



مطالعه عددی افزایش انتقال حرارت و راندمان جمع کننده‌های تخت خورشیدی با استفاده از نوار پیچشی و

نانو سیال

پاشا حکمی^۱ - حسین شکوهمند*^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، قزوین، ایران

۲- استادیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران

Email: pashahakami@gmail.com

چکیده:

در این پژوهش عددی به منظور افزایش راندمان حرارتی آبگرمکن خورشیدی، از نوار پیچشی در داخل لوله های رایزر جمع کننده خورشیدی و از نانوسیال آب-اکسید مس به عنوان سیال عامل در جمع کننده خورشیدی صفحه تخت استفاده شده است. نوارهای پیچشی استفاده شده در سه قطر 3mm، 5mm و 7mm و با سه طول گام 3cm، 6cm و 12cm هستند. نانوسیال ها نیز با سه کسر حجمی ۱٪، ۳٪ و ۵٪ مورد استفاده قرار می‌گیرند. فرض بر این است که این آبگرمکن خورشیدی در هفته اول مرداد ماه در شهر تهران مورد آزمایش قرار گرفته است. این مطالعه ی عددی با استفاده از مدلسازی در نرم افزار ANSYS-FLUENT صورت گرفته است و نتایج آن با حالت مدلسازی شده لوله خالی همراه با سیال عامل آب مقایسه شده و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته شده است. با توجه به نتایج بدست آمده حالت نوار پیچشی با قطر 7mm و طول گام 3mm همراه با نانوسیال آب اکسید مس ۵٪ حجمی به عنوان سیال عامل با راندمان ۱۶۲۱ (۶۲.۱٪ افزایش راندمان نسبت به حالت لوله خالی و سیال عامل آب) دارای بیشترین راندمان است. **کلید واژگان:** آبگرمکن خورشیدی، جمع کننده خورشیدی صفحه تخت، نانوسیال، راندمان، انتقال حرارت، نوار پیچشی

Investigation of performance of solar heaters using Nano-fluid and twisted-tape inserted in tubes

1- MSc Student, Department of Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Takestan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Takestan, Iran

†Corresponding Author Email: pashahakami@gmail.com

Abstract

In this paper, for increasing the thermal efficiency of solar water heaters, twisted-tape inside the solar collector pipes and the water-copper oxide Nano-fluid as the working fluid in flat plate solar collector have been considered. The twisted tapes in three different diameters 3mm, 5mm and 7mm and three different helical pitch 3cm, 6cm and 12cm have been used. Nano-fluids also have been used with three volume fractions 1%, 3% and 5%. It is assumed that this solar water heater was tested in Tehran in 21st July. This study was conducted by modeling in ANSYS-FLUENT and the results were compared and analyzed with the modeled mode of the plane tube with the water as the working fluid. According to the results obtained the twisted tape mode with 7mm diameter and 3cm helical pitch with 5% Volumetric water-copper oxide Nano-fluid as the working fluid has the most efficiency (62.1% efficiency increases versus plane tube mode with water as the working fluid).

Keywords: solar heaters, flat plate solar collectors, Nano-fluid, twisted-tape, efficiency

ما امروزه در دنیایی زندگی می‌کنیم که تقاضا برای انرژی هر روز در حال افزایش است. تمامی کارخانه‌ها، واحدهای صنعتی، ماشین‌ها و خانه‌ها از مصرف کنندگان بزرگ انرژی در جهان محسوب می‌شوند.

با این روند رو به رشد، سوخت‌های فسیلی دیگر جوابگوی نیاز جوامع مدرن نیستند. این سوخت‌ها با توجه به معایبی از قبیل محدودیت و عدم تجدید پذیری، گرمایش کره زمین و تولید گازهای گلخانه‌ای، آلودگی هوا، باران‌های اسیدی، و کاهش ضخامت لایه اوزون از یک طرف و همچنین افزایش روز افزون قیمت آنها از طرف دیگر محققان را بر آن داشته است که به سمت انرژی‌های نو و تجدید پذیر گرایش پیدا کنند. یکی از بزرگترین دغدغه‌ها در رابطه با انرژی‌های نو و تجدید پذیر راندمان آنها است و این موضوع محققان و پژوهشگران را بر این داشته است که توجه ویژه‌ای بر عملکرد و راندمان سامانه‌هایی که بر پایه انرژی نوین و تجدیدپذیر هستند داشته باشند. یک مدل از سامانه‌های انرژی نوین آبگرمکن‌های خورشیدی با جمع کننده‌های صفحه تخت هستند که بر روی عملکرد و افزایش راندمان این سامانه‌ها تحقیق‌های زیادی صورت گرفته است، برای مثال Kalogirou و همکاران، کارایی و کاربرد عملی جذب‌ها با رنگ‌های مختلف جمع کننده‌های حرارتی خورشیدی تخت را به منظور تاثیر محیطی در ساختمان‌ها مورد مطالعه قرار دادند. از تحلیل و بررسی تجربی و نظری، جمع کننده‌ها با صفحه جذب سیاه دارای بازده بالاتری (۸۳٪) برای جذب سیاه با ضریب جذب ۹۵٪ و ضریب نشر ۱۰٪ و ۷۶٪ برای لایه رنگی جذب با ضریب جذب ۸۵٪ و ضریب نشر ۱۰٪ نسبت به صفحه جذب رنگی هستند. این تحقیق بر اساس یک مدل عددی (با TRANSYS) برای مطالعه جمع کننده‌های حرارتی خورشیدی تخت، با ضخامت جذب با رنگ‌های مختلف، واقع شده در عرض‌های جغرافیایی متفاوت: نیکوزیا، قبرس، آتن و مادیسون بسط داده شده است و یا Ghoneim به صورت تجربی، قرار دادن اسلایدهای شش ضلعی شکل بین پوشش شیشه‌ای و صفحه جذب به منظور جلوگیری از انتقال حرارت جا به جایی طبیعی را مورد تحلیل و بررسی قرار داد و یا میتوان به تحقیق Juanico که یک جمع کننده خورشیدی سقفی را معرفی کرد اشاره نمود، در این مدل از جمع کننده به جای سقف ساختمان استفاده شده است.

نکات مثبت اصلی این مدل جمع کننده خورشیدی به شرح

زیر هستند:

(۱) از مواد مقاوم در برابر خوردگی اتمسفری استفاده شده است می‌دهد، دو پارامتر خروجی است که بصورت مجزا تحت آزمون قرار گرفت.

(۲) به دلیل ساختار شیبدار سیستم خورشیدی باعث کاهش مساحت سقف می‌شود

(۳) کاهش زمان ساخت و ساز

(۴) هزینه سیستم خورشیدی را به دلیل جایگذاری لایه عایق در سقف کاهش می‌دهد

از طرفی Minsta و همکاران رسانش گرمایی نانوسیال‌های بر پایه آب با نانوذرات اکسید مس با قطر میانگین 29 nm و اکسید آلومینیوم با قطر میانگین به ترتیب 47nm و 37nm را اندازه گیری کردند. افزایش رسانش گرمایی بین ۲٪ تا ۲۴٪ با استفاده از نانو ذرات اکسید مس در نسبت حجمی ۱٪ تا ۱۴٪ بدست آمد. با نانو ذرات اکسید آلومینیوم در نسبت حجمی ۱٪ تا ۱۸٪ افزایش رسانش گرمایی تا ۳۰٪ بدست آمد. با توجه به مطالعات صورت گرفته‌ای که به آنها اشاره شد در این مطالعه عددی ما ترکیبی از روش‌های ایجاد جریان آشفته در لوله‌های رایزر جمع کننده‌ها با استفاده از نوار پیچشی و استفاده از نانو سیال به جای سیال عامل برای تحقیق و بررسی را انتخاب کرده‌ایم.

۲- روش حل:

به منظور مدل‌سازی برای مطالعه عددی از نرم افزار ANSYS FLUENT استفاده می‌کنیم. ابتدا هندسه مسئله را در نرم افزار CATIA رسم نموده و سپس با استفاده از نرم افزار ICEM CFD هندسه مورد نظر را مش زده و در نهایت مش تولید شده را بعد از تست کیفیت مش در نرم افزار FLUENT با استفاده از روش K- ω -SST مورد تحلیل و بررسی حرارتی و سیالاتی قرار می‌دهیم. داده‌های ورودی مسئله به صورت زیر است:

(۱) دمای ورودی سیال برابر با ۴۰ درجه سلسیوس

(۲) سرعت ورودی سیال برابر با ۰.۲۵ متر بر ثانیه

(۳) دمای جداره لوله رایزر برابر با ۷۰ درجه سلسیوس

حالت‌های مسئله نیز به صورت زیر است:

(۱) لوله خالی

(۲) نوار پیچشی با قطر 3mm و طول گام های 3cm، 6cm و 12cm

(۳) نوار پیچشی با قطر 5mm و طول گام های 3cm، 6cm و 12cm

۵٪ و همچنین خصوصیات فیزیکی نانوسیال آب-اکسید مس در سه درصد حجمی ذکر شده در (جدول ۱) آمده است. این جدول با استناد به مقاله SHREE MEENAKSHI و همکاران که یک مطالعه تجربی را بر روی نانوسیال اکسید مس بر پایه آب را انجام داده اند بدست آمده است.

(۴) نوار پیچشی با قطر 7mm و طول گام های 3cm، 6cm و 12cm

تمامی حالت‌های بالا با چهار سیال عامل متفاوت تست می-شوند که این سیال های عامل عبارت هستند از:

(۱) آب ۲- نانو سیال آب- اکسید مس ۱٪ (۳) نانو سیال آب- اکسید مس ۳٪ (۴) نانو سیال آب- اکسید مس

جدول (۱) خصوصیات فیزیکی نانو سیال اکسید مس بر پایه آب

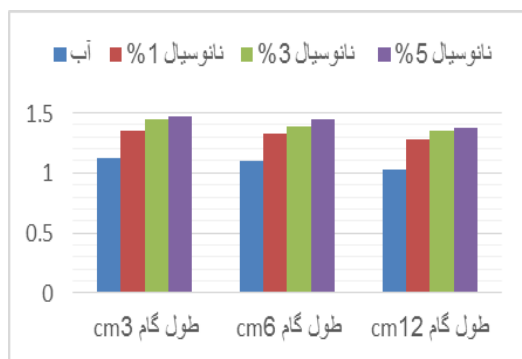
خصوصیات فیزیکی	نانو سیال آب- اکسید مس ۱٪	نانو سیال آب- اکسید مس ۳٪	نانو سیال آب- اکسید مس ۵٪
ویسکوزیته (kg/m.s)	۰.۰۰۰۴۹۳۲	۰.۰۰۰۵۲۱	۰.۰۰۰۵۸۳۷
رسانش گرمایی (w/m.k)	۰.۵۸۹	۰.۵۹۴	۰.۶۱۹
گرمای ویژه (j/kg.k)	۴۱۴۵.۵	۴۰۷۲.۵	۳۹۹۹.۵
چگالی (kg/m ³)	۱۰۵۱.۳۶۸	۱۱۵۷.۷۰۴	۱۲۶۴.۰۴

۳- نتایج بدست آمده مدل سازی و تحلیل و بررسی آن:

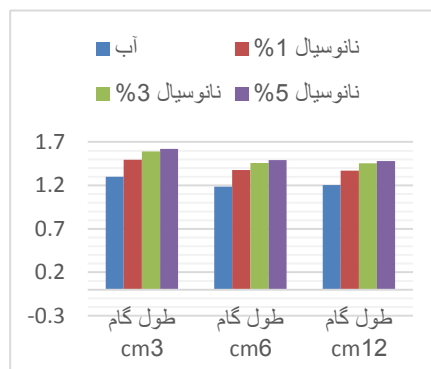
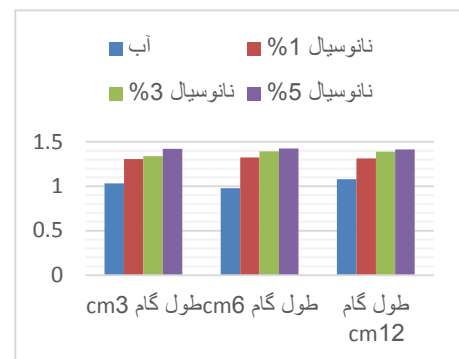
نتایج بدست آمده را به صورت تعدادی نمودار نشان می‌دهیم و سپس به تحلیل و بررسی نمودارها می‌پردازیم.

(ب)

(ا)



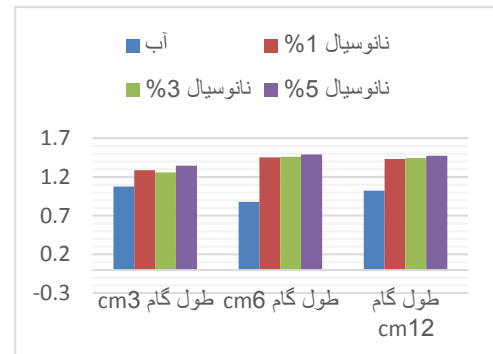
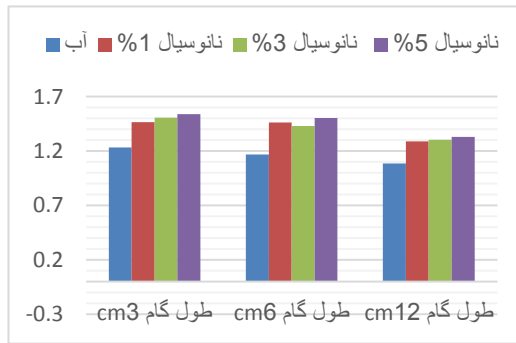
(ج)



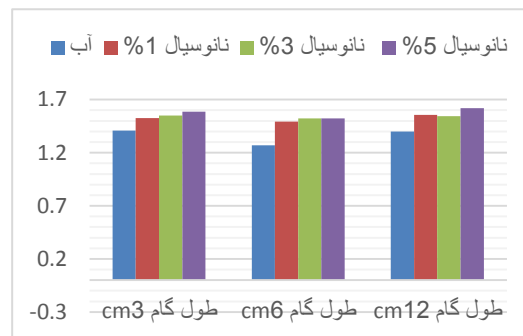
(نمودار ۱) نمودار بازده نسبت به تغییرات طول گام، (ا) با نوار پیچشی 3mm و تمامی سیال‌های عامل، (ب) با نوار پیچشی 5mm و تمامی سیال‌های عامل، (پ) با نوار پیچشی 7mm و تمامی سیال‌های عامل (ستون‌های هر طول گام از چپ به راست به ترتیب آب، نانو سیال ۱٪، ۳٪ و ۵٪ هستند)

(آ)

(ب)



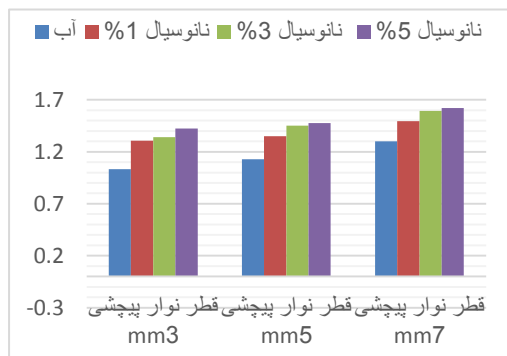
(ج)



(نمودار ۲) نمودار معیار عملکرد کلی نسبت به تغییرات طول گام، (آ) با نوار پیچشی 3mm و تمامی سیال‌های عامل، (ب) با نوار پیچشی 5mm و تمامی سیال‌های عامل، (پ) با نوار پیچشی 7mm و تمامی سیال‌های عامل (ستون‌های هر طول گام از چپ به راست به ترتیب آب، نانو سیال 1٪، 3٪، 5٪ هستند)

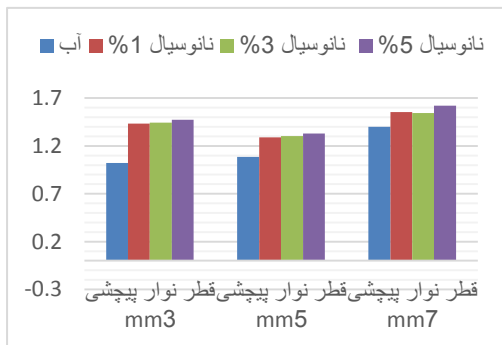
هستند. در واقع همان عاملی که برای بازده بیان شد برای معیار عملکرد کلی نیز صادق است. البته در چند حالت معیار عملکرد کلی با افزایش طول گام کاهش پیدا نمی کند که می توان این موضوع را خطا در مدلسازی بدانیم.

(آ)

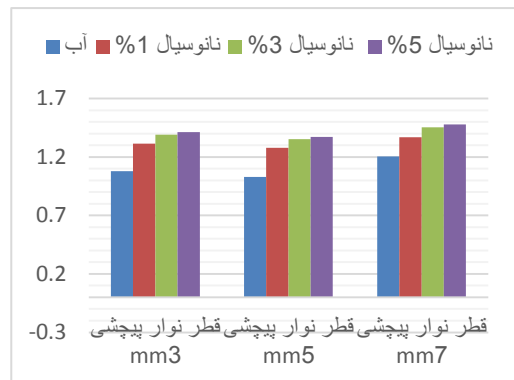


در نمودار (۱) راندمان در قطر ثابت نوار پیچشی و طول گام متغیر در تمامی حالت‌های سیال‌های عامل مورد مقایسه قرار گرفته است. همانطور که دیده می شود در بیشتر حالت‌ها راندمان با افزایش طول گام کاهش پیدا می کند، این موضوع نشان دهنده این است که هر چه طول گام کمتر باشد مقدار پیچ‌های نوار پیچشی بیشتر بوده و هرچقدر پیچ های نوار بیشتر باشد آشفته‌گی جریان نیز بیشتر است و از آنجایی که جریان‌های آشفته دارای انتقال حرارت بهتری نسبت به جریان های آرام می باشند، می توان نتیجه گرفت که هر چقدر طول گام کمتر باشد راندمان بیشتر خواهد بود و از این رو حالت هایی که دارای طول گام 3cm هستند بهترین راندمان را دارا هستند. نمودار (۲) معیار عملکرد کلی (نسبت ضریب کولبورن به ضریب اصطکاک) در قطر ثابت نوار پیچشی و طول گام متغیر در تمامی حالت‌های سیال‌های عامل مورد مقایسه قرار گرفته است. با توجه به نمودارهای بازده می توان حدس زد که با افزایش طول گام معیار عملکرد کلی نیز کاهش پیدا کند و نمودارهای معیار عملکرد کلی نیز بیانگر این هستند که حالت هایی دارای طول گام کمتری هستند دارای بهترین راندمان

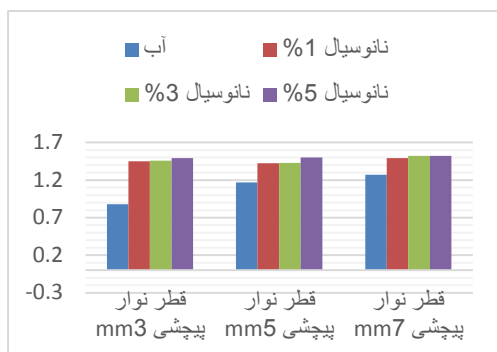
(ب)



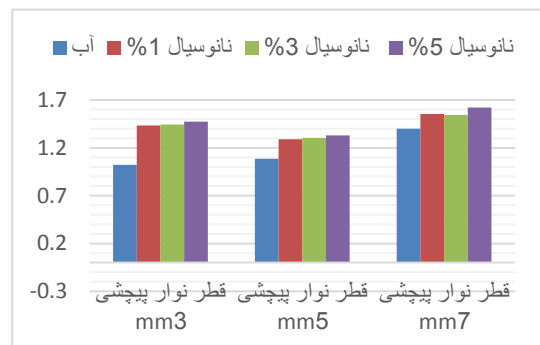
(ب)



(ج)



(ج)

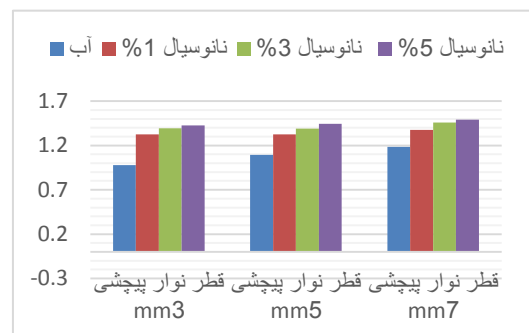


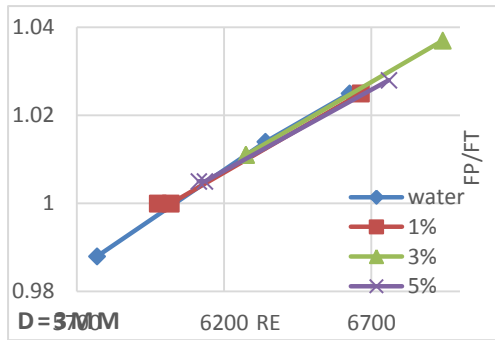
همانطور که انتظار می رفت در نمودار (۴) که مربوط به معیار عملکرد کلی در طول گام ثابت نوار پیچشی و قطرهای متغیر نوار پیچشی است، معیار عملکرد کلی با افزایش قطر نوار پیچشی افزایش پیدا می کند. از نمودار های (۱) تا (۴) می توان نتیجه گرفت که در هر کدام از حالت های سیال های عامل مختلف بهترین حالت، حالتی است که دارای بزرگترین قطر نوار پیچشی و کوچکترین طول گام نوار پیچشی است. در واقع در مدلسازی انجام شده بهترین حالت نوار پیچشی با قطر 7mm و طول گام 3cm است. همچنین با مقایسه کردن این نمودارها می توان به این نتیجه رسید که سیال عامل نانوسیال آب-اکسید مس 0.05 درصد حجمی دارای بهترین راندمان و معیار عملکرد کلی است. با توجه به نتیجه گیری هایی که گفته شد، حالت نوار پیچشی با قطر 7mm و طول گام 3cm با سیال عامل نانو سیال آب-اکسید مس 0.05 درصد حجمی باید دارای بهترین راندمان و معیار عملکرد کلی باشد. حالت نوار پیچشی با قطر 7mm و طول گام 3cm با سیال عامل نانوسیال آب-اکسید مس 0.05 درصد حجمی دارای بهترین راندمان بین تمامی حالت ها با راندمانی برابر با ۱.۶۲۱ است و همچنین این حالت بعد از حالت نوار پیچشی با قطر 7mm و طول گام 12cm با سیال عامل نانوسیال آب-اکسید مس 0.05 درصد حجمی دارای بهترین عملکرد کلی با مقدار ۱.۵۸۷ است.

(نمودار ۳) نمودار بازده نسبت به تغییرات قطر نوار پیچشی، (آ) با طول گام 3cm و تمامی سیال های عامل، (ب) با طول گام 6cm و تمامی سیال های عامل، (پ) با طول گام 12cm و تمامی سیال های عامل (ستون های هر قطر نوار پیچشی از چپ به راست به ترتیب آب، نانو سیال 1٪، 3٪ و 5٪ هستند)

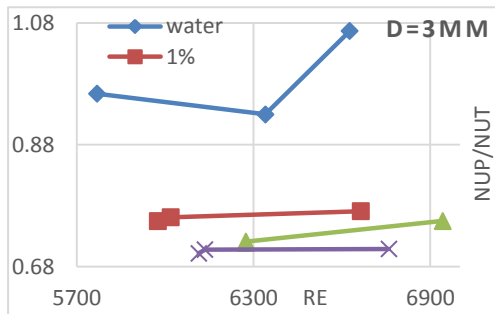
در نمودار (۳) راندمان در طول گام ثابت نوار پیچشی و قطر متغیر در تمامی حالت های سیال های عامل مورد مقایسه قرار گرفته است. در تمامی حالت ها با افزایش قطر نوار پیچشی راندمان نیز افزایش پیدا کرده است و این موضوع بیانگر این است که هرچه قطر نوار پیچشی به قطر داخلی لوله نزدیکتر باشد اغتشاش جریان بیشتر شده و این مسئله باعث افزایش انتقال حرارت شده و راندمان را افزایش می دهد و در نهایت می توان نتیجه گرفت که حالت هایی که دارای نوار پیچشی با قطر 7mm هستند دارای بیشترین راندمان هستند.

(د)



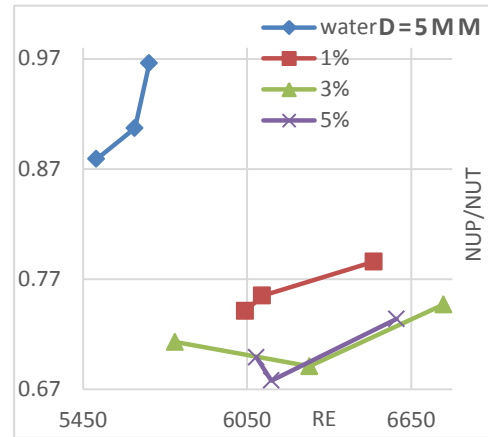


ثابت نوار پیچشی
نمودار (۸) نمودار (Nu_p/Nu_f) -Re در قطر



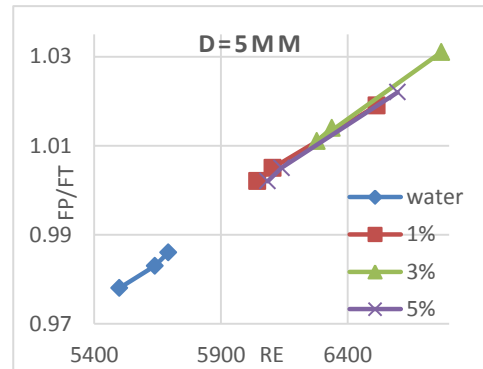
نمودار (۹) نمودار (Nu_p/Nu_f) -Re در قطر

است نسبت (fp/ft) با افزایش عدد رینولدز در حال افزایش است، در واقع هرچه عدد رینولدز بیشتر می‌شود و جریان از حالت آرام به سمت جریان مغشوش می‌رود، ضریب اصطکاک کمتر می‌شود. با مقایسه سیال‌های عامل می‌توان به این نتیجه رسید که نوارهای پیچشی، وقتی سیال عامل آب است باعث افزایش ضریب اصطکاک می‌شوند، اما وقتی به جای آب از نانو سیال‌ها استفاده می‌کنیم ضریب اصطکاک کاهش پیدا می‌کند و این امر باعث افزایش راندمان بیشتر می‌شود. در بین نانوسیال‌ها، نانوسیال ۳٪ حجمی کمترین ضریب اصطکاک را دارد و می‌توان دریافت که اضافه کردن نانو ذرات به سیال عامل تا یک میزانی باعث کاهش ضریب اصطکاک می‌شود و از یک جایی به بعد افزایش نانو ذرات در سیال عامل نتیجه‌ای برعکس داشته و ضریب اصطکاک افزایش پیدا می‌کند. نوارهای پیچشی با طول گام‌های متفاوت و سیال‌های عامل متفاوت به غیر از سیال عامل آب باعث اغتشاش بیشتر در جریان می‌شوند و این موضوع باعث کاهش ضریب اصطکاک می‌شود و از آنجایی که کاهش ضریب اصطکاک رابطه مستقیمی با افزایش راندمان دارد، در واقع می‌توان نتیجه گرفت که جریان مغشوش علاوه بر افزایش انتقال حرارت، با کم کردن ضریب اصطکاک نیز باعث افزایش راندمان می‌شود.

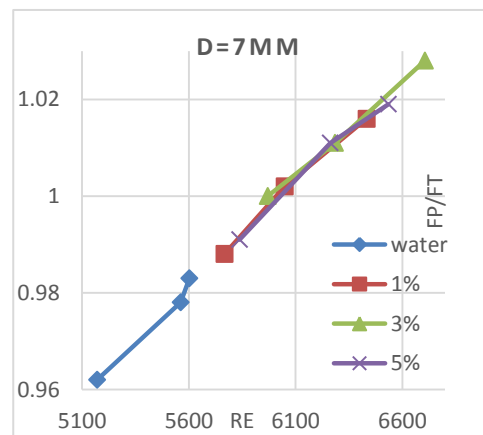


نمودار (۵) نمودار (f_p/f_f) -Re در قطر
ثابت نوار پیچشی

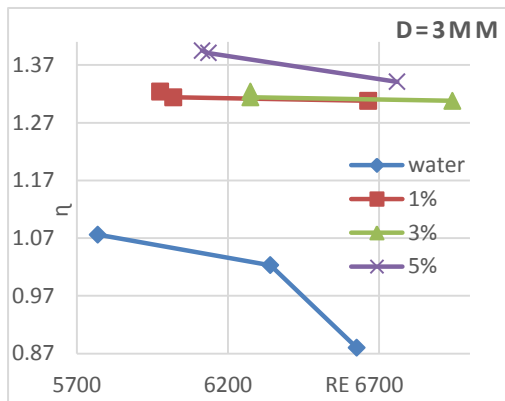
نمودار (۶) نمودار (f_p/f_f) -Re در قطر



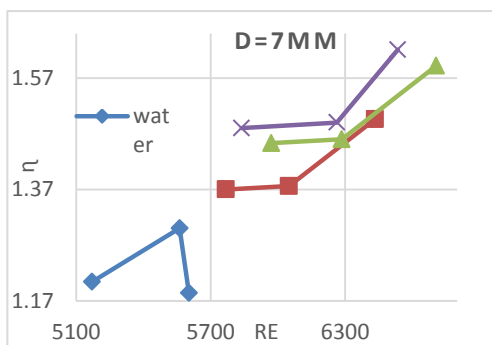
نمودار (۷) نمودار (f_p/f_f) -Re در قطر



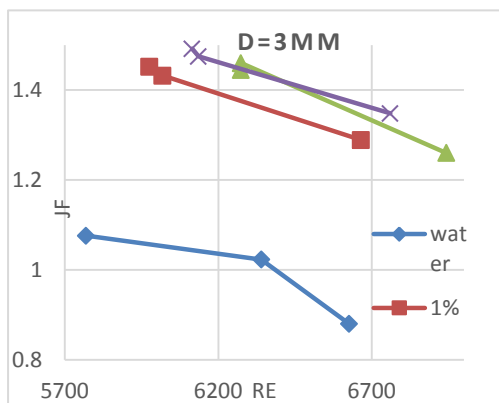
نمودارهای (۵) تا (۷) مربوط به نسبت ضریب اصطکاک لوله خالی به ضریب اصطکاک نوار پیچشی (fp/ft) به عدد رینولدز (Re) است. همانطور که در این سه نمودار مشخص



(نمودار ۱۳) نمودار η -Re در قطر ثابت

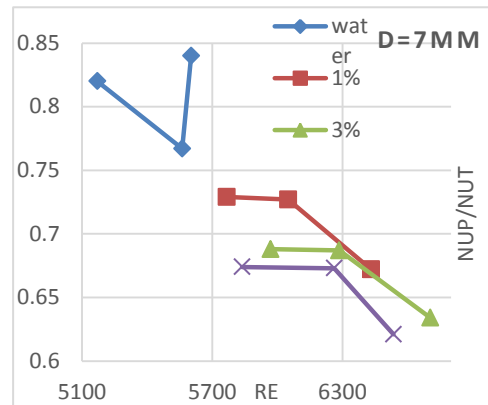


(نمودار ۱۴) نمودار J_f -Re در قطر ثابت



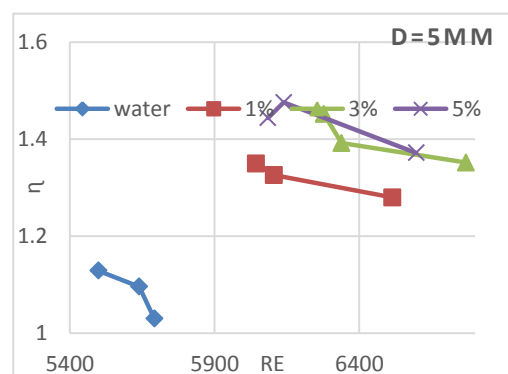
نمودارهای ۱۱ تا ۱۴، نمودارهای راندمان (η) به ریدولتز (Re) هستند. همانطور که در این نمودارها دیده می‌شود، در حالت‌های نوار پیچشی با قطرهای 5mm و 3mm راندمان با افزایش رینولدز کاهش پیدا می‌کند. در واقع با نتیجه‌گیری که برای این دو حالت در نمودارهای (۸)، (۹) و (۱۰) صورت گرفت این امر کاملاً بدیهی است، به این دلیل که گفته شد با افزایش رینولدز، نوسلت در این دو حالت کاهش پیدا می‌کند و از آنجایی که عدد نوسلت رابطه مستقیمی با راندمان دارد در نتیجه راندمان نیز کاهش پیدا می‌کند. اما برای حالت نوار پیچشی با قطر 7mm این موضوع کاملاً بر عکس بوده و با

(نمودار ۱۰) نمودار (Nu_p/Nu_t) -Re در قطر



نمودارهای (۸) تا (۱۰) مربوط به نسبت نوسلت لوله خالی به نوسلت نوار پیچشی (Nu_p/Nu_t) به عدد رینولدز (Re) است. در حالت‌های نوار پیچشی با قطرهای 3mm و 5mm، نسبت (Nu_p/Nu_t) با افزایش عدد رینولدز، افزایش پیدا می‌کند و این نشانگر این مورد است که هرچه سرعت بیشتر شود انتقال حرارت کمتر می‌شود، در واقع سیال عامل با سرعت بیشتری طول لوله تحت شار حرارتی را می‌پیماید و زمان کمتری دارد که انرژی حرارتی بیشتری را جذب کند. اما در حالت‌های نوار پیچشی با قطر 7mm، نسبت (Nu_p/Nu_t) با افزایش عدد رینولدز کاهش پیدا می‌کند در واقع در این حالت هرچه سرعت بیشتر می‌شود انتقال حرارت نیز افزایش پیدا می‌کند. این موضوع نشانگر این است که در این حالت به دلیل اینکه قطر نوار پیچشی بسیار نزدیک به قطر داخلی لوله است بیشتر از حالت‌های دیگر باعث اغتشاش در جریان می‌شود و از آنجایی که هرچه جریان مغشوش‌تر باشد انتقال حرارت نیز بیشتر است، می‌توان نتیجه گرفت که در این حالت اغتشاش جریان آنقدر زیاد است که اثر سرعت بیشتر جریان که باعث انتقال حرارت کمتر می‌شود را از بین می‌برد.

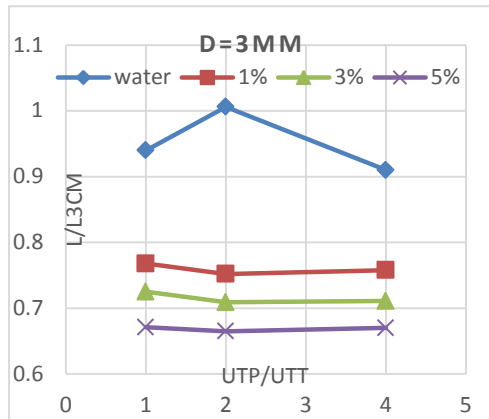
(نمودار ۱۱) نمودار η -Re در قطر ثابت



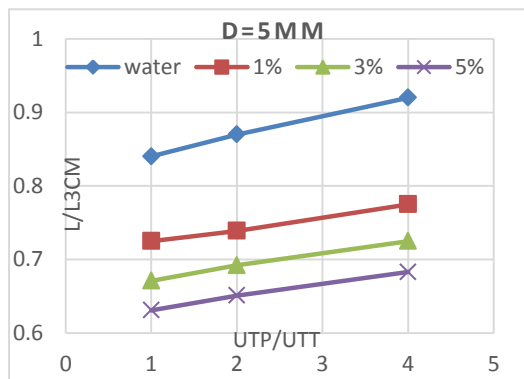
(نمودار ۱۲) نمودار η -Re در قطر ثابت

افزایش رینولدز عدد نوسلت افزایش پیدا کرده و در نتیجه راندمان نیز باید افزایش پیدا کند و همانطور که در نمودار (۱۳) دیده می‌شود راندمان با افزایش رینولدز افزایش پیدا کرده است.

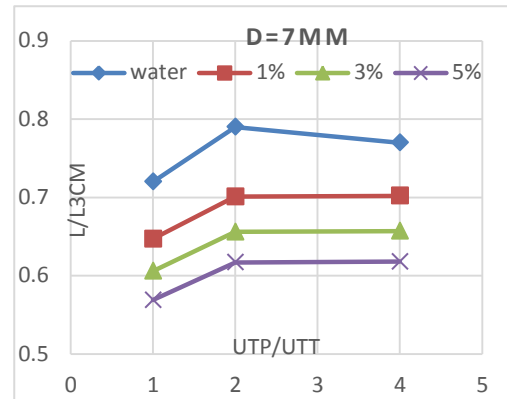
نمودار (۱۸) نمودار $(L/L_{3cm})-(U_{Tp}/U_{Tt})$ در قطر ثابت نوار پیچشی



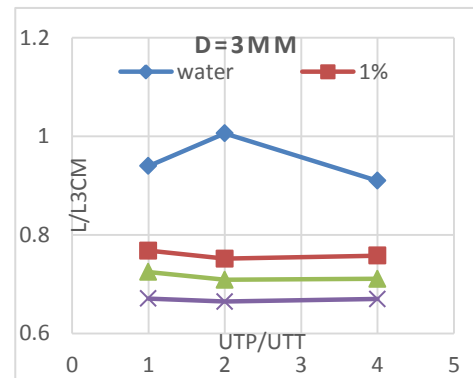
نمودار (۱۹) نمودار $(L/L_{3cm})-(U_{Tp}/U_{Tt})$ در قطر ثابت نوار پیچشی



نمودار (۱۵) نمودار $Jf-Re$ در قطر ثابت



نمودار (۱۶) نمودار $Jf-Re$ در قطر ثابت نوار پیچشی



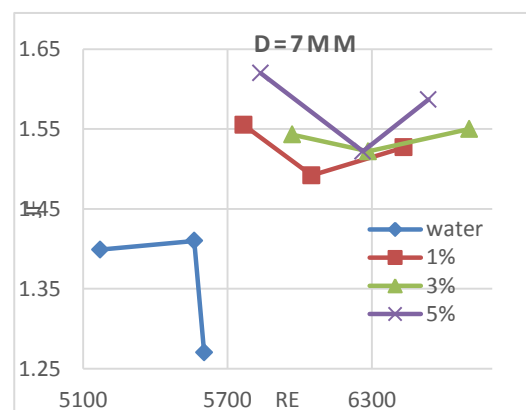
نمودارهای (۱۷) تا (۱۹) مربوط به نسبت طول گام تمامی نوارهای پیچشی به طول گام نوار پیچشی $3cm$ (L/L_{3cm}) به نسبت ضریب انتقال حرارت کلی لوله ساده به ضریب انتقال حرارت کلی لوله با نوار پیچشی (U_{Tp}/U_{Tt}) در قطر ثابت نوار پیچشی است. در حالت نوار پیچشی با قطر $3mm$ ضریب انتقال حرارت کلی با افزایش طول گام ابتدا به مقدار کمی افزایش پیدا می‌کند و سپس ثابت می‌ماند. اما در دو حالت دیگر با افزایش طول گام، ضریب انتقال حرارت کلی کاهش پیدا می‌کند. این موضوع کاملاً برابری دارد با نتیجه گیری که در مورد نمودارهای (۱) تا (۴) انجام دادیم.

۴- نتیجه گیری و جمع بندی:

در مطالعاتی که در سال‌های اخیر در راستای افزایش راندمان آبگرم کن‌های خورشیدی انجام شد روش‌ها و راه‌های مختلفی در رابطه با افزایش انتقال حرارت و راندمان جمع کننده‌های خورشیدی بیان شد که از بین این روش‌ها، ترکیبی

نمودارهای (۱۴) تا (۱۶)، نمودارهای عملکرد کلی (Jf) به رینولدز (Re) است. از آنجایی که ضریب کولبورن نیز با عدد نوسلت نسبت مستقیم دارد نتایج نمودارهای $Jf-Re$ نیز شبیه به نمودارهای $\eta-Re$ است.

نمودار (۱۷) نمودار $(L/L_{3cm})-(U_{Tp}/U_{Tt})$ در قطر ثابت نوار پیچشی



کرد. پیشنهاد دیگر این است که با توجه به این که ما می‌دانیم کدام حالت دارای بیشترین انتقال حرارت و راندمان است، با انتخاب آن حالت و با تغییر در ورودی‌های مسئله همچون سرعت و دما می‌توان یک مسئله دیگر طراحی کرد و نتایج آن نشان می‌دهد که تغییرات در سرعت اولیه و دمای اولیه چه تغییراتی در راندمان و انتقال حرارت ایجاد می‌کند.

۶- منابع:

1. Duffi, J.A and Beckman, W.A (2013), "Solar engineering of thermal processes", New Jersey, John Wiley and sons Inc.
2. Gianpier, C and Ernani, F, (2015), "Innovation in flat solar thermal collectors; A review of the last ten years experimental results". Renew. Sust. Energy Rev. 1141-1159.
3. K.SHREE.M and E.PRADEEP.J.S, (2015), "Preparation and Characterization of Copper Oxide -Water Based Nanofluids by One Step Method for Heat Transfer Applications", Chemical Science Transactions, 4(1), 127-132.
4. Taiwo, O.O and Manosh, C.P, (2014), "Numerical Simulation of Turbulent Heat Transfer and Fluid Flow in Different Tube Designs", Proceedings of the World Congress on Engineering 2014 Vol II, WCE 2014, July 2 - 4, 2014, London, U.K.
5. Ta-Sung H and Pai-Hsiang W, "Heat and Fluid Flow Analysis over Different Tube Inserts of Recuperator", China steel Technical Report, NO.21, pp.67-76.
6. R. J. Yadav and A. S. Padalkar, (2012), "CFD Analysis for Heat Transfer Enhancement inside a Circular Tube with Half-Length Upstream and Half-Length Downstream Twisted Tape", Hindawi Publishing Corporation, Journal of Thermodynamics, Volume 2012, Article ID 580593, 12 pages, doi:10.1155/2012/580593.
7. Tahere, B.G and A.A.Ranjbar (2015), "Geometry optimization of a nanofluid-based direct absorption solar collector using response surface methodology", solar energy 122, 314-325.
8. Mustafa, T, (2016), "Performance of a direct absorption solar collector with nanofluid mixture", energy conversion and management 114, 1-10.
9. A.Kumar and B.N.Prasad, (2000), "Investigation of twisted tape inserted solar water heaters—heat transfer, friction factor and thermal performance results". renewable energy 19, 379-398.

از روش‌های ایجاد جریان آشفته در لوله‌های رایزر جمع‌کننده و استفاده از نانو سیال به جای سیال عامل برای تحقیق و بررسی را انتخاب کردیم. برای ایجاد کردن جریان آشفته از نوارهای پیچشی در قطر ها و طول گام های مختلف استفاده کردیم و از نانو سیال آب-اکسید مس در سه درصد حجمی ۰.۱٪، ۰.۳٪ و ۰.۵٪ به عنوان سیال عامل استفاده کردیم.

پس از مدلسازی و حل مسئله با توجه به جواب‌هایی که بدست آوردیم به نتایج زیر رسیدیم:

- ۱- راندمان و انتقال حرارت با افزایش قطر نوارهای پیچشی رابطه مستقیم دارد.
 - ۲- راندمان و انتقال حرارت با افزایش طول گام نوار پیچشی رابطه عکس دارد.
 - ۳- راندمان و انتقال حرارت با افزایش درصد حجمی نانو سیال رابطه مستقیم دارد.
- با توجه به سه نتیجه گیری بالا می‌توان دریافت که حالت نوار پیچشی با قطر 7mm و طول گام 3mm همراه با نانو سیال آب اکسید مس ۰.۵٪ حجمی به عنوان سیال عامل با راندمان ۱.۶۲۱ (۰.۶۲۱٪) افزایش راندمان نسبت به حالت لوله خالی و سیال عامل آب) دارای بیشترین راندمان، با ضریب عملکرد کلی ۱.۵۸۷ (۰.۵۸۷٪) افزایش ضریب عملکرد کلی نسبت به حالت لوله خالی و سیال عامل آب) دارای دومین ضریب عملکرد کلی، با $Nu = 87.83$ (۰.۶۰۹٪) افزایش Nu نسبت به حالت لوله خالی و سیال عامل آب) دارای بیشترین Nu ، با ضریب انتقال حرارت کلی ۵۷۴۷.۲ (۰.۷۵۵٪) افزایش ضریب انتقال حرارت کلی نسبت به حالت لوله خالی و سیال عامل آب) دارای بیشترین ضریب انتقال حرارت کلی، با میزان انتقال حرارت کلی ۲۰۶۹ وات (۰.۷۵۵٪) افزایش میزان انتقال حرارت کلی نسبت به حالت لوله خالی و سیال عامل آب) دارای بیشترین میزان انتقال حرارت کلی و با دمای خروجی ۶۵ درجه سلسیوس (۰.۱۲۰۶٪) افزایش دمای خروجی نسبت به حالت لوله خالی و سیال عامل آب) دارای بیشترین دمای خروجی است.

۵- پیشنهاد برای ادامه تحقیق:

با توجه به تحقیقات صورت گرفته در این مقاله پیشنهاد هایی که می‌توان برای ادامه این تحقیق داد این است که برای ایجاد اغتشاش در جریان می‌توان به جای استفاده از نوارهای پیچشی از فین در لوله‌ها استفاده کرد و یا از نوارهای پیچشی استفاده کرد که نوار داراری سوراخ‌هایی به شکل‌های دایره، مثلث و یا لوزی باشد. حتی می‌توان به جای استفاده از نانو سیال آب-اکسید مس از نانو سیال‌های دیگر استفاده