POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

پانل‌های سقفی مبتنی بر PCM برای سرمایش منفعل در ساختمان‌ها: مدل‌سازی CFD

چکیده

برای کمک به تقاضای بالای انرژی مرتبط با سرمایش داخلی ساختمان، خنک کننده منفعل با استفاده از مواد تغییر فاز دهنده (PCM[1]) به عنوان یک تکنیک امیدوار کننده برای تثبیت نوسانات دمای هوا در فضای داخلی و کاهش تقاضای انرژی ساختمان پیشنهاد شده است. PCMها می‌توانند مقدار زیادی از گرمای نهان را در طی فرآیندهای ذوب و انجماد مبادله نمایند که می‌تواند مطابق با فرآیندهای تخلیه و شارژ یک سیستم خنک کننده استفاده شود. استفاده از پانل‌های سقفی مبتنی بر PCM کپسوله‌شده در ساختمان‌ها دارای پتانسیل کاربردی زیاد برای خنک کننده منفعل است که در سال‌های اخیر تحقیقات را به خود جلب نموده است. انتخاب هندسه پانل سقف PCM بسیار مهم است زیرا مساحت سطح در معرض هوای اطراف و همرفت طبیعی و همچنین میزان انتقال حرارت به/از PCM را تعیین می‌نماید که به طور کلی از رسانایی حرارتی کم رنج می‌برد. این مطالعه بر روی بهینه‌سازی هندسی کپسول‌های PCM کپسوله‌شده توسط همرفت طبیعی و با هدف بررسی رفتار تغییر فاز و عملکرد حرارتی پانل‌های سقفی PCM کپسوله‌شده از هندسه‌های مختلف تمرکز نموده است. مطالعه ارائه شده بر پدیده‌های انتقال حرارت مزدوج از طریق هوای اطراف، پوسته پانل و PCM متمرکز است. مخلوطی از اسیدهای لوریک، کاپریک و اولئیک به عنوان PCM که در محفظه پوسته نازک ساخته شده از پلاستیک استایرن بوتادین آکریلونیتریل کپسوله‌شده است، انتخاب شد که پانل‌های ظریف متصل به سقف را تشکیل می‌دهد. یک مدل

[1] Phase change material

دینامیک سیال محاسباتی با استفاده از داده‌های تجربی در مقیاس کامل تأیید شد و بیشتر برای تجزیه و تحلیل فرآیند تخلیه و طراحی ملاحظات پانل‌های سقف PCM استفاده شد. اثرات عوامل مختلف تأثیرگذار، مانند حجم پانل، اختلاف دمای اولیه بین PCMها و هوای اطراف، ضخامت پوسته و ویژگی‌های هندسی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج، پانل متشکل از یک آرایه هرمی از نظر عملکرد حرارتی از پانل چهار ضلعی سودمندتر است، جایی که میانگین نرخ ذوب آن 20.8% بیشتر است که حجم پانل 250 میلی‌لیتر باشد. علاوه بر این، ویژگی‌های هندسی پانل تا حد زیادی بر عملکرد حرارتی آن تأثیر می‌گذارد زیرا ناحیه انتقال حرارت مؤثر و شرایط همرفت طبیعی متفاوت است. سرانجام، مشخص شد که آویزان نمودن پانل به سقف، انتقال حرارت را در مقایسه با اتصال مستقیم آن به سقف، به طور موثری افزایش می‌دهد. این نتایج دانش پانل‌های سقفی PCM ماکروکپسوله‌شده را از نظر عملکرد حرارتی و بهینه‌سازی هندسی تکمیل می‌نماید. اثرات ویژگی‌های هندسی بر عملکرد حرارتی پانل‌های سقف PCM به روشی جامع‌تر مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

کلمات کلیدی

مواد تغییر فاز دهنده، ذخیره انرژی حرارتی، سرمایش منفعل، دینامیک سیال محاسباتی، همرفت طبیعی انتقال حرارت مزدوج.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، رفتار ذوب PCM ماکروکپسوله در یک پانل متصل به سقف مورد بررسی قرار گرفت. انتقال حرارت مزدوج متشکل از همرفت طبیعی و هدایت گرما در نظر گرفته شده است. یک مدل عددی از انتقال حرارت از طریق هوای محیط، پوسته پانل و PCM ساخته و تأیید شد. از مدل معتبر برای مطالعه عوامل تأثیرگذار مختلف ذوب PCMهای کپسوله‌شده از جمله اختلاف دمای اولیه بین هوای محیط و PCM، ضخامت پوسته پانل، فاصله تا سقف، نسبت برآمدگی پایه، عرض شکاف و حجم پانل استفاده شد. از نرخ ذوب، کسر مایع و دما به عنوان

معیارهایی برای ارزیابی عملکرد حرارتی استفاده شد. نتایج اصلی این مقاله به شرح زیر نتیجه گرفته شده است:

1) در کلیه موارد مورد مطالعه، زمان ذوب پانل‌های هرمی همیشه کوتاه‌تر از پانل‌های چهار ضلعی است، اگرچه ناحیه انتقال حرارت مؤثر از پانل هرمی 21.6% کمتر از پانل‌های چهار ضلعی است. این مشاهدات نشان می‌دهد که یک پایه‌ی پانل نازک مطلوب است.

2) هنگامی که اختلاف دمای اولیه افزایش می‌یابد (از 15 به 30 کلوین)، اختلاف زمان ذوب بین پانل‌های هرمی و چهار ضلعی کاهش می‌یابد. هنگامی که اختلاف دمای اولیه به اندازه کافی بزرگ است (30 کلوین) زمان ذوب پانل‌های هرمی و چهار ضلعی تقریباً یکسان است.

3) تأثیر ضخامت پوسته بر عملکرد حرارتی پانل برای ضخامت در محدوده 1 تا 5 میلی‌متر ناچیز است.

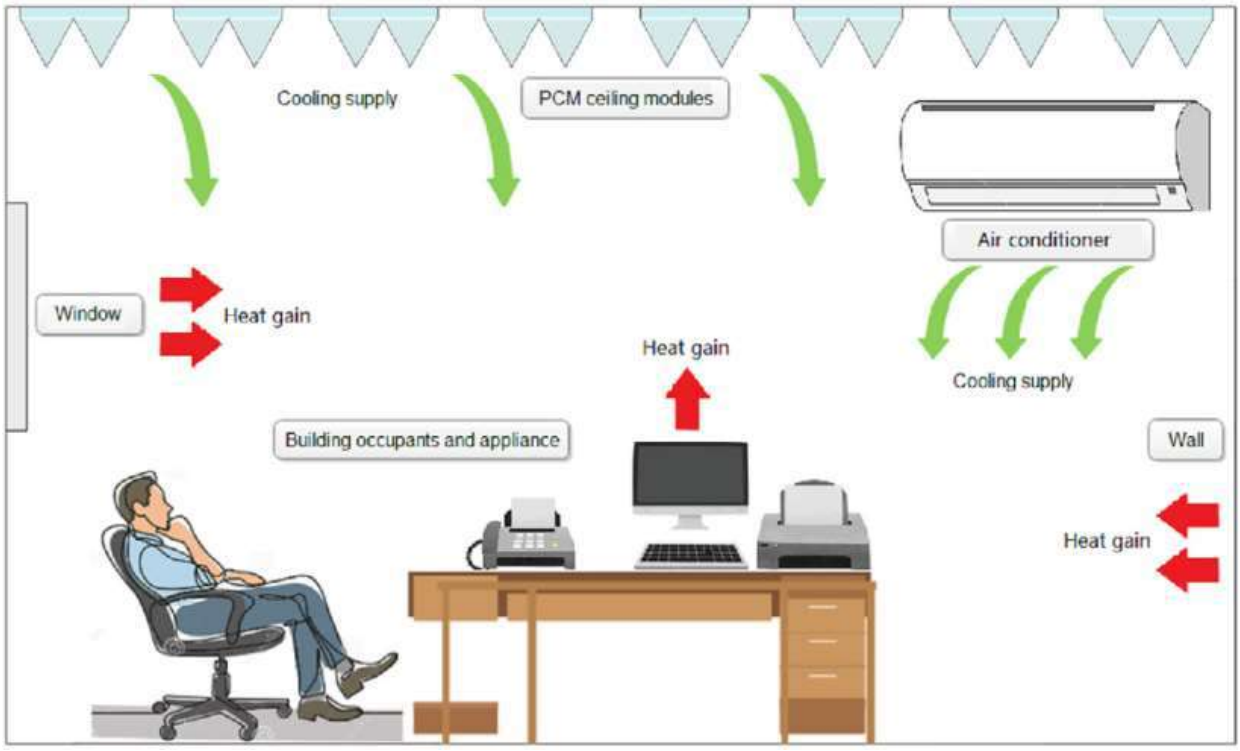
4) آویزان نمودن پانل به سقف منجر به زمان ذوب کوتاه‌تر با افزایش ناحیه انتقال حرارت مؤثر می‌شود. توصیه می‌شود بسته به فضای موجود، فاصله بین پایه پانل و سطح سقف باید 5 سانتی‌متر یا بزرگتر باشد.

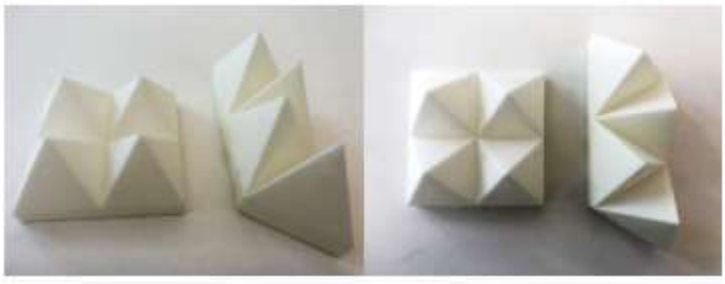
5) تغییر نسبت برآمدگی به پایه و افزودن شکاف بین برآمدگی‌ها می‌تواند عملکرد حرارتی را تا حدی تقویت نماید. افزایش مساحت برآمدگی‌ها، کلید تسهیل ذوب PCM به دلیل لایه مرزی حرارتی نازک‌تر در اطراف برآمدگی‌ها است.

6) افزایش حجم پانل به میزان قابل توجهی میزان ذوب عادی را کاهش می‌دهد و زمان ذوب کل را افزایش می‌دهد. از این رو پیشنهاد می‌شود که حجم زیادی از PCM را در چندین پانل کوچک‌تر برای تأمین سریع سرمایش توزیع شود.

این نتایج مجموعه دانش فعلی در مورد کاربردهای سقفی مبتنی بر PCM را برای خنک کننده داخلی ساختمان منفعل تکمیل می‌نماید. تنظیمات هندسی، حرارتی و مکانی توصیه شده می‌تواند در هنگام اجرا در دنیای واقعی

به عنوان مرجع استفاده شود. برخی از کارهای آینده توصیه شده شامل بررسی راحتی حرارتی ناشی از پانل‌های سقف PCM و شبیه‌سازی آرایه پانل PCM در شرایط کار واقعی است.





Reference:

Yang, Shufan, et al. "PCM-based ceiling panels for passive cooling in buildings: A CFD modelling." ***Energy and Buildings*** **285 (2023): 112898.**

https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112898

ترجمه و ویرایش: دانیال ابراهیم‌زاده