به نام خداوند بخشنده مهربان

دانشکده مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

گرایش تبدیل انرژی

مدل‌سازی هندسی و شبیه‌سازی جریان در یک دمنده جریان متقاطع

استاد راهنما

دکتر سید سعید بحرینیان

استاد مشاور

مهندس علیرضا پشم‌فروش

نگارنده

محمد یزدانیان

بهمن ۱۳۹۲

بسمه تعالی

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

(نتیجه ارزشیابی پایان‌نامه کارشناسی ارشد)

پایان‌نامه آقای **محمد یزدانیان** دانشجوی رشته **مهندسی مکانیک** گرایش **تبدیل انرژی**

دانشکده **مهندسی** به شماره دانشجویی **۹۰۲٤۸۲۳**

با عنوان:

مدل‌سازی هندسی و شبیه‌سازی جریان در یک دمنده جریان متقاطع

جهت اخذ مدرک **کارشناسی ارشد** در تاریخ **۱۳۹۲/۱۱/۹** توسط هیئت داوران مورد ارزشیابی قرار گرفت و با درجه **عالی** تصویب گردید.

۱- اعضای هیئت داوران	مرتبه علمی	امضاء
الف- استاد راهنما: **دکتر سید سعید بحرینیان**	دانشیار	
ب- استاد مشاور: **مهندس علیرضا پشم فروش**	مربی	
ج- استاد داور: **دکتر مرتضی بهبهانی‌نژاد**	دانشیار	
د- استاد داور: **دکتر محمدرضا صفاریان**	استادیار	
ی- نماینده تحصیلات تکمیلی: **دکتر سید سجاد موسی‌پور**	استادیار	
۲- مدیر گروه: **دکتر علی حاج نایب**	استادیار	
۳- معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده: **دکتر علی حقیقی**	استادیار	
٤- مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه: **دکتر مسعود قربان‌پور نجف آبادی**	استاد	

اهدانامه

تقدیم به خانواده‌ام که یادشان روشنی بخش تاریکی لحظه‌هایم بود.

قدردانی

لازم می‌دانم تا از مساعدت و راهنمایی‌های بی‌دریغ و گران‌قدر استاد راهنمای پایان‌نامه جناب آقای دکتر سید سعید بحرینیان کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. بی شک بدون راهنمایی‌های ایشان انجام این پایان‌نامه مقدور نبود.

همچنین با تشکر از استاد مشاور گرامی جناب آقای مهندس پشم‌فروش که با مشورت‌های مؤثر گره‌گشای این پژوهش بوده‌اند.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

ارزشیابی ..... أ

اهدانامه ..... ب

قدردانی ..... ت

فهرست مطالب ..... ث

فهرست شکل‌ها ..... ح

فهرست جدول‌ها ..... د

فهرست علامت‌ها ..... ذ

فهرست اختصارها ..... س

چکیده ..... ش

فصل اول- مقدمه ۱

فصل دوم- **مروری بر پژهش‌های پیشین** ۷

۲-۱ مدل‌سازی هندسی و شبیه‌سازی جریان در ماشین‌های دوار ۸

۲-۲ فن جریان متقاطع ۹

فصل سوم- مبانی نظری فن جریان متقاطع درون واحد داخلی کولر دوتکه ۱۵

۳-۱ فن‌ها ۱۵

۳-۱-۱ انواع فن ۱۶

۳-۱-۲ منحنی عملکرد ۱۸

۳-۱-۳ آشنایی با منابع انتشار صدا از یک فن ۱۹

۳-۱-٤ مثلث‌های سرعت در پروانه دمنده جریان متقاطع ۲۰

۳-۲ سیکل تبرید تراکمی ۲۱

۳-۲-۱ کمپرسور ۲۲

۳-۲-۲ کندانسور ۲۳

۳-۲-۳ شیر انبساط فشار ثابت ۲۳

۳-۲-٤ اواپراتور ۲٤

۳-۳ انواع دستگاه‌های تهویه مطبوع ۲۵

فصل چهارم- مدل‌سازی هندسی و تولید شبکه محاسباتی ۲٦

٤-۱ مدل‌سازی هندسی دمنده جریان متقاطع درون واحد داخلی کولر دو تکه ۲٦

٤-٢ تولید مدل ابتدایی پروانه دمنده جریان متقاطع ٢٨
٤-٣ تولید مدل نهایی دمنده جریان متقاطع درون واحد داخلی کولر دوتکه ٣٠
٤-٤ تولید شبکه محاسباتی ٣٤
٤-٤-١ معرفی انواع شبکه ٣٥
٤-٤-٢ انتخاب نوع شبکه ٣٦
٤-٥ تولید شبکه محاسباتی در دمنده جریان متقاطع درون واحد داخلی کولر دوتکه ٣٨
٤-٦ بررسی کیفیت شبکه ٤٣
٤-٧ ارزیابی شبکه‌های مختلف ٤٥
فصل پنجم- معادلات، فرضیات و شرایط حاکم بر حل جریان ٤٧
٥-١ مدل ریاضی و معادلات حاکم ٤٧
٥-٢ معادلات جریان آشفته ٤٩
٥-٢-١ مدل $\boldsymbol{k-\varepsilon}$ ٥٠
٥-٢-٢ مدل $\boldsymbol{k-\varepsilon}$ تحقق پذیر ٥٢
٥-٣ معادلات محیط متخلخل ٥٤
٥-٤ گسسته‌سازی و روش حل معادلات ٥٥
٥-٤-١ الگوریتم حل همزمان سرعت و فشار ٥٦
٥-٥ شرایط مرزی ٦٠
٥-٦ معیار بررسی همگرایی ٦٣
فصل ششم- ارائه نتایج شبیه‌سازی ٦٥
٦-١ بررسی رفتار سیال در سرعت دورانی (rpm)١٢٢٠ ..... ٦٩
٦-١-١ ارائه نتایج برحسب توزیع فشار ٦٩
٦-١-٢ ارائه نتایج برحسب توزیع سرعت ٧٣
٦-١-٣ بررسی الگوی جریان ٧٨
٦-٢ بررسی زاویه پره‌ی راهنمای خروجی ٨١
٦-٣ تغییر هندسه پروانه دمنده جریان متقاطع ٨٥
٦-٤ صحت سنجی نتایج شبیه‌سازی ٨٩
فصل هفتم- نتایج پایانی و پیشنهادها ٩٢
٧-١ نتایج پایانی ٩٢
٧-٢ پیشنهادها ٩٥
مراجع ٩٦

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱: شماتیک یک فن جریان متقاطع و جهت حرکت سیال ورودی و خروجی ۲
شکل ۱-۲: نمایی از فن جریان متقاطع موجود درواحد داخلی کولر دوتکه ۳
شکل ۱-۳: نمایی از طولانی بودن محور پروانه دمنده جریان متقاطع ۳
شکل ۳-۱: نمونه‌ای از فن جریان متقاطع و مسیر جریان ۱۷
شکل ۳-۲: منحنی عملکرد فن..... ۱۸
شکل ۳-۳: مسیر حرکت سیال ورودی و خروجی در پروانه دمنده جریان متقاطع ۲۰
شکل ۳-٤: مثلث‌های سرعت در پروانه دمنده جریان متقاطع ۲۱
شکل ۳-۵: سیکل تراکمی تبرید..... ۲۲
شکل ۳-٦: شیر انبساط فشار ثابت..... ۲٤
شکل ٤-۱: نمایی از دمنده جریان متقاطع درون واحد داخلی کولر دوتکه و مبدل حرارتی ۲۷
شکل ٤-۲: نمای نزدیک از پروانه فن جریان متقاطع ۲۸
شکل ٤-۳: مدل هندسی صفحه کناری..... ۲۹
شکل ٤-٤: نمایی از مدل هندسی ابتدایی دمنده جریان متقاطع..... ۲۹
شکل ٤-۵: مدل هندسی پره‌های پروانه دمنده جریان متقاطع..... ۳۰
شکل ٤-٦: نمایی از مبدل حرارتی و لوله‌های مبرد..... ۳۱
شکل ٤-۷: نمایی از پروانه و مبدل حرارتی..... ۳۲
شکل ٤-۸: نمایی از پروانه و حجم یکپارچه مبدل حرارتی..... ۳۳
شکل ٤-۹: مدل نهایی دمنده جریان متقاطع درون واحد داخلی کولر دوتکه..... ۳۳
شکل ٤-۱۰: شبکه تولید شده روی سطوح پروانه و دو صفحه کناری فن جریان متقاطع..... ٤۰
شکل ٤-۱۱: نمایی از شبکه تولید شده درون مرکز پروانه و پروانه ٤۱
شکل ٤-۱۲: نمایی از شبکه تولید شده اطراف پره راهنمای خروجی..... ٤۲
شکل ٤-۱۳: شبکه تولید شده در ناحیه‌های محاسباتی..... ٤۲
شکل ۵-۱: ناحیه‌های محاسباتی در واحد داخلی کولر دوتکه ٦۱
شکل ٦-۱: مدل هندسی دمنده جریان متقاطع درون واحد داخلی کولر دوتکه..... ٦۷
شکل ٦-۲: شبکه تولید شده برروی نواحی محاسباتی..... ٦۷
شکل ٦-۳: صفحه‌ی میانی واحد داخلی کولر دوتکه..... ٦۸

شکل ٦-٤: توزیع فشار استاتیک در مقطع میانی دمنده جریان متقاطع درون واحد داخلی کولر دوتکه ٧٠
شکل ٦-٥: توزیع فشار دینامیک در مقطع میانی دمنده جریان متقاطع درون واحد داخلی کولر دوتکه ٧٠
شکل ٦-٦: نمای نزدیک از توزیع فشار دینامیک بین پره‌های دمنده جریان متقاطع ٧١
شکل ٦-٧: توزیع فشار کل در دمنده جریان متقاطع درون واحد داخلی کولر دوتکه ٧٢
شکل ٦-٨: منحنی دبی- فشار استاتیک ٧٣
شکل ٦-٩: توزیع سرعت بر روی پره‌های پروانه دمنده جریان متقاطع ٧٤
شکل ٦-١٠: توزیع سرعت در مقطع میانی دمنده جریان متقاطع درون واحد داخلی کولر دوتکه ٧٥
شکل ٦-١١: نمای نزدیک توزیع سرعت در اطراف پره‌های پروانه دمنده جریان متقاطع ٧٦
شکل ٦-١٢: توزیع بردارهای سرعت در دمنده جریان متقاطع درون واحد داخلی کولر دوتکه ٧٦
شکل ٦-١٣: بردارهای سرعت در محل تشکیل گردابه‌های خارج از مرکز ٧٧
شکل ٦-١٤: بردارهای سرعت در ناحیه ورودی کولر ٧٨
شکل ٦-١٥: توزیع سرعت در سه مقطع طولی در واحد داخلی کولر دوتکه ٧٨
شکل ٦-١٦: خطوط جریان در دمنده جریان متقاطع درون واحد داخلی کولر دوتکه ٧٩
شکل ٦-١٧: نمای نزدیک خطوط جریان در ورودی کولر ٨٠
شکل ٦-١٨: نمای نزدیک خطوط جریان در پروانه و پره راهنمای خروجی ٨٠
شکل ٦-١٩: نمایی از چهار زاویه مختلف پره راهنمای خروجی ٨١
شکل ٦-٢٠: نمایی از شبکه تولید شده اطراف چهار زاویه مختلف پره‌ی راهنمای خروجی ٨٢
شکل ٦-٢١: توزیع سرعت در چهار زاویه پره راهنمای خروجی ٨٣
شکل ٦-٢٢: خطوط جریان در چهار زاویه مختلف بر روی پره راهنمای خروجی ٨٤
شکل ٦-٢٣: نمایی از هندسه‌های اصلی و اصلاح شده پروانه دمنده جریان متقاطع ٨٦
شکل ٦-٢٤: شبکه تولید شده برروی پروانه با هندسه جدید ٨٦
شکل ٦-٢٥: منحنی دبی- سرعت دورانی برای دو پروانه با هندسه متفاوت ٨٧
شکل ٦-٢٦: سه پروانه مدل شده با تعداد پره‌های متفاوت ٨٨
شکل ٦-٢٧: شبکه تولید شده برروی دو پروانه با ٢٥ و ٤٥ پره ٨٩
شکل ٦-٢٨: منحنی دبی- سرعت دورانی ٩٠

فهرست جدول‌ها

جدول ٤-١: کیفیت شبکه از دیدگاه انحراف از اندازه یکسان ٤٥
جدول ٤-٢: حل جریان با شبکه‌های مختلف در سرعت دورانی (rpm) ١٢٢٠ ..... ٤٦
جدول ٦-١: فهرست حل جریان‌های صورت گرفته در این پایان‌نامه ٦٦
جدول ٦-٢: شرایط مرزی حل جریان ٦٩

فهرست علائم

مساحت، سطح مقطع

بردار سرعت مطلق سیال

بردار مولفه شعاعی سرعت سیال

بردار مولفه مماسی سرعت سیال

نیرو

ضریب مقیاس

تولید انرژی جنبشی آشفتگی به‌وسیله نیروی شناوری

تولید انرژی جنبشی آشفتگی به‌وسیله گرادیان سرعت متوسط

ارتفاع ستون مایع

تانسور واحد

انرژی جنبشی آشفتگی

تکانه‌ی زاویه‌ای

جرم سیال

بردار عمود بر سطح

فشار استاتیک

دبی حجمی جریان سیال

نسبت منظری

زاویه مشخصه در سلول متساوی‌الاضلاع

شعاع کره محیطی بر سلول چهاروجهی

شعاع گردش

بردار موقعیت

معیار همگرایی باقی‌مانده‌ها

حجم سلول

حجم سلول معیار

منبع کمیت $\emptyset$ به ازای واحد حجم

بردار گشتاور وارد بر سیال

زمان

بردار سرعت مماسی ورودی پروانه

بردار سرعت مماسی خروجی پروانه

بردار سرعت مماسی سیال

بردار سرعت میانگین

بردار سرعت نوسانی

بردار سرعت سیال نسبت به پره

عدم قطعیت

علائم یونانی

زاویه پره

ضریب پخش

نرخ استهلاک انرژی جنبشی

بیشترین زاویه سلول

کمترین زاویه سلول

متغیر سلول

لزجت مولکولی

لزجت آشفتگی

چگالی سیال

عدد پرانتل آشفتگی برای ε

عدد پرانتل آشفتگی برای k

سرعت زاویه‌ای

نرخ میانگین تانسور چرخش

فهرست اختصارها

BSPL	Band Sound Pressure Level
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CFD	Computational Fluid Dynamics
MIT	Meshed Infrared Thermography
MRF	Multiple Reference Frame
RANS	Reynolds Averaged Navier Stokes
Rpm	Revolutions per minute
PIV	particle image velocimetry
SIMPLE	Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equations
SPIV	stereo particle image velocimetry

چکیده

نام خانوادگی: **یزدانیان** نام: **محمد**

عنوان پایان نامه: **مدل‌سازی هندسی و شبیه‌سازی جریان در یک دمنده جریان متقاطع**

استاد راهنما: **دکتر سید سعید بحرینیان** استاد مشاور: **مهندس علیرضا پشم‌فروش**

درجه تحصیلی: **کارشناسی ارشد** رشته: **مهندسی مکانیک** گرایش: **تبدیل انرژی**

محل تحصیل: **دانشگاه شهید چمران اهواز**

دانشکده: **مهندسی**

تاریخ فارغ التحصیلی: **۱۳۹۲/۱۱/۹** تعداد صفحه: **۹۹**

کلیدواژه ها: **دمنده جریان متقاطع، مدل‌سازی هندسی، شبیه‌سازی جریان، محیط متخلخل**

در این پایان‌نامه، جریان سیال درون یک دمنده جریان متقاطع که در واحد داخلی کولر دوتکه به‌کار می‌رود، بررسی شده است. شبیه‌سازی جریان سیال شامل مدل‌سازی هندسی، تولید شبکه و حل جریان در فضای محاسباتی درون واحد داخلی کولر دوتکه می‌باشد. مدل‌سازی هندسی با نرم‌افزار طراحی به کمک کامپیوتر صورت گرفته است. سپس، ناحیه محاسباتی ایجاد شده به نرم‌افزار گمبیت برای تولید شبکه انتقال یافته است. شبکه‌ای متراکم درون هندسه پیچیده دمنده جریان متقاطع و کولر تولید شده است. تولید شبکه بر اساس اعمال توابع اندازه کارآمد به‌منظور ریزسازی شبکه حول پره‌ها و پیش‌گیری از تراکم بیش از حد شبکه در سایر نواحی می‌باشد. پره‌های پروانه دمنده جریان متقاطع با سلول‌های باسازمان و دیگر نواحی سیال با سلول‌های بی‌سازمان تتراهدرال گسسته شده است. با تعیین شرایط مرزی و چارچوب مرجع چرخان به حل جریان پرداخته شده است. مبدل حرارتی موجود در واحد داخلی کولر دوتکه یک محیط متخلخل در نظر گرفته شده است. به‌منظور شبیه‌سازی جریان آشفته درون کولر از مدل آشفتگی $k-\varepsilon$ تحقق‌پذیر استفاده شده است. نتایج حل جریان به صورت توزیع فشار، توزیع سرعت و نمایش خطوط جریان در مقاطع مختلف درون کولر ارائه شده است. جریان خروجی از کولر در چهار زاویه مختلف پره راهنمای خروجی بررسی شده است. خطوط جریان اطراف و روی پره راهنمای خروجی نشان می‌دهد، زاویه ۵۸ درجه بهترین عملکرد و زاویه ۱۱۶ درجه بدترین عملکرد را دارد. شکل هندسی پره‌های پروانه دمنده جریان متقاطع تغییر داده شده است. تغییر شکل هندسی پره‌های پروانه موجب افزایش ۱۰ درصدی دبی حجمی خروجی از کولر شده است. تغییر تعداد پره‌های پروانه دمنده جریان متقاطع نشان می‌دهد، تعداد ۲۵ پره پروانه دبی حجمی خروجی را ٦/٦ درصد کاهش می‌دهد و پروانه با تعداد ٤٥ پره باعث کاهش ۱ درصدی دبی حجمی خروجی از کولر می‌شود. دبی خروجی از کولر برای سه سرعت دورانی ۱۲۲۰، ۱۰۷۰ و ۹۱۰ دور بر دقیقه با دبی تجربی مقایسه شده است.

فصل اول

مقدمه

علوم طراحی به‌کمک رایانه[1] (CAD) و دینامیک سیالات محاسباتی[2] (CFD) به منظور بررسی جریان سیال درون دمنده جریان متقاطع موجود در واحد داخلی یک کولر دوتکه مورد استفاده قرار گرفته است. دینامیک سیالات محاسباتی امکان شبیه‌سازی جریان سه‌بعدی سیال لزج تراکم ناپذیر در دمنده جریان متقاطع را فراهم نموده است. با کمک دینامیک سیالات محاسباتی می‌توان میدان جریان سیال در قسمت‌های مختلف دمنده جریان متقاطع درون واحد داخلی یک کولر دوتکه را به منظور رسیدن به خصوصیات جریان مانند سرعت و فشار به‌دست آورد. طراحی به‌کمک کامپیوتر امکان ایجاد مدل سه‌بعدی از هندسه پیچیده‌ی قسمت‌های دوار دمنده جریان متقاطع را فراهم نموده است. به‌کارگیری مدل هندسی تولید شده با طراحی به‌کمک کامپیوتر در محیط دینامیک سیالات محاسباتی امکان بررسی جریان درون هندسه دمنده جریان متقاطع را فراهم ساخته است.

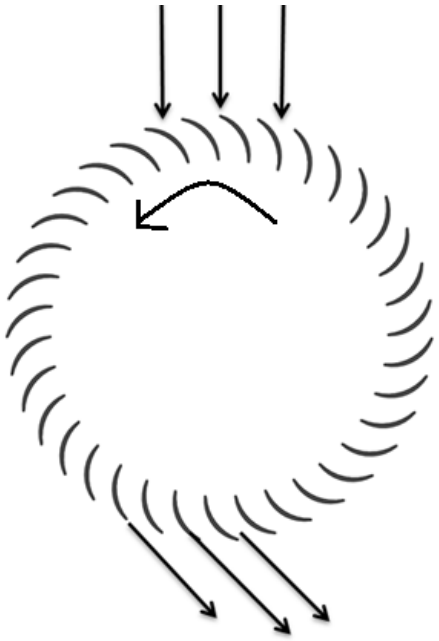
به طور کلی شبیه‌سازی جریان به کمک دینامیک سیالات محاسباتی در سه مرحله انجام می‌شود. مرحله اول پیش‌پردازش[3] می‌باشد. در این مرحله مدل‌سازی هندسی، ایجاد نواحی محاسباتی و تولید شبکه شکل می‌گیرد. در پژوهش حاضر از نرم‌افزار سالیدورکس[4] برای طراحی به‌کمک کامپیوتر و تولید مدل هندسی استفاده شده است. تولید شبکه محاسباتی با استفاده از نرم‌افزار گمبیت[5] انجام شده است. در مرحله دوم حل جریان به روش حجم محدود[6] به‌وسیله

---

[1] Computer Aided Design (CAD)
[2] Computational Fluid Dynamics (CFD)
[3] Preprocessing
[4] SolidWorks
[5] Gambit
[6] Finite Volume

نرم‌افزار فلوئنت[1] انجام شده است. در آخرین مرحله ارائه نتایج و بررسی و تحلیل آن‌ها صورت گرفته است.

فن‌ها به طور معمول در اغلب صنایع استفاده می‌شوند. فن‌ها در اندازه‌ها و ابعاد مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. فن‌ها و دمنده‌ها به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند: فن گریز از مرکز و فن جریان محوری. فن جریان متقاطع نوع خاصی از فن گریز از مرکز می‌باشد [۲]. جریان هوا از میان قسمت‌های مختلف فن که دارای پره‌های روبه‌جلو می‌باشد، حرکت می‌کند. در فن‌های جریان متقاطع جریان به‌صورت شعاعی وارد و به‌صورت شعاعی نیز خارج می‌شود. شماتیک یک فن جریان متقاطع در شکل ۱-۱ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱: شماتیک یک فن جریان متقاطع جهت حرکت سیال ورودی و خروجی

مزیت اصلی فن‌های جریان متقاطع توانایی ساخت آن‌ها با محورهای طولانی می‌باشد. این نوع فن کاربردهای مختلفی در صنایع دارد. فن جریان متقاطع در توربین‌های بادی، سیستم‌های خنک کننده و بخش‌های دیگری از صنعت کاربرد دارد. در این پژوهش فن جریان متقاطع درون واحد داخلی کولر دوتکه مدل‌سازی هندسی و شبیه‌سازی شده است. نمایی از فن جریان متقاطع

[1] Fluent

موجود در واحد داخلی کولر دوتکه در شکل ۱-۲ نشان داده شده است. برای نمایش طولانی بودن محور پروانه دمنده جریان متقاطع تصویر پروانه در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.

شکل ۱-۲: نمایی از فن جریان متقاطع موجود در واحد داخلی کولر دوتکه

شکل ۱-۳: نمایی از طولانی بودن محور پروانه دمنده جریان متقاطع

معادلات حاکم بر جریان سیال، معادلات ناویر- استوکس[1] بوده که ماهیتی دیفرانسیلی دارند. این معادلات جز در حالات خاص و هندسه‌های ساده، دارای حل تحلیلی نبوده و حل آن‌ها نیازمند گسسته‌سازی و روش‌های عددی می‌باشد. سه خانواده اصلی روش تفاضل محدود، حجم محدود و المان محدود برای حل معادلات ناویر- استوکس مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش‌های مبتنی بر حجم محدود انطباق بیشتری با فیزیک حاکم بر جریان سیال دارند. به عبارت دیگر، معادلات بقا با روش حجم محدود بهتر بیان می‌شوند. قوانین بقا به همه‌ی متغییرها در سطح کنترل‌ها اعمال می‌شود. معادله‌ی بقای انتگرالی به هر حجم کنترل و همچنین به تمامی دامنه‌ی حل اعمال می‌شود. با توجه به این مزیت در این پروژه گسسته‌سازی معادلات با استفاده از روش حجم محدود صورت گرفته است.

عبور سیال از مجراهای دورانی ماشین‌های دوار سبب تمایز این مسائل با دیگر مسائل مهندسی شده است. معادلات حاکم برای نواحی دورانی این ماشین‌ها در چارچوب مرجع متحرک[2] بیان می‌شود. چارچوب مرجع متحرک به کار گرفته‌شده از نوع چارچوب مرجع چرخان[3] است. یک چالش بزرگ در حل عددی مسائل مربوط به توربوماشین‌ها، عبور سیال از قسمت‌های ثابت و متحرکی است که در کنار هم قرا گرفته‌اند. برای مثال در دمنده جریان متقاطع درون کولر گازی، سیال با عبور از قسمت‌های ساکن در ورودی کولر بوسیله چرخش پروانه به بیرون پرتاب می‌شود. دینامیک سیالات محاسباتی استفاده از چهارچوب مرجع چندگانه[4] را برای تحلیل این توربوماشین‌ها پیشنهاد داده است. روش کار با چهارچوب مرجع چندگانه به این صورت است که دامنه محاسباتی به ناحیه‌های چرخان و ساکن تقسیم می‌شود [٤]. در این تحقیق حل معادلات درون نواحی دورانی با استفاده از چهارچوب مرجع چرخان و با سرعت دورانی ثابت صورت گرفته است.

برای حل معادلات ناویر- استوکس درون ماشین‌های دوار، به علت سرعت دورانی بالای آن‌ها، پرداختن به پدیده آشفتگی امری اجتناب ناپذیر است. آشفتگی یکی از خواص جریان بوده و به معنای به وجود آمدن ناپایداری در جریان می‌باشد. پدیده‌های آشفتگی مانند جدایی جریان و

[1] Navier_Stokes Equation
[2] Moving Reference Frame
[3] Rotational Reference Frame
[4] Multiple Reference Frame

گردابه باعث به وجود آمدن آشفتگی در جریان می‌شوند. در این تحقیق مدل آشفتگی دو معادله‌ای $realizable \ \ k-\varepsilon$ برای بستن سیستم معادلات میانگیری شده‌ی رینولدز به کار گرفته شده است.

بیشتر تحلیل‌های انجام شده بر روی فن‌های جریان متقاطع به دلیل ساختار پیچیده و تعداد زیاد پره‌های پروانه به‌صورت دوبعدی می‌باشد. ضرورت این پژوهش مدل‌سازی هندسی و شبیه‌سازی جریان به‌صورت سه‌بعدی می‌باشد. هدف اول این پروژه مدل‌سازی هندسی و شبیه سازی جریان و مقایسه نتایج شبیه‌سازی با داده‌های تجربی می‌باشد. هدف دوم بررسی تاثیر سرعت‌های مختلف دمنده جریان متقاطع بر روی جریان سیال می‌باشد. هدف سوم به‌دست آوردن بهترین زاویه پره راهنمای خروجی در واحد داخلی کولر دوتکه می‌باشد. هدف چهارم این پژوهش تغییر هندسه پره‌های پروانه به‌منظور افزایش نرخ جریان حجمی در واحد داخی کولر دوتکه می‌باشد. تاثیر تعداد پره‌های پروانه برروی دبی جریان بررسی شده است. مراحل انجام شده برای دستیابی به اهداف این تحقیق در ادامه فهرست شده است.

- اندازه‌گیری و به‌دست آوردن مختصات هندسی اجزای واحد داخلی کولر دوتکه
- مدل‌سازی هندسه‌های به‌دست آمده (پروانه، دمنده جریان متقاطع، مبدل حرارتی و محفظه)
- تولید شبکه در فضای محاسباتی جریان سیال
- اعمال شرایط مرزی
- انجام حل‌های نمونه برای اعتبار سنجی مدل و بررسی فرضیات شبیه‌سازی
- حل جریان‌های عددی در دورهای مختلف
- حل جریان‌های عددی در شرایط زاویه‌های مختلف پره راهنمای خروجی
- حل جریان‌های عددی به‌منظور بررسی تاثیر هندسه پره‌های پروانه
- حل جریان‌های عددی به‌منظور بررسی تاثیر تعداد پره‌های پروانه
- تحلیل رفتار جریان سال براساس نتایج شبیه‌سازی‌ها