

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL

پروپوزال

مركز آموزش پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



مركز آموزش روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

کارگاه آنلاین روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



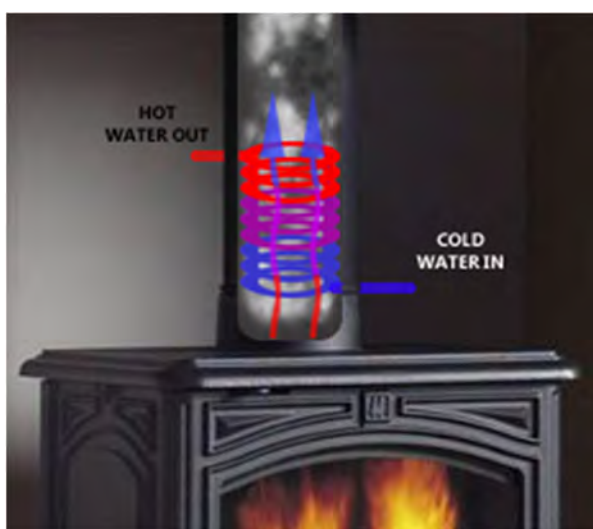
ISI Scopus

مركز آموزش آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

## شبیه سازی انتقال حرارت در یک لوله مارپیچ

مهسا رستم زاده ریگی، دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه هرمزگان  
احسان عابدینی، استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه هرمزگان

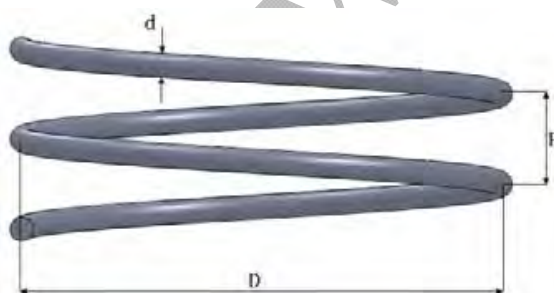


چکیده:

مطالعه حاضر با استفاده از شبیه‌سازی انتقال حرارت، با رینولدزهای مختلف به بررسی سرعت سیال، تغییرات دمای خروجی، ناسلت متوسط و همچنین انرژی حرارتی دریافتی توسط سیال درون لوله مارپیچی پردازد و در نهایت انرژی حرارتی دریافتی توسط سیال را با انرژی حرارتی مورد نیاز برای یک خانواده ۴ نفره می‌سنجد. لوله‌های مارپیچ سطح جانبی بزرگتری نسبت به لوله‌های مستقیم دارند، همچنین به دلیل داشتن جریان ثانویه در طول خود در شرایط یکسان حرارت بیشتری را نسبت به لوله‌های مستقیم انتقال می‌دهند.

شکل ۱: بیان فیزیکی مساله حاضر

مبدل‌های مارپیچی از یک یا چند حلقه لوله مارپیچی تشکیل شده‌اند. که در اینجا  $d$  قطر لوله و  $D$  قطر حلقه مارپیچ است و  $p$  فاصله بین دو حلقه می‌باشد، شکل ۲.



شکل ۲: شماتیکی از لوله مارپیچ

جنس لوله‌های مارپیچ معمولاً از فولاد کربن دار، یا مس و آلپاژهای آن، فولاد زنگ نزن و یا آلومینیوم می‌باشد. از مبدل‌های لوله مارپیچی معمولاً در راکتورهای شیمیایی، مخازن

واژگان کلیدی: لوله مارپیچ، جریان ثانویه، انتقال حرارت، رینولدز، ناسلت متوسط، دودکش

مقدمه:

در این تحقیق لوله مارپیچ در داخل یک دودکش به منظور استفاده بهینه از گرمای تلف شده توسط دودکش، در نظر گرفته می‌شود. سیال سرد از پایین وارد لوله مارپیچ می‌شود و انتقال حرارت صورت می‌گیرد (شکل ۱).

مصطفوی ۱۳۹۱ [۵] نیز، میزان افزایش انتقال حرارت نانو سیال تحت شرایط مغشوش را مورد بررسی قرار داده است. که با افزایش درصد حجمی نانو سیال انتقال حرارت در آن بیشتر صورت می‌گیرد.

در مقاله حاضر هدف استفاده بهینه از انرژی حرارتی تلف شده در دودکش می‌باشد که بدین منظور لوله ماریپیچ در داخل دودکش در نظر گرفته می‌شود. با فرض اینکه جریان گازهای دودکش، دمای ثابتی را در اطراف دیواره لوله ماریپیچ ایجاد نماید، شبیه سازی انتقال حرارت لوله ماریپیچ تحت شرایط دمای ثابت دیواره انجام می‌شود. این لوله دارای ۴ دور با ارتفاع ۱۰ سانتی متر بوده و قطر لوله ۲ سانتی متر و قطر ماریپیچ ۱۰ سانتی متر می‌باشد. سیال درون لوله آب در نظر گرفته شده است.

برای شبیه سازی هندسه موردنظر از نرم افزار گمبیت نسخه ۲،۴،۶ استفاده گردیده. شکل نهایی در این نرم افزار به صورت شکل ۳ می‌باشد. برای حل معادلات حاکم از نرم افزار فلونت نسخه ۶،۳،۲۶ استفاده شده است. مرز مشترک با جریان گازهای دودکش، دیواره لوله ماریپیچ می‌باشد که به صورت دیواره با دمای ثابت ۳۶۸ درجه کلونین تعریف شده است. آب با دمای ۳۰۰ درجه کلونین از پایین وارد لوله ماریپیچ می‌شود. نیروی گرانش زمین نیز ۹.۸ در خلاف جهت محور Y می‌باشد. در اینجا مسأله به صورت سه بعدی در نظر گرفته شده است.

جوششی و سیستم های بازگرمایی استفاده می‌شود و همچنین در صنایع غذایی، تبرید، تهویه مطبوع و همچنین صنایع دارویی کاربرد فراوانی دارد [۱]. از مزایای استفاده از این مبدلها میتوان به راندمان بالا، مقاومت مکانیکی در برابر انبساط و انقباض و مناسب برای دبی های کم و بارهای حرارتی پایین اشاره کرد. اما به دلیل ماریپیچ بودن لوله ها تمیز کردن آنها عملا مشکل است.

تمرکز کار حاضر بر روی انتقال حرارت در لوله های ماریپیچ میباشد که در این زمینه مطالعاتی نیز انجام شده است.

مطالعه انجام شده توسط داروید ۱۹۷۱ [۲]، نشان می‌دهد که انتقال حرارت در لوله ماریپیچ بیشتر از لوله های مستقیم می‌باشد که علت آن وجود جریان پیچیده‌های درون این نوع لوله ها است. انحنای موجود در لوله ماریپیچ باعث ایجاد یک نیروی گریز از مرکز می‌شود و از طرفی زاویه ماریپیچ باعث ایجاد پیچش در سیال می‌شود. نیروی گریز از مرکز باعث می‌شود که سیال در قسمت های خارجی لوله دارای سرعت بیشتری نسبت به قسمت های داخلی داشته باشد، این تفاوت در سرعت ها عامل ایجاد یک جریان ثانویه در لوله است که وجود این جریان ثانویه در لوله های ماریپیچ باعث می‌شود که انتقال حرارت بیشتری نسبت به لوله های ساده داشته باشند. رینولدز بحرانی برای تبدیل جریان از حالت آرام به حالت مغشوش نیز با پارامترهایی از لوله ماریپیچ توسط اشمیت ۱۹۶۷ [۳] در قالب فرمولی بیان شده است. در این رابطه  $r$  شعاع لوله و  $R_c$  شعاع حلقه ماریپیچ است.

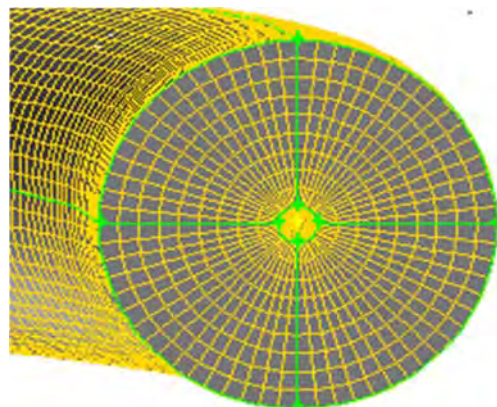
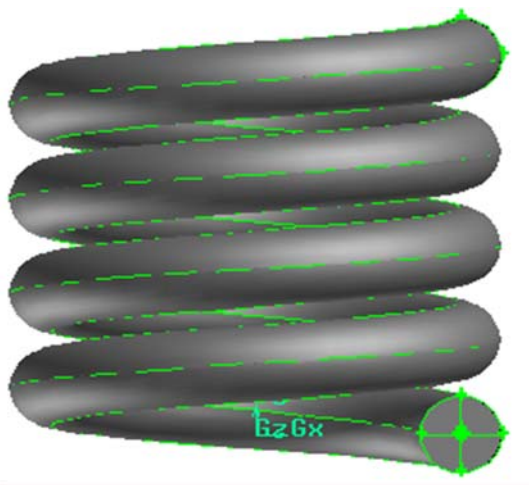
$$Re = 2300 \left[ 1 + 8.6 \left( \frac{r}{R_c} \right)^{0.45} \right]$$

براساس فرمول بالا ما برای اینکه جریانی آرام داشته باشیم، رینولدزهای کمتر از ۱۱۸۸۷ را مورد بررسی قرار می‌دهیم

$$r/R_c = 0.2 \Rightarrow$$

$$Re_{cr} = 11887.16$$

تغییرات ضریب انتقال حرارت لوله های ماریپیچی که درون یک مخزن قرار گرفتند را نشاط ۱۳۹۱ [۴] مورد بررسی قرار داده است. این مخزن دارای سیال سرد ساکن می‌باشد. او ۲۷ لوله ماریپیچ با هندسه های متفاوت را مطالعه کرده است.



شکل ۳: هندسه و شبکه لوله مارپیچ در نرم افزار گمبیت

معادلات حاکم:

معادلات پیوستگی، مومنوم و انرژی به ترتیب عبارتند از:

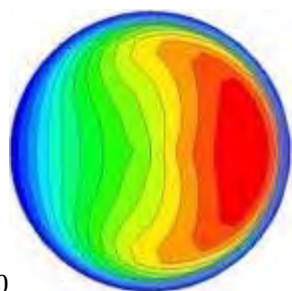
$$۱) \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho V) = 0$$

$$۲) \rho \left[ \frac{\partial V}{\partial t} + (V \cdot \nabla) V \right] = -\nabla P + \nabla \bar{\tau} + \rho f$$

$$۳) \rho \left[ \frac{\partial h}{\partial t} + \nabla \cdot (h V) \right] = -\frac{Dp}{Dt} + \nabla \cdot (k \nabla T) + \phi$$

$$۴) \phi = (\bar{\tau} \cdot \nabla) V = \tau_{ij} \frac{\partial V_i}{\partial x_j}$$

نتایج:



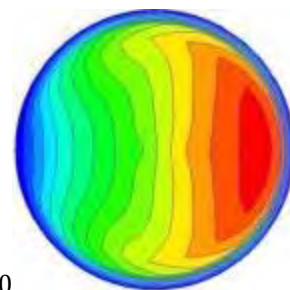
Re= 1000

شکل ۴: کانترهای سرعت سیال درون لوله

در این مطالعه سعی شده است جریان سیال و ناسلت متوسط در داخل لوله مارپیچ و همچنین دمای خروجی و نرخ انتقال حرارت سیال به ازای رینولدزهای مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد. ظرفیت حرارتی مورد نیاز برای مصارف خانگی را نیز بررسی خواهیم کرد.

۱. بررسی جریان سیال در طول لوله مارپیچ

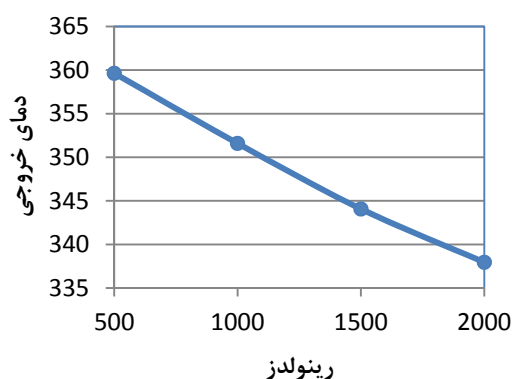
در شکل ۴ نمایی از سرعت سیال درون لوله مارپیچ را با رینولدزهای مختلف مشاهده می کنید مطابق آنچه که گفته شد دو جریان با سرعت های متفاوت درون لوله مارپیچ قابل مشاهده است که گویای نتایج بدست آمده می باشد.



Re= 2000

### ۳. دمای خروجی از لوله مارپیچ

با افزایش رینولدز، سرعت سیال درون لوله افزایش می‌یابد بنابراین مدت زمان برای تبادل حرارت بین سیال و دیواره کمتر می‌شود در پی آن دمای خروجی با افزایش رینولدز می‌بایست کاهش یابد این موضوع دال بر صحت تغییرات دمای خروجی بر حسب رینولدز بدست آمده در شکل ۶ در این شبیه‌سازی می‌باشد به طوری که با تغییر رینولدز از ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ دمای خروجی از ۳۵۹٫۶۳ به ۳۳۷٫۹۵ درجه کلون می‌یابد.



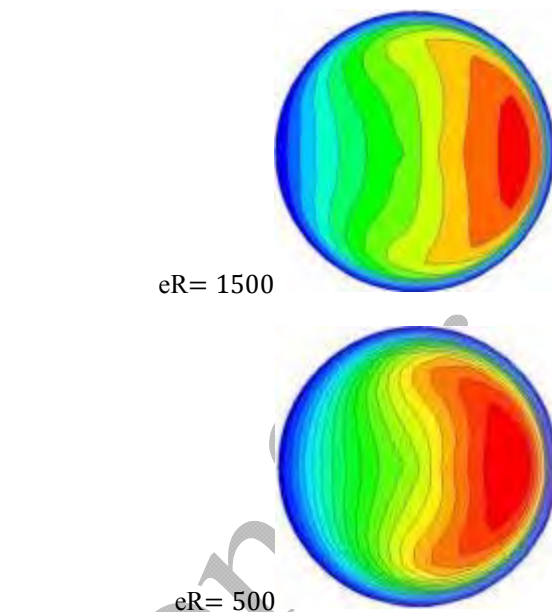
شکل ۶: تغییرات دمای خروجی بر حسب رینولدز

### ۴. بررسی انتقال حرارت کلی

با توجه به رینولدزهای مختلف نرخ جریان عبوری سیال نیز متفاوت خواهد بود. با بدست آوردن نرخ جریان عبوری سیال و همچنین داشتن دمای ورودی و خروجی می‌توان از رابطه

$$7) Q = \dot{m} c \Delta T$$

انتقال حرارت کلی را برای رینولدزهای مختلف بر حسب ژول بر ثانیه بدست آورد. (در اینجا  $c$  ثابت و برابر ۴۱۸۲ ژول بر کیلوگرم-درجه کلون است). همانگونه که در شکل ۷ مشهود است روند تغییرات انتقال حرارت کلی به رینولدز وابسته بوده و با افزایش رینولدز انتقال حرارت در طول لوله افزایش می‌یابد.



۲. بررسی ناسلت متوسط درون لوله مارپیچ

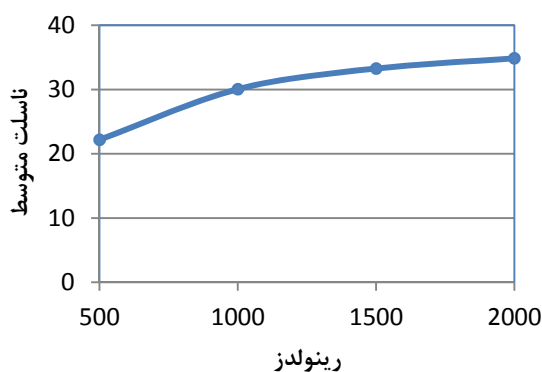
با استفاده از قانون سرمایش نیوتن

$$5) \bar{h} = \frac{q}{A \Delta T}$$

و همچنین رابطه

$$6) Nu = \frac{\bar{h} D}{k}$$

می‌توان ناسلت متوسط را در طول لوله بدست آورد. همانگونه که شکل ۵ نشان می‌دهد افزایش رینولدز درون لوله، افزایش ناسلت متوسط را در لوله‌های مارپیچ به دنبال خواهد داشت.



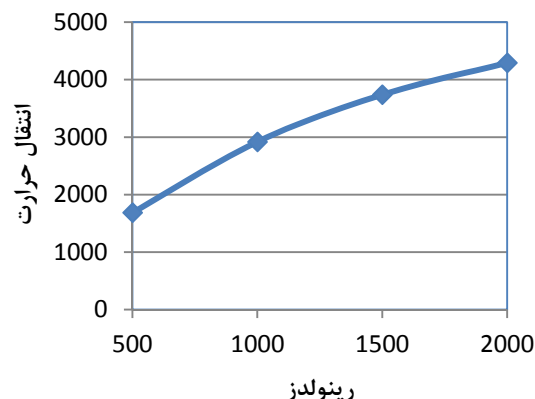
شکل ۵: تغییرات ناسلت متوسط بر حسب رینولدز

مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی  
 ۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما  
 مجری: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران  
 HVACconf-IRSHRAE-1-67

نتایج بدست آمده نشان می دهد که با افزایش رینولدز دمای خروجی کمتر می شود اما ناسلت متوسط و انتقال حرارت درون لوله افزایش می یابد. از مقایسه انرژی حرارتی دریافتی توسط مبدل با انرژی حرارتی مورد نیاز برای خانواده ۴ نفره درمی یابیم که بکار گرفتن لوله مارپیچ با قطر و طول و همچنین رینولدز مناسب یک روش بسیار بهینه برای استفاده از گرمای تلف شده در دودکش هایخانگی و موتورخانه هاست.

### مراجع

- [1] Shah, R.K., and Joshi, S.D., 1987. "convective heat transfer in curved pipes. In handbook of single-phase convective heat transfer", Wiley, New York.
- [2] Darvid, A.N., Smith, K.A., Meril E.W., and Brain, p.L.T., 1971, "Effect of secondary fluid motion on laminar-flow heat transfer in helically-coiled tubes. AIGHE j, 17:1142-1222
- [3] Schmidt, E, F, 1971. "The residence time distribution for ideal laminar flow in a helical tube." GhemEngsci, 26(7):1113-1121
- [۴] نشاط اسفهلانی، الهه. سیامک، حسین پور، و رضا، تابع ۱۳۹۱: "بررسی تغییرات ضریب انتقال حرارت جابجایی آزاد سطح بیرونی لوله های مارپیچ در راستای طولی و شعاعی." چهارمین همایش بین المللی مبدل های گرمایی. تهران.
- [۵] مصطفوی، صبا. محمد، لایقی. کمال عباسپور ثانی ۱۳۹۱: "بررسی تاثیر نانو ذرات نقره بر افزایش انتقال حرارت در لوله های مارپیچ." چهارمین همایش بین المللی مبدل های گرمایی. تهران.
- [۶] مهندسی تهویه مطبوع و حرارت مرکزی، تالیف محمد مقیمان. مشهد، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۲.



شکل ۷: تغییرات انتقال حرارت کلی بر حسب رینولدز

۵. حال مقدار آب گرم لازم برای مصرف خانگی بررسی می کنیم. مقدار ظرفیت حرارتی مورد نیاز برای مصارف خانگی از رابطه (۷) حساب می کنیم. در اینجا دمای ورودی به ساختمان را ۱۰ درجه سانتی گراد و دمای مورد نیاز برای مصرف خانگی را ۵۰ درجه سانتی گراد در نظر می گیریم. مقدار دبی آبگرم مورد نیاز برای مصارف خانگی را با توجه به جدول مصرف روزانه آبگرم در ساختمان های مختلف نوشته شده توسط مقیمان [۶] بدست می آوریم. که برابر با ۰,۰۱۸۷۰۵ کیلوگرم بر ثانیه برای خانواده ۴ نفره می باشد. بنابراین برای مقدار ظرفیت حرارتی برای یک خانواده ۴ نفره داریم

$$Q = 3142 \text{ J/s}$$

انرژی حرارتی دریافتی توسط لوله مارپیچ با افزایش رینولدز به مراتب بیشتر از ظرفیت حرارتی مورد نیاز برای خانواده ۴ نفر خواهد بود (شکل ۷). بنابراین مبدل مارپیچ ما جوابگوی انرژی حرارتی مورد نیاز می باشد.

### نتیجه گیری

انتقال حرارت در یک لوله مارپیچ که در درون دودکش قرار دارد در تحقیق حاضر مورد مطالعه قرار گرفت. با شبیه سازی هندسه مورد نظر و حل عددی معادلات حاکم، سرعت سیال در لوله های مارپیچ، تغییرات دمای خروجی و همچنین ناسلت متوسط در آخر انتقال حرارت درون لوله مارپیچ به ازای رینولدزهای متفاوت بررسی کردیم. همچنین مقدار ظرفیت گرمایی لازم برای مصرف خانگی به ازای یک خانواده ۴ نفره را ارزیابی نمودیم.

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL  
پروپوزال

پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین  
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



ISI  
Scopus

آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو