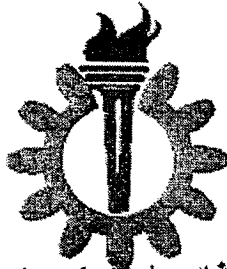




وزارت اطلاعات مدرک علمی ایران
تسلیت ایران



دانشگاه علم و صنعت ایران

۱۳۸۲ / ۵ / ۳۰

دانشکده مهندسی مکانیک

تحلیل جریان تخلیه سیال از مجرای عمودی استوانه ای در مجاورت سطح آزاد

علیرضا داودآبادی

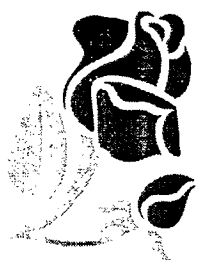
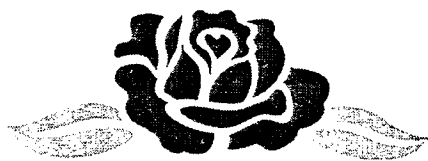
پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی

استاد راهنما

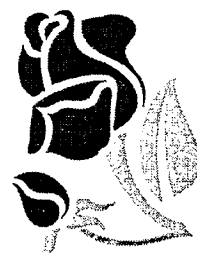
دکتر نوروز محمد نوری

زمستان ۱۳۸۱

۴۷۸۰۸



تقدیم به پدر و مادر مهربانم



چکیده:

سیالات در خروجی مخازن، ورودی کانال‌ها و ... به دلایل مختلفی از قبیل نامتقارنی هندسه خروجی، نامتقارنی جریان نزدیک شونده و ... ، دچار چرخش می‌شوند و با قدرت گرفتن این چرخش ممکن است یک راه هوایی از سطح سیال به خروجی مخزن ایجاد شده و مشکلاتی به دلیل ورود هوا و یا چرخش به داخل خروجی ایجاد شود. در تحقیق حاضر علل تشکیل گردابه ، انواع گردابه ها از لحاظ شکل و قدرت و مشکلات ناشی از جریان های چرخشی مورد بررسی قرار گرفته است. یکی از مباحث مهم گردابه‌ها، یافتن و حل معادلات حاکم بر آنها می‌باشد . معادلات حاکم را معمولاً با در نظر گرفتن فرضیاتی معقول جهت ساده‌سازی مساله بدست می‌آورند . در تحقیق حاضر با استفاده از این فرضیات به توضیح روشهای حل روابط حاکم بر گردابه‌ها پرداخته ایم. در بخش پایانی نیز نتایج شبیه سازی انجام شده توسط نرم افزار Ansys را ارائه کرده و. به تجزیه و تحلیل آنها خواهیم پرداخت.

سپاسگزاری

بعد از حمد و سپاس پروردگار لازم می‌دانم از زحمات استاد محترم، جناب آقای دکتر نوری که راهنمای اینجانب در انجام این پایان‌نامه بوده‌اند تقدیر و تشکر نمایم. همچنین از اساتید محترم، جناب آقای دکتر نوید بخش و جناب آقای دکتر جزایری که که زحمت حضور در جلسه ارزیابی این پایان‌نامه را تقبل فرمودند تشکر مینمایم.

۱	فصل اول: مقدمه
۲	۱-۱- توضیح مقدماتی در رابطه با پدیده تشکیل گردابه در خروجی مخازن
۳	۱-۲- کاربردها
۵	فصل دوم: مروری بر کارهای انجام شده
۶	۱-۲- مقدمه‌ای بر تشکیل ورتکس در خروجیها
۶	۱-۱-۲- منابع چرخش
۸	۲-۱-۲- تقسیم بندی کلی انواع خروجیها
۱۰	۲-۱-۳- انواع ورتکس، تقسیمات کلی
۱۲	۲-۱-۴- مشکلات جریان چرخشی
۱۳	۲-۱-۵- کمیت‌های خطرناک ورود هوا و چرخش
۱۴	۲-۱-۶- مفهوم اصلی شرایط بحرانی خروجی
۱۶	۲-۲- شرح میدان جریان ورتکس مجرای خروجی
۱۶	۲-۲-۱- ورتکس مرکب رانکین
۱۸	۲-۲-۲- تقسیم بندی قدرت ورتکس
۲۱	۲-۳- نتایج اصلی کارهای آزمایشگاهی و تئوری
۲۱	۲-۳-۱- مقدمه
۲۲	۲-۳-۲- خصوصیات هندسی ورتکس
۲۲	۲-۳-۳-۱- پروفیل سطح نزدیک هسته ورتکس
۲۴	۲-۳-۳-۲- عمق فرورفتگی سطح یا هسته ورتکس
۲۶	۲-۳-۳-۳- توزیع سرعت و گردش
۲۶	۲-۳-۳-۴- توزیع گردش
۲۹	۲-۳-۳-۵- توزیع سرعت شعاعی
۲۹	۲-۳-۳-۶- توزیع سرعت مماسی
۳۱	۲-۳-۳-۷- توزیع سرعت محوری
۳۲	۲-۴- مدل کردن ورتکسها و جریانهای چرخشی
۳۲	۲-۴-۱- ملاحظات اولیه
۳۲	۲-۴-۲- بررسی ابعادی جریان های گردابی
۳۴	۲-۴-۳-۱- تأثیر عدد فرود
۳۴	۲-۴-۳-۲- تأثیر عدد وبر
۳۵	۲-۴-۳-۳- تأثیر عدد رینولدز
۳۷	۲-۴-۳-۴- معیار انوار
۳۷	۲-۴-۳-۵- معیار جین
۳۸	۲-۴-۳-۶- تحقیق روی معیارهای مدل سازی

۳۹	۱-۳-۴-۲-توصیه‌های پایانی
۴۰	فصل سوم: بررسی روشهای تحلیل جریان در حال تخلیه از مخازن و نتایج حاصله
۴۱	۱-۳-مقدمه
۴۱	۲-۳- بررسی جریان در حال تخلیه با استفاده از رابطه برنولی
۴۱	۱-۲-۳- استفاده از رابطه برنولی در تعیین غوطه وری بحرانی
۴۵	۲-۲-۳- تاثیر حرکت سیال و قطر خروجی بر روی عمق بحرانی
۴۷	۳-۳- بررسی دینامیک سطح سیال به هنگام تخلیه مخازن با استفاده از تئوری پتانسیل
۴۷	۱-۳-۳- معادلات حاکم
۴۸	۲-۳-۳- شرایط مرزی
۵۱	۳-۳-۳- نحوه حل معادلات
۵۵	۴-۳-۳- استفاده از روش تفاضل محدود در محاسبات کامپیوتری
۶۲	۴-۳- بررسی جریان در حال تخلیه از یک مخزن با استفاده از مدل لامینار
۶۲	۱-۴-۳- تعریف مساله
۶۳	۲-۴-۳- روابط حاکم
۶۴	۱-۲-۴-۳- شرایط مرزی
۶۴	۲-۲-۴-۳- تقریب شبه لاگرانژی
۶۵	۳-۴-۳- گسسته سازی به روش حجم محدود
۶۶	۱-۳-۴-۳- سیستم نیمه گسسته برای سرعت های W, V, U
۶۷	۴-۴-۳- سیستم گسسته شده
۶۸	۱-۴-۴-۳- حل سیستم گسسته
۷۰	۵-۴-۳۳- الگوریتم حل
۷۰	۶-۴- بررسی نتایج
۷۲	۵-۳- بررسی جریان در حال تخلیه از یک مخزن با در نظر گرفتن مدل توربولانس
۷۲	۱-۵-۳- تعریف مساله
۷۳	۲-۵-۳- ارائه مدل عددی
۷۳	۱-۲-۵-۳- معادلات و مختصات حاکم
۷۴	۲-۲-۵-۳- روش حل
۷۵	۳-۵-۳- نتایج و بحث در مورد آنها
۸۲	۴-۵-۳- جمعبندی بحث
۸۳	فصل چهارم: شبیه سازی عددی ورتکس در خروجی مخازن
۸۴	۱-۴-مقدمه
۸۴	۲-۴- آشنایی با روش اجزاء محدود
۸۸	۳-۴- معرفی نرم افزار ANSYS و هدف از انتخاب آن
۸۹	۱-۳-۴- تحلیل دینامیکی سیال

۸۹	ANSYS , FLOTRAN آنالیز ۲-۳-۴
۹۱	۴-۴-۱ مثال ۱
۹۳	۴-۵-۲ مثال ۲
۹۷	۴-۶-۶-تعریف مدل فیزیکی
۹۷	۴-۷-۷-معادلات حاکم
۹۹	۴-۸-۸-شرایط مرزی
۱۰۰	۴-۹-۹-بررسی نتایج
۱۰۱	۴-۹-۱-بررسی رفتار ارتفاع بحرانی نسبت به عدد فرود
۱۰۳	۴-۹-۲-بررسی رفتار ارتفاع بحرانی نسبت به عدد رینولدز
۱۰۴	۴-۹-۳-بررسی رفتار ارتفاع بحرانی نسبت به عدد وبر
۱۰۵	۴-۹-۴-بررسی رفتار ارتفاع بحرانی نسبت به چرخش اعمالی
۱۰۶	۴-۹-۵-بررسی رفتار ارتفاع بحرانی نسبت به شعاع انحنا دهانه خروجی
۱۰۷	۴-۹-۶-بررسی رفتار ارتفاع بحرانی نسبت به ارتفاع اولیه سیال
۱۰۸	۴-۹-۷-بررسی رفتار ارتفاع بحرانی نسبت به قطر مخزن
۱۰۹	۴-۹-۸-بررسی رفتار ارتفاع بحرانی نسبت به فاصله دهانه خروجی از کف مخزن
۱۱۰	فصل پنجم: خلاصه نتایج و پیشنهاد برای ادامه پروژه
۱۱۱	۵-۱-نتیجه گیری
۱۱۲	۵-۲-پیشنهاد برای ادامه پروژه
۱۱۳	منابع و مراجع
۱۱۵	ضمائم

- شکل (۱-۲): جریان گردشی به وجود آمده از a -نامتقارنی b -تغییر در جهت مرزها ۷
- شکل (۲-۲): خروجیهای مستعد برای تشکیل ورتکس ۷
- شکل (۳-۲): منابع چرخش: (a) انحراف، (b) گرادیان سرعت، (c) موانع ۸
- شکل (۴-۲): مثالهای مختلف از تشکیل ورتکس به دلیل شرایط جریان نزدیک شونده نامتقارن ۸
- شکل (۵-۲): انواع ساختارهای خروجی ۹
- شکل (۶-۲): انواع ورتکسها همراه با موقعیت تشکیلشان و شکل منتج شده ۱۱
- شکل (۷-۲): انواع مختلف از ورتکسهای سطحی پایدار در خروجیهای عمودی به سمت پایین ۱۱
- شکل (۸-۲): رابطه اصلی بین قدرت گردش، عمق، ورود هوا و چرخش ۱۵
- شکل (۹-۲): اندازه گیرنده چرخش ۱۵
- شکل (۱۰-۲): ورتکس مرکب ۱۶
- شکل (۱۱-۲): انواع کلاسیک ورتکس ۲۰
- شکل (۱۲-۲): ساختارهای آزمایشگاهی ۲۲
- شکل (۱۳-۲): پروفیلهای اندازه گیری شده و محاسبه شده (a) لوله خروجی بزرگ با چرخش زیاد و خروجی به داخل آمده است. (b) لوله خروجی بزرگ با چرخش زیاد و خروجی با کف تانک همسطح است. (c) لوله خروجی کوچک با چرخش کم و خروجی به داخل آمده است. ۲۳
- شکل (۱۴-۲): تغییرات عمق فرو رفتگی با سرعت مماسی v_t در شعاع خروجی ۲۴
- شکل (۱۵-۲): گراف کیفی $\log Z_a$ نسبت به $\log \Gamma_\infty$ ۲۵
- شکل (۱۶-۲): Fr نسبت به $\phi^2 Re$ برای طول هسته هوا $Z_a/H = 0.25, 0.5, 0.75$ ۲۵
- شکل (۱۷-۲): تغییرات Γv_t نسبت به فاصله از محور خروجی ۲۶
- شکل (۱۸-۲): انحراف سرعت مماسی و Γ نزدیک محور ورتکس ۲۶
- شکل (۱۹-۲): تغییرات v_t/v_{t0} برای ورتکسها در سیالات واقعی نسبت به فاصله r از مرکز ۲۷
- شکل (۲۰-۲): تغییرات پارامتری بعد Q/vH با توان n ۲۸
- شکل (۲۱-۲): سرعت شعاعی نسبت به عمق ۲۸
- شکل (۲۲-۲): مقایسه بین سرعت مماسی محاسبه شده و اندازه گیری شده دور از هسته ۳۰
- شکل (۲۳-۲): سرعت مماسی نسبت به عمق ۳۰
- شکل (۲۴-۲): طرحی از میدان سرعت شعاعی و عمودی نزدیک هسته ورتکس ۳۱
- شکل (۲۵-۲): طرح شماتیک از خروجی عمودی ۳۳
- شکل (۲۶-۲): ضریب تبدیل غوطه وری بحرانی بر حسب عدد رینولدز ۳۸
- شکل (۱-۳): مشخصات حجم کنترل و ابعاد مورد نظر ۴۱
- شکل (۲-۳): مقایسه بین نتایج تجربی و تئوری غوطه وری بحرانی ۴۳
- شکل (۳-۳): تخلیه سیال از یک مخزن با توجه به حرکت سطح سیال ۴۵
- شکل (۴-۳): مشخصات مورد نظر برای مخزن در حال تخلیه ۴۸

- شکل (۳-۵) : شکل شماتیک مخزن مورد نظر ۶۲
- شکل (۳-۶) : توزیع عمودی سرعت شعاعی ۷۱
- شکل (۳-۷) : توزیع عمودی سرعت مماسی ۷۱
- شکل (۳-۸) : توصیف مسأله ۷۲
- شکل (۳-۹) : خطوط جریان سه بعدی ۷۸
- شکل (۳-۱۰) : بردارهای سرعت در سطح آزاد ۷۸
- شکل (۳-۱۱) : بردارهای سرعت در عمق میانی ۷۹
- شکل (۳-۱۲) : بردارهای سرعت در نزدیکی کف کانال ۷۹
- شکل (۳-۱۳) : خطوط جریان در مقطع ($x=0/18$) ۸۰
- شکل (۳-۱۴) : توزیع مولفه سرعت عمودی در مقطع ($x=0/18$) ۸۰
- شکل (۳-۱۵) : توزیع فشار در سطح آزاد ۸۱
- شکل (۳-۱۶) : توزیع فشار در عمق میانی ۸۱
- شکل (۳-۱۷) : توزیع فشار در مقطع ($x=0/18$) ۸۲
- شکل (۴-۱) : شرایط مرزی اعمال شده ۹۱
- شکل (۴-۲) : مقایسه نتایج نرم افزار Ansys با نتایج رابطه برنولی و نتایج تجربی ۹۲
- شکل (۴-۳) : شرایط مرزی اعمال شده ۹۴
- شکل (۴-۴) : مقایسه توزیع عمودی سرعت مماسی بدست آمده توسط نرم افزار Ansys با نتایج آزمایشگاهی و عددی در شعاعهای مختلف ۹۵
- شکل (۴-۵) : مقایسه توزیع عمودی سرعت شعاعی بدست آمده توسط نرم افزار Ansys با نتایج آزمایشگاهی و عددی در شعاعهای مختلف ۹۶
- شکل (۴-۶) : شرایط مرزی اعمال شده ۹۹
- شکل (۴-۷) : ارتفاع بحرانی برای $g = 9.81$ ۱۰۲
- شکل (۴-۸) : ارتفاع بحرانی برای $g = 98.1$ ۱۰۲
- شکل (۴-۹) : نمودار تغییرات ارتفاع بحرانی نسبت به عدد فرود ۱۰۳
- شکل (۴-۱۰) : نمودار تغییرات ارتفاع بحرانی نسبت به عدد رینولدز ۱۰۳
- شکل (۴-۱۱) : روند تغییرات سرعت چرخشی ماکزیمم نسبت به زمان برای دو لزجت $0.05/0.5$ ۱۰۴
- شکل (۴-۱۲) : نمودار تغییرات ارتفاع بحرانی نسبت به عدد ویر ۱۰۵
- شکل (۴-۱۳) : نمودار تغییرات ارتفاع بحرانی نسبت به چرخش اولیه ۱۰۶
- شکل (۴-۱۴) : نمودار تغییرات ارتفاع بحرانی نسبت به شعاع انحناء دهانه خروجی ۱۰۶
- شکل (۴-۱۵) : نمودار تغییرات ارتفاع بحرانی نسبت به ارتفاع اولیه ۱۰۷
- شکل (۴-۱۶) : نمودار تغییرات ارتفاع بحرانی نسبت به قطر مخزن ۱۰۸
- شکل (۴-۱۷) : نمودار تغییرات ارتفاع بحرانی نسبت به فاصله دهانه خروجی از کف مخزن ۱۰۹
- شکل (۴-۱۸) : شکل شماتیک مخزن مورد نظر ۱۰۹
- شکل (ض ۱-۱) : الگوریتم حجم-سیال ۱۱۸

۱۲۱.

۱۲۴

شکل (ض ۱-۲) : لوله گرداب

شکل (ض ۲-۲) : یک المان از لوله گرداب

فصل اول

مقدمه

۱-۱- توضیح مقدماتی در رابطه با پدیده تشکیل گردابه در خروجی مخازن سیالات در خروجی مخازن، ورودی کانال‌ها و ... به دلایل مختلفی که بعداً ذکر خواهد شد دچار چرخش می‌شوند و با قدرت گرفتن این چرخش ممکن است یک راه هوایی از سطح سیال به خروجی مخزن ایجاد شود و هوا همراه مایع وارد خروجی شود و مشکلاتی به دلیل ورود هوا و یا چرخش، ایجاد شود.

هدف از مطالعه این پدیده را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد :

اولاً: پیش‌بینی ارتفاع بحرانی برای جلوگیری از مشکلات (ارتفاع بحرانی، به ارتفاعی گفته می‌شود که در آن گردش ورودی از حد ایمنی بالاتر برود و یا هوا وارد خروجی شود).

ثانیاً: طراحی خروجی به نحوی که ارتفاع بحرانی به حداقل برسد.

پدیده تشکیل ورتکس در خروجی یا ورودی وسایل هیدرولیکی مختلف به دو حالت قابل وقوع می‌باشد :

الف) حالت پایدار

ب) حالت غیرپایدار

(در حالت پایدار، سطح آزاد مایع، سرعت و فشار در نقاط مختلف تغییر نمی‌کند). مطالعه در دو حالت گفته شده به دو طریق مطالعه آزمایشگاهی و عددی مورد بررسی قرار گرفته که در زیر به توضیح آنها می‌پردازیم.

:

الف) مطالعه آزمایشگاهی:

در مطالعه آزمایشگاهی پدیده مورد نظر، در حالت پایدار بر روی اندازه‌گیری مقدار ارتفاع بحرانی و بدست آوردن توزیع سرعت توسط وسایل اندازه‌گیری کار شده است، همچنین در حالت ناپایدار مقدار ارتفاع بحرانی در حالت‌های مختلف اندازه‌گیری شده است.

ب) مطالعه عددی:

مطالعه عددی پدیده تشکیل ورتکس در دو حالت پایدار و ناپایدار برای شرایط هندسه ساده انجام شده است. در حالت ناپایدار با فرض عدم وجود لزجت در سیال، پایین آمدن سطح سیال مدل شده است.

به دلیل عدم دقت کافی در مدل کردن شرایط مرزی پیچیده و همچنین عدم دقت کافی الگوهای جریان در مدل کردن چرخش در خروجی ها ، جواب‌های عددی در مورد این پدیده از مقاداری خطا برخوردارند ولی در عین حال مطالعه عددی همراه با مطالعه آزمایشگاهی بدلائل زیر لازم می‌باشد:

۱- با مطالعه عددی می‌توان ارتفاع بحرانی بی‌بعد را بصورت تابعی از اعداد بی‌بعد آورد که در طراحی مدل آزمایشگاهی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۲- با مطالعه عددی درک فیزیکی بهتری به دلیل بدست آمدن مقادیر سرعت و فشار در نقاط مختلف حاصل می‌شود که در طراحی خروجی مخازن می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۳- با مطالعه عددی می‌توان تأثیر بعضی از پارامترها را در روی پدیده مورد نظر به صورت تقریبی بدست آورد در حالی که مطالعه آزمایشگاهی ممکن است هزینه زیادی داشته باشد .

۱-۲-کاربردها

مساله تشکیل گرداب به هنگام تخلیه مخازن و شناخت عوامل موثر بر تشکیل و کنترل آن یکی از عوامل مهم در بالا بردن کیفیت کارکرد سیستم هایی است که در آن ها با انتقال سیال از یک مخزن مواجه هستیم. پیوستگی جریان خروجی از یک مخزن مشروط بر آن است که در ناحیه مکش ، گرداب تشکیل نشود و هرچه سرعت تخلیه بیشتر باشد قطعاً این مساله حادثر خواهد بود . مثلاً در مخازن سوخت سیستم های فضایی که سرعت تخلیه بسیار بالا است ، ناپیوستگی جریان خروجی از مخزن می تواند موجب ناپایداری احتراق یا نامنظم شدن آن شود . از آنجا که برای اجتناب از این امر معمولاً مقداری سوخت اضافه را در تانکها شارژ می کنند و جرم این سوخت اضافی ، کارایی سیستم (مثلاً برد راکت) را کاهش می دهد ، لازمست تدابیری اندیشید تا با روشهای دیگر (غیر از باقی گذاشتن مقدار قابل توجهی سیال در مخزن) از تشکیل گردابه جلوگیری نمود . چنانچه خروج سیال از مخزن توسط پمپ صورت گیرد تشکیل جریان گردابی باعث می شود که هوا به ورودی پمپ راه یابد و راندمان آن را کاهش داده و در مواردی نیز موجب فرسایش و استهلاک سریع آن گردد . مساله تشکیل جریان گردابی در پشت سدها و ناحیه مکش یکی دیگر از مثال ها و زمینه های کاربرد این موضوع است. در صنایع نفت ، پتروشیمی و نیز صنایع تبدیلی،

مساله. تخلیه مخازنی که در آنها چندین سیال با چگالی های مختلف وجود دارد مکرراً پیش می آید. در این موارد نیز اطلاع از پدیده های تخلیه سیال و من جمله تشکیل گردابه مهم است. عموماً و حتی در حالتی که فقط بخار یک مایع روی سطح آن وجود دارد نیز هدف اصلی، تعیین شرایط و موقعیتی است که طی آن سیال بالاتر به درون دریچه تخلیه کشیده می شود.