



مطالعه آزمایشگاهی افزایش ضریب انتقال حرارت سیستم خنک کاری تراکتور با استفاده از فن آوری جدید نانوسیالات

حسن تقی جراح^{۱*}، سیدسعید محتسبی^۲، حجت احمدی^۳، میثم ستاری نجف آبادی^۴

*: دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران، ۲: استاد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران، ۳: دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران، ۴: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرری، گروه مکانیک خودرو، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: حسن تقی جراح، Taghijarah@ut.ac.ir

چکیده

ویژگی‌های موتور ماشین‌های کشاورزی از نظر محدودیت در واکنش‌ها و راندمان کار به سرعت در حال دگرگون شدن است و نیاز به موتورهایی با نیرو و توان تولیدی بیشتر و مصرف سوخت کمتر امری ضروری می‌باشد. همچنین یکی از مهم‌ترین زیرمجموعه‌های اصلی مصرف انرژی در کشور خودروها هستند که هر روز بر تعداد آن‌ها افزوده می‌شود و سهم بسیار بسزایی در مصرف سوخت‌های فسیلی و افزایش روز افزون آلودگی هوا دارند. بنابراین باید راندمان سیستم‌های خنک‌کننده جهت بهبود مصرف انرژی افزایش یابد. به همین منظور نیاز مبرمی به توسعه سیالات انتقال‌دهنده حرارت با هدایت گرمایی خیلی بالا و انتقال این فناوری به کلیه صنایع وسایل نقلیه جهت افزایش راندمان سیستم خنک‌کاری خودرو وجود دارد. در این تحقیق با افزودن ۰/۳٪ نانوذرات اکسید مس به آب در حال گردش در سیستم خنک کاری تراکتور رومانی در دمای ۹۰ درجه سلسیوس و دور فن ۳۰۰۰ دور بر دقیقه به میزان ۱۰٪ ضریب انتقال حرارت آب خالص افزایش یافت. همچنین با افزایش دور فن از ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ دور بر دقیقه ضریب انتقال حرارت آب خالص ۴۳٪ و ضریب انتقال حرارت نانو سیال آب - اکسید مس ۴۵٪ افزایش یافت. استفاده از نانوسیالات در سیستم‌های خنک کاری موجب افزایش راندمان سیستم خنک کاری ماشین‌های کشاورزی، بهبود مصرف انرژی، کوچک‌تر و سبک‌تر شدن سیستم‌های خنک‌کننده، بهبود خواص ایروپنایمیکی ماشین‌های کشاورزی، کاهش مصرف سوخت و کاهش اثرات سوء انرژی بر محیط زیست می‌شود.

کلمات کلیدی: ماشین‌های کشاورزی؛ کاهش مصرف سوخت؛ نانوسیال آب - اکسید مس

۱ - مقدمه

سوزاندن انرژی‌های فسیلی به شکل‌های امروزی، هوای و محیط زیست را به شدت مخاطره آمیز و در نهایت زندگی سالم را در سرتاسر زمین نامیسر می‌گرداند. همچنین از بزرگترین و مهم‌ترین زیرمجموعه‌های اصلی مصرف انرژی در کشور وسایل نقلیه هستند. خودروها سهم بسیار بسزایی در مصرف سوخت‌های فسیلی، آلودگی هوا و محیط زیست دارند و هر روز هم بر تعداد آن‌ها افزوده می‌شود. بحران مصرف سوخت و انرژی‌های فسیلی در جهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چرا که منابع انرژی‌های فسیلی بسیار محدود و روبه اتمام می‌باشند و مواد فسیلی در زندگی امروز و فردای بشر مصارف دیگر و ضروری تری دارند که هم به لحاظ ارزش



۱۱ و ۱۲ اسفندماه ۱۳۹۰ دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان دانشکده کشاورزی

افزوده و هم به لحاظ نوع و کیفیت استفاده، اجتناب از آن غیر ممکن است. در تمامی وسایل نقلیه (خودرو های سواری، کامیون‌ها، خودروهای راه سازی، ماشین‌های کشاورزی...) موتور با مصرف سوخت، توان مورد نیاز خودرو (جهت کشش خودرو یا ادوات و ضمایم آن) را تأمین می‌کنند. هنگام احتراق مخلوط سوخت و هوا در محفظه احتراق موتور، دما بسیار بالا می‌رود و فقط با چند لیتر سیال خنک کننده مثل آب و یا ترکیبی از آب و ضدیخ/ضد جوش بایستی دمای موتور را کاهش دهیم. همچنین از آنجایی که ویژگی موتور خودروها از نظر محدودیت در واکنش‌ها و راندمان کار به سرعت در حال دگرگون شدن است و نیاز به موتورهایی با نیرو و توان تولیدی بیشتر و مصرف سوخت کمتر امری ضروری می‌باشد، بنابراین باید سیستم‌های خنک‌کننده بتوانند تحت دماهای بالاتر کار کرده و میزان گرمای بیشتری به محیط اطراف انتقال دهند. به همین منظور نیاز مبرمی به توسعه سیالات انتقال‌دهنده حرارت با هدایت گرمایی خیلی بالا و انتقال این فناوری به صنایع خودرو جهت افزایش بازده سیستم خنک کاری وجود دارد (تقی جراح و همکاران، ۱۳۸۹).

اخیرا استفاده از نانو سیالات که در حقیقت سوسپانسیون پایداری از نانوفیبرها و نانو ذرات جامد هستند، به عنوان راهبردی جدید در عملیات انتقال گرما مطرح شده است. تحقیقات اخیر روی نانو سیالات، افزایش قابل توجهی را در هدایت گرمای آن‌ها نسبت به سیالات بدون نانو ذرات و یا همراه با ذرات بزرگتر (ماکرو ذرات) نشان می‌دهد (Choi, 1995). ویژگی‌های منحصر به فرد نانو سیالات در جای خود برای سیستم‌ها و مبدل‌های حرارتی بسیار مطلوب می‌باشند و به همین دلیل، نانو سیالات بعنوان بهترین جایگزین بجای سیالات خنک کننده معمولی در این سیستم‌ها به حساب می‌آیند.

۲ - مرور منابع

محققین بعلت ظرفیت انتقال حرارت پایین سیالات قدیمی و معمولی، مانند آب، مخلوط آب و ضد یخ، روغن موتور و ...، به بررسی استفاده از نانو سیالات در این سیستم‌ها ی خنک کننده پرداخته‌اند. در زمینه بررسی انتقال حرارت توسط نانو سیالات در سیستم خنک‌کاری خودرو جدیداً چند تحقیق صورت گرفته است. لیونگ و همکاران (Leong et al. 2010) جهت بررسی عملکرد انتقال حرارت رادیاتور از نانوسیال حاوی نانوذرات اکسید مس در اتیلن گلیکول خالص استفاده کردند. آن‌ها دریافتند با افزودن ۲ درصد نانو ذرات اکسید مس، ضریب انتقال حرارت سیال خنک‌کننده ۳/۸ درصد افزایش می‌یابد. همچنین اعلام کردند با افزایش سرعت جریان هوا، ضریب انتقال حرارت سیال پایه ۴۲/۷ درصد و ضریب انتقال حرارت نانوسیال ۴۵/۲ درصد افزایش می‌یابد. پیغمبرزاده و همکاران (Peyghambarzadeh et al. 2011, a) نانو ذرات اکسید آلومینیوم را به آب خالص در یک نمونه رادیاتور خودرو پراپد اضافه کردند. با توجه به نتایج آن‌ها با جایگزین کردن نانوسیال بجای آب خالص، ضریب انتقال حرارت سیال خنک‌کننده ۴۵ درصد افزایش می‌یابد. پیغمبرزاده و همکاران (Peyghambarzadeh et al. 2011, b) در تحقیق دیگری نانو ذرات اکسید آلومینیوم را به مخلوط آب و اتیلن گلیکول اضافه کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که با افزودن یک درصد نانوذرات اکسید آلومینیوم به مخلوط آب و اتیلن گلیکول، میزان ضریب انتقال حرارت سیال خنک‌کننده ۴۰ درصد افزایش می‌یابد. در این تحقیق به بررسی افزایش ضریب انتقال حرارت نانو سیال آب - اکسید مس در رادیاتور یک خودرو دیزلی پرداخته می‌شود. همچنین تاثیر افزایش سرعت فن سیستم خنک کاری خودرو بر عملکرد گرمایی رادیاتور بررسی می‌شود.

۳ - مواد و روش‌ها

بررسی‌های آزمایشگاهی زیادی در زمینه انتقال حرارت توسط نانو سیالات مختلفی در لوله‌های مستقیم و از جنس مس و آلومینیوم انجام شده است، که تمامی نتایج آن‌ها بیانگر افزایش سرعت انتقال حرارت توسط نانو سیالات بوده است. اکنون این سوال مطرح است که آیا استفاده از نانو سیالات در رادیاتور ماشین‌های کشاورزی می‌تواند باعث افزایش انتقال حرارت شود. به همین منظور اقدام به طراحی و ساخت سیستم بررسی نحوه‌ی انتقال حرارت توسط نانوسیالات در رادیاتور خودرو گردید. شکل (۱) شماتیک سامانه سنجش شرایط انتقال حرارت در رادیاتور تراکتور را نشان می‌دهد.

۱۱ و ۱۲ اسفندماه ۱۳۹۰ دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان دانشکده کشاورزی

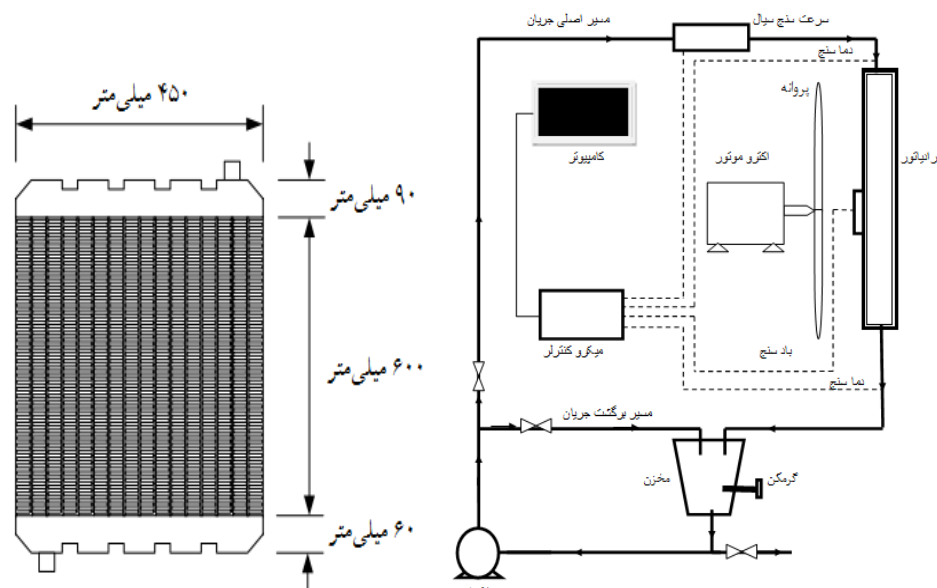
در این سیستم از رادیاتور و پروانه تراکتور رومانی استفاده شده است. پروانه پشت رادیاتور توسط الکترو موتور با سرعت ثابت ۲۵۰۰ دور بر دقیقه دوران می‌کند. سیال خنک کننده در حال گردش توسط سه عدد گرمکن (دو هزار وات) قابل تنظیم در مخزن به دمای ۹۰ درجه سلسیوس می‌رسد و بوسیله الکترو پمپ به ورودی بالای رادیاتور انتقال داده می‌شود. همچنین قبل از ورودی رادیاتور یک مسیر برگشت جریان به داخل مخزن قرار داده شده است تا بتوان میزان دبی جریان سیال ورودی به رادیاتور را کنترل نمود. سرعت جریان سیال در حال گردش را در ورودی رادیاتور توسط سرعت سنج مایع (فلومتر) اندازه گیری می‌شود. دمای سیال خنک کننده در حال گردش در دو نقطه (ورودی و خروجی رادیاتور) توسط دماسنج ثبت می‌شود. داده‌های خروجی از حسگرهای دما به میکروکنترلر و سپس به کامپیوتر انتقال داده می‌شود تا بتوان داده‌ها را ثبت و نمودارهای مربوطه را استخراج کرد. تصویر رادیاتور تراکتور مورد استفاده در این آزمایش در شکل (۲) نشان داده شده است.

۳-۱- محاسبه ضریب انتقال حرارت

در این تحقیق جهت محاسبه ضریب انتقال حرارت سیال در حال گردش از رابطه (۱) استفاده شد (Peyghambarzadeh et al. 2011, a, b)

$$h = \frac{mC_p(T_{in}-T_{out})}{A(T_b-T_{su})} \quad (3-7)$$

در روابط فوق 'h' ضریب انتقال حرارت، 'm' سرعت جرمی سیال و برابر است با حاصلضرب چگالی در سرعت حجمی، 'C_p' ظرفیت گرمایی ویژه، 'A' سطح مقطع لوله رادیاتور، 'T_{in}' و 'T_{out}' دمای ورودی و خروجی سیال در حال گردش در رادیاتور، 'T_b' دمای بدنه رادیاتور که بعلت نازکی جداره لوله های رادیاتور برابر با میانگین دمای ورودی و خروجی فرض شد و 'T_{wall}' دمای دیواره رادیاتور می‌باشد.



شکل (۱) اجزاء تشکیل دهنده سیستم بررسی نحوه انتقال حرارت در رادیاتور خودرو

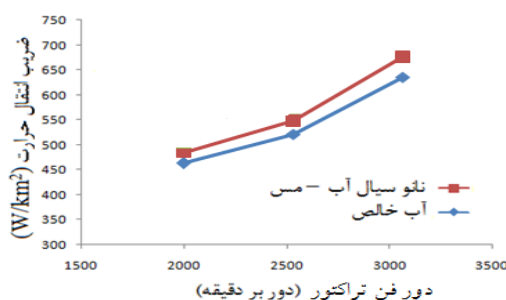
شکل (۲) مشخصات رادیاتور خودرو دیزلی

۴ - نتایج و بحث

برای انجام آزمایشات از طرح آزمایشی بلوک های کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل استفاده شد و اطلاعات بدست آمده بصورت آماری و با استفاده از نرم افزار SPSS 15 تجزیه و تحلیل گردید و نمودارها در نرم افزار Excel رسم شد. آزمایش های بر روی آب

۱۱ و ۱۲ اسفندماه ۱۳۹۰ دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان دانشکده کشاورزی

خالص و نانو سیال آب - اکسید مس با غلظت حجمی ۰/۳٪ انجام شده است (شکل ۳) تاثیر افزایش سرعت فن را بر ضریب انتقال حرارت سیال آب خالص و نانو سیال آب - اکسید مس را نشان می‌دهد. افزایش ضریب انتقال حرارت ایجاد شده توسط نانو سیالات نسبت به آب خالص به وضوح قابل مشاهده می‌باشد. در جدول (۱) مقایسه میانگین ضریب انتقال حرارت در دوره‌های مختلف فن و برای دو سیال آب خالص و نانو سیال آب - اکسید مس را با آزمون دانکن نشان می‌دهد. افزایش دور فن در سطح یک درصد معنا دار می‌باشد. نتایج جدول (۱) حاکی از آن است که اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بین سطوح مختلف دور فن بر ضریب انتقال حرارت وجود دارد. با افزایش دور فن از ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ دور بر دقیقه ضریب انتقال حرارت آب خالص ۴۳٪ افزایش می‌یابد. همچنین ضریب انتقال حرارت نانو سیال آب - اکسید مس ۴۵٪ افزایش می‌یابد. علت این افزایش می‌تواند بعلت میزان حجم بالای هوایی باشد که در واحد زمان از سطح رادیاتور عبور کرده و در نتیجه میزان گرمای بیشتری را در واحد زمان از سطح رادیاتور به محیط اطراف انتقال می‌دهد (Leong et al. 2010). همچنین با توجه به مقادیر میانگین ضریب انتقال حرارت از جدول (۱) نتیجه می‌شود که ضریب انتقال حرارت نانو سیال آب - اکسید مس نسبت به ضریب انتقال حرارت آب خالص ۵، ۶/۵ و ۸ درصد بترتیب در دوره‌های ۲۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۳۰۰۰ دور بر دقیقه، افزایش می‌یابد. در واقع بعلت افزودن نانو ذرات اکسید مس به آب در حال گردش در سیستم خنک کاری رادیاتور میزان ظرفیت گرمایی سیال خنک کننده بیشتر می‌شود. حرکت براوونی و نامنظم ذرات نقش مهمی در افزایش ضریب انتقال حرارت دارد (Peyghambarzadeh et al. 2011, a, b).



شکل (۳) تاثیر افزایش سرعت فن را بر ضریب انتقال حرارت سیال آب خالص و نانو سیال آب - اکسید مس

جدول (۱) میانگین ضریب انتقال حرارت در دوره‌های مختلف فن با آزمون دانکن

ضریب انتقال حرارت		سرعت دور فن (دور بر دقیقه)*
نانو سیال آب - اکسید مس	آب خالص	
^a ۴۸۹/۰۶	^a ۴۵۶/۸۸	۲۰۰۰
^b ۵۶۸/۸۷	^b ۵۲۴/۷۹	۲۵۰۰
^c ۷۲۲/۴۸	^c ۶۵۶/۷۹	۳۰۰۰

* میانگین‌ها با حروف مختلف بطور معنی‌داری ($P < 0.05$) متفاوت هستند.

۵- نتیجه گیری



۱۱ و ۱۲ اسفندماه ۱۳۹۰ دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان دانشکده کشاورزی

در این مقاله به بررسی تاثیر افزایش دور فن بر سیال در حال گردش در سیستم خنک کاری تراکتور رومانی پرداخته شد. همچنین اثر افزودن ۰/۳٪ نانو ذرات اکسید مس بر ضریب انتقال حرارت آب خالص بررسی شد. نتایج بدست آمده به شرح زیر است:

- با افزایش دور فن رادیاتور خودرو از ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ دور بر دقیقه میزان ضریب انتقال حرارت آب خالص ۴۳٪ افزایش می‌یابد.
- با افزایش دور فن رادیاتور خودرو از ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ دور بر دقیقه میزان ضریب انتقال حرارت نانوسیال آب - اکسید مس ۴۵٪ افزایش می‌یابد.
- ضریب انتقال حرارت نانو سیال آب - اکسید مس نسبت به ضریب انتقال حرارت سیال آب خالص به میزان ۵، ۶/۵ و ۸ درصد بترتیب در دوره‌های ۲۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۳۰۰۰ دور بر دقیقه، افزایش یافته است

با استفاده از نانو ذرات اکسید مس در سیستم خنک کاری تراکتور رومانی، سرعت انتقال حرارت رادیاتور افزایش یافته و هزینه‌های تولید و عملیاتی کاهش می‌یابد و در نهایت باعث افزایش عملکرد و راندمان سیستم خنک کاری خودرو می‌شود. استفاده از نانوسیالات بجای سیالات خنک‌کننده معمولی و قدیمی در ماشین‌های کشاورزی موجب بهبود مصرف انرژی، کوچک‌تر و سبک‌تر شدن رادیاتور، کاهش هزینه‌های ساخت رادیاتور، بهبود خواص ایروودینامیکی خودرو (بعلت کاهش مساحت جلویی خودرو)، کاهش مصرف سوخت و اثرات سوء انرژی بر محیط می‌شود.

۵- منابع

- ۱ - تقی جراح، ح.، محتسبی، س.س.، احمدی، ح.، رفیعی، ش.، ۱۳۸۹، مروری بر انتقال حرارت توسط نانو سیالات و بررسی امکان استفاده از آنها در رادیاتور تراکتور، ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون.
- 2- Choi, S.U.S. (1995), "Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles", Developments and Applications of Non-Newtonian Flows, FED-vol. 231/MD-vol. 66, pp. 99-105.
- 3- Leong, K.Y., R.Saidur, S.N.Kazi, A.H.Mamun, (2010), "Performance investigation of an automotive car radiator operated with nanofluid-based coolants (nanofluid as a coolant in a radiator)", Applied Thermal Engineering .30, 2685-2692
- 4- Peyghambarzadeh, S.M., S.H.Hashemabadi, M.Seiji Jamnani, S.M.Hoseini, (2011,a), "Improving the cooling performance of automobile radiator with Al₂O₃ /water nanofluid", Applied Thermal Engineering. 31, 1833-1838.
- 5- Peyghambarzadeh, S.M., S.H.Hashemabadi, S.M.Hoseini, M.Seiji Jamnani, (2011,b), "Experimental study of heat transfer enhancement using water/ethylene glycol based nanofluids as a new coolant for car radiators", International Communications in Heat and Mass Transfer .38, 1283-1290.

Experimental study of heat transfer coefficient of the tractor cooling system with using the new technology of nanofluids



Hasan Taghijarah^{*1}, Seyed Said Mohtasebi², Meysam Sattari Najaf Abadi³

**1: Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering & Technology, University of Tehran, Karaj, Iran:
Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering & Technology, University of Tehran, Iran. 3: Islamic Azad University, share rey branch, Tehran, iran.**

***Corresponding author: E-mail: Taghijarah@ut.ac.ir**