مجلة جامعة الملك عبدالعزيز : علوم الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة ، ١٦م ع٢ ، ص ص: ٩٣-١٠٦ (٢٠٠٥م/ ١٤٢٥هـ)

استخدام مواد بديلة لرقائق الخشب (القش) تزيد من كفاءة المكيف الصحراوي

عبد الوهاب سليمان مشاط ، و أحمد عبد الله مكي ، و تركي محمد حبيب اللّه*

كلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة، جامعة الملك عبد العزيز، جدة

**معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج، جامعة أم القرى، مكة المكرمة*

المملكة العربية السعودية

المستخلص. تم في هذا البحث دراسة إمكانية الوصول إلى كفاءة تبريد أعلى للهواء الخارج من المكيف الصحراوي الذي يستخدم حاليًا رقائق الخشب (القش) كمبخر وذلك باستخدام مواد بديلة متوفرة محليًا وبسعر اقتصادي مثل مادة السلدك الكرتونية وثمرة اللوف الطبيعي. ومن خلال قياس سرعة تدفق الهواء الخارج من المكيف الصحراوي وتقدير الكفاءة التبريدية ومعدل انتقال الطاقة الحرارية فقد وجد أن الكفاءة التبريدية باستعمال مادة السلدك الكرتونية وصلت إلى ٧٦٪ مع تدفق للهواء ١,٧٣ م^3/ ث المصاحب لمعدل انتقال الطاقة الحرارية والذي وصل إلى ٢٢,٨٣ كيلوجول/ ثانية. وعند إستعمال مادة اللوف الطبيعي لعدة تجارب وبكثافات وأبعاد مختلفة وجد أن اللوف المقطع المضغوط بأبعاد (٢×٣× ٣سم) وكثافة ١٧٥ مجم/ سم^3 أكثر المواد ملاءمة من حيث السعر وكذلك الكفاءة التبريدية التي بلغت ٩٦٪ وبمعدل انتقال للطاقة الحرارية وتدفق للهواء مناسبين يقدران ١٧,٧٢ كيلوجول/ ثانية، ١,٠١ م^3/ ث على التوالي.

مقـدمـــــــة

حاول عدد من الخبراء (Kimball *et al.,* 1977; Dowdy *et al.,* 1986; Dowdy and Karabash, 1987; Koca *et al.,* 1991; Beaudin, 1996; Giabaklou and Ballinger., 1996; Mathews *et al.,* 1994; Abdalla and Narendran., 1990; Liao *et al.,* 1998; Dzivama *et al.,* 1999; Liao and Chiu., 2002) إيجاد واختبار مواد بديلة لرقائق الخشب (أو القش) للحصول على كفاءة أعلى في التبريد بالتبخير. ومن تلك الدراسات التطبيقية لبدائل رقائق الخشب (القش) دراسة قام بها الباحثان (Kettleborough and Hsieh, 1983) باستخدام مادة بلاستيكية بدلاً من رقائق الخشب في المكيف الصحراوي وبقياس درجات الحرارة ونسبة الخلط (Mixing Ratio) وتدفق الهواء مستخدمين نظامًا رياضيًا أُدخل فيه السعة الحرارية للهواء (الإنثالبي) لحساب قدرة المكيف الصحراوي على التبريد، توصل الباحثان إلى إثبات أن المادة البلاستيكية أكثر كفاءة تبريدية من مادة رقائق الخشب. واستخدم أبو خشبة (١٩٩٠م) سعف النخل كماده محلية رخيصة كبديل عن رقائق الخشب لتلطيف درجات الحرارة في المكيف الصحراوي، حيث تم قص سعف النخل بمقاسات متساوية ورصها بجانب بعضها ووضعها بدلاً من رقائق الخشب في المكيف الصحراوي، حيث لوحظ زيادة في البرودة مع رائحة مقبولة وعدم تكون الأملاح على السعف لوجود مادة زيتية عليها. أما الباحثون (Dzivama *et al.,* 1999) فقد قاموا باستخدام أربع مواد بديلة عن رقائق الخشب (القش) وهي: الإسفنج الأرضي، الإسفنج الساقي أو ذو السيقان، والخيش، والفحم النباتي. ومن خلال الدراسة أعطى الإسفنج الساقي مقارنة بالمواد البديلة التي استخدمها الباحثون أفضل أداء في انخفاض درجات الحرارة ١٨ درجة مئوية وزيادة الرطوبة النسبية الخارجة من المكيف ٨٤ ٪، وقد أجرى الباحثون تجربة أخرى مستخدمين نفس المواد ولكن من خلال التحكم في بعض الأنظمة المتعلقة بمعدل سريان الماء اللازم للتبليل وسرعة تدفق الهواء، فقد تم تخفيض درجة الحرارة إلى ٢٠ درجة مئوية والرطوبة النسبية إلى ٧٣٪ وذلك باستخدام معدل تدفق الماء في حدود ٩٠ ملليلتر في الثانية حيث كان سمك طبقة المادة المستخدمة حوالي ٦٠ ملليمتر عند سرعة الهواء الخارجة من المكيف والتي وصلت إلى ٢,٧ متر في الثانية، وأشار الباحثون إلى نجاح هذه التجربة في تخزين الخضار والفواكه ومنها الطماطم والموز والمانجو تحت نظام التكييف الصحراوي حيث وصل حفظها بحالة

جيدة إلى ١٨ يومًا باستخدام المكيف الصحراوي، بينما لم تمكن الأنظمة القديمة من حفظها بحالة جيدة بأكثر من ٩ أيام.

والغرض من هذه الدراسة إمكانية استخدام مادة بديلة عن رقائق الخشب (القش) المستخدم في المكيفات الصحراوية بحيث تفي بالأغراض التالية: ذات مسامات كبيرة للسماح بمرور الهواء وتبخيره للماء لزيادة الكفاءة التبريدية وزيادة تدفق الهواء، وأن تكون ذات تكلفة اقتصادية ملائمة، ويفضل أن تكون المادة المستخدمة سهلة التركيب وذات شكل مناسب.

المواد والطرق المستخدمة

تم اختيار نوعين من المواد التي يمكن أن يستخدما في صناعة المبخر للمكيف الصحراوي كبديل لمادة رقائق الخشب (القش) المستخدمة حاليًا وهما:

أولاً: مادة السلدك الكرتوني (Celdek) والتي تستخدم للتبريد في البيوت الزجاجية المحمية والتي تزرع فيها النباتات من الفاكهة والخضار وأيضًا في حظائر الدواجن والأبقار والمصانع التي تعتمد على نظام التبريد بالتبخير. ويتكون السلدك من ألياف سليلوزية خشبية على صورة ورق معالج (شكل ١) معطيه صلابة وعمرًا طويلاً وأيضًا لكي يحميه من التعفن، وتساعد المسامات البينية في مادة السلدك الكرتونية على انتشار الماء بسهولة مع نفاذ الهواء من خلالها فهو عالي النفاذية، وعند تصنيعه يتم لصقه بمادة الغراء ليعطي شكلاً هندسيًا فريدًا في تصميمه يساعد على تبليل سطوح المبخر بالماء مع السماح بمرور الهواء. وتم وضع مادة السلدك الكرتونية كمادة بديلة عن رقائق الخشب بسمك ٧سم على شبابيك المكيف الصحراوي مع تثبيتها بحبل بلاستيكي منعًا لسقوطها.

ثانيًا : ثمرة اللوف الطبيعي (*Luffa aegyptiaca*) ذات الشكل الاسطواني والمستخدمة في الاستحمام كبديل آخر عن رقائق الخشب (القش)، وتمتاز هذه المادة بالخاصية الإسموزية في انتقال الماء عبر خيوط نسيجها الرفيعة. ومن خلال دراسة (Al-Sulaiman, 2002) الذي يؤكد قلة تكون الأملاح ونمو البكتريا والفطريات على مادة اللوف الطبيعي. فقد تم تصميم شبك من السلك مدعم بأعمدة من حديد يوضع به قطع اللوف بأبعاد وكثافات مختلفة حسب الحاجة (شكل ٢). وقد قدرت كثافة اللوف المستعمل وذلك

شكل(١). مادة السلدك الكرتونية.

شكل (٢). وضع مادة اللوف الطبيعي على شباك المكيف الصحراوي.

بعد تقطيع ثمار اللوف إلى أبعاد منتظمة وتم تجفيفها في فرن تجفيف عند درجة حرارة ٦٥ درجة مئوية حتى ثبات الوزن، وبالتالي فقد تم حساب كثافة اللوف بمعرفة أبعاد ووزن كل قطعة على حده. وقد وجد أن كثافة اللوف المقطع الطبيعي الذي تم استخدامه في التجارب التي تمت في هذه الدراسة تتراوح ما بين ٤٦- ٥٣ مجم/ سم^{٣} أي أن كثافتها كانت حوالي ٥٠ مجم/ سم^{٣} – ٤ مجم/ سم^{٣}.

لقد تم إجراء عدة تجارب باستخدام اللوف الطبيعي بسمك وكثافات مختلفة وذلك للوصول إلى أفضل النتائج كما يلي:

أ- استخدام طبقة واحدة من اللوف مضغوطة بأبعاد ١٠×٣٠×٢٥ , ١ سم حيث تم ضغطها داخل القالب المعد لذلك واستخدامه كشباك للمكيف الصحراوي.

ب- وضع طبقتين من اللوف فوق بعضها مضغوطة بأبعاد ١٠×٣٠×٥ , ٢ سم مع تغيير قاعدة موزع الماء على الشبك بقاعدة بلاستيكية مربعة الشكل تم تخريم قاعدتها إلى فتحات متساوية بحيث يمر الماء خلالها على هيئة الدش لتجانس توزيع الماء.

ج- وضع ثلاث طبقات من اللوف فوق بعضها مضغوطة بأبعاد ١٠×٣٠×٧٥ , ٣ سم.

د- وضع أربع طبقات من اللوف فوق بعضها مضغوطة بأبعاد ١٠×٣٠×٥ سم.

هـ- وضع طبقة واحدة من قطع اللوف بشكلها الطبيعي دون ضغطها بأبعاد ١٠× ٣٠ × ٣ سم.

و- وضع طبقتين من اللوف فوق بعضها بشكلها الطبيعي دون ضغطها بأبعاد ١٠×٣٠× ٦ سم.

ز- وضع ثلاث طبقات من اللوف فوق بعضها بشكلها الطبيعي دون ضغطها بأبعاد ١٠×٣٠×٩ سم.

ح- تقطيع اللوف الطبيعي إلى قطع صغيرة بأبعاد ٢ × ٣ × ٣ سم مع وضعه في شبابيك المكيف الصحراوي على شكل حشوه.

ط- زيادة أبعاد التقطيع لتصل إلى ٥ × ٣ × ٣ سم.

ي- زيادة كثافة اللوف مع ضغطه للوصول إلى الكفاءة والسرعة المناسبتين بأبعاد ٢ × ٣ × ٣ سم.

ولقد تم تجهيز المكيف الصحراوي بالأجهزة المطلوبة لقياس درجة الحرارة والرطوبة النسبية لكل من الهواء الداخل إلى المكيف والخارج منه، وقياس سرعة تدفق الهواء، ثم تطبيق معادلة الكفاءة التبريدية ومعادلة انتقال الطاقة الحرارية لتقييم كفاءة المكيف الصحراوي (مشاط وآخرون، ٢٠٠٥م) وذلك عند استخدام مادة رقائق الخشب أو السلدك الكرتونية أو مادة اللوف الطبيعي بعدة كثافات.

النتـــائج والمناقشـــة

يوضح جدول (١) النتائج التي تم الوصول إليها باستعمال مادة السلدك الكرتونية سمك ٧سم كمادة بديلة عن رقائق الخشب بالمكيف الصحراوي، حيث اتضح أن درجة حرارة الماء في خزان المكيف الصحراوي أثناء استخدام هذه المادة تراوحت ما بين ٢٥,٤ درجة مئوية إلى ٢٧,٨ درجة مئوية بمتوسط قدره ٢٦,٧ درجة مئوية، كما تراوحت درجة حرارة الثرمومتر الجاف للهواء الداخل إلى المكيف الصحراوي ما بين ٣٧,٨ درجة مئوية إلى ٣٩,٧ درجة مئوية بمتوسط قدره ٣٨,٨ درجة مئوية، بينما تراوحت درجة حرارة الثرمومتر المبلل ما بين ٢٥,١ درجة مئوية إلى ٢٦,٣ درجة مئوية بمتوسط قدره ٢٥,٨ درجة مئوية، ويدل الفرق الكبير بين درجة حرارة الثرمومتر للهواء الجاف والمبلل أن الهواء أكثر جفافًا. وبعد مرور الهواء في المكيف الصحراوي من خلال مادة السلدك الكرتونية فإن درجة حرارة الثرمومتر الجاف للهواء الخارج من المكيف قد تراوحت ما بين ٢٨,٦ درجة مئوية إلى ٢٩,٩رجة مئوية بمتوسط قدره ٢٩,٤ درجة مئوية، وبالتالي فإن الفرق بين درجة حرارة الثرمومتر الجاف للهواء الداخل والخارج من المكيف الصحراوي قد وصل إلى ٩,٤ درجة مئوية، كما تراوحت درجة حرارة الثرمومتر المبلل عند خروج الهواء ما بين ٢٤,٢ درجة مئوية إلى ٢٥,٩ درجة مئوية بمتوسط قدره ٢٥,٣ درجة مئوية. أما الرطوبة النسبية للهواء الداخل إلى المكيف فقد تراوحت ما بين ٣٢٪ إلى ٤١٪ بمتوسط قدره ٣٨٪، بينما تراوحت الرطوبة النسبية للهواء الخارج من المكيف ما بين ٦٧٪ إلى ٧٤٪ بمتوسط قدره ٧١٪، وبالتالي فقد كان الفرق بين الرطوبة النسبية للهواء الداخل والخارج حوالي ٣٣٪ تقريبًا وتعتبر هذه القيمة مقدار الزيادة الناتجة من تبخر الماء. كما يتضح من جدول (١) أن تدفق الهواء عند استعمال مادة السلدك قد وصل إلى ١,٧٣ م^{٣}/ ث بارتفاع واضح عن تدفق الهواء في حالة استعمال رقائق الخشب (مشاط وآخرون، ٢٠٠٥م). كما تراوح معدل تبخر الماء

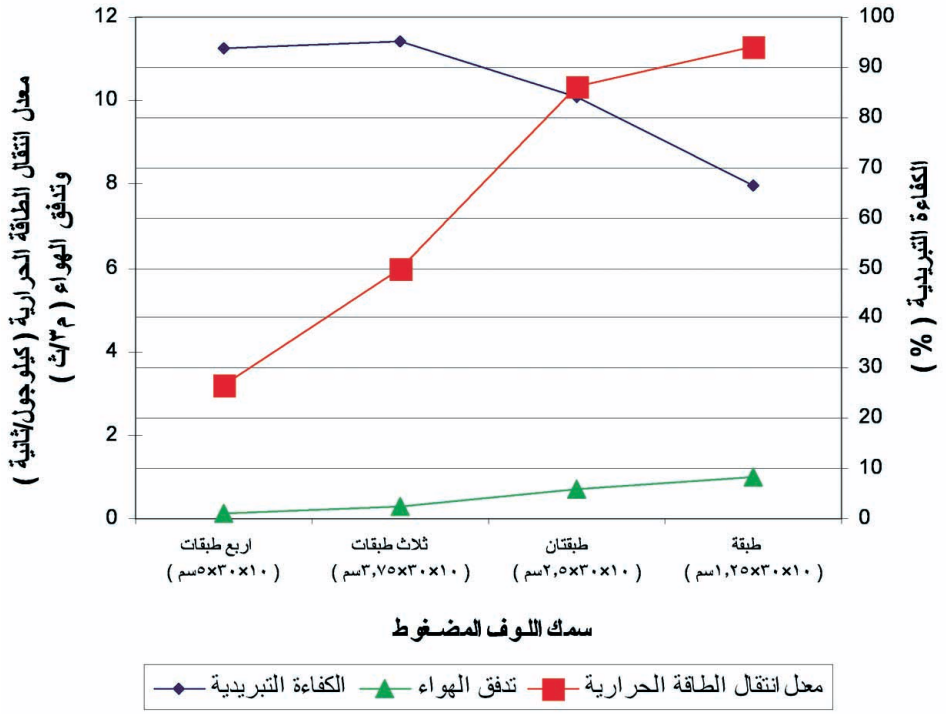
جدول (١). ملخص العناصر التي تم قياسها أو تقديرها في حالة استخدام مادة السلدك الكرتونية.

العنصـــــــــــــــــــــــــــــر	أعلى قيمة	أقل قيمة	المتوسط	الانحراف المعياري
درجة حرارة الثرمومتر الجاف عند دخول الهواء (درجة مئوية)	٣٩,٧٥	٣٧,٨٥	٣٨,٨١	٠,٤٦
درجة حرارة الثرمومتر المبلل عند دخول الهواء (درجة مئوية)	٢٦,٣٢	٢٥,١٢	٢٥,٨٥	٠,٢٧
درجة حرارة الثرمومتر الجاف عند خروج الهواء (درجة مئوية)	٢٩,٨٩	٢٨,٥٦	٢٩,٣٦	٠,٣٢
درجة حرارة الثرمومتر المبلل عند خروج الهواء (درجة مئوية)	٢٥,٨٨	٢٤,١٦	٢٥,٢٥	٠,٣٤
درجة حرارة الماء في خزان المكيف الصحراوي (درجة مئوية)	٢٧,٨١	٢٥,٤٣	٢٦,٦٦	٠,٤٣
الرطوبة النسبية عند دخول الهواء (٪)	٤١	٣٢	٣٨	٢,٣٨
الرطوبة النسبية عند خروج الهواء (٪)	٧٤	٦٧	٧١	١,٤٨
سرعة الهواء (م/ ث)	٧,٤	٧,٣	٧,٣٧	٠,٠٤
تدفق الهواء (م^{٣}/ ث)	١,٧٣	١,٧	١,٧٢	٠,٠٤
معدل انتقال الطاقة الحرارية (كيلوجول/ ثانية)	٢٢,٨٣	١٩,٤٦	٢٠,٨٢	٠,٨٥
معدل تبخر الماء (كغم/ ساعة)	١٨,٩٤	٦,٣٩	١٢,٥٢	٣,٣٢
الكفاءة التبريدية (٪)	٧٦	٧١	٧٣	١,١٣

بالمكيف الصحراوي عند استخدام مادة السلدك الكرتونية ما بين ٦,٣٩ كغم/ ساعة إلى ١٨,٩٤ كغم/ ساعة بمتوسط قدره ١٢,٥٢ كغم/ ساعة. وعند حساب معدل انتقال الطاقة الحرارية وجد أنه يتراوح ما بين ١٩,٤٦ كيلوجول/ ثانية إلى ٢٢,٨٣ كيلوجول/ ثانية بمتوسط قدره ٢٠,٨٢ كيلوجول/ ثانية أثناء تجربة استعمال السلدك الكرتونية كمادة تبريد بالمكيف الصحراوي بارتفاع كبير عن معدل انتقال الطاقة الحرارية لرقائق الخشب (القش) والذي تراوح مابين ١٢,٠٠ كيلوجول/ ثانية إلى ١٥,٧٢ كيلوجول/ ثانية وبمتوسط قدره ١٤,٢٢ كيلوجول/ ثانية (مشاط وآخرون، ٢٠٠٥م). ويعتبر معدل انتقال الطاقة الحرارية باستخدام مادة السلدك الكرتونية أعلى من القش وذلك لكبر الفراغات البينية والتي تسمح بمرور أكبر قدر ممكن من الهواء. وباستخدام القياسات التي تمت خلال هذه التجربة لتقدير الكفاءة التبريدية وجد أنها تتراوح ما بين ٧١٪ إلى ٧٦٪ بمتوسط قدره ٧٣٪ وبانخفاض واضح عن الكفاءة التبريدية لرقائق الخشب والتي وصلت إلى ٨٤٪ في المتوسط (مشاط وآخرون، ٢٠٠٥م) ويرجع سبب انخفاض الكفاءة التبريدية لمادة السلدك الكرتونية مقارنةً برقائق الخشب إلى كبر

الفراغات البينية لمادة السلدك الكرتونية مما يسمح بدخول الهواء الجاف واختلاطه بالهواء المحمل ببخار الماء الذي يؤدي إلى نقص في الكفاءة التبريدية عند خروج الهواء.

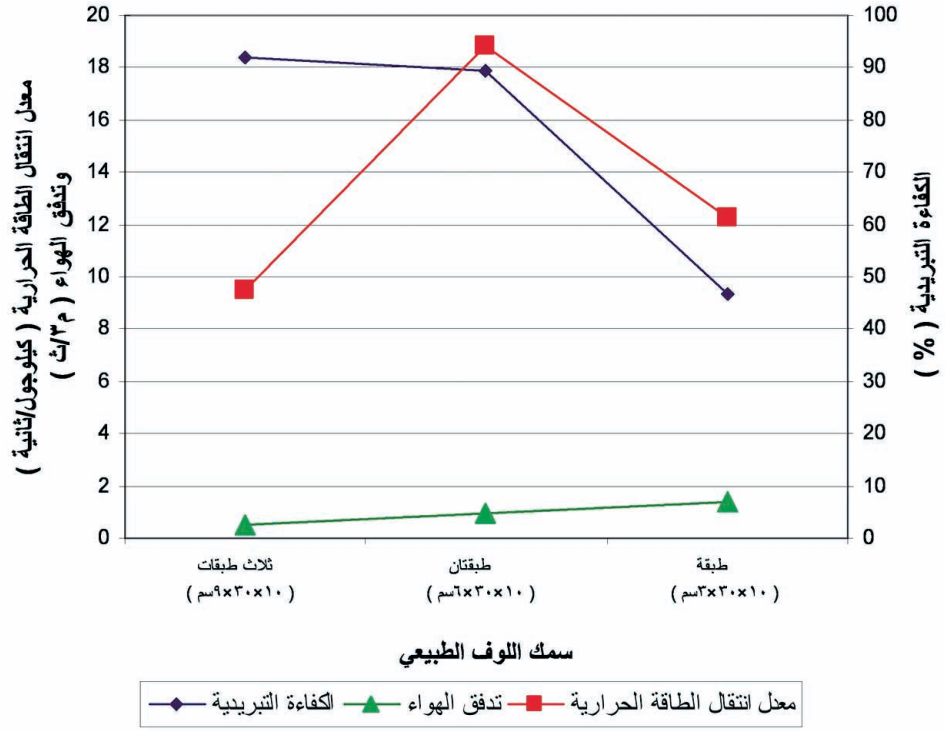
والمادة البديلة الأخرى التي تمت تجربتها هي ثمرة اللوف الطبيعي ذات الشكل الإسطواني والمستخدمة في الاستحمام، حيث تم وضع طبقة واحدة أوطبقتين أوثلاث طبقات أوأربع طبقات من اللوف الطبيعي على شبابيك المكيف الصحراوي لعدة تجارب مختلفة حيث تم تقدير الكفاءة التبريدية ومعدل انتقال الطاقة الحرارية لكل تجربة. ويوضح شكل (٣) التغير في الكفاءة التبريدية وتدفق الهواء ومعدل انتقال الطاقة الحرارية مع عدد طبقات اللوف المضغوط، حيث وصلت الكفاءة التبريدية للمكيف الصحراوي باستخدام طبقتين من اللوف مضغوطة بأبعاد (١٠×٣٠×٥ , ٢سم) وكثافة ١٧٥ مجم/ سم^{٣} إلى ٨٨٪، في حين كان تدفق الهواء ٧٩ , ٠م^{٣}/ ث، كما كان معدل انتقال الطاقة الحرارية ٩٨ , ١٠ كيلوجول/ ثانية. بينما وصلت الكفاءة التبريدية



شكل (٣). التغير في الكفاءة التبريدية وتدفق الهواء ومعدل انتقال الطاقة الحرارية مع سمك اللوف المضغوط.

للمكيف الصحراوي باستخدام أربع طبقات من اللوف مضغوطة بأبعاد (١٠×٣٠×٥سم) وكثافة ١٧٥ مجم/ سم^{٣} إلى ٩٧٪، مع تدفق للهواء ١٦ ,٠م^{٣}/ ث وبمعدل انتقال للطاقة الحرارية وصل إلى ٤٥ ,٣ كيلوجول/ ثانية. ويتضح من هذه التجربة أن الكفاءة التبريدية لمادة اللوف المضغوط بأبعاد (١٠×٣٠× ٥سم) والتي بلغت ٩٧٪ هي أعلى من الكفاءة التبريدية لمادة رقائق الخشب (القش) والمستخدمة حاليًا في المكيفات الصحراوية والتي تبلغ ٨٧٪، كما أن معدل انتقال الطاقة الحرارية قد تناقص بتناقص تدفق الهواء الخارج من المكيف الصحراوي عند استعمال اللوف المضغوط بالأبعاد السابقة مقارنة باستعمال رقائق الخشب (مشاط وآخرون، ٢٠٠٥م).

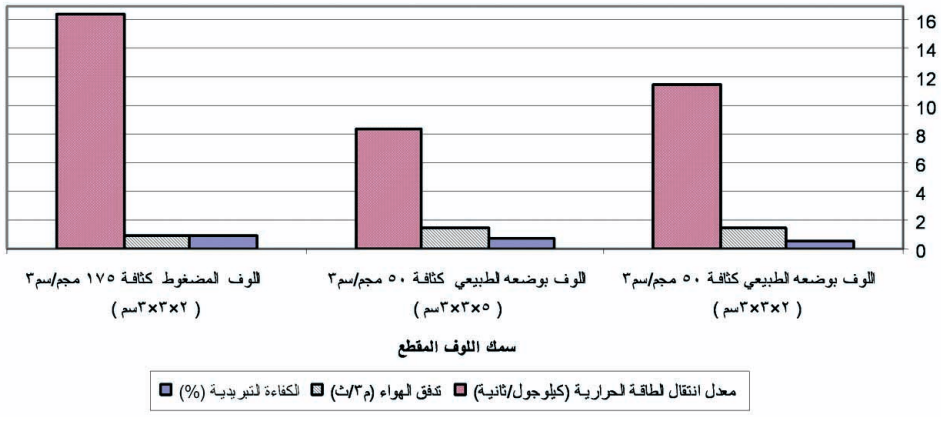
ولمعرفة الفروق الطارئة على عملية تدفق الهواء، فقد أجريت عدة تجارب أخرى باستعمال مادة اللوف دون ضغطها وبوضعها الطبيعي (كثافة ٥٠ مجم/ سم^{٣}) باستخدام طبقة واحدة أوطبقتين أوثلاث طبقات. ويوضح شكل (٤) التغير في الكفاءة



شكل (٤). التغير في الكفاءة التبريدية وتدفق الهواء مع عدد مختلف من طبقات اللوف بوضعها الطبيعي.

التبريدية وتدفق الهواء ومعدل انتقال الطاقة الحرارية مع عدد طبقات اللوف، حيث وصلت الكفاءة التبريدية للمكيف الصحراوي باستخدام طبقتين من اللوف بوضعها الطبيعي إلى ٦٨ , ٩٢٪، في حين كان تدفق الهواء ١ , ١م^{٣}/ ث بمعدل انتقال للطاقة الحرارية وصل إلى ٦٥ , ٢٢ كيلوجول/ ثانية، بينما وصلت الكفاءة التبريدية للمكيف الصحراوي باستخدام ثلاث طبقات من اللوف بوضعها الطبيعي إلى ٩٧٪، في حين كان تدفق الهواء ٥٣ , ٠م^{٣}/ ث بمعدل انتقال الطاقة الحرارية وصل إلى ٨١ , ١١ كيلوجول/ ثانية. ومن هذه التجربة يتضح أن استخدام مادة اللوف لطبقتين بوضعها الطبيعي أفضل من حيث تدفق الهواء والكفاءة التبريدية من رقائق الخشب ولكن زاد السمك الطبقي لمادة اللوف عن رقائق الخشب.

وللوصول إلى سمك مقارب لسمك رقائق الخشب ويؤدي في نفس الوقت إلى تدفق للهواء لا يقل عن تدفق الهواء في حالة استعمال رقائق الخشب، فقد تم تقطيع اللوف بوضعه الطبيعي بأبعاد (٢×٣× ٣سم) و (٥×٣× ٣سم) بكثافة ٥٠ مجم/ سم^{٣} و (٢×٣× ٣سم) بكثافة ١٧٥ مجم/ سم^{٣} مع وضعه مجاوراً لبعضها على شكل حشوات في شبابيك المكيف الصحراوي. ويوضح شكل (٥) الكفاءة التبريدية وتدفق الهواء ومعدل انتقال الطاقة الحرارية مع التغير في سمك اللوف المقطع، حيث وصلت الكفاءة التبريدية للمكيف الصحراوي باستخدام مادة اللوف المقطع بأبعاد (٢×٣×٣سم) وكثافة ١٧٥ مجم/ سم^{٣} إلى ٩٦٪، بينما كان تدفق الهواء ٠١ , ١م^{٣}/ ث، بمعدل انتقال



شكل (٥). الكفاءة التبريدية وتدفق الهواء ومعدل انتقال الطاقة الحرارية مع التغير في سمك وكثافة اللوف المقطع.

للطاقة الحرارية وصل إلى ١٧,٧٢ كيلوجول/ ثانية. ومما سبق يتضح أن استعمال مادة اللوف المقطع بأبعاد (٢×٣× ٣سم) وكثافة ١٧٥ مجم/ سم^{٣} هي أكثر المواد ملاءمة، حيث أنها أعطت كفاءة تبريدية مع تدفق للهواء أعلى مما تم الحصول عليه في تجربة استعمال رقائق الخشب، وبالتالي تعتبر مادة اللوف عند استعمالها بأبعاد (٢×٣× ٣سم) وكثافة ١٧٥ مجم/ سم^{٣} هي البديل الأفضل عن مادة القش الشائعة الاستعمال في المكيف الصحراوي. كذلك عند مقارنة السعر الشرائي للمواد المختلفة المستخدمة للتبريد كما هو موضح بالجدول (٢) فإن مادة السلدك الكرتونية هي أكثر المواد تكلفة من الناحية الاقتصادية وتليها القش ثم مادة اللوف الطبيعي.

كما أنه إذا تم زراعة مادة اللوف محليًا مع إنشاء مصنع متخصص لتنظيف وتقطيع اللوف فإنه من المتوقع أن ينخفض سعر اللوف إلى أدنى من نصف القيمة الشرائية الحالية، وبالتالي فإنه يمكن استنتاج أن مادة اللوف الطبيعي هي البديل الأرخص والأفضل من حيث الكفاءة التبريدية مقارنة بالمواد الأخرى التي تم استعمالها وتجربتها في هذه الدراسة.

جدول (٢). السعر الشرائي بالقطاعي للمواد المستخدمة في المكيف الصحراوي الواحد طبقًا لنوعها وسمكها بالريال السعودي (١دولار أمريكي=٣,٧٥ ريال).

المـــــــــــــــــــــــــــــــادة	السعر (ريال سعودي)
رقائق الخشب (القش) سمك ٣ سم	٣٠
السلدك الكرتونية سمك ٧سم	٢٥٠
طبقة واحدة من اللوف مضغوطة بأبعاد ١٠×٣٠×٢٥,١سم	١٠
طبقتين من اللوف مضغوطتين بأبعاد ١٠×٣٠×٥,٢سم	٢٠
ثلاث طبقات من اللوف مضغوطة بأبعاد ١٠×٣٠×٧٥,٣سم	٣٠
أربع طبقات من اللوف مضغوطة بأبعاد ١٠×٣٠×٥سم	٤٠
طبقة واحدة من اللوف بوضعها الطبيعي بأبعاد ١٠×٣٠×٣سم	١٠
طبقتين من اللوف بوضعها الطبيعي بأبعاد ١٠×٣٠×٦سم	٢٠
ثلاث طبقات من اللوف بوضعها الطبيعي بأبعاد ١٠×٣٠×٩سم	٣٠
اللوف المقطع بوضعه الطبيعي بأبعاد ٢×٣×٣سم	٢٠
اللوف المقطع بوضعه الطبيعي بأبعاد ٥×٣×٣سم	٢٠
اللوف المقطع المضغوط بأبعاد ٢×٣×٣سم	٢٥

التـــوصيـــات

يوصي الباحثون بالتالي:

١- إجراء التجارب على المكيف الصحراوي باستعمال مادة اللوف المقطع لمدة طويلة تحت ظروف تشغيل مختلفة من حيث درجة الحرارة والرطوبة النسبية لدراسة مدى استمرارية عمل المكيف الصحراوي بالكفاءة التبريدية وتدفق الهواء التي تم التوصل لها في هذه الدراسة، وكذلك المدة الزمنية التي تستمر فيها مادة اللوف في العمل قبل أن تتلف وتحتاج إلى إعادة تغيير مقارنة بالمدة الزمنية التي يتلف عندها رقائق الخشب.

٢- إجراء دراسة مناخية متكاملة لتحديد الشهور والمناطق بالمملكة العربية السعودية التي يمكن استعمال المكيف الصحراوي بها بكفاءة مع رسم خريطة تبين الحالات التي تشتد فيها درجة الحرارة مع انخفاض الرطوبة النسبية.

قـائمـة المـراجـــع

المراجع العربية

أبو خشبة، عبدالملك (١٩٩٠) *استخدام سعف النخل كبديل للقش في المكيفات الصحراوية*. كلية الهندسة، جامعة الملك عبدالعزيز، جدة، المملكة العربية السعودية. (دراسة غير منشورة).

مشاط، عبدالوهاب، و أحمد مكي، و تركي حبيب الله (٢٠٠٥) تقييم كفاءة المكيفات الصحراوية بتطبيق معادلة الكفاءة التبريدية ومعادلة إنتقال الطاقة الحرارية. *مجلة جامعة الملك عبدالعزيز: علوم الرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة*، م١٦، ع١، ص ص ٧٥-٨٨ ، جدة ، المملكة العربية السعودية .

المراجع الأجنبية

Abdalla, A.M. and **Narendran, R.** (1990) Utilization of wind power and wetted pads to evaporatively cool dairy cow sheds under hot and arid climate conditions. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin America,* **21**(4): 33-37.

Al-Sulaiman, F. (2002) Evaluation of the performance of local fibers in evaporative cooling. *Energy Conversion and Management,* **43**(16): 2267-2273.

Beaudin, D. (1996) Evaporative cooling system for remote medical center. *ASHRAE Journal,* **38** (5): 35-38.

Dowdy, J.A., Reid, R.L. and **Handy, E.T.** (1986) Experimental determination of heat and mass transfer coefficients in aspen pads. *ASHRAE Transactions,* **92**(2A): 60-70.

Dowdy, J.A. and **Karabash, N.S.** (1987) Experimental determination of heat and mass transfer coefficients in rigid impregnated cellulose evaporative media. *ASHRAE Transactions,* **93** (2): 382-395.

Dzivama, A.U., Aboaba, F.O. and **Bindir, U.B.** (1999) Evaluation of materials in construction of arid environments. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin America,* **30** (3): 51-55.

Giabaklou, Z. and **Ballinger, J.A.** (1996) A passive evaporative cooling system by natural ventilation. *Building and Environment,* **31**(6): 503-507.

Kettleborough, C.F. and **Hsieh, C.S.** (1983) Thermal performance of the wet surface plastic plate heat exchanger used as an indirect evaporative cooler. *Journal of Heat Transfer, Transaction ASME,* **105**(2): 366-373.

Kimball, B.A., Benham, D.S. and **Wiersma, F.** (1977) Heat and mass transfer coefficient for water and air in aspen excelsior pads. *Transactions of ASAE,* **20:** 509-514.

Koca, R.W., Hughes, W.C. and **Christianson, L.L.** (1991) Evaporative cooling pads: test, procedure and evaluation. *Applied Engineering in Agriculture,* **7**(4): 485-490.

Liao, C.M., Singh, S. and **Wang, T.S.** (1998) Characterizing the performance of alternative evaporative cooling pad media in thermal environmental control applications. *Journal of Environmental Science Health, part A,* **33**(7): 1391-1417.

Liao, C.M. and **Chiu, K.H.** (2002) Wind tunnel modeling the system performance of alternative evaporative cooling pads in Taiwan region. *Building and Environment,* **37**(2): 177-187.

Mathews, E.W., Kleingled, M. and **Grobler, L.J.** (1994) Integrated simulation of buildings and evaporative cooling systems. *Building and Environment,* **29**(2): 197-206.

Using Alternative Materials to Wood Flacks to improve the Efficiency of Evaporative Cooler

ABDUL-WAHAB S. MASHAT, AHMED A. MAKKEY
and TURKY M. HABEEBULLAH*
Meteorology Department, Faculty of Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture, King AbdulAziz University, Jeddah
** The Custodian of the Two Holy Mosques Institute of Hajj Research Umm Al-Qura University, Makkah, Saudi Arabia*

ABSTRACT. This study was intended to investigate the possibility of using an alternative material to substitute wood flacks (aspen wood) to improve the efficiency of evaporative cooler. The alternative material was supposed to be economically competitive and gives the best cooling efficiency. The materials used in the present investigation were Celdek paper and Luffa sponge (Luffa aegyptiaca). Celdek paper gave a cooling efficiency of 76% accompanied with an air flow rate of 1.73 m^3/s and a mean heat transfer flow of 22.83 KJ/s. Results showed that the pressed luffa sponge of 175 mg/cm^3 density and 2x3x3cm dimensions was the most appropriate material to substitute the wood flacks. This material gave a cooling efficiency of 96% accompanied with an air flow rate of 1.01 m^3/s, and a mean heat transfer flow of 17.72 KJ/s.