دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

پایان‌نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی مکانیک-گرایش تبدیل انرژی

شبیه‌سازی جریان سیال اطراف پیگ متحرک در لوله

استاد راهنما: دکتر محمدرضا نظری

استاد مشاور: دکتر محمد سفید

پژوهش و نگارش: رضا کاوه

بهمن ۱۳۹۲

دانشگاه یـــــــــــزد
دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

پایان‌نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی مکانیک-گرایش تبدیل انرژی

شبیه‌سازی جریان سیال اطراف پیگ متحرک در لوله

استاد راهنما: دکتر محمدرضا نظری

استاد مشاور: دکتر محمد سفید

پژوهش و نگارش: رضا کاوه

بهمن ۱۳۹۲

تقدیم به:

با سپاس از لطف بیکران خداوند، تقدیم به همسر صبور و مهربانم، به پاس همدلی و همراهی‌اش و تقدیم به دختر زیبایم، بهار، به خاطر بزرگ اندیشی و مهربانی‌اش.

تقدیر و تشکر:

با سپاس از الطاف بیکران الهی، نهایت تشکر و قدردانی خود را از استاد بزرگوار جناب آقای دکتر محمدرضا نظری به پاس راهنمایی‌های عالمانه و دلسوزانه‌اشان ابراز می‌دارم.

و همچنین از استاد گرامی جناب آقای دکتر محمد سفید به پاس رهنمودهای بزرگوارانه‌اشان تشکر و قدردانی می‌نمایم.

و برای هر دو عزیز بزرگوار سلامتی و توفیق آرزومندم.

چکیده:

از خطوط لوله برای انتقال انواع محصولات خصوصاً در صنعت نفت و گاز استفاده می‌شود. برای داشتن عملکرد مؤثر، خطوط لوله باید در بازه‌های زمانی مشخص پیگ‌رانی شوند. پیگ‌ها برای داشتن عملکرد مناسب باید در سرعت ثابتی حرکت کنند و سرعت کنترل‌نشده و فزاینده پیگ می‌تواند بسیار خطرناک باشد. برای کنترل سرعت پیگ و مطالعه رفتار دینامیکی آن و همچنین تخمین متغیرهای مرتبط با حرکت پیگ، مطالعه رفتار سیال در اطراف پیگ امری ضروری به نظر می‌رسد.

در این پایان‌نامه، جریان سیال اطراف پیگ متحرک در لوله به طور کامل توسط نرم‌افزار تجاری قدرتمند ANSYS CFX شبیه‌سازی شده است. در ابتدا نیروی وارد بر پیگ ساکن، برای بای‌پس‌های مختلف به دست آمده و با نتایج موجود مقایسه شده که انطباق خوبی را نشان می‌دهد. در ادامه، برای حرکت شبکه اطراف پیگ متحرک در لوله، از روش شبکه‌بندی مجدد در تکنیک شبکه دینامیک موجود در نرم‌افزار ANSYS CFX، استفاده‌شده است. به‌طوریکه ابتدا، صحت استفاده از شرط مرزی تقارن جهت کاهش حجم محاسبات مورد بررسی و سپس استقلال از شبکه مورد مطالعه قرار گرفته است. در ادامه میدان جریان بالادست و پایین‌دست پیگ و همچنین سرعت، شتاب و موقعیت پیگ در زمان‌های مختلف بدست آمده است. بدین منظور، معادلات ناویراستوکس و بقای جرم، برای جریان سیال لزج تراکم‌ناپذیر حل و از مدل تلاطم k-ε، برای شبیه‌سازی توربولانس استفاده‌شده است. در بررسی حرکت پیگ داخل لوله نتایج نشان داده است که در ابتدا، نیروی وارد بر پیگ از طرف سیال، زیاد است و با گذشت زمان به دلیل کاهش سرعت نسبی بین پیگ و جریان سیال، نیروی وارد بر پیگ کاهش می‌یابد. به‌طوریکه، با نیروی خارجی وارد بر آن (اصطکاک) برابر و برآیند نیروهای وارد بر پیگ، صفر می‌گردد. بدین ترتیب، شتاب پیگ به سمت صفر میل می‌کند و سرعت پیگ ثابت می‌گردد. هم‌چنین، با گذشت زمان و با جلو رفتن پیگ، به علت کاهش شتاب پیگ، تغییرات سرعت و فشار در طول لوله کاهش می‌یابد به‌طوریکه شرایط جریان به سمت حالت دائم پیش می‌رود. در بررسی تأثیر وجود پیگ بر سرعت جریان در طول لوله نیز مشخص می‌گردد که بیشترین تأثیر وجود پیگ، بر روی سرعت جریان خروجی پیگ می‌باشد و در فواصل دورتر از پیگ، تغییرات سرعت کمتر می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه

فصل اول: معرفی پیگ..... ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- پیگ چیست؟..... ۲

۱-۳- تاریخچه پیگ‌رانی خطوط لوله [۱و۲]..... ۳

۱-۴- انواع پیگ [۳]..... ۵

۱-۴-۱- پیگ‌های خدماتی..... ۵

۱-۴-۱-۱- پیگ کاسه‌ای (صفحه‌ای)..... ۶

۱-۴-۱-۲- پیگ اسفنجی..... ۷

۱-۴-۱-۳- پیگ کروی ۹

۱-۴-۲- پیگ‌های هوشمند..... ۹

۱-۴-۲-۱- پیگ تشخیص هندسی..... ۱۱

۱-۴-۲-۲- پیگ تشخیص عیوب خوردگی..... ۱۴

فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته و معرفی تحقیق حاضر..... ۱۹

۲-۱- مقدمه..... ۱۹

۲-۲- مروری بر تحقیقات انجام شده..... ۲۰

۲-۳- اهداف تحقیق حاضر..... ۳۳

فصل سوم: معادلات حاکم بر جریان..... ۳۴

۳-۱- مقدمه..... ۳۴

۳-۲- رویکرد حجم محدود..... ۳۵

۳-۳- روش‌شناسی CFD..... ۳۷

۳-۳-۱- ایجاد هندسه و شبکه..... ۳۷

۳-۳-۱-۱- شبکه‌های متحرک..... ۳۷

۳-۳-۲- تعریف فیزیک مدل..... ۳۹

۳-۳-۳- حل مسئله..... ۳۹

۳-۳-۴- نمایش نتایج در پردازنده..... ۴۰

۳-۴- جسم صلب و 6DOF ۴۰
۳-۵- جریان‌های آشفته ۴۲
۳-۵-۱- جریان گذرا در لوله ۴۳
۳-۵-۲- اثر اغتشاش ۴۳
۳-۶- معادلات حاکم بر جریان ۴۴
۳-۷- گسسته‌سازی عددی ۴۵
۳-۷-۱- گسسته‌سازی معادلات حاکم ۴۵
۳-۷-۲- مرتبه دقت ۴۸
۳-۸- توابع شکل ۴۹
۳-۸-۱- گرادیان‌های حجم کنترل ۵۰
۳-۹- جمله جابجایی سیال ۵۱
۳-۹-۱- طرح مرتبه یک اختلاف بالادست ۵۱
۳-۹-۲- فاکتور ترکیبی مشخص ۵۲
۳-۹-۳- طرح اختلاف مرکزی ۵۳
۳-۹-۴- طرح دقت بالا ۵۳
۳-۱۰- جملات نفوذ ۵۴
۳-۱۱- جمله گرادیان فشار ۵۵
۳-۱۲- دبی‌های جرمی ۵۵
۳-۱۲-۱- کوپلینگ فشار- سرعت ۵۵
۳-۱۳- دستگاه معادلات کوپل ۵۷
۳-۱۴- استراتژی حل ۵۸
۳-۱۴-۱- جواب کلی ۵۹
۳-۱۴-۲- حل معادله خطی ۶۱
۳-۱۴-۳- تعیین گام زمانی ۶۲
فصل چهارم: حل عددی و نتایج ۶۳
۴-۱- مقدمه ۶۳
۴-۲- پیگ ساکن در لوله ۶۴
۴-۲-۱- هندسه و شرایط مرزی و شبکه‌بندی ۶۴
۴-۲-۲- نتایج ۶۶
۴-۳- جریان سیال اطراف پیگ متحرک در لوله ۷۰

۴-۳-۱- مدل‌سازی پیگ و لوله..... ۷۰
۴-۳-۲- شرایط اولیه، مرزی و شبکه‌بندی..... ۷۱
۴-۳-۳- بررسی تأثیر شرط مرزی تقارن بر نتایج..... ۷۲
۴-۳-۴- بررسی تأثیر اندازه شبکه بر نتایج..... ۷۴
۴-۳-۵- نتایج..... ۷۶
۴-۴- نتیجه‌گیری..... ۸۹
۴-۵- پیشنهادات..... ۹۱

فهرست شکل‌ها

عنوان	شماره صفحه

فصل اول: معرفی پیگ..... ۱

شکل ۱-۱- نمونه‌ای از پیگ هوشمند و خدماتی [۱]..... ۳

شکل ۱-۲- چند نمونه از پیگ‌های کاسه‌ای [۳]..... ۷

شکل ۱-۳- چند نمونه از پیگ‌های اسفنجی [۳]..... ۸

شکل ۱-۴- چند نمونه از پیگ نوع کروی [۳]..... ۹

شکل ۱-۵- نمونه پیگ کلیپر اولیه [۳]..... ۱۲

شکل ۱-۶- نمونه شماتیک پیگ‌های ROSEN [۳] ۱۳

شکل ۱-۷- یک نمونه از پیگ MFL بریتیش گاز [۳] ۱۶

فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته و معرفی تحقیق حاضر..... ۱۹

شکل ۲-۱- میدان سرعت و فشار در یک پیگ کاسه‌ای پیستونی شکل دارای حفره‌های بای‌پس هم‌تراز [۱۲]..... ۲۳

شکل ۲-۲- میدان سرعت و فشار در یک پیگ کاسه‌ای پیستونی شکل دارای حفره‌های بای‌پس غیر هم‌تراز [۱۲]..... ۲۴

شکل ۲-۳- طرح محاسبه دینامیکی پیگ [۱۵]..... ۲۷

شکل ۲-۴- سرعت پیگ در مقایسه با موقعیت آن، برای دو حالت گاز ایده‌آل و گاز حقیقی [۲۰]... ۲۹

شکل ۲-۵- سرعت پیگ نسبت به زمان برای دبی‌های مختلف سیال [۲۲]..... ۳۱

فصل سوم: معادلات حاکم بر جریان..... ۳۴

شکل ۳-۱- ایجاد حجم کنترل در یک شبکه دوبعدی [۲۹]..... ۴۶

شکل ۳-۲- المان شبکه [۲۹]..... ۴۷

شکل ۳-۳- المان شش‌وجهی [۲۹]..... ۵۰

شکل ۳-۴- اعمال خطای پخش به گرادیان‌های شدید [۲۹]..... ۵۲

شکل ۳-۵- اعمال خطای پخش به گرادیان‌های شدید [۲۹]..... ۵۳

شکل ۳-۶- رویکرد حل در نرم‌افزار ANSYS CFX..... ۶۰

فصل چهارم: حل عددی و نتایج..... ۶۳

شکل ۴-۱-نمایی از پیگ ساکن با بای‌پس نسبت ۰/۴..... ۶۴

شکل ۴-۲-نمایی از محدوده میدان محاسباتی جهت شبیه‌سازی نیروی وارد بر پیگ..... ۶۴

شکل ۴-۳- مقایسه تغییرات نیروی وارد بر پیگ ساکن بر حسب نسبت قطر با نتایج رامیرز و همکاران [۲۸] ۶۶
شکل ۴-۴- نمودار سرعت در محور لوله برحسب طول لوله..... ۶۷
شکل ۴-۵- نمودار فشار در محور لوله برحسب طول لوله..... ۶۷
شکل ۴-۶- کانتور فشار در طول لوله برای پیگ ساکن با بای‌پس ۰/۴..... ۶۸
شکل ۴-۷- کانتور سرعت محوری در طول لوله برای پیگ ساکن با بای‌پس ۰/۴..... ۶۸
شکل ۴-۸- کانتور خط جریان سرعت داخل لوله برای پیگ با بای‌پس ۰/۴..... ۶۹
شکل ۴-۹- نمودار سرعت محوری در امتداد شعاع پیگ با بای‌پس ۰/۴..... ۶۹
شکل ۴-۱۰- نمایی از مدل پیگ با ابعاد مورد استفاده در تحقیق حاضر..... ۷۰
شکل ۴-۱۱- نمایی از مدل‌سازی میدان محاسباتی و نمای بزرگ‌شده شبکه..... ۷۰
شکل ۴-۱۲-نمایش تراکم شبکه در نزدیکی دیواره‌ها..... ۷۱
شکل ۴-۱۳- نمایش شبکه در زمان قبل و بعد از شبکه‌بندی مجدد..... ۷۱
شکل ۴-۱۴-هندسه مورد استفاده با شرط مرزی ۱۲۰ درجه..... ۷۲
شکل ۴-۱۵- مقایسه شتاب پیگ در زمان‌های مختلف برای شرط مرزی تقارن ۳۰، ۹۰ و ۱۲۰ درجه ۷۳
شکل ۴-۱۶- مقایسه سرعت پیگ در زمان‌های مختلف برای شرط مرزی تقارن ۳۰، ۹۰ و ۱۲۰ درجه ۷۳
شکل ۴-۱۷- مقایسه برآیند نیروهای وارد بر پیگ در زمان‌های مختلف برای شرط مرزی تقارن ۳۰، ۹۰ و ۱۲۰ درجه..... ۷۵
شکل ۴-۱۸- مقایسه تغییرات شتاب پیگ در زمان‌های مختلف برای شبکه‌بندی با تعداد سلول‌های مختلف..... ۷۵
شکل ۴-۱۹- مقایسه تغییرات سرعت پیگ در زمان‌های مختلف برای شبکه‌بندی با تعداد سلول‌های مختلف..... ۷۵
شکل ۴-۲۰- مقایسه تغییرات برآیند نیروی وارد بر پیگ در زمان‌های مختلف برای شبکه‌بندی با تعداد سلول‌های مختلف..... ۷۶
شکل ۴-۲۱- نمودار نیروی وارد بر پیگ از طرف سیال در زمان‌های مختلف ۷۷
شکل ۴-۲۲- نمودار نیروی اصطکاک بین دیواره پیگ و لوله در زمان‌های مختلف ۷۷
شکل ۴-۲۳- نمودار برآیند نیروهای وارد بر پیگ در زمان‌های مختلف..... ۷۸
شکل ۴-۲۴- نمودار شتاب پیگ در هر زمان..... ۷۹
شکل ۴-۲۵- نمودار سرعت پیگ در هر زمان..... ۷۹

شکل ۴-۲۶- نمودار موقعیت پیگ در هر زمان..... ۸۰
شکل ۴-۲۷- نمودار شتاب پیگ در موقعیت‌های مختلف..... ۸۰
شکل ۴-۲۸- نمودار سرعت پیگ در موقعیت‌های مختلف..... ۸۱
شکل ۴-۲۹- کانتور سرعت در طول لوله در زمان‌های مختلف..... ۸۲
شکل ۴-۳۰- کانتور خط جریان سرعت در طول لوله در زمان‌های مختلف..... ۸۳
شکل ۴-۳۱- کانتور فشار در طول لوله در زمان‌های مختلف..... ۸۴
شکل ۴-۳۲- نمودار سرعت در محور لوله بر حسب طول لوله در زمان‌های مختلف..... ۸۵
شکل ۴-۳۳- نمودار فشار در محور لوله بر حسب طول لوله در زمان‌های مختلف..... ۸۵
شکل ۴-۳۴- موقعیت پیگ در زمان‌های مختلف و مقطع مورد نظر..... ۸۶
شکل ۴-۳۵- منحنی سرعت در مقطع مشخص‌شده در زمان‌های مختلف..... ۸۷
شکل ۴-۳۶- کانتور سرعت در زمان یک ثانیه و مقاطع مورد نظر..... ۸۸
شکل ۴-۳۷- منحنی سرعت در مقاطع مشخص‌شده در زمان یک ثانیه..... ۸۸

فهرست نمادها

F_G	بردار نیرو
m	جرم
$\overset{\circ}{v}_G$	حرکت انتقالی مرکز جرم
U	سرعت جریان سیال
D	قطر لوله
P	فشار
T	دما
t	زمان
h	آنتالپی
D_i	قطر داخلی پیگ
D_o	قطر خارجی پیگ
نمادهای یونانی	
ρ	چگالی سیال
μ	ویسکوزیته دینامیکی
$\boldsymbol{\nu}$	ویسکوزیته سینماتیکی
$\boldsymbol{\tau}$	تنش
اعداد بدون بعد	
Re	عدد رینولدز
بالا نویس‌ها	
o	گام زمانی قبلی
–	مقدار متوسط

فصل اول

معرفی پیگ

۱-۱- مقدمه

خطوط لوله، متداول‌ترین و ایمن‌ترین روش برای انتقال فراورده‌های نفت و گاز می‌باشند. با گذشت زمان ذرات معلق در سیالات عبوری از داخل لوله به صورت رسوب به دیواره لوله چسبیده و باعث بالا رفتن ضریب اصطکاک بین سطح لوله و سیال و کاهش قطر داخلی لوله و در نتیجه افت دبی جریان عبوری از آن و در نهایت اتلاف انرژی می‌شود. واکس‌ها، میعانات گازی، آب، براده‌ها، ذرات شن و دیگر ذرات خارجی رسوب‌کرده بر دیواره خط لوله، همگی می‌تواند بر ظرفیت، عملکرد و یکپارچگی سیستم‌های خط لوله هیدروکربنی تأثیر منفی بگذارد. هم‌چنین، دیواره‌های خطوط لوله پس از چند سال کارکرد، دچار آسیب‌های فیزیکی نظیر تورفتگی و خوردگی‌های داخلی می‌شوند. این خوردگی‌ها می‌تواند باعث تخریب خط لوله و کاهش عمر و راندمان هیدرولیکی و صافی سطح لوله شود و در نتیجه هزینه‌های عملیاتی و انتقال سیال را افزایش دهد.

خطوط لوله، سرمایه‌های عظیم کشور ما هستند و برای اقتصاد ملی ما حیاتی می‌باشند. از این رو ضروری است که برنامه‌هایی اجرا شود که خطوط لوله به صورت مؤثر، ایمن و پیوسته کار کنند.

پیگ (pig)[1] وسیله‌ای است که در طول لوله حرکت کرده و عملیات خدماتی و یا بازرسی انجام می‌دهد. برای داشتن عملکرد مؤثر باید در بازه‌های زمانی مشخص عملیات پیگ‌رانی[2] در خطوط لوله انجام پذیرد. پیگ‌رانی منجر به تخلیه خطوط لوله از مایع، کاهش افت فشار کلی و افزایش بازده جریان می‌شود.

۱-۲- پیگ چیست؟

پیگ وسیله‌ای است که در لوله‌های انتقال سیالات از جمله لوله‌های آب، فاضلاب، نفت و گاز استفاده می‌شود. از پیگ معمولاً برای اهداف زیر استفاده می‌شود:

- تمیزکاری لوله
- ایجاد حائل فیزیکی بین دو سیال متفاوت
- نظارت بر بدنه لوله
- ضبط اطلاعات هندسی خط لوله

پیگ‌ها بسته به نوع عملکرد به دو دسته پیگ‌های خدماتی[3] و پیگ‌های هوشمند[4] تقسیم می‌شوند. در شکل (۱-۱) نمونه‌ای از پیگ خدماتی و هوشمند آورده شده است.

[1] Pipeline inspection gauge
[2] Pigging
[3] Utility
[4] Intelligent

الف) پیگ هوشمند **ب) پیگ خدماتی**

شکل ۱-۱- نمونه‌ای از پیگ هوشمند و خدماتی [۱]

از کاربردهای پیگ‌های خدماتی، جداسازی رسوبات داخل لوله، تخلیه مایعات و گازهـای داخـل لوله، آبکاری دیواره داخلی و جداسازی محصولات متفاوت انتقالی توسط خط لوله را می‌توان نام برد.

پیگ هوشمند، پیگی است که وظیفه جمع‌آوری اطلاعات مختلف، راجع به مسیر حرکت خود را بر عهده دارد. قابلیت‌های پیگ هوشمند شامل تشخیص حفـره، خـوردگی، تـرک و آثـار جوشـکاری و همچنین ضبط اطلاعات هندسی لوله می‌باشد [۱].

۱-۳- تاریخچه پیگ‌رانی خطوط لوله [۱و۲]

عملیات پیگ‌رانی در سال ۱۸۷۰ میلادی، چند سال پس از اینکه سـرهنگ دریـک[1] نفـت را در تیتاسویل[2] پنسیلوانیا کشف کرد، به وقوع پیوست. پیش از اینکه نفت توسط خطوط لوله به پالایشگاه‌ها انتقال داده شود، آن را با واگن‌های مخزن‌دار که توسط اسب کشیده می‌شد حمل می‌کردند. ایـن کـار در طول فصل زمستان به دلیل برف سنگین و فرو رفتن واگن‌ها در گل بسیار دشوار بود.

اولین خط لوله نفت جهان دو سال بعد از حفر اولین چاه در آمریکا ساخته شد که این خط لوله از چوب ساخته‌شده و طول آن در حدود ۱۰ کیلومتر بود. چهار سال بعد اولین خط لوله نفت از جنس آهن با قطر ۵ سانتی‌متر و طول ۸ کیلومتر در آمریکا ساخته شد. با این اختراع انقلابی در صنعت نفت

[1] Drake
[2] Tittusvile

ایجاد شد. اگرچه در آغاز، خطوط لوله با قطر و طول کم ساخته می‌شد ولی به تدریج به قطـر و طـول این خطوط افزوده شد. همراه با این پیشرفت، معضلی چون مواد ته‌نشستی و مواد سـنگین رسـوبی در خطوط لوله وجود داشت. این معضل باعث کاهش دبی سیال انتقالی و افزایش فشار پمپ برای انتقـال دبی سیال مشابه می‌شد. هم‌چنین دیواره لوله‌ها را دچار زنگ‌زدگی می‌کرد.

علیرغم تلاش بسیاری که در جهت برطرف کردن مواد زائد پارافینی در این خطوط انجـام شـد، هیچ‌کدام در هیچ دوره زمانی مؤثر واقع نشد. سرانجام این ایده که چیزی درون لوله‌ها فرستاده شود تا باعث بهبود انتقال سیال شود، قوت گرفت. برای این کار تکه‌های پارچه‌های کهنه را شبیه به یک توپ به یکدیگر بسته وارد لوله‌ها کردند. با این کار مقداری مواد زائد توسط پیگ خارج گردید. بعد از آن بـه جای پارچه از چرم استفاده شد. چرم در اثر تماس با آب متورم شده و در حالت آب‌بندی وارد خطـوط لوله می‌شد و نسبت به پارچه مؤثرتر بود.

جنگ جهانی دوم تقاضای انرژی بیشتری را برای به حرکت درآوردن ماشین‌های جنگـی طلـب می‌کرد که جز از طریق خط لوله که ایمن‌ترین روش در این مقطع زمانی بود، ممکن نمی‌شـد. لـذا در جهت این تقاضا طول و قطر لوله‌ها افزایش یافت. در این هنگام که افـزایش فشـار بیشـتری لازم بـود، مسئله گرفتگی لوله‌ها مشکل‌ساز شد. در همین زمان یک شیء لاستیکی به شـکل تـوپ وارد لولـه‌هـا کردند تا گرفتگی درون آن را برطرف کنند. با خروج این شیء لاستیکی مـواد خـرده‌ای ماننـد سـنگ، شن، خاک، ابزار و چیزهای دیگر که درون لوله باقی مانده بود، خارج می‌شد.

با کشف میادین گازی، طول، قطر و فشار خطوط لوله افزایش یافت. به نحوی که پس از جنـگ به دو برابر رسید. هم‌زمان وسایل جدیدی برای رفع گرفتگی لوله‌ها ساخته شدند. از جمله پیـگ‌هـایی که از شیرهای با دهانه چندضلعی و خم‌های تند عبور می‌کردند. پیشرفت و ساخت پیگ همچنان ادامه داشت و پیگ‌هایی تهیه شد که از دو قسمت ساخته‌شده بودند و هر قسمت توسط یـک چهـار شـاخه

گاردان به قسمت دیگر متصل می‌شد. امروزه نیز از این نوع پیگ‌ها در بازرسی خطوط لوله استفاده می‌شود.

پیشرفت اصلی در طراحی و ساخت پیگ‌ها به اواخر دهه ۱۹۶۰ میلادی باز می‌گردد. عصری که انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی به خصوص نفت و گاز جایگاه ویژه‌ای یافت و سبب انگیزه‌های سیاسی و اقتصادی زیادی در جهان شد. در این زمان کاربرد پیگ برای رفع معضل گرفتگی و ایمنی در تداوم انتقال این دو سیال انرژی‌زا مطرح و قوانینی در رابطه با به‌کارگیری اجباری آن وضع شد. امروزه مجوز ساخت خطوط لوله منوط به احداث تأسیسات استفاده از پیگ شده است.

اگر چه صنعت نفت و گاز بزرگترین مصرف‌کننده پیگ است ولی بسیاری از صنایع جدید مانند آب و فاضلاب شهری، صنایع فرایندی، پتروشیمی، معدنی و غیره از پیگ‌رانی خطوط لوله استفاده می‌کنند. زیرا باعث صرفه‌جویی در انرژی مصرفی، کاهش افت فشار لوله و ارسال تمیزتر محصول می‌شود.

توسعه و بهبود انواع پیگ‌های خطوط لوله همواره ادامه داشته و خواهد داشت و می‌توان گفت اکنون صدها نوع مختلف آن قابل دسترس‌اند. بدیهی است که استفاده از صنعت پیگ‌رانی با فناوری‌های جدید همچنان ادامه خواهد یافت.

۱-۴- انواع پیگ [۳]

۱-۴-۱- پیگ‌های خدماتی

این گروه از پیگ‌ها برای عملیاتی نظیر پاک‌کردن لوله از رسوبات، خشک‌کردن یا آب‌زدایی و تفکیک کردن سیال استفاده می‌شود. این نوع پیگ‌ها برای تمیز کردن و خارج‌کردن ناخالصی‌های پیش‌بینی‌شده خطوط لوله مناسب‌اند و در یکی از سه گروه زیر قرار خواهند گرفت:

الف- پیگ کاسه‌ای- صفحه‌ای[1] یا ترکیبی از هر دو

ب- پیگ اسفنجی[2]

پ- پیگ کره‌ای[3]

۱-۴-۱-۱-پیگ کاسه‌ای (صفحه‌ای)

این پیگ‌ها را می‌توان با شکل‌های متفاوت تولید کرد تا برای هر گونه عملیات پیگ‌رانی مورد نظر مناسب باشند. به طور کلی این پیگ از دو عدد کاسه تشکیل شده است که یکی از آنها نقش راهنمای پیگ از جلو و دیگری در عقب پیگ یعنی قسمت فشارگیر نصب شده است. وسایل زیادی را بین دو کاسه می‌توان نصب کرد تا عملیات برس زدن، تراشیدن، آب‌زدایی و تخلیه‌کردن در لوله انجام شود. در شکل (۱-۲) چند نمونه از پیگ‌های کاسه‌ای نشان داده‌شده است. کاسه و صفحه پیگ بر اساس کاربرد در پیگ‌رانی از مصالح مختلفی ساخته می‌شود.

پیگ‌های از نوع کاسه‌ای معمولاً برای یک نوع لوله با قطر مشخص طراحی شده‌اند. آنها را در لوله‌هایی که تا حدودی از شکل سطح مقطع دایره‌ای خود خارج شده‌اند نیز می‌توان استفاده کرد. ولی قابلیت عبور از سایزهای مختلف خطوط لوله را ندارند. دندانه‌های کوچک و یا فرورفتگی‌های کم درون لوله، باعث توقف حرکت پیگ نمی‌شود. ولی چنانچه این نواقص و ناهمواری‌ها بزرگ باشند، سبب توقف پیگ خواهند شد.

[1] Cup or Disc Type Pig
[2] Foam Pig
[3] Spherical Type Pig

شکل ۱-۲- چند نمونه از پیگ‌های کاسه‌ای [۳]

۱-۴-۱-۲-پیگ اسفنجی

این‌گونه پیگ‌ها متناسب با نیاز به اشکال مختلفی ساخته می‌شوند. پیگ اصلی دارای یک مغزی داخلی از اسفنج حفره‌ای با چگالی‌های مختلف است. این‌گونه پیگ‌ها را می‌توان به صورت پیگ اسفنجی ساده و یا با انواعی از پوشش‌های پلاستیکی و لاستیکی به کار برد. این پوشش‌ها برای مقاوم شدن در برابر فرسایش، جلوگیری از عدم تغییر جهت پیگ (اثرات برگشت جریان در لوله) و یا جمع شدن در لوله به کار برده می‌شوند.

در شکل (۱-۳) چند نمونه از پیگ‌های اسفنجی نشان داده‌شده‌اند. انواع اضافی قطعات روی بدنه پیگ در قالب‌های مختلف از قبیل برس‌های سیمی و وسایل سنباده کننده (تهیه‌شده از ذرات به هم‌فشرده شده سیلیس و کربن) برای کاربرد همراه این پیگ‌ها انتخاب می‌شوند.

طول پیگ‌ها بر حسب نیاز استفاده‌کننده ساخته می‌شوند. این‌گونه پیگ‌ها قابلیت عبور از بین موانع داخلی لوله را دارند و می‌توانند از زانویی‌ها، سه‌راهی‌ها و خم‌های تند عبور کنند.