



11111



دانشگاه ایستادن و بلوچستان  
تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در (مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی)

عنوان:

بررسی عددی انتقال حرارت جابجایی در جریان  
عبوری از روی یک دسته فین حول یک جسم  
استوانه ای

استاد راهنما:

دکتر علیرضا حسین نژاد دویین

استاد مشاور:

دکتر امین بهزاد مهر

تحقیق و نگارش:

هادی جاوید نژاد

بهمن ماه ۱۳۸۷

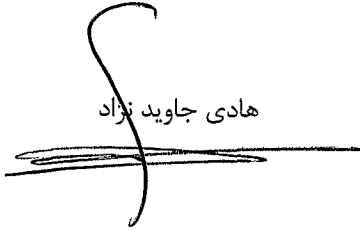
اداره اطلاعات مدرسه علمی در  
تسبیح مدرک  
۱-۱۳۸۸ / ۲ / ۵

۱۱۱۷۱۰

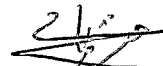
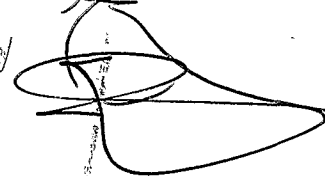



## بسمه تعالی

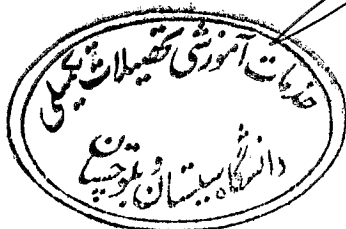
این پایان نامه با عنوان بررسی عددی انتقال حرارت جابجایی در جریان عبوری از روی یک دسته فین حول یک جسم استوانه ای قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی توسط دانشجو هادی جاوید نژاد تحت راهنمایی استاد پایان نامه دکتر علیرضا حسین نژاد تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

هادی جاوید نژاد



این پایان نامه ۸۸. واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ۸۷/۱۱/۲۶ ..... توسط هیئت داوران بررسی و درجه بسیار خوب ..... به آن تعلق گرفت.

نام و نام خانوادگی	امضاء	تاریخ
استاد راهنما: دکتر علیرضا حسین نژاد		
استاد مشاور: دکتر امین بهزاد مهر		
داور ۱: دکتر محمد مقیمان		
داور ۲: دکتر سید مسعود حسینی سروری		۸۷/۱۱/۲۶
نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر زیودار		





دانشگاه سیستان و بلوچستان

### تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب هادی جاوید نژاد تأیید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان‌نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: هادی جاوید نژاد

امضاء

## تقدیم به:

تقدیم به همسر م که هیچ جمله ای نمی تواند احساسم نسبت به وی را بیان کند.

## سیاسگزاری

از پدرم که همیشه تکیه گاهم است مادرم که صبر و بردباری را به من آموخت برادر و خواهرانم و خانواده همسرم که در همه لحظات همراهم بود.

و همسر مهربان و فداکارم که در مدت انجام این پروژه برای یاری به من خودش را فراموش کرد و هر چه دارم فقط بخاطر وجود عاشقانه اوست.

از استاد بزرگوارم جناب دکتر علیرضا حسین نژاد که هر چه آموختم مدیون ایشان هستم.

از همه دوستان همراه که هرگز فراموششان نخواهم کرد خصوصا آقایان محمد تقوی حسن سیامیان گرجی محمد احسان کاظمیان رحیم شمس الدینی یزدی سادات سهرابی فرساد مرتضوی جعفریان زکریانزاد آزرکیش خراسانی نژاد و خانم معصومی و خانم بیات که از درگاه خداوند متعال برای همه این بزرگواران آرزوی سعادت روز افزون را دارم.

همچنین از اساتید محترم، جناب دکتر سید مسعود حسینی سروری و دکتر بهزاد مهر که علاوه بر علم درس زندگی و معرفت آموختند.

## چکیده:

در این پایان نامه انتقال حرارت ناشی از جریان عبوری از روی یک دسته فین (صفحه) مستطیل شکل برای دو حالت خاص به صورت عددی با استفاده از روش حجم محدود بررسی شده است. در حالت اول فین ها بر روی یک سطح تخت با درجه حرارت ثابت و در حالت دوم فین ها بر روی یک استوانه با درجه حرارت ثابت قرار دارند. همچنین اثر تغییرات نسبت سد کنندگی فین و عدد رینولدز بر روی مقادیر ضریب اصطکاک و عدد نوسلت بررسی شده و توزیع درجه حرارت در فین ها بدست آمده است. در این بررسی جریان سیال تراکم ناپذیر، تلاطم و دائم در نظر گرفته شده است. از مدل  $k-\epsilon$  RNG برای حل معادلات حاکم شامل معادله پیوستگی، ممتم و انرژی استفاده شده است. نتایج حاصل از این مطالعه تطابق خوبی را با نتایج آزمایشگاهی نشان می دهد. این پایان نامه شامل پنج فصل می شود. در فصل اول اهمیت و کاربرد فینها، تاریخچه ای از مطالعاتی که تاکنون در این زمینه انجام شده و در انتها به مطالعه حاضر اشاره شده است.

در فصل دوم مسئله انتقال حرارت ناشی از جریان عبوری از روی یک دسته فین های مستطیلی که بر روی یک سطح تخت با درجه حرارت ثابت قرار دارند به صورت عددی با استفاده از روش حجم محدود بررسی شده است.

فصل سوم به بررسی انتقال حرارت جابجایی اجباری از روی یک استوانه افقی درجه حرارت ثابت فین دار با فین های طولی، به صورت عددی با استفاده از روش حجم محدود پرداخته شده است.

در فصل چهارم تحلیل نتایج بدست آمده از حل جریان عبوری از روی یک استوانه فین دار از مقایسه آنها با نتایج حاصل از حل جریان بر روی صفحه فین دار آمده است. فصل پنجم به نتیجه گیری کلی از مطالعه حاضر اختصاص یافته است.

کلمات کلیدی: فین مستطیلی، جریان تلاطم، انتقال حرارت جابجایی اجباری، ضریب اصطکاک، نسبت سد کنندگی

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه .....
۲	۱-۱- مقدمه .....
	فصل دوم: مطالعه عددی انتقال حرارت جابجایی اجباری از روی یک صفحه تخت با
۶	فین های مستطیلی موازی .....
۷	۱-۲- شرح مسئله .....
۸	۲-۲- معادلات حاکم .....
۱۰	۳-۲- شرایط مرزی .....
۱۳	۴-۲- حل عددی .....
۲۰	۵-۲- نتایج و بحث .....
	فصل سوم: مطالعه عددی انتقال حرارت جابجایی اجباری بر روی یک استوانه
۳۰	فین دار با فین های طولی .....
۳۱	۱-۳- تحلیل ابعادی .....
۳۲	۲-۳- شرح مسئله .....
۳۲	۳-۳- معادلات حاکم .....
۳۵	۴-۳- شرایط مرزی .....
۳۷	۵-۳- حل عددی .....
۳۸	فصل چهارم: نتایج حاصل و بررسی آنها .....
۴۰	۱-۴- نتایج و بحث .....
۴۴	۲-۴- بررسی تغییرات ضریب اصطکاک بر حسب نسبت سد کنندگی .....
۴۵	۳-۴- بررسی تغییرات عدد نوسلت بر حسب نسبت سد کنندگی .....
۴۷	فصل پنجم: نتیجه گیری .....
۴۸	۱-۵- نتیجه گیری .....
۴۹	مراجع .....
۵۱	پیوست ها .....
	پیوست (الف) - الگوریتم و ژورنال فایل ایجاد هندسه و شبکه بندی حوزه حل یک صفحه
۵۲	تخت با فین های مستطیلی موازی در گمبیت .....
	پیوست (ب) - الگوریتم و ژورنال فایل ایجاد هندسه و شبکه بندی حوزه حل یک استوانه
۵۹	فین دار با فین های طولی مستطیلی در گمبیت .....



## فهرست جدول ها

صفحه	عنوان جدول
۱۱	جدول ۱-۲. تأثیر حوزه حل در پارامترهای جریان و انتقال حرارت
۱۲	جدول ۲-۲. شرایط مرزی مسئله
۱۴	جدول ۳-۲. مطالعات مربوط به شبکه برای حالت $Re=1 \times 10^4$
۲۰	جدول ۴-۲. پارامترهای بکار رفته در حل مسئله
۳۶	جدول ۱-۳. شرایط مرزی مسئله
۳۸	جدول ۲-۳. مطالعات مربوط به شبکه برای حالت $Re=1 \times 10^4$
۴۰	جدول ۱-۴. پارامترهای بکار رفته در حل مسئله

## فهرست شکل ها

صفحه	عنوان شکل
۷	شکل ۲-۱. نمایش سه بعدی بلوک ها
۱۱	شکل ۲-۲. حوزه محاسباتی حل
۱۴	شکل ۲-۳. نحوه مش بندی حوزه حل
۱۶	شکل ۲-۴. انتخاب حل گر مناسب
۱۶	شکل ۲-۵. حل معادله انرژی
۱۷	شکل ۲-۶. انتخاب مدل اغتشاش
۱۸	شکل ۲-۷. انتخاب ماده سیال
۱۸	شکل ۲-۸. انتخاب ماده جامد
۱۹	شکل ۲-۹. انتخاب الگوریتم حل
۲۰	شکل ۲-۱۰. نمودار همگرایی
۲۱	شکل ۲-۱۱. کانتور فشار در صفحه $y=0$ برای $Re=2 \times 10^4$ , $Ar=5$ , $Hr=5$ و $Br=0.20$
۲۲	شکل ۲-۱۲. خطوط جریان اطراف فین در صفحه $z=10$ برای $Re=5000$ , $Ar=5$ , $Hr=5$ و $Br=0.25$
۲۲	شکل ۲-۱۳. بزرگ نمایی خطوط جریان در اطراف فین در صفحه $z=10$ برای $Re=5000$ , $Ar=5$ , $Hr=5$ و $Br=0.25$
۲۳	شکل ۲-۱۴. تغییرات ضریب اصطکاک متوسط بر روی سطح بالایی فین، برای $Br$ های مختلف و $Ar=5$ , $Hr=5$
۲۴	شکل ۲-۱۵. مقایسه مقادیر ضریب اصطکاک متوسط بر روی سطح بالایی فین با مطالعات قبلی برای $Br=25\%$
۲۵	شکل ۲-۱۶. کانتور درجه حرارت در صفحه $z=10$ برای $Re=5000$ , $Ar=5$ , $Hr=5$ و $Br=0.25$
۲۵	شکل ۲-۱۷. بزرگ نمایی کانتور درجه حرارت در صفحه $z=10$ در $Re=5000$ , $Ar=5$ , $Hr=5$ و $Br=0.25$
۲۶	

- شکل ۲-۱۸. تغییرات عدد نوسلت متوسط کل بر روی سطوح فین نسبت به عدد رینولدز برای  
 ۲۷  $10\% \leq Br \leq 25\%$
- شکل ۲-۱۹. مقایسه تغییرات عدد نوسلت متوسط کل بر روی سطوح فین با مطالعات قبلی  
 ۲۸ برای  $Br=25\%$
- شکل ۲-۲۰. تغییرات راندمان فین بر حسب عدد رینولدز برای نسبت‌های مختلف سد کنندگی  
 ۲۹
- شکل ۲-۲۱. مقایسه تغییرات راندمان فین بر حسب عدد رینولدز با مطالعات قبلی برای  
 ۳۱  $Br=25\%$
- شکل ۳-۱. نامگذاری ابعاد و اندازه‌های فین  
 ۳۲
- شکل ۳-۲. فین‌های مستطیلی مستقر بر روی استوانه و جهت جریان  
 ۳۳
- شکل ۳-۳. حوزه حل برای تحلیل جریان و انتقال حرارت از فین  
 ۳۵
- شکل ۳-۴. نحوه مش بندی حوزه حل  
 ۳۷
- شکل ۴-۱. نمایش سه بعدی کانتور فشار برای  $Re = 2 \times 10^4$ ,  $Ar = 5$ ,  $Hr = 5$ ,  $Br = 0.20$  و  
 ۴۰  $dr=5$
- شکل ۴-۲. کانتور فشار در صفحه  $y=0$  برای  $Re = 2 \times 10^4$ ,  $Ar = 5$ ,  $Hr = 5$ ,  $Br = 0.20$  و  
 ۴۱  $dr=5$
- شکل ۴-۳. خطوط جریان در صفحه  $y=0$  برای  $Re = 2 \times 10^4$ ,  $Ar = 5$ ,  $Hr = 5$ ,  $Br = 0.20$  و  
 ۴۲  $dr=5$
- شکل ۴-۴. کانتور درجه حرارت در صفحه  $y=0$  برای  $Re = 2 \times 10^4$ ,  $Ar = 5$ ,  $Hr = 5$ ,  
 ۴۳  $Br = 0.20$  و  $dr=5$
- شکل ۴-۵. بزرگ‌نمایی کانتور درجه حرارت در صفحه  $y=0$  برای  $Re = 2 \times 10^4$ ,  $Ar = 5$ ,  
 ۴۳  $Hr = 5$ ,  $Br = 0.20$  و  $dr=5$
- شکل ۴-۶. تغییرات ضریب اصطکاک متوسط بر روی سطح بالایی فین، برای  $Br$  های مختلف  
 ۴۴ و  $Hr = 5$ ,  $Ar = 5$  و  $dr=5$
- شکل ۴-۷. تغییرات عدد نوسلت متوسط کل بر روی سطوح فین نسبت به عدد رینولدز برای  
 ۴۵  $10\% \leq Br \leq 25\%$

## فهرست علائم

نشانه	علامت
نسبت طول به ضخامت فین (نسبت ظاهری)، $(L/D)$	$Ar$
نسبت سد کنندگی، $(D/W)$	$Br$
ضرایب ثابت در مدل تلاطم k-ε	$C_{1ε}, C_{1ε}^*, C_{2ε}$
ضریب ثابت در مدل تلاطم RNG k-ε	$C_μ$
گرمای ویژه	$C_p$
ضریب اصطکاک	$C_f$
قطر استوانه	$d$
نسبت قطر استوانه به ضخامت فین، $(d/D)$	$dr$
ضخامت، ارتفاع، طول و فاصله میان فین ها	$D, H, L, W$
ضریب انتقال حرارت جابجایی	$h$
نسبت ارتفاع، $(H/D)$	$Hr$
انرژی داخلی	$i$
انرژی جنبشی تلاطم، $(\overline{u_i' u_i'})/2$	$k$
عدد نوسلت، $(hD/\lambda)$	$Nu$
فشار	$P$
عدد پراتل	$Pr$
انتقال حرارت جابجایی از فین	$q_f$
حداکثر انتقال حرارت جابجایی از فین	$q_{max}$
عدد رینولدز، $(U_\infty D)/\nu$	$Re$

عدد رینولدز: $(U_{\infty}L)/\nu$	$Re_L$
ترم چشمه برای معادله مومنتوم	$S_M$
ترم چشمه برای معادله انرژی	$S_T$
درجه حرارت	$T$
درجه حرارت پایه فین	$T_b$
بردار سرعت	$U$
مؤلفه های سرعت	$U_i, u_i$
تانسور تنش رینولدز و شار حرارتی تلاطم	$\overline{u'_i u'_j}, \overline{u'_i T'}$
جهت ها در مختصات کارترین	$x, y, z$
زاویه حمله	$\alpha$
معکوس عدد پرانتل مؤثر برای پخش $k$ و $\varepsilon$	$\alpha_k, \alpha_\varepsilon$
پارامتری در مدل $k-\varepsilon$ RNG، $0.12$	$\beta$
تابع کرونیگر دلتا	$\delta_{ij}$
نرخ استهلاک انرژی جنبشی تلاطم، $\mu(\overline{u'_{i,j} u'_{i,j}})/\rho$	$\varepsilon$
پارامترهایی در مدل $k-\varepsilon$ RNG، $(Sk/\varepsilon)$ ، $4/377$	$\eta, \eta_0$
ضریب هدایت حرارتی کل و تلاطم سیال، $(\lambda_0 + \lambda_t)$ ، $(c_p \mu_t / \sigma_t)$	$\lambda, \lambda_t$
ضریب هدایت حرارتی سیال در حالت آرام	$\lambda_0$
ویسکوزیته دینامیکی کل و تلاطم سیال، $(\mu_0 + \mu_t)$ ، $(C_\mu \rho k^2 / \varepsilon)$	$\mu_{eff}, \mu_t$
ویسکوزیته دینامیکی آرام سیال	$\mu_0$
ویسکوزیته سینماتیکی سیال	$\nu$
چگالی سیال	$\rho$
تنش برشی دیواره	$\tau_w$
فاصله بی بعد (در جریان آشفته)	$y^+$

سرعت بی بعد (در جریان آشفته)	$u^+$
انرژی	E
	زیرنویس ها
ورودی	<i>in</i>
خروجی	<i>out</i>
شرایط جریان آزاد یکنواخت	$\infty$
مشتق گیری نسبت به $x_r$	$( )_{,r}$
مشتق گیری از مرتبه دوم نسبت به $x_r$	$( )_{,ll}$
	بالا نویس ها
مؤلفه متوسط زمانی پارامترها	-
مؤلفه نوسانی پارامتر تلاطم	'

## فصل اول

### مقدمه

جریان های چرخشی برآمده از جدایش لایه مرزی و پیوستگی مجدد ناشی از آن، در بسیاری از شرایط عملی و کاربردی مانند محفظه های احتراق، پره های توربین گازی، مبدل های حرارتی، کانال های وسیع، وسایل الکترونیکی و حرکت وسایط نقلیه و جریان باد حول ساختمان های موازی اتفاق می افتد. این سیستم ها شبیه فین های موازی هستند که برای افزایش انتقال حرارت میان جریان ورودی و صفحه پایه مربوط به آن مورد استفاده قرار می گیرد. برای مثال می توان به فین های تعبیه شده بر روی صفحات در مبدل های حرارتی با شرایط جریان آزاد اشاره نمود. جریان ورودی که اغلب هواست از یک فن که در فاصله نزدیک قرار دارد وزیده می شود. در برخی کاربردها، فین ها نسبتاً ضخیم اند و جریان از نوع لایه مرزی نیست، بلکه در این نوع جریان ها جدایش سیال و پیوستگی مجدد آن اتفاق می افتد. در این موارد، چرخش جریان بر میزان انتقال حرارت از جسم، تأثیر می گذارد، و شناسایی دقیق جریان سیال و انتقال حرارت میان این فین ها و هوای محیط، به نحوه طراحی ساختمان فین ها برای بهبود راندمان کمک شایانی می کند، طول عمر را افزایش می دهد، مصرف مواد را بهینه می سازد، و فضای مورد نیاز برای نصب فین ها را مشخص می کند، و از این طریق به روش های بهتر خنک سازی اجزای تولید کننده گرما کمک می کند. ماهیت جریان اطراف فین های مستطیلی ضخیم محدود به این صورت است که جریان از چپ به راست حرکت می کند، و کاهش در میزان سرعت آن یک گرادین فشار مثبت بر روی سطح جلویی بوجود می آورد. افزایش فشار در جهت جریان و فشار معکوس بر روی سطوح جانبی باعث جدایی جریان از لبه حمله می شود، و پس از مسافتی مجدداً به فین می پیوندد، که در اینجا، حباب های چرخشی که در آن یک توزیع فشار معکوس وجود دارد، شکل می گیرد. سپس رشد لایه مرزی آغار می شود و تا انتهای فین ادامه می یابد و در نهایت با تشکیل یک گردابه در پشت فین آن را ترک می کند. ناحیه میان نقطه جدایش و پیوستگی جریان نقش مهمی را در فرآیندهای انتقال حرارت و جرم ایفا می کند.

تاکنون بررسی های تئوری و آزمایشگاهی جریان سیال و انتقال حرارت از صفحات موازی افقی و نیز در کانال های باریک مستطیلی به تفصیل گزارش شده است. این مطالعات برای صفحات نیمه متناهی دو بعدی یا صفحات متناهی ضخیم دو بعدی صورت گرفته است. مطالعات آزمایشگاهی مک کورمیک و همکاران [۱]



مشخص کرد که به طور کلی جزئیات انتقال حرارت و تغییرات فشار در جریان های جدا شده به پیشینه جریان بالا دست بستگی دارد. برای حالت های دو بعدی، تأثیرات جریان پتانسیل اهمیت بیشتری دارد و برای مثال اثرات لایه مرزی قابل چشم پوشی است. این یعنی، جدایش در اثر فقدان ممنوم در لایه مرزی و یا در اثر یک گرادیان فشار معکوس به اندازه کافی بزرگ اتفاق نمی افتد، بلکه به علت هندسه مسئله در گوشه ها رخ می دهد (بدلیل کندی لبه حمله). سپس میدان فشار تا حد زیادی در داخل ناحیه جریان جدا شده با استفاده از جریان خارجی گذرنده از اطراف جسم مشخص می شود.

همچنین برای یک صفحه منفرد ضخیم با طول نیمه متنهای مطالعات گسترده ای انجام شده است. بررسی های تجربی اوتا و کاتو [۲] و اندازه گیری های انتقال حرارت تلاطم اوتا و اوهی [۳] بر روی یک صفحه با لبه کلفت برای  $Re=5800$  نشان داد که عدد نوسلت برای صفحه با ضخامت در حدود  $4/3$  به یک مقدار حداکثر می رسد، در حالی که نقطه پیوستگی مجدد در ضخامت  $4/1$  واقع می شود. دی جی لالی و همکاران یک سری از مطالعات عددی و تجربی جریان تلاطم را روی یک دسته صفحات مستطیلی منظم انجام داده اند. در قسمت تجربی، دی جی لالی و گارت شور [۴] نشان دادند که طول جدایش و توزیع فشار برای اعداد رینولدز  $2.5 \times 10^4$  تا  $9 \times 10^4$  بدون تغییر می ماند. در محاسبات عددی، دی جی لالی و همکاران [۵] از یک مدل  $k-\epsilon$  استاندارد اصلاح شده استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که محاسبه پیوستگی مجدد به روش عددی و نیز به مدل سازی اغتشاش بسیار حساس است. آنها دو روش گسسته سازی متفاوت دیفرانسیل گیری هیبرید (HD) و دیفرانسیل گیری مورب مقید هیبرید (BSHD) را بکار بردند. دیده شد در روش BSHD که دارای مرتبه دیفرانسیل گیری بالاتری است، سازگاری بهتری با اندازه آزمایشگاهی  $4/7 D$ ، برای طول پیوستگی مجدد معادل  $4/3$  ضخامت صفحه دارد.

بررسی های تجربی اخیر برای جریان دو بعدی توسط ایگاراشی و میومی [۶] و همچنین اچ وانگ و همکاران [۷] ارائه شده است. مطالعات تجربی ایگاراشی و میومی بر روی جریان سیال و انتقال حرارت اطراف یک فین مستطیلی با نسبت ظاهری ۵ برای اعداد رینولدز در محدوده  $1.28 \times 10^4 < Re < 2.6 \times 10^3$  صورت گرفته است. زاویه حمله از  $0^\circ$  تا  $20^\circ$  متغیر است. آنها فرمول تجربی  $\overline{Nu} = 0.085 Re^{2/3}$  ( $\alpha = 0 - 10^\circ$ ) و  $(Re > 4 \times 10^3)$  را برای عدد نوسلت پیشنهاد دادند.

در حالتی که فین ها بر روی یک سطح پایه نصب هستند، نظیر یک سطح دنده دار، فین های متنهای بر روی یک موتور، تخته های موازی متصل به یک صفحه، و غیره، جریان بر روی هر فین دو بعدی نخواهد بود، و

طول پیوستگی شدیداً به هندسه و شرایط جریان بستگی دارد. برای چنین هندسه هایی، در موردی که وابسته به ردیف است، اسپرو و همکاران [۸] نتایج تجربی را برای جریان تلاطم بر روی دسته ای از فین های مستطیل شکل تولید کننده گرما که در طول یک دیوار از یک کانال مستطیلی صاف گسترش یافته اند، گزارش کرده اند. میندرز و هانجالیگ [۹] انتقال حرارت محلی را برای یک شبکه از مکعب های هم فاصله نصب شده روی یک سطح ارائه دادند. در این بررسی، درجه حرارت سطح یک المان مکعبی که به صورت داخلی گرما داده شده، با درجه حرارت نگاری مادون قرمز اندازه گیری شده است. اکثر مطالعات قبلی به دنده ها در لوله ها یا کانال ها مربوط می شود، که توسط کیم [۱۰] بررسی شده اند.

تئوری جابجایی اجباری در جریان های چرخشی محبوبیت گسترده ای در زمینه افزایش انتقال حرارت بدست آورده است. برای افزایش ضریب انتقال حرارت، اولین گام استفاده از سطوح گسترش یافته است. گسترش چنین سطوحی سطح کلی انتقال حرارت را افزایش می دهد و در صورتی که بدرستی نصب شوند، راندمان سطوح تبادل کننده حرارت زیاد می شود. چنانچه لایه های مرزی در حال رشد مجزا شوند یا اختلاط جریان عرضی بیشتر شود، راندمان بالاتر خواهد رفت.

میتوان گفت بررسی انتقال حرارت جابجایی اجباری اطراف یک استوانه افقی فین دار با فین های طولی موضوعی است که تاکنون به آن پرداخته نشده است. باید توجه داشت که به منظور افزایش نرخ انتقال حرارت از یک استوانه، فین های متصل شده به آن غالباً به صورت طولی یا شعاعی با ضخامت یکنواخت می باشد. با توجه به نوع کاربرد، فین ها ممکن است در سطح داخلی یا خارجی استوانه قرار گیرد. جابجایی آزاد اطراف یک استوانه افقی یک موضوع نسبتاً قدیمی است که بطور گسترده ای با بکارگیری روش های تحلیلی، عددی و آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است. سه مقاله اخیر توسط ونگ و همکاران [۱۱ و ۱۲] و سایتو و همکاران [۱۳] فهرست جامعی از مقالات راجع به این موضوع را فراهم ساخته است. راستوم و سالیمن [۱۴]، جای و پاتانکار [۱۵] به انتقال حرارت جابجایی آزاد از استوانه افقی با فین های طولی در سطح داخلی استوانه و بسام [۱۶ و ۱۷]، هالدر [۱۸] و هالدر و همکاران [۱۹] به انتقال حرارت جابجایی آزاد از استوانه افقی با فین های طولی در سطح خارجی استوانه پرداخته اند. مبدل های حرارتی لوله ای فین دار با فین های شعاعی بطور معمول در صنعت استفاده می شود. در طراحی چنین مبدل هایی لازم است به واکنش میان انتقال حرارت محلی و توزیع جریان در میان فین ها توجه شود. مطالعات عددی و آزمایشگاهی زیادی در زمینه

تعیین تأثیر فاصله میان فین ها و سرعت سیال در حالت انتقال حرارت جابجایی آزاد و اجباری در یک استوانه دایروی با فین های شعاعی انجام شده است.

با توجه به این که تاکنون هیچ تحلیل عددی و تجربی ای در زمینه مسئله انتقال حرارت جابجایی اجباری بر روی استوانه با فین های طولی مستطیل شکل انجام نشده است، برای بررسی دقت حل عددی، نتایج بدست آمده برای تغییرات عدد نوسلت و ضریب اصطکاک بر روی سطوح فین نسبت به عدد رینولدز در مسئله حاضر با نتایج متناظر در حل جریان بر روی صفحه با فین های مستطیلی مقایسه می شود.

درک جزئیات جریان و انتقال حرارت بر روی صفحات تخت با لبه ضخیم بسیار مهم است. بعلاوه، ارزیابی سه بعدی چنین جریان های پیچیده ای به آسانی صورت نمی گیرد، اما تحلیل عددی می تواند برای فهم جزئیات مکانیزم انتقال حرارت هنگامی که فین ها بصورت موازی در مسیر یک جریان آزاد قرار دارند، سودمند باشد. برای چنین جریان هایی، جریان بالا دست، هندسه و انتقال حرارت هدایتی میان فین ها تأثیر زیادی بر روی نرخ انتقال حرارت و افت فشار میان آنها خواهد داشت. در بررسی حاضر، جریان تلاطم با انتقال حرارت مرکب هدایت در فین های موازی و انتقال حرارت جابجایی اجباری در سیال در نظر گرفته می شود. ضخامت فین ( $D$ )، طول فین ( $L$ )، فاصله میان فین ها ( $W$ )، ارتفاع فین ( $H$ )، و قطر استوانه ( $d$ ) از جمله پارامترهای مهم هستند. در این مطالعه، هوا با درجه حرارت ثابت و سرعت یکنواخت به فین ها نزدیک می شود و همچنین فرض می شود که جریان تلاطم با خواص فیزیکی ثابت است.

## فصل دوم

مطالعه عددی انتقال حرارت جابجایی اجباری از

روی یک صفحه تخت با فین های مستطیلی

موازی