

تحلیل تئوری انتقال حرارت در نانو سیالات پایه هیدروکربنی مورد استفاده در مبدل های حرارتی صنایع نفت

زهرا پرویزی

۱- دانشجوی کارشناسی مهندسی نفت، دانشگاه تهران

Zahraparvizi836@gmail.com

خلاصه

در این پژوهش، انتقال حرارت در نانوسیالات پایه هیدروکربنی مورد استفاده در مبدل های حرارتی صنایع نفت، به صورت تئوری مورد بررسی قرار گرفته است. هدف اصلی تحقیق، تحلیل تأثیر پارامترهایی همچون دما، غلظت، اندازه و نوع نانوذرات بر رسانش حرارتی و پایداری نانوسیال بوده است. نتایج بررسی ها نشان می دهد که افزایش دما و غلظت نانوذرات تا محدوده ای مشخص موجب افزایش ضریب انتقال حرارت می شود، اما در مقادیر بالا به دلیل افزایش ویسکوزیته و کاهش پایداری، بازده سیستم افت می کند. همچنین، نوع سیال پایه و ترکیب نانوذرات نقش مهمی در عملکرد حرارتی و پایداری نانوسیالات دارند. استفاده از نانوسیالات در مبدل های حرارتی نفتی موجب افزایش بازده حرارتی، کاهش افت انرژی و بهبود طول عمر تجهیزات می شود. در نهایت، نتایج این پژوهش می تواند مبنایی برای طراحی و توسعه ی مدل های تئوری و عددی به منظور بهینه سازی انتقال حرارت در فرایندهای صنعتی و افزایش بازده انرژی در صنایع نفت و گاز باشد.

کلمات کلیدی: نانوسیالات، انتقال حرارت، پایداری حرارتی، مبدل های حرارتی، صنایع نفت و گاز

۱. مقدمه

نفت، ترکیبی پیچیده از هیدروکربن هاست که در اثر تجزیه مواد آلی طی میلیون ها سال در اعماق زمین تشکیل می شود. این ماده ارزشمند به عنوان منبع اصلی انرژی و ماده اولیه بسیاری از فرآورده های شیمیایی مانند بنزین، گازوئیل، پلاستیک و روان کننده ها به کار می رود. به دلیل نقش حیاتی آن در تولید انرژی، حمل و نقل و صنایع پتروشیمی، نفت یکی از مهم ترین و راهبردی ترین منابع طبیعی در جهان به شمار می آید. انرژی از مهم ترین عوامل ضروری برای توسعه کشور ها می باشد؛ از طرف دیگر انرژی های فسیلی رو به کاهش هستند و در نهایت اتمام منابع و ذخایر آنها را در پیش داریم. [۱] همچنین مصرف انرژی به خصوص سوخت های فسیلی مهمترین عامل آلودگی هوا و تغییرات آب و هوایی می باشند؛ به همین دلیل استفاده بهینه از انرژی در فرآیند توسعه اقتصادی همواره به عنوان یک هدف مهم در توسعه پایدار مدنظر بوده است؛

این امر با بهینه سازی و بهبود روش های بهره برداری از منابع و فرآیند های تبدیل انرژی و انتقال انرژی است؛ جهان امروز برای تامین انرژی محتاج صرف هزینه های بسیار گزافی است به همین دلیل ساخت تجهیزات پربازده و همچنین کارکرد تجهیزات در نقطه طراحی اهمیت به سزایی دارد؛ پس امروزه روش هایی که به هر طریقی بتوانند باعث افزایش انتقال حرارت شوند، بسیار مورد توجه مهندسان و پژوهشگران می باشند.[1]

انتقال حرارت یکی از پدیده های بنیادی در مهندسی است که نقش تعیین کننده ای در عملکرد سیستم های انرژی، فرآیند های صنعتی و تجهیزات حرارتی دارد.

افزایش انتقال حرارت در همه ی صنایع از جمله راکتور های هسته ای و نیروگاه ها برای بهینه سازی مصرف انرژی، از اهمیت زیادی برخوردار می باشد؛ تکنیک های متعددی جهت افزایش انتقال حرارت و راندمان مبدل های حرارتی توسط محققان در دهه ی اخیر ارائه شده است.[۲] که یکی از مهم ترین دستاورد های این حوزه، معرفی نانوسیالات به عنوان نسل جدیدی از سیالات حرارتی است که در آن، ذرات جامد در ابعاد نانومتر به طور یکنواخت در یک سیال پایه پخش می شوند که باعث بالا بردن و بهبود انتقال حرارت می باشد.

برای اولین بار ماکسول در سال ۱۸۸۱ ایده اضافه کردن ذراتی جامد به سیال پایه را مطرح کرد این ذرات خواص انتقال حرارتی بالاتری را نسبت به سیال پایه دارا بودند؛ استفاده از این ذرات به علت درشت بودن آنها مشکلاتی از قبیل رسوب دهی، خوردگی اجزا و افت فشار اضافی را به همراه داشت و به همین علت چندان مورد توجه واقع نشد.[2]

برای اولین بار چوی و همکاران در سال ۱۹۹۵ ذراتی با اندازه نانو را به سیال پایه اضافه نمودند و سیالی جدید با خواص انتقال حرارت بالاتر نسبت به سیال پایه تولید کردند که آن را نانوسیال نامیدند.[2]

نانوسیالات امروزه تنها محدود به مهندسی مکانیک یا شیمی نیستند؛ بلکه در رشته های گوناگونی همچون پزشکی (برای خنک سازی نانوسیستم ها)، الکترونیک (در خنک کننده تراشه ها)، سیستم های انرژی تجدیدپذیر (مانند کلکتورهای خورشیدی) و حتی هوافضا (در خنک سازی تجهیزات فضایی) نیز به کار گرفته می شوند. دلیل این کاربرد گسترده، قابلیت بالای نانوسیالات در کنترل دقیق انتقال حرارت و مقاومت در برابر دماهای شدید است.[3]

در صنایع نفت و گاز، فرایندهای عملیاتی معمولاً در شرایط فشار و دمای بالا انجام می شوند، از این رو کنترل حرارت در تجهیزات این صنایع اهمیت زیادی دارد. مبدل های حرارتی نقش اساسی در انتقال انرژی میان جریان های مختلف سیالات ایفا می کنند. از آن جا که بیشتر این سیالات از نوع هیدروکربنی هستند، استفاده از نانوسیالات پایه هیدروکربنی به عنوان سیال انتقال حرارت می تواند موجب افزایش بازده حرارتی، کاهش ابعاد تجهیزات و بهبود پایداری دمایی سیستم ها گردد.

در این پژوهش، هدف اصلی تحلیل تئوری رفتار انتقال حرارت در نانوسیالات پایه هیدروکربنی و بررسی تأثیر پارامترهایی مانند دما، فشار و ... بر ویژگی های حرارتی آنهاست. نتایج حاصل می تواند به درک بهتر مکانیزم انتقال حرارت در دماهای بالا و طراحی کارا تر مبدل های حرارتی در صنایع نفتی کمک کند.

۲. روش تحقیق

در این مقاله از روش مطالعاتی اسنادی و مراجعه به کتب نشریات و سایت های علمی مرتبط و یادداشت برداری و فیش برداری، برای رسیدن به نتیجه تحقیق و نتیجه مقاله بهره گرفته شده است.

۳. تعریف مفاهیم پایه و پارامتر های موثر

۳-۱ تعریف مفاهیم پایه

نانوسیالات:

نانوسیال عبارت است از ذرات بسیار ریز جامد در ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر که در سیال پایه معلق می شوند؛ به طور معمول نانوذرات از جنس فلزاتی مانند مس، آلومینیوم، پتاسیم، سیلیسیم و اکسید های آنها و همچنین نانو لوله های کربن و سیالات پایه نیز عمدتاً از سیالات با رسانایی نسبتاً پایین تر مانند آب، اتیلن گلیکول و سیالاتی از این دسته که در صنعت به عنوان هادی انتقال حرارت مورد استفاده قرار می گیرند، می باشند.[4]

انتقال حرارت:

انتقال حرارت، انرژی در حال جریان ناشی از اختلاف دما میباشد؛ یعنی وقتی اختلاف دمایی در دو قسمت از یک ماده یا بین دو ماده وجود داشته باشد، انتقال حرارت رخ میدهد؛ در ترمودینامیک این انتقال انرژی، به عنوان حرارت تعریف میشود؛ علم انتقال حرارت، آهنگ مبادله انرژی حرارت انتقالی را توضیح میدهد و این تفاوت میان انتقال حرارت و ترمودینامیک است.[۱] در مبدل های حرارتی، این انتقال معمولاً از طریق رسانش، جابجایی و گاهی تابش صورت می گیرد. ضریب انتقال حرارت کل شاخصی برای سنجش کارایی حرارتی سیستم است و مستقیماً به نوع سیال و خواص ترمودینامیکی آن وابسته است.

سیالات پایه هیدروکربنی:

مبدل حرارتی تجهیزاتی است که برای انتقال انرژی حرارتی بین دو یا چند سیال در دماهای متفاوت طراحی شده است.

مبدل حرارتی انواع مختلفی دارد؛ این مبدل ها می توانند به صورت مستقیم یا غیر مستقیم برای انتقال حرارت سیالات مختلف به کار رود؛ معمولاً مبدل های حرارتی به صورت غیر مستقیم با استفاده از تجهیزات پوسته و لوله یا تجهیزات مکانیکی فلزی صورت می گیرد؛ دلیل استفاده از موارد فلزی برای انتقال حرارت بهتر و همچنین مقاومت بیشتر در برابر خوردگی و فشار و صدمات مکانیکی است.[4]

در صنایع نفت، مبدل های پوسته-لوله و مبدل های صفحه ای بیشترین کاربرد را دارند. بازده این تجهیزات به خواص ترمودینامیکی سیالات، شرایط عملیاتی (دما و فشار) و ویژگی های هندسی بستگی دارد.

۳-۲ پارامتر های موثر بر انتقال حرارت در نانو سیالات پایه هیدروکربنی

دما:

افزایش دما موجب افزایش انرژی جنبشی ذرات و در نتیجه افزایش رسانش حرارتی می شود، اما در دماهای بسیار بالا ممکن است منجر به ناپایداری نانوسیال و ته نشینی ذرات گردد.

فشار:

افزایش فشار معمولاً موجب افزایش چگالی سیال و بهبود تماس بین ذرات نانو و مولکول های سیال می شود. با این حال، در فشارهای خیلی بالا ممکن است ساختار سیال دچار تغییر فازی شود.

نوع و غلظت نانو ذرات:

دامنه ترکیبات مفید نانوذرات و سیالات پایه گسترده است؛ بر اساس نوع ذرات، انواع نانو سیالات را می توان به چهار گروه نانوسیالات سرامیکی، فلزی، آلیاژی و نهایتاً نانوسیالات با شکل های متنوع کربن یا پایه کربنی تقسیم کرد. [5]
نوع نانوذره و غلظت حجمی آن از مهم ترین عوامل تعیین کننده در افزایش ضریب رسانش حرارتی هستند.

نتایج تحقیقاتی متعددی نشان داده که در غلظت های پایین نانو ذرات (۵-۱ درصد حجمی) نیز هدایت گرمایی می تواند تا بیش از ۲۰ درصد نیز افزایش یابد. [6]

سیال پایه:

سیال پایه نقش حامل حرارت را دارد و خواص آن (مانند ویسکوزیته، ظرفیت گرمایی ویژه و رسانش حرارتی) بر عملکرد نهایی نانوسیال تأثیر مستقیم می گذارد. در مبدل های حرارتی نفتی، انتخاب سیال پایه مناسب از نوع هیدروکربنی اهمیت زیادی دارد.

جنس دیواره و زبری سطح:

جنس دیواره مبدل حرارتی (مثل فولاد ضد زنگ، آلیاژهای نیکل، یا مس) و زبری سطح تماس، در تبادل حرارت بین سیال و دیواره نقش دارد. زبری بیشتر سطح می تواند باعث افزایش تلاطم و بهبود انتقال حرارت گردد، اما ممکن است افت فشار را نیز افزایش دهد.

۴. مبانی تئوری انتقال حرارت در نانوسیالات

انتقال حرارت در سیالات یکی از اساسی ترین فرآیندها در سیستم های مهندسی است و نقش تعیین کننده ای در عملکرد تجهیزات حرارتی دارد. در ساده ترین حالت، انتقال حرارت می تواند از سه طریق رسانش، جابجایی و تابش صورت گیرد. در نانوسیالات، دو مکانیزم اصلی یعنی رسانش حرارتی

(Conduction) و جابجایی حرارتی (Convection) بیشترین اهمیت را دارند، زیرا این دو فرآیند مستقیماً بر انتقال انرژی بین سیال و سطح جامد تأثیر می‌گذارند.

در انتقال حرارت به روش هدایت (رسانشی) ابتدا قسمتی از ماده گرم می‌شود، مولکول‌های آن قسمت جنبش بیشتری پیدا می‌کنند سپس به مولکول‌های مجاور برخورد کرده آنها را نیز به حرکت در می‌آورند؛ این کار در سراسر ماده ادامه می‌یابد تا این که ماده گرم می‌شود. [۷] یعنی انرژی حرارتی از طریق ارتعاشات شبکه‌ای یا برخورد مولکولی منتقل می‌شود. در سیالات معمولی، این فرآیند به هدایت مولکول‌های پایه (مانند مولکول‌های هیدروکربنی یا آب) محدود است. با افزودن ذرات نانومقیاس (مانند نانوذرات فلزی، اکسیدهای فلزی، یا نانولوله‌های کربنی)، مسیرهای جدیدی برای انتقال انرژی ایجاد می‌شود. این ذرات به دلیل رسانایی حرارتی بالاتر نسبت به سیال پایه، موجب افزایش کلی ضریب هدایت حرارتی می‌شوند.

در مقابل انتقال حرارت به روش جا به جایی مولکول‌های ماده ضمن انتقال حرارت حرکت می‌کنند؛ برای ایجاد جریان همرفت سه شرط لازم است:

- ماده باید مایع یا گاز (سیال) باشد.
- بین دو نقطه از جسم اختلاف دما وجود داشته باشد یعنی قسمتی گرم و قسمتی سرد باشد (شرط اولیه هر انتقال حرارت).
- قسمت گرم پایین تر از قسمت سرد باشد. [7]

به طور کلی انتقال حرارت به روش جا به جایی به حرکت توده‌ای سیال است و زمانی رخ می‌دهد که سیال در حال جریان باشد. نانوذرات افزوده شده به سیال باعث تغییر خواص رئولوژیکی آن می‌شوند؛ از جمله افزایش چگالی، ویسکوزیته و ظرفیت گرمایی می‌شود. این تغییرات باعث بهبود یا در برخی موارد کاهش راندمان انتقال حرارت جابجایی می‌شوند، بستگی به اندازه و نوع ذرات نانو و نرخ جریان سیال دارد.

مدل‌های تئوری متعددی برای پیش‌بینی رفتار حرارتی نانوسیالات توسعه یافته‌اند. مدل‌های کلاسیک مانند Maxwell و Hamilton-Crosser در ابتدا برای مواد کامپوزیتی طراحی شدند، اما بعدها برای نانوسیالات نیز مورد استفاده قرار گرفتند. این مدل‌ها نشان می‌دهند که افزایش کسری حجمی نانوذرات و رسانایی حرارتی ذرات، به صورت مستقیم موجب بهبود هدایت حرارتی سیال می‌شود. با این حال، مطالعات جدید نشان داده‌اند که این روابط ساده، نمی‌توانند اثرات پیچیده‌ای مانند حرکت براونی یا لایه‌های بین سطحی را به طور کامل توضیح دهند، بنابراین مدل‌های تجربی و عددی پیشرفته‌تری برای بررسی رفتار واقعی نانوسیالات ارائه شده است.

در مجموع، رفتار حرارتی نانوسیالات تابعی از عوامل متعددی است؛ از جمله نوع نانوذره (فلزی، سرامیکی، یا کربنی)، اندازه و شکل ذرات، غلظت حجمی، نوع سیال پایه (آب، روغن، یا ترکیبات هیدروکربنی) و شرایط جریان (آرام یا آشسته). شناخت دقیق این پارامترها در طراحی سیستم‌های حرارتی، به ویژه در صنایع نفت و گاز که پایداری حرارتی و بازده انتقال انرژی حیاتی است، از اهمیت بالایی برخوردار است.

۵. تحلیل اثر پارامترها بر بازده انتقال حرارت

۱-۵ اثر دما بر رسانش حرارتی و پایداری نانوسیال

افزایش دما یکی از مهم‌ترین پارامترهایی است که مستقیماً بر ضریب رسانش حرارتی (k) و پایداری نانوسیال تأثیر می‌گذارد. با بالا رفتن دما، انرژی جنبشی مولکول‌ها و ذرات نانو افزایش می‌یابد و این امر موجب برخورد بیشتر بین ذرات و مولکول‌های سیال و در نتیجه افزایش انتقال حرارت می‌شود. اما اگر دما از یک حد معین فراتر رود، پایداری نانوسیال کاهش می‌یابد، چون ذرات نانو تمایل به تجمع پیدا می‌کنند و پراکندگی یکنواخت خود را از دست می‌دهند. این پدیده می‌تواند موجب کاهش رسانش حرارتی و در نهایت افت کارایی سیستم شود. بنابراین، در سیستم‌های حرارتی مانند مبدل‌های مورد استفاده در صنایع نفت، انتخاب دمای کاری بهینه اهمیت زیادی در حفظ تعادل بین افزایش رسانش و پایداری دارد.

۲-۵ اثر غلظت نانوذرات بر افزایش ضریب انتقال حرارت

غلظت نانوذرات در سیال پایه یکی از عوامل کلیدی در تعیین ضریب انتقال حرارت مؤثر ($keff$) است. افزایش غلظت تا یک مقدار مشخص، منجر به ایجاد مسیرهای رسانشی بیشتر در سیال و افزایش انتقال حرارت می‌شود. اما در غلظت‌های بیش از حد، به دلیل افزایش ویسکوزیته و تجمع ذرات نانو، افت فشار در جریان سیال افزایش یافته و در نتیجه بازده کل سیستم کاهش می‌یابد.

۳-۵ اثر نوع ماده پایه بر بازده سیستم

نوع سیال پایه مانند آب، روغن‌های معدنی یا سیالات هیدروکربنی، نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد حرارتی نانوسیالات دارد. سیالاتی با رسانش حرارتی بالاتر (مانند آب) معمولاً انتقال حرارت بهتری دارند، اما در سیستم‌های نفتی که سیالات هیدروکربنی به کار می‌روند، پایداری در دما و فشار بالا اهمیت بیشتری دارد. استفاده از نانوسیالات پایه هیدروکربنی به دلیل سازگاری با ترکیب شیمیایی سیال فرآیندی و مقاومت در برابر اکسیداسیون، موجب بهبود طول عمر و عملکرد مبدل‌های حرارتی در محیط‌های نفتی می‌شود. بنابراین، انتخاب نوع ماده پایه باید متناسب با نوع کاربرد و شرایط عملیاتی صورت گیرد.

۴-۵ اثر اندازه ذرات نانو و نوع فلز یا اکسید فلزی

اندازه و جنس نانوذرات یکی از عوامل بنیادین در تعیین ویژگی‌های انتقال حرارت نانوسیال است. ذرات کوچک‌تر (زیر ۵۰ نانومتر) به دلیل سطح ویژه‌ی بیشتر و پراکندگی بهتر، قابلیت افزایش رسانش حرارتی بالاتری دارند. از سوی دیگر، جنس ذره نیز نقش کلیدی ایفا می‌کند:

نانوذرات فلزی مانند Cu، Ag و Al دارای رسانش حرارتی بسیار بالا هستند و موجب افزایش چشمگیر انتقال حرارت می‌شوند. نانوذرات اکسیدی مانند Al_2O_3 ، TiO_2 یا ZnO پایداری شیمیایی بهتری دارند و برای شرایط با دمای بالا مناسب‌ترند. در نتیجه، انتخاب نوع نانوذره باید بر اساس تعادل بین رسانش حرارتی بالا و پایداری شیمیایی در شرایط عملیاتی انجام گیرد.

۶. کاربرد صنعتی در مبدل‌های حرارتی نفتی

۶-۱ ساختار و عملکرد مبدل‌های حرارتی در پالایشگاه‌ها

مبدل‌های حرارتی از تجهیزات کلیدی در واحدهای فرآیندی پالایشگاه‌ها هستند و وظیفه‌ی اصلی آن‌ها انتقال حرارت بین دو جریان سیال بدون تماس مستقیم است. در فرایندهای پالایش نفت خام، از مبدل‌های مختلفی مانند پوسته و لوله (Shell and Tube)، صفحه‌ای (Plate Type) و هوایی (Air-Cooled) استفاده می‌شود. رایج‌ترین نوع در صنایع نفتی، مبدل حرارتی پوسته و لوله‌ای است که در آن یک سیال داغ درون لوله‌ها جریان دارد و سیال سرد در اطراف آن در پوسته حرکت می‌کند. این ساختار به دلیل استحکام مکانیکی بالا، قابلیت کار در فشار و دمای زیاد و سهولت در تعمیر و نگهداری، برای فرایندهای پالایشگاهی ایده‌آل است. با این حال، در این مبدل‌ها معمولاً افت حرارتی قابل توجهی رخ می‌دهد که ناشی از محدودیت رسانش حرارتی سیالات پایه و تشکیل رسوبات در سطوح انتقال حرارت است.

۶-۲ مزایای استفاده از نانوسیالات در مبدل‌های حرارتی نفتی

افزودن ذرات نانو به سیالات پایه هیدروکربنی موجب افزایش چشمگیر ضریب انتقال حرارت و در نتیجه بهبود عملکرد کلی مبدل‌های حرارتی می‌شود. نانوذرات با ایجاد مسیرهای رسانش مؤثر بین مولکول‌های سیال، مقاومت حرارتی را کاهش داده و تبادل انرژی را تسهیل می‌کنند. به همین دلیل، افت حرارتی سیستم کمتر و بازده انرژی بیشتر می‌شود. علاوه بر این، توزیع یکنواخت نانوذرات موجب کاهش رسوب‌گذاری و

افزایش پایداری حرارتی در شرایط عملیاتی دما و فشار بالا می‌گردد. در مجموع، استفاده از نانوسیالات در مبدل‌های حرارتی صنایع نفت، روشی کارآمد برای کاهش مصرف انرژی و افزایش عمر تجهیزات به شمار می‌آید.

۷. پیشینه پژوهش

در دهه‌های اخیر، نیاز روزافزون به افزایش بهره‌وری انرژی در سیستم‌های حرارتی باعث شده است تا پژوهش‌های متعددی در زمینه بهبود عملکرد مبدل‌های حرارتی و سیالات کاری انجام شود. با توسعه فناوری نانو، استفاده از نانوسیالات به عنوان نسل جدیدی از سیالات انتقال حرارت مورد توجه ویژه قرار گرفته است. نانوسیالات با افزودن ذرات نانو فلزی یا اکسید فلزی به سیال پایه، موجب افزایش ضریب رسانش حرارتی و بهبود انتقال حرارت در سیستم‌های صنعتی می‌شوند. این موضوع از اوایل دهه ۲۰۰۰ میلادی به‌صورت جدی وارد حوزه مهندسی مکانیک، شیمی و نفت شد و تاکنون تحقیقات بسیاری در زمینه رفتار حرارتی و پایداری نانوسیالات انجام گرفته است.

از دیدگاه نظری، تحلیل انتقال حرارت در نانوسیالات بر اساس اصول ترمودینامیک و مکانیک سیالات توسعه یافته است. در این زمینه، کتاب «انتقال حرارت» نوشته J.P. Holman یکی از منابع پایه‌ای و معتبر محسوب می‌شود که مفاهیم بنیادی رسانش، جابجایی و تشعشع حرارتی را به‌صورت تحلیلی بیان کرده است. این مرجع مبنای بسیاری از مدل‌سازی‌های تئوری و تجربی در تحقیقات جدید درباره انتقال حرارت نانوسیالات بوده و درک دقیقی از روابط بین دما، رسانش حرارتی و خواص فیزیکی سیالات فراهم می‌کند. در سال‌های اخیر، پژوهش‌هایی نظیر مطالعات Saidur et al (۲۰۱۱) و Kasaeian et al (۲۰۲۰) به بررسی نقش نوع ذرات نانو، غلظت، اندازه و دما بر بهبود عملکرد حرارتی نانوسیالات پرداخته‌اند. همچنین تحقیقات جدید در حوزه صنایع نفت و گاز نشان داده است که استفاده از نانوسیالات پایه هیدروکربنی در مبدل‌های حرارتی پالایشگاهی، می‌تواند موجب کاهش افت حرارتی، افزایش بازده انتقال انرژی و افزایش پایداری سیستم در دماهای بالا شود.

علاوه بر منابع بالا منابع دیگری نیز در حیطه ی پژوهش یافت شده که در جدول زیر به آنها اشاره شده است.

عنوان مقاله	نام نویسنده	انتشار	سال انتشار
بررسی لایه مرزی جریان و انتقال حرارت نانو سیال مغناطیسی روی صفحه افقی	محمدحسین یزدی حسین ده جوریان جواد صافحیان	چهارمین کنفرانس بین المللی علوم، مهندسی، و نقش تکنولوژی در کسب و کارهای نوین	۱۴۰۲
بررسی انتقال حرارت همرفت و	میلاد سعیدی سجاد کهریزی	چهارمین کنفرانس بین المللی نوآوری های اخیر	۱۳۹۶

	در شیمی، مهندسی شیمی		تابشی در کوره واحد نمکزدایی نفت خام
۱۴۰۳	سومین کنفرانس بین المللی مهندسی و فناوری اطلاعات	مهدی مطاعی	بررسی روش های انتقال حرارت در سیالات
۱۴۰۳	نهمین کنفرانس بین المللی تحقیقات بین رشته ای در مهندسی برق، کامپیوتر، مکانیک و مکاترونیک در ایران و جهان اسلام	قربان رمضان خواه	اثر نانو سیال در بهبود انتقال حرارت
۱۳۹۳	چهارمین کنفرانس بین- المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی	ابوالفضل امیری	بهینه سازی عملکرد و ذخیره انرژی در خطوط لوله انتقال نفت کوره و نفت سنگین
۱۴۰۳	اولین کنفرانس ملی صنایع گاز و پالایش	سجاد مظفری علی اسفندیاری بیات آرمین حسینیان	بررسی اثر میزان انحراف چاه بر پایداری آن در سازندهای کربناته توسط یک سیال بهینه شده با نانو ذرات

۸. سوالات پژوهش

۱- نانو سیال چیست؟

۲- غلظت و نوع نانوذرات (فلزی یا اکسید فلزی) چه نقشی در بهبود انتقال حرارت دارند؟

۳- آیا استفاده از نانوسیالات در مبدل های حرارتی نفتی می تواند منجر به کاهش مصرف انرژی و بهبود بازده اقتصادی

فرآیند شود؟

۴_ افزودن نانوذرات فلزی و اکسیدی به سیالات هیدروکربنی چگونه بر پایداری حرارتی و عملکرد انتقال حرارت تاثیر میگذارد؟

۵_ آیا نوع ماده ی پایه می تواند در ضریب انتقال حرارت و بازده نهایی سیستم تاثیر قابل توجهی داشته باشد؟

۶_ آیا استفاده از نانو سیالات می تواند باعث کاهش افت حرارتی و افزایش طول عمر مبدل های حرارتی نفتی شود؟

۹. اهداف پژوهش

هدف از این پژوهش، بررسی و تحلیل تأثیر پارامترهای مختلف فیزیکی و عملیاتی بر رفتار حرارتی نانوسیالات و میزان بهبود انتقال حرارت در مبدل های حرارتی مورد استفاده در صنایع نفت و گاز است. در این تحقیق تلاش شده است تا با مرور مبانی تئوری و یافته های پیشین، نقش عواملی مانند دما، غلظت نانوذرات، اندازه و جنس ذرات، و نوع سیال پایه در افزایش ضریب انتقال حرارت و پایداری حرارتی مورد بررسی قرار گیرد. همچنین، مزایای استفاده از نانوسیالات در بهبود راندمان حرارتی مبدل های نفتی و کاهش افت انرژی تحلیل شده و در پایان، نتایج به دست آمده می تواند به عنوان راهکاری کاربردی برای افزایش کارایی سیستم های حرارتی در پالایشگاه ها مورد استفاده قرار گیرد.

نانوذرات نقش حیاتی در بهبود خواص حرارتی و رئولوژیکی نانوسیالات ایفا می کنند، که آنها را به یک گزینه ارزشمند برای افزایش کارایی مبدل های حرارتی تبدیل می کند. [۸] در این پژوهش، با بررسی اثر نانوسیالات بر فرآیند انتقال حرارت در مبدل های حرارتی صنعتی، تلاش شد تا رابطه میان ویژگی های فیزیکی سیال و بازده حرارتی سیستم تحلیل شود. نتایج نشان داد که استفاده از نانوسیالات با غلظت و نوع مناسب نانوذره می تواند موجب افزایش ضریب هدایت حرارتی، بهبود پایداری دمایی و کاهش تلفات انرژی گردد. همچنین مشاهده شد که انتخاب سیال پایه و شرایط کاری نقش تعیین کننده ای در عملکرد حرارتی دارند. بر این اساس، به کارگیری نانوسیالات در مبدل های حرارتی صنایع نفتی می تواند به عنوان روشی کارآمد برای ارتقای راندمان، صرفه جویی انرژی و بهینه سازی فرآیندهای حرارتی مورد توجه قرار گیرد.

۱۲. نتیجه گیری

در این پژوهش، اثر پارامترهایی مانند دما، غلظت، نوع و اندازه ی نانوذرات بر انتقال حرارت و پایداری نانوسیالات پایه هیدروکربنی در مبدل های حرارتی صنایع نفت بررسی شد. نتایج نشان داد که افزایش دما و غلظت نانوذرات تا حد بهینه موجب افزایش ضریب رسانش حرارتی می شود، اما در مقادیر بالا به دلیل ناپایداری و افزایش ویسکوزیته، کارایی سیستم کاهش می یابد. همچنین، نوع نانوذره و سیال پایه نقش تعیین کننده ای در عملکرد حرارتی دارند و انتخاب ترکیب مناسب می تواند منجر به افزایش بازده انرژی و کاهش تلفات حرارتی گردد.

به طور کلی، استفاده از نانوسیالات پایه هیدروکربنی در مبدل های حرارتی نفتی راهکاری مؤثر برای بهبود راندمان حرارتی، کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر تجهیزات است. این نتایج می تواند مبنایی برای طراحی مدل های تئوری و عددی دقیق تر در آینده باشد تا امکان توسعه ی نانوسیالات با کارایی بالاتر در شرایط عملیاتی صنایع نفت و گاز فراهم شود. هر مقاله باید با ارائه توضیحات مشخص به جمع بندی نتایج تحقیق ارائه شده در بخش نتیجه گیری پردازد.

۱۱. مراجع

[۱]: دژدار، علی، ۱۴۰۰، تاثیر نانوسیالات در بهبود انتقال حرارت در مبدلها و لوله های حرارتی، سومین کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در مهندسی برق، کامپیوتر، مکانیک و مکاترونیک در ایران و جهان اسلام، تهران، <https://civilica.com/doc/1395175>

[۲]: میرآقاپور، صدیقه و حیدری، زهرا و پیردشتی، محسن، ۱۳۹۴، کاربرد نانوسیال در افزایش انتقال حرارت در لوله ها و مبدل حرارتی، دومین همایش ملی جریان سیال انتقال حرارت و جرم، اصفهان، <https://civilica.com/doc/640479>

[3]: Saidur, R., Leong, K. Y., & Mohammed, H. A. (2011). A review on applications and challenges of nanofluids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1646–1668.

[۴]: تاجی اشکفتکی، یاسر، ۱۴۰۲، مطالعه مروری بهبود انتقال حرارت در مبدل های حرارتی با کاربرد نانوسیالات با هدف بهینه سازی مصرف انرژی در بخش صنعت، بیستمین کنفرانس ملی مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک، شیروان، <https://civilica.com/doc/1923377>

[۵]: معارچی پور، علی، ۱۳۹۹، خواص نانو سیالات و تاثیر آنها در انتقال حرارت، چهارمین کنفرانس بین المللی راهکارهای نوین در مهندسی، علوم اطلاعات و فناوری در قرن پیش رو، <https://civilica.com/doc/1032524>

[۶]: بنی هاشمی، سیدهادی و دهقانی، سیدرضا، ۱۳۹۵، مکانیزم های انتقال حرارت در نانوسیال ها، چهارمین کنفرانس بین المللی علوم و مهندسی، <https://civilica.com/doc/539151>

[۷]: پورسالم، حسین و قاسمی، زبیده و میمدی، امیر حسین، ۱۴۰۴، بررسی مفاهیم اولیه انتقال حرارت و روابط حاکم بر آنها، بیست و هفتمین کنفرانس ملی مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک، شیروان، <https://civilica.com/doc/2382782>

[۸]: افضلی نایینی، امیررضا و استیفایی، آرتین و تربتی، طاها و مرتضائی سمنانی، هورشاد و اشکانی، امید، ۱۴۰۳، تهیه، خواص، پایداری و افزایش عملکرد حرارتی نانوسیالات در کاربردهای انتقال حرارت، یک مرور عمومی، سیزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی مواد و متالورژی، کرج، <https://civilica.com/doc/2147969>