/

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای بهزاد صادقی حاجی پیرلو پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **استفاده از تقاطع T شکل جهت کاهش جریان رژیم اسلاگ و تاثیر آن بر الگوهای جریان دو فازی مایع – گاز** در تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۲۲ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوی تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر محمدرضا انصاری	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر علی جعفریان	استادیار	
استاد ناظر	دکتر مهدی معرفت	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر محمد علی اخوان بهابادی	استاد	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر علی جعفریان	استادیار	

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی: **بهزاد صادقی حاجی پیرلو**

امضاء

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده دررشته **مهندسی مکانیک** است که در سال**۱۳۹۱** در دانشکده **فنی و مهندسی** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر **محمدرضا انصاری**، ازآن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت 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 ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **بهزاد صادقی حاجی پیرلو** دانشجوی رشته **مهندسی مکانیک** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: بهزاد صادقی حاجی پیرلو

تاریخ و امضا: ۱۳۹۲/۲/

دانشگاه تربیت مدرّس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی

استفاده از تقاطع T شکل جهت کاهش جریان رژیم اسلاگ و تاثیر آن بر الگوهای جریان دو فازی مایع - گاز

بهزاد صادقی حاجی پیرلو

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا انصاری

زمستان ۱۳۹۱

تقدیم به روح پر فتوح پدر بزرگوارم

تقدیم به مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر.

تقدیم به خواهرم که وجودش سرشار از صبر و صفایش مایه ی آرامش است.

تقدیم به برادرم که وجودش حمایت گر و کلامش امید بخش راهم است.

از استاد فرهیخته و فرزانه جناب آقای دلشاد انصاری که وجود گران مایه و مشفقانه ی ایشان همواره راهنما و راه گشای بنده در اتمام پایان نامه بوده است، کمال تقدیر و تشکر را دارم.

از جناب آقای مهندس محمد سعید احمدی که در تمامی مراحل انجام آزمایش ها، پیوسته یاری گر بنده بودند، تشکر و قدردانی می نمایم.

چکیده

در این تحقیق، به تأثیر استفاده از تقاطع T شکل عمودی بر رفتار الگوهای جریان دو فازی آب – هوا در کانال مستطیلی شکل افقی پرداخته شده است. تقاطع مجهز به بافل‌هایی است که علاوه بر اینکه می‌تواند مانع از جهش مایع خروجی از کانال تا ارتفاع زیاد شود، در میزان جدایش فازها نیز موثر است. تقاطع در فاصله‌ی ۱۴m و سپس در فاصله‌ی ۲۵m از ورودی قرار داده شده است. در هر موقعیت تقاطع، ابعاد مقطع ورودی بازو به $۵\times۵cm^۲$، $۱۰\times۵cm^۲$ و $۲۰\times۵cm^۲$ تغییر داده شده و نقشه-های جریان برای نواحی بالا و پایین دست تقاطع در محدوده‌ی سرعت ظاهری مایع ۰.۵ m/s – ۰.۰۶، و سرعت ظاهری گاز در محدوده‌ی ۲۲.۵ m/s – ۰.۷۵ در هر حالت تهیه شده‌اند. سه نقطه متمایز با شرایط ورودی مختلف که در حالت کانال بدون تقاطع در ناحیه‌ی کاملاً اسلاگ قرار داشته-اند، انتخاب شده است. سپس با استفاده از داده‌های فشار در هر حالت، تغییرات ایجاد شده بر رفتار جریان در شرایط سه نقطه‌ی مذکور بررسی شده‌اند. بررسی‌های انجام شده نشان دادند که استفاده از تقاطع T شکل تأثیر زیادی در جابجایی مرزهای جریان در ناحیه‌ی پایین دست تقاطع دارد. با افزایش ابعاد مقطع ورودی بازو، اثر میراکنندگی تقاطع بر الگوی جریان اسلاگ افزایش یافته و این الگو در پایین دست عمدتاً به صورت جریان توپی تغییر می‌کند. با دورتر شدن تقاطع از ورودی، نواحی شامل دیگر الگوهای جریان نیز دچار تغییرات گسترده‌ای می‌شوند. انتقال به جریان مه‌آلود با دورتر شدن تقاطع از ورودی به تأخیر می‌افتد و گستره‌ی جریان موجی کاهش یافته و الگوی لایه‌ای و اسلاگ تا سرعت‌های بالاتری از هوا وجود خواهد داشت.

کلید واژه: تقاطع T شکل، جریان دو فازی مایع - گاز، جریان اسلاگ، نقشه جریان دو فازی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست شکلها ..... ت

فهرست جداول ..... ح

فصل ۱- جریان‌های چند فازی ۱

۱-۱- جریان چند فازی ۱

۱-۲- متغیر های جریان دو فازی ۲

۱-۳- الگوهای جریان دو فازی ۳

۱-۳-۱- الگوهای جریان دو فازی در کانال افقی ۳

۱-۳-۲- پیش بینی الگوهای جریان دو فازی افقی ۶

۱-۴- تفکیک جریان دو فازی ۱۰

۱-۵- تقاطع T شکل و جریان دو فازی ۱۰

۱-۵-۱- تقاطع T شکل ساده ۱۲

۱-۵-۲- نیروهای حاکم پیرامون تقاطع T شکل ۱۲

۱-۵-۳-متغیرهای مربوط به تقاطع T شکل ۱۳

۱-۵-۴- افت فشار در تقاطع T شکل ۱۴

فصل ۲- مروری بر پیشینه تحقیق ۱۸

۲-۱- بررسی تأثیر الگوهای جریان در جدایش فازها ۱۸

۲-۲- تأثیر جهت لوله‌ی اصلی بر جدایش ۲۲

۲-۳- تأثیر تغییر قطر بازو بر جدایش ۲۴

۲-۴- تأثیر تغییر جهت بازو بر جدایش ۲۷

۲-۵- تأثیر تغییر در فیزیک تقاطع T شکل بر جدایش ۲۹

۲-۶- جایگاه و اهداف تحقیق ۳۱

فصل ۳- روش تحقیق ۳۴

۳-۱- سیستم کلی آزمایشگاه ۳۴

۳-۲- خط تأمین آب ۳۶

۳-۳- خط تأمین هوا ۳۸

۳-۴- مخلوط کننده‌ی هوا و آب ۳۹
۳-۵- تانک جداکننده‌ی آب و هوا..... ۴۰
۳-۶- قسمت کانال ۴۰
۳-۷- سیستم تقاطع T شکل..... ۴۱
۳-۸- سیستم اندازه‌گیری ۴۳
۳-۹- سیستم فیلمبرداری و تعیین الگوها ۴۵
۳-۱۰- چگونگی انجام آزمایش ۴۶
فصل ۴- بررسی نتایج ۴۸
۴-۱- الگوهای جریان در کانال مستطیلی..... ۴۸
۴-۲- نقشه‌ی الگوهای جریان دو فازی در کانال بدون تقاطع T شکل ۵۰
۴-۳- نقشه‌ی الگوهای جریان دو فازی در کانال با تقاطع T شکل..... ۵۲
۴-۳-۱- نقشه الگوهای جریان در فاصله‌ی ورودی کانال تا تقاطع T شکل..... ۵۲
۴-۳-۲- نقشه الگوهای جریان در فاصله‌ی تقاطع T شکل تا خروجی کانال ۵۶
۴-۴- بررسی کاهش الگوی جریان اسلاگ ۶۱
فصل ۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری.....۷۹
۵-۱- نتیجه‌گیری..... ۷۹
۵-۲- پیشنهاد ادامه کار ۸۱
فهرست مراجع.....۸۲
ضمیمه أ - تابع همبستگی متقابل ۸۷
ضمیمه ب – محاسبه‌ی عدم قطعیت ۹۰
نمونه فرم ثبت نتایج و داده‌های آزمایش ۹۳

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۱ الگوهای جریان دو فازی مایع – گاز در کانال افقی [1]..... ۶
شکل ۱-۲ نقشه جریان افقی دو فازی مندهین (۱۹۷۴)..... ۹
شکل ۱-۳ نقشه جریان افقی دو فازی بیکر (۱۹۵۴) ۹
شکل ۱-۴ نقشه جریان افقی تایتل و داکلر ۹
شکل ۱-۵ تقاطع T شکل ساده با متغیرهای مربوط به آن ۱۳
شکل ۱-۶ نمایش منحنی‌های افت فشار در تقاطع T شکل سازگار [15] ۱۵
شکل ۲-۱ مقایسه جدایش فازها برای تقاطع T شکل افقی و عمودی، UKAEA (Harwell) ۲۳
شکل ۲-۲ تأثیر تغییر نسبت قطر در جدایش فازها [54]..... ۲۵
شکل ۲-۳ منحنیهای افت فشار در گذر از تقاطع T شکل سازگار (D_3/D_1=۱) و غیر سازگار (D_3/D_1=۰.۲۰۶ و D_3/D_1=۰.۵) در مقابل نسبت جدایش(W_3/W_1) [56]..... ۲۶
شکل ۲-۴ موقعیت قرارگیری بافلها [17] ۳۰
شکل ۲-۵ نمایی شماتیک از موقعیت قرارگیری تیوب‌ها [64]..... ۳۰
شکل ۳-۱ شکل شماتیک سیستم آزمایشگاهی ۳۵
شکل ۳-۲ مخزنهای آب ۳۷
شکل ۳-۳ پمپهای استفاده شده در آزمایشگاه (الف) پمپ شماره ۲، سه فاز (ب) پمپ شماره ۱، تک فاز ۳۷
شکل ۳-۴ خط تأمین هوا (الف) دمنده هوا (ب) اینورتر و سیستم کاهندهی فشار ۳۸
شکل ۳-۵ سیستم خنک کنندهی هوا..... ۳۹
شکل ۳-۶ مخلوط کننده آب و هوا در ورودی اصلی کانال ۴۰
شکل ۳-۷ کانال و سکوهای نگه‌دارنده..... ۴۱
شکل ۳-۸ تقاطع T شکل استفاده شده (الف) نمای سه بعدی (ب) نمای دو بعدی با ابعاد مربوط (پ) ورودی بازو $5\times5cm^2$ (ت) $10\times5cm^2$ (ث) $20\times5cm^2$ ۴۲
شکل ۳-۹ دبی سنج (الف) الکترومغناطیس آب (ب) ورتکسی هوا ۴۴
شکل ۳-۱۰ منحنی مشخصهی (الف) دبی هوا – فرکانس دمنده (ب) سرعت ظاهری هوا – فرکانس دمنده ۴۵

شکل ۳-۱۱ مکان و فاصلهی فشارسنجهای استفاده شده در حالت (الـف) تقـاطع در فاصـله ۱۴ m از ورودی (ب) تقاطع در فاصله ۲۶ m از ورودی (پ) کانال بدون تقاطع ۴۵
شکل ۳-۱۲ دیاگرام مراحل انجام آزمایش ۴۷
شکل ۴-۱ الگوهای جریان دو فازی در کانال مستطیلی، (الـف) لایـه ای (ب) مـوجی (پ) تـوپی (ت) اسلاگ (ث) مهآلود ۵۰
شکل ۴-۲ نقشه الگوهای جریان دو فازی در کانـال مسـتطیلی افقـی بـه طـول ۳۵ m و مقطـع cm^2 ۱۰×۵ در حالت بدون تقاطع T شکل ۵۱
شکل ۴-۳ نقشه الگوهای جریان از ورودی کانال تا تقاطع T شکل در ۱۴m و اثر تغییـر ابعـاد ورودی بازو ۵۳
شکل ۴-۴ نقشه الگوهای جریان از ورودی کانال تا تقاطع T شکل در ۲۶m و اثر تغییـر ابعـاد ورودی بازو ۵۳
شکل ۴-۵ متوسط فشار در کانال با افـزایش ابعـاد مقطـع ورودی بـازو، (الـف) تقـاطع در ۱۴ m (ب) تقاطع در ۲۶ m ۵۴
شکل ۴-۶ مقایسه نقشه الگوی جریان در بالادست تقاطع در ۱۴ m و ۲۶ m ۵۶
شکل ۴-۷ متوسط فشارها در امتداد کانال برای تقاطع T شکل در ۱۴ m و ۲۶ m، ابعـاد ورودی بـازو ۱۰×۵ cm^2 و $u_{SL}=0.4\ m/s$ و $u_{SG}=18.9\ m/s$ ۵۶
شکل ۴-۸ نقشه الگوهای بالادست و پایینـدست تقاطع Tشکل (فاصله تقاطع T شکل از ورودی کانال ۱۴ m) - ابعاد ورودی بازو (الف) ۵×۵ cm^2 (ب) ۱۰×۵ cm^2 (پ) ۲۰×۵ cm^2 ..... ۵۷
شکل ۴-۹ نقشه الگوهای بالادست و پایینـدست تقاطع Tشکل (فاصله تقاطع T شکل از ورودی کانال ۲۶ m) - ابعاد ورودی بازو (الف) ۵×۵ cm^2 (ب) ۱۰×۵ cm^2 (پ) ۲۰×۵ cm^2 ..... ۵۸
شکل ۴-۱۰ نقشه الگوهای جریان پایین دست تقاطع در اثر تغییر ابعاد ورودی بازو، فاصله تقـاطع T شکل از ورودی کانال ۱۴ m ۶۰
شکل ۴-۱۱ نقشه الگوهای جریان پایین دست تقاطع Tشکل در اثر تغییر ابعـاد ورودی بـازو، فاصـله تقاطع Tشکل از ورودی کانال ۲۶ m ۶۱
شکل ۴-۱۲ مکان نقاط انتخابی بر روی نقشه جریان در حالت کانال بدون تقاطع ۶۲
شکل ۴-۱۳ مقایسه منحنی فشارسنج P۳ و P۶ در شرایط نقاط (الف) S1 (ب) S2(پ) S3 در حالـت بدون تقاطع و با تقاطع در فاصله از ورودی برابر ۱۴ m با ابعاد سـه گانـه ورودی بـازو ۵×۵ cm^2، ۱۰×۵ cm^2، ۲۰×۵ cm^2 ..... ۶۴

شکل ۴-۱۴ مقایسه منحنی خودهمبستگی فشارسنج P۳ و P۶ در شرایط نقاط (الف) S1 (ب) S2(پ) S3در حالت بدون تقاطع و با تقاطع در فاصله از ورودی برابر ۱۴ m با ابعاد سه‌گانه ورودی بـازو cm^2 ۵×۵، cm^2 ۱۰×۵، cm^2 ۲۰×۵ ..... ۶۵
شکل ۴-۱۵ مکان نقاط S۱، S۲ و S۳ در نقشه جریان بالادست و پایین دست تقاطع واقع در فاصلهی ۱۴m از ورودی ۶۶
شکل ۴-۱۶ توزیع مقادیر متوسط فشار در امتداد کانال با تغییر ابعاد ورودی بازو، تقـاطع در ۱۴ m و شرایط ورودی کانال S۱، S۲ و S۳..... ۷۰
شکل ۴-۱۷ مقایسه منحنی فشارسنج P۶ و P۹ در شرایط نقاط (الف) S1 (ب) S2(پ) S3 در حالـت بدون تقاطع و با تقاطع در فاصله از ورودی برابر ۲۶ m با ابعاد سه‌گانـه ورودی بـازو cm^2 ۵×۵، cm^2 ۱۰×۵، cm^2 ۲۰×۵ ..... ۷۳
شکل ۴-۱۸ مقایسه منحنی خـود همبسـتگی فشارسـنج P۶ و P۹ در شـرایط نقـاط (الـف) S1 (ب) S2(پ) S3 در حالت بدون تقاطع و با تقاطع در فاصله از ورودی برابر ۲۶ m با ابعـاد سـه‌گانـه ورودی بازوcm^2 ۵×۵، cm^2 ۱۰×۵، cm^2 ۲۰×۵ ..... ۷۴
شکل ۴-۱۹ مکان نقاط S۱، S۲ و S ۳ در نقشه جریان بالادست و پایین دست تقاطع در ۲۶ m... ۷۶
شکل ۴-۲۰ توزیع مقادیر متوسط فشار در امتداد کانال با تغییر ابعاد ورودی بازو، تقـاطع در ۲۶ m و شرایط ورودی کانال به S۱، S۲ و S۳ ..... ۷۷

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۱-۱ متغیرهای جریان دو فازی به همراه نماد، تعریف و رابطه ریاضی آن‌ها ۲
جدول ۲-۱ – شرایط ورودی مربوط به داده های آزمایش‌های شکل ۲-۱ ..... ۲۴
جدول ۲-۲ تحقیقات پیشین در زمینه‌ی تغییر فیزیک تقاطع T شکل ۳۱
جدول ۴-۱ شرایط نقاط انتخابی جهت بررسی جریان اسلاگ ۶۱
جدول ۴-۲ متوسط فشار P۶ و P۹ نسبت به حالت بدون تقاطع بـرای ابعـاد مختلـف ورودی بـازو در موقعیت m ۱۴ با تغییر شرایط ورودی کانال به S۲،S۱ و S۳..... ۷۰
جدول ۴-۳ متوسط فشار P۶ و P۹ نسبت به حالت بدون تقاطع بـرای ابعـاد مختلـف ورودی بـازو در موقعیت m ۲۶ با تغییر شرایط ورودی کانال به S۱، S۲ و S۳..... ۷۷

فصل ۱- جریان‌های چند فازی

موضوع این پایان نامه متمرکز بر درک جریان‌های چند فـازی و چگـونگی رفتـار آن‌هاسـت. اصـطلاح جریان چند فازی می‌تواند ترکیب‌های مختلفی از فازها باشد که همزمان در یک مسیر داخل کانال‌هـا یا لوله‌ها هستند. الگوهای مختلف جریان دو فازی گاز- مایع متفاوتی می‌توانـد در لولـه هـای افقـی و عمودی رخ دهد. تاکنون در انواع لوله‌های استفاده شده در تحقیقات آزمایشگاهی، به الگوهای جریـان افقی و چگونگی پیش بینی آن‌ها توجه ویژه ای شده است. جدایش جریان گاز از مایع بخش مهمی در بسیاری از فرآیندهای صنایع متفاوت است. از این‌رو، در طول سالیان متمادی با هدف کـاهش هزینـه های تجهیزات، نگهداری و افزایش راندمان سیستم‌ها، توجه بسیاری به جریان دو فازی شده است.

۱-۱- جریان چند فازی

در تجهیـزات مختلفـی در صـنایع شـیمیایی، نیروگـاه‌هـا و صـنایع هیـدروکربنی همچـون جداکننده‌ها[1]، رآکتورها و مبدل‌های گرمایی و لوله‌ها، می‌توان مشاهده کرد که جریان‌هایی با بـیش از یک فاز سیال در آن‌ها وجود دارد. جریان همزمان دو یا چند فاز در لوله‌ها را اصطلاحاً جریان‌های چند فازی[2] می‌گویند. در موارد بسیاری جریان‌های چند فازی با گاز، نفت و آب سروکار دارند. این جریان‌ها می‌توانند تحت افت فشار بالا یا تغییر دما در کانال‌هایی که شامل تک فاز هستند نیز به وجود آیند.

1.Separators
2.Multi Phase Flows

زمینه‌ی جریان‌های چند فازی دانش پیچیده ای است. در طول سالیان گذشته معادلات و روابط بسیاری برای توصیف صحیح حرکت و عکس‌العمل جریان‌های چند فازی در شرایط مختلف ارائه شده است. به دلیل ماهیت پیچیده و تعداد متغیرهای زیاد جریان‌های چند فازی، به جریان دو فازی گاز-مایع بیشترین توجه مبذول شده است و این پایان نامه نیز متمرکز بر این جریان‌ها خواهد بود.

۱-۲- متغیر های جریان دو فازی

برای انجام محاسبات طراحی، توصیف الگوهای جریان دو فازی و مطالعه در مورد جریان‌های دو فازی، لازم است متغیرهای مورد استفاده در این زمینه تعریف شوند. در جدول ۱-۱ به طور مختصر این متغیرها به همراه تعریف ریاضی آن‌ها آورده شده‌اند.

جدول ۱-۱ متغیرهای جریان دو فازی به همراه نماد، تعریف و رابطه ریاضی آن‌ها

نام متغیر	نماد	تعریف	رابطه ریاضی	ردیف
سرعت ظاهری	u_{GS}	سرعت هر فاز به فرض اینکه به طور مستقل تمام مقطع کانال را پر کرده باشد.	$u_{SG}= Q_G /A$	۱
	u_{LS}		$u_{SL}= Q_L /A$	۲
سرعت واقعی	u_G	سرعت هر فاز با در نظر گرفتن وجود فاز دیگر در همان کانال	$u_G= Q_G / A_G$	۳
	u_L		$u_L= Q_L / A_L$	۴
سرعت جریان دو فازی	u_m	مجموع سرعت‌های ظاهری فازها	$u_m = u_{SG} + u_{SL}$	۵
لغزش	S	سرعت حرکت فاز مایع نسبت به فاز گاز	$S = u_G / u_L$	۶
سرعت لغزش	u_s	اختلاف سرعت‌های واقعی دو فاز گاز و مایع	$u_s = u_G - u_L$	۷
کسر فضای خالی	α_G	کسر فضای اشغال شده توسط هر فاز در مقطعی از لوله	$\alpha_G=A_G / A$	۸
	α_L		$\alpha_L=A_L / A$	۹

*توضیحات:

G = گاز، L = مایع، A = سطح مقطع کانال، A_G = سطح اشغال شده توسط گاز در یک مقطع معین از کانال، A_L = سطح اشغال شده توسط مایع در یک مقطع معین از کانال

۱-۳- الگوهای جریان دو فازی

هنگامی که مخلوطی از گاز-مایع در کانالی جریان می‌یابد، جریان مختلط می‌تواند مشخصات، شکل‌ها و ویژگی‌های مختلفی را که توسط سطح مشترک دو فاز ایجاد می‌شود، به خود بگیرد. تعدادی از شکل‌ها به طور واضح قابل شناسایی و تعدادی دیگر به شدت بی نظم بوده، دسته بندی و تشخیص آن‌ها دشوار است. از آنجایی که جریان دو فازی گاز- مایع به طور کلی در صنعت پدیده‌ی معمولی است، ساختارهای مختلف زیادی تعریف شده است که جریان‌های دو فازی را با توجه به مشخصه های یکسان، همچون توزیع فاز و افت فشار و ... دسته بندی کنند. توافق نظر در تعیین الگوی موجود در یک بخش از کانال، به دلیل تغییر عمده در هیدرودینامیک و ویژگی‌های جریان دو فازی، بسیار سخت است.

مشخصه‌ی جریان دو فازی وابسته به نرخ‌های نسبی گاز و مایع و سرعت‌های هر یک از فازها نسبت به دیگری است. همچنین جهت لوله به دلیل تأثیر زیاد جاذبه بر فاز مایع، تأثیر مهمی در الگوی جریان ایجاد می‌کند. بدیهی است که تعداد کثیری از عوامل موثر بر الگوی جریان دو فازی وجود دارند اما این عوامل را می‌توان در دو گروه که به جهت لوله مربوط شوند، یعنی افقی و عمودی، تقسیم بندی کرد. تحت این شرایط جریان گاز و مایع با هم، می‌تواند به روش‌های مختلفی توصیف شود. در بخش بعدی الگوهای اصلی برای جریان دو فازی گاز- مایع در حالت افقی توصیف خواهد شد.

۱-۳-۱- الگوهای جریان دو فازی در کانال افقی

الگوهای جریان همزمان گاز و مایع در کانال افقی به شدت تحت تأثیر جاذبه است. به طوری که باعث چینش مایع در قسمت پایین و گاز در قسمت بالای کانال می‌شود. فازهای گاز و مایع خود به چندین ساختار جریان قابل تشخیص توزیع می‌شوند که به اصطلاح الگوی جریان یا رژیم جریان بدان اطلاق می‌شود. در زیر، این الگوها به همراه شماتیک آن‌ها (شکل ۱-۱) آورده شده است.

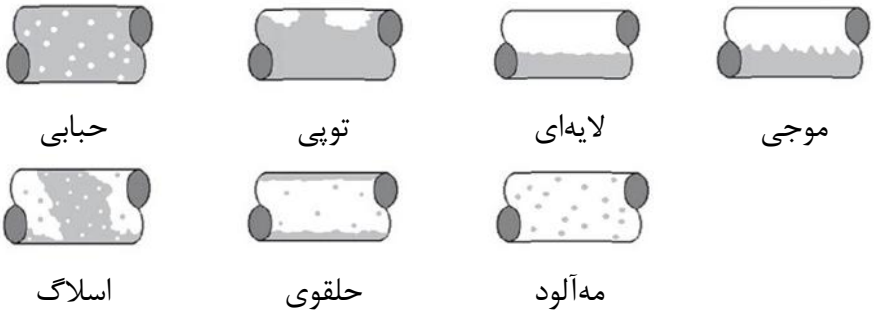
- جریان حبابی[1]: حباب‌های گاز در داخل مایع و به خصوص در نیمه‌ی فوقانی کانال در اثر نیروی شناور، پخش می‌شود. هنگامی که نیروی برشی غالب باشد، حباب‌ها به طور یکنواخت در داخل کانال پخش می‌شود. برای جریان افقی، این الگو فقط در نرخ‌های جرمی بالای جرمی رخ می‌دهد.
- جریان لایه ای[2] : در سرعت‌های پایین مایع و گاز، هر دو فاز به طور کامل از هم جدا هستند. گاز در بخش فوقانی و مایع در بخش تحتانی کانال جریان دارد. دو فاز توسط یک سطح مشترک غیر آشفته‌ی صاف از هم جدا می‌شوند. در این حالت در اصطلاح جریان لایه ای خواهد بود.
- جریان لایه ای – موجی[3] : با افزایش سرعت گاز در جریان لایه ای، موج‌ها در سطح مشترک شکل می‌گیرند و در جهت جریان حرکت می‌کنند. اندازه دامنه‌ی موج‌ها در خور توجه است و وابسته به سرعت نسبی فازها می‌باشد. قله‌ی موج‌ها به قسمت فوقانی کانال نمی‌رسد و موج‌ها در حالی که فیلم نازکی از مایع را در عقب خود وامی گذارند، از طرفین کانال بالا می‌روند.
- جریان متناوب[4] : با افزایش بیشتر سرعت گاز، موج‌ها در سطح مشترک به اندازه کافی بزرگ می‌شوند تا اینکه به سطح فوقانی کانال می‌رسد. موج‌هایی با دامنه بزرگ که به طور متناوب به سطح فوقانی کانال می‌رسند و موج‌هایی کوچک مابین آن‌ها، از ویژگی‌های این الگو است. موج‌های بزرگ اغلب حباب‌هایی دارند که پشت موج در حال حرکت هستند. الگوی جریان متناوب متشکل از دو الگوی توپی[5] و اسلاگ[6] است. این دو الگوی زیر رسته، در زیر تعریف می‌شوند:

1.Bubbly Flow
2.Stratified Flow
3.Stratified – Wavy Flow
4.Intermittent Flow
5.Plug Regime
6.Slug Regime

- جریان توپی: این الگو متشکل از توپ‌هایی از مایع است که به وسیله‌ی حباب‌های بلند و لاغر از هم جدا شده‌اند. قطر حباب‌های بلند کمتر از قطر کانال بوده و فاز مایع در امتداد قسمت پایین کانال و زیر حباب‌های بلند کشیده شده، جاری است.
- جریان اسلاگ: در سرعت‌های بالای گاز، قطر حباب‌های کشیده شده به اندازه قطر کانال نزدیک می‌شود. اسلاگ های مایع جدا شده‌ی این قبیل حباب‌های بلند می‌تواند به صورت موج‌هایی با دامنه بزرگ توصیف شود.

- جریان حلقوی[1] : در سرعت‌های بسیار بالای گاز، فاز مایع، یک فیلم پیوسته در محیط کانال تشکیل می‌دهد. در این حالت در یک مقطع از کانال، مایع به صورت حلقوی در اطراف و گاز در هسته خواهد بود. در سطح مشترک مایع و گاز، موج‌های کوچک و همچنین قطراتی از مایع پخش شده در هسته وجود دارد. در سرعت‌های بالاتر، سطح فوقانی کانال خشک می‌شود و در این حالت جریان حلقوی تنها بخشی از محیط کانال را می‌پوشاند و از آن به بعد جریان دوباره لایه ای – موجی خواهد بود.
- جریان مه آلود[2]: در سرعت‌های بالا، بیشتر مایع وارد شده توسط گاز اسپری می‌شود. در سرعت‌های بالای گاز، جریان مایع حلقوی از دیواره‌ی کانال جدا می‌شود و به صورت اسپری دیده می‌شود.

1.Annular Flow
2.Mist Flow



شکل ۱-۱ الگوهای جریان دو فازی مایع – گاز در کانال افقی [1]

۱-۳-۲- پیش بینی الگوهای جریان دو فازی افقی

به هنگام طراحی خطوط انتقال یا تجهیزات، اطلاع از اینکه فازها چگونه و با چه الگویی جریان می‌یابند، ضروری است. زیرا که الگوهای مختلف، الزام‌های طراحی مهمی دارند. برای مثال، اگر در بخشی از سیستم الگوی اسلاگ جریان داشته باشد در اثر گذر موج‌های شدید و افت فشار ایجاد شده، آسیب‌های ناشی از ارتعاش می‌تواند ایجاد شود.

تشخیص الگوی جریان از طریق مشاهده، امری کاملاً ذهنی و شخصی است. اگر مشاهده‌ی واضح ممکن نباشد، عکاسی پیاپی با سرعت بالا می‌تواند استفاده شود. به هر حال این تکنیک در موارد محدودی به کار برده می‌شود. خلاصه‌ای از روش‌های مختلف تشخیص الگوی جریان دو فازی توسط هیوئیت [2] و جونز [3]ارائه داده شده‌اند. اندازه‌گیری میزان اشعه‌ی ایکس جذب شده که توسط جونز و زوبر [4] ارائه شده است، هزینه‌ی بالا و نیاز به تدابیر حفاظتی – سلامتی شدیدی دارد. بارنی و همکاران [5]، رایمن و همکاران [6] از اختلاف جریان ایجاد شده در اثر عبور گاز و مایع از زیر میله-های رسانا، برای تشخیص وجود فاز استفاده کرده‌اند. هوبارد و داکلر [7] اولین کسانی بودند که برای تشخیص الگوهای مختلف از روش بررسی نوسان‌های فشار استفاده کرده‌اند. هرچند این روش به طور کامل در تمامی الگوها جوابگو نیست. زیرا در برخی الگوها همانند موجی، بزرگی پالس‌های ایجاد شده می‌تواند با پالس‌های جریان اسلاگ برابر باشد. وایزمن [8]از روش پردازش سیگنال‌های فشار استفاده