

## ارائه‌ی رابطه‌ی تجربی برای هدایت حرارتی نانوسیالات اکسید روی - اتیلن گلیکول

محمد همت اسفه<sup>۱</sup>، سیف‌الله سعدالدین<sup>۲</sup>، علی نادری<sup>۳</sup>، علی علیرضایی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان، [M.Hemmatesfe@semnan.ac.ir](mailto:M.Hemmatesfe@semnan.ac.ir)

<sup>۲</sup> دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان

<sup>۳</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان

### چکیده

در این تحقیق به بررسی تجربی تأثیر دما و کسر حجمی بر روی نسبت ضریب هدایت حرارتی نانوسیالات اکسید روی - اتیلن گلیکول پرداخته شده است. به این منظور یافته‌های آزمایشگاهی مربوط به ضریب هدایت حرارتی نسبی به صورت تابعی از دما و کسر حجمی برازش می‌گردد. روش‌های تخمین و پیش‌بینی به منظور جبران داده‌های آزمایشگاهی نامشخص توسعه پیدا کرده‌اند. ساختار تابع برازش از طریق تعیین سهم دما و کسر حجمی بر روی نسبت ضریب هدایت حرارت، انتخاب می‌گردد. پس از تجزیه و تحلیل آماری این اثرات، برازشی تجربی از نسبت ضریب هدایت حرارتی به صورت تابعی از دما و کسر حجمی ارائه می‌گردد. به این منظور از نتایج آزمایشگاهی که در محدوده‌ی دمایی ۲۴ تا ۵۰ درجه سانتیگراد و کسر حجمی بین ۰.۰۶۲۵ تا ۰.۵٪ صورت گرفته است، استفاده می‌گردد. در این مطالعه از ۴۰ داده تجربی در ۴ دمای مختلف و ۱۰ کسر حجمی متفاوت برای توسعه پیش‌بینی نسبت ضریب هدایت حرارتی استفاده شده است. در این مقاله چندین تابع به منظور پیش‌بینی نسبت ضریب هدایت حرارتی توسعه داده می‌شود، که در نهایت، تابع با خطای کمتر به عنوان نماینده تابع برازش ضریب هدایت حرارتی انتخاب می‌شود. خطای میانگین مطلق و میانگین مربعات خطای نتایج محاسبه شده توسط توابع برازش شده، به ترتیب ۰.۰۰۲۲ و  $10^{-5} \times 10.829$  می‌باشد. به منظور کاهش اختلاف بین داده‌های پیش‌بینی شده و داده‌های آزمایشگاهی از رگرسیون غیرخطی استفاده شده است، که منجر به خطای پیشینه کمتر از ۰.۰۱ می‌شود. نتایج حاصل از پیش‌بینی نشان می‌دهد که برازش ایجادشده قابلیت پیش‌بینی نسبت ضریب هدایت حرارتی را با دقت مناسبی دارا می‌باشد.

### واژه‌های کلیدی

اکسید روی - اتیلن گلیکول، ضریب هدایت حرارتی، برازش منحنی، نانوسیالات، رگرسیون غیرخطی

### مقدمه

نانو سیالاتی که دارای نانوذرات معلق در سیالات معمول از قبیل آب، اتیلن گلیکول و روغن موتور هستند، در مقایسه با سیالات خالص بهبود انتقال حرارت قابل ملاحظه‌ای را ایجاد می‌کنند. برخی از نانوذرات اکسیدی تعلیق بهتری را در مایعات به وجود می‌آورند.

ضریب هدایت حرارتی یکی از اساسی‌ترین خواص انتقالی برای کاربرد نانوسیالات به عنوان سیالات انتقال حرارت در سیستم‌های صنعتی از قبیل مبدل‌های حرارتی یا سیستم‌های خنک‌کننده به حساب می‌آید. نانوذرات مختلفی از جمله فلزی و اکسیدی به عنوان فاز جامد به نانوسیالات افزوده می‌شود. از میان این نانوذرها به Cu،  $\text{CuO}$ ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ،  $\text{TiO}_2$ ،  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ، SiC و CNT در مطالعات توجه بیشتری شده است، درحالی‌که خواص ترموفیزیکی نانوسیالات اکسید روی هنوز به خوبی مورد بررسی قرار نگرفته است.

همت و سعدالدین [۱] در تحقیقی به بررسی ویسکوزیته‌ی این نانوسیالات پرداخته‌اند و برای آن روابطی تجربی ارائه نموده‌اند. در تحقیقی دیگر لی و همکاران [۲] نانوسیالات پایه آبی اکسید روی را مورد بررسی آزمایشگاهی قرار داده‌اند و مطالعه‌ی خود را به بررسی ضریب هدایت حرارتی و ویسکوزیته‌ی این نانوسیالات معطوف نموده‌اند. در تحقیقی دیگر سوگانتی و همکاران [۳] نانوسیالات اکسید روی - اتیلن گلیکول را از نظر تغییرات اندازه‌ی ذرات و پتانسیل زتا و همین‌طور تغییرات دما بررسی کرده و تأثیر آن را بر ویسکوزیته‌ی آن مورد آزمایش قرار داده‌اند. همچنین شغل و بهرامی [۴] انتقال حرارت جوشش استخری نانوسیالات پایه آبی اکسید روی و اکسید روی را بررسی کرده و تأثیر سورفکتانت‌ها را بر انتقال حرارت آنها محاسبه نموده‌اند. از دیگر تحقیقات انجام شده در این زمینه می‌توان به تحقیقات گسترده و جامع سوگانتی و راجان [۵] اشاره نمود که نویسندگان در این تحقیق روشی جدید برای تولید نانوسیالات اکسید روی - پروپیلن گلیکول - آب ارائه نموده‌اند و ویسکوزیته و ضریب هدایت حرارتی آن را به وسیله‌ی آزمایش محاسبه نموده و آنها را با نتایج بدست آمده از همین ماده با روش ساختی متفاوت مقایسه نموده‌اند که نشان می‌دهد روش ابداعی ایشان نتایجی به مراتب بهتر ارائه می‌نماید.

در این مطالعه نیز از روش دو مرحله‌ای برای تهیه نانو سیالات اکسید روی - اتیلن گلیکول با کسر حجمی‌های متفاوت استفاده شده است. نسبت ضریب هدایت حرارتی در محدوده‌ی کسر حجمی ۰.۰۶۲۵ تا ۰.۵ درصد و همچنین در محدوده دمایی بین ۲۴ تا ۵۰ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری می‌شود. نسبت ضریب هدایت حرارتی بر حسب دو پارامتر کسر حجمی و دما برازش می‌گردد.

### تهیه‌ی نانو سیالات