دانشکده : مکانیک

گروه : مکانیک

شبیه سازی جریان سیال در یک مخزن با سطح زیرین متحرک به روش کسر حجمی

دانشجو : علیرضا خوئینی پورفر

اساتید راهنما:

دکتر محمد محسن شاه مردان

استاد مشاور:

دکتر علی جباری مقدم

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۸۸

تقدیم به روح پدرم

تشکر وقدردانی

ستایش شایسته ذات بی همتای آن عزیز مهربان است و تقدیر سزاوار هر آنچه و هر آنکه جلوه گاهی از لطف و محبت اوست. خدا را شاکرم که به من این توان را داد که این مرحله از زندگی را نیز با سلامتی و سربلندی پشت سر بگذارم و سر بر آستان پاک و پر برکت او می سایم که هر چه عزت و نیرو و سرافرازی هست، از اوست. پس از خدای بلند مرتبه، سر تعظیم در برابر مادرم فرود می آورم، بر پایش بوسه می زنم و او را می ستایم که تجلی مهر و لطف خداوندی برای من می باشد و نیز تشکر و قدردانی از برادرم و خواهرم که سپاسگذار آنان تا ابد خواهم بود.

از زحمات بی دریغ اساتید ارجمند و گرامی، جناب آقای دکتر شاه مردان، دکتر جباری مقدم که در مدت زمان تدوین این اثر، همواره مرا یاری و پشتیبانی نمودند، کمال تشکر وقدردانی را دارم و فراموش نمی کنم که سپاسگزار همچون استادانی هستم که اندیشیدن را به من آموخت نه اندیشه ها را.

علیرضا خوئینی پورفر

بهمن ۱۳۸۸

چکیده

در این پایان نامه جریان سیال درون حفره و جریان سیال با سطح آزاد در یک مخزن با سطح زیرین متحرک در حالت دوبعدی بررسی شده است. بدلیل دقت و سرعت بالای همگرایی از روش کسر حجمی استفاده گردیده است.ابعاد مخزن به کار رفته متر۱×متر۱ و تعداد مش ۱۰۰۰۰ در نظر گرفته شده است. سیال در مخزن برای حالتهای آرام و آشفته مورد مطالعه و کانتورهای جریان در بازهای زمانی مختلف مورد بررسی قرار گرفته است و موقعیت و محل گردابها مشخص شده است. نتایج نشان می دهند که جریان حالت آرام در مدت زمان کمتری نسبت به جریان در حالت آشفته به حالت دائمی می رسد و چرخشهای ایجاد شده در جریان آرام نسبت به حالت آشفته متقارن تر است. نتایج بدست امده از تحریک مخزن در شرایط هارمونیک تطابق خوبی را با نتایج ازمایشگاهی و کد که دقت بالای حل عددی صورت گرفته در این پروژه را مشخص می نماید.

کلمات کلیدی:
سطح آزاد- کسر حجمی سیال– جریان آرام- جریان آشفته- حل عددی

فهرست مطالب

فصل اول

مقدمه----------۲
۱- تاریخچه----------۳
۱- ۱ روشهای حل عددی جریان با سطح آزاد----------۴
۱-۱-۱ مدلهای عددی با شبکه ثابت شامل هر دو سیال----------۵
۱-۱-۲ مدلهای عددی با شبکه متغیر برای مایع مورد نظر----------۷

فصل دوم

۲- معادلات حاکم----------۱۱
۱ -۲ معادلات حاکم در دستگاه مختصات کارتزین----------۱۱
۲- ۲ الگوریتم سورفر----------۱۲
۳- ۲ الگوریتم پی.ال.ای.سی----------۱۶

فصل سوم

۱-۳ تحلیل عددی به کمک نرم افزار فلوئنت----------۲۱
۲-۳ فلوئنت----------۲۱
۱-۲-۳ نرم افزار فیدپ ----------۲۱
۲-۲-۳ نرم افزار تل مک ----------۲۲
۳-۲-۳ نرم افزار فلو تری دی----------۲۲
۴-۲-۳ نرم افزارسی اف ایکس----------۲۲
۳-۳ دلیل انتخاب نرم افزار فلوئنت----------۲۲
۱-۳-۳ معرفی نرم افزار فلوئنت----------۲۳

۲-۳-۳ توانایی های نرم افزار فلوئنت----------۲۴
۳-۳- ۳ ساختار برنامه----------۲۵
۴-۳-۳ محاسبه گر یک دقته و محاسبه گر دو دقته----------۲۶
۵-۳-۳ انتخاب شیوه محاسباتی و فرمول بندی حل ----------۲۶
۶- ۳-۳ تعیین سطح سیال بوسیله روش حجم سیال----------۲۸
۷- ۳-۳ محدودیت های مدل کسر حجمی----------۲۸
۸-۳-۳ معادله حاکم بر روش کسر حجمی ----------۲۹
۹-۳- ۳ روشهای کسر حجمی موجود در نرم افزار----------۳۰
۱-۹-۳-۳ الگوی دهنده و گیرنده ----------۳۰
۲-۹-۳-۳ الگوی یانگز---------- ۳۲
۳-۹-۳-۳ الگوی صریح اویلر---------- ۳۳
۴-۹-۳-۳ الگوی ضمنی ----------۳۳
۱۰-۳-۳ مدل های موجود در فلوئنت----------۳۵
۱۱-۳-۳ مدل اسپالارت – آلماراس----------۳۶
۱۲-۳-۳ مدل $k-\varepsilon$ استاندارد----------۳۷
۱۳-۳-۳ مدل $k-\varepsilon$ حالت ار ان جی----------۳۸
۱۴-۳ -۳ مدل $k-\varepsilon$ محسوس----------۳۹

فصل چهارم

۴- روش های انفصال----------۴۳
۱-۴ روش های انفصال معادلات----------۴۳
۲-۴ روش حجم محدود ----------۴۴
۳-۴ حل میدان جریان----------۴۵

۴-۴ الگوی سیمپل----------۴۶

۴-۵ الگوریتم حل الگوی سیمپل----------۴۷

فصل پنجم

۵- شبیه سازی جریان سیال در حفره دو بعدی----------۴۹

فصل ششم

۶- شبیه سازی جریان آرام درون مخزن با سطح زیرین متحرک----------۵۶

۶-۱ شبیه سازی جریان آشفته درون مخزن با سطح زیرین متحرک----------۵۷

۶-۲ مقایسه نتایج جریان آرام و آشفته درون مخزن ----------۵۸

۶-۳ بررسی جریان آرام مایع درون مخزن تحت شرایط متفاوت----------۶۷

۶-۴ تحلیل نتایج حاصل از مقایسه نتایج جریان آرام و آشفته----------۷۰

۶-۵ تحلیل نتایج جریان آرام در مخزن تحت اثر سرعت و ارتفاع سیال----------۷۲

۶-۶ مقایسه جواب های حل عددی جریان در مخزن تحت تحریک هارمونیک----------۷۴

۶-۷ **نتیجه گیری و پیشنهادات**----------۷۷

مراجع----------۸۰

چکیده انگلیسی----------۸۳

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) جریان سیال با سطح آزاد درون یک محفظه با شبکه ثابت.....۵

شکل (۲-۱) شبکه حل منطبق بر سطح آزاد و محدود به سیال.....۷

شکل (۱-۲) نمایش طرح شاری در جهت x.....۱۴

شکل (۲-۲)نمونه سلول و سطح آزاد در سلول.....۱۷

شکل (۱-۳) ارتباط بین مولفه ها.....۲۵

شکل (۲-۳) روشهای بازسازی سطح آزاد.....۳۴

شکل (۱-۵) رینولدز ۵۰ .....۵۰

شکل (۲-۵) رینولدز ۵۰۰ .....۵۰

شکل (۳-۵) رینولدز ۱۰۰۰ .....۵۱

شکل (۴-۵) نتیجه مرجع در رینولدز ۱۰۰۰ .....۵۱

شکل (۵-۵) رینولدز ۵۰۰۰ .....۵۲

شکل (۶-۵) نتیجه مرجع در رینولدز ۵۰۰۰.....۵۲

شکل (۷-۵) رینولدز ۱۰۰۰۰ .....۵۳

شکل (۳-۱۰) نتیجه مرجع در رینولدز۱۰۰۰۰.....۵۳

شکل (۱-۶) بردارهای سرعت و خطوط جریان آرام و آشفته در زمان های مختلف.....۵۹

شکل (۲-۶)نمودار تغیرات مولفه سرعت بر حسب ارتفاع مخزن حالت آرام.....۶۳

شکل (۳-۶) نمودار تغیرات مولفه سرعت بر حسب ارتفاع مخزن حالت آشفته.....۶۳

شکل (۴-۶) نمودار ضریب درگ بر حسب مکان بر سطح متحرک حالت آرام ۶۴

شکل (۵-۶) ضریب درگ بر حسب مکان بر دیواره سمت چپ حالت آرام.....۶۴

شکل (۱-۵-۶) ضریب درگ بر حسب مکان بر سطح زیرین حالت آشفته.....۶۵

شکل (۶-۶) ضریب درگ بر حسب مکان بر دیواره چپ حالت آشفته.....۶۵

شکل (۶-۷) پروفیل سطح آزاد حالت آرام ۶۶

شکل (۶-۸) پروفیل سطح آزاد حالت آشفته.....۶۶

شکل (۶-۹) بردار خطوط جریان آرام تحت ارتفاع۱/۴ سرعت سطح زیرینm/s ۲.....۶۸

شکل (۶-۱۰) نمودار مولفه سرعت در وسط مخزن.....۶۹

شکل (۶-۱۱) پرفیل سطح آزاد در حالت سطح زیرین با سرعت m/s ۲.....۶۹

شکل (۶-۱۲) نمودار تنش برشی روی سطح زیرین.....۷۰

شکل (۶-۱۳) پروفیل سطح آزاد زما ن ۱,۲ sec در مرجع.....۷۵

شکل (۶-۱۴) پروفیل سطح آزاد زمان ۱,۲ sec.....۷۵

شکل (۶-۱۵) پروفیل سطح آزاد زمان sec ۳,۵۵ در مرجع.....۷۶

شکل (۶-۱۶) پروفیل سطح آزاد زمان sec ۳,۵۵.....۷۶

فهرست علائم

کمیت	واحد	علامت
کسر حجمی	بی بعد	c
چگالی	kg/m^3	ρ
ارتفاع مخزن	m یا ft	h
جرم ذره	kg	m
سرعت	m/s	v
شتاب گرانشی	cm/sec^2	g
ثابت گازها	J/mol K	R
جرم مولکولی	Ib/Ib-mole	M_W
سرعت	m/s	V
فشار	Kpa یا psi	P
قطر مخزن	m یا ft	D
لزجت سینماتیکی	m^2/s	ν
لزجت	$N.s/m^2$	μ

فصل اول

مقدمه

مقدمه

عنوان پایان نامه حاضر حل عددی جریان سیال در یک مخزن متحرک به روش کسر حجمی به کمک نرم افزار فلوئنت می باشد.

کاربرد این مساله در مورد بررسی و مطالعه وضعیت سیال درون مخزن کنترلر در خطوط انتقال جریان بوده و همچنین درمواقعی که سطح زیرین مخزن (مخازن نفت، سوخت و....) به هر دلیلی مانند زلزله و یا حرکات ناخواسته دچار شوک و یا تغییرات نوسانی شود می باشد.

تحقیق در مورد این گونه جریانها مثل جریانهای دیگر به دو روش امکان پذیر است. روش اول استفاده از مدلهای آزمایشگاهی و تجربی است. استفاده از مدلهای آزمایشگاهی بسیار مشکل و پر هزینه اند. از طرف دیگر امکانات آزمایشگاهی لازم در دسترس همه افراد نیست. بنابراین استفاده از مدلهای عددی که رفتار جریان را بتواند شبیه سازی کند، به عنوان روش دوم مطرح می شوند. البته باید متذکر شد که اصولاً مطالعات عددی در زمینه جریانهای با سطح آزاد قدمت کمتری نسبت به مطالعات عددی در زمینه جریانهای بدون سطح آزاد دارند.

بکارگیری مدلهای عددی برای جریانهای با سطح آزاد در کشور ما سابقه بسیار کمی دارد و به چنین مدلهای عددی کمتر توجه شده است. با توجه به صنایع نفتی واقع در دریا و سواحل فراوانی که در کشور وجود دارد، لزوم توجه به مدلهای عددی در این گونه جریانها به وضوح دیده می شود.

با این توضیحات در ادامه، ابتدا مروری بر روشهای حل عددی جریانهای با سطح آزاد خواهیم داشت. سپس به معرفی نرم افزار فلوئنت خواهیم پرداخت.

۱- تاریخچه

برای حل جریانهای با سطح آزاد و پیش بینی الگوی جریان در این گونه مسائل روشهای متفاوتی ارائه شده است که به طور کلی به دو دسته تقسیم می شوند. دسته اول روشهای هستند که از یک شبکه ثابت استفاده می کنند و سطح آزاد جریان درون این شبکه ثابت محاسبه می شود. روش کسر حجمی [۱] معمولترین این دسته از روشهای عددی است.

اما دسته دوم روشهایی هستند که شبکه حل عددی را به مایع محدود می کنند و البته با تغییر سطح آزاد و یا ردیابی آن در روند حل عددی، پیوسته شبکه حل عددی تغییر می کند این روشها از نظر حافظه کامپیوتری از محدودیتهای کمتری برخوردارند و برای جریانهایی که تغییرات سطح آزاد هموار بوده و خیلی بزرگ نیستند، بسیار مفید می باشد. جریانهای با سطح آزاد طیف وسیعی از جریانها را در طبیعت و صنعت تشکیل می دهند از میان آنها به جریان درون کانالها و رودخانه ها و جریانهای اقیانوسی می توان اشاره کرد. این جریانها در زمینه های مختلفی از قبیل مهندسی دریا مهندسی نفت، مهندسی کشاورزی، ریخته گری و بسیاری موارد دیگر مطرح می شود. جریان حول شناورها، سکوهای دریایی و اجسام غوطه ور در دریا نمونه هایی از جریان های با سطح آزاد در مهندسی دریا هستند در زمینه مهندسی کشاورزی هم کانالهای آبیاری و جریانهای سطحی مورد توجه مهندسان این بخش می باشند در زمینه ریخته گیری به طریقه مذاب به درون یک قالب می توان اشاره کرد. در تمام جریانهای سطح آزاد به علت نیروی وزن مایع و کشش سطحی، بین فاز مایع و فاز دیگر که غالباً فاز گازی است. یک سطح مشترک بوجود می آید که به آن سطح آزاد می گویند. شکل این سطح مشترک به نیروهای وارد بر هر دو سیال (به خصوص فاز مایع) بستگی دارد بنابراین تاثیرات متقابل نیروهای درون سیال و شکل سطح آزاد می تواند رفتار جریان سیال را پیچیده کند زیرا در این گونه جریانها اصولاً یکی از مرزهای سیال متغیر بوده و محل مشخصی ندارد.

۱- ۱ روشهای حل عددی جریان با سطح آزاد

همانطور که گفته شد منظور از جریان با سطح آزاد، آن دسته از جریانهایی هستند که یک مرز مشترک بین دو سیال مختلف وجود دارد. این دو سیال هر دو مایع و یا یکی مایع و دیگری گاز می توانند باشند. معادلات حاکم بر جریان هر یک از دو سیال همان معادلات ناویر – استوکس هستند. معلوم نبودن این سطح مشترک و پیچیدگی نیروهایی که در این سطح مشترک بین دو سیال مختلف وجود دارد، مدل کردن این گونه جریانها را در مقایسه با جریانهای کلاسیک بدون سطح آزاد مشکل تر می کند. مثلاً وجود نیروی کشش سطحی که به انحنای سطح آزاد بستگی دارد اعمال شرط مرزی را در سطح مشترک دو سیال مشکل تر می کند اکر سیال ماده ای باشد که کشش سطحی در آن بزرگ باشد از اثر این نیرو نمی توان صرفنظر کرد. با این حال در اکثر مطالعات عددی انجام شده با آب از این نیرو به علت کوچک بودن آن نسبت به نیروهای هیدرودینامیکی در سطح آزاد صرفنظر شده است.

مدلهای عددی را که برای جریانهای با سطح آزاد به کار می برند به دو دسته کلی زیر طبقه بندی می کنند:

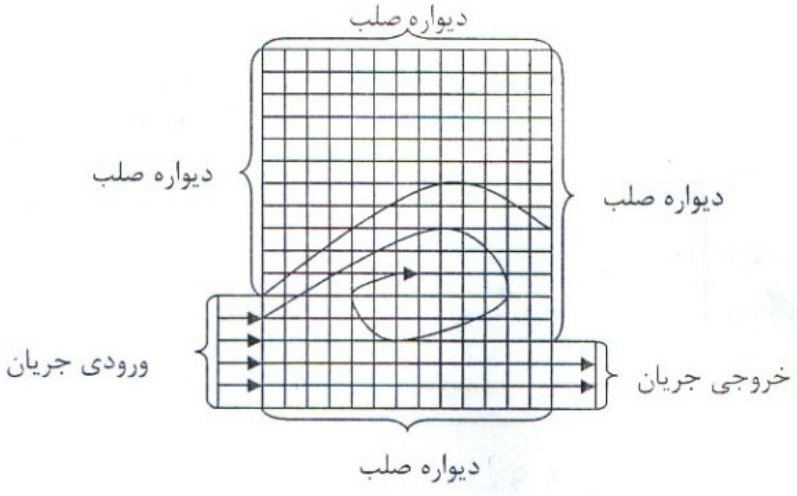
الف) مدلهای عددی با شبکه ثابت شامل هر دو سیال

ب) مدلهای عددی با شبکه متغیر شامل سیال اصلی

هر کدام از دو دسته روشهای عددی فوق برای جریانهای خاصی کاربرد دارند و نسبت به هم دارای مزایا و معایبی هستند. به عبارت دیگر دسته (الف) برای گروه خاصی از جریانها به کار می روند، در حالیکه دسته (ب) برای گروه دیگری از آنها مناسب هستند. در ادامه به صورت خلاصه هر یک از دو دسته مدلهای فوق تشریح شده و زمینه های کاربرد آنها بررسی می شوند.

۱-۱-۱ مدلهای عددی با شبکه ثابت شامل هر دو سیال

در این روشها یک محدوده از فضا که شامل هر دو سیال می شود، مورد مطالعه قرار می گیرد. شبکه حل در این محدوده ساخته شده و معادلات دیفرانسیلی حاکم بر جریان سیال (با سیالات) در این شبکه به صورت عددی حل می شوند. مرزهای این شبکه و یا قسمتی از هر کدام از آنها، یکی از موارد معمول در جریانهای سیال می توانند باشند. این مرزها شامل دیوارهای صلب، مرز ورودی جریان، مرز خروجی جریان، سطح تقارن و یا مرز جریان دوردست هستند. معمولترین مسائلی که توسط این مدلها بررسی می شوند جاری شدن یک مایع در درون یک محفظه با دیوارهای صلب است .در این جریانها که اصولاً تابع زمان هستند، درون محفظه شبکه بندی می شود و مرزهای شبکه همان مرزهای محفظه هستند.



شکل ۱ جریان سیال با سطح آزاد درون یک محفظه با شبکه ثابت[۳۲]

این مدلها جزئیات متفاوتی دارند که به نحوه دنبال کردن مرز مشترک دو سیال بستگی دارند. در این روشها با دیدگاه اویلری معادلات در یک فضای معین حل می شوند و از یک کمیت اسکالر برای

ردیابی سطح مشترک دو سیال استفاده می شود. این کمیت اسکالر معمولاً یک متغیر مجازی است و اصالت فیزیکی ندارد. در ذیل به معرفی چند نمونه از آنها می پردازیم.

در روش مک[1] [۲] رشته ای از ذرات مجازی بدن جرم که در ابتدا بر سطح مشترک دو سیال واقع هستند و با سیال حرکت می کنند رد یابی می شوند. حل معادلات حاکم در طول زمان محل این ذرات را ، که معرف سطح مشترک دو سیال است، مشخص می کند. روش مک توسط هارلو و ولچ[2] (۱۹۶۵) برای اولین بار به منظور مشخص کردن سطح آزاد ابداع شد. در این روش از ذرات بدون جرم نشانگری استفاده می شود که به منظور نمایش شکل سیال بکار می رود که ناحیه ای را که توسط سیال اشغال شده است و ناحیه ای را که خالی است را مشخص می نماید. ذرات نشانگر به موقعیت جدیدی حرکت داده می شوند که این کار را به واسطه سرعت محلی سیال انجام می دهند. روش دیگر الگوریتم معادله اسکالر[3] [۳] است که خیلی به روش کسر حجمی شبیه است. در این روش نیز یک معادله انتقال جا به جایی برای یک کمیت اسکالر به همراه بقیه معادلات حاکم حل می شود. در ابتدا کمیت اسکالر در دو سیال مقادیر متفاوتی دارد. بنابراین در طی زمان و با دنبال کردن کانتورهای این کمیت اسکالر سطح مشترک دو سیال را می توان ردیابی کرد. البته روشهای مشابه دیگری نیز وجود دارند که بسیار شبیه به روشهای فوق هستند و جهت اختصار از ذکر آنها خود داری می شود. روش دیگر ایده کسر حجمی سیال[4] است که در آن از یک تابع پله ای Φ استفاده می شود. این تابع پله ای در سلولهایی که کاملاً از مایع پر هستد مقدار عددی یک، و در سلولهایی که کاملاً از مایع خالی هستند مقدار عددی صفر را دارد. برای ردیابی سطح آزاد مایع مشتق کامل کمیت Φدر میدان جریان به همراه سایر معادلات حاکم بر جریان انتگرالگیری می شوند. بنابراین در سلولهایی که مقادیر عددی Φ بین صفر تا یک هستند سطح آزاد مایع قرار می گیرد. روش کسر حجمی در ابتدا

[1] Marker and Cell (M.A.C)
[2] Harllow and Welch
[3] Scaler Equation Algorithm
[4] Volume of Fluid