

## فهرست مطالب

۲	.....مقدمه	۱ فصل اول
۳	.....مقدمه	۱-۱
۴	.....روش‌های افزایش انتقال حرارت	۱-۲
۹	.....اهمیت انتقال حرارت در مبدل‌ها (به ویژه دسته لوله‌ها)	۱-۳
۱۱	.....تعریف مسئله	۱-۴
۱۲	.....جریان عبوری از یک لوله منفرد	۱-۵
۱۵	.....جریان در یک کانال محدود	۱-۶
۱۵	.....مدل عمومی جریان عبوری از یک لوله در یک دسته لوله	۱-۷
۱۹	.....اهمیت پایان نامه	۱-۸
۲۱	.....فصل دوم مروری بر ادبیات پیشین ...	۲
۲۲	.....مقدمه	۲-۱
۲۲	.....پژوهش‌های مرتبط با موضوع	۲-۲
۳۱	.....فصل سوم کاربرد CFD در حل معادلات و بیان معادلات حاکم بر دینامیک سیالات	۳
۳۲	.....مقدمه	۳-۱
	.....تقسیم بندی دینامیک سیالات محاسباتی به دو مدل و مفهوم اساسی	۳-۲
۳۴	.....	
۳۴	.....مدل فیزیکی	۳-۲-۱
۳۴	.....مدل ریاضی	۳-۲-۲
۳۵	.....ساختار یک برنامه CFD	۳-۳
۳۵	.....پیش پردازنده	۳-۳-۱
۳۶	.....حل کننده	۳-۳-۲
۳۶	.....پس پردازنده	۳-۳-۳

۳۷.....	انواع شبکه بندی.....	۳-۴
۳۸.....	برخی خواص شبکه بندی.....	۳-۵
۳۸.....	همگرایی (convergency).....	۳-۵-۱
۳۹.....	سازگاری (consist).....	۳-۵-۲
۳۹.....	پایداری (stability).....	۳-۵-۳
۳۹.....	معادلات حاکم.....	۳-۶
۳۹.....	معادله پیوستگی.....	۳-۶-۱
۴۰.....	معادله تکانه خطی.....	۳-۶-۲
۴۰.....	معادله انرژی.....	۳-۶-۳
۴۱.....	معادله انتقال حرارت.....	۳-۶-۴
۴۷.....	مدلسازی آشفتگی.....	۳-۸-۱
۵۵.....	فصل چهارم حل عددی و نتایج شبیه سازی.....	۴
۵۶.....	مقدمه و شرح مسئله.....	۴-۱
۵۷.....	مدل عددی و تنظیمات شبیه سازی.....	۴-۲
۵۹.....	هندسه و شبکه بندی آرایش مثلثی دسته لوله.....	۴-۳
۶۱.....	شرایط مرزی آرایش مثلثی دسته لوله.....	۴-۴
۶۳.....	صحت سنجی مدل عددی.....	۴-۵
۶۵.....	استقلال از شبکه.....	۴-۶
۶۶.....	نتایج حل عددی آرایش مثلثی دسته لوله.....	۴-۷
۶۸.....	هندسه و شبکه بندی آرایش مستطیلی دسته لوله با قطر یکسان.....	۴-۸
۶۹.....	شرایط مرزی و مقادیر آن در آرایش مستطیلی دسته لوله.....	۴-۹
۷۰.....	نتایج حل عددی در آرایش مستطیلی دسته لوله با قطر یکسان.....	۴-۱۰
۷۲.....	هندسه و شبکه بندی آرایش مستطیلی دسته لوله با کاهش قطر.....	۴-۱۱
۷۵.....	فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهاد.....	۵

۷۶.....	نتیجه‌گیری و پیشنهاد	۵-۱
۷۹ .....	منابع .....	۶

## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- نمای کلی از یک مبدل حرارتی و مشاهده دسته لوله..... ۴
- شکل ۱-۲- مبدل حرارتی با لوله‌های پیچشی به منظور افزایش انتقال حرارت..... ۹
- شکل ۱-۳- شکل سمت راست آرایش مثلثی و شکل سمت چپ آرایش مربعی دسته لوله  
..... ۱۱
- شکل ۱-۴- آرایش مربعی دسته لوله‌ها با توجه به متقارن بودن هندسه..... ۱۱
- شکل ۱-۵- استوانه یا دسته لوله در کانال..... ۱۵
- شکل ۳-۱- روشهای شبیهسازی از لحاظ هزینه محاسباتی و دقت مدل..... ۵۴
- شکل ۴-۱- تنظیمات عمومی حل عددی در نرم افزار انسیس فلوئنت..... ۵۸
- شکل ۴-۲- تنظیمات مربوط به حل عددی و کوپلینگ فشار و سرعت در نرم افزار انسیس  
فلوئنت..... ۵۹
- شکل ۴-۳- شماتیک هندسه آرایش مثلثی دسته لوله..... ۶۰
- شکل ۴-۴- هندسه آرایش مثلثی دسته لوله در نرم افزار گمبیت..... ۶۰
- شکل ۴-۵- شبکه بندی دسته لوله با آرایش مثلثی..... ۶۱
- شکل ۴-۶- شرایط مرزی در آرایش مثلثی دسته لوله‌ها..... ۶۲
- شکل ۴-۷- نتایج حل عددی برای آرایش مثلثی دست لوله‌ها جهت صحت سنجی..... ۶۵
- شکل ۴-۸- کانتور توزیع اندازه سرعت در آرایش مثلثی دسته لوله ها ب حسب متر بر  
ثانیه..... ۶۶
- شکل ۴-۹- خطوط جریان در آرایش مثلثی دسته لوله ها..... ۶۷

- شکل ۴-۱۰ - شماتیک هندسه دسته لوله ها با آرایش مستطیلی با قطر یکسان ..... ۶۸
- شکل ۴-۱۱ - هندسه آرایش مستطیلی دسته لوله ها در نرم افزار گمبیت ..... ۶۹
- شکل ۴-۱۲ - شبکه بندی آرایش مستطیلی دسته لوله ها در نرم افزار گمبیت ..... ۶۹
- شکل ۴-۱۳ - هندسه متقارن آرایش مستطیلی دسته لوله ها در نرم افزار فلونت ..... ۶۹
- شکل ۴-۱۴ - محاسبه عدد ناسلت در آرایش مستطیلی دسته لوله ها در نرم افزار فلونت ..... ۷۰
- شکل ۴-۱۵ - توزیع دما بر حسب کلوین اطراف دسته لوله در آرایش مستطیلی دسته لوله ها با قطر یکسان در نرم افزار فلونت ..... ۷۱
- شکل ۴-۱۶ - توزیع دما بر حسب کلوین اطراف دسته لوله در آرایش مستطیلی دسته لوله ها با قطر یکسان در نرم افزار فلونت ..... ۷۲
- شکل ۴-۱۷ - شماتیک هندسه دسته لوله با آرایش مستطیلی با کاهش قطر سیلندرها ... ۷۲
- شکل ۴-۱۸ - هندسه و شبکه بندی دسته لوله با آرایش مستطیلی با کاهش قطر سیلندرها با شرط تقارن در نرم افزار گمبیت ..... ۷۳
- شکل ۴-۱۹ - نحوه شبکه بندی دسته لوله با آرایش مستطیلی با کاهش قطر سیلندرها از نمای نزدیک ..... ۷۳
- شکل ۴-۲۰ - محاسبه عدد ناسلت برای مسئله دسته لوله با آرایش مستطیلی و کاهش قطر در نرم افزار انسیس فلونت ..... ۷۴

فهرست جدول‌ها

- جدول ۳-۱: تعیین ثابت‌های معادله ۳-۱۴ [۲۵] ..... ۴۳
- جدول ۳-۱: ثابت  $C_2$  برای معادله ۳-۱۵ [۲۵] ..... ۴۳
- جدول ۳-۳: تعیین ثابت‌های معادله ۳-۱۶ ..... ۴۴
- جدول ۳-۴: ثابت  $C_2$  برای معادله ۳-۱۷ [۲۵] ..... ۴۴
- جدول ۳-۵: ثابت‌های به کار برده شده در مدل ..... ۵۴
- جدول ۴-۱- شرایط مرزی آرایش مثلثی دسته لوله ها ..... ۶۲
- جدول ۴-۲- خواص ترموفیزیکی متریال ..... ۶۳
- جدول ۴-۳- نتایج استقلال از شبکه حل عددی ..... ۶۶
- جدول ۴-۴- مقادیر مرزی و اولیه آرایش مستطیلی دسته لوله ها با قطر یکسان ..... ۶۹

# ۱ فصل اول مقدمه

## فصل اول

### فصل اول مقدمه

#### ۱-۱ مقدمه

مبدل‌های حرارتی تجهیزاتی هستند که برای انتقال حرارت از یک رسانه به رسانه دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از انواع مبدل‌های حرارتی، شامل سلسله لوله‌هایی است که دما یا شار حرارتی مشخصی دارند و سیالی از روی آن‌ها جهت سرمایش یا گرمایش عبور می‌کند. به این سلسله لوله‌ها دسته لوله گفته می‌شود. مبدل‌ها به طور گسترده در گرمایش و سرمایش محیط، تهویه مطبوع، نیروگاه‌ها، کارخانه‌های مواد شیمیایی، کارخانه‌های پتروشیمی، پالایشگاه‌های نفتی، فرآوری گاز طبیعی و بازیافت فاضلاب مورد استفاده هستند. از این رو است که مطالعات زیادی در زمینه بررسی جریان و انتقال حرارت دسته لوله‌ها جهت بهبود پارامترهای انتقال حرارت و جریان صورت گرفته است.

در اکثر صنایع به طور فزاینده‌ای از مبدل‌های حرارتی که شامل یک جریان عمودی روی دسته‌ای از لوله‌ها می‌باشد، استفاده می‌شود. از این جهت نیاز به مطالعات و تحقیقات بیشتر روی رفتار هیدرولیکی و انتقال حرارت یک لوله تنها و آرایش‌های مختلف لوله‌ها در جریان عمودی یک گاز یا یک سیال لزج احساس می‌شود.

انتقال حرارت به طور محسوسی تحت تاثیر رژیم جریان اطراف لوله می‌باشد. ضمین اینکه جریان عبوری از دسته لوله‌ها یکی از مسائل مشکلی است که از لحاظ عملی اهمیت دارد



دانستن این فرآیند ما را قادر به مطالعات گسترده تری روی انتقال حرارت مسئله می‌کند. بنابراین پیشنهاد بررسی انتقال حرارت، تحلیل سیالاتی و هیدرولیکی مسئله می‌باشد که در پروژه حاضر به آن پرداخته شده است.

همانطور که می‌دانیم اگر طول استوانه به حد کافی بزرگ باشد می‌توان از اثرات انتهایی صرف نظر کرد و مسئله را به صورت دو بعدی حل نمود. این فرضی است که در پروژه حاضر از آن استفاده شده است. هرچند که در کارهای تجربی این اثرات به طور طبیعی لحاظ می‌شود و یکی از علل تفاوت کارهای عددی و تجربی به خاطر همین مسئله است. حل سه بعدی این جریان مستلزم صرف هزینه و زمان است. اگرچه امروزه علم کامپیوتر پیشرفت‌های چشمگیری داشته است، اما باز هم صرفه جویی در زمان و هزینه حائز اهمیت بوده و حل سه بعدی باعث این هزینه‌ها می‌شود.



شکل ۱-۱- نمای کلی از یک مبدل حرارتی و مشاهده دسته لوله

## ۱-۲ روش‌های افزایش انتقال حرارت

انتقال حرارت را با تکنیک‌های تقویتی مختلفی که در زیر بیان شده است، میتوان افزایش

داد. به طور کلی این تکنیک‌ها اینگونه دسته بندی می‌شوند: