

بررسی کاهش انتقال حرارت بین موتور و بدنه اتاق خودرو با استفاده از سپرهای تشعشی حرارتی همراه با ضریب صدور وابسته به دما

فاطمه جباری^۱، سیف‌الله سعدالدین^{۲*}

چکیده	اطلاعات مقاله
<p>در این مطالعه، با استفاده از روش‌های تحلیلی و با توجه به مفاهیم انتقال حرارت تشعشی و معادله تعادل انرژی در مرزها، میزان انتقال حرارت تشعشی بین موتور و بدنه اتاق خودرو در حالت پایدار بررسی شده است. همچنین با توجه به اهمیت کاربرد سپرهای تشعشی در شرایط مختلف، میزان انتقال حرارت، درصد کاهش انتقال حرارت، دما و ضریب صدور مربوط به هر یک از سطوح در حضور یک، دو و سه سپر تشعشی نازک همراه با ضریب صدور وابسته به دما محاسبه شده است. از محاسبات انجام شده ملاحظه می‌شود که به کار بردن یک سپر تشعشی همراه با ضریب صدور کمتر (تنگستن) می‌تواند بهتر از دو و حتی سه سپر تشعشی با ضریب صدور بیشتر (سیلیکون کاربید) سبب کاهش انتقال حرارت شود. همچنین حالت بهینه برای ترکیب دو و سه سپر تشعشی با جنس‌های متفاوت به دست آمده است.</p>	<p>واژگان کلیدی: سپر تشعشی، انتقال حرارت تشعشی، ضریب صدور وابسته به دما، موتور، بدنه اتاق خودرو.</p>

۱- مقدمه

احتراق در موتورهای احتراق داخلی، گرمای زیادی تولید می‌شود که حتی می‌تواند فلزات مجموعه سیلندر و پیستون را ذوب کند. دمای مخلوط سوخت و هوا در طول مدت احتراق در محفظه احتراق موتور بسیار بالا می‌رود [۲]. با بالا رفتن دمای موتور، میزان انتقال حرارت بین موتور و اجزای اطراف آن نیز بیشتر می‌شود.

با توجه به فاصله موجود میان موتور و بدنه اتاق خودرو (مطابق شکل ۱) یکی از مهمترین مدهای انتقال حرارت که رخ می‌دهد انتقال حرارت تشعشی است. به منظور کاهش میزان انتقال حرارت تشعشی بین موتور و بدنه اتاق خودرو می‌توان از سپرهای تشعشی استفاده کرد. با توجه به کاربردهای وسیعی که سپرهای تشعشی در زمینه‌های مختلف دارند، انتقال حرارت تشعش نیز از

با توجه به گسترش روز افزون صنعت خودروسازی در سال‌های اخیر، بهینه‌سازی عملکرد خودرو و نیز ساخت موتورهایی با وزن و حجم کم و بازده زیاد بسیار مورد توجه صنایع قرار گرفته است. در سال‌های اخیر، تلاش‌های فراوانی در امر کاهش وزن، افزایش بازده حرارتی، افزایش توان و ایجاد احتراق سالم صورت گرفته است. در تمام این تحقیقات، بررسی تنش‌های حرارتی و انتقال حرارت در بدنه موتور از اهمیت زیادی برخوردار است [۱]. بر اثر

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: s_sadodin@iust.ac.ir

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان

سمنان

۲. دانشیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان

دما، همچنین کاهش انتقال حرارت بین دو نیمکره هم‌مرکز [۸ و ۹] و دو کره هم‌مرکز [۱۰] در حضور سپرهای تشعشعی حرارتی کروی با ضریب صدور وابسته به دما با استفاده از روش تشعشع خالص محاسبه شده است. علاوه بر این، در بررسی دیگری، آفونسو^۱ و ماتوس^۲ اثرهای تشعشعی صفحات کندانسور و کمپرسور را در دمای داخلی یخچال- فریزر با پوشاندن دیواره یخچال نزدیک کندانسور و کمپرسور با ورق آلومینیوم، همانند یک سپر تشعشعی، کم کردند و به این نتیجه رسیدند که قرار دادن یک ورق آلومینیوم سبب کاهش دمای هوای داخلی تا ۲k می‌شود [۱۱].

در این بررسی نیز با استفاده از روشی تحلیلی، میزان انتقال حرارت بین موتور و بدنه اتاق خودرو که با هم تبادل تشعشع دارند مطالعه شده و سپس کاهش انتقال گرما در حضور یک، دو و سه سپر تشعشعی نازک با قرار دادن مواد مشابه و متفاوت محاسبه شده و حالت بهینه برای ترکیب چند سپر تشعشعی با جنس‌های متفاوت به دست آمده است.

۲- مدل ریاضی

در این مدل، موقعیت قرارگیری موتور در برابر بدنه اتاق خودرو مطابق شکل ۲- الف در نظر گرفته می‌شود. برای تحلیل و بررسی موضوع، فرضیات ساده کننده زیر در نظر گرفته می‌شود:

- ۱- صفحات همگی دیفیوز و خاکستری هستند.
- ۲- فضای بین صفحات خلأ می‌باشد.
- ۳- مقاومت رسانایی در ضخامت صفحات و سپرهای تشعشعی قابل صرفنظر کردن است.
- ۴- دمای صفحات و دمای سپرهای تشعشعی حرارتی در تمام نقاط آن یکسان است.
- ۵- ضریب صدور مربوط به سطوح داخلی و خارجی صفحات و سپرها یکسان است.

اهمیت زیادی برخوردار است. به طور کلی، یکی از راه‌های کاهش انتقال حرارت بین سطوحی که با یکدیگر تبادل تشعشع دارند این است که آن سطوح از مواد با ضریب انعکاس زیاد انتخاب شوند. علاوه بر این، با قرار دادن سپرهای تشعشعی با ضریب صدور کم (ضریب انعکاس زیاد) نیز می‌توان انتقال حرارت را کاهش داد [۳].



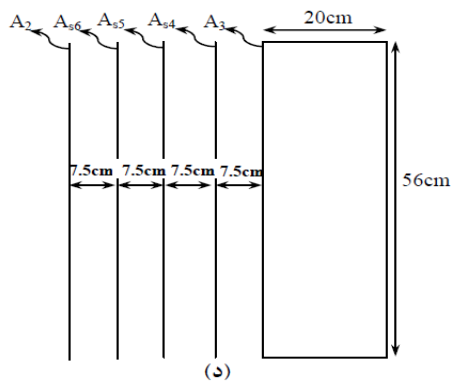
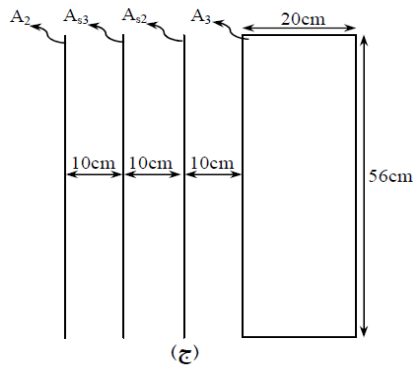
شکل ۱- نمایی از موقعیت موتور و بدنه اتاق خودرو و وجود فاصله بین آنها

سپرهای تشعشعی صفحات نازک، موازی و با ضریب انعکاس زیاد هستند که برای کاهش انتقال حرارت تشعشعی بین صفحات قرار می‌گیرند. در واقع، سپرها همانند مقاومت‌های حرارتی در مسیر انتقال حرارت تشعشعی بین سطوح قرار گرفته و سبب کاهش انتقال حرارت می‌شوند.

یکی از کاربردهای مهم عایق‌های چند لایه در مورد دمای کم مانند عایق‌های مخازن برودتی است [۴]. باید دقت داشت که ضریب صدور مربوط به هر یک از طرفین سپرها ممکن است با یکدیگر متفاوت باشد، زیرا هر یک از طرفین سپرها دمای مجزایی دارند [۵]. از آنجایی که در این بررسی، سپرها به صورت صفحات نازک در نظر گرفته شده‌اند، دما و ضریب صدور طرفین آن‌ها نیز یکسان است. در مطالعات قبلی انجام شده در این زمینه، انتقال حرارت تشعشعی بین دو استوانه هم‌مرکز [۶] و دو نیم استوانه هم‌مرکز [۷] و کاهش حرارت انتقال یافته در حضور سپرهای تشعشعی استوانه‌ای با ضریب صدور وابسته به

¹ Afonso

² Matos



شکل ۲- موقعیت موتور در برابر بدنه اتاق خودرو: الف) بدون سپر تشعشعی، ب) در حضور یک سپر تشعشعی از نمای جانبی، ج) در حضور دو سپر تشعشعی از نمای جانبی و د) در حضور سه سپر تشعشعی از نمای جانبی

مقاومت بین سطوحی که با هم تبادل تشعشع دارند نیز از روابط ۶ تا ۸ محاسبه می‌شود:

$$R_{1-2} = \frac{1 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1 A_1} + \frac{1}{A_1 F_{1-2}} + \frac{1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_2 A_2} \quad (6)$$

$$R_{3-2} = \frac{1 - \varepsilon_3}{\varepsilon_3 A_3} + \frac{1}{A_3 F_{3-2}} + \frac{1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_2 A_2} \quad (7)$$

$$R_{4-2} = \frac{1 - \varepsilon_4}{\varepsilon_4 A_4} + \frac{1}{A_4 F_{4-2}} + \frac{1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_2 A_2} \quad (8)$$

بنابراین انتقال حرارت تشعشعی خالص بین سطوح موتور و بدنه اتاق خودرو از رابطه ۹ قابل محاسبه است:

$$(Q_{rad})_{without-shield} = \frac{\sigma(T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1 - \varepsilon_1}{A_1 \varepsilon_1} + \frac{1}{A_1 F_{1-2}} + \frac{1 - \varepsilon_2}{A_2 \varepsilon_2}} + \frac{\sigma(T_3^4 - T_2^4)}{\frac{1 - \varepsilon_3}{A_3 \varepsilon_3} + \frac{1}{A_3 F_{3-2}} + \frac{1 - \varepsilon_2}{A_2 \varepsilon_2}} + \frac{\sigma(T_4^4 - T_2^4)}{\frac{1 - \varepsilon_4}{A_4 \varepsilon_4} + \frac{1}{A_4 F_{4-2}} + \frac{1 - \varepsilon_2}{A_2 \varepsilon_2}} \quad (9)$$

که مقدار F_{1-2} ، F_{3-2} و F_{4-2} با استفاده از روابط و اندازه‌های موجود به صورت زیر به دست می‌آید [۱۳]:

با توجه به مفهوم انتقال حرارت تشعشعی، میزان تشعشع حرارتی ساطع شده از یک سطح سیاه، بر واحد زمان و واحد سطح بر طبق قانون استفان بولتزمن از رابطه ۱ به دست می‌آید:

$$E_b = \sigma T^4 \quad (1)$$

بنابراین میزان انتقال حرارت تشعشعی خالص بین سطوح موتور و بدنه اتاق خودرو از رابطه ۲ محاسبه می‌شود:

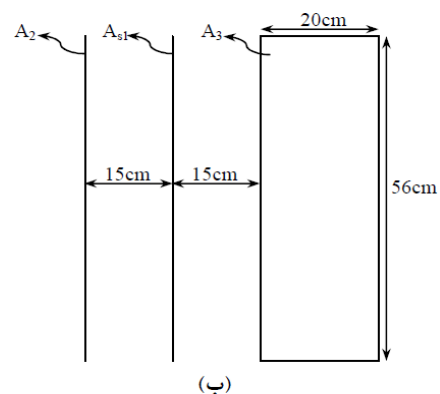
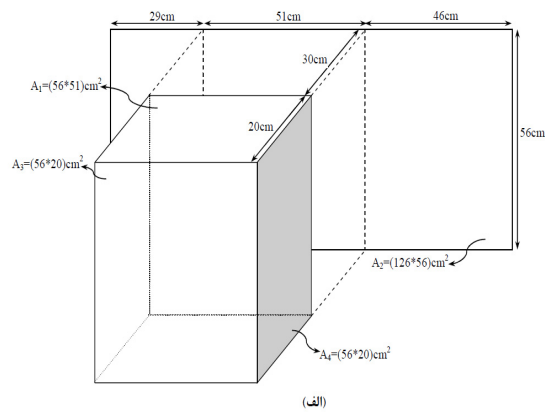
$$(Q_{rad})_{without-shield} = \frac{E_{b1} - E_{b2}}{R_{1-2}} + \frac{E_{b3} - E_{b2}}{R_{3-2}} + \frac{E_{b4} - E_{b2}}{R_{4-2}} \quad (2)$$

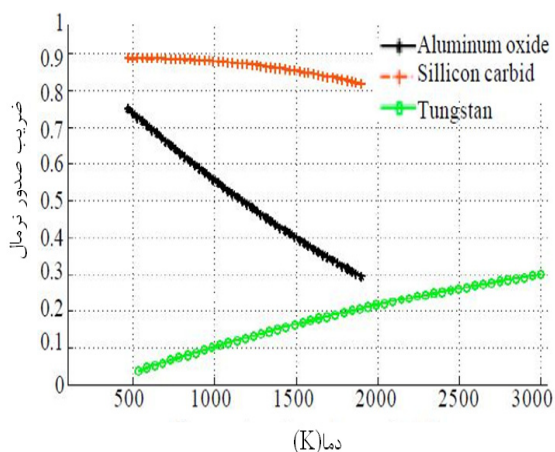
$$E_{b1} - E_{b2} = \sigma(T_1^4 - T_2^4) \quad (3)$$

$$E_{b3} - E_{b2} = \sigma(T_3^4 - T_2^4) \quad (4)$$

$$E_{b4} - E_{b2} = \sigma(T_4^4 - T_2^4) \quad (5)$$

ضریب صدور بسیاری از صفحات در حالت واقعی تابعی از دمای صفحه و طول موج است و با تغییر این دو پارامتر، تغییر می‌کند، یعنی $\varepsilon = \varepsilon(\lambda, T)$. یک نوع خاصی از صفحات، صفحات خاکستری هستند که در آن‌ها ضریب صدور مستقل از طول موج می‌باشد، یعنی $\varepsilon = \varepsilon(T)$ [۱۲]. در این مطالعه نیز برای سهولت در محاسبات، سطوح خاکستری و ضریب صدور فقط تابع دما فرض شده است.





شکل ۳- ضریب صدور نرمال به صورت تابعی از دما [۵]

بنابراین با توجه به مفاهیم انتقال حرارت تشعشعی و تعادل انرژی در مرزها، دمای هر یک از سطوح، ضریب صدور آنها، میزان انتقال حرارت و درصد کاهش آن در حضور سپرهای تشعشعی قابل محاسبه است. باید توجه داشت که در این مطالعه، محاسبات برای سه ماده موجود برای سپرهای تشعشعی در شکل ۳ انجام شده و نتایج محاسبات در قالب مطالعات موردی زیر بیان شده است.

مطالعه موردی ۱: موقعیت موتور نسبت به بدنه اتاق خودرو مطابق شکل ۲- الف در نظر گرفته می‌شود. چنانچه سطوح موتور از جنس چدن با ضریب صدور 0.44 و دمای $363/15$ درجه کلوین و بدنه اتاق خودرو از جنس فولاد ضدزنگ با ضریب صدور 0.075 و دمای $303/15$ درجه کلوین باشد و یک سپر تشعشعی در فاصله 15 سانتی‌متری از سطح A_1 برای کاهش انتقال حرارت بین موتور و بدنه اتاق خودرو قرار گیرد (مطابق شکل ۲- ب)، درصد کاهش انتقال گرما، دما و ضریب صدور هر یک از صفحات در سپرهای تشعشعی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

با استفاده از روندی که در بخش‌های قبلی توضیح داده شد، نتایج زیر حاصل می‌شود.

$$(Q_{rad})_{without-shield} = 26.1841W$$

برای سپر تشعشعی از جنس اکسید آلومینیوم:

$$F_{1-2} = 0.5591, F_{3-2} = 0.0572, F_{4-2} = 0.1391 \quad (10)$$

برای مقایسه مقدار انتقال گرما همراه و بدون سپرهای تشعشعی، باید تابعی که مقدار انتقال حرارت با یک، دو و سه سپر تشعشعی بین موتور و بدنه اتاق خودرو است را یافت. از آنجایی که سپرها گرمایی را از سیستم آزاد یا حذف نمی‌کنند، بنابراین انتقال گرمای خالص بین موتور و بدنه اتاق خودرو با استفاده از یک سپر تشعشعی را می‌توان به صورت رابطه ۱۱ یافت:

$$(Q_{rad})_{with-one-shield} = Q_{1-s1} + Q_{3-s1} + Q_{4-s1} = Q_{s1-2} \quad (11)$$

که مقدار Q_{1-s1} ، Q_{3-s1} ، Q_{4-s1} و Q_{s1-2} از روابط ۱۲ تا ۱۵ به دست می‌آیند:

$$Q_{1-s1} = \frac{\sigma(T_1^4 - T_{s1}^4)}{\frac{1-\epsilon_1}{A_1\epsilon_1} + \frac{1}{A_1F_{1-s1}} + \frac{1-\epsilon_{s1}}{A_{s1}\epsilon_{s1}}} \quad (12)$$

$$Q_{3-s1} = \frac{\sigma(T_3^4 - T_{s1}^4)}{\frac{1-\epsilon_3}{A_3\epsilon_3} + \frac{1}{A_3F_{3-s1}} + \frac{1-\epsilon_{s1}}{A_{s1}\epsilon_{s1}}} \quad (13)$$

$$Q_{4-s1} = \frac{\sigma(T_4^4 - T_{s1}^4)}{\frac{1-\epsilon_4}{A_4\epsilon_4} + \frac{1}{A_4F_{4-s1}} + \frac{1-\epsilon_{s1}}{A_{s1}\epsilon_{s1}}} \quad (14)$$

$$Q_{s1-2} = \frac{\sigma(T_{s1}^4 - T_2^4)}{\frac{1-\epsilon_{s1}}{A_{s1}\epsilon_{s1}} + \frac{1}{A_{s1}F_{s1-2}} + \frac{1-\epsilon_2}{A_2\epsilon_2}} \quad (15)$$

و مقادیر ضریب شکل در روابط ۱۲ تا ۱۵ نیز بر اساس روابط موجود در مراجع ذکر شده به صورت زیر به دست می‌آید:

$$F_{1-s1} = 0.7544, F_{3-s1} = 0.0928, F_{4-s1} = 0.1769 \\ F_{s1-2} = 0.6963 \quad (16)$$

با توجه به اینکه مقدار T_{s1} و ϵ_{s1} که هر دو به یکدیگر وابسته‌اند، مجهول می‌باشد، از حل همزمان معادله ۱۱ و با استفاده از شکل ۳ می‌توان T_{s1} و ϵ_{s1} و در نتیجه مقدار انتقال حرارت در حضور یک سپر تشعشعی را محاسبه کرد. با دنبال کردن روندی مشابه آنچه برای وضعیت یک سپر انجام شد، می‌توان محاسبات را در وضعیت حضور دو و سه سپر تشعشعی نیز انجام داد.

برای سپرهای تشعشی از جنس اکسید آلومینیوم:

$$(Q_{rad})_{with-two-shield} = 17.0965W$$

$$T_{s2} = 351.1497K, \varepsilon_{s2} = 0.7625$$

$$T_{s3} = 346.372K, \varepsilon_{s3} = 0.7644$$

و درصد کاهش انتقال گرما به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{(Q_{rad})_{without-shield} - (Q_{rad})_{with-two-shield}}{(Q_{rad})_{without-shield}} \times 100 = \frac{26.1841 - 17.0965}{26.1841} \times 100 = 34.707\%$$

به طور مشابه برای سپرهای تشعشی از جنس سیلیکون کاربرد:

$$(Q_{rad})_{with-two-shield} = 17.6689W$$

$$T_{s2} = 351.0412K, \varepsilon_{s2} = 0.8894$$

$$T_{s3} = 347.0793K, \varepsilon_{s3} = 0.8894$$

و درصد کاهش انتقال گرما به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{26.1841 - 17.6689}{26.1841} \times 100 = 32.521\%$$

و نهایتاً برای سپرهای تشعشی از جنس تنگستن نتایج زیر به دست می‌آید:

$$(Q_{rad})_{with-two-shield} = 2.1816W$$

$$T_{s2} = 356.7345K, \varepsilon_{s2} = 0.026$$

$$T_{s3} = 328.4268K, \varepsilon_{s3} = 0.0218$$

و درصد کاهش انتقال گرما نیز به صورت زیر نتیجه می‌شود:

$$\frac{26.1841 - 2.1816}{26.1841} \times 100 = 91.668\%$$

مطالعه موردی ۳: موقعیت موتور نسبت به بدنه اتاق

خودرو مطابق شکل ۲- الف در نظر گرفته می‌شود.

چنانچه سطوح موتور از جنس چدن با ضریب صدور ۰/۴۴

و دمای ۳۶۳/۱۵ درجه کلوین و بدنه اتاق خودرو از جنس

فولاد ضدزنگ با ضریب صدور ۰/۰۷۵ و دمای ۳۰۳/۱۵

درجه کلوین باشند و دو سپر تشعشی غیر هم‌جنس یکی

به فاصله ۱۰ سانتی‌متری و دیگری به فاصله ۲۰

سانتی‌متری از سطح A_1 برای کاهش انتقال حرارت بین

موتور و بدنه اتاق خودرو قرار گیرند (مطابق شکل ۲- ج)،

$$(Q_{rad})_{with-one-shield} = 18.3541W$$

$$T_{s1} = 349.4077K, \varepsilon_{s1} = 0.7632$$

و درصد کاهش انتقال گرما به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{(Q_{rad})_{without-shield} - (Q_{rad})_{with-one-shield}}{(Q_{rad})_{without-shield}} \times 100 = \frac{26.1841 - 18.3541}{26.1841} \times 100 = 29.903\%$$

به طور مشابه، برای سپر تشعشی از جنس سیلیکون کاربرد:

$$(Q_{rad})_{with-one-shield} = 18.6514W$$

$$T_{s1} = 349.5128K, \varepsilon_{s1} = 0.8894$$

و درصد کاهش انتقال گرما به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{26.1841 - 18.6514}{26.1841} \times 100 = 28.768\%$$

و نهایتاً برای سپر تشعشی از جنس تنگستن نتایج زیر به دست می‌آید:

$$(Q_{rad})_{with-one-shield} = 4.6609W$$

$$T_{s1} = 347.9032K, \varepsilon_{s1} = 0.0247$$

و درصد کاهش انتقال گرما نیز به صورت زیر نتیجه می‌شود:

$$\frac{26.1841 - 4.6609}{26.1841} \times 100 = 82.2\%$$

مطالعه موردی ۲: موقعیت موتور نسبت به بدنه اتاق

خودرو مطابق شکل ۲- الف در نظر گرفته می‌شود.

چنانچه سطوح موتور از جنس چدن با ضریب صدور ۰/۴۴

و دمای ۳۶۳/۱۵ درجه کلوین و بدنه اتاق خودرو از جنس

فولاد ضدزنگ با ضریب صدور ۰/۰۷۵ و دمای ۳۰۳/۱۵

درجه کلوین باشد و دو سپر تشعشی هم‌جنس یکی به

فاصله ۱۰ سانتی‌متری و دیگری به فاصله ۲۰ سانتی‌متری

از سطح A_1 برای کاهش انتقال حرارت بین موتور و بدنه

اتاق خودرو قرار گیرند (مطابق شکل ۲- ج)، درصد کاهش

انتقال گرما، دما و ضریب صدور هر یک از صفحات در

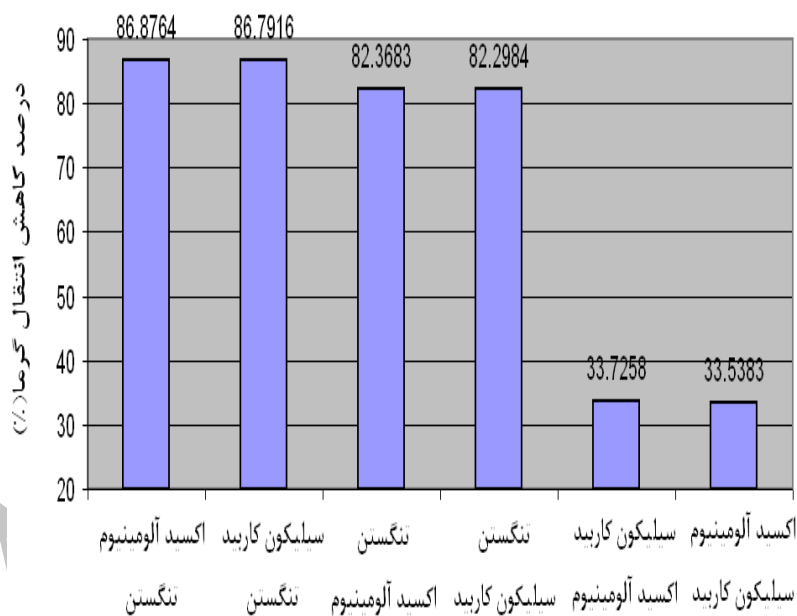
سپرهای تشعشی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$(Q_{rad})_{without-shield} = 26.1841W$$

درصد کاهش انتقال گرما، دما و ضریب صدور هر یک از صفحات در سپرهای تشعشعی مشابه مطالعه موردی ۲ محاسبه می‌شوند. دما، ضریب صدور، انتقال گرمای خالص و درصد کاهش در انتقال گرما در همه شش حالت ممکن در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- درصد کاهش انتقال گرما، دما و ضریب صدور در حضور دو سپر تشعشعی با مواد مختلف

شماره مدل	سپر تشعشعی در فاصله ۱۰ سانتی متری از موتور	جنس سپر تشعشعی	دما (کلوین)	ضریب صدور	سپر تشعشعی در فاصله ۲۰ سانتی متری از موتور	دما (کلوین)	ضریب صدور	مقدار انتقال حرارت	
								کاهش انتقال گرمای (W)	کاهش انتقال گرمای (%)
۱	اکسید آلومینیوم	۳۵۰/۹۲۳۸	۰/۷۶۲۶	سیلیکون کاربید	۳۴۶/۵۳۱	۰/۸۸۹۴	۱۷/۴۰۲۴	۳۳/۵۳۸	
۲	اکسید آلومینیوم	۳۶۰/۸۲۷۶	۰/۷۵۸۷	تنگستن	۳۳۹/۰۵۳	۰/۰۲۳۳	۳/۴۳۶۳	۸۶/۸۷۶	
۳	سیلیکون کاربید	۳۵۱/۲۶۸۷	۰/۸۸۹۴	اکسید آلومینیوم	۳۴۶/۹۰۹	۰/۷۶۴۲	۱۷/۳۵۳۳	۳۳/۷۲۶	
۴	سیلیکون کاربید	۳۶۰/۸۷۷۸	۰/۸۸۹۵	تنگستن	۳۳۹/۱۴۸۹	۰/۰۲۳۴	۳/۴۵۸۵	۸۶/۷۹۲	
۵	تنگستن	۳۴۸/۶۳۹۹	۰/۰۲۴۸	اکسید آلومینیوم	۳۱۶/۶۱۸۵	۰/۷۷۶۱	۴/۶۱۶۷	۸۲/۳۶۸	
۶	تنگستن	۳۴۸/۵۷۴۷	۰/۰۲۴۸	سیلیکون کاربید	۳۱۶/۵۱۹۲	۰/۸۸۹	۴/۶۳۵	۸۲/۲۹۸	



ترکیب دو سپر تشعشعی با اجناس مختلف

شکل ۴- نمودار میله‌ای درصد کاهش انتقال گرما به ازای چیدمان‌های مختلف دو سپر تشعشعی

سپر از جنس با ضریب صدور کمتر به بدنه اتاق خودرو نزدیکتر باشد مقدار کاهش انتقال حرارت بیشتر اتفاق می‌افتد.

مطالعه موردی ۴: موقعیت موتور نسبت به بدنه اتاق خودرو مطابق شکل ۲- الف در نظر گرفته می‌شود.

از مقادیر عددی به دست آمده در جدول ۱ و با کمک شکل ۴ می‌توان دریافت که اگر بخواهیم مناسب‌ترین ترکیب برای وضعیت وجود دو سپر تشعشعی از جنس‌های متفاوت را انتخاب کنیم، مدل شماره ۲ بهترین مدل برای کاهش انتقال حرارت تشعشعی بین موتور و بدنه اتاق خودرو است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که هر چقدر

$$\frac{26.1841 - 16.7093}{26.1841} \times 100 = 36.185\%$$

نهایتاً برای اسپرهای تشعشی از جنس تنگستن نتایج زیر به دست می‌آید:

$$(Q_{rad})_{with-three-shield} = 1.4293W$$

$$T_{s4} = 359.0994K, \varepsilon_{s4} = 0.0263$$

$$T_{s5} = 342.8039K, \varepsilon_{s5} = 0.0239$$

$$T_{s6} = 321.014K, \varepsilon_{s6} = 0.0207$$

درصد کاهش انتقال گرما نیز به صورت زیر نتیجه می‌شود:

$$\frac{26.1841 - 1.4293}{26.1841} \times 100 = 94.5413\%$$

مطالعه موردی ۵: موقعیت موتور نسبت به بدنه اتاق خودرو مطابق شکل ۲- الف در نظر گرفته می‌شود.

چنانچه سطوح موتور از جنس چدن با ضریب صدور ۰/۴۴ و دمای ۳۶۳/۱۵ درجه کلون و بدنه اتاق خودرو از جنس فولاد ضدزنگ با ضریب صدور ۰/۰۷۵ و دمای ۳۰۳/۱۵ درجه کلون باشند و سه سپر تشعشی غیر هم‌جنس یکی به فاصله ۷/۵ سانتی‌متری، دیگری به فاصله ۱۵ سانتی‌متری و سومین سپر به فاصله ۲۱/۵ سانتی‌متری از سطح A_1 برای کاهش انتقال حرارت بین موتور و بدنه اتاق خودرو قرار گیرند (مطابق شکل ۲-د)، درصد کاهش انتقال گرما، دما و ضریب صدور هر یک از صفحات در اسپرهای تشعشی مشابه مطالعه موردی ۴ محاسبه می‌شوند. دما، ضریب صدور، انتقال گرمای خالص و درصد کاهش در انتقال گرما در همه شش حالت ممکن در جدول ۲ نشان داده شده است.

چنانچه سطوح موتور از جنس چدن با ضریب صدور ۰/۴۴ و دمای ۳۶۳/۱۵ درجه کلون و بدنه اتاق خودرو از جنس فولاد ضدزنگ با ضریب صدور ۰/۰۷۵ و دمای ۳۰۳/۱۵ درجه کلون باشد و سه سپر تشعشی هم‌جنس یکی به فاصله ۷/۵ سانتی‌متری و دیگری به فاصله ۱۵ سانتی‌متری و سومین سپر به فاصله ۲۲/۵ سانتی‌متری از سطح A_1 برای کاهش انتقال حرارت بین موتور و بدنه اتاق خودرو قرار گیرند (مطابق شکل ۲-د)، درصد کاهش انتقال گرما، دما و ضریب صدور هر یک از صفحات در اسپرهای تشعشی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$(Q_{rad})_{without-shield} = 26.1841W$$

برای اسپرهای تشعشی از جنس اکسید آلومینیوم:

$$(Q_{rad})_{with-three-shield} = 15.9323W$$

$$T_{s4} = 352.3301K, \varepsilon_{s4} = 0.762$$

$$T_{s5} = 348.0998K, \varepsilon_{s5} = 0.7637$$

$$T_{s6} = 343.7237K, \varepsilon_{s6} = 0.7654$$

درصد کاهش انتقال گرما به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{(Q_{rad})_{without-shield} - (Q_{rad})_{with-three-shield}}{(Q_{rad})_{without-shield}} \times 100 = \frac{26.1841 - 15.9323}{26.1841} \times 100 = 39.153\%$$

به طور مشابه برای اسپرهای تشعشی از جنس سیلیکون کاربرد:

$$(Q_{rad})_{with-three-shield} = 16.7093W$$

$$T_{s4} = 352.0696K, \varepsilon_{s4} = 0.8894$$

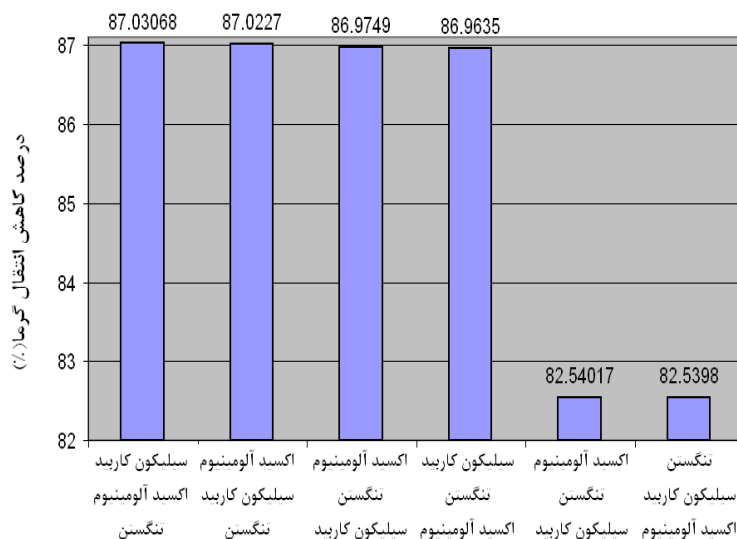
$$T_{s5} = 348.5425K, \varepsilon_{s5} = 0.8894$$

$$T_{s6} = 344.9046K, \varepsilon_{s6} = 0.8893$$

درصد کاهش انتقال گرما به صورت زیر محاسبه می‌شود:

جدول ۲- درصد کاهش انتقال گرما، دما و ضریب صدور در حضور سه سپر تشعشی با مواد مختلف

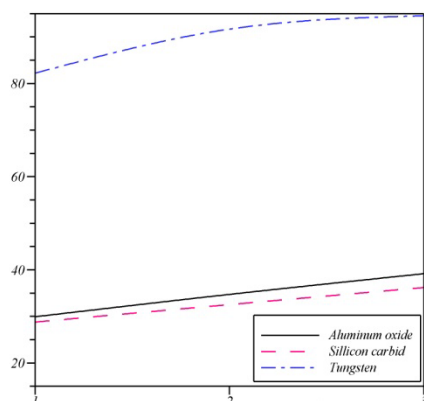
شماره	سپر تشعشی در فاصله ۷/۵ سانتی‌متری از موتور	سپر تشعشی در فاصله ۱۵ سانتی‌متری از موتور	سپر تشعشی در فاصله ۲۱/۵ سانتی‌متری از موتور	مقدار انتقال حرارت در حضور سه سپر تشعشی (W)	کاهش انتقال گرما (%)
۱	اکسید آلومینیوم ۳۶۰/۹۲۲۴ ضریب ۰/۷۵۸۷ جنس سپر سیلیکون کاربرد	۳۶۰/۱۷۷۲ ضریب ۰/۸۸۹۵ جنس سپر تنگستن	۳۳۸/۶۷۱۱ ضریب ۰/۰۲۳۳ جنس سپر دما (کلون) تشعشی صدور	۳۳۸/۶۷۱۱	۳۳۸/۶۷۱۱
۲	اکسید آلومینیوم ۳۶۰/۹۱۳۱ ضریب ۰/۷۵۸۷ جنس سپر تنگستن	۳۳۹/۴۷۱۶ ضریب ۰/۰۲۳۴ جنس سپر سیلیکون کاربرد	۳۱۳/۱۰۰۲ ضریب ۰/۸۸۸۹ جنس سپر دما (کلون) تشعشی صدور	۳۱۳/۱۰۰۲	۳۱۳/۱۰۰۲
۳	سیلیکون کاربرد ۳۶۰/۹۸۱ ضریب ۰/۸۸۹۵ جنس سپر اکسید آلومینیوم	۳۶۰/۲۳۶۹ ضریب ۰/۷۵۸۹ جنس سپر تنگستن	۳۳۸/۶۵۱۸ ضریب ۰/۰۲۳۳ جنس سپر دما (کلون) تشعشی صدور	۳۳۸/۶۵۱۸	۳۳۸/۶۵۱۸
۴	سیلیکون کاربرد ۳۶۰/۹۶۸۴ ضریب ۰/۸۸۹۵ جنس سپر تنگستن	۳۳۹/۶۴۸۸ ضریب ۰/۰۲۳۴ جنس سپر اکسید آلومینیوم	۳۱۳/۲۲۰۶ ضریب ۰/۷۷۷۵ جنس سپر دما (کلون) تشعشی صدور	۳۱۳/۲۲۰۶	۳۱۳/۲۲۰۶
۵	تنگستن ۳۴۹/۰۸۳۸ ضریب ۰/۰۲۴۸ جنس سپر اکسید آلومینیوم	۳۱۷/۷۳۱۶ ضریب ۰/۷۷۵۷ جنس سپر سیلیکون کاربرد	۳۱۶/۲۸۱ ضریب ۰/۸۸۹ جنس سپر دما (کلون) تشعشی صدور	۳۱۶/۲۸۱	۳۱۶/۲۸۱
۶	تنگستن ۳۴۹/۰۸۳۵ ضریب ۰/۰۲۴۸ جنس سپر سیلیکون کاربرد	۳۱۷/۸۷۶۵ ضریب ۰/۸۸۹ جنس سپر دما (کلون) تشعشی صدور	۳۱۶/۴۲۸۷ ضریب ۰/۷۷۶۲ جنس سپر اکسید آلومینیوم	۳۱۶/۴۲۸۷	۳۱۶/۴۲۸۷



ترکیب سه سپر تشعشعی با اجناس مختلف

شکل ۵- نمودار میله‌ای درصد کاهش انتقال گرما به ازای چیدمان‌های مختلف سه سپر تشعشعی حرارتی

سپر با ضریب صدور کمتر به بدنه اتاق خودرو نزدیکتر باشد، این کاهش انتقال گرما بیشتر رخ می‌دهد.



شکل ۶- درصد کاهش انتقال گرما به ازای تعداد سپرهای مختلف برای سپرهای تشعشعی هم جنس

فهرست علائم

A	مساحت، m^2
E_b	توان صدور اجسام سیاه، W/m^2
F	ضریب شکل
Q	انتقال گرمای خالص، W
T	دمای مطلق، K

فهرست علائم یونانی

ε	ضریب صدور سطح
λ	طول موج، m
σ	ضریب ثابت استفان بولتزمن، $W/m^2.K^4$

از مقادیر عددی به دست آمده در جدول ۲ و با کمک شکل ۵ می‌توان دریافت که اگر بخواهیم مناسب‌ترین ترکیب برای وضعیت وجود سه سپر تشعشعی از جنس-های متفاوت را انتخاب کنیم، مدل شماره ۳ بهترین مدل برای کاهش انتقال حرارت تشعشعی بین موتور و بدنه اتاق خودرو است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که هرچقدر سپر از جنس با ضریب صدور کمتر به بدنه اتاق خودرو نزدیک‌تر باشد مقدار این کاهش انتقال حرارت بیشتر اتفاق می‌افتد.

۳- نتیجه‌گیری

در مطالعه انجام شده با کمک روشی تحلیلی، میزان انتقال حرارت بین موتور و بدنه اتاق خودرو که با یکدیگر تبادل تشعشع دارند محاسبه شده و همچنین میزان درصد کاهش انتقال حرارت در حضور یک، دو و سه سپر تشعشعی، دما و ضریب صدور هر یک از صفحات نیز بررسی شده است. همچنین با توجه به شکل ۶ می‌توان پی‌برد که به‌کار بردن یک سپر با ضریب صدور کمتر می‌تواند بهتر از دو و حتی سه سپر تشعشعی حرارتی با ضریب صدور بیشتر سبب کاهش انتقال حرارت از بین سطوح شود و همچنین در به‌کارگیری سپرهای تشعشعی از اجناس مختلف، حالت بهینه از ترکیب آن‌ها به دست آمد و این نتیجه حاصل می‌شود که هر چقدر

مراجع

- [۱] مهدی پور، ر.، نازک تبار، م.، بنی عامریان، ز.، آقاجفی، س. ۱۳۸۹، شبیه‌سازی انتقال حرارت از راهگاه آب موتور ملی EF7 با در نظر گرفتن پدیده جوشش، فصلنامه تحقیقات موتور، سال ۶، شماره ۱۹، صفحات ۶۴-۷۳.
- [۲] دانشنامه مرجع مهندسی: <http://www.niazemarkazi.com/article/pdf>
- [3] Holman, J.P. (2009), "Heat Transfer". 10th Ed., McGraw-Hill, Co., New York.
- [4] Howell, J.R., Siegel, R., Menguc, M.P. (2010), "Thermal Radiation Heat Transfer". 5th Ed., CRC Press, New York.
- [5] Incropera, F.P., DeWitt, D.P., Bergman, T.L., Lavine, A.S. 2007, "Fundamentals of Heat and Mass Transfer". 6th Ed., John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- [6] Saedodin, S., Torabi, M. Maghsoudlou, N., Moghimi Kandelousi, J. (2010), "Calculation of reduction heat transfer using cylindrical radiation shields". Intl. Rev. Mech. Eng., Vol. 4, pp. 924-928.
- [7] Saedodin, S., Motaghedi Barforoush M.S., Torabi, M. (2011), "Reduction of heat transfer between two concentric semi-cylinders using radiation shields with temperature-dependent emissivity". Frontiers in Heat and Mass Transfer, Vol. 2, No. 4, pp. 1-4.
- [8] Saedodin, S., Motaghedi Barforoush M.S., Torabi, M. (2011), "Calculation of reduction radiation heat transfer using hemisphere shields with temperature-dependent emissivity". J. Appl. Sci., Vol. 11, pp. 2238-2243.
- [9] Torabi, M., Aziz, A., Saedodin, S. (2012), "Application of hemisphere radiation shields with temperature-dependent emissivity for reducing heat transfer between two concentric hemispheres". Thermophy. Aeromech., Vol. 19, No. 3, pp. 481-488.
- [10] Saedodin, S., Torabi, M., Moghimi Kandelousi, J., Maghsoudlou, N. (2010), "Application of net radiation transfer method for optimization and calculation of reduction heat transfer using spherical radiation shields". World Appl. Sci. J., Vol. 11, pp. 457-461.
- [11] Afonso, C., Matos, J. (2006), "The effect of radiation shields around the air condenser and compressor of a refrigerator on the temperature distribution inside it". Intl. J. Refrig., Vol. 29, pp. 1144-1151.
- [12] Modest, M.F. (2003), "Radiative Heat Transfer". 2nd Ed., Academic Press, New York.
- [13] Howell, J.R. (1982), "A Catalogue of Radiation Configuration Factor". McGraw-Hill, Co., N. Y.

CALCULATION OF REDUCTION IN HEAT TRANSFER BETWEEN ENGINE AND VEHICLE BODY ROOM USING RADIATION SHIELDS WITH TEMPERATURE- DEPENDENT EMISSIVITY

F. Jabbari¹, S. Sadodin^{2,*}

1. Graduate Student, Faculty of Mechanical Engineering, Semnan University, Semnan
2. Associate Professor, Faculty of Mechanical Engineering, Semnan University, Semnan

*Corresponding Author: s_sadodin@iust.ac.ir

ARTICLE INFO

Keywords:

Radiation Shield,
Radiation Heat
Transfer,
Temperature-
Dependent
Emissivity,
Engine,
Vehicle Body Room.

ABSTRACT

In this study, the rate of heat transfer between engine and vehicle body room in steady state has been investigated using analytical methods and the concept of net radiation heat transfer and energy-balance equation at the boundaries. Also, the net radiation heat transfer, percent reduction in heat transfer, temperature and emissivity were calculated while there are one, two and three radiation shields with temperature- dependent emissivity. The findings reveal that one radiation shield with lower emissivity can reduce the net heat transfer even better than two radiation shields with higher emissivity. Also, an optimized combination of two and three radiation shields is obtained with different materials.
