دانشگاه تربیت مدرّس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک–تبدیل انرژی

استفاده از روش طیفی در بررسی ناپایداری جریان دوفازی با توجه به اثرات کشش سطحی

امیر حسین عربی

۸۵۶۷۶۱۰۳۳

استاد راهنما:

دکتر محمد رضا انصاری

بهار ۱۳۸۸

تقدیم

پدر و مادر عزیزم که در همه مراحل زندگی وتحصیل همراه و همدل من بوده وهستند.

تشکر و قدردانی

با سپاس فراوان از آقای دکتر محمد رضا انصاری که در تمام مراحل تحصیل در دوره کارشناسی ارشد و انجام این پایانامه از راهنمایی ها و مساعدتهای ایشان بهرمند بودم.

چکیده

در تحقیق حاضر به بررسی تاثیر پارامترهای مختلف بر ناپایداری سطح تماس دو فاز در یک جریان دوفازی لایه ای آب-هوا که در آن اغتشاش اولیه ای ایجاد گردیده و تاثیرات کشش سطحی نیز در آن در نظر گرفته شده، پرداخته شده است. مدل فیزیکی مسأله، شامل کانالی با سطح مقطع مستطیلی می‌باشد که دو فاز به صورت کاملا مجزا و موازی در امتداد کانال حرکت می کنند. جریانهای دو فاز آرام فرض شده اند و شرایط مرزی بعد از یک طول موج مشخص به صورت تناوبی در نظر گرفته شده است. یک اغتشاش اولیه در سطح مشترک دو فاز لحاظ شده و نحوه رشد یا کاهش دامنه این اغتشاش(پایداری) در اثر کاهش و افزایش سرعت نسبی بررسی شده است. برای حل عددی از یک مدل دو فشاری ، استفاده شده است با روش طیفی حل گردیده است. در حل طیفی برای خطی سازی ترمهای غیرخطی از روش خطی سازی نیوتن استفاده شد. همچنین برای انجام مقایسه مساله با استفاده از روش عددی اختلاف محدود حل شده و نتایج دو روش با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

کلید واژه: جریان دوفازی، ناپایداری، کشش سطحی، روش عددی طیفی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست علایم و نشانه‌ها ..... د
فهرست جدول‌ها ..... ه
فهرست شکل‌ها ..... و

فصل ۱- مقدمه ۲
۱-۱- پیشگفتار ۲
۱-۲- هدف از انجام این پایانامه ۲

فصل ۲- مروری بر جریانهای دوفازی و پیشینه تحقیق ۵
۲-۱- مروری بر جریانهای دوفازی ۵
۲-۱-۱- متغیرهای مهم مورد استفاده در جریانهای دوفازی ۵
۲-۱-۲- الگوهای جریان : ۷
۲-۱-۳- مدل های جریان دو فاز: ۱۲
۲-۱-۴- ناپایداری کلوین- هلمهلتز: ۱۴
۲-۱-۵- رشد ناپایداری ها و معادلات خوشرفتار: ۱۵
۲-۲- پیشینه تحقیق: ۱۹
۲-۲-۱- تحقیقات انجام شده توسط Hancox: ۱۹
۲-۲-۲- تحقیقات انجام شده توسط Watanabe & Hirano: ۲۱
۲-۲-۳- تحقیقات انجام شده توسط Issa: ۲۲
۲-۲-۴- تحقیقات انجام شده توسط Ramshaw: ۲۳
۲-۲-۵- تحقیقات انجام شده توسط Ransom: ۲۴
۲-۲-۶- مروری برتحقیقات انجام شده در ایران ۲۶
۲-۳- تأثیر ترمهای فشار در چگونگی رفتار معادلات: ۲۸

فصل ۳- معرفی روشهای طیفی ۳۳
۳-۱- مقدمه ۳۳
۳-۲- تفاوت روش طیفی با روش های اختلاف محدود و المان محدود: ۳۴
۳-۳- انواع روشهای طیفی: ۳۷
۳-۳-۱- روش گالرکین: ۳۸
۳-۳-۲- - روش تاو: ۳۹
۳-۳-۳- روش گشتاوری: ۳۹
۳-۳-۴- روش کم ترین مربعات: ۴۰

۳-۳-۵- روش هم مکانی یا شبه طیفی: ۴۰
۳-۴- انتخاب توابع اساسی: ۴۱
۳-۵- چند جمله ای های متعامد: ۴۳
۳-۵-۱- سری‌های فوریه: ۴۳
۳-۵-۲- چند جمله‌ای‌های چبیشف: ۴۴
۳-۵-۳- انتقال سریع فوریه (FFT): ۴۵
فصل ۴- بیان مسئله و الگوریتم حل ۴۹
۴-۱- مقدمه: ۴۹
۴-۲- تشریح هندسه و شرایط فیزیکی مسأله: ۴۹
۴-۳- کشش سطحی و نحوه ظاهر شدن آن در معادلات: ۵۰
۴-۴- گسسته سازی معادلات دیفرانسیل: ۵۴
۴-۴-۱- گسسته سازی در روش طیفی: ۵۴
۴-۴-۲- گسسته سازی در روش اختلاف محدود: ۵۸
۴-۵- شرایط اولیه: ۵۹
۴-۵-۱- نحوه اعمال شرایط اولیه در روش طیفی: ۶۰
۴-۶- شرایط مرزی: ۶۱
۴-۷- روش و الگوریتم حل معادلات: ۶۲
۴-۷-۱- الگوریتم حل در روش طیفی: ۶۲
۴-۷-۲- الگوریتم حل در روش اختلاف محدود: ۶۲
فصل ۵- ارائه نتایج و بحث ۶۴
۵-۱- مقدمه : ۶۴
۵-۲- نتایج حل طیفی: ۶۴
۵-۲-۱- تعیین حد ناپایداری و رشد موج : ۶۴
۵-۲-۲- بررسی عدم وابستگی جوابها به تعداد جملات سری: ۶۵
۵-۲-۳- تاثیر طول موج در رشد موج : ۶۶
۵-۲-۴- تاثیر کسر حجمی اولیه در رشد موج : ۶۸
۵-۲-۵- تاثیر دانسیته در رشد موج : ۶۹
۵-۲-۶- بررسی تاثیر اضافه کردن کشش سطحی به معادلات: ۷۰
۵-۳- نتایج حل با روش اختلاف محدود : ۷۳
۵-۳-۱- تعیین حد ناپایداری و رشد موج: ۷۳
۵-۳-۲- عدم وابستگی جوابها به تعداد نقاط شبکه بندی: ۷۳
۵-۳-۳- بررسی بقای جرم در کانال : ۷۴
۵-۴- بررسی تاثیرات کشش سطحی در خوشرفتاری معادلات جریان دوفازی: ۷۵
۵-۵- نتیجه گیری : ۷۷

فهرست مراجع.....۷۸

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
مساحت	A
چگالی	ρ
سرعت	u
دبی جرمی	W
کیفیت	X
فشار	P
طول موج	λ
کسر حجمی	α
شتاب گرانش	g
ارتفاع کانال	H
طول کانال	L
فشار فصل مشترک	$\overline{P}$
زمان جدید	n
زمان قدیم	o
گاز	G
مایع	L

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱: مقایسه هزینه حل معادله گرمای یک بعدی با روشهای مختلف مکانی و انتگرال گیریهای زمانی ۳۷
جدول ۳-۲: نمودار تعیین توابع اساسی ۴۱

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱:برخی از متغیرهای مهم جریان دوفازی ۶
شکل ۲-۲: نمایش الگوهای جریان در لوله های عمودی ۸
شکل ۲-۳: الگوهای جریان در لوله های افقی ۱۰
شکل ۲-۴: رژیم جریان و انتقال حرارت در یک لوله ۱۱
شکل ۲-۵: اعمال آشفتگی به جریان لایه ای آب و هوا ۱۷
شکل ۲-۶: رشد موج در سیستم بدرفتار همراه با ریز شدن فواصل مکانی ۱۷
شکل ۲-۷: رشد موج در سیستم خوشرفتار همراه با ریز شدن فواصل مکانی ۱۸
شکل ۳-۱: شماتیک سه روش اصلاح در المان محدود ۳۴
شکل ۳-۲: تأثیر میزان وزنی در سه روش اختلاف محدود، المان محدود و طیفی ۳۵
شکل ۳-۳: **مقایسه سه روش اختلاف محدود، المان محدود و طیفی با توجه به تعداد نقاط درگیر در تخمین مقدار مشتق** ۳۶
شکل ۳-۴: نحوه انتخاب توابع مورد استفاده در روشهای طیفی ۴۲
شکل ۳-۵: مقایسه ضرب های مورد نیاز در محاسبه مستقیم و الگوریتمFFT ۴۷
شکل ۴-۱: شماتیک جربان درکانال دوفازی ۵۰
شکل ۴-۲: تغییر فشار روی یک سطح مشترک استوانه ۵۱
شکل ۴-۳: تغییر فشار بر روی یک سطح مشترک دلخواه ۵۲
شکل ۴-۴: تغییر فشار برروی سطح مشترک جریان دوفازی ۵۲
شکل ۵-۱: تعیین حد ناپایداری در روش طیفی ۶۵
شکل ۵-۲: نمودار تغییرات کسر حجمی در طول لوله در تعداد جملات سری متفاوت ۶۶
شکل ۵-۳: تعیین حد ناپایداری به ازای طول موج ۰/۵ متر ۶۷
شکل ۵-۴: بررسی اثر تغییر طول موج بر روی رشد موج ۶۸
شکل ۵-۵: بررسی اثرتغییرات کسر حجمی اولیه مایع بر روی رشد موج ۶۹
شکل ۵-۶: بررسی اثرتغییرات دانسیته بر روی رشد موج ۷۰
شکل ۵-۷: نمودار تغییرات کسر حجمی در طول کانال برای دو مدل مختلف ۷۱
شکل ۵-۸: نمودار حرکت موج در طول موج 1m ۷۲
شکل ۵-۹: نمودار حرکت موج در طول موج2m ۷۲
شکل ۵-۱۰: میزان رشد موج در روش حجم محدود ۷۳
شکل ۵-۱۱: نمودار کسر حجمی مایع در طول لوله برای شبکه بندی متفاوت ۷۴
شکل ۵-۱۲: بررسی بقای جرم درون کانال در روش حجم محدود ۷۵

شکل ۵-۱۳: کسر حجمی در طول لوله برای یک مدل بدرفتار ۷۶
شکل ۵-۱۴: مقایسه تغییرات کسر حجمی مایع در طول لوله برای دو مدل مختلف ۷۶

فصل اول

مقدمه

فصل ۱– مقدمه

۱–۱– پیشگفتار

موضوع جریانهای دو فازی گاز – مایع یا به طور کلی، جریانهای چند فازی، اهمیت روزافزونی در مهندسی به ویژه در نیروگاه‌های حرارتی، خطوط لوله انتقال نفت و گاز، نیروگاههای هسته‌ای، صنایع شیمیایی و سکوهای نفتی پیدا کرده است. کاربرد جریانهای دو فازی فقط محدود به مهندسی سیستمها و مسائل پیچیده علمی نمی شود بلکه در بسیاری از پدیده های طبیعی نیز می توان این کاربرد را دید که به جزء چند مورد ساده، بررسی پدیده های انتقال در این نوع جریانها بسیار پیچیده است. جریان های دو فازی با توجه به پیچیدگی های ذاتی خود همواره مشکلات فراوانی برای مدل کردن و حل معادلات مربوطه به دنبال دارند. با در نظر گرفتن پارامترهای مهم در حل و مدل کردن صحیح فیزیک مسائل دو فازی، می توان به مدل های پایدار که قادر به پیشگویی صحیح و دقیق میدان حل می باشند دست یافت. این قضیه در بسیاری از موارد کاربردی و حتی تحقیقاتی عملی نمی باشد؛ لذا برای مدل کردن یک فیزیک ساده این مسائل، از یکسری تقریب ها استفاده می شود و برخی پارامترها را نادیده می گیرند، که خود این امر آغاز مشکلات عدیده ای در این گونه مسائل می باشد. حال برای اینکه بتوان خطاهای عددی موجود در حل این مدلها را به حداقل رساند، سعی می شود روش حل را به گونه ای انتخاب کرد تا علیرغم دارا بودن دقت بالا، با فیزیک و هندسه مسأله نیز تطابق و خوانایی داشته باشد. یکی از مناسب‌ترین این روشها که بر پایه حل معادلات و شبیه سازی به روش مستقیم (DNS) می باشد، روش طیفی نام دارد. که مساله مطرح شده دراین پایانامه بااستفاده از این روش حل شده است.

۱–۲– هدف از انجام این پایانامه

هدف از انجام این پایانامه بررسی اثرات در نظر گرفتن نیروی کشش سطحی در رشد یا کاهش دامنه اغتشاشات ایجاد شده در سطح مشترک دوفاز در یک جریان دوفازی لایه ای آب- هوا با استفاده روش عددی نسبتا جدید طیفی می باشد.

برای حل عددی از یک مدل دوفشاری و معادلات Ramshaw استفاده شده‌است همچنین برای انجام مقایسه و دستیابی به معایب و مزایای روش طیفی معادلات به وسیله روش عددی اختلاف محدود نیز حل گردیده‌است.

در فصل دوم، مرور کلی بر جریانهای دو فازی صورت گرفته است که در آن دسته بندی و الگوهای مختلف جریانهای دو فازی مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامهٔ این فصل ناپایداری کلوین- هلمهلتز توضیح داده شده است و مروری کلی بر تحقیقات انجام شده در زمینهٔ جریانهای دو فازی و نیز تحقیقات انجام شده در کشور صورت گرفته است.

در فصل سوم، روش عددی طیفی و برخی توابع مورد استفاده در این روش معرفی شده است.

در فصل چهارم، مساله اصلی طرح شده و الگوریتم حل معرفی شده است. در این فصل هندسه مسأله، معادلات حاکم و روش حل عددی به کار گرفته شده برای شبیه سازی جریان دوفازی لایه‌ای ارائه شده-اند.

در فصل پنجم، نتایج بدست آمده از حلهای عددی ارائه شده است. در این فصل تأثیر پارامترهای مختلف روی این نوع جریانها مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت جمع بندی نهایی انجام گرفته است.

فصل دوم

مروری بر جریانهای دوفازی و پیشینه تحقیق

فصل ۲– مروری بر جریانهای دوفازی و پیشینه تحقیق

۲–۱– مروری بر جریانهای دوفازی

به طور کلی منظور از فاز[1] ، یکی از حالتهای سادهٔ ماده (جامد، مایع وگاز) می‌باشد. و جریان چند فازی، به معنی جریان همزمان چند فاز در کنار هم می‌باشد که این فازها اثر متقابلی بر روی یکدیگر دارند. جریان دوفازی، ساده ترین نوع جریان چند فازی می‌باشد که سه ترکیب مختلف فازی برای آن وجود دارد: گاز- مایع ، مایع- جامد و گاز- جامد.

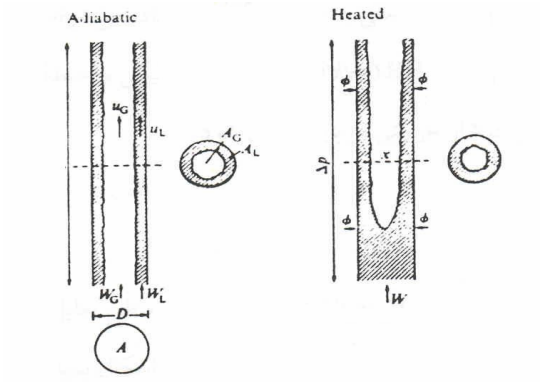
حالت مورد نظر ما دراینجا، ترکیب گـــاز ـ مـــایع (بخار ـ مایع) است. این حالت خود می تواند ترکیبهای مختلفی داشته باشد؛ حباب های گـــاز در یک مایع، مانند نوشابه گاز دار (bubbly flow)، ریزش متناوب آب از یک بطری(slug flow) و غیره که در محیط اطراف ما دیده می شوند؛ به علاوه در زمینه های صنعتی نیز به کرات با پدیده دو فازی مواجه می شویم، در بویلرها (دیگهای بخار)، برجهای تقطیر پالایشگاه ها، موتورهای احتراق داخلی و غیره. بنابراین می‌توان گفت جریان دو فازی یکی از جنبه‌های اساسی صنعت امروز است.

۲–۱–۱– متغیرهای مهم مورد استفاده در جریانهای دوفازی

چند نمونه از متغیرهای اصلی جریان دوفازی درشکل(۲-۱)مشاهده می‌شوند. در این شکل جریان دوفازی گاز- مایع که جهت جریان رو به بالاست رسم شده است. این شکل، هم جریان آدیاباتیک و هم جریان گرم شونده را نشان می‌دهد. جریان فازها را یک‌بعدی در نظر گرفته و فرض شده است که در حالت آدیاباتیک، مایع با دبی جرمی W_L و چگالی ρ_L، وگاز با دبی جرمی W_G و چگالی ρ_G، در لوله‌ای به طول L و به قطر D و سطح مقطع A جریان دارند. همچنین مساحت فاز مایع در هر مقطع A_L و مساحت فاز گاز A_G می‌باشد. ضمناً فرض می‌کنیم جریان به حالت تعادل رسیده است و سرعت متوسط فاز مایع u_L و سرعت متوسط فاز گاز u_G ، در طول لوله ثابت باقی می‌مانند.

حال در ادامه، متغیرهای نشان داده شده در شکل(۲-۱)و برخی متغیرهای دیگر معرفی می‌شوند.

[1]- Phase



$$\alpha = \frac{A_G}{A} = 1\Big/\left(1+\frac{W_L}{W_G}\frac{\rho_G}{\rho_L}\frac{u_G}{u_L}\right) \qquad \alpha = \frac{A_G}{A} = 1\Big/\left(1+\left(\frac{1-X}{X}\right)\frac{\rho_G}{\rho_L}\frac{u_G}{u_L}\right)$$

$$Slip\ Ratio = \frac{u_G}{u_L} \qquad X = \frac{W_G}{W}\ ,\ G = \frac{W}{A}$$

شکل ۲-۱:برخی از متغیرهای مهم جریان دوفازی [۱]

۱- کسر حجمی[1] : در حالت کلی کسر حجمی در جریانهای دوفازی عبارت است از نسبت حجم یا سطح اشغال شده توسط فاز گاز در یک مقطع لوله یا کانال به کل حجم یا سطح آن مقطع، از این رو کسر حجمی، کسر فضای خالی نیز ترجمه می‌شود. کسر حجمی یا کسر فضای خالی برای فاز گاز به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\alpha_G = \frac{A_G}{A} = \frac{1}{\left(1+\frac{W_L}{W_G}\frac{\rho_G}{\rho_L}\frac{u_G}{u_L}\right)} \qquad (۱-۲)$$

کسر حجمی برای فاز مایع که به آن کسر فضای اشغال شده[2] نیز گفته می‌شود، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\alpha_L = 1-\alpha_G = \frac{A_L}{A} = \frac{1}{\left(1+\frac{W_G}{W_L}\frac{\rho_L}{\rho_G}\frac{u_L}{u_G}\right)} \qquad (۲-۲)$$

۲- نسبت لغزش[3] : نسبت سرعت فاز گاز به سرعت فاز مایع را نسبت لغزش می‌نامند. نسبت لغزش مانند کسرحجمی به پارامترهای جریان و خواص سیالها بستگی دارد که به صورت زیر تعریف می‌شود:

[1]- Void Fraction
[2]- Volumetric Fraction
[3]- Slip Ratio

$$S = \frac{u_G}{u_L} \qquad (۳-۲)$$

۳- سرعت ظاهری[1] : بسیاری از روابط تجربی موجود در جریانهای دوفازی بر اساس یک متغیر به نام سرعت ظاهری می‌باشند. سرعت ظاهری هر فاز عبارت است از سرعت فاز، هنگامی که آن فاز به تنهایی در کل لوله یا کانال حرکت کند. بنابر این بدیهی است که سرعت ظاهری هر فاز، از سرعت واقعی آن کمتر خواهد بود. در حقیقت، سرعتهای ظاهری فازها، معیاری از دبی گذرندهٔ هرکدام از آنها از لوله یا کانال می‌باشند. این سرعتها برای مایع و گاز به ترتیب با u_{SL} و u_{SG} ، نشان داده می شوند که به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$u_{SL} = \alpha_L u_L \qquad (۴-۲)$$

$$u_{SG} = \alpha_G u_G \qquad (۵-۲)$$

۴- سرعت لغزش: سرعت لغزش بین دو فاز، u_S ، عبارت است از اختلاف سرعتهای دو فاز که با رابطهٔ زیر تعیین می‌شوند:

$$u_{SL} = u_G - u_L \qquad (۶-۲)$$

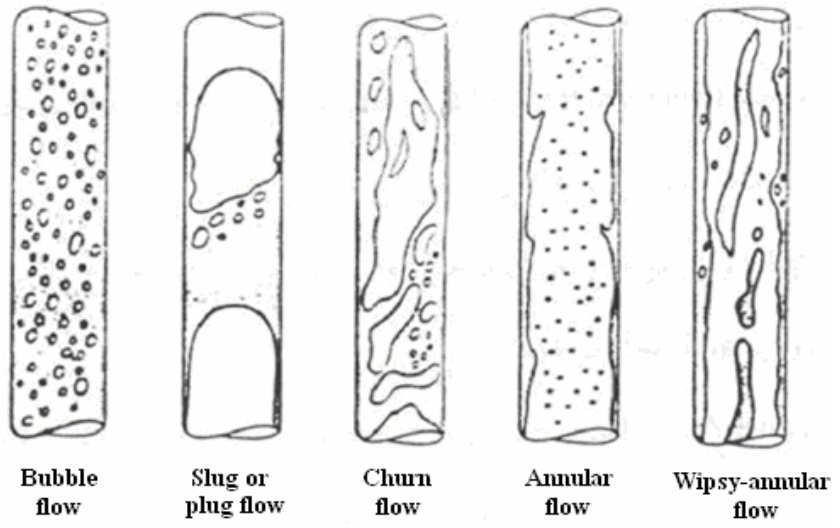
۵- فشار: متغیر دیگری که باید تعریف شود فشار(P) می باشد. افت فشار کلی در طول لوله و گرادیان فشار محلی به صورت $\frac{\partial P}{\partial X}$ نشان داده می شوند. در حالت آدیاباتیک، اختلاف فشار ناشی از HEAD (اختلاف ارتفاع)هیدرولیکی و اصطکاک است؛ برای حالت غیر آدیاباتیک اثرات شار حرارتی نیز باید اعمال شود.

۲-۱-۲- الگوهای جریان :

قبل از آغاز این بخش بایستی به این نکته اشاره کرد که از این به بعد، در هر بخش از این پایان‌نامه که صحبت از جریان دوفازی شود، منظور جریان دوفازی گاز- مایع می‌باشد. همانطور که در بخش قبل تا حدودی اشاره شد، مهمترین عاملی که موجب شکل‌گیری رژیمها یا الگوهای مختلف جریان دو فازی می‌شود، نحوهٔ توزیع و شکل سطح مشترک بین دو فاز است. سطح مشترک بین دوفاز می‌تواند شکلهای

[1]- Superficial Velocity

بسیار متنوعی به خود بگیرد که به دلیل وجود کشش سطحی[1] در بین دو فاز عموماً منحنی شکل می‌باشند که از آن جمله می‌توان به شکلهای قطره ای یا حبابی اشاره کرد که در نیروگاههای حرارتی به وفور با آنها مواجه هستیم (بویلرها و کندانسورها). تحت تأثیر عواملی از قبیل موقعیت و شکل هندسی خطوط لوله و تغییرات شدت جریان فازها و شار حرارتی وارد بر دیوارهٔ لوله که موجب تغییر فاز می‌شود، شکل سطوح مشترک دو فاز تغییر می‌یابد که در نتیجهٔ آن شاهد رژیمهای مختلف جریان دوفازی در داخل لوله و نظایر آن خواهیم بود. با توجه به این موضوع، جریانهای دو فازی می توانند به طور ساده از نظر سطح حایل دسته بندی شوند که این دسته بندی را رژیم جریان یا الگوی جریان[2] می نامند. گرچه این نوع دسته بندی به تحلیل جریان دو فازی کمک بسیار زیادی می کند اما هنوز یک دسته بندی کیفی است و از این جهت تعداد بسیار زیادی رژیم های مختلف جریان دو فازی با نام های گوناگون تعریف شده اند. به طور مثال یک دسته بندی برای جریان های دو فازی در لوله هـــای عمودی به صورت زیـــــر ارائه شده است (شکل۲ ـ۲) [۱].



شکل ۲-۲: نمایش الگوهای جریان در لوله های عمودی[۱]

۱ ـ *جریان حبابی*[3]:

[1]- Surface Tension
[2]-Flow Pattern
[3]-Bubble Flow

در این نوع رژیم جریان فازمایع به صورت پیوسته و فاز گاز به صورت پراکنده درون مایع به طرف بالا حرکت می کنند.

۲ ـ جریان لخته ای[1]:

با افزایش حجم حباب های پخش شده در جریان حبابی، حباب ها با یکدیگرجمع شده و یک حباب بزرگ ایجاد می‌کنندکه قطرآن برابر قطر لوله می شود، در این حالت، جریان Slug نامیده می شود و شکل حباب نیز گلوله ای است.

۳ ـ جریان کف آلود یا انتقالی[2]:

با افزایش دبی گاز، سرعت ایجاد حبابها درجریان لخته ای نیز افزایش می باید و نهایتاً، ترکیدن این حباب ها باعث ایجاد یک جریان پایدار می شود که مایع را در لوله به جلوو عقب می راند و از این جهت به آن جریان Churn(به جلو و عقب راندن) گفته می شود.

۴ ـ جریان حلقوی[3]:

دراین نوع رژیم، مایع مانند یک فیلم در دیواره لوله جریان می یابد و گاز در مرکز لوله جریان می یابد و عموماً قطرات کوچک مایع وارد فازگاز می شوند.

۵ـ جریان حلقوی- بسته ای[4]:

با افزایش دبی مایع، تمرکز ذرات مایع درون فاز گاز در جریان حلقوی افزایش می یابد تا جائیکه یک بسته بزرگ در داخل فاز گاز ایجاد می شود. این رژیم جریان ویژه جریان های پر سرعت است.

دسته بندی در جریان های افقی به خاطر حضور نیروی ثقل تا حدودی متفاوت است زیرا به خاطر چگالی بیشتر مایع، همواره گاز در قسمت بالای لوله و مایع در زیر آن قرار می گیرد. برای این حالت، دسته بندی شکل (۲ ـ۳) ارائه شده است [۱].

[1]-Slug Flow
[2]-Churn Flow
[3]-Annular Flow
[4]-Wispy-Annular Flow