

پیک ویک رانی

فرشاد سلامتی

www.ketab.ir

www.ketab.ir



دفتر: اندیشه، فاز ۵، خیابان بهشتی، مجتمع الهیه (جنب فرهنگسرای سعدی)، بلوک ۴، واحد ۸
تلفن: ۷۷۲۰۷۰۹۴ تلفن همراه: ۰۹۱۹۳۳۹۰۳۳۴

barsam_publishing

پیگ و پیگ‌رانی

فرشاد سلامتی

ناشر: نشر بَرسم

چاپ نخست: زمستان ۱۴۰۱

تیراژ: ۳۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۱۳۸-۳۹-۹

ویراست توسط مؤلف انجام شده است.

کلیه‌ی حقوق و امتیازات کتاب محفوظ است.

۴۰۰۰۰۰ ریال

سرشناسه	: سلامتی، فرشاد، ۱۳۵۴ -
عنوان و نام پدیدآور	: پیگ و پیگرانی / فرشاد سلامتی.
مشخصات نشر	: تهران: نشر برسم، ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری	: ۲۵۱ ص:؛ مصور (بخشی رنگی)
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۷۱۳۸-۳۹-۹
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه: ص: ۲۵۱ - ۲۳۱.
موضوع	: پیگ‌زنی لوله‌ها

Pipeline pigging

نفت - لوله‌ها

Petroleum pipelines

رده‌بندی کنگره	: TJ ۹۳۰
رده‌بندی دیویی	: ۸۶۷۲/۶۲۱
شماره کتاب‌شناسی ملی	: ۹۱۱۷۰۰۷
اطلاعات رکورد کتاب‌شناسی: فیپا	

www.ketab.ir

پیشگفتار

خطوط لوله به عنوان شاهرگ‌های اصلی انتقال انرژی در جهان به شمار می‌آیند. هر چند منابع نفت و گاز در جهان رو به اتمام است، اما بر اساس تحقیقات و پیش‌بینی‌های صورت گرفته، افزون بر ۵۰ سال آینده نیز خطوط لوله به عنوان مهم‌ترین و اصلی‌ترین وسیله انتقال انرژی مورد استفاده قرار خواهند گرفت. ارزش هیدروکربن‌هایی که در خطوط لوله جریان دارند از دیدگاه اقتصاد ملی بسیار چشم‌گیر و قابل ملاحظه می‌باشد. بطوریکه به عنوان مثال یک خط لوله نفت ۳۶ اینچی روزانه یک میلیون بشکه نفت را انتقال می‌دهد. اگر ارزش هر بشکه نفت را ۲۵ دلار فرض کنیم، چنین خط لوله‌ای روزانه ۲۵ میلیون دلار و سالانه ۹ میلیارد دلار درآمد ایجاد می‌کند. اگر خطوط لوله به طور مناسب و قابل قبول طراحی و به خوبی نگهداری شوند، وسیله بسیار مناسب و کارآمدی جهت انتقال انرژی خواهند بود. گسترش روز افزون خطوط لوله در جهان و اهمیت نگهداری و ایمنی آن، به خصوص لزوم نگهداری و بازرسی‌های پیوسته خطوط لوله قدیمی، باعث شده است که به تازگی توجه بسیار زیادی به بحث پیگردانی معطوف شود.

بیش از یک دهه فعالیت در زمینه بازرسی خطوط لوله، فرصتی شد تا با تشویق دوستان و احساس خلاء در مورد منابع آموزشی و کمک آموزشی مناسب در بحث بازرسی-های پیشرفته داخلی، سبب ساز نگارش این کتاب فراهم آید. در این راستا، این کتاب با توجه به تجربیات به دست آمده در داخل کشور و تجربیات خارج از ایران و بهره‌گیری از آموزش‌های فراگرفته شده در طی این سال‌ها، برای بالا بردن هر چه بیشتر سطح علمی و عملی بازرسی در ایران به منظور جلوگیری از صدمات و مشکلاتی که در صنعت نفت و گاز پیش آمده و باعث بروز ضرر و زیان‌های مالی و زیست محیطی فراوانی شده است، به نگارش در آمده است.

در این نوشتار تلاش شده تا با نگاهی آماری به حوادث رخ داده در طی سال‌های گذشته در تمام نقاط جهان و شرح کلی آنها، بتوانیم تصویری از مشکلات موجود ترسیم کنیم و سپس نگاهی هر چند کوتاه به انواع لوله‌ها که مهم‌ترین وسیله انتقال مواد نفتی هستند، بیندازیم. سپس وارد بحث اصلی کتاب یعنی توپک‌ها (پیگ) شده و با بررسی کلیه توپک‌های موجود و لوازم مورد نیاز در امر بازرسی و همچنین مسایل و موارد مربوط به

شکل و ساختار انواع پیگ و شرایط پذیرش آنها در صنعت که امروزه به فراوانی جهت بازرسی و تشخیص عیوب لوله‌ها چه از داخل و همچنین خارج لوله می‌پردازیم و در جایجای کتاب سعی شده است تا با مقایسه انواع توپک‌ها با یکدیگر به یک نتیجه‌گیری جهت استفاده کلی از بهترین و قابل اطمینان‌ترین نوع آن دست یابیم.

در اینجا بیان این مطلب لازم است که این کتاب با توجه به نیازهای امروز کشور عزیزمان ایران، نوشته شده و با عنایت پروردگار در آینده نیز ادامه خواهد داشت، زیرا مطالب بسیاری که گفته شده، با توجه به کارهای صورت گرفته در سال‌های گذشته در کشور است ولی این حکایت همچنان باقی است و بحث‌های پیشرفته در زمینه بازرسی داخلی و تفسیر هر چه دقیق‌تر اطلاعات به دست آمده از پیگ‌رانی و روش‌های نوین در امر تعمیرات که تا امروز فقط توسط کارفرمایان نفتی با توجه به تجربیات قبلی انجام می‌شد، امروزه به صورت بسیار علمی و توسط بخش‌های خاص تعمیراتی که در شرکت‌های بزرگ پیگ‌ران تشکیل شده، بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند. بحث جدید دیگری که در سال‌های اخیر بسیار گسترش یافته و باید در کشور به آن توجه بشود، بازرسی تانک‌ها و مخازن نفت و گاز است که بسیار مفصل بوده و به خاطر اهمیت بالایی که در ذخیره سازی مواد نفتی در مرکز تولید و مهم‌تر در مراکز مصرف دارد، بسیار حساس می‌باشد، به یاری خداوند به مجال دیگری سپرده می‌شود.

در اینجا از استادان و دوستانی که در این راه مشوق و یاری رسان بوده‌اند، جناب آقای مهندس سیامک سیف و جناب آقای مهندس امیر ریاحی از شرکت خطوط لوله و مخابرات نفت ایران بسیار سپاسگزارم. از استاد و دوست عزیزم، جناب آقای یورگن برنز Mr. Jurgen Bruns که براستی یکی از بزرگترین دوستان نگارنده در این حرفه بوده و نیز جناب آقای مهندس مرتضی فضلی که با صبر و حوصله خود در این سال‌ها، برادر و دوستی بی‌نظیر برای بنده بوده‌اند، و نیز کلیه همکاران شرکت پتروکاناز و مدیریت آن شرکت محترم، آقایان بهرام شید و ماسیس حاتمی، کمال تشکر و قدردانی را دارم. سپاس ویژه از آن همسر عزیزم است که در مدت نوشتن این کتاب مرا یاری بسیار رساندند.

فرشاد سلامتی

زمستان ۱۳۹۴

فهرست مطالب

فصل اول

دلائل بازرسی

۱	مقدمه
۳	۱-۱- هدف از بازرسی
۴	۱-۲- بررسی‌های آماری
۱۱	۱-۳- آمار ایمنی خط لوله و مقایسه اطلاعات
۱۲	۱-۴- مشخصات خط لوله
۱۳	۱-۵- انواع لوله‌های فلزی
۱۴	۱-۵-۱- لوله‌هایی با درز جوش طولی (longitude)
۱۶	۱-۵-۲- لوله‌های مارپیچ یا حلزونی (spiral)
۱۸	۱-۵-۳- لوله‌های بدون درز (seamless)

فصل دوم

طبقه‌بندی پیگ

۲۱	مقدمه
۲۲	۲-۱- پیگ
۲۴	۲-۲- تاریخچه پیگ
۲۷	۲-۳- تاریخچه پیگ هوشمند
۲۸	۲-۴- ضرورت اجرای پیگرانی
۲۹	۲-۴-۱- بالا بردن کیفیت جریان سیال در لوله
۲۹	۲-۴-۲- کنترل خوردگی

۳۰	۲-۴-۳- جدا کردن محصولات
۳۱	۲-۴-۴- تشخیص گرفتگی در خط لوله جدید
۳۳	۲-۴-۵- هیدروتست و آب‌زدایی
۳۴	۲-۴-۶- تأیید اندازه‌گیری
۳۵	۲-۴-۷- جمع‌آوری رسوبات
۳۵	۲-۵-۵- تقسیم‌بندی پیگ‌ها
۳۶	۲-۵-۱- پیگ‌های عملیاتی (Utility PIG)
۳۷	۲-۵-۱-۱- پیگ کروی (Spheres PIG)
۳۸	۲-۵-۱-۲- پیگ اسفنجی (Foam PIG)
۳۹	۲-۵-۱-۳- پیگ یکپارچه (Solid Cast PIG)
۴۰	۲-۵-۱-۴- پیگ‌های بدنه فلزی (Metal Bodied PIG/ Mandrel PIG)
۴۱	۲-۵-۱-۴-۱- پیگ‌های یک طرفه (Uni-Directional PIG)
۴۲	۲-۵-۱-۴-۲- پیگ‌های دو طرفه (Bi-Directional PIG)
۴۵	۲-۵-۱-۵- پیگ‌های خاص (Special PIG)
۵۳	۲-۵-۱-۶- پیگ زله‌ای (Jel PIG)
۵۴	۲-۵-۱-۷- مراحل استفاده از پیگ‌های عملیاتی
۵۵	۲-۵-۱-۷-۱- پیگ اندازه‌گیری (Gauge PIG)
۵۶	۲-۵-۱-۷-۲- پیگ برس‌دار و تمیز کننده (Brush PIG)
۵۷	۲-۵-۱-۷-۳- پیگ تمیز کننده آهن‌ربایی (Magnet PIG)
۶۹	۲-۵-۲- پیگ‌های تعیین پیکربندی (Configuration PIG)
۶۹	۲-۵-۲-۱- پیگ نقشه‌بردار (Pipeline Data Logger)
۷۲	۲-۵-۲-۲- پیگ عکاس (Camera PIG)
۷۴	۲-۵-۲-۳- پیگ هندسی (Electronic Geometric PIG)
۷۵	۲-۵-۳- پیگ‌های بازرسی (Inspection PIG)

تجهیزات پیکرانی

۷۹	 مقدمه
۷۹	 ۱-۳- پیگرانی
۸۱	 ۲-۳- پیگ‌ها چگونه حرکت می‌کنند؟
۸۲	 ۳-۳- مشخصات و تجهیزات لازم جهت پیگرانی
۸۳	 ۱-۳-۳- توجه به طراحی خط لوله
۸۴	 ۲-۳-۳- عوامل تأثیر گذار بر توپکرانی مربوط به خط لوله
۸۴	 ۱-۲-۳-۳- مسافت بین فرستنده پیگ و تله دریافت (طول پیگرانی)
۸۴	 ۲-۲-۳-۳- زانوها یا خم‌ها (Bend)
۸۶	 ۳-۲-۳-۳- شیرها (Valves)
۸۷	 ۴-۳- لوازم و تجهیزات جانبی پیگرانی
۸۷	 ۱-۴-۳- آشکار سازی (تعیین محل پیگ در لوله)
۸۸	 ۱-۱-۴-۳- ردیابی (PIG Tracking)
۸۸	 ۲-۱-۴-۳- روش امواج رادیویی
۸۹	 ۳-۱-۴-۳- دستگاه گیرنده امواج (Electronic PIG Detector)
۹۰	 ۴-۱-۴-۳- علامت‌گذاری
۹۴	 ۵-۱-۴-۳- محک‌زن زمانی (Bench Marker)
۹۹	 ۶-۱-۴-۳- نشانه‌گذاری (Magnet)
۱۰۱	 ۷-۱-۴-۳- شاخص‌های ثابت
۱۰۲	 ۲-۴-۳- تله‌های پیگ (PIG Traps)
۱۰۷	 ۱-۲-۴-۳- کاهشنده‌ها (Reducer)
۱۱۰	 ۲-۲-۴-۳- مسیر برگشت مواد
۱۱۱	 ۳-۲-۴-۳- لوله بالانس
۱۱۳	 ۴-۲-۴-۳- درب تله (Trop door)
۱۱۷	 ۵-۲-۴-۳- اتصالات روی تله‌ها
۱۱۸	 ۶-۲-۴-۳- وضعیت قرار گرفتن تله

فصل چهارم

روش های قابل استفاده در بازرسی

مقدمه	۱۲۳
۴-۱- روش های تشخیص نشتی	۱۲۴
۴-۲- روش های شناسایی فشار موج	۱۲۴
۴-۳- آزمایش حجمی با جبران سازی حرارتی	۱۲۵
۴-۴- ردیاب ها	۱۲۷
۴-۵- کابل دو لایه حساس	۱۲۹
۴-۶- فیبرهای نوری	۱۳۱
۴-۷- روش شناسایی نشتی با اشعه مادون قرمز	۱۳۲
۴-۷-۱- تصویر بردارهای مادون قرمز چگونه کار می کنند؟	۱۳۴
۴-۸- نشت یابی صوتی	۱۳۶
۴-۸-۱- دلایل استفاده از ALD	۱۳۷
۴-۸-۲- توپک نشت یاب صوتی	۱۳۹
۴-۸-۳- معایب	۱۳۹
۴-۹- مواد رادیواکتیو	۱۳۹
۴-۱۰- مبدل صوتی الکترومغناطیسی (EMAT)	۱۴۰
۴-۱۱- نشتی جریان مغناطیسی (MFI)	۱۴۱
۴-۱۱-۱- مقایسه حس گر و ثبت اطلاعات	۱۴۲
۴-۱۱-۲- قابلیت های تشخیص	۱۴۳
۴-۱۱-۳- معایب MFI	۱۴۳
۴-۱۲- جریان گردابی (ET)	۱۴۳
۴-۱۳- استفاده از امواج مافوق صوت (UT) در تشخیص نقص	۱۴۴
۴-۱۳-۱- انواع موج های تنشی و ویژگی های آن	۱۴۴
۴-۱۳-۲- اصول اولیه روش ماوراء صوت	۱۴۶
۴-۱۳-۳- روش آزمایش و تکنولوژی ابزار	۱۱۵۰

۱۵۴	۴-۱۳-۴- انواع روش‌های تصویربرداری مرسوم در آزمایش‌های ماوراء صوت ...
۱۵۷	۴-۱۳-۵- توپک ماوراء صوتی
۱۵۹	۴-۱۳-۶- روش بازرسی
۱۶۲	۴-۱۳-۷- ساختار توپک ماوراء صوت
۱۶۳	۴-۱۳-۸- قابلیت تکرار
۱۶۴	۴-۱۳-۹- تفکیک عیوب
۱۶۵	۴-۱۳-۱۰- محاسبات اطلاعات جمع‌آوری شده (OFF-LINE)

فصل پنجم

توپک هندسی هوشمند

۱۷۱	مقدمه
۱۷۱	۵-۱- توپک هندسی (Electronic Geometric PIG)
۱۷۲	۵-۱-۱- سیستم کار توپک
۱۷۳	۵-۱-۱-۱- تعیین قطر مکانیکی
۱۷۴	۵-۱-۱-۲- تعیین قطر مغناطیسی
۱۷۵	۵-۱-۲-۱- القاء الکترومغناطیسی
۱۷۷	۵-۱-۲-۲- عوامل مؤثر در پاسخ جریان گردابی
۱۷۷	۵-۱-۲-۳- ویژگی هدایت فلز
۱۷۷	۵-۱-۲-۴- نفوذپذیری
۱۷۸	۵-۱-۲-۵- هندسه
۱۷۸	۵-۱-۲-۶- مجاورت (lift off)
۱۷۹	۵-۱-۲-۷- شکل سیم‌پیچ
۱۸۰	۵-۱-۳- شیوه بررسی اطلاعات
۱۸۲	۵-۱-۴- گزارش‌دهی
۱۸۴	۵ ۲ توپک هوشمند