

آینده‌ی سرویس لوله مغزی سیار^۱ در ایرانابراهیم سلیمانی^۲، شرکت دمیکو

چکیده

با ورود به نیمه‌ی دوم عمر اکثر مخازن نفتی کشور، انتظار کاهش تولید از آنها به علت کاهش فشار مخازن وجود دارد که اغلب برای افزایش تولید باید افزایش فشار مخازن را برنامه‌ریزی کرد. از روش‌های افزایش تولید در چاه‌های تولیدی می‌توان به روش‌های تحریک چاه یا حفاری مجدد یا مشبک‌سازی مجدد مخازن اشاره کرد که روش‌های یاد شده را می‌توان با دستگاه لوله مغزی سیار اجرا کرد. لوله مغزی سیار، لوله‌ای است که با اثر تزریق سیالات احیاکننده یا تحریک‌کننده در چاه‌های تولیدی، سیالات هیدروکربوری نفتی را از مخازن به سطح آورده و در چاه‌های تزریقی (تعمیراتی) سیالات را از سطح به مخزن حمل می‌کند. بیشترین و بهینه‌ترین تولید جریان سیال مخازن با انتخاب صحیح قطر داخلی لوله و حداقل کردن انرژی مصرفی به دست می‌آید. لوله مغزی ممکن است به علت تعمیر یا تغییر متغیرهای تولید (مثلاً نرخ جریان) تعویض شود. به همین دلیل به عنوان قطعه‌ای مصرفی در نظر گرفته می‌شود. لوله مغزی باید با در نظر گرفتن محدودیت‌های تولید، متغیرهای چاه و در نظر گرفتن شرایط بازار و ایجاد توازن بین آنها انتخاب شود. فن‌آوری جدید این امکان را می‌دهد که نصب لوله مغزی به صورت پیوسته و بدون اتصالات صورت گیرد. لوله مغزی سیار بدون نیاز به نگهدارنده یا بالابر به درون چاه فرستاده می‌شود و به طور طبیعی زمان و هزینه‌ی بسیار کمتری خواهد داشت. در این مقاله با توجه به روند تولید مخازن ایران می‌توان حفاری مجدد مخازن، تحریک چاه یا مشبک‌سازی مجدد را انتظار داشت که دستگاه لوله مغزی سیار همراه با پمپ‌تراک می‌تواند این امر را مهیا کند. با توجه به سابقه‌ی حدوداً ۸۰ ساله‌ی لوله مغزی سیار، فن‌آوری توسط لوله مغزی سیار جزء فن‌آوری‌های جدید محسوب می‌شود.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۷/۰۶/۱۲

تاریخ ارسال به داور: ۹۷/۰۶/۲۲

تاریخ پذیرش داور: ۹۷/۰۸/۲۴

واژگان کلیدی:

لوله مغزی سیار، مدیریت مخزن، بهینه‌سازی تولید، نرخ تولید

مقدمه

قراردادی با Bowen Tools از آنها خواست آنتن‌ها و فرستنده‌هایی برای سیستم ارتباطی زیر دریایی طراحی کنند که بتواند آنتن زیر دریایی را در محوری عمودی به دو طرف حرکت دهد. نتیجه‌ی این پروژه خلق دستگاهی با ویژگی Vertical Contra- Rotating Tractor بود که شامل محفظه‌ای پلاستیک / پلی اتیلنی "۵/۸ بود که آنتنی از جنس برنج را در بر می‌گرفت و تا ۶۰۰ فوت زیر سطح آب کارایی داشت. Saddle Blocks از جنس نوعی فنل یا اسید کربولیک ساخته شده بود که توسط تار و پود محکمی مسلح شده و در امتداد قسمت میانی دو گروه زنجیر نصب می‌گردید. این بلاک‌ها قطر لوله را هماهنگ و تنظیم کرده و آنتن را از اصطکاک ایمن می‌ساخت. پس از معرفی این طرح در ۱۹۶۳ فن‌آوری لوله مغزی سیار به عنوان فن‌آوری مستعد و قابل پیشرفتی در عرصه‌ی عملیات حفاری مطرح گردید.

متأسفانه نواقص گزارش شده مربوط به موارد کیفی در فرآیند جوشکاری، استقامت کم لوله‌ها در بسیاری از عملیات‌های مانده‌یابی باعث شک و تردید در به کارگیری این فن‌آوری شد. علاوه بر این موارد افزایش روزافزون تولید نفت و عدم تمایل شرکت‌های نفتی به عملیات‌های ریسکی و تغییر در روش‌های حفاری تا حدودی رشد و توسعه‌ی لوله مغزی سیار را کند کرد.

خدمات و سرویس دهی لوله مغزی سیار به حدود نیم قرن قبل برمی‌گردد. در جنگ جهانی دوم متحدها از این فن‌آوری جهت انتقال سوخت از انگلیس به فرانسه استفاده کردند. تجهیز و توسعه‌ی لوله مغزی به شکل مدرن و پیشرفته نیز ریشه در پروژه‌های سرتی نیروهای متحدین در خلال جنگ جهانی دوم دارد. نام پروژه‌ی پلوتو از سه کلمه‌ی خط‌لوله‌ی زیر اقیانوس^۲ گرفته شده و طی آن سوخت‌رسانی به قوای مهاجم از دریای مانس توسط لوله مغزی انجام گردید. در این طرح ۱۷ لوله‌ی ۳۰ مایلی استفاده شد و ۶ لوله‌ی ذخیره هم از طریق Butt-Welding اضافه گردید که جنس لوله‌ها از فولاد و قطر داخلی آنها ۳" بود. لوله‌ها به دور قرقره‌های عظیمی به قطر ۴۰" پیچانده و پشت یک کشتی یدک‌کش حمل می‌شد. پس از گذشت ۱۸ سال شرکتی بین‌المللی به نام Bowen Tools به همراه شرکت نفت کالیفرنیا، اولین واحد لوله مغزی سیار را طراحی کرد. این واحد به عنوان سیستمی حاوی انتقال نیرو توسط زنجیر^۳ با ویژگی عمودی و چرخش معکوس^۴ به بازار عرضه شد. مهم‌ترین قسمت لوله مغزی، واحد تزریق‌کننده^۵ است که منشأ پیدایش و ابداع آن به یکی دیگر از پروژه‌های سرتی نیروی دریایی ارتش آمریکا بازمی‌گردد. در اواخر سال‌های دهه‌ی ۶۰-۵۰ میلادی نیروی دریایی آمریکا طی

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (brahim.Soleimani@gmail.com)



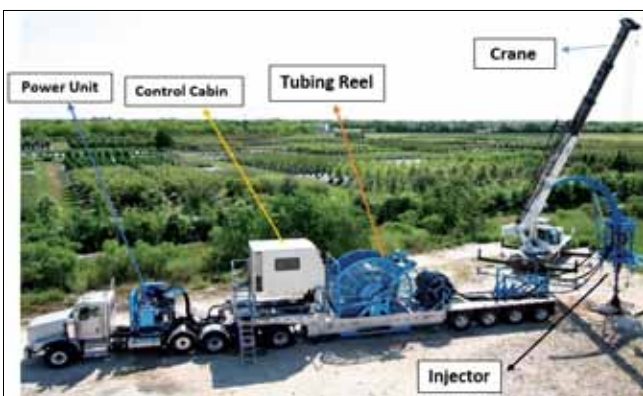
شکل ۱ | دستگاه لوله مغزی سیار از نوع اسکید



شکل ۲ | دستگاه لوله مغزی سیار از نوع تریلر



شکل ۳ | دستگاه لوله مغزی سیار از نوع تراک



شکل ۴ | دستگاه لوله مغزی سیار

اما طی چند سال گذشته، استفاده از این فن آوری به طرز چشم گیری افزایش یافت. به خصوص سقوط قیمت نفت در ۱۹۸۶ فرصت مناسبی جهت عرضه اندام و اثبات توانایی های این سیستم شد. در اواخر سال ۱۹۹۰ شخصی بنام آر کو^۶ که از پیشستاران به کارگیری این فن آوری در تگزاس بود در اکلاهاما و آلاسکا این فن آوری را به کار برد و شرکت او در سراسر جهان بیش از ۱۳۲ عملیات موفق از قبیل تعمیق چاه و Side Tracking انجام داد.

۱- معرفی دستگاه لوله مغزی سیار

لوله مغزی سیار یکی از دستگاه های تخصصی صنعت حفاری است که جهت عملیات تعمیر و تکمیل چاه های نفتی استفاده می شود. این دستگاه که در حالت کلی شامل واحد انتقال قدرت (موتور و اجزاء جانبی)، جایگاه استقرار کویل لوله، سیستم هدایت کننده ی لوله، کابین کنترل و تجهیزات کنترلی سرچاهی است. با توجه به نوع عملیاتی که انجام می دهد ممکن است شامل اجزای جانبی دیگری مثل کمپرسور هوا و سیستم الکتریکی و مکانیکی خاص نیز باشد. این دستگاه همچنین بر اساس حجم عملیات در سه مدل تریلر، تراک و اسکید^۷ طراحی و ساخته شده است. مدل تریلر برای عملیات با حجم سنگین و عمق زیاد، مدل تراک برای عملیات با حجم متوسط و مدل اسکید برای عملیات دریایی به کار می رود. در مدل تریلر اجزاء اصلی دستگاه روی شاسی جداگانه ای مونتاژ شده و توسط کشنده های حمل می شوند. اما در مدل تراک اجزاء اصلی دستگاه روی شاسی خود کشنده مونتاژ می گردد. در مدل اسکید نیز اجزاء اصلی دستگاه به صورت مجزا قابل حمل بوده و آرایش اجزای دستگاه در محل عملیات انجام می شود.

۲- صرفه جویی اقتصادی حفاری در به کارگیری لوله مغزی سیار در ایران

لوله مغزی سیار یکی از دستگاه های بسیار کاربردی در صنعت نفت محسوب می شود. که قابلیت حفاری در سازندهای متعارف نفت و گاز را دارد و می تواند روزانه ۶۰۰-۳۰۰ فوت حفاری کند که در این حالت دستگاه لوله ی حفاری باید شامل دستگاه سیال حفاری (گل)، زیرسازه^۸ سیستم جک دیواره ی جداری^۹ و دکل برای جابجایی لوله های متصل باشد. استفاده از فن آوری حفاری با لوله مغزی سیار که در صنعت حفاری از فن آوری های جدید محسوب می شود با سرعتی باور نکردنی در حال افزایش است. یکی از مهم ترین مزایای این روش هزینه ی بسیار کم آن در حفاری فروتعدالی^{۱۰} است. البته اجرای اولین حفاری از طریق لوله مغزی سیار هزینه ی زیادی دارد. زیرا باید هزینه های دیگری مثل هزینه های

پمپاژ سیال به عنوان اصلی ترین راه حل برای انتقال سیال از سطح زمین به انتهای چاه و گردش آن در چاه انجام می شود. یکی از مهم ترین جابجایی های سیال به داخل چاه، انتقال سیمان به درون چاه است که می توان به سیمان کاری دیواره ی جداری و لاینر یا پلاگ کردن لایه های آبدی اشاره کرد. اسیدکاری معمولاً در مراحل مختلف عمر تولید چاه انجام می شود از این رو اسید نیز از طریق پمپ تراک به لوله مغزی و از لوله مغزی به چاه منتقل می شود. معمولاً پمپاژ از طریق یک دستگاه پمپ تراک، سیال مورد نظر را پمپاژ می کنند.

۳-۳- حفاری در سازندهای متعارف نفت و گاز

این فن آوری نخستین بار در ۱۹۹۱ توسط شرکت های داوول و شلمبرژه (DS) استفاده شد. این پروژه در قسمت حفاری با کمک شرکت فارکس، در قسمت MWD با کمک شرکت آنادریل و در قسمت لوله مغزی با کمک شرکت داوول انجام شد. این فن آوری که جزء فن آوری های جدید محسوب می گردد در آلاسکا و امارات متحده ی عربی استفاده شده است. از مزایای این روش می توان به small footprint، تحرک زیاد و عملیات سریع اشاره کرد. در فن آوری های جدید معمولاً از ریل لوله مغزی سیال به عنوان لوله ی حفاری نیز استفاده می کنند. گل حفاری توسط یک موتور به مته ی حفاری متصل می شود و از طریق مته و گردش گل می توان سازند را حفاری کرد.

۳-۴- چاهنگاری و مشبک کاری

از این سرویس می توان برای چاهنگاری و ثبت داده های الکتریکی و القایی جهت تشخیص بهتر سازند نیز استفاده کرد و به دلیل قابلیت انعطاف لوله می توان آنرا در چاه های انحرافی و افقی به کار برد. معمولاً چاه با

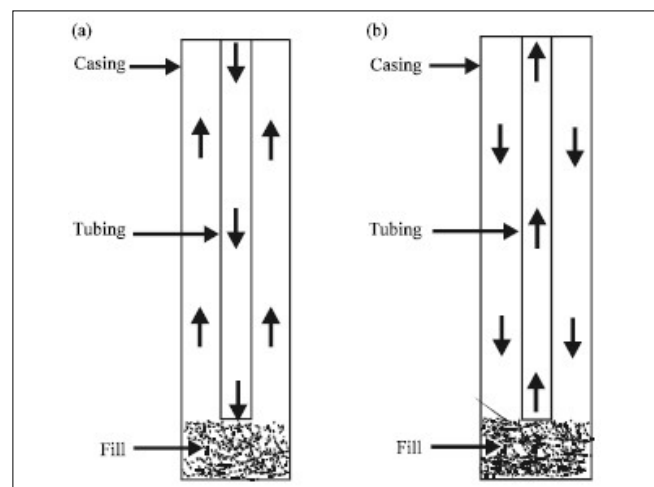
تحقیقاتی، آموزشی و مشکلات احتمالی را در این هزینه و بودجه اولیه در نظر گرفت. با افزایش تجربه های کاری در این زمینه مشکلات احتمالی و هزینه های حفاری کاهش یافته و سود عملیات افزایش می یابد.

۳- موارد استفاده از لوله مغزی

۱-۳- اسیدکاری

بیشترین موارد استفاده از لوله مغزی در چاه برای چرخش سیال (اسیدکاری و جابجایی سیال داخل چاه) است که از این چرخش می توان جهت جابجایی سیالات دیگر درون چاه (مانند نیتروژن لیفت) و همچنین کشتن چاه نیز استفاده کرد (شکل-۵). از چرخش سیال در چاه می توان برای تمیزکاری چاه و جابجا کردن سیالات مختلف در چاه استفاده کرد.

۲-۳- سیمان کاری



شکل ۵ | تزریق و گردش سیال به داخل چاه از طریق فضای آناولوس یا لوله مغزی



شکل ۶ | دستگاه پمپ تراک در کنار لوله مغزی سیال جهت انجام پمپاژ سیال به داخل چاه

۵- دستگاه لوله مغزی سیار هیبریدی

این دستگاه شامل دکل، دستگاه لوله مغزی سیار و casing jack snubbing system است. مزیت این دستگاه‌ها برپایی آسان و راحت و هزینه‌ی کم آنست. تنها تفاوت این دستگاه با دستگاه لوله مغزی سیار در BHA داخل چاه است. در این سیستم هدف از casing jack راندن و بیرون کشیدن لوله‌های متصل تا ۷ است. راندن لوله‌های متصل به هم با سرعت کمتری رخ می‌دهد. زیرا دکل جدایی‌ناپذیر است و Traveling block نیز ندارد. وزن لوله یکی از محدودیت‌های عملیاتی برای casing jack است.

دستگاه لوله مغزی سیار هیبریدی همراه با دکل ثابت در حالت Heavy duty توانی بالغ بر ۲۰۰ هزار پوند خواهند داشت.

۶- سرویس لوله مغزی در ایران

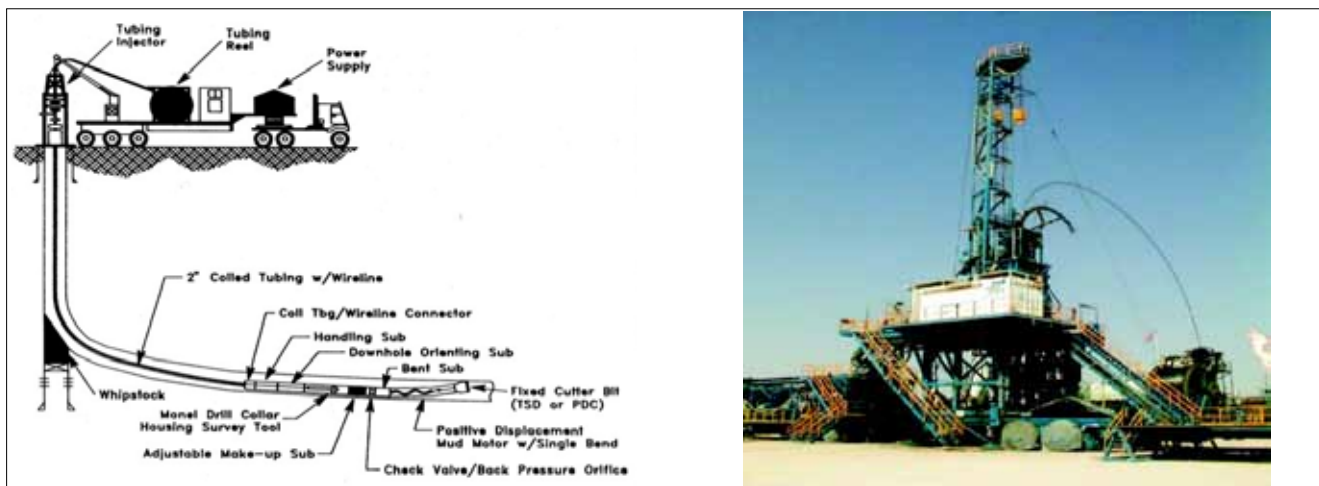
لوله مغزی در ایران سابقه‌ای ۳۰ ساله دارد که در ابتدا برای کارهای تکمیلی چاه‌های کشور استفاده می‌شد. سرویس لوله مغزی جزء خدمات فنی چاه‌ها و مکمل خدمات فنی را می‌توان تکمیل‌کننده‌ی قسمت‌های حفاری و تعمیراتی چاه‌هاست. از این رو خدمات فنی حفاری در کنار دو عنصر اساسی دیگر صنعت حفاری یعنی دستگاه حفاری و کالا، ارکان سه‌گانه‌ی عملیات حفاری را ایجاد می‌کنند که همگی این ارکان تحت برنامه‌ریزی‌های مدیریت و مهندسی پروژه در عملیات حفاری مشارکت می‌کنند.

خدمات فنی و مهندسی چاه‌ها معمولاً جزء هزینه‌های اصلی یک چاه محسوب می‌شود و حدوداً یک‌سوم هزینه‌های قراردادی یک چاه صرف آنها می‌شود. در ایران حدوداً ۷۰ درصد از شرکت‌های بزرگ در حوزه‌ی بالادستی در زمینه‌های سرویس و خدمات فنی اشتغال دارند.

گذشت مدتی از تولید ممکن است به دلایل مختلف دچار تولید آب شود. از این رو یکی از درمان‌ها می‌تواند پلاگ کردن لایه‌ی آبدی باشد. پس از پلاگ کردن لایه‌ی آبدی می‌توان از لایه‌های بالایی برای تولید استفاده کرد و تولید از لایه‌های بالایی نیازمند مشبک‌کاری است. بنابراین می‌توان از این سرویس برای مشبک‌کاری نیز بهره گرفت.

۴- معایب حفاری به روش لوله مغزی سیار

- عدم توانایی در چرخش‌های بالا
- هزینه‌ی مواد مصرفی
- عمر (زمان استفاده) سیالات حفاری محدود
- محدودیت در استفاده تجهیزات و الزام استفاده از نیروهای انسانی
- کاهش نرخ پمپاژ پمپ و گشتاور و وزن روی مته
- افزایش مسیر پیچ خم (غیرمستقیم)
- فن‌آوری جدید اما تجربیات کم نیروهای انسانی
- قطر حفاره: در حالت معمول دستگاه لوله مغزی سیار در حفاره‌هایی با قطر کم یا Slimhole توانایی بیشتری نسبت به حفارات با قطر بزرگ‌تر دارد که در موارد حفاری این موضوع محسوس‌تر است.
- چرخش: رشته‌ی لوله مغزی سیار نمی‌تواند امکان چرخش داشته باشد؛ چراکه در عملیات حفاری جهت‌دار این عامل مشکل ایجاد می‌کند. از این رو ناتوانی چرخش رشته‌ی لوله مغزی از طریق انتقال نیرو توسط موتورهای درون چاهی به مته اعمال می‌شود.
- اقتصادی: در بسیاری از زمینه‌ها هزینه‌ی لوله مغزی سیار می‌تواند برابر یا حتی بیشتر از هزینه‌های دکل حفاری در بعضی از عملیات‌های خاص باشد.



شکل ۷ | شمای کلی لوله مغزی سیار جهت انجام عملیات حفاری

پیش‌بینی عملیات حفاری/تعمیراتی و فنی در ایران به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

الف) پیش‌بینی عملیات حفاری و تعمیر چاه‌های نفت و گاز طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۵

بر اساس اطلاعات دریافتی نیاز به دستگاه‌های حفاری و همچنین به حفاری و تعمیر چاه‌های برنامه شده جهت رسیدن به تولید چهار میلیون بشکه نفت خام در روز طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۵ به شرح مندرج در جدول ۲- است.

ب) خدمات فنی حفاری مورد نیاز طی پنج سال آینده و مقدار موجودی در کشور

ب-۱- تقاضای خدمات لوله مغزی سیار بر اساس تعداد job در بخش خشکی

همانطور که از نمودار مشخص است با افزایش عمر چاه‌های ایران تقاضا برای خدمات لوله مغزی سیار در حال افزایش است. از این رو این سرویس می‌تواند به‌عنوان یک سرویس اقتصادی و کارآمد در خدمات چاه‌های تولیدی در بخش خشکی محسوب شود.

ب-۲- تقاضای خدمات لوله مغزی سیار بر اساس تعداد job در بخش دریایی



۸ سرویس لوله مغزی به‌عنوان چاه‌نگاری و مشبک‌کاری

۱ مقایسه‌ی حفاری از طریق دستگاه لوله مغزی سیار و دکل‌های حفاری

ویژگی	حفاری چرخشی (دکل حفاری)	حفاری از طریق لوله مغزی سیار
اندازه‌ی دستگاه و قابلیت حمل و نقل	اندازه‌ی آن بزرگ است اما معمولاً دستگاه قابلیت سرهم شدن در مکان حفاری را دارد	معمولاً نسبت به دکل حفاری اندازه‌های کوچک‌تری دارد
اطمینان	حفاری از طریق دکل سابقه‌ی طولانی دارد و به‌دلیل داشتن تکیه‌گاه محکم برای مدت طولانی عملیات اطمینان بیشتری دارد	طراحی این دستگاه برای عملیات‌های با زمان کوتاه است و امکان خسارت و صدمه‌ی دستگاه در زمان حمل و نقل وجود دارد
حفاری در شرایط فروتعادلی	با این روش امکان‌پذیر است اما نیازمند وسایل خاص شرایط فروتعادلی است	دستگاه کنترل فشار سطحی در شرایط پیوسته می‌تواند شرایط را برای عملیات حفاری فروتعادلی محیا کند
نمودارگیری حین حفاری	اطلاعات حاصل از سیستم وایرلس به‌صورت محدود انتقال پیدا می‌کنند	سنسورهای نمودارگیری متصل به لوله مغزی سیار می‌تواند انتقال و اخذ اطلاعات از طریق سیستم وایرلس را با برد (فاصله‌ی مکانی) زیادی انجام دهند
هزینه‌ی عملیات	به شرایط عملیات بستگی دارد اما معمولاً بیشتر از هزینه‌ی عملیات از طریق لوله مغزی سیار است	به شرایط عملیات بستگی دارد اما معمولاً کمتر از هزینه‌ی عملیات از طریق حفاری چرخشی (دکل حفاری) است
تمیزسازی درون چاه	به‌دلیل گردش سیال با نرخ زیاد و چرخش لوله‌های حفاری می‌تواند عامل تمیزسازی داخل چاه با درصد زیادی انجام شود	تمیزسازی درون چاه معمولاً در بخش‌های جهت‌دار و افقی به‌عنوان عامل مهم محسوب می‌شود. از این رو روش حفاری از طریق لوله مغزی سیار می‌تواند تمیزسازی درون این بخش‌ها را با بیشترین بازدهی انجام دهد
ایمنی	زمان متصل کردن لوله‌های حفاری بسیار طولانی است	زمانی برای اتصال لوله‌های حفاری وجود ندارد (ریل یکپارچه است)
وزن‌گذاری روی مته و توانایی بیرون کشیدن رشته‌ی حفاری	به‌دلیل سنگین بودن لوله‌های حفاری معمولاً دکل حفاری باید توان زیادی برای بالا کشیدن لوله‌ی حفاری مصرف کند. اما دکل حفاری توان محدودی دارد و اگر لوله‌ی حفاری گیر کند و با تمام توان دکل بالا نیاید، مانند (Fish) در چاه باقی می‌ماند	یکی از مزایای حفاری از طریق لوله مغزی سیار وزن‌گذاری روی مته محسوب می‌شود که با گذاشتن وزن کم می‌تواند زاویه‌ی مورد نظر حفاره را ایجاد کند

عمر چاه‌های ایران می‌تواند کاربردهای فراوانی داشته باشد که با افزایش تقاضا در بخش خشکی نیز همراه خواهد بود. ■

همان‌طور که از نمودار مشخص است با افزایش عمر چاه‌های ایران در بخش دریا و همچنین ریسک زیاد اقتصادی و فنی، احتمال کاهش تقاضا در بخش دریا زیاد است که این کاهش تقاضا با قیمت نفت رابطه‌ی کاملاً مستقیم خواهد داشت.

تقاضا در بخش دریا معمولاً با افزایش هزینه‌ی عملیاتی مواجه است که با کاهش قیمت نفت می‌تواند عامل کاهش تقاضا در این بخش باشد. تعداد دستگاه‌های لوله مغزی سیار موجود تا سال ۱۳۹۴ در دو بخش خشکی و دریا در شکل-۱۴ ارائه شده است.

نتایج

با ورود به نیمه‌ی دوم عمر اکثر مخازن نفت ایران انتظار کاهش تولید از مخازن به‌علت کاهش فشار مخازن بدیهی است. دستگاه لوله مغزی سیار را می‌توان یک فن‌آوری جدید دانست که کاهش هزینه‌های حفاری و سرعت زیاد عملیات کمک زیادی در پیش‌برد امور دارد و می‌تواند عاملی برای افزایش برداشت از مخازن باشد. برای افزایش تولید غالباً باید افزایش فشار مخازن را باید برنامه‌ریزی کرد. از این‌رو روش‌های افزایش تولید در چاه‌های تولیدی به شیوه‌های تحریک چاه یا حفاری مجدد یا مشبک‌سازی مجدد مخازن انجام می‌شود که می‌توان این روش‌های یادشده را با دستگاه لوله مغزی سیار عملیاتی کرد. از این‌رو سرویس مذکور با توجه به



شکل ۱۰ | دستگاه لوله مغزی سیار CTD هیبریدی همراه با دکل ثابت

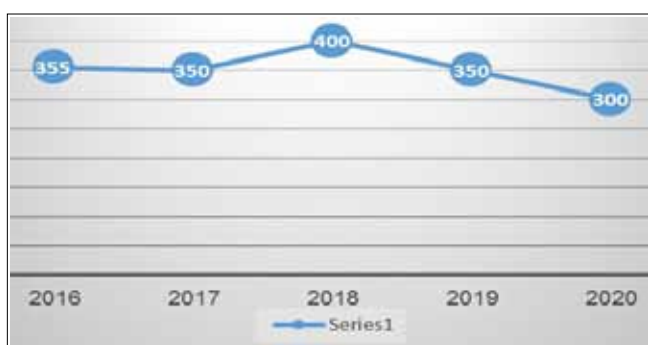
شکل ۹ | دستگاه هیبریدی لوله مغزی سیار با توانایی حفاری (CTD) در عمان (شرکت DOWEL)

جدول ۲ | پیش‌بینی نیاز به دستگاه‌های حفاری و حفاری چاه‌ها طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۵

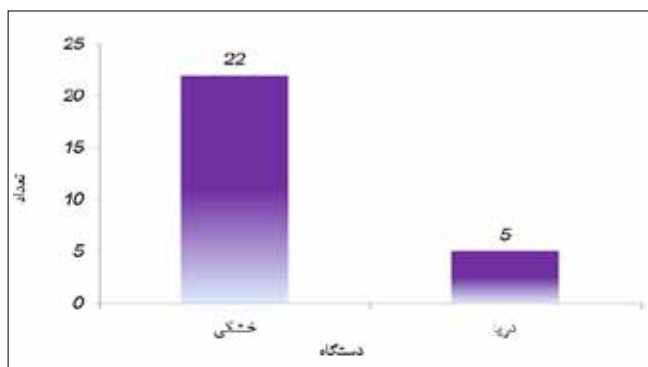
عنوان/ردیف	بخش دریا/خشکی	میانگین نیاز به تعداد دستگاه‌های توسعه‌ای/تعمیراتی	پیش‌بینی نیاز به تعداد دستگاه‌های توسعه‌ای/تعمیراتی	میانگین نیاز سالانه به حفاری/تعمیر حلقه چاه	پیش‌بینی حفاری و تعمیر چاه
۱	حفاری جدید	۱۱۰	۵۵۰	۲۵۳	۱۲۶۶
۲	حفاری تعمیراتی	۲۵	۱۲۵	۲۴۷	۱۲۳۴
	جمع	۱۳۵	۶۷۵	۵۰۰	۲۵۰۰



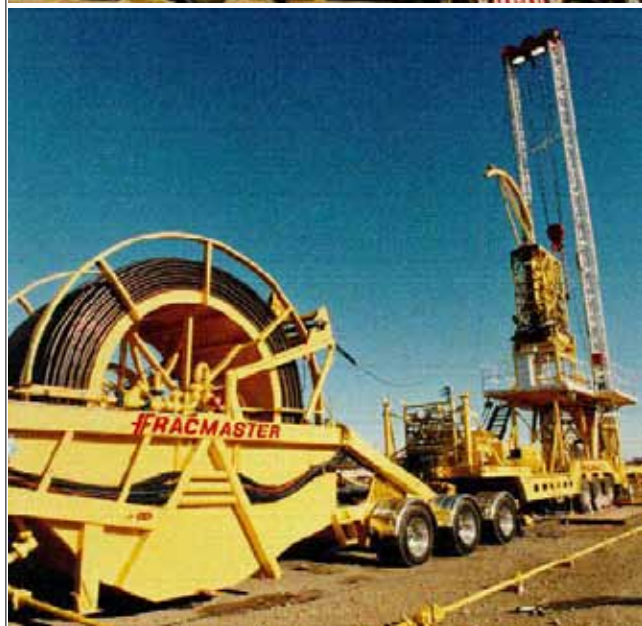
شکل ۱۲ | آمار تقاضای خدمات لوله مغزی سیار



شکل ۱۳ | تقاضای خدمات لوله مغزی سیار در دریا



شکل ۱۴ | تعداد دستگاه‌های لوله مغزی سیار موجود



شکل ۱۱ | دستگاه CTD هیبریدی با دکل‌های Self-Erecting

پانویس‌ها

1. Coiled Tubing Drilling (C.T.D)
2. Pipe Line Under The Ocean
3. Chain Drive
4. Contra- Rotation
5. Injector
6. Arco
7. SKID
8. Substructure
9. Snubbing/casing jack system
10. U.B.D

منابع

- [۱] جزوه‌ی آموزشی لوله مغزی سیار، قربانی و سلحشور، شرکت مناطق نفت خیز جنوب
- [۲] جزوه‌ی آموزشی لوله مغزی سیار، شرکت شلمبرژه
- [۳] جزوه‌ی آموزشی لوله مغزی سیار، شرکت بیکر هیوز
- [۴] مقالات انتشارات SPE
- [۵] جزوه‌ی آموزشی لوله مغزی سیار شرکت ملی نفت ایران