

معرفی مدل جهت طراحی بهینه‌ی نقطه‌ی جداری گذاری و کاهش زمان حفاری در یکی از میادین جنوبی کشور

میثم رضانی*، دانشگاه امیرکبیر ■ حسین مصطفوی^۱، مدیریت اکتشاف ■ محمد قوبدل سیوکی، نفت دانشگاه تهران

چکیده

هدف اصلی طراحی و انتخاب صحیح نقاط جداری گذاری، انتخاب محل‌های مناسبی است که در شرایط خاص هر چاه به‌طور ایمن و در عین حال اقتصادی، امکان حفاری تا افق‌های پایین یک چاه به‌خصوص در عملیات اکتشافی را بدهد. انتخاب ناصحیح پاشنه‌ی لوله‌ی جداری علاوه بر ایجاد مشکلات عدیده در حین حفاری، سبب عدم امکان حفاری تا عمق‌های پایینی می‌شود. با توجه به اینکه در میدان مورد مطالعه، آزمایش‌های مستقیم اندازه‌گیری فشار شکست انجام نشده، در این مقاله ابتدا با استفاده از داده‌های میدانی و تخمین فشار شکست از روابط تجربی و آگاهی از شرایط زمین‌شناسی منطقه، نقاط جداری گذاری به‌طور انتخاب صحیح می‌شود. سپس با معرفی مدلی جدید، در مورد طراحی بهینه‌ی پاشنه بحث می‌شود. نشان داده شد که با استفاده از مدل معرفی شده در این مقاله و با انتخاب بهینه‌ی نقطه‌ی جداری گذاری برای حفره‌ی اینچ، زمان حفاری برای آن حفره تا حد قابل توجهی کاهش می‌یابد.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۶/۰۹/۲۴
تاریخ ارسال به داور: ۹۶/۱۰/۱۴
تاریخ پذیرش داور: ۹۶/۱۱/۱۳

واژگان کلیدی:

رشته‌ی جداری، انتخاب نقطه‌ی جداری گذاری، طراحی نقطه‌ی جداری گذاری، فشار شکست

مقدمه

لرزه‌نگاری و حفر چاه‌های اکتشافی وجود مخازن گازی در گروه دهرم مشخص و محرز شده و این میدان در سازندهای کنگان و دالان (شامل بخش‌های دالان بالایی، نار و دالان پایینی) حاوی مخازن گازی است. توالی رسوبی این میدان در جدول ۱ ارائه شده است:

۲- تخمین فشار شکست

فشار شکست عبارت است از فشار لازم برای ایجاد شکست در عمق

روش‌های جداری گذاری چاه‌های نفت و گاز در سال‌های اخیر بسیار پیشرفت کرده است. در جستجو و کاوش برای نفت و گاز بیشتر، چاه‌های عمیق‌تر حفاری شده و همراه با آن، روش‌های نصب لوله‌ی جداری بهبود یافته تا بتوان بر شرایط سخت‌تری که در اعماق زمین حاکم است غلبه کند. انتخاب نقاط جداری گذاری و طراحی آن، باید با ویژگی‌های زمین‌شناسی مخازن و میادین نفتی هماهنگ شود. اهمیت این هماهنگی در مناطق نفت‌خیز جنوب ایران که تغییرات لیتولوژیک سازندها در جهات جانبی و قائم شدید است به‌مراتب بیشتر خواهد بود. از جمله ویژگی‌های زمین‌شناسی در این مناطق، تغییرات فشار سازندی به‌علت تفاوت‌های لیتولوژیک است؛ به‌طوری که باید محل قرارگرفتن پاشنه‌ی لوله‌ی جداری به‌گونه‌ای انتخاب گردد که مشکلی در عملیات حفاری ایجاد نشود [۱].

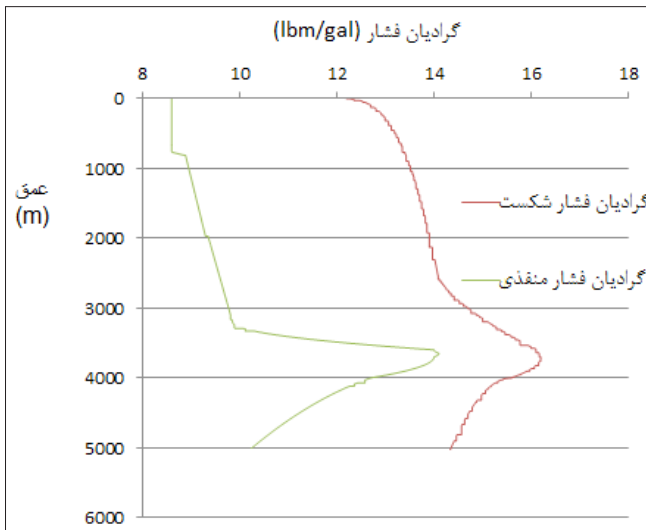
عدم طراحی مناسب رشته‌های جداری و عدم دقت کافی در انتخاب صحیح نقاط پاشنه‌ی رشته‌ی جداری سبب توقف و شکست عملیات حفاری می‌شود. در این مقاله به‌صورت مشخص و به‌عنوان مطالعه‌ای موردی، ابتدا با آگاهی از شرایط میدان و زمین‌شناسی منطقه و با استفاده از گرادیان‌های فشار منفذی و شکست، پاشنه‌های رشته‌های جداری به‌طور صحیح انتخاب می‌شوند. با توجه به اینکه در این میدان آزمایش‌های مستقیم اندازه‌گیری فشار شکست انجام نشده، برای محاسبه‌ی آن از رابطه‌ی تجربی ایتان^۲ استفاده می‌شود. سپس با معرفی مدلی جدید، در مورد انتخاب بهینه‌ی محل پاشنه‌ی رشته‌ی جداری که سعی در کاهش زمان حفاری دارد بحث می‌شود.

۱- مشخصات میدانی

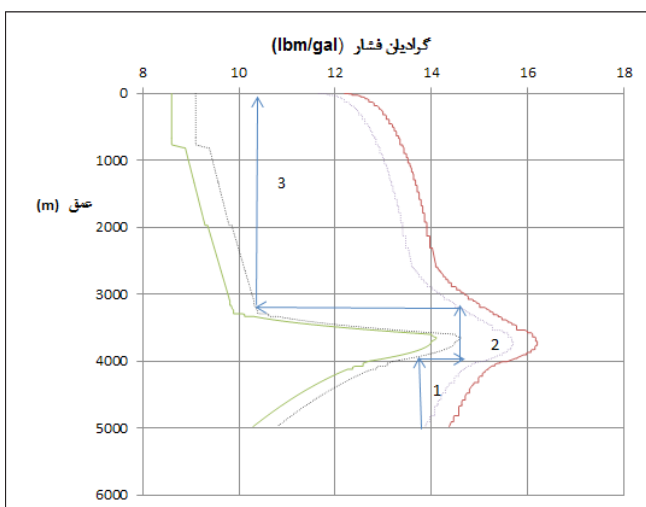
میدان مورد نظر در جنوب استان فارس واقع شده است. طی عملیات

توالی رسوبی از جدید به قدیم در میدان مورد مطالعه	
سازند	سازند
کژدمی	آغاچاری
داریان	میشان
گدوان	گچساران
فهلپان	چهرم
سورمه	پابده
نریریز	گورپی
دشتک	ایلام
کنگان	لافان
دالان	سروک

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (meysam.ramezani@aut.ac.ir)



شکل ۱ | گرادیان‌های فشار منفذی و شکست میدان مورد مطالعه



شکل ۲ | تعیین عمق نصب پاشنه‌ی لوله‌های جداری با استفاده از گرادیان‌های فشار منفذی و شکست

بستگی دارد. محل پاشنه‌ی لوله‌های جداری با استفاده از گرادیان‌های فشار، در شکل ۲- ارائه شده است. به‌عنوان ضریب ایمنی مناسب ۵/۰ppg در نظر گرفته شده است [۳].

اولین پاشنه‌ی لوله‌ی جداری متعلق به جداری تولیدی است که با تعیین عمق مخزن مشخص می‌شود. با توجه به محل مخزن (سازندهای کنگان و دالان) اولین پاشنه در عمق ۴۹۸۰ متری قرار می‌گیرد که باید کاملاً سازندهای مخزنی را پوشش دهد تا بتوان آزمایش‌های گزینشی مخزنی در آن انجام گیرد. وزن گل طراحی شده برای حفاری این قسمت ۱۳/۸۵

خاصی از سازند. گرادیان فشار شکست نیز روند تغییرات فشار شکست با عمق است [۲]. با توجه به اینکه در میدان مورد مطالعه، آزمایش‌های مستقیم اندازه‌گیری فشار شکست انجام نشده ابتدا باید فشار شکست با استفاده از روابط تجربی^۳ محاسبه شود. مدل‌ها و روابط تجربی مختلفی برای فشار شکست ارائه شده که رابطه‌ی ایتان یکی از روابط مهم و کاربردی در این زمینه است.

۲-۱- رابطه‌ی ایتان

این رابطه به شرح زیر است [۳]:

$$F = (S - P) \left(\frac{\mu}{1 - \mu} \right) + P \quad (1)$$

در این معادله P فشار منفذی سیال و S فشار روباره است که از داده‌های نمودار چاه‌پیمایی چگالی و از معادله‌ی ۲ قابل محاسبه است که در آن p_b چگالی متوسط سنگ، g شتاب گرانشی و D عمق مورد نظر است [۳]:

$$S = \int_D \rho_b g dD \quad (2)$$

در معادله‌ی ۱- ضریب پواسون^۴ و عبارت است از توانایی سنگ برای تغییر شکل در محدوده‌ی الاستیک سنگ، که عوامل متعددی بر آن مؤثرند. مهم‌ترین این عوامل، لیتولوژی، نوع و درصد تخلخل، حجم شیل، ناهمگنی و رخساره سنگ است [۳]. ضریب پواسون دینامیک را می‌توان با استفاده از نمودارهای صوتی چاه‌پیمایی محاسبه کرد.

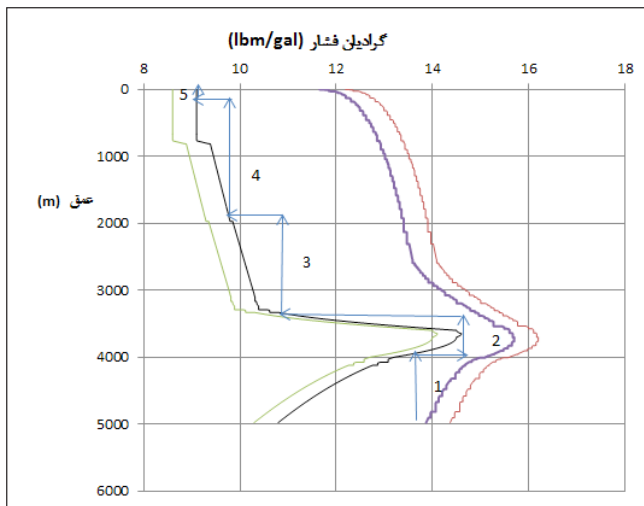
$$\mu_{dynamic} = \frac{0.5 \times \left(\frac{\Delta t_s}{\Delta t_c} \right)^2 - 1}{\left(\frac{\Delta t_s}{\Delta t_c} \right)^2 - 1} \quad (3)$$

که در این معادله Δt_s و Δt_c زمان انتقال امواج صوتی^۵ در حالت برشی و تراکمی است که از نمودار صوتی قابل محاسبه است. قابل ذکر است که میزان ضریب پواسون در حالت استاتیک و دینامیک برابر است [۴و۵].

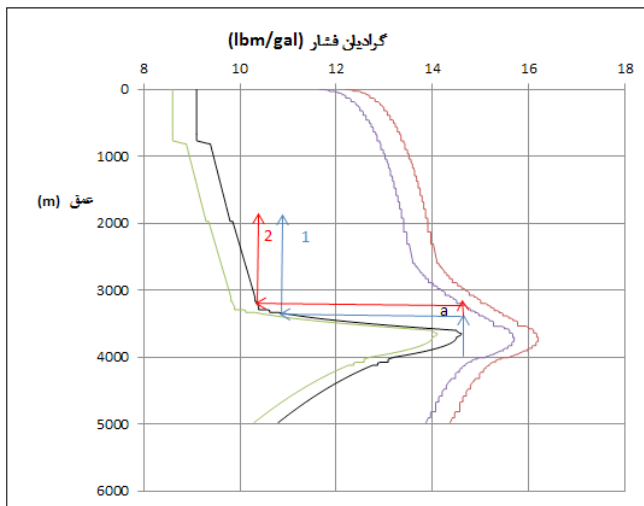
بنابراین با داشتن اطلاعاتی نظیر داده‌های فشار منفذی که از آزمایش‌های مستقیم فشاری اندازه‌گیری شد و نمودارهای چاه‌پیمایی صوتی و چگالی میدان مورد مطالعه، گرادیان فشار شکست با استفاده از رابطه‌ی ایتان محاسبه و در شکل ۱- ارائه شده است.

۳- انتخاب عمق نصب لوله‌های جداری

معمولاً انتخاب تعداد و عمق نصب لوله‌های جداری به‌صورت کلی به گرادیان فشار منفذی و گرادیان فشار شکست سازندهای حفاری شده



شکل ۳ | محل قرارگیری صحیح پاشنه‌ها با در نظر گرفتن شرایط زمین‌شناسی



شکل ۴ | بهینه‌سازی نقطه‌ی جداری‌گذاری

رشته‌ی جداری ۱۳ $\frac{۳}{۸}$ اینچ عمق ۱۸۸۰ متری و برای رشته‌ی جداری ۲۰ اینچ عمق ۱۵۰ متری هستند. همچنین وزن گل حفاری مورد نیاز برای حفره‌ی اول ۱۳/۴۵ پوند بر گالن، برای حفره‌ی دوم ۱۴/۶ پوند بر گالن، حفره‌ی سوم ۱۰/۶۱ پوند بر گالن، برای حفره‌ی چهارم ۹/۷۶ پوند بر گالن و برای حفره‌ی پنجم ۹/۱ پوند بر گالن است.

۴-ارائه‌ی مدلی برای بهینه‌سازی پاشنه

بسیاری عوامل از قبیل هزینه، زمان حفاری، ایمنی و تکمیل چاه به روند بهینه‌سازی حفاری بستگی دارند. در عملیات حفاری، نرخ نفوذ، عامل اصلی بهینه‌سازی زمان حفاری است. نرخ نفوذ به عواملی از قبیل

به‌همین ترتیب اعماق ۳۹۱۰ و ۳۲۰۰ متر به‌عنوان پاشنه‌های جداری بعدی تعیین می‌شود که وزن گل حفاری طراحی شده برای این قسمت‌ها ۱۴/۶ ppg و ۱۰/۳۶ ppg است. تعیین محل استقرار لوله‌های جداری با استفاده از گرادیان‌های فشار منفذی و شکست روش کلی است و برای انتخاب صحیح‌تر پاشنه‌ها، نیازمند اطلاعات زمین‌شناسی است. با داشتن اطلاعات زمین‌شناسی منطقه‌ی نظیر چینه‌شناسی میدان، فشارهای سازنده‌های زیرزمینی، نوع سنگ، محل لایه‌های آبدی سطحی، سازندهای حساس شیلی و تبخیری‌ها می‌توان محل پاشنه‌ها را به‌طور دقیق‌تر و صحیح‌تر انتخاب نمود [۳].

با توجه به وجود لایه‌های آبدی شیرین سطحی در این میدان، لزوم پیروی از مقررات حفاظت از منابع آب آشامیدنی نیازمند به راندن لوله‌ی جداری سطحی برای پوشش کامل این لایه‌هاست و بنابراین عمق پاشنه‌ی این جداری ۱۵۰ متر است.

همچنین وجود شیل‌های ریزشی کژدمی سبب ایجاد مشکلاتی در ادامه‌ی حفاری سازندهای پایینی می‌شود، بنابراین باید با راندن یک جداری اضافی که این سازند شیلی را پوشش می‌دهد ادامه‌ی حفاری را مقدر ساخت. با توجه به اینکه ریزش شیل‌ها می‌تواند تا حدی سبب پر شدن چاه و در نتیجه عدم قرارگیری درست و دقیق پاشنه در عمق موردنظر شود، همچنین به دلیل اینکه باید پاشنه‌ی رشته‌ی جداری در سازند مناسب و سختی نظیر سنگ آهک قرار گیرد پاشنه‌ی این جداری در عمق ۱۸۸۰ متری و در پایین سازند آهکی و سخت داریان قرار داده می‌شود.

طبق طراحی، پاشنه‌ی جداری بعدی در عمق ۳۲۰۰ متری است که برای اطمینان از انتخاب صحیح‌تر، پاشنه یک مقدراری پایین‌تر و در ابتدای بخش تبخیری A و در عمق ۳۳۱۰ متری قرار داده می‌شود؛ چراکه سازند سخت و محکم انیدریتی و دولومیتی آن محل مناسبی برای محل قرارگیری پاشنه است.

همچنین در سازند دشتک به دلیل وجود نواحی پرفشار گازی در لایه‌های S_۶ و S_۷، ایجاد لایه‌ی پرفشار نیازمند راندن لوله‌ی جداری برای جداسازی بخش‌های پرفشار از کم فشار است که با توجه به در نظر گرفتن لوله‌ی جداری در طراحی (با استفاده از روش گرادیان‌های فشاری برای پوشش این ناحیه) دیگر نیازی به راندن لوله‌های جداری بیشتر نیست. اما می‌توان عمق پاشنه را کمی پایین‌تر برده و لایه‌های شیلی پایین سازند دشتک به خصوص آغار شیل را (که ممکن است سبب ایجاد مشکلاتی در حفاری شود) به‌طور کامل پوشش داد.

با توجه به توضیحات داده شده با در نظر گرفتن شرایط زمین‌شناسی، محل قرارگیری صحیح پاشنه‌ها در شکل ۳-آمده که به ترتیب از پایین برای رشته آستری ۵ اینچ عمق ۴۹۸۰ متری، برای رشته آستری ۷ اینچ عمق ۳۹۷۰ متری، رشته‌ی جداری ۹ $\frac{۵}{۸}$ اینچ عمق ۳۳۱۰ متری، برای

مسیر-۱ به نقطه مورد نظر می‌رسد اما اگر این مقدار منفی باشد یعنی مسیر-۲ با زمان حفاری بیشتری به نقطه‌ی مورد نظر می‌رسد. هدف تعیین مقدار a است که به‌ازای آن $f(a)$ بیشترین مقدار خود باشد.

$$f(a) = t_1 - t_2 = \frac{1430}{ROP_1} - \frac{1430-a}{ROP_2} - \frac{a}{ROP_3} \quad (6)$$

با مرتب‌سازی معادله‌ی-۶ داریم:

$$f(a) = 1430 \left(\frac{1}{ROP_1} - \frac{1}{ROP_2} \right) + a \left(\frac{1}{ROP_2} - \frac{1}{ROP_3} \right) \quad (7)$$

در این معادله ROP_1 و ROP_2 جز متغیرهایی هستند که آنها را به‌طور مستقیم نداریم اما با استفاده از $d_{ex-corr}$ و ROP_1 و مشخص بودن سایر متغیرها می‌توان آنها محاسبه کرد. در ۱۹۶۶ جردن و شیرلی^۷ توان d را به‌صورت زیر تعریف کردند [۶].

$$d_{exp} = \frac{\log\left(\frac{ROP}{60N}\right)}{\log\left(\frac{12WOB}{1000d_b}\right)} \quad (8)$$

در این معادله‌ی ROP سرعت حفاری بر حسب $\frac{ft}{hr}$ ، N سرعت دورانی بر حسب rpm ، WOB وزن روی مته بر حسب lbf و k و d_b قطر مته بر حسب in است.

در ۱۹۷۱ ارم و مک‌کلندون^۸ پیشنهاد دادند توان d چنان اصلاح شود که تأثیر تغییرات وزن گل در آن لحاظ شده باشد. پس از انجام مطالعه‌ای تجربی، آنها توسط رابطه‌ی-۷ توانستند یک مقدار اصلاح شده را برای توان d به‌دست آورند و آنرا با $d_{ex-corr}$ نشان دادند [۷].

$$d_{ex-corr} = d_{exp} \frac{MW_n}{MW} \quad (9)$$

MW_n وزن گل متناظر با گرادیان فشار منفذی عادی سازند و MW متناظر با وزن گل در زیر مته است. برای ایجاد ارتباط بین ROP_1 و ROP_2 و با استفاده از روابط-۸ و ۹ رابطه‌ی-۱۰ حاصل می‌شود.

$$\frac{\log\left(\frac{ROP_2}{60N}\right)}{\log\left(\frac{12WOB}{1000d_b}\right)} = \frac{\log\left(\frac{ROP_1}{60N}\right)}{\log\left(\frac{12WOB}{1000d_b}\right)} \times \frac{MW_2}{MW_1} \quad (10)$$

با فرض $A = 60N$ و ساده‌سازی رابطه‌ی-۱۰ داریم:

$$ROP_2 = ROP_1^{\frac{MW_2}{MW_1}} \times A^{1 - \frac{MW_2}{MW_1}} \quad (11)$$

خصوصیات سازند، خصوصیات گل حفاری، هیدرولیک حفاری، شکل و اندازه‌ی مته و شرایط سائیدگی مته بستگی دارد.

در این قسمت با استفاده از مفهوم توان اصلاح شده‌ی d مدلی ارائه می‌شود که می‌تواند با انتخاب مناسب محل پاشنه‌ی جداری زمان حفاری را کاهش دهد. همان‌طور که در قسمت انتخاب نقاط جداری گذاری بحث شد، برای انتخاب محل پاشنه در این میدان با محدودیت‌هایی از قبیل وجود لایه‌های آبدۀ شیرین سطحی، سازندهای مشکل‌دار مثل شیل‌های ریزشی و ... مواجهیم و بنابراین باید در میزان مورد مطالعه برای تغییر پاشنه‌ی جداری، از این مدل فقط برای انتخاب بهینه‌ی محل پاشنه‌ی رشته‌ی جداری $9\frac{5}{8}$ اینچ استفاده کرد. در صورت نبود محدودیت، می‌توان از این مدل برای انتخاب بهینه‌ی محل دیگر پاشنه‌ها نیز استفاده کرد.

در این مدل ابتدا باید مشخص شود اگر پاشنه‌ی رشته‌ی جداری به مقدار a بالاتر آورده شود آیا در بهبود زمان حفاری اثر مثبت دارد و اگر دارد در چه مقداری از آن، به حد بهینه‌ی خود می‌رسد. پس سعی بر آنست که با انتخاب بهینه‌ی a (مقدار جابجایی از محل پاشنه) زمان حفاری را کاهش داد که این امر در کاهش هزینه‌های حفاری تأثیر به‌سزایی دارد.

با بالا آمدن به مقدار a دو مسیر برای حفاری و محل جداری گذاری در حفره‌ی $12\frac{1}{4}$ اینچ و رشته‌ی جداری $9\frac{5}{8}$ اینچ موجود است. مسیر-۱ که همان طراحی اولیه است و مسیر-۲ مسیری است که باید دید آیا بالا آوردن نقطه‌ی جداری گذاری به‌میزان بر کاهش زمان حفاری مؤثر است یا خیر؟

زمان مورد نیاز برای حفاری مسیرهای-۱ و ۲ به‌شرح زیر است.

$$t_1 = \frac{L_1}{ROP_1} = \frac{1430}{ROP_1} \quad (4)$$

$$t_2 = \frac{L_2}{ROP} = \frac{1430-a}{ROP_2} + \frac{a}{ROP_3} \quad (5)$$

که L مقدار حفاری شده حفره بر حسب متر است. بنابراین L_1 برابر 1430 متر است؛ یعنی طول حفاری شده‌ی حفره‌ی $12\frac{1}{4}$ اینچ، L_2 نیز با توجه به جابجا کردن پاشنه‌ی جداری شامل دو قسمت a و $1430-a$ است. ROP نیز سرعت حفاری بر حسب متر بر ساعت است که ROP_1 سرعت حفاری برای مسیر-۱ و ROP_2 و ROP_3 نیز سرعت‌های حفاری برای بخش‌های متفاوت مسیر-۲ هستند. t_1 و t_2 زمان‌های مورد نیاز حفاری تا رسیدن به عمق 3310 متری در دو مسیر متفاوت هستند.

تفاضل زمان این دو مسیر یعنی $(t_1 - t_2)$ که با $f(a)$ نمایش داده می‌شود. اگر مثبت باشد یعنی مسیر-۲ با زمان حفاری کمتری نسبت به

با تغییر مقدار a تغییر می‌کند. $MW_p = 14/6ppg$ و نیز مقداری ثابتی نیست و

با وارد کردن مقادیر مختلف a و وزن گل حفاری متناظر با آن در رابطه‌ی ۱۳، $f(a)$ که تفاوت زمان حفاری مسیرهای ۲- و ۱- است بر حسب a (مقدار بالا آمدن از پاشنه در حالت ۱- در شکل ۵- ارائه شده است.

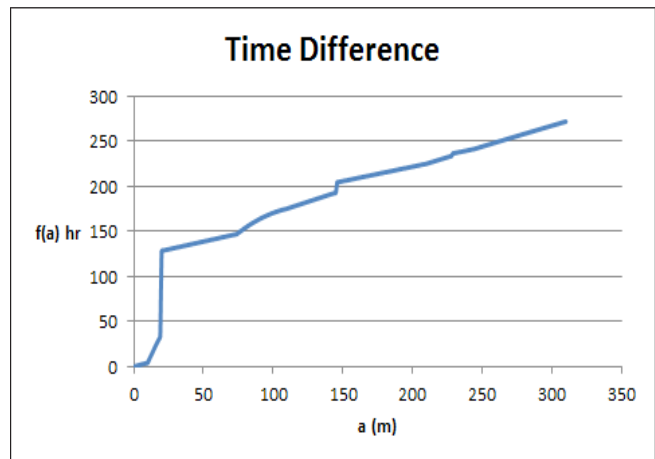
همان‌طور که مشاهده می‌شود با بالا آمدن از محل پاشنه‌ی قبلی زمان حفاری کاهش می‌یابد و هرچه میزان بالا آمدن بیشتر باشد زمان حفاری بیشتر کاهش می‌یابد. بنابراین با توجه به محدودیت در میزان بالا آمدن به دلیل گذشتن از مرز گرادیان فشار شکست، بالاترین مقدار a ، ۱۱۰ متر است که به‌ازای این مقدار بالا آمدن از نقطه‌ی جداری گذاری اولیه، زمان حفاری نسبت به حالت اولیه ۱۶۸ ساعت کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه زمان حفاری در حالت اولیه (۷۱۵ ساعت)، زمان حفاری حدود ۲۶ درصد کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری

■ در تعیین محل استقرار لوله‌های جداری علاوه بر استفاده از گرادیان‌های فشار منفذی و شکست، برای انتخاب صحیح تر نقاط جداری گذاری از اطلاعات زمین‌شناسی میدان نیز استفاده شد.

■ در این مقاله مدلی جدید برای انتخاب بهینه‌ی نقطه‌ی جداری گذاری ارائه شد. با وجود محدودیت‌های زمین‌شناسی در تغییر محل پاشنه‌های جداری، در میدان مورد مطالعه از این مدل فقط برای انتخاب بهینه‌ی محل پاشنه‌ی رشته‌ی جداری $9\frac{5}{8}$ اینچ استفاده شد. در صورت نبود محدودیت، از این مدل برای انتخاب بهینه‌ی محل دیگر پاشنه‌ها نیز می‌توان استفاده کرد.

■ استفاده از این مدل در کاهش زمان حفاری بسیار مؤثر است.



شکل ۵ | تفاوت زمان حفاری بین دو مسیر به‌ازای مقادیر مختلف بالا آمدن از محل اولیه‌ی پاشنه

با فرض $\log\left(\frac{12WOB_1}{1000d_{b1}}\right) = C$ و $\log\left(\frac{12WOB_3}{1000d_{b3}}\right) = B$ ساده‌سازی رابطه‌ی ۱۲- داریم:

$$ROP_3 = ROP_1 \frac{B \times MW_3}{C \times MW_1} \times A^{(1 - \frac{B \times MW_3}{C \times MW_1})} \quad (12)$$

با جای گذاری روابط ۱۲ و ۱۱ در رابطه‌ی ۷- داریم:

$$f(a) = t_1 - t_2 = 1430 \left(\frac{1}{ROP_1} - \frac{1}{ROP_1 \frac{B \times MW_3}{C \times MW_1} \times A^{(1 - \frac{B \times MW_3}{C \times MW_1})}} \right) + a \left(\frac{1}{ROP_1 \frac{B \times MW_3}{C \times MW_1} \times A^{(1 - \frac{B \times MW_3}{C \times MW_1})}} - \frac{1}{ROP_1} \right) \quad (13)$$

با ورود مقادیر متغیرهای میدانی در رابطه‌ی ۱۳، $WOB_1 = 30(k - lbf)$ ، $N = 120rpm$ ، $ROP_1 = 2\left(\frac{m}{hr}\right)$ ، $d_{b3} = 8\frac{1}{4}in$ ، $d_{b1} = 12\frac{1}{4}in$ ، $WOB_p = 25(k - lbf)$ ،

پانویس‌ها

- | | | |
|--------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1. mostafavi.hossein@gmail.com | 4. Poisson Ratio | 7. Jordan and Shirley |
| 2. Eaton | 5. Sonic Waves | 8. Rehm and McClendon |
| 3. Empirical Correlations | 6. Drilling Optimization | |

منابع

- [1] عادل‌زاده محمدرضا، اصول طراحی لوله‌های جداری، چاپ اول، تهران، انتشارات راه نوین، ۱۳۹۱
- [2] پورصیامی حسین، رحیمی بهار علی اکبر، مبانی ارزیابی فشار سازند، چاپ اول، پژوهشگاه صنعت نفت، ۱۳۸۹
- [3] Bourgoyne A.T., Chenevert M.E., Millheim K.K., Young F.S., Applied Drilling Engineering, SPE testbook series, 1985.
- [4] احمدیفر آرش، آبدیده محمد، کردونی علی، طراحی پنجره‌ی گل به‌منظور پایداری دیواره‌ی چاه به کمک مدل ژئومکانیکی، اولین کنفرانس و نمایشگاه تخصصی نفت، ۱۳۹۲
- [5] Gercek H., Poisson's Ratio Value for Rocks, Rock Mechanics and
- [6] Jordan J.R., Shirley O.J., Application of Drilling Performance Data to Overpressure Detection, 1966.
- [7] Rehm W.A., McClendon T.A., Measurement of Formation Pressure From Drilling Data, paper SPE 3601 presented at the SPE annual Fall Meeting, New Orleans, 36- October 1971.
- Well Selection of Casing Setting Depth and Introduction of a New Model to Their Optimized Design and Drilling Time Reduction in One of the Southern Fields of Iran