دانشکده مهندسی مکانیک

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد

گرایش تبدیل انرژی

بررسی جریان سیال درون کانال با سطوح گسترش یافته به روش شبکه بولتزمن حرارتی

نگارنده: **مجید نژادسیفی**

استاد راهنما: دکتر مجید بازارگان

زمستان 1392

بسم الله الرحمن الرحیم

تاسیس **1307**

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاییدیه هیأت داوران

هیأت داوران پس از مطالعه پایان‌نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان‌نامه تهیه شده تحت عنوان :

بررسی جریان درون کانال با سطوح گسترش یافته به روش شبکه بولتزمن حرارتی

توسط **آقای مجید نژادسیفی** صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ **درجه کارشناسی ارشد** رشته **مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی** در تاریخ **1392/11/27** مورد تأیید قرار دادند.

1- استاد راهنما دکتر **امضاء**

2- استاد مشاور دکتر **امضاء**

3- استاد ممتحن دکتر **امضاء**

4- استاد ممتحن دکتر **امضاء**

5- نماینده تحصیلات تکمیلی دکتر **امضاء**

تاسیس **1307**

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

اظهارنامه دانشجو

اینجانب **مجید نژادسیفی** دانشجوی کارشناسی ارشد رشته **مهندسی مکانیک** گرایش تبدیل انرژی دانشکده **مهندسی مکانیک** دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان:

بررسی جریان سیال درون کانال با سطوح گسترش یافته به روش شبکه بولتزمن حرارتی

با راهنمایی استاد محترم **جناب آقای دکتر مجید بازارگان**، توسط شخص اینجانب انجام شده است. صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد. در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. به علاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

حق طبع، نشر و مالکیت نتایج

1- حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق به نویسنده و استاد راهنمای آن می‌باشد. هرگونه تصویربرداری از کل یا بخشی از پایان‌نامه تنها با موافقت نویسنده یا استاد راهنما یا کتاب‌خانه دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

2- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

3- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

تقدیم

تقدیم به: روح پاک پدرم که عالمانه به من آموخت چگونه در عرصه زندگی ایستادگی را تحمل نمایم

و به مادرم، دریای بی‌کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر

تشکر و قدردانی

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و درود بر محمّد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است؛ و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجّل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم.

اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر اللّه عزّ و جلّ: "

از مادر عزیزم...این معلم بزرگوارم... که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته است و در تمام عرصه های زندگی یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده است؛

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر بازارگان که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛کمال تشکر و قدردانی را دارم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

چکیده

در این پایان‌نامه جریان سیال و انتقال حرارت ترکیبی درون کانال دو بعدی با حضور موانع به روش شبکه بولتزمن مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی جریان و انتقال حرارت برای اعداد رینولدز 200 تا 1000 انجام گرفته و عدد پرانتل برای سیال عامل هوا 0/72 انتخاب شده است. در عدد رینولدز 600 اثر نسبت ضریب انتقال حرارت 1، 10، 100 و 400 بین سیال و جامد مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در این عدد نسبت ضریب انتقال حرارت 10 و همین عدد رینولدز، تاثیر فاصله‌ی بین مانع ها بررسی گردیده است. نتایج نشان داد که افزایش عدد رینولدز باعث بهبود انتقال حرارت می‌شود. همچنین با افزایش ضریب انتقال حرارت، کل سطوح جسم همدما شده و انتقال حرارت افزایش می یابد. با افزایش فاصله بین مانع ها انتقال حرارت بهتر می‌شود. کارایی روش شبکه بولتزمن در حل هندسه های پیچیده با نتایج و داده‌های عددی موجود مورد مقایسه قرار گرفت و نشان داد که روش ارائه شده مطابقت خوبی با نتایج دینامیک سیالات معمولی دارد.

واژه‌های کلیدی:

" روش شبکه بولتزمن، انتقال حرارت ترکیبی، عدد ناسلت، ضریب انتقال حرارت، عدد پرانتل".

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول 1

مقدمه 1

1-1 بهبود انتقال حرارت.....2

2-1 اهداف پژوهش کنونی : 3

3-1 ساختار پایان‌نامه 4

فصل دوم 5

مروری بر پژوهش‌های پیشین 5

1-2 بهبود انتقال حرارت، اجرای طرح سطوح گسترش یافته 6

2-2 استفاده از روش شبکه بولتزمن برای بهبود انتقال حرارت 8

فصل سوم 10

روابط و مدل‌سازی ریاضی.....10

1-3 دیدگاه‌های موجود برای تحلیل سیالات.....11

1-1-3 دیدگاه پیوسته(ماکروسکوپیک) 11

2-1-3- دیدگاه گسسته (میکروسکوپیک) 12

3-1-3- دیدگاه واسطه(مسوسکوپیک) .....
13
3-2- تابع توزیع ماکسول .....
14
3-3- تابع توزیع بولتزمن .....
16
3-4- معادلات انتقال بولتزمن .....
18
3-5- مدل **BGK** .....
21
3-6- شرایط مرزی برای روش شبکه بولتزمن .....
24
3-6-1 شرط مرزی هیدرودینامیک .....
25
3-7- به دست آوردن معادله انرژی از معادلات شبکه بولتزمن .....
32
فصل چهارم .....
34
روش کار و شیوه حل مساله .....
34
4-1- حل عددی .....
35
4-2- هیدرودینامیک مساله .....
35
4-3- مدل دمایی شبکه بولتزمن .....
37
4-3-1 اعمال شرط مرزی دمایی .....
37

4-4- شیوه حل مساله .....
38
4-5 اعتبار سنجی .....
41
4-5-1 اعتبار سنجی اول_ طول برخورد سیال با دیواره .....
41
4-5-2- اعتبار سنجی دوم _ استقلال از شبکه .....
42
4-5-3- اعتبارسنجی سوم_منحنی‌های ناسلت.....
43
4-5-4- اعتبار سنجی چهارم_ هندسه ی پیچیده و متحرک .....
47
فصل پنجم .....
51
نتایج .....
51
5-1 تاثیر عدد رینولدز .....
52
5-2- تاثیر اغتشاش کننده جریان بر روی پارامترهای مساله .....
61
5-3- خطوط جریان برای یک دوره زمانی.....66
5-4 نوع اغتشاش کننده.....67
5-5 تاثیر حرکت قسمت رویه مانع.....70

5-6- نسبت ضریب انتقال حرارت سیال_جامد.....72
5-7-تاثیر فاصله ی بین سطوح گسترش یافته روی عدد ناسلت.....79
فصل ششم.....82
نتیجه گیری و پیشنهادات.....82
6-1- نتیجه‌گیری.....83
6-2-پیشنهادات برای کارهای آینده.....84
فهرست منابع و مآخذ:.....85

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول1-1- استقلال از شبکه برای رینولدزهای مختلف 41

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل3-1 دیدگاه پیوسته.....12

شکل 3-2 دیدگاه گسسته و معادلات همیلتون حاکم بر آن.....13

شکل 3-3 دیدگاه واسطه.....14

شکل 3-4 توزیع احتمال سرعت ذره.....16

شکل3-5 نمایی از میدان ذرات.....18

شکل3-6 جهت جابه جایی ذرات درون یک لتیس.....22

شکل3-7 طرحی از شرط مرزی برگشت روی شبکه ای.....25

شکل 3-8 طرحی از شرط مرزی برگشت بین شبکه ای.....26

شکل 3-9 جریان درون محیط متخلخل، دیدگاه گسسته.....26

شکل 3-10 نمایی شماتیک از یک مرز خمیده با شرایط میان یابی و برون یابی سرعت.....30

شکل 4-1 توزیع سرعت برای یک مدل D_2Q_9 34

شکل 4-2 نمایی شماتیک از هندسه شبیه‌سازی شده.....38

شکل 4-3 مقایسه طول برخورد سیال با دیواره برای رینولدزهای مختلف 40

شکل 4-5 منحنی ناسلت برای مانع اول 42

شکل 4-6 منحنی ناسلت برای مانع دوم 43

شکل 4-7 منحنی ناسلت برای مانع سوم 44

شکل 4-8 تغییرات سرعت بی بعد بر جسب شعاع بی بعد 46

شکل 4-9 تغییرات سرعت بی بعد بر جسب شعاع بی بعد 47

شکل 4-10 تغییرات سرعت بی بعد بر جسب شعاع بی بعد 48

شکل 5-1 تغییرات سرعت افقی جریان بر حسب زمان بی بعد برای $Re=250$ 51

شکل 5-2 تغییرات سرعت افقی جریان بر حسب زمان بی بعدبرای Re=1000.....52
شکل 5-3 تغییرات متوسط خطوط جریان و خطوط همدما بر حسب عدد رینولدز.....54
شکل 5-4 طول بیرونی سطح گسترش یافته 54
شکل 5-5 تاثیر عدد رینولدز روی متوسط زمانی دمای بی بعد روی مانع اول.....55
شکل 5-6 تاثیر عدد رینولدز روی متوسط زمانی دمای بی بعد روی مانع دوم.....56
شکل 5-7 تاثیر عدد رینولدز روی متوسط زمانی عدد ناسلت روی مانع اول.....57
شکل 5-8 تاثیر عدد رینولدز روی متوسط زمانی عدد ناسلت روی مانع دوم.....58
شکل 5-9 تاثیر ارتفاع اغتشاش کننده بر روی متوسط زمانی دمای بی بعد روی مانع اول 60
شکل 5-10 تاثیر ارتفاع اغتشاش کننده بر روی متوسط زمانی دمای بی بعد روی مانع د..... 60
شکل 5-11 تاثیر ارتفاع اغتشاش کننده بر روی متوسط زمانی عدد ناسلت روی مانع اول 61
شکل 5-12 تاثیر ارتفاع اغتشاش کننده بر روی متوسط زمانی عدد ناسلت روی مانع دوم 61
شکل 5-13 تغییرات خطوط جریان لحظه ای برای Re=600 62
شکل 5-14 تاثیر شکل قسمت بالایی اغتشاش کننده بر روی متوسط زمانی
دمای بی بعد برای مانع اول 63
شکل 5-15 تاثیر شکل قسمت بالایی اغتشاش کننده بر روی متوسط زمانی
دمای بی بعد برای مانع دوم.....64
شکل 5-16 تاثیر شکل قسمت بالایی اغتشاش کننده بر روی متوسط زمانی
عدد ناسلت برای مانع اول.....65
شکل 5-17 تاثیر شکل قسمت بالایی اغتشاش کننده بر روی متوسط زمانی
عدد ناسلت برای مانع دوم.....65
شکل 5-18 تاثیر سرعت لغزش اغتشاش کننده دایروی بر روی متوسط زمانی
دمای بی بعد برای مانع اول.....66
شکل 5-19 تاثیر سرعت لغزش اغتشاش کننده دایروی بر روی متوسط زمانی
دمای بی بعد برای مانع دوم.....67

شکل 5-20 تاثیر سرعت لغزش اغتشاش کننده دایروی بر روی متوسط زمانی عدد ناسلت برای مانع اول 67
شکل 5-21 تاثیر سرعت لغزش اغتشاش کننده دایروی بر روی متو سط زمانی عدد ناسلت برای مانع دوم 68
شکل 5-22 کانتورهای دما برای نسبت‌های ضریب انتقال حرارت متفاوت در رینولدز 600..... 70
شکل 5-23 منحنی‌های همدما برای نسبت‌های ضریب انتقال حرارت متفاوت در رینولدز600..... 71
شکل 5-24 نمایی نزدیک منحنی‌های همدما برای نسبت‌های ضریب انتقال حرارت متفاوت در رینولدز 600 72
شکل 5-25 تغییرات متوسط زمانی عدد ناسلت بر حسب طول سطح بیرونی مانع برای نسبت ضریب انتقال حرارت‌های مختلف برای مانع اول 73
شکل 5-26 تغییرات متوسط زمانی عدد ناسلت بر حسب طول سطح بیرونی مانع برای نسبت ضریب انتقال حرارت‌های مختلف برای مانع دوم 73
شکل 5-27 تغییرات متوسط زمانی عدد ناسلت متوسط مانع اول با تغییرات عدد رینولدز برای $k_s/k_f = 10, 100, 400$ 74
شکل 5-28 تغییرات متوسط زمانی عدد ناسلت متوسط مانع دوم با تغییرات عدد رینولدز برای $k_s/k_f = 10, 100, 400$ 75
شکل 5-29 تغییرات متوسط زمانی عدد ناسلت برای مانع اول با تغییرات فاصله بین سطوح گسترش یافته (d) برای Re=600 و $k_s/k_f = 10$ 77
شکل 5-30 تغییرات متوسط زمانی عدد ناسلت برای مانع دوم با تغییرات فاصله بین سطوح گسترش یافته (d) برای Re=600 و $k_s/k_f = 10$ 77

فهرست علایم و اختصارات

عنوان	علامت اختصاری
سرعت ذرات در جهت x	C_x
تابع توزیع مجهول	ϕ
سرعت کلی ذرات	C
آنتروپی ترمودینامیکی	S
تعداد حالت‌های ممکن ترمودینامیکی	W
انرژی جنبشی مولکول	E
نیروی خارجی وارده به مولکول	F
موقعیت ذرات در فضا	r
زمان	t
ترم برخورد بین ذرات	Ω
شتاب ذرات	a
چگالی	ρ
سرعت ذرات	u
انرژی سیال	e
سرعت نسبی ذرات نسبت به سیال	u_a
ثالت بولترمن	k_B
فرکانس برخورد	ω
تابع توزیع تعادلی ذرات	f^{eq}
تابع توزیع ذرات	f
تابع وزنی ذرات	w_i
مختصات نقطه میانی	x_m
سرعت نقطه میانی	u_m
مختصات مرز بین جامد و سیال	x_b
سرعت مرز بین جامد و سیال	u_b
مختصات سیال مجاور مرز	x_f

مولفه‌های سرعت در امتدادهای سیستم مختصات کارتزین	x_{ff}
مختصات جامد مجاور مرز	x_s
تابع توزیع چگالی برخوردی به دیواره خمیده	f_i^*
متغیر بی‌بعد نشان دهنده نسبت فاصله‌ها	Δ
تابع توزیع انرژی داخلی	g_i
حالت تعادل تابع توزیع انرژی داخلی	g_i^{eq}
زمان آسایش تک‌گانه برای جریان سیال	τ_f
زمان آسایش تک‌گانه برای انرژی داخلی	τ_g
فاصله بین گره‌ها	Δx
گام زمانی	Δt
دما	T
ارتفاع سطوح گسترش یافته	h
ارتفاع کانال	H
شعاع دایره داخلی	R_1
شعاع دایره خارجی	R_2
طول ورودی کانال	L_{in}
فاصله بین اغتشاش کننده و اولین مانع	L_d
فاصله بین مانع‌ها	d
طول مانع	w
ارتفاع مانع	h

فصل اول

مقدمه

1-1 بهبود انتقال حرارت

انتقال حرارت یکی از قدیمی‌ترین موضوعات مورد پژوهش بوده و بهبود آن از زمان‌های گذشته همواره مورد توجه بوده است. بسیاری از مهندسان و همچنین سازندگان تجهیزات صنعتی همواره به فکر روش‌هایی بوده‌اند که انتقال حرارت را بهینه کنند. انتقال حرارت درصنایع مختلفی از جمله خنک‌کاری قطعات الکترونیکی، رادیاتور ماشین، تهویه مطبوع و نیروگاه‌های حرارتی کاربرد دارد. در حالت کلی، بهبود انتقال حرارت با استفاده از اصلاح خواص سیال و هندسه سطحی که باعث تغییر فیزیک جریان شود، انجام می‌گیرد. تغییر هندسه سطحی که انتقال حرارت از آن صورت می‌پذیرد، می‌تواند با اصلاح هندسه جریان نزدیک دیواره باعث کاهش مقاومت حرارتی شده و انتقال حرارت را افزایش دهد. هرگونه کاهش در مقاومت حرارتی، می‌تواند به دلایل زیر مفید باشد:

1- باعث کوچک شدن و فشرده‌تر شدن سیستم می‌شود.

2- باعث کاهش در اختلاف دمای کل می‌شود.

تغییرات باید متناسب با شرایط سیستم باشد.

اگر بخواهیم تکنیک‌های افزایش انتقال حرارت را دسته بندی کنیم، به دو دسته تقسیم می‌شود[1].

1 – تکنیکهای غیرفعال[1]: تغییر هندسه سطوح و هرگونه تکنیک‌های دیگری که به عنوان تکنیک‌های غیر فعال شناخته می‌شود.

2 – تکنیک‌های فعال[2]: اعمال هرگونه تغییرات خارجی از جمله توان و ارتعاشات جزو تکنیک‌های فعال می‌باشد.

1- passive techniques
2-active technique