



بهینه سازی حفاری کمترین هزینه «مختار رجبی» حداقل زمان در حفر چاه

در مرحله دوم، اطلاعات مورد نیاز برای انتخاب مته مناسب حفر هر سازند، استخراج گردید و در فرمهای تهیه شده برای این منظور برای هر سازند به طور جداگانه ثبت شد. پس از بررسی و تجزیه و تحلیل این اطلاعات، مته مناسب برای حفر هر سازند پیشنهاد شد.

بعد از اینکه مته مناسب برای حفاری سازند انتخاب گردید باید پارامترهای اعمال شده بر مته در هنگام حفاری تعیین شوند. انتخاب پارامترهای مناسب نه تنها سرعت حفاری را افزایش داده و هزینه را کاهش می دهد بلکه باعث می گردند که مقطع مورد نظر، هر چه سریعتر حفاری شده، لوله جداری رانده و سیمان شود تا احتمال وقوع مشکل کاهش یابد. برای پیشنهاد پارامترهای بهینه ابتدا به معرفی پارامترهای موثر در پیشرفت حفاری

مهمترین و پر هزینه ترین بخش اکتشاف و استخراج، حفاری چاههای اکتشافی، تجدیدی، توصیفی و توسعه ای در یک میدان نفتی یا گازی است. شرکت های پیمانکار حفاری، همواره تمام تلاش خود را در جهت بهینه سازی عملیات و کاهش هزینه های حفر چاهها به کار می برند. با رعایت کلیه استانداردهایی که در حفر یک چاه باید مورد توجه قرار گیرند و در صورتی که هزینه صرف شده برای حفر یک متر از چاه به حداقل ممکن رسیده باشد، می توان گفت که حفاری به صورت بهینه انجام شده است.

چاهی که از ابتدا در یک ناحیه حفر می شود (به دلیل عدم آشنایی با شرایط و مشکلات موجود)، ممکن است هزینه های حفاری را تا حدودی افزایش دهد ولی در حفر چاههای بعدی می بایست زمان صرف شده جهت حفر چاه و هزینه تمام شده هر متر کاهش یابد تا جایی که هزینه حفر هر متر از چاه در یک مقدار معین ثابت شود. این میزان هزینه، به ازای هر متر از چاه، هزینه عملیات حفاری بهینه در آن ناحیه است. البته اگر پیمانکار دیگری در آن ناحیه شروع به فعالیت کند ممکن است با توجه به سطح دانش، تجربه و پیشرفته بودن تجهیزات مورد استفاده هزینه کمتری صورت گیرد اما در بهینه سازی حفاری، هدف دستیابی به حداقل هزینه با امکانات و توانایی موجود است.

برای بهینه نمودن عملیات، پیمانکار حفاری باید با انتخاب روشهای صحیح و طراحی برنامه مناسب در مرحله اول سعی نماید تا هزینه حفر اولین چاه را به حداقل ممکن رساند و در حفر چاههای بعدی، هزینه ها را به بهینه ترین شکل و کمترین میزان و با صرف حداقل زمان کاهش دهد، تا بتواند ادعا نماید که دارای تفکر و دانش حفاری بهینه است. به این منظور، از سالیان دور، مطالعه برای شناسایی عوامل و پارامترهای موثر در بهینه سازی حفاری شروع شد و شرکت های پیمانکار حفاری، از تجارب و رکوردهای به دست آمده توسط شرکت های خود با افتخار یاد می کنند.

در هر پژوهش با توجه به زمان و امکانات، از بین پارامترهای موثر در بهینه سازی حفاری، چند پارامتر مهم و اصلی انتخاب می شود و روشهایی جهت بهینه سازی حفاری چاهها ارائه می گردد.

در پژوهش، اطلاعات لازم شامل ۱۸ مورد (تعداد روزهای صرف شده، عمق حفاری، نوع سازند، نوع مته به کاررفته، وزن اعمال شده بر روی مته، سرعت دوران مته، دبی جریان گل، فشار پمپاژ گل، میزان پیشرفت حفاری، اندازه نازل های مته، وزن گل حفاری، گرانیوی گل حفاری، افت صافی گل حفاری، درصد جامدات گل حفاری، درصد گازوئیل گل حفاری، میزان هرزروی در زمان حفاری، علت خارج کردن مته از چاه و ارزیابی مته خارج شده از چاه) استخراج و در فرمهای تهیه شده، ثبت گردید. سپس اطلاعات مورد نیاز شامل سرعت فواره ای، توان مصرف شده در مته، نسبت توان مصرف شده بر مساحت کف چاه و نیروی کوبشی فواره مته، محاسبه شد و نتایج حاصل نیز در فرمهای مربوطه ثبت گردید.

**انتخاب پارامترهای مناسب
نه تنها سرعت حفاری را
افزایش داده و هزینه را
کاهش می دهد
بلکه باعث می گردند که
مقطع مورد نظر
هر چه سریعتر حفاری شده
لوله جداری رانده
و سیمان شود**

می پردازیم
که شامل موارد زیر
هستند:

۱. وزن اعمال شده بر روی مته
۲. سرعت دوران مته
۳. فشار هیدروستاتیک گل حفاری در کف چاه
۴. اختلاف فشار هیدروستاتیک گل حفاری و فشار سازند
۵. خواص گل حفاری شامل وزن گل، گرانیوی، افت صافی و....
۶. خواص فیزیکی سنگ و مقاومت سنگ در برابر حفر شدن

خواص فیزیکی سنگ و مقاومت آن در برابر حفر شدن در هر عمقی با هر وزن گل، پارامتر غیر قابل تغییر در هنگام حفاری است. در ضمن حفاری چاه اطلاعات زمین‌شناسی مفیدی به دست می‌آید که این اطلاعات در صورتی که ثبت شده باشد برای ارزیابی و تجزیه و تحلیل جهت اقتصادی‌تر ساختن حفاری چاههای بعدی بسیار مفید خواهند بود. با استفاده از اطلاعات به دست آمده می‌توان فاکتور قابلیت حفاری سازند (Drillability factor) را به دست آورد. با داشتن این فاکتور و مطابقت آن با میزان نفوذ مته (ROP) می‌توان با توجه به هیدرولیک به کار گرفته شده میزان بهینه وزن روی مته و سرعت دوران مته را معین نمود. در صورتی که حاصل ضرب وزن اعمال شده بر روی مته به ازای هر اینچ قطر آن در سرعت دوران مته را با $W \times R$ نمایش دهیم خواهیم داشت:

$$K_f = \frac{ROP}{W \times R}$$

K_f = formation drillability factor

ROP = rate of penetration (feet per hour)

$W \times R$ = $W \times R$ product

با توجه به فرمول، ملاحظه می‌گردد که در یک سازند دارای فاکتور قابلیت حفاری معین اگر میزان $W \times R$ را افزایش دهیم باید مقدار ROP افزایش یابد و این افزایش به صورت خطی خواهد بود. البته افزایش خطی میزان ROP با افزایش $W \times R$ تا محدوده معینی خواهد بود که از آن مقدار بیشتر از حالت خطی خارج خواهد شد. (نقطه کشمکش هیدرولیکی FLOUNDER POINT) چنانچه توان هیدرولیکی کافی در مته داشته باشیم می‌توانیم با حداکثر $W \times R$ مجاز (حداکثر وزن روی مته و حداکثر سرعت دوران مته مجاز) حفاری نموده و میزان پیشرفت بالایی داشته باشیم. عواملی همانند ارتعاشات رشته حفاری، ضعف میز دوار دستگاه حفاری، عدم تثبیت مناسب رشته حفاری، اندازه و شرایط لوله‌های حفاری و نوع سازند عوامل محدود کننده‌ای هستند که در استفاده از حداکثر میزان سرعت دوران مته و وزن روی مته در هنگام حفاری نقش دارند. البته با استفاده از موتورهای درون چاهی و به کاربردن مته‌های دارای قابلیت سرعت دوران بالا که به این منظور طراحی شده‌اند قادر خواهیم بود سرعت دوران مته را تا ۹۰۰ دور در دقیقه برسانیم.

در این راستا فاکتور قابلیت حفاری متوسط هر سازند محاسبه گردید که به عنوان مثال این فاکتور برای سازند کنگان در ناحیه فارس برابر ۵-۵۱۰۰ گردید. برای چاهی با قطر ۸۱/۲ اینچ، و در نظر گرفتن برنامه هیدرولیک بهینه با $HIS=5$ (توان مصرف شده در مته بر مساحت کف چاه hp/in^2) وزن روی مته (پوند) و سرعت دوران مته بهینه به ترتیب برابر با ۴۲ هزار و ۵۰۰ و ۱۱۵ می‌گردد. با داشتن فاکتور قابلیت حفاری سازند و حداکثر وزن روی مته و سرعت دوران بهینه مته، می‌توان حداکثر میزان پیشرفت حفاری را در حالت بهینه محاسبه نمود و براساس مقادیر به دست آمده هزینه حفاری هر متر از چاه در حالت بهینه را محاسبه کرد. نتایج به دست آمده بسیار قابل توجه بود چرا که انتخاب و اعمال چند پارامتر بهینه در حفاری سازند کنگان ناحیه فارس باعث کاهش چشمگیر هزینه حفاری شد.

البته لازم به ذکر است که نباید مسائل و روش‌های مطرح شده را به عنوان شعار و تئوری صرف در نظر گرفت زیرا شرکت‌های مختلف در دنیا سالهاست که با پذیرش تفکر بهینه سازی و استفاده از آن در عمل توانسته‌اند به نتایج قابل توجهی دست یابند. در جمهوری اسلامی ایران نیز پس از پیروزی انقلاب اسلامی و پشت سر گذاشتن مشکلات اولیه، به تدریج با انتخاب روش‌های مناسب در زمینه بهینه سازی حفاری، گام‌های موثری برداشته شده است که البته نیاز به تسریع و تلاش بیشتر در این زمینه دیده می‌شود.

این مقاله چکیده‌ای از تحقیق انجام شده تحت عنوان بهینه سازی حفاری چاههای گاز ناحیه فارس در دانشگاه صنعتی امیرکبیر است.



۷. تمیز شدن مناسب چاه

۸. عوامل انسانی

تأثیر خواص فیزیکی و مقاومت سنگ در برابر حفر شدن بر میزان پیشرفت مته (ROP)