بسم الله الرحمن الرحيم

باسمه تعالی

تعهد نامه اصالت اثر

مدیریت تحصیلات تکمیلی

اینجانب محمود رعنایی متعهد می شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن استفاده شده است،مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و ماخذ ذکر گردیده است.این پایان نامه قبلا برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارایه نشده است.در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شهید رجایی می باشد

نام و نام خانوادگی دانشجو

امضاء

تهران - لویزان – کد پستی 16788 – صندوق پستی 163-16785 – تلفن 9 – 22970060(داخلی 2347) – نمابر22970011 –
پست الکترونیکی: sru@sru.ac.ir

دانشکده مهندسی مکانیک

اثر نانوسیال (آب ـ AL_2O_3) بر عملکرد سیستم گرمایش از کف

نگارش:

محمود رعنایی

استاد راهنما:دکتر شعبان علیاری شوره دلی

استاد مشاور:دکتر کامران مبینی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی

اسفند 1390

شماره: ۱۱/۹۱/۱۰۴۸۹
تاریخ: ۱۳۹۱/۷/۱۱
پیوست:

بسمه تعالی

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

صورتجلسهٔ دفاع پایان‌نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آقای **محمود رعنایی** رشتهٔ **مهندسی‌مکانیک- تبدیل‌انرژی** تحت عنوان **اثر نانوسیال آلومینیوم بر عملکرد سیستم گرمایش از کف**، که در تاریخ ۹۰/۱۲/۱۵ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی برگزار گردید و نتیجه به شرح زیر اعلام گردید.

☑ قبول (بادرجه ...بسیار خوب... امتیاز ...۱۸/۱۲...) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود.

۱ ـ عالی (۲۰ – ۱۹)

۲ ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ – ۱۸)

۳ ـ خوب (۱۷/۹۹ – ۱۶)

۴ ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ – ۱۴)

۵- غیرقابل قبول (کمتر از ۱۴)

اعضاء	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر شعبان علیاری	استادیار	
استادمشاور	دکتر کامران مبینی	استادیار	
استاد داور داخلی	دکتر محمدرضا علیگودرز	استادیار	
استاد داور خارجی	دکتر فرشاد کوثری	استاد	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر جواد کدخداپور	استادیار	

دکتر غلامحسن پایکانه
رئیس دانشکده مهندسی مکانیک

تهران، لویزان، کد پستی: ۱۶۷۸۸-۱۵۸۱۱
صندوق پستی: ۱۶۳-۱۶۷۸۵
تلفن: ۹-۲۲۹۷۰۰۶۰ فکس: ۲۲۹۷۰۰۳۳
Email: sru@sru.ac.ir
www.srttu.edu

تقدیم به:

پدرومادرم به خاطر زحمات بی دریغ شان

همسرم ناهید نعمتی بخاطر حمایت وفراهم آوردن کانونی راحت وآسوده

فرزندانم متین و نازنین که تجلی امید به زندگی اند.

تشکر وقدردانی

بدین وسیله از زحمات و راهنمائی های دلسوزانه استاد راهنمایم جناب آقای دکتر شعبان علیاری شوره دلی واستاد مشاورم جناب آقای دکتر کامران مبینی برای انجام این پایان نامه تشکر می نمایم. از سایر اساتید بخش مهندسی مکانیک دانشگاه شهید رجایی نیز که در طول دوره تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد از محضرآنها کسب فیض نمودم تقدیر می کنم .همچنین لازم است از زحمات صادقانه کارکنان دانشگاه وهمکاری گروه مکانیک تشکر نمایم.

چکیده

دراین پایان نامه، به منظور بررسی اثر نانوسیال (آب- AL_2O_3) برروی سیستم گرمایش از کف، ابتدا اثر نانوسیال با کسرهای حجمی 1 تا 5 درصد بر روی انتقال حرارت دریک لوله مدور، با استفاده از مدل دوفازی مخلوط فلوئنت، مورد بررسی قرارگرفته وافزایش عدد ناسلت در پکلتهای مختلف بدست آمده است. بطور مثال مقدار عدد ناسلت متوسط آب خالص درعدد پکلت 6453 برابر 6/52 است، در حالیکه مقدار عدد ناسلت متوسط برای نانوسیال باکسر حجمی 5 درصد وپکلت 6271 برابر 10/2 است. سپس نتایج حاصله با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شده است.در ادامه پس از تائید روش حل و پیش بینی درست نتایج عددی، اثر نانوسیال آب- AL_2O_3 ، بادمای ورودی36درجه وکسرحجمی1تا5 درصد برروی سیستم گرمایش از کف مورد مطالعه قرارگرفته وافزایش دمای کف به مقدارمتوسط1درجه سانتیگراد، برای نانوسیال با کسرحجمی5درصد نسبت به آب خالص به صورت عددی نشان داده شده است.علاوه براین اثرکف پوشهای بتنی، سرامیک وچوبی برروی کارایی سیستم مورد بررسی قرارگرفته و دراین حالت دمای کف، باکفپوش سرامیک2/31 درجه سانتیگراد افزایش رانسبت به کفپوش چوب برای نانوسیال5 درصد ودمای ورودی36درجه نشان داده شده است.

کلمات کلیدی: نانوسیال، دوفازی، روش مخلوط، گرمایش ازکف

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ..... د

فهرست علامتها و نشانه ها .....ز

فهرست جداول ..... ی

فهرست شکلها .....ی

فصل اول: بیان هدف وساختارپایان نامه 1

1-1مقدمه.....2

2-1-هدف از انجام تحقیق 4

3-1-ساختار پایان نامه 5

فصل دوم: نانوسیال و تاثیرپارامترهای مختلف آن برانتقال حرارت..... 6

2-1- مقدمه 7

2-2-تولید نانو ذرات و نانوسیال..... 8

2-3-متغیرهای انتقال حرارت در نانوسیال.....9

2-3-1-اندازه ذرات.....9

2-3-2-شکل ذرات 13

2-3-3-کسر حجمی نانوذرات.....14

2-3-4-درجه حرارت.....15

2-3-5-سیال پایه 17

2-3-6-جنس ذرات.....18

2-3-7-توده شدن ذرات 19

2-4-خواص ترموفیزیکی نانو سیالات 20

2-4-1-جرم حجمی 20

2-4-2-گرمای ویژه 21

2-4-3-لزجت 22

2-4-4-ضریب هدایت حرارتی 25

2-5- روشهای مدل کردن جریان نانوسیال.....33

2-5-1-راه حل تک فازی 33

2-5-2-مدل پراکندگی گرمایی.....33

2-5-3-مدل دوفازی 34

2-6- نتیجه گیری 35

فصل سوم:تحلیل انتقال حرارت نانوسیال(آب- AL_2O_3) دریک لوله افقی 36

3-1- مقدمه.....37

3-2- هندسه مسئله وشرایط مرزی 39

3-3- مدل دوفازی مخلوط 41

3-4- نحوه محاسبه 41

3-5- تحلیل نتایج ومقایسه با مقادیرتجربی.....45

3-6- نتیجه گیری 50

فصل چهارم:بررسی سیستم گرمایش ازکف و تاثیرآب ونانوسیال برآن.....51

4-1-مقدمه.....52

4-2- مزایای سیستم گرمایش ازکف وانواع آن.....56

4-3-هندسه مساله وشرایط مرزی.....59

4-4-نحوه محاسبه 63
4-5-تحلیل پایا وگذرای سیستم گرمایش کفی برای آب خالص ومقایسه با نتایج تجربی.....64
4-6-اثر نانو سیال(آب- AL_2O_3) بر سیستم گرمایش از کف ومقایسه با آب خالص.....68
4-7-بررسی عددی اثر آب و نانوسیال (آب- AL_2O_3) برروی کف پوشهای مختلف.....73
4-8- نتیجه گیری.....76
فصل پنجم:نتیجه گیری و پیشنهادها 78
5-1-نتیجه گیری.....79
5-2-نتایج حاصله و بحثها 79
5-3-پیشنهادها 80
فهرست مقالات.....82
فهرست مراجع.....83

فهرست علامتها ونشانها

عنوان	علامت اختصاری
شتاب (m/s^2)	a
ظرفیت گرمایی ویژه(j/kgk)	c_p
قطر نانو ذرات (nm)	d
قطر لوله (m)	D
ضریب نفوذ نانوذرات	D_o
شتاب جاذبه (m/s^2)	g

ضریب انتقال حرارت جابجایی(w/mk)	h
آنتالپی هرفاز (J)	H
ضریب هدایت حرارتی نانوسیال(w/mk)	k
ثابت بولتزمن(j/k)	k_β
طول لوله به (m)	L
عدد ناسلت hd/k	Nu
عدد پکلت vd/α	pe
شارحرارتی دیواره (w/m^2)	q
توان حرارتی (w)	Q
عدد رینولدز $\rho vd/\mu$	Re
شعاع نانوذرات (nm)	r
منبع انرژی گرمایی	S
درجه حرارت برحسب (k)	T
دمای هوای اتاق (o^C)	T_∞
زمان برحسب (s)	t
سرعت محوری جریان (m/s)	u_x
سرعت نانوذرات (m/s)	v
ضریب پخش حرارت (m^2/s)	α
نرخ اتلافات	ε
انرژی آشفتگی	κ
میانگین فاصله آزاد مولکولها (nm)	λ

ویسکوزیته دینامیک (kg/m.s)	μ
دانسیته نانوسیال(kg/m^3)	ρ
تنش برشی(N/m^2)	τ
ویسکوزیته سینماتیک (m^2/s)	v
درصد حجمی نانو ذرات	ϕ

پانویس ها

عنوان	علامت
بالک	b
جابجایی	c
پخشی	d
سیال پایه	f
متوسط	m
نانوذرات	p
تشعشعی	r
آشفته	t
دیوار	w
حرکت تصادفی ذرات	Br
توده نانوذرات	cl
توده شدن	dr
موثر	eff

فهرست جداول وشکلها

عنوان **صفحه**

جدول 1- خواص ترموفیزیکی آب، نانو ذرات AL_2O_3، لوله و مواد استفاده شده بعنوان کف پوش.....68

شکل 1- تصویرنانوذرات مس باقطرکمتراز10نانومتر.....8

شکل 2- افزایش نسبت ضریب هدایت حرارتی نانوسیال(آب- AL_2O_3) با کاهش قطرذرات.....12

شکل 3- تغییرات میانگین نسبت ضریب انتقال حرارت جابجایی با عدد پکلت برای 1%نانوسیال آب- AL_2O_3.....12

شکل 4- تغییرات نسبت ضریب انتقال حرارت جابجایی با عددpe درکسرهای حجمی مختلف نانوسیال آب- AL_2O_3.....15

شکل 5- تغییرات نسبت هدایت گرمایی نانوسیال آب- AL_2O_3برحسب دما.....17

شکل 6- توده شدن نانو ذرات و انتقال حرارت هدایتی در ذرات.....20

شکل 7- مقایسه دورابطه گرمای ویژه(آبی اولی وسیاه دومی).....21

شکل 8- افزایش ویسکوزیته با درصد حجمی نانوذره.....22

شکل 9- افزایش ویسکوزیته با درصد حجمی برای آب- AL_2O_3.....23

شکل 10- کاهش ویسکوزیته با افزایش دما درنانوسیال.....23

شکل 11- شبکه ایجاد شده برای یک متر از لوله تحت بررسی.....40

شکل 12- پروفیل سرعت در دو حالت شبیه سازی و تئوری.....40

شکل 13- تغییرات عدد ناسلت متوسط برای آب خالص بر حسب عدد پکلت و مقایسه با ناسلت متوسط حاصله از معادله سیدروتیت.....46

شکل 14- تغییرات عدد ناسلت برای نانوسیال (آب ـ AL_2O_3) بر حسب عدد پکلت و مقایسه با نتایج تجربی.....47

شکل 15- تغییرات ضریب انتقال حرارت جابجایی برای آب خالص و نانوسیال (آب ـ AL_2O_3) بر حسب عدد پکلت..... 48

شکل 16- مقایسه تغییرات عدد ناسلت برحسب عدد پکلت برای آب خالص و نانوسیال (آب ـ AL_2O_3)..... 49

شکل 17- تغییرات عدد ناسلت نانوسیال در غلظتهای مختلف بر حسب عدد pe و مقایسه با نتایج حاصله از معادله سیدروتیت..... 49

شکل 18- اتاقک آزمایشگاهی ومحل های اندازه گیری دما بر روی یک لوله رفت وبرگشت..... 53

شکل19- مقادیر میانگین اندازه گیری شده ومحاسباتی دمای اتاق برای سه حالت مختلف..... 54

شکل 20- اجزا بکاررفته دریک سیستم گرمایش ازکف بتونی..... 56

شکل 21- مقایسه دمای هوای اتاق درسیستم گرمایشی از کف وگرمایش متمرکز در وسط اتاق.... 58

شکل 22- مسیر رفت وبرگشت آب به شکل Uودر یک تکه از بتن..... 60

شکل 23- مقایسه دمای کف اتاق برای دوحالت 312327 و 840093 مش درحالت پایا..... 62

شکل 24- شبکه تحت بررسی با مش 312327..... 63

شکل 25- شبکه محاسبه شده با مش 840093.....63

شکل 26- تغییرات دمای کف اتاق بر روی تکه بتن وسط ومقایسه آن با نتایج تجربی برای آب خالص.....65

شکل 27- تعیین محل نقطه p بر روی تکه وسطی بتن و در بالای لوله رفت آب گرم.....66

شکل 28- تغییرات دمای نقطه p نسبت به زمان به ازای هر 30 دقیقه روشن و خاموش شدن سیستم ومقایسه با نتایج تجربی..... 66

شکل 29- تغییرات دمای کف نسبت به زمان درنقطه p، حالت10ساعت خاموش و14ساعت روشن بودن سیستم ومقایسه با نتا یج تجربی.....67

شکل 30- تغییرات دمای کف اتاق نسبت به طول برای نانوسیال 1 تا 5 درصد (آب ـ AL_2O_3) با استفاده از کف پوش چوب و مقایسه آن با آب خالص.....69

شکل 31- تغییرات دمای کف برای نانوسیال 1 تا 5 درصد (آب ـ AL_2O_3) و مقایسه با آب خالص برای کف پوش سرامیک..... 71

شکل 32- تغییرات دمای کف با استفاده از نانوسیال (آب ـ AL_2O_3)با کسر حجمی 1 تا 5 درصد و مقایسه با آب خالص برای کف پوش سیمان..... 72

شکل 33- تصویردو نوع کفپوش، چوب وسرامیک نصب شده برروی سیستم گرمایش ازکف..... 73

شکل 34- تغییرات دمای کف نسبت به طول، برای کف پوشهای سیمان، سرامیک و چوب توسط آب خالص.....74

شکل 35- اثر نانوسیال (آب ـ AL_2O_3) با کسر حجمی 5% بر روی تغییرات دمای کف اتاق با کفپوشهای مختلف.....75

فصل اول:

بیان هدف وساختارپایان نامه

1-1- مقدمه

نانوسیالهاازترکیب نانوذرات فلزی یا اکسید فلزی، همچون مس یا آلومینا و سیال پایه که سیالی رساناست، همچون آب یا اتیلن گلیکول بدست آمده اند واز یک سیال پایه و نانو ذراتی با قطر بین 1 تا 100 نانومتر تشکیل شده ا ند. در بسیاری از صنایع همچون خودرو، ساختمان و الکترونیک انتقال حرارت یک پارامتربسیار مهم بشمارمی رود. سیالات معمول همچون آب، اتیلن گلیکول وروغن موتور دارای ظرفیت انتقال حرارت محدودی می باشند. در عوض فلزات رسانایی گرمایی بیش از 3 برابر این سیالات را دارند. بنابراین طبیعی است که ترکیب دو ماده می تواند باعث افزایش انتقال حرارت شود، بطوریکه شبیه یک سیال رفتار کنند ولی هدایت گرمایی یک فلز را داشته باشند.حال باتوجه به مطالب فوق بعضی ازکارهای عددی وتجربی گذشته که موید افزایش انتقال حرارت نانوسیالها نسبت به آب می باشد رابیان می کنیم. چوی ولی[1] مخلوط 4% حجمی نانوذرات به قطر 35 نانومتر اکسید مس (cuo) در سیال پایه اتیلن گلیکول را مورد بررسی قرار دادند و افزایش 20درصدی ضریب هدایت حرارتی را نشان دادند. چوی و لاک وود [2] نانوسیال آب ـ cu با قطر ذرات 35 نانومتری را مورد آزمایش قرار دادندوبیان کردندکه عدد ناسلت نانوسیال با 1% حجمی ذرات مس، در مقایسه با آب خالص 12درصد افزایش می یابد . ون و دینگ [3] با بررسی جریان نانوسیال آب ـ AL_2O_3 در جریان آرام با شارحرارتی ثابت دیواره، افزایش ضریب انتقال حرارت جابجایی نانوسیال را با افزایش عدد رینولدز و غلظت ذرات نشان دادند و دلیل این مسئله را کاهش لایه مرزی حرارتی در اثر توزیع غیر یکنواخت ضریب هدایت حرارتی به علت حرکات براوانی ذرات بیان نموده‌اند. روی و گوین [۵،۴] در بررسی‌های عددی انتقال حرارت جابجایی نانوسیال آب ـAL_2O_3 و اتیلن گلیکول ـ AL_2O_3 افزایش قابل توجه انتقال حرارت را در سیستمهای جریان شعاعی گزارش کردند. ون و دینگ [6] اثر حرکت ذرات نانو به خاطر حرکات براوانی (تصادفی) در جریان نانوسیال را به صورت تئوری بررسی

کردند و افزایش انتقال حرارت را گزارش کردند. ژوان و روتزل [7] روابط متعددی برای انتقال حرارت نانوسیال به دست آوردند آن‌ها برای بیان مکانیزم افزایش انتقال حرارت نانوسیال از هر دو روش تک فازی و دو فازی استفاده کردند. نصر اصفهانی و فتوکیان [8] انتقال حرارت جابجایی اجباری جریان درهم نانوسیال آب ـ AL_2O_3 داخل لوله را به صورت تجربی بررسی کردند و به طور میانگین 35 درصد افزایش در ضریب انتقال حرارت را در مقایسه با آب خالص برای کسر حجمی‌های بین 3% تا 5/1% نانوسیال در رینولدزهای بین 6000 تا 31000 نشان دادند. هریس، اصفهانی واعتماد [9] انتقال حرارت جابجایی جریان آرام نانوسیال آب ـ AL_2O_3 داخل لوله با دمای ثابت دیواره را برای کسر حجمی 3% تا 5% را به صورت تجربی بررسی کردند و افزایش انتقال حرارت بالایی را نسبت به آب خالص نشان دادند.دررابطه باسیستمهای گرمایش ازکف، میتوان گفت که کارزیادی درباره اثرنانوسیال برروی آنها انجام نشده است با این حال بعضی ازکارهای انجام شده برروی این سیستمها که سیال عامل آنها آب میباشد درزیربیان شده است. هانابوچی وهوکوئی [10]عملکرد تابشی وجابجایی یک اتاق با سیستم گرمایش از کف را به صورت تجربی وعددی مورد بررسی قرار دادند.آنها با صرف نظر از اثرات ساکنین، موانع در سطح وهرگونه چشمه حرارتی بجز کف و با لحاظ کردن شرایط پایدار، توزیع درجه حرارت درارتفاع اتاق رابدست آوردند. جانسون وهمکارانش [11]از جریان هوای گرم برای گرم کردن فضای ساختمان به شکل عبورازکانالهای تعبیه شده درکف استفاده کردند.دراین مورد دمای جریان هوا 52درجه سانتیگراددرطول زمستان درنظرگرفته شده است. بیرن وهمکارانش [12]در سال 2007 یک آپارتمان مسکونی راکه در آن سیستم گرمایش ازکف برای ایجاد گرما بکاررفته است ودیواره ها ایزوله شده اند را مورد آزمایش ومطالعه قراردادندوکاهش مصرف انرژی به مقدار20درصدرابرای این سیستمها، نسبت به سیستم رادیاتوری رانشان دادند. السن وهمکارانش [13] در سال 2009 یک سیستم گرمایش از کف را مورد بررسی قرار دادند وراندمان آسایش حرارتی قابل قبولی رابرای آن تائید کردند ونشان دادند که سیستمهای گرمایش از کف بتونی نسبت به چوبی دارای کارائی بیشتر وارزانتر می باشد. چن وهمکارانش [14]در سال 2001 با تحلیل یک سیستم گرمایش از کف زمان تاخیر راه اندازی سیستم و پاسخ به دمای هوای داخل اتاق را مورد بررسی قرار دادند. روتس وهمکارانش [15]در سال 2005 تاثیر ایزولاسیون ومقاومت گرمایی پوششهای مختلف رادر سیستم

گرمایش از کف تحقیق وبررسی کردند. ویگبلز و همکارانش [16] در سال 2005 بار گرمایی ساختمانها واثر آنها بر روی سیستمهای گرمایشی را موردمطالعه قراردادندودرسال 2000پیرسون وهمکارانش [17] وسایل گرمایی با دمای کم رادر ساختمانهای مختلف بررسی کردند. در تحقیقی دیگر هانابوچی وهمکارانش [18]با استفاده از شبیه سازی دوبعدی، سیستم گرمایش از کف رامدل نموده وتاثیر فندانسیون وسازه کف بر مصرف انرژی واتلاف حرارتی به زمین رابا کوپل کردن مدل کف ومدل فضای داخل اتاق بررسی نمودند. با توجه به مطالب فوق واضح است که استفاده ازنانوسیال به جای آب خصوصاً نانوسیال(آب- AL_2O_3) بعنوان سیال عامل یک سیستم گرمایش از کف، شیوه ای مناسب در جهت بهبود عملکرد سیستم تلقی شود.

1-2- هدف از انجام تحقیق

مطالعات انجام شده در مورد رفتار نانوسیال ها درهنگام انتقال حرارت، برتری این سیالات رابرای کاربرد درسیستم ها ویا دستگاههایی که نیازبه دفع یاجذب گرما دارندرا به اثبات می رساند. با توجه به تحقیقات انجام شده، استفاده از نانوسیال ها در سیستمهای گرمایش از کف کاری مفید به نظر می رسد.علاوه بر این بواسطه انتقال حرارت بیشتر نانوسیالات می توان دمای مخزن را کاهش داده ودر مصرف انرژی صرفه جویی نمود. به طوریکه با کاهش دمای سیال ورودی می توان به دمای مطلوب کف که مقدار آن 27 درجه سانتی گراد است، رسید. از آنجا که تاکنون در رابطه بااثر نانوسیال(آب- AL_2O_3) برروی سیستم گرمایش از کف کاری زیادی صورت نگرفته است، انگیزه اصلی از انجام این پایان نامه موارد زیر خواهد بود.

الف)بررسی اثر نانوسیال(آب- AL_2O_3)برروی دمای کف درحالت پایا ومقایسه آن با آب خالص

ب)تحلیل اثرپوششهای مختلف با توجه به نانوسیال(آب- AL_2O_3)به عنوان سیال عامل

مقایسه نتایج بدست آمده با نتایج مربوط به ساختارهاییکه پیش ازاین با آب مورد بررسی قرار گرفته اند، می تواند درانتخاب یک سیستم بهینه مفید باشد.

1-3- ساختار پایان نامه

این تحقیق درپنج فصل تهیه شده است. در فصل اول پس ازذکرمقدمات لازم، مهمترین تحقیقات انجام شده درزمینه انتقال حرارت با استفاده ازنانوسیال مرورشده و هدف از انجام این تحقیق بیات شده است. درفصل دوم مفاهیم و تاثیرپارامترهای مختلف نانوسیال بر انتقال حرارت ارائه شده است.در این راستا ابتدا روشهای تولید نانوسیال بررسی شده است. سپس پارامترهای موثر برانتقال حرارت، منجمله کسر حجمی نانو ذرات، توده شدن نانوذرات وحرکت تصادفی نانوذرات مورد بررسی قرار گرفته اند. علاوه براین روابط مربوط به خواص ترموفیزیکی نانوسیال ها بیان شده اند.این فصل پس ازارائه روشهای مدل کردن جریان نانوسیال و نتیجه گیری کلی به پایان می رسد.

در فصل سوم انتقال حرارت در یک لوله افقی که نانوسیال(آب- AL_2O_3)درآن به صورت آرام جریان دارد با روش عددی و با استفاده از مدل دوفازی مخلوط شبیه سازی شده است.سپس نتایج حاصله از انتقال حرارت کسرهای حجمی مختلف نانوذرات، با آب خالص و نتایج تجربی مقایسه شده است.

در فصل چهارم ابتدا سیستمهای گرمایش از کف مورد بررسی قرار گرفته است و سپس این سیستم از نظر آسایش حرارتی با دیگر سیستم های گرمایشی مقایسه شده است.علاوه بر این جریان نانوسیال آب- AL_2O_3 با درصد های مختلف حجمی در یک سیستم گرمایش از کف بصورت عددی شبیه سازی شده و نتایج پایای بدست آمده با آب خالص مقایسه شده است. همچنین اثر کف پوشهای مختلف متداول بر روی گرمای خروجی از کف سیستم مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفته است.در نهایت در فصل پنجم به بحث و مقایسه برروی نتایج شبیه سازی های انجام شده درفصول قبل و ارائه پیشنهادات برای تحقیقات آینده در زمینه بهینه کردن سیستمهای گرمایش از کف پرداخته شده است.