

جریان سیال در خطوط لوله

تضمین جریان سیال چندفازی

نویسنده:

آو براتلند

ترجمین:

بهمن جاشیدی

مجید سرکاری

افشین بهرام‌پور



سرشناسه	براتلاند، اوه
عنوان و نام پدیدآور	Bratland, Ove
مشخصات نشر	جریان سیال در خطوط لوله: تضمین جریان سیال چندفازی / نویسنده آوا براتلاند؛ مترجمین بهناز جمشیدی، مجید سرکاری، افشین بهرام‌پور.
مشخصات ظاهری	کرج: آذرگان، ۱۳۹۹.
شابک	۲۶۹ ص.: مصور، جدول.
وضعیت فهرست نویسی	۴۵۰۰۰ ریال : 978-622-730727-6
یادداشت	فیبا
عنوان دیگر	عنوان اصلی: pipe flow 2. multi-phase flow assurance
موضوع	تضمین جریان سیال چندفازی.
موضوع	جریان دوفازی
موضوع	Two-phase flow
موضوع	جریان - فازی
موضوع	Multiphase flow
موضوع	جریان - فازی - الگوهای ریاضی
شناسه افزوده	جمشیدی، بهناز، ۱۳۶۰ مترجم
شناسه افزوده	سرکاری، مجید، ۱۳۲۰ مترجم
شناسه افزوده	بهرام‌پور، افشین، ۱۳۵۸ - مترجم
رده بندی کنگره	TA ۳۵۷/۵
رده بندی دیویی	۶۲۰/۱۰۶۴
شماره کتابشناسی ملی	۶۱۷۲۱۸۸
آدرس: کرج، جاده ملارد، گلستان ۴۳، ساختمان دیبا، واحد ۱۹ - کد پستی: ۳۱۶۶۹۳۶۸۶۹	
عنوان کتاب: جریان سیال در خطوط لوله تضمین جریان سیال چندفازی	
نویسنده: آوا براتلاند	
مترجمین: بهناز جمشیدی، مجید سرکاری، افشین بهرام‌پور	
مؤسسه نشر سیمرغ آسمان آذرگان	
نوبت چاپ: اول ۱۳۹۹	
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۳۰۷-۲۷-۶	
چاپ و لیتوگرافی: چاپ پارمیدا	
شمارگان: ۵۰۰	
قیمت: ۴۵۰۰۰ ریال	

پیشگفتار مترجمین

تضمین جریان یک اصطلاح نسبتاً جدید در صنعت نفت و گاز است که به تضمین جریان موفق و اقتصادی سیال هیدروکربن از مخزن تا محل فروش اشاره دارد.

تضمین جریان سیال در لوله و یا چاه شامل مباحث گسسته و تخصصی بسیاری می‌شود و به علمی مانند مکانیک سیالات، ترمودینامیک، مهندسی مکانیک، مهندسی شیمی، ریاضیات و علوم رایانه وابسته است. اما اگرچه خود این علوم به خوبی شناخته شده‌اند، اطمینان از جریان خیلی سریع در حال پیشرفت است، و نوشتن درباره آن کمی شبیه به تیراندازی به یک هدف متحرک است.

تضمین جریان شامل خورد مؤثر سیال با بسیاری از رسوبات جامد مانند هیدرات‌های گازی، آسفالتیر، موم و نفتالات می‌باشد. همچنین به دلیل فشار زیاد و درجه حرارت پایین سیال، مهم‌ترین مبحث در انرژی تولیدی، آب معلق است. ضرر مالی ناشی از قطع تولید یا خسارت ناشی از عدم اطمینان جریان می‌تواند نجومی باشد. آنچه وظیفه تضمین جریان را بیشتر می‌کند این است که این رسوبات جامد می‌توانند با یکدیگر تعامل داشته باشند و باعث ایجاد انسداد فاجعه‌باری در خطوط بهره شود. در نتیجه منجر به عدم برقراری جریان مطمئن شوند.

تضمین جریان همچنین شامل بررسی حرارتی خطوط لوله و اطمینان از اینکه که دما بالاتر از دمای تشکیل هیدرات است، می‌شود. یکی دیگر از جنبه‌های مهم تضمین جریان، ارزیابی فرسایش ناشی از ذرات جامد و خوردگی در خطوط لوله و تجهیزات است. با توجه به رشد بسیار سریع پیچیدگی‌های تضمین جریان سال در حال کار با این کتاب، بعضی مواقع احساس می‌شود که همه آخرین تحولات به‌روز شده خوب مطالعه قرار می‌گیرند.

در حال حاضر این کتاب می‌تواند یکی از کتاب‌های ارزشمند در ارتباط با اطمینان از جریان برای جریان دو، سه و (به طور مختصر) چهار فازی باشد.

کتاب‌های خوب زیادی در مورد جریان چندفازی وجود دارد، اما اطمینان از جریان آنقدر پیچیده است که نیاز به استفاده از ساده‌سازی‌های خاص برای سیستم دارد. ما در درجه اول با مقاطع دایره‌ای یا حلقوی سروکار داریم و این پیامدهای مهمی در چگونگی ساده‌سازی دارد. متداول‌ترین مدل‌ها یک‌بعدی یا شبه دو‌بعدی هستند و رژیم‌های جریان به تعداد

محدودی از انواع از پیش تعریف شده کاهش می‌یابند. مدل‌های پیشرفته‌تر و همچنین عمومی‌تر دوبُعدی یا سه‌بُعدی ممکن است نقش مهمی در آینده داشته باشند، اما در حال حاضر به کار تحقیقاتی یا مطالعات بخش‌های کوتاه مسیر جریان محدود شده‌اند.

محققانی که علاقه‌مند به مکانیک سیالات هستند، معمولاً مدل‌های شیمیایی بسیار ساده را ترجیح می‌دهند. اگر می‌خواهید برخی از جزئیات مربوط به آشفتگی جریان را در نظر بگیرید، این یک انتخاب طبیعی است. اما هر مدل مفید برای محاسبات تضمین جریان در سیستم‌های واقعی باید شامل داده‌های خواص شیمیایی و همبستگی‌های دقیق باشد. پدیده‌هایی که با آن‌ها سر و کار داریم، مشخصه مایعات نفتی است که در لوله‌ها یا چاه‌ها جریان دارند و مدل‌ها باید بر این اساس طراحی شوند. بنابراین نظریه جریان چندفاز عمومی به اندازه کافی خاص نیست که تمام ملاحظات مربوط را در بر بگیرد.

به طور کلی صنعت نفت به گاز روبه فرسودگی است و درصد زیادی از ماهرترین متخصصان طی دهه آینده به سن بازنشستگی می‌رسند. دانش کلید اصلی مدیریت انرژی در صنعت نفت است و چه آن را دوست داشته باشید یا نه، افرادی که در آن کار می‌کنند به بهترین وجه این موقعیت را در اختیار دارند تا تفاوت مثبتی داشته باشند. داشتن دانش کافی در زمینه تضمین جریان سیال در عین پیچیدگی و توسعه سریع آن، این متفاوت بودن را برای فرد ایجاد می‌کند.

این کتاب ترجمه‌ای از نسخه اصلی «جریان در خطوط لوله: تضمین جریان سیال چندفازی» است که در سال ۲۰۱۰ توسط «آو براتلند» جریان گردیده است. امید است راهنمای خوبی در فهم بیشتر مفاهیم کلیدی جریان سیال باشد. این کتاب در راستای اعتلای صنعت نفت و گاز برای علاقه‌مندان، اساتید و متخصصین فنی به رشته تدریس درآمده است و می‌تواند به عنوان منبعی جهت تدریس در سطح دانشگاه‌های کشور مورد استفاده قرار گیرد.

بهناز جمشیدی

مجید سرکاری

افشین بهرام‌پور

فهرست

پیشگفتار مترجمین	۵
فصل اول: مقدمه	۱۵
۱-۱) جریان چند فازی	۱۵
۱-۱-۱) کلیات	۱۵
۱-۱-۲) مدل‌های چندفازی در رآکتورهای هسته‌ای	۱۸
۱-۱-۳) جریان چندفازی در صنایع نفتی	۱۹
۱-۲) جریان دوفازی	۲۰
۱-۲-۱) رژیم‌های جریان در خط لوله‌های افقی	۲۰
۱-۲-۲) تبدیل حالت	۲۲
۱-۲-۳) رژیم‌های جریان در خط لوله عمودی	۲۲
۱-۲-۴) نقش رژیم جریان	۲۳
۱-۲-۵) جریان در لوله‌های حلقوی متحدالمرکز و مختلفالمرکز	۲۵
۱-۳) جریان‌های سه و چهار فازي	۲۷
۱-۳-۱) انواع جریان‌های سه‌فازی و چهارفازی	۲۷
۱-۳-۲) رژیم جریان‌های سه‌فازی	۲۷
۱-۴) حالت‌های خاص احتمالی در جریان‌های چندفازی	۲۸
۱-۵) برخی تعاریف و مفاهیم در خصوص جریان‌های چندفازی	۲۹
۱-۵-۱) کلیات	۲۹
۱-۵-۲) جزء حجمی (α)، میزان انباشتگی مایع (hold up) و برش آبی (water cut)	۲۹
۱-۵-۳) سرعت ظاهري	۲۹
۱-۵-۴) دانسیته و سرعت مخلوط جریان:	۳۰
فصل دوم: معادلات بقا	۳۱
۲-۱) مقدمه	۳۱
۲-۲) معادلات بقاء جرم	۳۲
۲-۲-۱) مقایسه معادله بقاء جرم جریان تک فازي با چند فازي	۳۳

۳۴	۲-۲-۲) معادلات بقاء جرم در فازهای کاملاً مخلوط شده در هم
۳۴	۲-۳) معادلات بقاء مومنتوم در سیال چندفازی
۳۴	۲-۳-۱) معادلات اصلی
۳۸	۲-۳-۲) اختلاف فشار بین فازها به دلیل اختلاف ارتفاع
۳۹	۲-۳-۳) تشریح نیروهای موجود میان فازها
۴۰	۲-۳-۴) مقایسه معادلات بقاء مومنتوم در جریان تکفازی و چندفازی
۴۰	۲-۴) معادلات بقاء انرژی
۴۲	۲-۴-۱) مقایسه معادلات بقاء انرژی سیال تکفازی و چندفازی
۴۲	۲-۵) انتقال جرم بین فازها با فشار برابر
۴۴	۲-۶) توضیح معادلات بقاء
۴۴	۲-۶-۱) معادلات
۴۵	۲-۶-۲) روابط تبدیلی
۴۷	فصل سوم: مدل دو سیالی
۴۷	۳-۱) تعریف مسئله
۴۷	۳-۲) بقاء جرم
۴۸	۳-۳) بقاء مومنتوم
۴۹	۳-۴) اختلاف فشار فاز گاز و مایع در رژیم لایه‌ای
۵۰	۳-۵) اصطکاک در رژیم لایه‌ای
۵۳	۳-۶) حل معادلات جریان غیرقابل تراکم پایدار
۵۳	۳-۶-۱) مدل
۵۵	۳-۶-۲) روش حل
۵۶	۳-۷) حل جریان پایدار تراکم‌پذیر
۵۸	۳-۸) مدل شبیه‌سازی کاملاً ناپایا
۵۹	۳-۹) مدل فلاکس لغزشی
۶۰	۳-۱۰) نادیده گرفتن تکرار در معادلات مومنتوم
۶۱	۳-۱۱) مدل گذاری تراکم‌ناپذیر
۶۳	فصل چهارم: مدل دوفازی شامل سه سیال

- ۶۳- ۱) کلیات ۶۳
- ۶۳- ۲) بقاء جرم ۶۳
- ۶۴- ۳) بقاء مومنوم ۶۴
- ۶۵- ۴) معادله انرژی ۶۵
- ۶۶- ۵) خواص سیال ۶۶

فصل پنجم: اصطکاک، تهنشینی و انتقال ۶۷

- ۶۷- ۱) اصطکاک بین هسته گاز و فیلم مایع ۶۷
- ۶۷- ۱-۱) کلیاتی در مورد اصطکاک ۶۷
- ۶۷- ۱-۲) مدل اصطکاک ۶۷
- ۶۷- ۱-۳) اصطکاک دارسی و سیباخ برای سطح مشترک گاز و فیلم مایع ۶۷
- ۶۹- ۴-۱) اصطکاک بین فیلم مایع و دیواره ۶۹
- ۷۱- ۲-۱) اصطکاک گاز و قطرات و زمان پاسخ دینامیک ۷۱
- ۷۲- ۳-۱) نیروی اصطکاک فیلم مایع و قطرات مایع ۷۲
- ۷۶- ۱-۳) مقدمه ۷۶
- ۷۶- ۳-۲) مدل زمان متقابل قطرات - ارائه شد توسط زایچیک و البیچنکوف ۷۶
- ۷۶- ۳-۳) اصطکاک فیلم مایع - قطرات با در نظر گرفتن قطرات به صورت فاز پیوسته ۷۸
- ۷۸- ۴-۱) برگشت و تهنشینی قطرات به درون فیلم مایع ۷۸
- ۷۹- ۵-۱) جدایش مایع به صورت قطره از فیلم مایع ۷۹
- ۸۰- ۶-۱) اندازه قطرات ۸۰
- ۸۱- ۶-۲) ماکزیمم قطر پایدار قطره ناشی از اختلاف سرعت متوسط ۸۱
- ۸۱- ۶-۳) ماکزیمم قطر پایدار قطره ناشی از آشفته‌گی ۸۱
- ۸۳- ۶-۴) قطر متوسط قطره ۸۳

فصل ششم: حل معادلات جریان دوفازی شامل سه سیال ۸۵

- ۸۵- ۱) حل معادلات جریان تراکم‌ناپذیر پایدار دما ثابت ۸۵
- ۸۷- ۲) مقایسه با اندازه‌گیری‌ها ۸۷

۶-۳) جریان تراکم‌پذیر پایدار ۸۹

۶-۴) مدل ناپایدار جریان حلقوی دوفازی-سه سیالی ۹۰

فصل هفتم: جریان لخته‌ای گاز-مایع ۹۳

۷-۱) مکانیزم لخته ۹۳

۷-۲) روابط تجربی تناوب لخته ۹۴

۷-۲-۱) تناوب و طول لخته ۹۴

۷-۲-۲) روابط تجربی درصد لخته ۹۶

۷-۳) سرعت حباب گاز درون لخته و بخش حبابی تیلور ۹۷

۷-۳) اصطکاک در دنباله لخته‌های ۹۸

۷-۴) شبیه‌سازی دینامیک لخته ۱۰۱

فصل هشتم: وجوه جرم و یعان جریان دوفازی ۱۰۳

۸-۱) گسترده کردن جریان دوفازی حاوی سه سیال ۱۰۳

۸-۲) بقاء جرم ۱۰۳

۸-۳) بقاء مومنتوم ۱۰۴

۸-۳-۱) معادلات اصلی ۱۰۴

۸-۳-۲) برخی توضیحات در مورد سرعت در سطح مشترک ۱۰۷

۸-۴) معادله انرژی ۱۰۸

۸-۵) معادله فشار ۱۰۹

۸-۶) انتقال جرم از مایع (فیلیم مایع یا قطرات) به گاز ۱۱۰

۸-۷) تماس بین گاز و قطرات در جریان حلقوی ۱۱۰

۸-۸) برگشت قطره در جریان حلقوی ۱۱۱

۸-۸-۱) روابط والیس ۱۱۳

۸-۸-۲) روابط اولیمنز، پاتس و تروپ ۱۱۳

۸-۸-۳) رابطه ایشی و میشیما ۱۱۳

۸-۸-۴) رابطه سوانت، ایشی و موری ۱۱۴

۸-۹) جریان حبابی پراکنده ۱۱۵

۸-۱۰) جریان لخته‌ای ۱۱۶

فصل نهم: توسعه مدل سازی جریان لخته‌ای ۱۱۹

- ۱-۹) مقدمه ۱۱۹
- ۲-۹) معادلات حاکم ۱۱۹
- ۳-۹) مدل اصطکاک ۱۲۱
- ۴-۹) ورود و خروج حباب‌ها ۱۲۳
- ۱-۴-۹) سرعت حباب درون لخته ۱۲۳
- ۲-۴-۹) حباب‌های وارد شده و خارج شده از لخته مایع ۱۲۵
- ۳-۴-۹) سرعت در فیلم مایع و قسمت‌های جلویی و انتهایی لخته ۱۲۷
- ۹-۹) نتایج و اعتبار مدل ۱۲۸

فصل دهم: مدل حرارت در جریان‌های چند فازي ۱۳۱

- ۱-۱۰) مقدمه ۱۳۱
- ۲-۱۰) روابط ساده و بسته برای شده مخلوط ۱۳۳
- ۳-۱۰) روابط پیشرفته تر برای رژیم‌های جریان دوفازی در خط لوله‌های افقی ۱۳۴
- ۴-۱۰) ضریب انتقال حرارت برای رژیم جریان مشخص در خط لوله افقی ۱۳۶
- ۵-۱۰) روابط ضریب انتقال حرارت برای رژیم جریان دوفازی در خط لوله‌های شیب‌دار ۱۳۷
- ۶-۱۰) انتقال حرارت در جریان حبابی پراکنده ۱۳۷
- ۷-۱۰) انتقال حرارت در جریان لایه‌ای ۱۳۷
- ۸-۱۰) انتقال حرارت در جریان لخته‌ای ۱۳۸

فصل یازدهم: نحوه تعیین رژیم جریان ۱۴۱

- ۱-۱۱) مدل بگز و بریل (BEGGS & BRILL MODEL) ۱۴۱
- ۲-۱۱) مدل تایتل و داکلر در لوله‌های افقی ۱۴۳
- ۳-۱۱) تعیین رژیم‌های جریان در خط لوله‌های عمودی ۱۴۹
- ۱-۱۱-۳) شرایط تبدیل جریان حبابی به لخته‌ای در لوله‌های عمودی ۱۵۰
- ۲-۱۱-۳) تغییر رژیم به جریان حبابی پراکنده در لوله‌های عمودی ۱۵۲
- ۳-۱۱-۳) تغییر رژیم از جریان لخته‌ای به خروشان در لوله‌های عمودی ۱۵۴
- ۴-۱۱-۳) تغییر رژیم به جریان حلقوی در لوله‌های عمودی ۱۵۴

- ۱۱-۴ (۱۱-۴) رژیم‌های جریان در لوله‌های شیب‌دار ۱۵۵
- ۱۱-۴-۱ (۱۱-۴-۱) جریان حبابی به لخته‌ای در خط لوله‌های شیب‌دار ۱۵۶
- ۱۱-۴-۲ (۱۱-۴-۲) تغییر رژیم جریان از گذرا (انتقالی) به حبابی پراکنده در خط لوله‌های شیب‌دار ۱۵۶
- ۱۱-۴-۳ (۱۱-۴-۳) تغییر رژیم جریان از دوره‌ای یا متناوب (intermittent) به حلقوی ۱۵۶
- ۱۱-۴-۴ (۱۱-۴-۴) رژیم لخته‌ای به خروشان (churn) ۱۵۶
- ۱۱-۴-۵ (۱۱-۴-۵) رژیم جریان در شیب‌های منفی خط لوله ۱۵۶
- ۱-۵ (۱-۵) معیار رژیم حداقل لغزش ۱۵۷

فصل دوازدهم: روش‌های حل عددی ۱۵۹

- ۱۲-۱ (۱۲-۱) برخی ضروریات در مورد روش‌های عددی ۱۵۹
- ۱۲-۱-۱ (۱۲-۱-۱) برخی مشکلات در ارتباط با روش‌های درجه بالاتر ۱۵۹
- ۱۲-۱-۲ (۱۲-۱-۲) استفاده از تریب بسط تیلور ۱۶۰
- ۱۲-۱-۳ (۱۲-۱-۳) خطای حذف، بازگشتی و همگرایی ۱۶۱
- ۱۲-۱-۴ (۱۲-۱-۴) روش‌های انتگرال‌گیری عددی ۱۶۳
- ۱۲-۱-۵ (۱۲-۱-۵) ترکیب روش‌های ضمیمه و صریح ۱۶۴
- ۱۲-۲ (۱۲-۲) برخی ضروریات در مورد معادلات هذلولی ۱۶۵
- ۱۲-۳ (۱۲-۳) حل سیستم‌های معادلات هذلولی ۱۶۷
- ۱۲-۳-۱ (۱۲-۳-۱) تقسیم بردار فلاکس ۱۶۷
- ۱۲-۳-۲ (۱۲-۳-۲) روش لاکس - فردریچ ۱۷۰
- ۱۲-۴ (۱۲-۴) معادلات هذلولی با عبارت‌های منبع ۱۷۱
- ۱۲-۵ (۱۲-۵) انتخاب روش گسسته‌سازی ۱۷۴
- ۱۲-۶ (۱۲-۶) روش توسعه یافته دیفرانسیلی پس‌رو ذوزنقه‌ای درجه دوم (TR-BDF2) ۱۷۵
- ۱۲-۷ (۱۲-۷) روش‌های نیمه‌ضمنی ۱۷۷
- ۱۲-۸ (۱۲-۸) روش تکرار نیوتن - رافسون و نیوتن - کريلوف ۱۸۱
- ۱۲-۸-۱ (۱۲-۸-۱) مشکلات روش تکرار نیوتن رافسون برای سیستم‌های بزرگ ۱۸۱
- ۱۲-۸-۲ (۱۲-۸-۲) ایجاد ماتریس ژاکوبین با تعداد کمتر توابع ۱۸۲
- ۱۲-۸-۳ (۱۲-۸-۳) مشکلات روش تکرار نیوتنی ۱۸۳

۴-۸-۱۲) استفاده از روش تکرار نیوتن-کریلوف جهت رفع نیاز به محاسبه

زاکوبین ۱۸۴

فصل سیزدهم: جریان دوفازی مایع - مایع ۱۸۷

۱-۱۳) کلیات ۱۸۷

۲-۱۳) گرانشی امولسیون ۱۹۱

۳-۱۳) معیار جابجایی فاز ۱۹۳

۴-۱۳) مدل اصطکاک جریان لایه‌ای ۱۹۴

فصل چهاردهم: جریان دوفازی جامد - مایع ۱۹۷

۱-۱۴) کلیاتی در مورد جریان جامد-مایع ۱۹۷

۲-۱۴) افزایش تجمع جامدات در خط لوله ۱۹۹

۳-۱۴) نسبت سرعت انتقال ۲۰۰

فصل پانزدهم: جریان سه فاز گاز-مایع-مایع ۲۰۷

۱-۱۵) مقدمه ۲۰۷

۲-۱۵) معادلات اصلی ۲۰۸

۳-۱۵) جریان سه فاز لایه‌ای ۲۰۹

۴-۱۵) مدل سازی جریان سه فازي لختل تراکم ناپایا ۲۱۱

۵-۱۵) ترکیب رژیم‌های مختلف در یک مدل واحد ۲۱۶

فصل شانزدهم: جریان سه فازي گاز-مایع-جامد ۲۱۹

۱-۱۶) مقدمه ۲۱۹

۲-۱۶) مدل‌ها و روابط ۲۲۰

فصل هفدهم: خواص سیالات ۲۲۳

۱-۱۷) کلیات ۲۲۳

۲-۱۷) معادلات حالت ۲۲۶

۳-۱۷) خواص دیگر جهت تکمیل معادلات ۲۳۱

۱-۳-۱۷) آنتالپی ۲۳۱

۲-۳-۱۷) انرژی داخلی ۲۳۱