسانات دما، در ساختمانهای حجیم سنتی، وجود مصالح با جرم زیاد در جداره ساختمان، مشابه عملکرد دیوارهای ترومب در سامانه های ایستا، تاخیر زمانی عمده ای در انتقال دمای هوای خارج به داخل وجود دارد. اگر مصالح داخل ساختمان مصالحی با جرم زیاد باشند، سرمایش از طریق تهویه در طول شب می تواند گرمای جذب شده در طول روز را در داخل ساختمان به جریان بیندازد. گرچه تهویه در این مورد نقش اندکی داشته و انتقال انرژی از مصالح به فضای داخلی اهمیت بیشتری دارد (مورف، ۱۳۸۲).

۲- دیوار ترومب :

تهویه طبیعی یک وسیله مهم برای بهبود آسایش حرارتی داخل ساختمان و کاهش مصرف انرژی است. استفاده از سامانه های ایستا برای گرمایش و سرمایش ساختمانها راهکاری جدید نیست و طی قرنهای متمادی بشر از آنها استفاده کرده است. جذب مستقیم نور خورشید از طریق یک پنجره معمولی با جهت گیری جنوبی ساده ترین نوع این سامانه هاست. دیوار ترومب برای اولین بار در سال ۱۹۵۰، توسط مخترعی فرانسوی به نام فیلیکس ترومب در آزمایشگاهی در نیومکزیکو ساخته شد. پس از آن، سایر پژوهشگران با روش های مختلف، به بهبود کارایی دیوار ترومب پرداخته و ابعاد بهینه اجزای مختلف آن را به دست آوردند؛ برای مثال، عرض بهینه فاصله هوایی در دیوار ترومب تهویه شونده یک دهم ارتفاع دیوار است و بهترین تناسب دریاچه داخلی، سه بیستم ارتفاع دیوار است (ابوالحسنی، ۱۳۹۲).

دیوار ترومب (شکل ۱) یکی از سامانه های غیرفعال خورشیدی است که اجزای آن شامل دیوار ذخیره ساز حرارتی و یک سطح شیشه خور با فاصله مناسب در سطح خارجی جدار (به منظور ایجاد اثر گلخانه ای در هنگام تابش) می باشد (Mazria, 1979:144).

آرویند چل و همکارانش در سال ۲۰۰۸ بقای انرژی در ساختمان ها با استفاده از دیوار ترومب را مورد بررسی قرار داده اند و به این نتیجه رسیدند که با استفاده از دیوار ترومب دمای اتاق مابین ۱۸٫۵-۲۲٫۸ درجه سانتی گراد قرار می گیرد که این دما باعث ایجاد شرایط بهینه می شود (Arvind Chel, 2008).



شکل ۱: دیوار ترومب

دیوار ترومب به دو دسته دیوار ترومب تهویه شونده (با دریاچه) و دیوار ترومب بدون تهویه (بدون دریاچه) تقسیم می شود. بالکومب پیشنهاد می کند مساحت دریاچه ها ۱ تا ۲ درصد مساحت کل دیوار ترومب باشد (Kabrhel, 2009:22).

انواع مختلف دیوار ترومب برای اقلیم های مختلف و اهداف متنوع وجود دارد که به ۱۰ نوع زیر طبقه بندی می شود: که به دیوار ترومب بومی، دیوار ترومب کامپوزیتی، دیوار ترومب آبی، دیوار ترومب کلاسیک، دیوار ترومب خورشیدی هیبریدی، دیوار ترومب ترنس وال، دیوار ترومب با مواد تغییر فاز دهنده، دیوار ترومب زیگزاگ، دیوار ترومب با فتوولتاییک، دیوار ترومب مایع. در ادامه نوشتار به بررسی چند نمونه از انواع دیوار ترومب پرداخته می شود.

۲-۱ دیوار ترومب بومی:

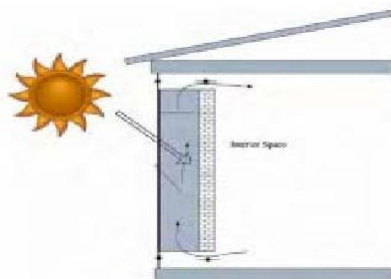
دیوارهایی هستند که از جداره های شیشه ای در آن ها استفاده نشده است، اما بدین معنی نیست که نقش شیشه در آنها حذف شده است بلکه با استفاده از مصالح دیگر از آن بهره مند می شویم. (رحمانی، ۱۳۸۸)

۲-۲ دیوار ترومب کامپوزیتی:

این نوع دیوار با نام دیوار میشل نیز شناخته می شود، نوع دیگری از دیوار ترومب است که از چند لایه مختلف تشکیل می شود. این لایه ها شامل یک پوشش نیمه شفاف، یک دیوار گرمایشی، یک گودال در بسته، یک حفره تهویه هوا و پانل های عایق است (Saadatian, 2012).

۲-۳ دیوار ترومب کلاسیک :

دیوار ترومب ساده ای است که دارای یک فاصله هوایی و شیشه است که بین دیوار داخلی و فضای خارج ساختمان قرار می گیرد. ایده اصلی این دیوار بر استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی بالا می باشد. این مصالح شامل آجر، بتن، سنگ و خشت است. معمولا سطح خارجی این دیوار، برای افزایش جذب حرارتی به رنگ مشکی رنگ آمیزی می شود (Mazria, 1979).



شکل ۲: دیوار ترومب کلاسیک

۲-۴ دیوار ترومب فتوولتاییک :

نوع آوری این دیوار این است که در شیشه خارجی ترکیبی از پنل های فتوولتاییک است و همزمان انرژی خورشید را به گرما منتقل می کند. با دیوار ترومب فتوولتاییک، هوای سرد اتاق از فن پایینی کشیده می شود و گرمای پشت سلول های فتوولتاییک را جذب کرده و گرم می شود. از دیگر مزایای این دیوار می توان به تولید الکتریسیته اشاره کرد (Chow TT, 2003).

۲-۵ دیوار ترومب زیگزاگ :

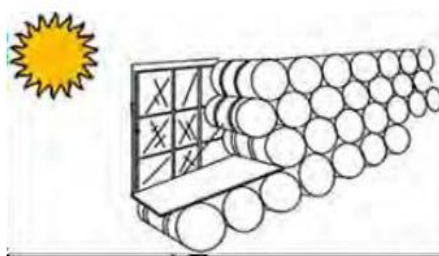
نوع دیگری از دیوار ترومب است و طراحی این دیوار طوریست که بدست آوردن گرمای زیاد و تشعشع را در روزهای آفتابی کاهش می دهد. این دیوار شامل سه قسمت است، یک قسمت به سمت جنوب و دو قسمت دیگر، به صورت زاویه دار طوری قرار می گیرند که به شکل V در آیند (Prakash G, Garg 2000).



شکل ۳: ساختمان مرکزی پارک ملی کارلینای شمالی نمونه‌ای از دیوار ترومب زیگزاگ

۲-۶ دیوار ترومب آبی :

در این سیستم، آب به دلیل ظرفیت گرمایی ویژه زیاد خود، یک واسطه مناسب در ذخیره سازی حرارتی به شمار می‌رود. دیوارهای ترومب آبی، گرما را در نتیجه جریان جابجایی آب از طریق دیوار انتقال می‌دهند (مورف، ۱۳۸۲).



شکل ۴: دیوار ترومب آبی

۳- اصول کلی بهینه سازی دیوار ترومب :

۳-۱ ضخامت دیوار و تاثیر آن بر کارآرایی دیوار ترومب : بهترین ضخامت برای دیوار ترومب، ۲۵-۴۰ سانتی متر تخمین زده شده است. به نظر می‌رسد برای فضاهای جبهه غربی، که به دلیل فاصله زمانی کوتاه میان غروب خورشید و شب، به تاخیر زمانی کوتاه تری نیاز دارند، ضخامت کمتر دیوار مناسب تر می‌باشد (Dr. Amina Fares, 2012).

۳-۲ مصالح و تاثیر آن بر کار آرایایی دیوار : در راستای انتخاب مصالح مناسب برای ساخت دیوار ترومب ، تحقیقی روی گزینه های سیمان، آجر و آب صورت گرفته است که در این میان، دیوار آبی بهترین عملکرد را به عنوان دیوار ترومب داشته است که با توجه به ظرفیت حرارتی بالای آب کاملا توجیه پذیر است (Dr. Amina Fares, 2012).

نتیجه گیری :

تامین آسایش حرارتی در ساختمان از مهمترین اهداف طراحی اقلیمی است. دیوار ترومب یک سامانه خورشیدی غیرفعال است که از دیرباز برای تعدیل دمای فضاهای داخلی ساختمان کاربرد داشته است. نمونه هایی از دیوار ترومب سنتی در کشورهای هند و قزاقستان وجود دارند. در این دیوارها دو جداره آجری با فاصله مناسبی از یکدیگر قرار گرفته و با روشی مشابه دیوار ترومب نوین عمل می کنند. در کشور ایران نیز در بسیاری از بناهای واقع در اقلیم گرم و خشک یا سرد و کوهستانی از مصالح با قابلیت جذب حرارتی بالا مانند آجر، خشت و سنگ لاشه برای ساخت دیوارهای ضخیم در بخش خارجی ساختمان استفاده می شد. این دیوارها نیز عملکردی مشابه دیوارهای ترومب سنتی داشته و تا حد زیادی به تعدیل دما در فضاهای داخلی کمک می کردند. به این ترتیب استفاده از دیوار ترومب به لحاظ سابقه ای که در معماری سنتی دارد، تناسب با اقلیم آفتابگیر بسیاری از شهرهای ایران، در دسترس بودن مصالح مورد نیاز برای ساخت، قابلیت الحاق شدن به ساختمان های موجود، صرفه اقتصادی و راحتی اجرا نسبت به دیگر سامانه های خورشیدی، یکی از بهترین راهکارها برای استفاده از انرژی های پایدار در معماری معاصر به ویژه در ساختمانهای واقع در اقلیم سرد و کوهستانی ایران است. گرمای حاصل از این سامانه مطبوع و یکنواخت است و با بکارگیری دریچه های هوا بر روی آن می توان از دیوار ترومب به منظور سرمایش ساختمان در تابستان نیز استفاده نمود. در صورت طراحی مناسب و با استفاده از تکنولوژی روز دنیا می توان در اقلیم گرم و خشک ایران از دیوارهای ترومب به جهت تامین سرمایش و گرمایش و دمای مطلوب بناها استفاده نمود.

با بررسی نکات ذکر شده می توان نتیجه گرفت که استفاده از دیوار ترومب با دریچه هوا به عنوان یک سامانه گرمایشی و سرمایشی در ساختمانهای واقع در اقلیم گرم و خشک ایران از لحاظ اقتصادی کاملا مقرون به صرفه و کارآمد است و در صورتی که از مصالح رایج در این مناطق مانند انواع خشت استفاده شود هماهنگی مناسبی نیز با نما خواهد داشت. در اقلیمهای گرم و خشک و به ویژه مناطق واقع در مرکز ایران بکارگیری این سامانه زمانی مناسب است که ضخامت آن نسبت به دیوارهای ترومب مناطق سردسیر بیشتر باشد تا به دلیل جرم زیاد، تبادل حرارتی به مقدار کمتری صورت بگیرد ضمن آن که در نظر گرفتن تمهیداتی مانند نصب سایبان متحرک، پیش آمدگی سقف و تهویه مناسب برای کنترل گرمای تابش شده از آن به ویژه در ماههای گرم سال ضروری است.

منابع و مراجع

- [۱] ابوالحسنی، نوشین. ۱۳۹۲. طراحی نمای ساختمان اداری با بهره‌گیری از ویژگیهای دیوار ترومب (در اقلیم سرد)، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.
- [۲] رحمانی،...، مفیدی شمیرانی، س م. (۱۳۸۸) دیوار ترومب سامانه ای پایدار از گذشته تا حال، مجموعه مقالات اولین همایش ملی معماری پایدار، همدان.
- [۳] مور، ف. (۱۳۸۲)، سیستمهای کنترل محیط زیست تنظیم شرایط محیطی در ساختمان، ترجمه کی نژاد. م و آذری، دانشگاه هنر اسلامی تبریز.
- [۴] مهدیزاده سراج، ف. (۱۳۸۷)، استفاده بهینه و موثر از انرژیهای پاک تنها راه حل حفظ محیط زیست، در همایش ملی "سوخت، انرژی و محیط زیست"، تهران.
- [5] Arvind Chel, J.K.Nayak and Geetanjali Kaushik, 2008, "Energy conservation in honey storage building using Trombe wall", Energy and Building Vol.40, pp.1643-1650.
- [6] .America 'strategies design architectural Light and Wind 'Sun), 2001,(M Dekay & Z.G '6-Brown
- [7] Chow TT,Hand Jw2003, " Strachan PA. Building integrated photovoltaic and thermal applications in a subtropical hotel building" . Applied Thermal Engineering
- [8] Dr. Amina Fares,2012 " The effect of changing Trombe wall component on the thermal load", Energy procedia.
- [9] Givoni Baruch (1998) d Building in Consideration Climate 'NostrandReinhold Van by ' Copyright), .America of States United in Printed 'Design Urban.
- [10] 10-Kabrhel, M.; (2009) Thermal storage wall; Effstock, 25-21.
- [11] 11-Liping, W., & Angui, L.; (2006, September) A numerical study of Trombe wall for enhancing stack ventilation in buildings; In The 23rd conference on passive and low energy architecture, Geneva, Switzerland.
- [12] 12-Mazria, E.; (1979) The Passive solar energy book; Rodale Press, Emmaus, PA; United states of America
- [13] 13-Prakash G, Garg HP2000 "solar energy: fundamentals and applictions", Tata Mcgram_Hill publishing company.
- [14] 14-Saadatian, or ;Sopian, K; Lim, C.H; Asim, N; Sulaiman,MY.2012, Trombe walls:" A review of opportunities and challenges in research and development". Renewable and sustainable energy Reviews, 16,6340-6351.