جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة الميكانيك العام

العزل الفعال في جدران المباني باستخدام المواد متغيرة الطور
Active Insulation in Buildings Walls Using Phase Change Materials (PCM)

إعداد الطالب:
م. جان سكاف

الدكتور المشرف:
أ.م.د محمد سيف الدين حلاق

الملخص

في هذه الدراسة صُمم نظام تبادل حراري فعال باستخدام المواد المتغيرة الطور ضمن شروط مدينة دمشق. صُمم مبادلان خارجي وداخلي يحويان المواد المتغيرة الطور ضمن عبوات مخصصة، وتطبيقهما على الجدار الداخلي والخارجي للغرفة المدروسة، وتطبيق التحكم القسري بمساعدة مجموعة من المعدات لعمليات التصلب والذوبان، حيث حسبت كتلة المادة اللازم تطبيقها داخل المبادلين التي تبلغ (50) كيلوغرام، التي وُزعت على المبادلين الخارجي والداخلي بالتناسب مع كمية الإشعاع الشمسي النافذ والممتص من قبل هذه المواد على امتداد العام، وأيضاً صممت الخوارزميات اللازمة للتحكم بأداء عمل هذا النظام، بالإضافة إلى إجراء محاكاة لسلوك الذوبان الخاص بهذه المادة. أظهرت النتائج أن المادة المختارة تحتاج الى حوالي الساعتين ذلك لإتمام دورة ذوبان كاملة تحت تأثير تدفق حراري مستمر باستخدام الوشيعة الكهربائية أو السخان الهوائي الشمسي، وأخيراً حُسب بشكل مبسط زمن استرداد الكلفة، الذي يُظهر أننا نحتاج الى حوالي 3.75 سنة كزمن لاسترداد الكلفة.

القسم النظري

مشكلة البحث

تزايد استهلاك الطاقة بسبب استخدام أنظمة التدفئة والتكييف التقليدية والضياع الحراري الكبير من خلال الجدران الخارجية لجدران المباني دون الاستفادة منها، إضافة الى تأثير الأحمال الكبيرة على الشبكة الكهربائية في أوقات الذروة ، أيضاً عدم كفاءة الأنظمة التي تستخدم المواد المتغيرة الطور بشكل ذاتي على امتداد أيام السنة.

هدف البحث

يقترح هذا البحث تصميم نظام فعال يستخدم المواد المتغيرة الطور للتحكم بدرجة الحرارة الداخلية وتحقيق الراحة الحرارية وتخزين الحرارة الفائضة وترشيد استهلاك الكهرباء.

شرح النظام

قمنا في هذا البحث بتصميم نظام فعال يستخدم المواد المتغيرة الطور للتحكم بعمليات إطلاق وامتصاص الحرارة على غرفة ضمن شروط مدينة دمشق باستخدام مجموعة من الأدوات والمعدات الكهربائية وفق خوارزميات صُممت خصيصاً لهذه المنظومة، إذ حُسب الحجم الازم من المادة المتغيرة الطور المختارة للحفاظ على درجة الحرارة الداخلية للحالة المدروسة ضمن شروط الراحة الحرارية المختارة، و تصميم أبعاد هذه المنظومة وفق هذا الحجم، إضافة الى إجراء محاكاة لسوك الذوبان لهذه المادة، وأخيراً حساب مبسط لزمن استرداد الكلفة.

النتائج والمناقشة

بعد الاطلاع على الدراسات المرجعية المتعلقة بمجال البحث، قمنا بتصميم نظام تبادل فعال من المواد المتغيرة الطور داخل بنية الجدار الخارجي والداخلي لغرفة في شقة داخل بناء ضمن مدينة دمشق، حيث باستخدام النموذج والمعادلات الرياضية المناسبة، إضافة الى البرمجيات وبرامج المحاكاة الضرورية توصلنا الى النتائج التالية:

- قمنا من خلال هذه الدراسة بتصميم نظام تخزين (PCM) فعال، وحساب الكتلة اللازمة من المادة المتغيرة الطور خلال المواسم الحارة والباردة ضمن ظروف مدينة دمشق والتي تبلغ ($50\ Kg$)، على إبقاء درجة حرارة الغرفة ضمن مجال الراحة الحرارية وتقليل التقلبات الحرارية الداخلية وبالتالي التقليل من استهلاك الطاقة، وذلك بالاشتراك مع الأدوات والمعدات الكهربائية والتي تساعد المادة المتغيرة الطور في عمليتي التصلب والذوبان حسب الحاجة لذلك.
- صُممت خوارزميات خاصة تتحكم بعمل هذه المنظومة على طول أيام الموسم الحار والبارد.
- إجراء محاكاة لسلوك الذوبان لهذه المادة والتي تحتاج الى ساعتين لإتمام دورة ذوبان كاملة باستخدام الوشيعة أو السخان الهوائي الشمسي في حال الأيام الصافية، الأمر الذي يعطي مؤشراً واضحاً لسلوك الذوبان وبالتالي لاستهلاك الطاقة.
- حساب مبسط لزمن استرداد الاستثمار والذي يبلغ (3.75) سنة، حيث يعتبر قصيراً لتغطية كافة الكلف الاستثمارية.
- نلاحظ أنه وخلال بعض أيام فصل الصيف أن (PCM) الموجود ضمن المبادل الخارجي لا يكفي لامتصاص الإشعاع الشمسي بشكل كاف، لذلك وخلال الأوقات الأشد حرارة من العام نلاحظ أن (PCM) يذوب بشكل كامل وبالتالي نحتاج الى مصدر حراري بارد لمساعدته في عملية التصلب.

المراجع

1. Rathore, Pushpendra Kumar Singh, and Shailendra Kumar Shukla. "Potential of macroencapsulated PCM for thermal energy storage in buildings: A comprehensive review." *Construction and Building Materials* 225 (2019): 723-744.
2. Akeiber, H., Nejat, P., Majid, M.Z.A., Wahid, M.A., Jomehzadeh, F., Famileh, I.Z., Calautit, J.K., Hughes, B.R. and Zaki, S.A., 2016. A review on phase change material (PCM) for sustainable passive cooling in building envelopes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *60*, pp.1470-1497.
3. Lee, Kyoung Ok, et al. "Assessing the integration of a thin phase change material (PCM) layer in a residential building wall for heat transfer reduction and management." *Applied Energy* 137 (2015): 699-706.
4. Vicente, Romeu, and Tiago Silva. "Brick masonry walls with PCM macrocapsules: an experimental approach." *Applied Thermal Engineering* 67.1-2 (2014): 24-34.Kong, Xiangfei, et al. "Experimental research on the use of
5. Kong, Xiangfei, et al. "Experimental research on the use of phase change materials in perforated brick rooms for cooling storage." *Energy and Buildings* 62 (2013): 597-604.
6. Jin, X., Medina, M. A., & Zhang, X. (2013). On the importance of the location of PCMs in building walls for enhanced thermal performance. *Applied energy*, *106*, 72-78.
7. Gholamibozanjani, G., & Farid, M. (2020). A comparison between passive and active PCM systems applied to buildings. *Renewable Energy*, *162*, 112-123.
8. Gholamibozanjani, G., & Farid, M. (2020). Application of an active PCM storage system into a building for heating/cooling load reduction. *Energy*, *210*, 118572.
9. Kong, X., Wang, L., Li, H., Yuan, G., & Yao, C. (2020). Experimental study on a novel hybrid system of active composite PCM wall and solar thermal system for clean heating supply in winter. *Solar Energy*, *195*, 259-270.
10. Serikawa, Mao, Makoto Satoh, and Masayuki Mae. "Replacement model of phase change building materials for heat load calculation." *Japan Architectural Review* 3.2 (2020): 256-265.
11. Faraj, Khaireldin, et al. "Phase change material thermal energy storage systems for cooling applications in buildings: A review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 119 (2020): 109579.