



ایمنی فعالیت‌های نفت و گاز در آبهای عمیق

هادی ابوالهم فتح‌آبادی*، مدیریوت برنامه‌ریزی تلفیقی شرکت ملی نفت ایران

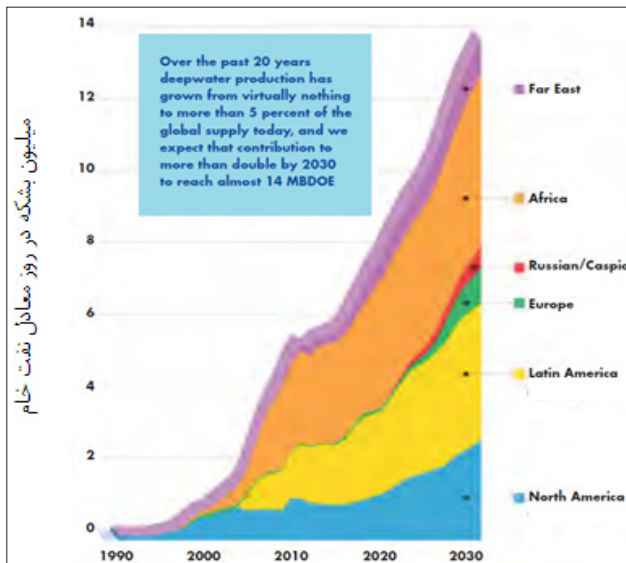
چکیده

اکتشاف و استخراج مخازن نفت و گاز هر روز مشکل‌تر و پیچیده‌تر می‌شود. نیاز روزافزون به انرژی و افزایش قیمت آن، کشورهای دنیا را به سوی استخراج منابع هیدروکربنی از آبهای عمیق کشانده است. مخازن نفت و گاز در آبهای عمیق، منابعی متعارف در مکان‌هایی غیرمتعارف هستند و امکان حفاری چاه‌های نفت و گاز در فشارهای بالا و اعماق زیاد نیاز به فن‌آوری‌های نوین دارد. اگرچه فن‌آوری‌های فعالیت‌های نفت و گاز در آبهای عمیق روبه‌گسترش است اما این امر با چالش‌های مختلفی نیز همراه است. در حال حاضر شناخت کامل مخازن نفت و گاز، طراحی سیستم تولید، فن‌آوری تکمیل چاه‌ها و پیش‌بینی شرایط آب و هوا از چالش‌های مهم پیش‌روی فعالیت‌های نفت و گاز در آبهای عمیق است. اگرچه حل این چالش‌ها پرهزینه و زمان‌بر خواهد بود اما فرصتی مناسب برای همکاری مؤثر دولت‌مردان، صنعت و دانشگاه خواهد بود. تهیه استانداردها و دستورالعمل‌های لازم برای طراحی، ساخت و عملیات چاه‌های نفت و گاز در آبهای عمیق، آموزش نیروی انسانی مورد نیاز، برنامه‌های پایش و ممیزی فعالیت‌ها و استفاده از تجارب شرکت‌های فعال در این زمینه، از ضروریات فعالیت‌های ایمن نفت و گاز در آبهای عمیق است.

واژگان کلیدی: نفت و گاز، آبهای عمیق، چالش‌ها، ایمنی

مقدمه

۸۰ درصد از منابع هیدروکربنی در آبهای عمیق در خارج از ایالات متحده قرار گرفته‌اند. تجمع این منابع اغلب در برزیل (۲۵ درصد)، آنگولا (۱۵ درصد) و نیجریه (۱۲ درصد) است [۲]. در شکل ۳- میزان برداشت سالیانه از منابع هیدروکربنی در آبهای کم‌عمق و آبهای عمیق در خلیج مکزیک مقایسه شده است.



از اواخر قرن نوزدهم نفت و گاز حدود ۶۰ درصد انرژی مورد نیاز دنیا را تأمین کرده است. اکتشاف و استخراج مخازن نفت و گاز هر روز مشکل‌تر و پیچیده‌تر می‌شود. منابع نفت و گاز در خشکی اغلب کشف شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند و امروزه برداشت از منابع نفت و گاز در آبهای عمیق آغاز شده است. از اواسط ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۳ قیمت نفت ثابت بود (حدود ۲۵ دلار به‌ازای هر بشکه) و از اوایل ۲۰۰۸ رشد صعودی قیمت آغاز شد. قیمت نفت در همین سال به ۱۴۷ دلار به‌ازای هر بشکه رسید. همین افزایش قیمت یکی از عوامل اصلی گرایش بیشتر دولت‌ها به استخراج نفت و گاز از آبهای عمیق است.

در ۲۰۰۷ برداشت نفت و گاز از آبهای عمیق دو برابر برداشت نفت و گاز از آبهای کم‌عمق بود و در حال حاضر برداشت از آبهای بسیار عمیق (بیش از ۳۰۰۰ متر) در نقاط مختلف دنیا آغاز شده است [۱].

از سال ۲۰۰۰ تا کنون ظرفیت تولید نفت از آبهای عمیق بیش از سه برابر شده است. در این سال، تولید نفت در آبهای بیش از ۲۰۰۰ فوت، ۱/۵ میلیون بشکه در روز بوده و در ۲۰۰۹ این رقم به ۵ میلیون بشکه در روز بالغ گردید و پیش‌بینی می‌شود در پایان ۲۰۳۰ این میزان به ۱۴ میلیون بشکه در روز رسیده باشد (شکل ۱-). در حال حاضر بیش از ۱۴۰۰۰ چاه تولیدی در آبهای عمیق دنیا حفاری شده‌اند [۱].

شکل ۲- تعداد چاه‌های اکتشافی حفاری شده و منابع هیدروکربنی کشف شده در آبهای عمیق را نشان می‌دهد. بر اساس مطالعات و دودمکنزی امروزه تقریباً

شکل ۱ | پیش‌بینی تولید نفت و گاز در آبهای عمیق در افق ۲۰۳۰ بر اساس تفکیک منطقه‌ای

*نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (hadifathabadi@gahoo.com)

۱- چالش‌ها

با روشن تر شدن ابعاد مختلف کار در دریا، هر روز چالش‌های فعالیت‌های نفت و گاز در آبهای عمیق بیشتر شناخته می‌شود.

چالش‌های امروزی در زمینه‌ی استخراج نفت و گاز از آبهای عمیق شامل موارد زیر است:

■ شناسایی مخازن: به دلیل هزینه‌ی زیاد حفاری چاه در آبهای عمیق، معمولاً باید با حفاری تعداد محدودی چاه اکتشافی، مخازن را شناسایی کرد. بیشتر منابع هیدروکربنی در آبهای عمیق از نوع ماسه‌سنگی است اما تغییرات چینه‌ای در اغلب این مخازن زیاد بوده و پیش‌بینی تراوایی مشکل است.

■ طراحی سیستم تولید: طراحی سیستم‌های زیر دریایی (شکل ۴) برای اطمینان از تولید ایمن و کنترل چاه‌ها و جمع‌آوری و انتقال اطلاعات به منابع دور دست از لحاظ فنی، کاری چالش‌برانگیز است.

■ نیاز به مواد و تجهیزات مناسب جهت تکمیل چاه در دما و فشار زیاد و کار در محیط خورنده‌ی دریا: این تجهیزات باید تحمل فشار ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ psi و دمای ۴۰۰ تا ۴۵۰ درجه‌ی فارنهایت را داشته باشند. همچنین در بسیاری از مخازن هیدروکربنی در آبهای عمیق میزان گاز سولفید هیدروژن بسیار زیاد و محیط بسیار خورنده است.

■ پیش‌بینی شرایط دریا و آنالیز وضعیت سیستم تولید در شرایط مختلف آب و هوایی در دریا: در این خصوص باید اثرات شرایط وخیم آب و هوایی در دریاها بر تأسیسات نفت و گاز شبیه‌سازی شده و در طراحی‌ها و انتخاب مواد مدنظر قرار گیرند.

اگر چه حل این چالش‌ها پرهزینه و زمان‌بر است اما فرصتی مناسب برای همکاری مؤثر دولت‌مردان، صنعت و دانشگاه خواهد بود.

گسترش روش‌های سایز میک سه و چهار بعدی در دریا، سیستم‌های حفاری شناور، ساختارهای تولیدی ثابت در دریا، اندازه‌گیری در حال حفاری و تجهیزات کنترل از راه دور (ROV) هر روزه در حال ارتقاء هستند.

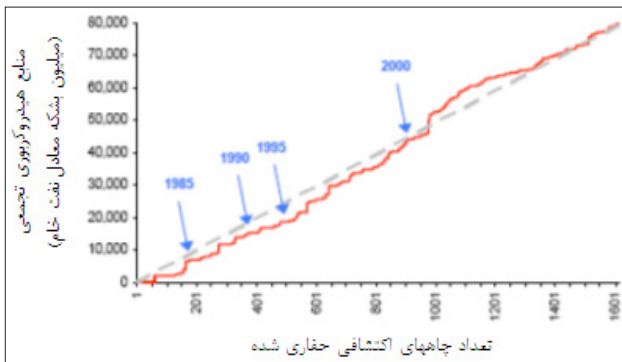
فن‌آوری‌های مختلف فعالیت‌های نفت و گاز در آبهای عمیق به سرعت در حال پیشرفت هستند. شکل ۵- ظهور فن‌آوری‌های مختلف مرتبط با استخراج نفت و گاز را در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۰ به تصویر کشیده است.

۲- مخاطرات و ریسک‌ها

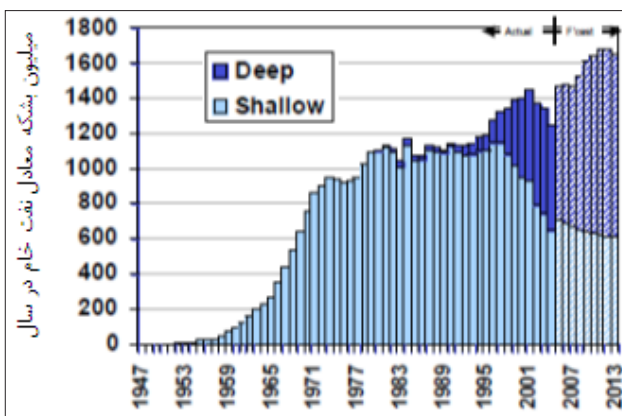
مخازن نفت و گاز در آبهای عمیق، منابعی متعارف در مکان‌هایی غیر متعارف هستند. حادثه‌ی Santa Barbara در ۱۹۶۹ در آبهای کالیفرنیا، حادثه‌ی Piper Alpha در ۱۹۸۸ در دریای شمالی انگلیس، حادثه‌ی نفتکش Exxon Valdez در ۱۹۸۹ در آلاسکا و حادثه‌ی چاه Macondo در ۲۰۱۰ در خلیج مکزیک از حوادث مهم رخ داده در فراساحل بوده است. پس از بروز این حوادث مدیریت ریسک در فعالیت‌های نفت و گاز در آبهای عمیق اهمیت ویژه‌ای پیدا کرد. اساس کار مدیریت ریسک، کاهش ریسک تا مقدار معقول عملی است که به آن پایین‌ترین حد منطقی قابل دسترس (ALARP) می‌گویند [۳].

از ۲۰۱۰ به بعد، یعنی پس از حادثه‌ی چاه Macondo در خلیج مکزیک و همچنین با ارتقاء فن‌آوری، ایمنی و مدیریت ریسک جایگاه ویژه‌ای در فعالیت‌های نفت و گاز در آبهای عمیق پیدا کرد (شکل ۶- [۴]).

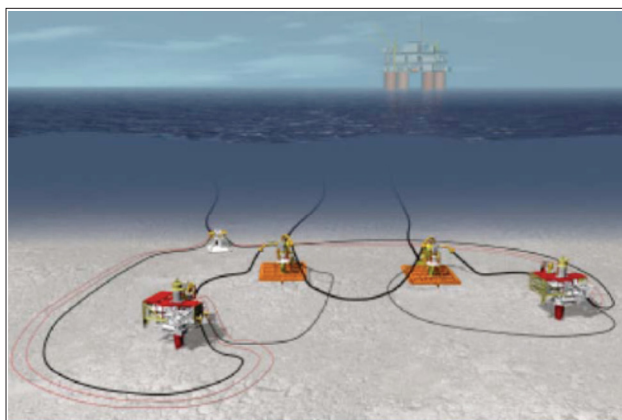
شکل ۷- کاهش تعداد حوادث فعالیت‌های نفت و گاز در آبهای عمیق را در ایالات متحده‌ی آمریکا پس از توجه جدی‌تر به ارزیابی‌های زیست‌محیطی و



شکل ۲ | تعداد چاه‌های اکتشافی حفر شده و مخازن کشف شده در آبهای عمیق



شکل ۳ | تولید نفت و گاز در آبهای کم عمق و آبهای عمیق در خلیج مکزیک



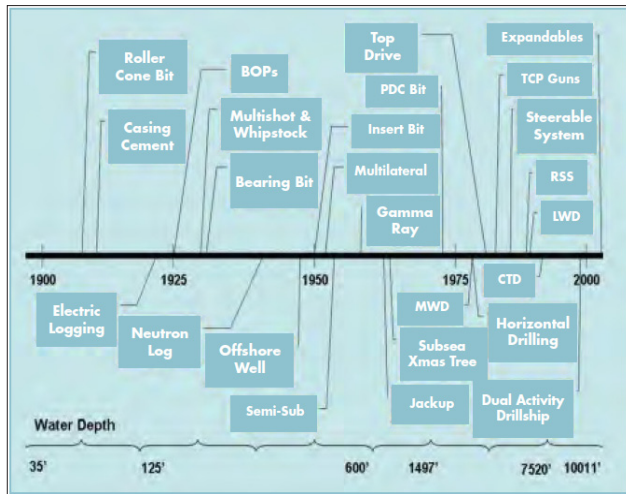
شکل ۴ | نمونه‌ای از تجهیزات مورد نیاز در بستر دریا برای استخراج نفت و گاز در آبهای عمیق



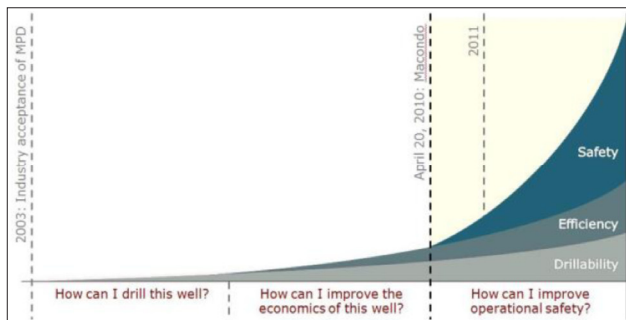
ایمینی تا سال ۲۰۰۵ را نشان می‌دهد [۲].

حال حاضر سیستم سرپوش گذاری سریع برای آبهای عمیق فراهم نیست که این به دلایل شرایط بد آب و هوایی، امواج سنگین آب و ... است. تیم سرپوش گذاری و مهار چاه معمولاً شامل دوازده نفر کارشناس زنده و آموزش دیده در این زمینه است.

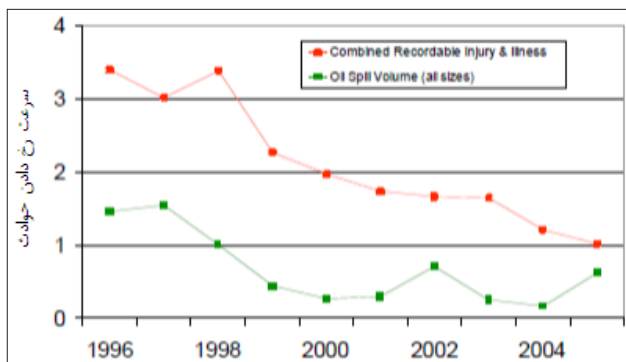
قبل از شروع عملیات حفاری چاه‌های نفت و گاز در آبهای عمیق برنامه‌های



شکل ۵ | ظهور فن‌آوری‌های مختلف در فعالیت‌های نفت و گاز



شکل ۶ | رشد اهمیت ایمینی در فعالیت‌های نفت و گاز در آبهای عمیق با گذشت زمان



شکل ۷ | کاهش حوادث فعالیت‌های نفت و گاز در آبهای عمیق پس از توجه جدی‌تر به انجام ارزیابی‌های زیست‌محیطی و ایمینی

۳- استانداردها و دستورالعمل‌ها

حفاری چاه‌های نفت و گاز در فشارهای بالا و اعماق زیاد نیاز به فن‌آوری‌های نوین دارد. همچنین در کنار این فن‌آوری‌ها، نیاز به استانداردها، دستورالعمل‌ها و استراتژی‌های دقیقی نیز در طراحی، ساخت، عملیات و نگهداری است.

بر اساس بررسی انجمن تولیدکنندگان نفت و گاز در ۲۰۱۱ استانداردهای تهیه شده توسط سازمان‌های API، IADC، ISO، OCIMF، OGP، OMHEC و NORSOK در فعالیت‌های نفت و گاز در آبهای عمیق بیشتر مورد استفاده بوده‌اند.

برخی استانداردهای پر کاربرد در زمینه فعالیت‌های نفت و گاز در آبهای عمیق شامل موارد زیر است:

■ API RP 75 (توسعه‌ی یک برنامه‌ی مدیریتی ایمینی و زیست‌محیطی برای تجهیزات و عملیات‌های فراساحل). این استاندارد توجه خاصی به مدیریت تغییر فرآیندها کرده است.

■ API RP Bulletin 96 (طراحی و ساخت جداری چاه در آبهای عمیق)

■ API Std 65 (پتانسیل‌های ایزوله کردن نواحی جریان‌ی در حین ساخت چاه)

■ API Std 53 (سیستم‌های تجهیزات جلوگیری از فوران برای چاه‌های در

حال حفاری)

■ NORSOK S-001 (ایمینی فنی)

■ NORSOK Z-013 (ارزیابی ریسک و شرایط اضطراری)

■ NORSOK D-010 (مدیریت یکپارچه‌ی چاه در حفاری و عملیات‌ها)

■ ISO 13702 (کنترل و کاهش آتش‌سوزی و انفجار در تأسیسات تولیدی

در فراساحل)

■ ISO 16530 (مدیریت یکپارچه‌ی چاه) [۱]

۴- طراحی و ساخت چاه‌های نفت و گاز در آبهای عمیق

تمامی چاه‌های حفاری شده برای تولیدی شدن نیاز به عملیات تکمیل دارند. نوع این عملیات بستگی به موقعیت چاه، نوع مخزن، لایه‌ی تولیدی، شرایط دما و فشار و ... دارد. استانداردهای تکمیل چاه در آبهای عمیق معمولاً سخت‌گیرانه است. این استانداردها حداقل شامل دو لایه‌ی ایمینی در برابر فوران است. این موانع شامل سیالانی سنگین که با فشار زیاد در چاه تزریق خواهند شد و موانعی مکانیکی مانند پلاگ‌های سیمانی است.

اگر به‌ر دلیل چاه از کنترل خارج شود ابزارهای مکانیکی به‌نام فوران‌گیر (BOP) به‌سرعت چاه را خواهد بست. فوران‌گیرها معمولاً شامل سه بخش شیرها، لوله‌ها و کنترل‌کننده‌ها با وزن بیش از ۲۰۰ تن بوده و همچنین حداقل دارای دو مجموعه دندان‌های برشی هستند که در مواقع لزوم قابلیت برش لوله‌ها و بستن آنها را دارند. اگر در مواقعی فوران‌گیر نتواند به‌طور کامل جریان چاه را مهار کند دکل از چاه جدا شده و سیستم سرپوش گذاری مستقر می‌گردد. در

مسئولیت واگذار شده به آنها تأیید شود.

استراتژی ایمنی کار در آبهای عمیق شامل برنامه‌ی آموزشی گسترده‌ی ایمنی است. کارشناسان فعال در آبهای عمیق باید دوره‌های آموزشی ایمنی لازم را که حتی برخی اوقات تا چهار سال طول می‌کشد طی کنند. شبیه‌سازی شرایط خاص کار در آبهای عمیق به کارشناسان کمک می‌کند تا مدیریت کنترل حوادث را بیاموزند. بهره‌برداران و پیمانکاران آموزش دیده باید بدون اینکه برایشان مشکل قانونی ایجاد شود بتوانند به‌صورت مستقل در هر زمان که نیاز باشد عملیات را متوقف کنند [۵۸].

۶- پایش و ممیزی

سنسورهای پیشرفته‌ی پایش لحظه‌ای عملیات حفاری، مهندسان را قادر می‌سازد در مقابل هر اتفاق غیرمنتظره‌ای سریعاً عکس‌العمل نشان دهند. این حس‌گرها هر گونه اطلاعاتی از قبیل دما، فشار و ... را به مرکز عملیات مخابره می‌کنند و مهندسان با استفاده از این اطلاعات، پتانسیل‌های ریسک را شناسایی و پیشگیری خواهند کرد.

اگر مورد غیرمنتظره‌ای مانند مواجهه با یک لایه‌ی گازی پرفشار رخ دهد به‌سرعت کار متوقف می‌شود و تنها در صورتی که اطمینان کامل از لحاظ ایمنی حاصل گردد کار ادامه می‌یابد.

انجام ممیزی‌های هدفمند و منظم از فعالیت‌های بهره‌برداران و پیمانکاران ضروری است؛ به‌خصوص اگر این ممیزی‌ها به‌صورت مستقل و توسط شخص ثالث انجام گیرد. گاهی اوقات این ممیزی‌ها در مراحل طراحی و ساخت، جهت اطمینان از رعایت دستورالعمل‌ها و به‌صورت روزانه انجام می‌شود. در مراحل برنامه‌ریزی جهت طراحی، ساخت و عملیات، ارائه‌ی یک برنامه‌ی زمان‌بندی ممیزی ضروری است [۵۹].

۷- همکاری در زمینه‌ی عملیات‌های ایمن نفت و گاز در آبهای عمیق

معمولاً شرکت‌های نفت و گاز سعی می‌کنند تجارب خود در زمینه‌ی فعالیت‌های آبهای عمیق را در اختیار یکدیگر قرار داده، حوادث را بررسی و نتایج آن‌را منتشر کنند. پس از حادثه‌ی چاه مکاندو در خلیج مکزیک در سال ۲۰۱۰، تعداد نه شرکت بزرگ ائتلافی تشکیل دادند که شل به‌عنوان شرکت

طراحی، حفاری و تکمیل چاه چندین بار مرور می‌شوند و کارشناسان و پیمانکاران حفاری بر برنامه‌ها آشنایی کامل پیدا می‌کنند. مستندات فنی و دستورالعمل‌ها باید توسط افراد پیمانکار و بهره‌برداران تأیید شود.

پس از اتمام عملیات حفاری و تکمیل چاه و قبل از شروع تولید از چاه باید رعایت استانداردهای لازم در عملیات‌های پیشین مجدداً بررسی گردد [۹۰ و ۷۶ و ۶۵].

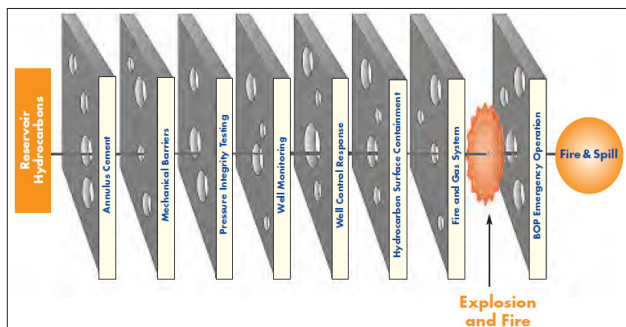
نخستین مانع در سر راه حرکت کنترل‌نشده‌ی سیال به سطح، سیمان لوله‌ی جداری است. در حوادث گذشته نشت هیدروکربن اغلب از طریق کفشک لوله‌ی جداری بوده و حوادث کمتری در اثر نشت هیدروکربن از فضای دالیز بین لوله‌ی جداری و لوله‌ی مغزی رخ داده است. اگرچه کنترل فوران از فضای دالیز نیز اهمیت ویژه‌ای دارد.

معماری چاه، شکل و نوع کفشک‌ها، ارتقاء کارایی و قابلیت اطمینان فوران‌گیرها، روش‌های تأیید موانع فوران، تعداد موانع مورد نیاز جهت جلوگیری از فوران، نوع، کیفیت و مقدار سیمان مورد نیاز، ارتقاء فن آوری نمودارگیری سیمان و حداقل ارتفاع ستون سیمان بالای هیدروکربن، از موارد مدنظر در عملیات ایمن چاه‌های نفت و گاز در آبهای عمیق است. انجام آزمایش‌های برشی برای فوران‌گیرها اهمیت زیادی دارد. تمامی عملیات‌های اولیه و ثانویه‌ی فوران‌گیرها در سطح زمین قبل از اینکه در آب مستقر گردند آزمایش می‌شوند. معمولاً نیاز است عملیات آزمایش قطع جریان چاه هنگام راه‌اندازی دکل و پس از آن هر پنج سال یک‌بار همزمان با انجام تغییرات اساسی در سیستم هیدرولیکی انجام شود. نصب جداکننده‌های گاز گل حفاری برای جدا کردن گاز از گل حفاری و دور کردن گاز از دکل ضروری است [۱۰ و ۹ و ۷ و ۶ و ۵].

وقتی پتانسیل تماس هیدروکربن با لوله‌ی جداری وجود دارد معمولاً طراحی چاه به‌گونه‌ای است که نگهدارنده‌های لوله‌ی جداری به شیرهای سرچاهی قفل شوند. در این حالت اولین نگهدارنده‌ی لوله‌ی جداری، تحمل‌کننده‌ی بیشترین نیرو از طرف چاه خواهد بود. طراحی سیستم لوله‌ی جداری باید به‌گونه‌ای باشد که در صورت فوران اجزای اتصال هر گونه سیستم درپوش گذاری را روی چاه و عملیات‌های مربوط به آن بدهد.

معمولاً از لوله‌های جداری ۳۰ یا ۳۶ اینچ برای چاه‌های آبهای عمیق استفاده می‌شود تا استحکام لازم را برای کنترل‌های فوران داشته باشند.

شکل ۸- انواع موانع و کنترل‌های در مسیر سیال تا رسیدن به سطح می‌دهد [۱].



شکل ۸- انواع موانع و کنترل‌ها در مسیر سیال تا رسیدن به سطح

۵- آموزش نیروی انسانی

در فعالیت‌های نفت و گاز عامل فن آوری و عوامل انسانی مهم هستند. این فعالیت‌ها باید تمامی افراد مورد نیاز با تخصص‌های لازم به کار گرفته شوند. افرادی که در چاه‌های نفت و گاز در آبهای عمیق فعالیت می‌کنند باید آتقدیر ماهر و آموزش دیده باشند که ریسک‌ها را شناسایی کرده و در کمترین زمان ممکن عکس‌العمل نشان دهند. در برنامه‌ریزی‌ها باید مهارت افراد در خصوص



شکل ۹ | موفقیت شرکت شل برای انتقال یک سیستم درپوش به طول ۷ متر، تا عمق ۲۰۰۰ متری

گاز در آبهای عمیق از اهمیت فراوانی برخوردار است. طراحی، ساخت و عملیات چاه‌ها و سیستم‌های تولیدی نفت و گاز در آبهای عمیق باید بر اساس استانداردها و در سطوح بالای ایمنی و اطمینان پذیری انجام شوند. توجه به بحث آموزش نیروی انسانی، انجام پایش‌ها و ممیزی‌های منظم و به کارگیری تجارب شرکت‌های فعال دنیا در زمینه‌ی فعالیت‌های نفت و گاز در آبهای عمیق قطعاً در کاهش حوادث و موفقیت در انجام تولید ایمن نفت و گاز نقش مؤثری ایفا خواهند کرد. ■

عامل، سیستم‌های سرپوش گذاری در آبهای عمیق با عمق بیش از ۳۰۰۰ متر (۹۸۰۰ فوت) را برای نفت و گاز طراحی کرد. این ائتلاف تلاش می‌کند ایمنی حفاری چاه‌های نفت و گاز در آبهای عمیق را افزایش داده و آسیب‌های زیست‌محیطی در حوادث گسترده را به حداقل برساند. این طراحی‌ها برای تطابق با شرایط و موقعیت‌های مختلف انجام شده‌اند.

شرکت شل همچنین با شرکت‌های فعال در خلیج مکزیک، انجمنی را برای کنترل چاه‌های دریایی با اعتباری بالغ بر یک میلیارد دلار تشکیل داده است. تعداد ده شرکت فعال در این انجمن، در زمینه‌ی درپوش گذاری و کنترل چاه‌های نفت و گاز در آبهای عمیق فعالیت می‌کنند. در ۲۰۱۲ شرکت کنترل چاه‌های دریایی (MWCC^۱) موفق شد سیستمی درپوشی به طول ۷ متر را تا عمق ۲۰۰۰ متری (بیش از ۶۵۰۰ فوت) فرود آورد و توانندی خود را در این زمینه به‌نمایش بگذارد (شکل-۹).

شرکت شل همچنین برای انجام عملیات‌های حفاری و همکاری نزدیک با قانون گذاری فدرال (شامل گارد ساحلی ایالات متحده و انجمن حمایت از محیط زیست و ایمنی ایالات متحده) داوطلب شده است.

نتیجه‌گیری

در حال حاضر شناخت کامل مخازن نفت و گاز، طراحی سیستم تولید، فن آوری تکمیل چاه‌ها و پیش‌بینی شرایط آب و هوایی از چالش‌های مهم پیش‌روی فعالیت‌های نفت و گاز در آبهای عمیق است. اگرچه حل این چالش‌ها، پرهزینه و زمان‌بر خواهد بود اما فرصتی مناسب برای همکاری مؤثر دولت مردان، صنعت و دانشگاه خواهد بود. از ۲۰۱۰ به بعد توجه به مسائل ایمنی و مدیریت ریسک با شتاب بیشتری روبه افزایش است. تدوین استانداردها و دستورالعمل‌های مورد نیاز فعالیت‌های نفت و

پانویس‌ها

¹ Remote Operated Vehicles

² As Low As Reasonably Practicable

³ American Petroleum Institute

⁴ International Association of Drilling Contractors

⁵ International Organization for Standardization

⁶ Oil Companies International Marine Forum

⁷ The International Association of Oil & Gas producers

⁸ Offshore Mechanical Handling Equipment Committee

⁹ Norsk Sokkels Konkuranseposisjon

¹⁰ Blowout Preventer

¹¹ Capping

¹² Marine Well Containment Company

منابع

[1] Deepwater Wells, International Association Of Oil And Gas Producers, Report No. 463, 2011

[2] Working Document Of The NPC Global Oil & Gas Study, Topic Paper #20, Deepwater, 2007

[3] Http://www.worldoil.com

[4] Julmar Shaun Sadicon Toralde And Chad Henry Wuest, Minimizing Deepwater Drilling Environmental Exposure And Increasing Operational Efficiency In NEW ZEALAND With Closed Loop Circulation Drilling, 2013

[5] Http://www.shell.com

[6] http://www.nytimes.com

[7] Alberto Serna Martin, Deeper And Colder, The Impacts And Risks Of Deepwater And Arctic Hydrocarbon Development, 2012

[8] Law, Policy, And Economics Of Firm Organization And Safety, 2011

[9] Mark A. Cohen, Madeline Gottlieb, Joshua Linn, And Nathan Richardson, Deepwater Drilling: 2013

[10] Rodolfo Guzman, Paola Carvajal, Ben Thuriaux-Alemin, Opportunities And Challenges For Global Deepwater Players, 2013