تكنولوجيا جديدة لتصميم خيام موفرة للطاقة

أشرف علوي بلابل، علي سعد العصيمي، عبد المطلب خضراوي، على آل زايد
كلية الهندسة، جامعة الطائف، المملكة العربية السعودية

الملخص

تستخدم الخيام على نطاق واسع في موسم الحج لإقامة ضيوف الرحمن من حجاج بيت الله الحرام في منى وعرفات، كما تستخدم الخيام على نطاق واسع في المملكة العربية السعودية. هذا ويعتبر مشروع خيام منى المطور من أكبر المشروعات التي تم تنفيذها في المشاعر المقدسة لخدمة وراحة الحجاج في منى ولتحقيق المزيد من الأمن والسلامة لهم . وقد تم في هذا المشروع الضخم الاعتماد على الأنسجة الزجاجية المغطاة بالتفلون في نسيج الخيام، لمقاومتها العالية للاشتعال وعدم انبعاث غازات سامة منها. تستخدم هذه الخيام نظام التكييف الصحراوي للحصول على درجة حرارة ملائمة داخل هذه الخيام لاسيما مع تزامن مواسم الحج المقبلة شديدة الحرارة. وتتعرض هذه المكيفات الصحراوية إلى أعطال مستمرة وتحتاج إلى صيانة دائمة مع إستمرارية الإمداد بالمياه والطاقة الكهربية. هذا وتقدم الورقة العلمية المقدمة تقنية حديثة للحفاظ على درجة الحرارة داخل الخيام في المدى الملائم للإنسان عن طريق تغطية أسطح الخيام الخارجية بطبقة من المواد المتغيرة الطور والمحتواه في إطار من البلاستيك يثبت على سطح الخيمة مما يؤدي إلى إمتصاص أشعة الشمس في فترة سطوعها وتتحول هذه المواد من الحالة الصلبة للحالة السائلة في النهار ثم تقوم هذه المواد المتغيرة الطور بطرد الحرارة مرة أخرى إلى الجو الخارجي في الفترة المسائية مما يؤدي إلي الحفاظ على درجة حرارة ثابتة داخل الخيام كما يؤدي إلى توفير الطاقة الكهربية والمائية المستخدمة في المكيفات وإنخفاض تكاليف الصيانة لهذه المكيفات الصحراوية. وقد تمت الدراسة النظرية والعملية في الورقة العلمية المقدمة لنموذج من الخيام الإفتراضي والمغطي بمادة متغيرة الطور ذات خصائص حرارية معلومة. هذا وقد أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها مدى فاعلية المادة متغيرة الطور المستخدمة في

تغطية أسطح الخيام في تصميم خيام ذات درجة حرارة داخلية ملائمة للإنسان مما ينعكس على توفير الطاقة الكهربية والمائية المستخدمة في التكييف.

١. المقدمة

تستخدم الخيام على نطاق واسع في المملكة العربية السعودية في المناسبات العامة والخاصة وإقامة المؤتمرات والندوات والمعارض. كما تستخدم أيضا في موسم الحج في مشعري منى وعرفات لإقامة ضيوف الرحمن من حجاج بيت الله الحرام.

كما يعتبر مشروع الخيام المطور الذي تم تنفيذه في مشعر منى من أكبر المشروعات التي تم تنفيذها في المشاعر المقدسة لخدمة وراحة الحجاج ولتحقيق المزيد من الأمن والسلامة لهم.

هذا وتبلغ مساحة المشروع حوالي مليونين وخمسمائة ألف متر مربع، تستوعب مليونين وستمائة ألف حاج. وقد تم في هذا المشروع الضخم الاعتماد على الأنسجة الزجاجية المغطاة بالتفلون في نسيج الخيام، لمقاومتها العالية للاشتعال وعدم انبعاث غازات سامة منها والتي تحقق إشتراطات الدفاع المدني في لجنة الخيام.

يعتبر توفير جو ملائم داخل هذه الخيام من العوامل المهمة لراحة الحجيج والحرص على عدم إنتشار الأمراض الصحية والأوبئة وذلك عن طريق تجديد الهواء وتكييفه بإستخدام مايقرب من 45 ألف مكيف صحراوي تعمل عن طريق إمدادات الماء والكهرباء اللازمة لتشغيل هذا العدد من المكيفات الصحراوية.

تعتبر المكيفات الصحراوية من نوعية المكيفات التي تحتاج إلى صيانة دائمة وذلك لكثرة الأعطال للأجزاء الميكانيكية والداخلية. كما يتطلب العدد المستخدم في الخيام طاقة كهربية كبيرة مما يؤدي لزيادة التحميل على شبكات الكهرباء في وقت الذروة حيث تبلغ الحرارة الجو الخارجي مايقرب من ٥٠ درجة مئوية، كما تحتاج هذه المكيفات إلى كميات كبيرة من المياه والتي يمكن توجيه استخدامها في أغراض أخرى.

هذا وقد تم رصد بعض الشكاوي من حجاج بيت الله الحرام في الأعوام السابقة مثل عدم ملائمة درجات الحرارة داخل الخيام في منى وعرفات وذلك لعدم كفاءة المكيفات الصحراوية المستخدمة أو لعدم إجراء الصيانة اللازمة لها مع إمكانية تعطلها عند إنقطاع المياه والكهرباء [1].

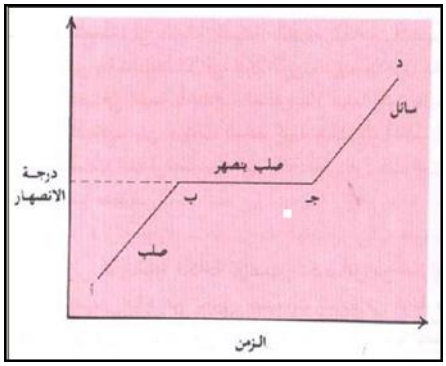
ويعتبر الحل الأمثل لتلك المشـكلة هو إسـتبدال هذه المكيفات الصـحراوية بأخرى مكيفات التبريد بالفريون ولكن يتطلب ذلك قدرات كهربية عالية تصـعب على شـركة الكهرباء توفيرها خاصـة في مواسم الحج القادمة والمتوقع إرتفاع درجات الحرارة بها.

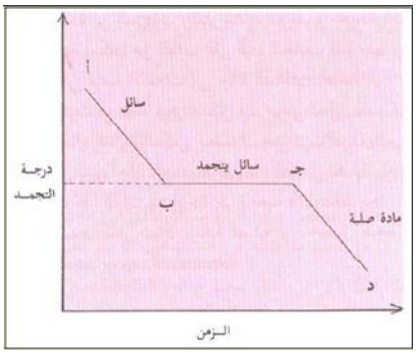
هذا وقد أعلنت شـركة الكهرباء صـعوبة تنفيذ هذا المقترح في الوقت الحالي نظرا للتكلفة العالية ومايتطلب ذلك من إنشاء وحدات جديدة لتوليد الطاقة الكهربية ونقلها.

هذا وتقدم الورقة العلمية المقدمة تقنية حديثة للحفاظ على درجة الحرارة داخل الخيام في المدى الملائم للإنسان عن طريق تغطية أسطح الخيام الخارجية بطبقة من المواد المتغيرة الطور والمحتواه في إطار من البلاسـتيك يثبت على سـطح الخيمة مما يؤدي إلى إمتصـاص أشـعة الشـمس في فترة سطوعها وتتحول هذه المواد من الحالة الصلبة للحالة السائلة في النهار ثم تقوم هذه المواد المتغيرة الطور بطرد الحرارة مرة أخرى إلى الجو الخارجي في الفترة المسائية مما يؤدي إلى الحفاظ على درجة حرارة ثابتة داخل الخيام كما يؤدي إلى توفير الطاقة الكهربية والمائية المسـتخدمة في المكيفات وإنخفاض تكاليف الصيانة لهذه المكيفات الصـحراوية. هذا ويعتبر اسـتخدام المواد المتغيرة الطور(PCM-Phase change material) هو أحد الطرق الحديثة والفعالة لتخزين الطاقة الحرارية. نظرا لتواجدها بدرجات حرارة مطلوبة من نطاق -٥° حتى ١٩٠° ضمن نطاق راحة الانسان من ٢٠° الى ٣٠° كما أن بعض الـ PCM فعّال جدا حيث أنها تخزن الحرارة ٥-١٤ مرة أكثر لكل وحدة حجم من تخزين المواد التقليدية مثل الماء. ولمزيد من التفاصيل يتم مراجعة البحث رقم [2].

٢. خصائص المواد المتغيرة الطور

يوضـح الشـكل المبين أدناه منحنى الانصـهار والتبريد لمادة متغيرة الطور حيث يتم تغيير الطور عن طريق إكتساب كمية من الحرارة عند درجة حرارة ثابتة تعتمد على نوع المادة وتركيبها الكيميائي.





شكل رقم (١) منحني التبريد والإنصهار لمادة متغيرة الطور

وقد تم في هذا البحث اســتخدام المادة المعروفة باســم (Paraffin RT 26) ويوضــح الجدول التالي الخصائص الثرموفيزيقية لها:

جدول رقم (١) الخصائص الثرموفيزيقية للمادة المستخدمة

PCM name	Type of product	Melting point	Heat of fusion
RT 26	Paraffin	25°C	131 kJ/Kg

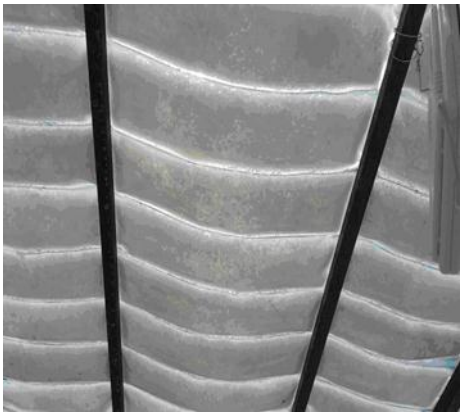
٣. المنهجية العلمية

تم تصميم عدد ٢ نموذج من خيمة إفتراضية أبعادها (1m*1m*1m) كما في الشكل رقم (٢) الموضح أدناه:

تم إستخدام عدد ٢ جهاز Digital Thermometer كما هو موضح بشكل رقم (٤) لقياس درجة الحرارة الداخلية لكلا من النموذجين المســتخدمين للخيام المصــممة. كما تم قياس درجة حرارة الجو الخارجية بإستخدام sensor مثبت في نفس جهاز قياس درجة الحرارة في نفس الوقت.

شكل رقم (٢) الخيمة الإفتراضية المصممة

هذا وقد تم تغطية سطح إحدى الخيام والمعرفة بنموذج (١) بغطاء من البلاستيك الذي يحتوي المادة المتغيرة الطور كما في الشكل الموضح رقم (٣)، بينما نموذج (٢) لم يتم تغطية سطحه بأي مواد متغيرة الطور.

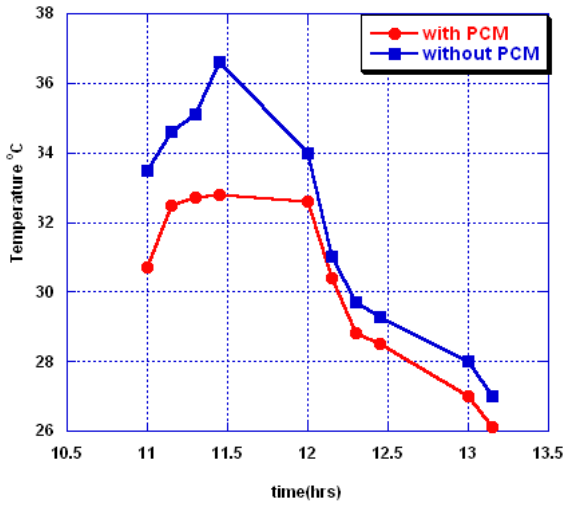


شكل رقم (٣) الإطار البلاستيكي للمادة المتغيرة الطور

٤. أجهزة القياس المستخدمة

شكل رقم (٤) أجهزة لقياس الحرارة داخل وخارج نماذج الخيام المصممة

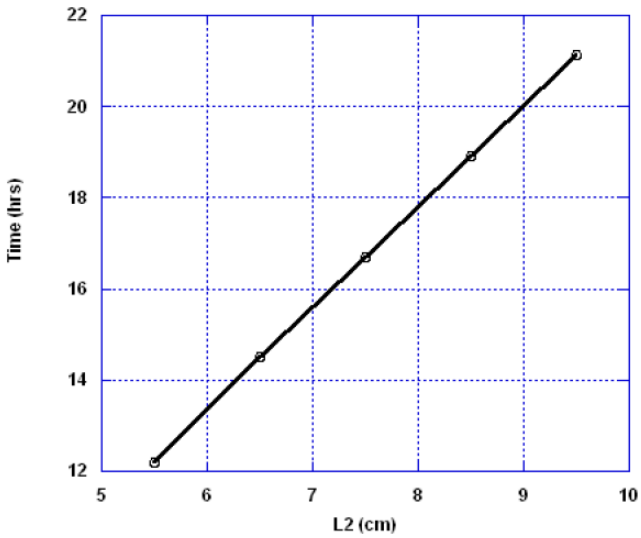
٥. النتائج العملية



شكل رقم (5) مقارنة درجة الحرارة داخل نموذج (١) ونموذج (٢)

تم أخذ نتائج أولية لدرجات الحرارة داخل النموذجين الذين تم تصـميمهما حيث يمثل النموذج رقم (١) الخيمة المغطاة بالمادة المتغيرة الطور بينما يمثل النموذج رقم (٢) الخيمة بدون إستخدام أي مادة. تم إسـتخدام الأجهزة المتاحة في قياس درجات الحرارة الداخلية. تم قياس درجات الحرارة في الفترة من السـاعة ١١-١ ظهرا في يوم ٢٠١٥/٥/٣م خلال فترات زمنية ثابتة ١٥ دقيقة. هذا وتبين النتائج التي تم الحصول عليها إنخفاض درجات الحرارة في نموذج رقم (١) والمستخدم فيه المادة متغيرة الطور.

٦. النتائج النظرية



شكل رقم (٦) تأثير زيادة سمك المادة المتغيرة الطور (L2) على الزمن اللازم لتغير الطور من الصلب إلى السائل للمادة المستخدمة

تم إجراء دراسة نظرية للنموذج رقم (١) عن طرق إجراء إتزان لمعادلات الطاقة الحرارية ودراسة تأثير المتغيرات (مثل سمك طبقة المادة متغيرة الطور) على الزمن اللازم لتحولها للحالة السائلة وتم نشر النتائج في البحث رقم [3]. ويوضح الشكل رقم (٦) أدناه عينة من النتائج النظرية التي تم الحصول عليها.

٧. المقترحات والتوصيات النهائية:

يوصي الباحثون بالمقترحات التالية:

- إجراء العديد من الدرا سات النظرية والعملية لإ ستخدام المواد المتغيرة الطور في الخيام بهدف توفير الطاقة مع إجراء بعض دراسات الجدوي الإقتصادية.
- إستخدام أجهزة قياس حديثة لتسجيل درجات الحرارة الداخلية والخارجية على مدار اليوم.
- مقارنة العديد من المواد المتغيرة الطور ذات الخصائص الثرموفيزيقية المختلفة.

٨. الخاتمة:

تم في هذا البحث إستخدام مادة متغيرة الطور لتغطية سطح نموذج إفتراضي من الخيام القياسية بهدف تقليل درجات الحرارة الداخلية للخيام ومن ثم توفير الطاقة الكهربية وإمدادات المياه اللازمة لعمل المكيفات الصحراوية المستخدمة حاليا. تم الحصول على بعض النتائج الأولية من الدراسات النظرية والعملية والتي توضح إمكانية إستخدام مثل هذه المواد في تقليل درجات الحرارة داخل الخيام.

٩. المراجع:

- ت[1] تقييم مشروع الخيام المطورة بمنى (إعداد معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج) ١٤١٩هـ.

- Atul Sharma, V.V. Tyagi, C.R. Chen, D. Buddhim Review on thermal energy storage with phase change materials and applications, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 13, pp. 318–345, 2009.

- Ali Alzaed, A. F. Khadrawi, A. Balabel, Ali. S. Ol-Asaimy, New saving energy technique in tent applications using phase change materials in MENA and ARAFAT, Wulfenia Journal, Vol.22 (9), pp. 180-189, 2015.