

# کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها با سیستم غیر فعال خورشیدی در راستای کاهش مصرف انرژی

محمد رضا علیجانی

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ماهشهر، گروه مهندسی شیمی، ماهشهر، ایران  
Email: alijani\_1373@yahoo.com

## چکیده

این تحقیق به بررسی ضریب انتقال گرما در استفاده از دو نوع کلکتور خورشیدی در حالت‌های مجهز به سپرهای گرمایی و خالی می‌پردازد. کلکتورها به صورت تک گذر و گذر دوبل می‌باشند. هوا از فضای داخلی ساختمان به وسیله فن در محدوده اعداد رینولدز ۲۵۰۰ تا ۶۰۰۰ بداخل کلکتورهای فوق دمیده و پس از گرم شدن مجدد بداخل آن برمی‌گردد. سپرهای گرمایی در سه گام ۲، ۱/۳۵ و ۱ PR متر مورد استفاده قرار گرفته است. ضرایب انتقال گرما در کلکتورهای در حالت‌های استفاده از سپرهای گرمایی با گام‌های مختلف و خالی بدست آمده و با هم مقایسه شده است. درصد نسبت ضریب انتقال گرما با استفاده از سپرهای گرمایی مذکور به ضریب انتقال گرما در کلکتور خالی در شرایط استفاده از کلکتور تک گذر به ترتیب ۱۲۴٪، ۱۵۲٪ و ۱۷۱/۵٪ و در شرایط استفاده از کلکتور با گذر دوبل به ترتیب ۱۴۲٪، ۱۶۲٪ و ۱۸۳٪ می‌باشند. با بکارگیری کلکتورهای خورشیدی در ساختمان باعث صرفه جویی مصرف انرژی خواهیم بود.

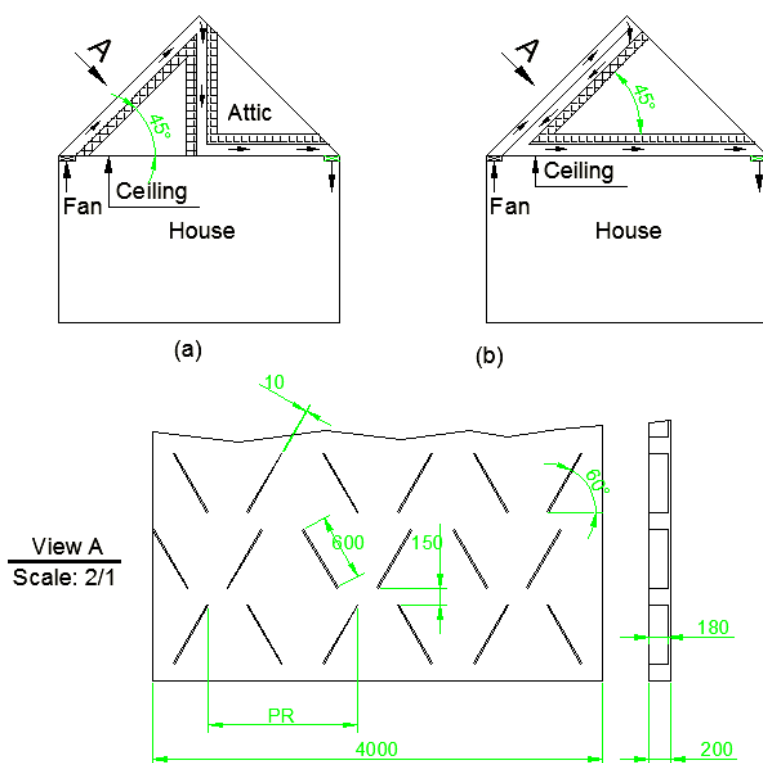
واژه‌های کلیدی: مصرف انرژی، کلکتور خورشیدی، ضریب انتقال گرما، سپر گرمایی.

## ۱- مقدمه

یکی از مهمترین منابع افزایش گرما در اطراف ساختمان ها استفاده از انرژی تابشی خورشید می باشد. معماری مناسب جهت استفاده بهینه از انرژی خورشید در کشورهای در حال توسعه مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از یک دودکش خورشیدی برای تهویه طبیعی در ساختمان ها پیکربندی مناسبی می باشد. یاج دای و همکارانش [۱] تحقیقاتی در مورد افزایش تهویه طبیعی در یک خانه خورشیدی انجام داده اند که مجهز به یک دودکش خورشیدی و محفظه تبرید بوده است. زهی و همکارانش [۲] نیز دو نوع کلکتور خورشیدی، تک گذر و گذردوبل را مورد بررسی قرار داده اند. از کلکتورهای فوق برای گرمایش فضا در فصل زمستان و تهویه طبیعی در فصول دیگر استفاده شده است. در تحقیق فوق نسبت گرمای جمع شده در استفاده از کلکتور با گذر دوبل ۱۰٪ بیشتر از کلکتور تک گذر می باشد. در تحقیق حاضر اثر استفاده از سپرهای گرمائی در گام های مختلف بر روی افزایش انتقال گرما در کلکتورهای تک گذر و گذردوبل نسبت به کلکتورهای خالی مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲- شرح مدل آزمایش

مدل آزمایشی از یک کلکتور خورشیدی ساخته شده که بر روی پشت بام یک منزل مسکونی مطابق شکل (۱) نصب شده است.



شکل (۱): کلکتورهای خورشیدی تک گذر و گذر دوبل.

هوا به وسیله دمنده یک (با هوادهی ۱۰۰۰ متر مکعب در ساعت) بداخل کلکتور هدایت شده و پس از گرم شدن مجدد بداخل اتاق وارد می شود. جهت تنظیم سرعت ورودی بداخل کلکتور از یک اینورتور ۲ کیلو وات استفاده شده است. کلکتورها به دو صورت تک گذر و گذردوبل به ترتیب مطابق a-1 و b-1 می باشند. آن قسمتی از کلکتور که به سمت خورشید می باشد

از جنس شیشه بوده و سایر قسمت های کلکتور از جنس ورق استیل می باشند. برای جلوگیری از اتلاف گرما، دیواره های بیرونی کانال کلکتورها عایق کاری شده است.

برای اندازه گیری دمای سطح داخلی کانال کلکتورها و همچنین دمای هوای ورودی به کانال و خروجی از آن از ترموکوپل های PT100 استفاده شده است. بر روی سطح داخلی کلکتور تک گذر و گذردوبل به ترتیب  $N=24$  و  $N=40$  ترموکوپل نصب شده است. ترموکوپل های فوق کالیبره شده و دقت آنها حدود  $\pm 0.2^\circ C$  می باشد. طول کلکتور تک گذر و گذردوبل به ترتیب ۳ و ۶ متر، و عرض و ارتفاع آنها ۴ و ۰/۲ متر می باشند. برای اندازه گیری سرعت هوای ورودی بداخل کلکتورهای فوق از یک فلومتر (۸ تا ۱۰۰۰ متر مکعب بر ساعت) استفاده شده است. فلومتر فوق کالیبره شده و دقت آن حدود  $\pm 0.5$  مترمکعب بر ساعت می باشد.

کلکتورها در آزمایش های انجام شده، برای گرمایش یک فضای مسکونی در فصل زمستان در نظر گرفته شده است. در آزمایش ها بعد از به تعادل رسیدن جریان هوا در داخل کلکتورها اطلاعات به کامپیوتر منتقل و برای یک دوره یک روزه متوسط گیری می گردد. زمان جمع آوری اطلاعات در یک روز از ساعت ۸ تا ۱۶ می باشد. عدم قطعیت در آزمایش ها به وسیله روش کلمن و استیل [۳] و استاندارد ANSI/ASME [۴] محاسبه شده است. گستره عدم قطعیت در محاسبه اعداد رینولدز و ضریب انتقال گرما به ترتیب  $5\% \pm$  و  $6\% \pm$  می باشد.

### ۳- فرمول بندی نتایج

در حالت شرایط پایدار مقدار خالص انتقال گرما ( $Q_{net}$ ) در قسمت داخل کانال برابر میزان انرژی تابشی از خورشید بوده که از شیشه کلکتور بداخل کانال هدایت می گردد. مقدار انتقال گرمای سیال عبوری از قسمت تست معادل حاصلضرب دبی جرمی، ظرفیت گرمایی ویژه و اختلاف دمای هوای ورودی و خروجی از کانال کلکتور می باشد.

$$Q_{net} = \dot{m} C_{p,a} (T_o - T_i) \quad (1)$$

مقدار دبی جرمی هوا بوسیله رابطه (۲) بدست می آید.

$$\dot{m} = \rho_b u A_{cs} \quad (2)$$

مقدار انتقال گرما در قسمت تست همچنین معادل رابطه (۳) می باشد.

$$Q_{net} = \bar{h} A (\bar{T}_w - T_b) \quad (3)$$

در اینجا ( $\bar{T}_w$ ) متوسط دمای سطح داخلی کانال کلکتورها می باشد که بوسیله رابطه (۴) محاسبه می گردد.

$$\bar{T}_w = \sum_{n=1}^N T / N \quad (4)$$

در رابطه (۳) دمای ( $T_b$ )

توده ای بوده که بوسیله رابطه (۵) محاسبه می گردد. تمام خواص ترموفیزیکی هوا در دمای توده ای در نظر گرفته می شود. محاسبه می گردد.

$$T_b = \frac{(T_o - T_i)}{2} \quad (5)$$

عدد رینولدز از رابطه (۶) محاسبه می گردد.

$$Re = \frac{uD_h}{\nu} \quad (6)$$

( $D_h$ ) قطر هیدرولیکی است و از رابطه (۷) محاسبه می گردد.

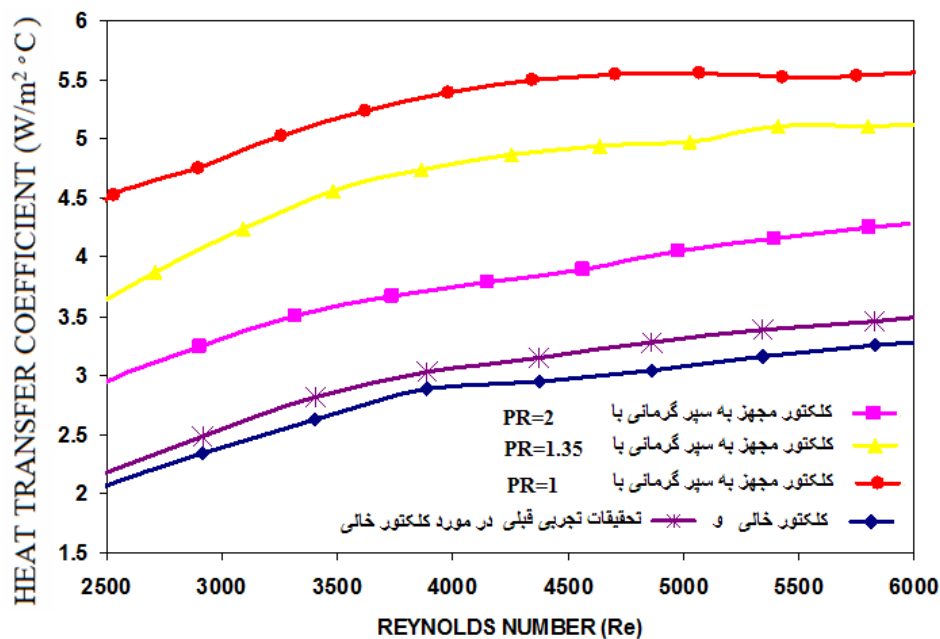
$$D_h = \frac{4A_{cs}}{P} \quad (7)$$

روابط (۱) تا (۷) توسط اینکوپرا [۵] ارائه شده است. رابطه تجربی (۸) توسط هولندز [۶] برای محاسبه انتقال گرما در کلکتور تک گذر و کانال اول از کلکتور با گذردوبل ارائه شده است.

$$Nu = 1 + 1.44 \left[ 1 - \frac{1708(\sin 1.8\beta)^{1.6}}{Ra(\cos \beta)} \right] \left[ 1 - \frac{1708}{Ra(\cos \beta)} \right]^+ + \left[ \left( \frac{Ra(\cos \beta)}{5830} \right)^{1/3} - 1 \right]^+ \quad (8)$$

آرنولد [۷] نیز رابطه تجربی (۹) را برای محاسبه انتقال گرما در کانال دوم کلکتور با گذردوبل معرفی کرده است.

$$Nu = 1 + [Nu(90^\circ) - 1] \cdot \sin \beta \quad (9)$$



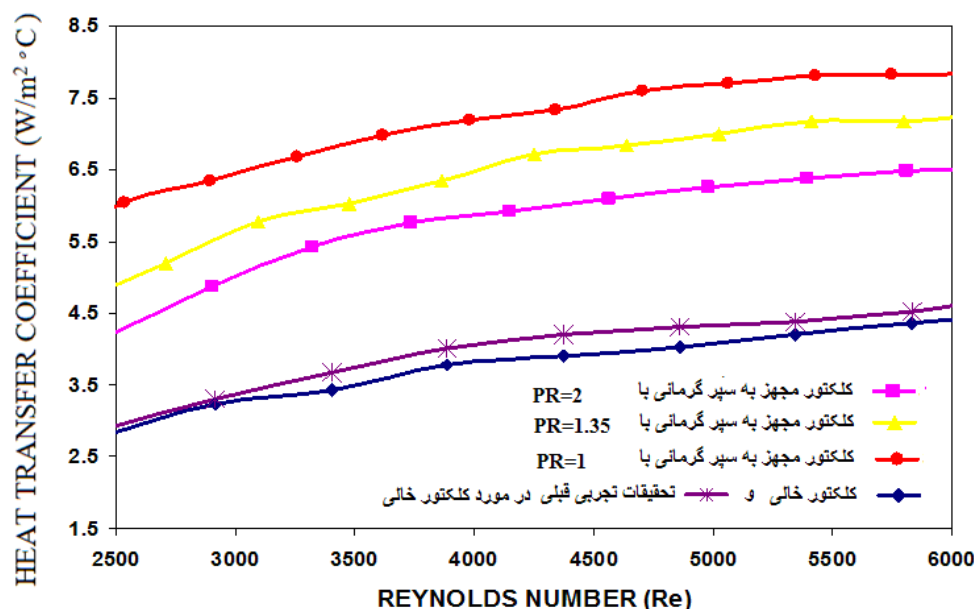
شکل (۲): تغییرات متوسط ضریب انتقال گرما در کلکتور تک گذر

#### ۴- تجزیه تحلیل آزمایش ها

در این قسمت اثر نصب سپر گرمائی بر روی افزایش ضریب انتقال گرما بررسی می گردد. در این تحقیق از دو نوع کلکتور خورشیدی، تک گذر و گذردوبل استفاده شده است. سپرهای گرمائی نصب شده در کلکتورها در سه گام ۱، ۱/۳۵، ۲ متر می باشند.

متوسط ضریب انتقال گرمای جابجایی ( $\bar{h}$ ) در کلکتورهای مذکور برای استفاده از سپرهای گرمایی در گام های مختلف و کلکتور خالی از مساوی قرار دادن روابط (۱) و (۳) حاصل می گردد.

تغییرات متوسط ضریب انتقال گرما بر حسب اعداد رینولدز در کلکتورهای تک گذر و گذردوبل به ترتیب در اشکال (۲) و (۳) نمایش داده شده است. متوسط ضریب انتقال گرمای بدست آمده بوسیله نتایج حاصل از آزمایش در داخل کانال خالی برای کلکتور تک گذر و گذردوبل برحسب اعداد رینولدز با روابط (۸) و (۹) در اشکال مذکورمقایسه شده و نزدیکی خوبی بهم دارند.



شکل (۳): تغییرات متوسط ضریب انتقال گرما در کلکتور گذردوبل

استفاده از سپرهای گرمایی با گام های مختلف در کلکتورها باعث افزایش سطح انتقال گرما و تماس بین سیال عبوری و دیواره کانال شده و موجب افزایش انتقال گرما می شود. همچنین کاهش گام در سپرهای گرمایی باعث اغتشاش جریان هوا و تخریب بیشتر لایه مرزی در سطح داخلی کانال کلکتور شده، و موجب افزایش انتقال گرمای جابجایی می گردد. همانطور که در اشکال (۲) و (۳) مشاهده می گردد با کاهش گام در سپرهای گرمایی و افزایش اعداد رینولدز، مقدار ضریب انتقال گرما افزایش می یابد. درصد نسبت ضریب انتقال گرما با استفاده از سپرهای گرمایی (با گام های ۲، ۱/۳۵، ۱ متر) به ضریب انتقال گرما در کلکتور خالی در شرایط استفاده از کلکتور تک گذر به ترتیب ۱۲۴٪، ۱۵۲٪ و ۱۷۱/۵٪ و در شرایط استفاده از کلکتور با گذر دوبل به ترتیب ۱۴۲٪، ۱۶۲٪ و ۱۸۳٪ می باشند. با بکارگیری کلکتورهای خورشیدی فوق در ساختمان باعث صرفه جویی مصرف انرژی خواهیم بود.

## ۵- نتیجه گیری

استفاده از سپرهای گرمایی در کلکتورهای خورشیدی باعث افزایش انتقال گرما حاصل می گردد. متوسط انتقال گرمای حاصل در استفاده از کلکتور با گذر دوبل نسبت به کلکتور تک گذر در شرایط یکسان بیشتر می باشد. ضریب انتقال گرما در شرایط استفاده از سپرهای گرمایی با گام های ۲، ۱/۳۵، ۱ متر برای کلکتور تک گذر نسبت به کلکتور خالی به ترتیب ۱۲/۴، ۱۵/۲ و ۱۷/۱۵ برابر، و برای کلکتور با گذردوبل نسبت به کلکتور خالی به ترتیب ۱۴/۲، ۱۶/۲ و ۱۸/۳ برابر شده است. نتیجه

کلی در تحقیق حاضر این است که با بکارگیری کلکتورهای خورشیدی با استفاده از سپرهای گرمایی در شرایط ساختمانی و اقلیمی مناسب، باعث استفاده بهینه از انرژی تابشی خورشید خواهیم شد.

## مراجع

- [1] Y.J. Dai, K. Sumathy, R.Z. Wang, Y.G. Li, Enhancement of natural ventilation in a solar house with a solar chimney and a solid adsorption cooling cavity, *Solar Energy* 74 (2003) 65–75.
- [2] X.Q. Zhai, Y.J. Dai, R.Z. Wang, Comparison of heating and natural ventilation in a solar house induced by two roof solar collectors, *Applied Thermal Engineering* 25 (2005) 741–757.
- [3] H. W. Coleman and W. G. Steele, *Experimental and Uncertainty Analysis for Engineers*, Wiley, New York (1989).
- [4] ANSI/ASME, *Measurement uncertainty*, PTC 19, 1-1985. Part I, (1986).
- [5] F. Incropera and P. D. Dewitt, *Introduction to heat transfer*, 3rd edition, John Wiley & Sons Inc (1996).
- [6] K.G.T. Hollands, T.E. Unny, G.D. Raithby, L.J. Konicek, Free convection heat transfer across inclined air layers, *Transaction ASME, Journal of Heat transfer* 98 (1976) 189–193.
- [7] J.N. Arnold, P.N. Bonaparte, I. Catton, D.K. Edwards, in: *Proceedings of the 1974 Heat Transfer and Fluid Mechanics Institute*, Stanford University Press, Stanford, CA, 1974.

## فهرست علائم و اختصارات

A	مساحت، $m^2$
$C_{p,a}$	ظرفیت گرمای ویژه هوا، $J/(kg.K)$
$D_h$	قطر هیدرولیکی، m
$\bar{h}$	متوسط ضریب انتقال گرما، $W/(m^2.K)$
$\dot{m}$	شدت جریان جرمی، $kg/s$
Nu	متوسط عدد نوسلت
Q	نرخ انتقال گرما
Re	عدد رینولدز
Ra	عدد رایلی
T	دما، K
$\bar{T}$	دمای متوسط، K
u	متوسط سرعت محوری، $m/s$

## علائم یونانی

$\nu$	ویسکوزیته سینماتیکی، $m^2/s$
$\rho$	چگالی جرمی، $kg/m^3$
$\beta$	زاویه کلکتور با افق، degree

## زیرنویس ها

هوآ	<i>a</i>
توده ای	<i>b</i>
سطح مقطع عرضی	<i>cs</i>
ورودی	<i>i</i>
خروجی	<i>o</i>