دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مکانیک

شبیه سازی عددی حرکت قطرات در جریان روی سطح شیب دار با در نظر گرفتن اثر نسبت چسبندگی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی

محمد جواد آبروی

استاد راهنما

دکتر سید سعید مرتضوی

۱۳۹

به نام خدا

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مکانیک

شبیه سازی عددی حرکت قطرات در جریان روی سطح شیب دار با در نظر گرفتن اثر نسبت چسبندگی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی

محمد جواد آبروی

استاد راهنما

دکتر سید سعید مرتضوی

۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مکانیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی مکانیک – تبدیل انرژی آقای محمد جواد آبروی

تحت عنوان

شبیه سازی عددی حرکت قطرات در جریان روی سطح شیب دار
با در نظر گرفتن اثر نسبت چسبندگی

در تاریخ ۹۲/۰۹/۰۴ توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر سید سعید مرتضوی
۲- استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر محمود اشرفی زاده
۳- استاد داور	دکتر احمد رضا پیشه ور
۴- استاد داور	دکتر محسن ثقفیان
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر محمد رضا سلیم پور

شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این پایان نامه را به پایان برسانم. از استاد فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر سید سعید مرتضوی به عنوان استاد راهنما که همواره نگارنده را مورد لطف و محبت خود قرار داه اند ،کمال تشکر را دارم .

کلیه‌ی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به :

بانوی دو عالم

حضرت مادر

زهرای اطهر(سلام الله علیها)

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

چکیده ۳

فصل اول

۱-۱ انواع جریان چند فازی ۴

۱-۲ مکانیزم های مهاجرت ذرات در جریان های چند فازی ۵

۱-۳ روش های بررسی جریان های چند فازی ۵

۱-۴ تاریخچه ۶

۱-۵ هندسه حاکم بر مسئله ۹

۱-۶ تعریف پروژه ۹

فصل دوم

۲-۱ معادلات حاکم ۱۲

۲-۲ فرضیات حاکم ۱۳

۲-۳ پارامتر های بدون بعد تاثیرگذار ۱۴

۲-۴ روش های عددی جریان های دوفازی ۱۵

۲-۵ شبکه بندی میدان ۱۷

۲-۶ حل معادلات حاکم بر میدان سیال و محاسبه میدان سرعت و فشار ۱۸

۲-۷ تعیین موقعیت دقیق مرز مشترک بین سیالات موجود در میدان، در هر مرحله زمانی ۲۰

۲-۸ بازسازی جبهه : ۲۳

۲-۹ تعیین چگالی و چسبندگی تمام نقاط شبکه اویلری ۲۴

۲-۱۰ محاسبه دقیق کشش سطحی مرز مشترک بین سیالات موجود در میدان ۲۵

۲-۱۱ تعیین کشش سطحی تمام نقاط شبکه اویلری ۲۶

۲-۱۲ بررسی کد کامپیوتری : ۲۷

فصل سوم

۳-۱ بررسی تاثیر شبکه محاسباتی ۲۸

۳-۲ تاثیر نسبت چسبندگی بر مکان تعادلی قطره ۲۹

۳-۳ تاثیر عدد رینولدز بر مکان تعادلی قطره ۳۱

فصل چهارم

۴-۱ بررسی اثر اندازه شبکه محاسباتی : ۳۳

۴-۲ اعتبار سنجی ۳۶

۴-۳ انرژی اغتشاشی ۳۷

۴-۴ درصد حضور قطرات ۳۸
۴-۵ ممان اول درصد حضور قطرات ۳۸
۴-۶ تاثیر نسبت چسبندگی در $\lambda = ۲$، $\alpha = ۱۰^\circ$، $Ca = ۰/۸$، $Re = ۱۰$ بر رفتار قطرات در عرض کانال ۳۹
۴-۷ تاثیر نسبت چسبندگی در $\lambda = ۲$، $\alpha = ۱۰^\circ$، $Ca = ۰/۸$، $Re = ۲۰$ بر رفتار قطرات در عرض کانال ۴۴
۴-۸ تاثیر نسبت چسبندگی در $\lambda = ۲$، $\alpha = ۳۰^\circ$، $Ca = ۰/۸$، $Re = ۱۰$ بر رفتار قطرات در عرض کانال ۴۹
۴-۹ تاثیر نسبت چسبندگی در $\lambda = ۲$، $\alpha = ۳۰^\circ$، $Ca = ۰/۸$، $Re = ۲۰$ بر رفتار قطرات در عرض کانال ۵۴
۴-۱۰ تاثیر عدد رینولدز بر رفتار قطرات در عرض کانال ۶۰
۴-۱۱ تاثیر زاویه شیب سطح بر رفتار قطرات در عرض کانال ۶۹
۴-۱۲ نتیجه گیری ۷۸
۴-۱۳ پیشنهاد برای پروژه های آتی ۷۹

چکیده

در این تحقیق تاثیر نسبت چسبندگی در جریان دوبعدی قطرات شکل پذیر معلق در یک کانال شیب دار به وسیله شبیه سازی عددی در اعداد رینولدز غیر صفر مورد مطالعه قرار گرفته است. جریان تحت اثر شتاب ثقل قرار گرفته است و هیچ گرادیان فشاری در جهت جریان وجود ندارد. در این تحقیق ، تاثیر نسبت چسبندگی بر روی توزیع تعادلی قطرات و انرژی اغتشاشی قطرات به وسیله پارامترهای بی بعد مثل عدد رینولدز، عدد کپیلاری، زاویه شیب کانال و نسبت چگالی مورد بررسی قرار داده شده است. مطالعات انجام شده حاکی از آن است که با افزایش نسبت چسبندگی قطراتی که نزدیک کف کانال و سطح آزاد هستند به سمت مرکز کانال مهاجرت می کنند به گونه ای که فاصله تعادلی قطرات از دیواره کانال افزایش می یابد. انرژی اغتشاشی با افزایش نسبت چسبندگی کاهش می یابد. همچنین تاثیر عدد رینولدز و زاویه شیب سطح در نسبت های چسبندگی بالا بر روی رفتار قطرات مورد بررسی قرار گرفته است. با افزایش عدد رینولدز و یا با افزایش زاویه شیب سطح انرژی اغتشاشی افزایش می یابد. همچنین افزایش عدد رینولدز و یا افزایش زاویه شیب سطح باعث مهاجرت قطرات از لایه های نزدیک به دیواره و سطح آزاد به سمت لایه های مرکزی جریان می گردد. این مهاجرت به گونه ای است که با افزایش عدد رینولدز و یا افزایش زاویه شیب سطح فاصله تعادلی قطرات از دیواره کانال افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: ۱- قطره ۲- زاویه سطح شیبدار ۳- عدد رینولدز ۴- نسبت چسبندگی ۵- مکان تعادلی

فصل اول
مقدمه

بخش گسترده ای از مکانیک سیالات مربوط به بررسی مسائلی است که چند نوع سیال در محیط بررسی وجود دارند و برای بررسی کامل مساله نیاز به بررسی سیالات مختلف در دامنه حل می باشیم. بسیاری از پدیده های روزمره، از دیدگاه علمی، مسائل دوفازی یا چند فازی محسوب می شوند. به عنوان مثال حرکت قطرات باران در هوا و شکل آن ها هنگام رسیدن به زمین، نحوه حرکت موج بر روی سطح دریا و شکست آن، چگونگی حرکت ابرها و شکل آن ها در هوا نمونه هایی از مسائل دوفازی است که در طبیعت رخ می دهد. سیالات دوفازی نه تنها در مسائل طبیعی رخ می دهند بلکه کاربرد های فراوانی نیز در صنعت دارند به عنوان مثال بویلر ها، راکتورهای هسته ای، کندانسورها، سیستم های روغن کاری، روغن های جریان دو فازی، تهویه مطبوع، یخچال ها، پدیده کاویتاسیون، کلکتورهای گردوغبار، رسوب گذاری و بسیاری موارد دیگر نمونه هایی از مسائل دوفازی صنعتی هستند.

۱-۱ انواع جریان چند فازی

جریان های چند فازی را می توان بر حسب هر یک از پارامتر های زیر تقسیم بندی کرد :

- عدد رینولدز (عدد رینولدز صفر، عدد رینولدز محدود، عدد رینولدز بی نهایت)
- صلب یا تغییر شکل پذیر بودن ذرات
- چند ذره از فاز پخش شده در داخل سلول مورد نظر قرار می گیرد

جریان با عدد رینولدز بی نهایت و ذارت صلب به عنوان جریان گرانولار[1] شناخته می شود. در جریان گرانولار، جریان دوفازی تحت تاثیر برخورد ذرات است و رژیم جریان سیال خارجی تاثیر چندانی روی حرکت ذرات ندارد. با کاهش عدد رینولدز برخوردهای ذرات کاهش و رژیم جریان سیال خارجی نقش موثرتری در حرکت ذرات غوطه ور پیدا می کند[۱] .

۱-۲ مکانیزم های مهاجرت ذرات در جریان های چند فازی

توزیع ذرات در مقطع عرضی جریان، تغییر مکان جانبی و مکان تعادلی آن ها اهمیت خاصی دارد. تغییر مکان جانبی قطرات و ذرات صلب به وسیله چند مکانیزم مختلف می تواند اتفاق بیافتد که عبارتند از :

- اینرسی جریان
- نیروی برشی جریان (تمایل ذرات برای حرکت از نواحی با برش بالا به برش پایین)
- انحنای پروفیل سرعت
- رانش دیواره ها

۱-۳ روش های بررسی جریان های چند فازی

جریان های چند فازی را می توان به وسیله دو جریان بنیادی در مکانیک سیالات تحلیل نمود که عبارتند از

۱-۳-۱ جریان کوئت[2] (برشی ساده[3])

در این جریان رفتار سیال چند فازی تحت تاثیر یک نرخ برش یکنواخت مورد بررسی قرار می گیرد. همچنین چگونگی تغییرات تنش برشی با تغییرات نرخ کرنش مورد مطالعه قرار می گیرد و بدین ترتیب تغییرات چسبندگی موثر ارزیابی می شود.

---

[1] Granular flow
[2] Couette flow
[3] Simple shear flow

۱-۳-۲ جریان پواسل[۴]

در این جریان رفتار سیال چند فازی تحت تاثیر یک نرخ برش غیر یکنواخت مورد بررسی قرار می گیرد. تاثیر برش غیر یکنواخت بر حرکت ذرات غوطه ور در عرض کانال مورد بررسی قرار می گیرد. همچنین تاثیر نرخ برش بر چسبندگی موثر سیال دوفازی مورد بررسی قرار می گیرد.

۱-۴ تاریخچه

بررسی حرکت ذرات و قطرات در نیم قرن اخیر مورد توجه ویژه ای قرار گرفته است. در ابتدا به دلیل نبود امکانات مناسب برای انجام حل های عددی، تنها بررسی های آزمایشگاهی و تحقیقات تحلیلی راهگشا بودند.

آزمایشات سگر و سیلبربرگ[۵] اولین تلاش های علمی انجام شده در این زمینه بود. آن ها در سال ۱۹۶۱ به وسیله آزمایش بر روی یک سوسپانسیون[۶] رقیق ذرات جامد بدون در نظر گرفتن نیروی شناوری برای محدوده وسیعی از اعداد رینولدز[۷] و اندازه قطرات موفق به بررسی اثر اینرسی حرکت ذرات به طور تجربی شدند. آن ها متوجه شدند که ذرات دوفازی در جریان پواسل برای اعداد رینولدز محدود در یک فاصله مشخص از مرکز کانال به تعادل می رسند[۲،۳].

کارنیس ، گلداسمیت و میسون[۸] در سال ۱۹۶۶ با انجام آزمایشات بر روی ذرات جامد و قطرات شکل پذیر این اثر را بیشتر مورد مطالعه قرار دادند. آن ها فهمیدند که در صورت کوچک بودن نسبت چسبندگی قطرات ، آن ها به سمت مرکز لوله حرکت می کنند، اما در صورتی که نسبت چسبندگی زیاد باشد ، قطرات مانند ذرات جامد رفتار کرده و در یک فاصله مشخص از مرکز کانال به تعادل می رسند[۴،۵،۶].

گلداسمیت و میسون، اغلب آزمایشات خود را برای یک قطره انجام دادند. کوالسکی[۹] آزمایشات را برای بیش از یک قطره در اعداد رینولدز محدود برای جریان دوفازی انجام داد. او نشان داد که قطرات برای نسبت چسبندگی پایین در مرکز و برای نسبت چسبندگی بالا در نزدیک دیواره تمرکز می یابند[۷].

چان و لیل[۱۰] توانستند تئوری مناسبی برای مهاجرت جانبی قطرات با اندازه و تغییر شکل کوچک در جریان پواسل و کوئت ارائه کنند. آن ها توانستند حل کاملی برای سرعت مهاجرت ذرات در جریان کوئت به دست آورند. چان و لیل پیش بینی کردند که در جریان کوئت قطرات به سمت مرکز کانال مهاجرت می کنند[۸].

---

[4] Poiseuille flow
[5] Segre and Silberberg
[6] Suspension
[7] Reynolds
[8] Karnis and Glodsmith and Mason
[9] Kowalewski

هو و لیل[11] تئوری اختلال حرکت ذرات کروی را برای اعداد رینولدز محدود کامل کردند[۹].

با گسترش تکنولوژی و ساخت کامپیوترهای پر سرعت ، روش های عددی پیشرفت چشمگیری داشتند به گونه ای که در حال حاضر اکثر بررسی ها در این زمینه توسط تحلیل های عددی انجام می شود.

بردی[12] و همکارانش توانستند ذرات کروی در جریان استوکس را شبیه سازی عددی کرده و نشان دادند ذرات از ناحیه با برش بالا به سمت ناحیه با برش پایین پخش می شوند ، همچنین یک زمان بی بعد برای تعادل هیدرودینامیکی ارائه کردند[۱۰].

زو و پوزریکیدیس[13] با استفاده از روش عددی انتگرال مرزی توانستند حرکت قطرات شناور را در یک کانال پریودیک به صورت تابعی از عدد موئینگی، نسبت چسبندگی و اندازه قطره بررسی کنند. آن ها پی بردندکه چسبندگی موثر با افزایش نرخ برش کاهش می یابد[۱۱،۱۲،۱۳].

زو و پوزریکیدیس شبیه سازی هایی از یک قطره و سوسپانسیون هایی شامل دوازده قطره با آرایش منظم در جریان پواسل انجام دادند. آن ها مشاهده کردند که قطرات از دیوار دور می شوند و برای نسبت چسبندگی یک به سمت مرکز کانال حرکت می کنند[۱۲].

چالز و پوزریکیدیس با بررسی سوسپانسیون های قطرات مایع دوبعدی در عدد رینولدز صفر، اثر نسبت چسبندگی را بر روی خصوصیات جریان به دست آوردند. آن ها مشاهده کردند با زیاد شدن چسبندگی قطرات، آن ها شبیه ذرات جامد رفتار می کنند. همچنین تشکیل کلاسترها[14] و تمرکز ذرات در یک ناحیه جریان در داخل کانال اهمیت بیشتری پیدا می کند[۱۴].

فنگ، هو و جوزف[15] توانستند با استفاده از روش المان محدود ذرات صلب در جریان پواسل را برای اعداد رینولدز محدود شبیه سازی کنند[۱۵،۱۶].

لونبرگ و هینچ[16] سوسپانسیونی از چندین قطره سه بعدی را در یک جریان برشی در نسبت های حجمی بزرگ برای عدد رینولدز صفر مورد مطالعه قرار دادند. آن ها مشاهده کردند سوسپانسیون رفتار نازک شوندگی برشی از خود نشان می دهد[۱۷].

---

[10] Chan and Leal
[11] Ho and Lea
[12] Brady
[13] Zhou and Pozrikidis
[14] Cluster
[15] Feng, Ho and Joseph
[16] Loewenberg and Hinch

تریگواسون[۱۷] و همکارانش جریان های چندسیالی غیر دائم را توسط روش جدیدی که در آن یک جبهه، سیالات باچگالی ها و چسبندگی های مختلف را از هم جدا می کند شبیه سازی کردند. در این روش میدان جریان توسط یک تقریب اختلاف محدود بقایی بر روی شبکه ساکن و جبهه توسط یک شبکه جداگانه و بدون قاعده که درون شبکه ساکن حرکت می کند گسسته سازی شد[۱۸].

در سال ۲۰۰۰ مرتضوی و تریگواسون حرکت یک قطره تنها در جریان پواسل برای اعداد رینولدز محدود را با استفاده از روش پیروی جبهه[۱۸] مورد بررسی قرار دادند. آن ها حرکت قطره را به صورت تابعی از عدد رینولدز، وبر و نسبت چسبندگی بررسی کردند[۱۹].

حاج یزدی و مرتضوی حرکت قطرات در جریان پواسل را بدون در نظر گرفتن نیروی شناوری شبیه سازی کرده و تاثیر چسبندگی و پارامتر های بی بعد جریان مانند وبر، رینولدز را روی حرکت قطرات و چسبندگی موثر بررسی کردند[۲۰].

گودرزی و مرتضوی حرکت قطرات را با در نظر گرفتن نیروی شناوری در جریان برشی بررسی کردند. آن ها دریافتند در کسر های حجمی پایین، یک عدم تقارن در جریان دیده می شود و قطرات به سمت پایین یا بالای کانال حرکت می کنند اما در کسرهای حجمی بالاتر یک توزیع متقارن در جریان وجود دارد[۲۱].

نی[۱۹] و همکارانش در سال ۲۰۰۳ حرکت حباب را در مایع برای چگالی های پایین بررسی کردند[۲۲].

کمپل و برنن[۲۰] جریان گرانولار روی سطح شیب دار را به صورت دو بعدی شبیه سازی کردند. آن ها توزیع سرعت و چگالی ذرات را با آنالیزهای تئوری و نتایج آزمایشگاهی مقایسه کردند و متوجه شدند که رفتار جریان به شدت به دمای گرانولار بستگی دارد[۲۳].

مرتضوی، عباسپور و افشار حرکت قطرات معلق در جریان برشی ساده را بررسی کرده و دریافتند که حرکت قطرات شکل پذیر به سمت مرکز کانال در اعداد رینولدز کوچک با نتایج آزمایشگاهی مطابق است اما برای اعداد رینولدز بالا و تغییر شکل کوچک، قطره در یک مکان تعادلی دور از مرکز قرار می گیرد[۲۴].

بیاره و مرتضوی حرکت قطرات شکل پذیر در جریان برشی ساده در اعداد رینولدز محدود را شبیه سازی دینامیکی کردند[۲۵].

---

[17] Tryggvason
[18] Front Tracking
[19] Ni
[20] Campbell and Brennen

نوربخش و مرتضوی حرکت قطرات شکل پذیر در جریان پواسل را برای اعداد رینولدز غیر صفر مورد مطالعه قرار دادند. آن ها توزیع چگالی قطرات در عرض کانال را به وسیله پارامترهایی چون عدد رینولدز و کپیلاری مورد بررسی قرار دادند[۲۶].

تفرشی و مرتضوی حرکت قطرات در جریان روی سطح شیب دار را بدون در نظر گرفتن اثر نسبت چسبندگی برای اعداد رینولدز مخالف صفر شبیه سازی عددی کردند. آن ها مکان تعادل قطره را به وسیله پارامترهای بی بعد مثل عدد رینولدز، عدد کپیلاری، زاویه شیب کانال و نسبت چگالی مورد بررسی قرار دادند[۲۷].

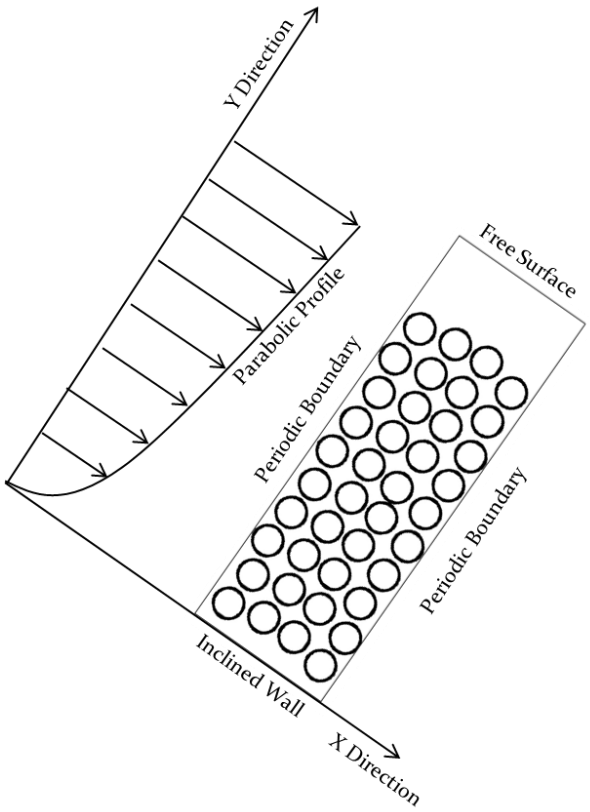
تفرشی و مرتضوی حرکت قطره در جریان روی سطح شیب دار را بدون در نظر گرفتن اثر نسبت چسبندگی برای اعداد رینولدز مخالف صفر شبیه سازی عددی کردند[۲۸].

۱-۵ هندسه حاکم بر مسئله

هندسه مورد برررسی پروژه به شکل زیر است (شکل ۱-۱)، که از پایین با یک دیوار شیبدار محدود شده است و از بالا با سطح آزاد در ارتباط است. شرایط مرزی در جهت حرکت سیال، پریودیک است. محور های اصلی انتخابی پروژه در راستای جریان سیال و عمود بر راستای جریان سیال هستند. سرعت جریان سیال در بالادست به صورت پروفیل سهموی است و در راستای جریان، گرادیان فشار وجود ندارد.

۱-۶ تعریف پروژه

در این پروژه تاثیر نسبت چسبندگی بر جریان سیال دو فازی ذرات تغییر شکل پذیر (قطرات) در حرکت روی سطح شیبدار با در نظر گرفتن نیروی شناوری، بررسی می شود. بدین منظور معادلات ناویر استوکس بدون در نظر گرفتن هیچگونه مدل سازی ساده شونده و با در نظر گرفتن نیروی کشش سطحی برای سیال دوفازی، به روش



شکل ۱-۱ هندسه حاکم بر مسئله

تفاضل محدود[۲۱] و با استفاده از روش پیروی جبهه حل عددی می شوند. به دلیل ماهیت غیر نیوتنی این نوع جریان، تشابه سازی عددی سیال دوفازی اطلاعات نسبتا دقیقی از تاثیر نسبت چسبندگی بر چگونگی رفتار جریان دوفازی، جزئیات ریز ساخت ها[۲۲] و چگونگی تاثیر این ریز ساخت ها بر روی رفتار کلی جریان دوفازی ارائه می دهد. خواص کلی ماکروسکوپیک[۲۳] جریان دوفازی نظیر چگالی و چسبندگی با متوسط گیری مقادیر مورد نظر بر روی تعداد زیادی از شرایط جریان به دست می آید که مشابه روش هایی است که در جریان مغشوش[۲۴] انجام می گیرد. . برای شبیه سازی جریان، یک سرعت اولیه به صورت پروفیل سهموی در ابتدای حرکت به میدان جریان اعمال می شود. فرض می شود در راستای جریان هیچگونه گرادیان فشاری وجود ندارد و سیالات تراکم ناپذیر هستند. قطرات در اثر برخورد با سطح تغییر شکل داده و پس از تغییر شکل به جریان برگشت می کنند و هیچ شرط مرزی خارجی صریح در برخورد قطره به دیواره اعمال نمی کنیم.

[21] Finite Difference
[22] Microstructure
[23] Macroscopic
[24] Turbulent Flow

در این پروژه، تاثیر نسبت چسبندگی بر حرکت چهل قطره در جریان روی سطح شیب دار با در نظر گرفتن شتاب ثقل برای اعداد رینولدز غیر صفر مورد بررسی قرار می گیرد. با توجه به این موضوع که در نسبت های چسبندگی زیاد اثر چرخش داخلی قطرات در جریان ضعیف شده و قطرات به صورت ذرات جامد عمل می کنند، هدف از این پروژه افزایش تدریجی نسبت چسبندگی و مشخص کردن تاثیر نسبت چسبندگی بر جریان سیال دو فازی ذرات تغییر شکل پذیر است. همچنین سعی می شود حالت حدی نسبت چسبندگی که اثر چرخش داخلی برای قطرات ضعیف است مشخص شود و نتایج حالت حدی با نتایج به دست آمده (توسط کمپل و برنن[۲۳]) برای ذرات جامد مقایسه گردد.

در نهایت قصد داریم اهداف زیر را در این تحقیق دنبال کنیم :

- افزایش تدریجی نسبت چسبندگی و مشخص کردن تاثیر نسبت چسبندگی بر جریان سیال دو فازی ذرات تغییر شکل پذیر
- تعیین حالت حدی نسبت چسبندگی که اثر چرخش داخلی برای قطرات ضعیف است
- مقایسه نتایج حالت حدی با نتایج به دست آمده (توسط کمپل و برنن[۲۳]) برای ذرات جامد

فصل دوم
معادلات حاکم و روش عددی

در این فصل معادلات حاکم برای جریان دوفازی به دست آمده، همچنین روش عددی[1] به کار رفته در این تحقیق و نحوه گسسته سازی[2] معادلات و روش شبکه بندی[3] میدان جریان ارائه می شود.

۲-۱ معادلات حاکم

معادله حاکم بر جریان سیال دو فازی ذرات تغییر شکل پذیر توسط معادله پیوستگی و معادلات ناویر استوکس بیان می شود. معادلات حاکم باید در فرم بقایی با فرض خصوصیات فیزیکی متغییر نوشته شوند. لازم به ذکر است برای کل میدان جریان چند فازی یک دسته معادلات بقا استفاده می شود.

معادله بقای جرم در فرمی که برای یک میدان چند بعدی معتبر باشد عبارت است از :

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho) + \nabla.(\rho u) = 0 \qquad (۱-۲)$$

[1] Numerical Method
[2] Discretization
[3] Mesh Generation