بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

آقای حسین خوشکام پایان‌نامه ۶ واحدی خود را با عنوان شبیه‌سازی عددی جریان مکش ـ تراکم دو بعدی به‌روش گردابه‌های تصادفی در تاریخ ۷۸/۴/۶ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک باگرایش تبدیل‌انرژی پیشنهاد می‌کنند. ۲۹ب۳

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	امضاء
۱ـ استاد راهنمـــا :	آقای دکتر حیدری‌نژاد	
۲ـ استاد مشـــاور :	آقای دکتر قدیری	
۳ـ استادان ممتحن :	آقای دکتر انصاری	
	آقای دکتر راد	
۴ـ مدیـــر گـــروه :	آقای دکتر انصاری	
(یا نمایندهٔ گروه تخصصی)		

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان‌نامه / رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:

بسمه تعالی

آیین‌نامهٔ چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس، مبیّن بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

مادّهٔ ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

مادّهٔ ۲ در صفحهٔ سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد/رسالهٔ دکتری نگارنده در رشتهٔ ..... است که در سال ..... در دانشکدهٔ ..... دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... ، مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... و مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... از آن دفاع شده است.»

مادّهٔ ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهداکند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

مادّهٔ ۴ در صورت عدم رعایت مادّهٔ ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ‌شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرّس، تأدیه کند.

مادّهٔ ۵ دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در مادّهٔ ۴ را از محلّ توقیف کتابهای عرضه‌شدهٔ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادّهٔ ۶ اینجانب ..... دانشجوی رشته ..... مقطع ..... تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام‌خانوادگی:

تاریخ و امضا:

۱۳۷۸ /۸/ ۰۰
۱۳۷۸ /۸/ ۳۰
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تقدیم مدارک

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکدهٔ فنی ومهندسی

پایان نامهٔ دورهٔ کارشناسی ارشد
مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی

شبیه‌سازی عددی جریان در محفظه مکش - تراکم دوبعدی با استفاده از روش گردابه‌های تصادفی

حسین خوشکام

14280

استاد راهنما:

دکتر قاسم حیدری‌نژاد

استاد مشاور:

دکتر بهزاد قدیری

بهار ۱۳۷۸

تقدیم به همسرم

تشکر و قدردانی

حمد بی‌پایان و سپاس بیکران خدای را که بر من منت گذاشت تا این تحقیق را به پایان برسانم. انجام این پایان نامه را مرهون راهنمایی و همکاری استادان محترم آقای دکتر حیدری نژاد و آقای دکتر قدیری می‌باشم. همچنین از دوست عزیز آقای مهندس دلفانی نیز تشکر می‌کنم.

چکیده:

شبیه‌سازی عددی جریان دو بعدی در یک محفظه مکش - تراکم صفحه‌ای با استفاده از روش گردابه تصادفی ارائه شده است. فرایند مکش ایده‌ال فشار ثابت در نظر گفته شده است، که در قسمت ورودی ورتکس با قدرت محاسبه شده با استفاده از توزیع سرعت 1/7 وارد جریان می‌شوند و قسمت تراکم با فرض جریان تراکم‌ناپذیر لزج نزدیک مرز و جریان تراکم‌پذیر غیرلزج در داخل میدان حل شده است.

روش گردابه تصادفی روش حل مستقیم جریان در دستگاه لاگرانژین هست و نیاز به مدل کمکی و شبکه‌بندی ندارد. اما در اینجا برای ارضا شرط سرعت عمودی صفر روی جدار بجای استفاده از قرینه‌گذاری از حل معادله پتانسیل در یک میدان شبکه‌بندی شده با روش تفاضل محدود استفاده شده است. نتایج بدست آمده قابل مقایسه با نتایج ارائه شده توسط سایر محققان می‌باشد.

کلمات کلیدی

۱- مکش - تراکم

۲- گردابه

۳- روش گردابه تصادفی

«فهرست مطالب»

عنوان	صفحه
۱- تاریخچه	۱
۲- مقدمه	۴
۳- تئوری روش گردابه تصادفی	۶
۱-۳- چرخش سیال و گردابه	۶
۱-۱-۳- روابط اصلی گردابه‌ها	۶
۲-۱-۳- توزیع سرعت در گردابه Rankine	۸
۳-۱-۳- توزیع سرعت در گردابه Rosenhead	۹
۴-۱-۳- توزیع سرعت در گردابه Burgers & Odgoard	۱۰
۵-۱-۳- توزیع سرعت در گردابه گاوس	۱۰
۶-۱-۳- ورقه گردابه	۱۰
۲-۳- روش گردابه تصادفی	۱۲
۱-۲-۳- حل قسمت جابجایی با استفاده از توابع گرین	۱۳
۲-۲-۳- نفوذ	۱۶
۳-۲-۳- روش گردابه تصادفی برای جریان تراکم‌پذیر	۱۸
۴- الگوریتم و فرمولبندی به کاررفته	۲۱
۱-٤- الگوریتم	۲۱
۲-٤- مدل‌کردن قسمت ورودی جریان در هنگام مکش	۲۲
۳-٤- حل معادله پتانسیل	۲۳

۱-۳-۴- تعیین ψ در مرزهای میدان حل ۲۶

۲-۳-۴- حل معادله لاپلاس و تعیین سرعت پتانسیلی در شبکه ۲۷

۳-۳-۴- حل معادله پتانسیل برای قسمت تراکم ۲۸

٤-٤- ارضاء شرط عدم لغزش بوسیله تولید ورقه گردابه در سطح ۳۰

٥-٤- محاسبه سرعت گردابه‌ها در میدان حل ۳۲

۱-٥-۴- محاسبه سرعت پتانسیلی گردابه‌ها..... ۳۲

۲-٥-۴- محاسبه سرعت القایی ناشی از گردابه‌ها..... ۳۳

٦-٤- حل معادله جابجایی با استفاده از روش اویلر ۳۷

۷-٤- حل دیفیوژن..... ۳۸

۸-٤- عوامل موثر در دقت حل روش گردابه تصادفی ۳۹

۵- نتایج ۴۳

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۴۸

۷- منابع و مراجع..... ۴۹

«فهرست علائم»

مساحت سلول شبکه ..... A

پهنای مقطع مکش ..... d

پهنای پیستون ..... D

مشتق مادی ..... D/Dt

تابع هسته ورتکس حبابی ..... f_δ

تابع گرین ..... G

طول ورقه گردابه ..... h

طول کوتاهترین ورقه گردابه ..... h_{min}

تابع هوی‌ساید ..... H

شماره شناسه یک گردابه ..... i,j,k

قدرت گردابه بصورت تئوری ..... K

تابع هسته ..... K_δ

طول فضای مرده (فاصله بین سرسیلندر تاپیستون در لحظه صفر) ..... L_c

دورموتور ..... N

بیشترین تعداد ورتکس تولید شده در سطح ..... N_s

تعداد تقسیمات جداره در جهت طولی ..... N_w

فشار ..... P

تابع چگالی احتمال ..... P_i

موقعیت مکانی ..... r_i

شعاع هسته ..... r_c

شعاع لنگ ..... R

بردار سرعت ..... $\vec{u}$

سرعت در جهت x ..... u

سرعت پتانسیلی در جهت x ..... u_p

سرعت شعاعی ..... u_r

سرعت مماسی ..... u_θ

گام زمانی ..... Δt

سرعت در مقطع ورودی ..... U_{inj}

ماکزیمم سرعت لغزشی ..... U_m

سرعت ناشی از میدان ورتی‌سیتی ..... U_v

سرعت در جهت y v

سرعت پتانسیلی در جهت y ..... v_p

عدد رندم بین ۱ و ۱- ..... V_i

سرعت پیستون ..... V_{piston}

ابعاد شبکه در جهت x ..... Δx

موقعیت y,x ..... $\bar{X}$

ابعاد شبکه در جهت y ..... Δy

قدرت گردابه صفحه‌ای ..... γ

فاصله لازم برای تبدیل ورقه گردابه به حباب ..... Δs

تابع پتانسیل ..... ϕ

سیرکولاسیون، قدرت گردابه حبابی ..... Γ

ماکزیمم قدرت گردابه ..... Γ_{max}

می‌نیمم‌قدرت گردابه ..... Γ_{min}

عدد تصادفی گوسی ..... η

عدد تصادفی گوسی در جهت x ..... η_x

عدد تصادفی گوسی در جهت y ..... η_y

لزجت ..... μ

واریانس ..... σ

لزجت سینماتیک ..... ν

زاویه لنگ ..... θ

چگالی ..... ρ

ورتی‌سیتی ..... ω

تابع جریان ..... ψ

«فهرست اشکال و نمودارها»

شکل ۱-۳- ارتباط بین انتگرال خطی و سطحی

شکل ۲-۳- میدان جریان اطراف یک هسته مدور صلب که با سرعت ω می‌چرخد

شکل ۳-۳- سرعت القایی در یک نقطه مطابق قانون بیو-ساوارت

شکل ۴-۳- طرح ورقه گردابه و سرعت القایی آنها

شکل ۱-۴- قسمت مکش

شکل ۲-۴- میدان حل شبکه‌بندی شده برای حل معادله پتانسیل

شکل ۳-۴- طرح وزنی برای محاسبه سرعت پتانسیلی گردابه‌ها

شکل ۴-۴- موقعیت ورقه گردابه‌ها و محاسبه سرعت القایی آنها

شکل ۱-۵- موقعیت و بردار سرعت اجزاء گردابه‌ای برای حالت (الف) در زوایای لنگ ۴۵ و ۹۰ درجه

شکل ۲-۵- موقعیت و بردار سرعت اجزاء گردابه‌ای برای حالت (الف) در زوایای لنگ ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه

شکل ۳-۵- بردار سرعت در میدان شبکه‌بندی شده برای حالت (الف) در زوایای لنگ ۴۵ تا ۱۸۰ درجه

شکل ۴-۵- موقعیت و بردار سرعت اجزاء گردابه‌ای برای حالت (ب) در زوایای لنگ ۴۵ و ۱۳۵ درجه

شکل ۵-۵- موقعیت و بردار سرعت اجزاء گردابه‌ای برای حالت (ب) در زاویه لنگ ۹۰ درجه

شکل ۶-۵- موقعیت و بردار سرعت اجزاء گردابه‌ای برای حالت (ب) در زاویه لنگ ۱۸۰ درجه

شکل ۷-۵- بردار سرعت در میدان شبکه‌بندی شده برای حالت (ب) در زوایای لنگ ۴۵ و ۱۳۵ درجه

شکل ۸-۵- بردار سرعت در میدان شبکه‌بندی شده برای حالت (ب) در زاویه لنگ ۹۰ درجه

شکل ۹-۵- بردار سرعت در میدان شبکه‌بندی شده برای حالت (ب) در زاویه لنگ ۱۸۰ درجه

شکل ۱۰-۵- موقعیت و بردار سرعت اجزاء گردابه‌ای برای حالت (ج) در زوایای لنگ ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه

شکل ۱۱-۵- موقعیت و بردار سرعت اجزاء گردابه‌ای برای حالت (ج) در زوایای لنگ ۲۲۵، ۲۷۰، ۳۱۵ و ۳۶۰ درجه

شکل ۱۲-۵- موقعیت و بردار سرعت اجزاء گردابه‌ای بصورت بزرگ شده برای حالت (ج) در زوایای لنگ ۳۱۵ و ۳۶۰ درجه

شکل ۱۳-۵- بردار سرعت در میدان شبکه‌بندی شده برای حالت (ج) در زوایای لنگ ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه

شکل ۱۴-۵- بردار سرعت در میدان شبکه‌بندی شده برای حالت (ج) در زوایای لنگ ۲۲۵، ۲۷۰، ۳۱۵ و ۳۶۰ درجه

شکل ۱۵-۵- طرح خطوط جریان برای حالت (ج) در زوایای لنگ ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه

شکل ۱۶-۵- طرح خطوط جریان برای حالت (ج) در زوایای لنگ ۲۲۵، ۲۷۰، ۳۱۵ و ۳۶۰ درجه

شکل ۱۷-۵- موقعیت و بردار سرعت اجزاء گردابه‌ای برای حالت (د) در زوایای لنگ ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه

شکل ۱۸-۵- موقعیت و بردار سرعت اجزاء گردابه‌ای برای حالت (د) در زوایای لنگ ۲۲۵، ۲۷۰، ۳۱۵ و ۳۶۰ درجه

شکل ۱۹-۵- موقعیت و بردار سرعت اجزاء گردابه‌ای بصورت بزرگ شده برای حالت (د) در زوایای لنگ ۳۱۵ و ۳۶۰ درجه

شکل ۲۰-۵- بردار سرعت در میدان حل شبکه‌بندی شده برای حالت (د) در زوایای لنگ ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه

شکل ۲۱-۵- بردار سرعت در میدان حل شبکه‌بندی شده برای حالت (د) در زوایای لنگ ۲۲۵، ۲۷۰، ۳۱۵ و ۳۶۰ درجه

شکل ۲۲-۵- موقعیت و بردار سرعت اجزاء گردابه‌ای برای حالت (ه) در زوایای لنگ ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه

شکل ۲۳-۵- موقعیت و بردار سرعت اجزاء گردابه‌ای برای حالت (ه) در زوایای لنگ ۲۲۵، ۲۷۰، ۳۱۵ و ۳۶۰ درجه

شکل ۲۴-۵- موقعیت و بردار سرعت اجزاء گردابه‌ای بصورت بزرگ شده برای حالت (ه) در زوایای لنگ ۳۱۵ و ۳۶۰ درجه

شکل ۲۵-۵- بردار سرعت در میدان شبکه‌بندی شده برای حالت (ه) در زوایای لنگ ۴۵، ۹۰، ۱۳۵، ۱۸۰ درجه