

مطالعه تجربی تابش و جابجایی آزاد در یک اتاقک با استفاده از منبع حرارتی منفرد

مصطفی رحیمی^۱، حسن آزاد^{۲*}، عباس نجف زاده خسروشاهی^۳

دانشگاه محقق اردبیلی - دانشکده فنی

(*حسن آزاد Msc.Azadhasan@Gmail.com)

چکیده

در این مقاله سهم انتقال حرارت تابشی و جابجایی آزاد از یک دستگاه بخاری گاز سوز به عنوان یک منبع حرارتی منفرد در اتاقک مدلی مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور تعیین توزیع درجه حرارت روی هر دو سطح داخلی و خارجی اتاقک و همچنین سطوح خارجی بخاری، المانهای یی در روی این سطوح مشخص شدند. دمای مرکز المانها تحت شرایط جریان حرارتی پایا با استفاده از یک دستگاه ترمومتر لیزری اندازه گیری و ثبت گردید. با استفاده از دماهای اندازه گیری شده، انتقال حرارت هدایتی از میان المانهای مشخص شده روی جداره های اتاقک محاسبه شد. از روش تابش خالص برای محاسبه تبادل تابش بین سطوح داخلی المان ها استفاده شد. سهم جابجایی برای هر المان با استفاده از تابش و هدایت محاسبه گردید. بر اساس نتایج حاصله، تقریباً یک سوم از کل حرارت منتقل شده از بخاری به اتاقک به وسیله تابش و باقیمانده به روش جابجایی آزاد انجام می گیرد و با افزایش توان ورودی بخاری این نسبت تقریباً ثابت می ماند.

واژه‌های کلیدی: بخاری گاز سوز- گرمایش ساختمان- ترکیب تابش و جابجایی آزاد

۱- مقدمه

با توجه به این واقعیت که بخش عظیمی از انرژی در سیستم های گرمایشی و سرمایشی ساختمان ها مصرف می شود، لذا استفاده از وسایل با بازده بالا بسیار مهم می باشد. سیستم های بکار گرفته شده برای گرمایش ساختمانها به دو دسته گرمایش مرکزی و گرمایش موضعی تقسیم بندی می شوند. در سیستم حرارت مرکزی، حرارت تولید شده توسط یک سیال حامل، از واحد تولید حرارت به مبدل حرارتی منتقل می شود. انواع مبدل های حرارتی مانند رادیاتور و فن کویل حرارت را به محیط مورد نظر منتقل می کند. در دسته دیگر یعنی در سیستم گرمایش موضعی وسایلی مانند بخاری های گاز سوز قرار می گیرند. در این ساختار گاز طبیعی در درون یک محفظه فلزی به همراه هوای مورد نیاز برای احتراق که معمولاً از درون فضا تامین می شود محترق شده و گازهای حاصل از احتراق توسط دودکش به بیرون منتقل می شود.

طراحی و بهینه سازی بخاری گاز سوز به منظور استفاده در گرمایش ساختمان ها موضوع تعدادی از مطالعات موجود در زمینه گرمایش ساختمان ها بوده است. رحیمی و عبدی اقدم [۱] نسبت سوخت به هوای مصرفی را در یک دستگاه بخاری گاز سوز در حالت کارکرد نرمال را تعیین نمودند. در این مطالعه ابتدا با استفاده از معادله احتراق، نسبت سوخت به هوای استوکیومتری محاسبه شده و در مرحله بعدی با اندازه گیری شدت جریان گاز و سرعت جریان محصولات احتراق، این نسبت تعیین گردید. براساس نتایج به دست آمده از این مطالعه و درحالت بار کامل، مقدار هوای لازم برای احتراق چهار برابر هوای

۱- استادیار، دانشگاه، محقق اردبیلی

۲- کارشناسی ارشد، دانشگاه، محقق اردبیلی

۳- کارشناسی ارشد

لازم تحت شرایط استوکیومتری بود که به عنوان عامل اصلی در کاهش راندمان بخاری معرفی گردید. علیجانی [۲] تاثیر نصب سپر حرارتی تشعشی، تنگ کردن طوقه اتصال، اضافه و تغییر دادن موانع حرارتی را بر روی راندمان حرارتی بررسی کرده و نتیجه گرفته است که بهینه ترین مدل با افزایش راندمانی حدود ۱۱ درصد، و با جایگزینی موانع حرارتی افقی به جای موانع حرارتی مورب باعث بهبود بازده حدود ۷ درصد خواهد شد. بید آبادی، صدیقی و یوسفی [۳] برای احتراق بهتر و تولید آلاینده های کمتر و افزایش بازده، به بررسی مقدار هوایی که وارد بخاری می شود پرداخته اند. بر اساس نتایج به دست آمده هوای اضافه در محدوده ۷۰-۱۲۰ درصد و هوای اولیه در محدوده ۴۵-۵۵ درصد بهترین نتیجه را در پی خواهد داشت. همچنین در بررسی دیگر بید آبادی، صدیقی، مبینی، حسین پور [۴] به تحلیل تجربی و عددی جریان سیال مشعل بخاری گاز دمنده پرداخته اند و برای احتراق بهتر و کاهش آلاینده ها، تغییر در ساختار مشعل را مطرح نموده اند. نگهداری و جلالی وحید [۵] به منظور بهبود بر چسب انرژی بخاری های گاز سوز از D به C در خروجی محصولات احتراق از موانعی استفاده کردند تا از خروج سریع هوای داغ تا حد امکان جلوگیری شود و گرمای بیشتری از طریق بدنه بخاری به داخل اتاق انتقال یابد.

در مطالعه حاضر سهم انتقال حرارت تابشی و جابجایی از بخاری به اتاق به لحاظ کمی و در شرایط واقعی بررسی شده است. تحت شرایط جریان حرارتی پایا، توزیع دمای ایجاد شده در روی سطوح داخلی اتاق و سطوح بخاری اندازه گیری شده و بر مبنای آن سهم انتقال حرارت تابشی و جابجایی در این حالت مرکب انتقال حرارت تعیین شده است. نتایج این آزمایش می تواند برای انجام مطالعات بعدی که به منظور بالا بردن بازده بخاری گاز سوز انجام می گیرد مفید و مطلوب باشد که با تغییر دادن پارامترهای موثر در سهم هرکدام از این روشهای انتقال حرارت، می توان به افزایش کارایی این وسیله گرمایشی رایج کمک نمود.

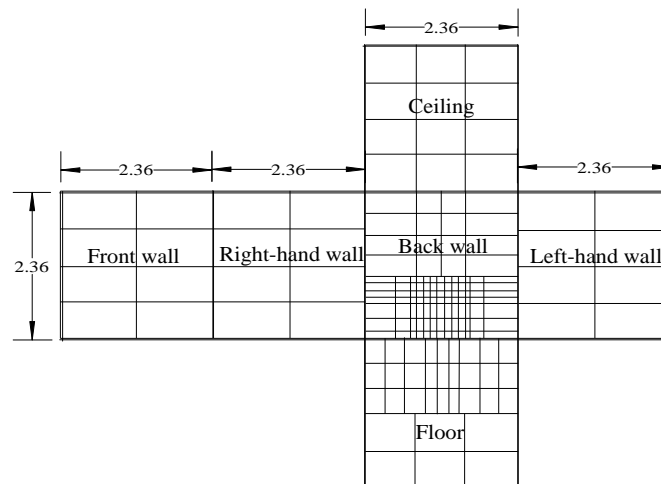
۲- وسایل و مراحل آزمایش

وسایل و تجهیزات آزمایشی استفاده شده در این مطالعه و روش انجام آن در مقاله ای که توسط رحیمی و صابرنعیمی [6] منتشر گردیده توضیح داده شده است. تنها تفاوت دو مطالعه به استفاده از سیستم های گرمایشی مختلف مربوط می شود که در مطالعه مذکور سیستم گرمایش از سقف استفاده شده اما در مطالعه حاضر از یک دستگاه بخاری گازسوز به عنوان وسیله گرمایشی استفاده شد. بخاری گازسوز درون یک اتاقک قرار داده شده و مطابق معمول هوای لازم برای احتراق از میان درزهای پیش بینی شده در اطراف درب ورودی تامین شده و محصولات احتراق توسط یک لوله دودکش فلزی به قطر ۱۰ سانتی متر به بیرون از اتاقک هدایت گردید. بخاری درون اتاقک به فاصله مساوی از دیوارهای سمت چپ و راست قرار گرفته بود. مشخصات بخاری گاز سوز مورد استفاده در جدول (۱) آمده است. اتاقک ساخته شده مکعبی مربع به ابعاد ۲/۴ متر، یک مدل ساده شده از یک اتاق بوده و دیوارهای اتاقک به صورت ترکیبی از سه لایه مقاوم حرارتی به ترتیب بخش دررونی، میانی و بیرونی شامل ورق تخته نئوپان با ضخامت ۱۸/۱۵ میلی متر، فوم پلی استیرن با ضخامت ۱۸/۷ میلی متر و تخته سه لا با ضخامت ۳/۹ میلی متر ساخته شده بود. ضخامت کلی جداره ۰/۴۲ متر بوده و اتاقک درون یک محیط آزمایشگاهی بزرگ قرار داشت.

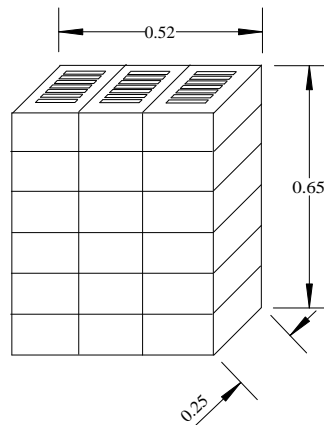
جدول ۱- مشخصات بخاری گازسوز استفاده شده

مدل	سپاهان
قدرت حرارتی	۵۰۰۰ کیلوکالری بر ساعت
فشار گاز ورودی	۱۷۸ میلی متر ستون آب
ابعاد هندسی	۶۵ × ۲۵ × ۵۲ سانتی متر مکعب
فاصله از کف	۴ سانتی متر
فاصله از پشت دیوار	۱۰ سانتی متر

تعدادی المان سطح در روی هر دو سطح داخلی و خارجی اتاقک و همچنین در روی سطوح خارجی بخاری تعیین گردید. دمای هر المان سطح ثابت فرض شده و لذا المانهای کوچکتری در مناطق با گرادیان دمایی بالاتر در نظر گرفته شد. شکل های ۱ و ۲ المان بندی انجام شده برای سطوح اتاقک و بخاری را نشان می دهند.



شکل ۱- المان های انتخاب شده روی سطوح اتاقک



شکل ۲- المان بندی سطوح بخاری گازسوز

تعداد المانهای در نظر گرفته شده در روی سطوح داخلی و خارجی اتاقک به ترتیب برابر ۱۷۶ و ۷۳ عدد و تعداد المانهای روی سطح بخاری ۵۱ عدد بوده است. دمای مرکز المان های سطحی با استفاده از یک دستگاه ترمومتر لیزری (Testo-845) با دقتی برابر ± 0.25 درجه سانتیگراد در محدوده ۲۰-۹۰ درجه سانتیگراد اندازه گیری گردید. هشت عدد ترموکوپل نوع k در جهت عمودی و در وسط اتاقک نصب شده بود. علاوه بر آن، ترموکوپل های دیگری برای محاسبه افت حرارتی از کف اتاقک بکار گرفته شده بود. این ترموکوپل ها در دو طرف ورق نئوپان کف اتاقک و در تماس با سطح این ورق نصب شده بودند تا به روش هدایت یک بعدی، اتلافات حرارتی کف برآورد شود. ترموکوپل دیگری نیز خارج از اتاقک برای اندازه گیری دمای محیط بکار

گرفته شده بود. همه ی ترموکوپل ها به یک دستگاه دیتالاگر (سیستم دیتالاگر هیلتون، سری D102) متصل بودند. شدت جریان گاز طبیعی با دبی سنج حساس اندازه گیری می شد.

در اجرای آزمایش پس از تنظیم دبی گاز ورودی به بخاری، برقرار شدن حالت پایدار با استفاده از ترموکوپل های نصب شده درون اتاقک کنترل می گردید. حالت پایدار برای یک نمونه از این آزمایشات پس از گذشت مدت زمان ۱۴ ساعت برقرار گردید. تحت شرایط پایدار دمای مرکز المانهای سطوح داخلی و خارجی اتاقک و سطوح بخاری با استفاده از ترمومتر لیزری اندازه گیری و ثبت گردید. علاوه بر این، داده هایی شامل شدت جریان گاز به بخاری، توزیع دمای هوای داخل اتاقک، دمای سطوح بالایی و پایینی ورقه نئوپان کف اتاقک و دمای هوای محیط آزمایشگاه با استفاده از سیستم جمع آوری داده ها اندازه گیری و ثبت شد.

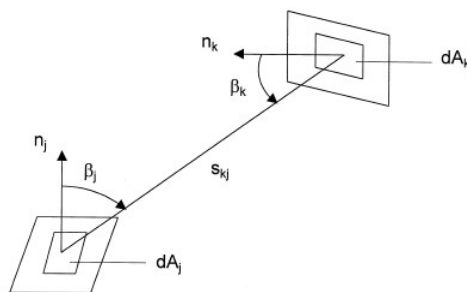
۳- محاسبه شار حرارتی تابشی، جابجایی و هدایت

انتقال حرارت به وسیله تابش بین المان های سطح بخاری و سطح داخلی اتاقک با استفاده از روش تابش خالص که توسط هاتل [7] ارائه شده است، محاسبه گردید. در این مدل تابش با فرض سطوح خاکستری، دیفیوژ و محیط غیر موثر، شار انرژی انعکاسی و درجه حرارت محاسبه می شوند. جزئیات بیشتر و معادلات استفاده شده در مقاله رحیمی و صابر نعیمی [6] آورده شده است. معادله نهایی حاصل از این مدل که برای هر المان با اندیس "k" قابل اجرا است به صورت زیر می باشد:

$$\sum_{j=1}^N \left(\frac{\delta_{k-j}}{\varepsilon_j} - F_{k-j} \cdot \frac{1 - \varepsilon_j}{\varepsilon_j} \right) \frac{Q_{rj}}{A_j} = \sum_{j=1}^N (\delta_{k-j} - F_{k-j}) \sigma T_j^4 \quad (1)$$

در این معادله N تعداد کل المانهای سطحی است که با هم تبادل حرارت به روش تابش انجام می دهند. $\varepsilon, \delta, \sigma$ به ترتیب ثابت بولتزمن، دلتای کرونکر و ضریب نشر المانهای سطحی می باشند. ضریب نشر برای سطوح اتاقک برابر 0.9 و برای المانهای سطوح خارجی بخاری برابر 0.87 در نظر گرفته شده است [8], [9]. همچنین A, T, Q به ترتیب برابر شدت انتقال حرارت تابشی مبادله شده بین دو المان سطحی، درجه حرارت المان سطحی و مساحت سطح هر کدام از المانهای سطح می باشند. F فاکتور دید تابشی است که از رابطه زیر محاسبه شده و پارامترهای آن در شکل (۳) نشان داده شده است:

$$F_{k-j} = \frac{1}{A_k} \cdot \iint_{A_k A_j} \frac{\cos \beta_k \cdot \cos \beta_j}{\pi \cdot S_{kj}^2} dA_j dA_k \quad (2)$$



شکل ۳- معرفی پارامترهای استفاده شده در معادله ۲

در روش تابش خالص، ابتدا دمای المان های سطح و فاکتور دید استفاده شده در سمت راست معادله (۱) مشخص می شود. سپس با حل دستگاه معادلات خطی، شدت انتقال حرارت تابشی خالص از هر کدام از المانهای سطحی محاسبه می شود. با جمع مقادیر گسسته، تابش خالص برای تمام سطوح از جمله دیوارهای عمودی، کف و سقف اتاقک تعیین می شود. با فرض یک بعدی بودن انتقال حرارت از میان دیوار، نرخ اتلافات حرارتی از رابطه زیر محاسبه می شود:

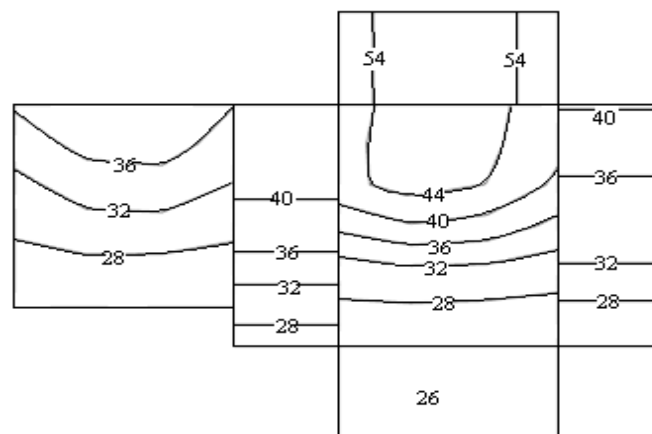
$$q = \frac{Q}{A} = \frac{k}{L}(T_i - T_o) \quad (3)$$

ضریب هدایت حرارتی برای دیوارهای محفظه که با نماد "k" نشان داده شده است برابر 0.0429 W/m-k می باشد [6]. بر اساس مقادیر درجه حرارت به دست آمده برای سطوح بالا و پایین ورقه نئوپان کف اتاقک، میزان شدت اتلاف حرارتی از کف نیز محاسبه می گردد و در نهایت با استفاده از نرخ اتلافات حرارتی و توسط معادله تعادل حرارتی زیر، شدت انتقال حرارت کنوکسیونی نیز برای هر کدام از سطوح اتاقک تعیین می گردد.

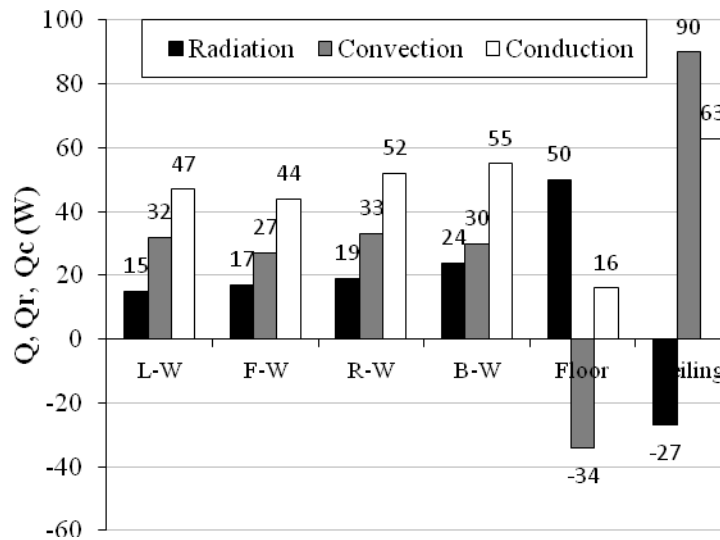
$$Q = Q_c + Q_r \quad (4)$$

۴- بیان نتایج و بحث

آزمایشات مربوط به بخاری گازسوز در سه دبی مختلف گاز برابر با ۵۲۲٪، ۵۶۴٪ و ۷۳۹٪ متر مکعب بر ساعت انجام گردید. انرژی ورودی به بخاری گازسوز به ترتیب حدود ۵۱۰، ۵۶۰ و ۷۴۰ وات بر اساس ارزش حرارتی گاز طبیعی محاسبه شد. توزیع دمای سطح بخاری در شکل (۴) برای انرژی ورودی ۵۱۰ وات نشان داده شده است. سهم تابش، جابجایی و هدایت حاصل شده برای کل اتاقک نیز در شکل (۵) آورده شده است. با توجه به مقادیر شدت انتقال حرارت حاصل شده می توان اظهار نمود که جریان هوای کشیده شده به سمت کف بخاری باعث افزایش کنوکسیون در کف اتاقک می شود که این مسئله به نوبه خود باعث اتلاف حرارتی کمتری از کف می شود. هوای قرار گرفته در مجاورت سطوح داغ محفظه احتراق بخاری طبق اثر شناوری جریان هوای داغ شدیدی را ایجاد می کند که از شیارهای بالایی بخاری خارج شده و به سوی سقف اتاقک جریان می یابد که انتقال حرارت جابجایی را در زیر سقف افزایش می دهد.



شکل ۴- توزیع دمای سطح بخاری گاز سوز در توان ۵۱۰ وات



شکل ۵- نرخ انتقال حرارت هدایتی، تابشی و جابجایی برای توان ۵۱۰ وات

با آنالیز نتایج مشخص می شود که مقدار انرژی قابل توجهی از طریق دودکش به خارج از اتاقک فرستاده می شود. برای مثال در توان ورودی ۵۱۰ وات به بخاری، مجموع اتلافات از کل اتاقک برابر ۲۷۷ وات می باشد. که بیان کننده اختلاف بین نرخ انرژی ورودی به بخاری گازسوز با نرخ انتقال حرارت هدایتی است البته اندکی از این اختلاف به خطاهای اندازه گیری و محاسبات مربوط خواهد شد. سهم تابش در این مقدار شدت انتقال حرارت حدود ۳۵/۵٪ و سهم همرفت حدود ۶۵/۵٪ می باشد.

۵- نتیجه گیری

با بررسی نتایج مشخص می شود که سهم تابش و جابجایی در انتقال حرارت از بخاری گازسوز به اتاقک به ترتیب تقریباً یک سوم و دو سوم می باشد. توان ورودی در محدوده ای که مورد آزمایش قرار گرفته است تاثیر کمی روی نسبت های ذکر شده داشته است. به دلیل ماهیت جریان ایجاد شده درون اتاقک همرفت در هر دو سطح سقف و کف اتاقک بالا بوده در حالیکه دما در مجاورت سقف بیشتر و در مجاورت کف کمتر است و در نتیجه افت حرارتی از سقف زیادتر و از کف نسبتاً کمتر صورت می گیرد.

مراجع

- ۱- رحیمی، م. و عبدی اقدام، ا.، " برآورد نسبت سوخت به هوای مصرفی در یک دستگاه بخاری گاز سوز"، مجموعه مقالات دومین کنفرانس احتراق ایران، ۲۳-۲۴ بهمن، ۱۳۸۶.
- ۲- علیجانی، م.ر.، " بهینه سازی مصرف انرژی در بخاری های گاز سوز دودکش دار"، پنجمین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، ۱۸ خرداد، ۱۳۸۵.
- ۳- بیدآبادی، م.، صدیقی، م. و یوسفی، س.، " بهینه سازی بخاری های گاز سوز"، شانزدهمین کنفرانس سالانه مهندسی ایران، ۳۰ بهمن - ۲ اسفند، ۱۳۸۶.
- ۴- بیدآبادی، م.، صدیقی، م.، مبینی، ک. و حسین پور، ا.، " تحلیل تجربی و عددی جریان سیال مشعل بخاری گازی دمنده"، اولین کنفرانس بین المللی گرمایش، و تهویه مطبوع، ۵-۶ خرداد، ۱۳۸۷.
- ۵- نگهداری، س. و جلالی وحید، د.، " بهینه سازی مصرف سوخت بخاری گاز زمینی و ارتقای برچسب انرژی از D به C"، شانزدهمین کنفرانس سالانه مهندسی مکانیک ایران، ۳۰ بهمن - ۲ اسفند، ۱۳۸۶.
- 6- Rahimi, M., and Sabernaemi, A., "*Experimental study of radiation and free convection in an enclosure with a radiant ceiling heating system*", Energy and Building, Vol. 42, pp. 2077-2082, 2010.
- 7- Hottel, H.C., Radiant-heat Transmission, 3rd Edition, McGraw Hill, 1954.
- 8- Ergin, S., "*Surface radiation with conduction and natural convection in a two floor enclosure*", Energy and Building, Vol. 32, pp. 57-70, 2000.
- 9- Hodgman, C.D., Handbook of chemistry and physics, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio, 1954.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.