

## آنالیز مهندسی گیر رشته حفاری در یکی از میادین نفتی ایران

احمد فردی پور<sup>(1)</sup> - سیاوش عاشوری<sup>(2)</sup>

(1) دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نفت - دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه

(2) گروه مهندسی نفت - دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه

### چکیده

یکی از مهمترین مشکلات حفاری گیر لوله‌ها در چاه می‌باشد. عوامل بسیار زیادی باعث بروز این پدیده می‌شوند. در این تحقیق به بررسی موردی گیر رشته حفاری در چاه اکتشافی در یکی از میادین نفتی ایران پرداخت شده است. از دست دادن یک حفره چاه بدلیل تخمین نامناسب عمق پاشنه آستری "9 5/8" و استفاده از متعلقات تحتانی رشته حفاری (BHA) با قطر نامناسب در حفاری حفره جدید و در ادامه حفاری با یک وزن گل در لایه‌های با فشار سازندی متفاوت و ایجاد اختلاف فشار زیاد بر روی رشته حفاری مهمترین عوامل گیر رشته حفاری در این چاه به شمار می‌آیند. توجه بیشتر به بهسازی چاه با توجه به حفاری لایه‌های کم فشار و پر فشار در یک حفره با استفاده از مستحکم کردن لایه‌های کم فشار با عملیات سیمان کاری مناسب، برنامه‌ریزی صحیح و مناسب در جهت پایش مستمر عملیات حفاری، تعیین عمق صحیح نصب پاشنه‌های جداری و همچنین پوشش سریعتر حفره‌هایی که دارای قطر کم و سازندهایی که دارای اختلاف فشار زیاد هستند با استفاده از لوله‌های جداری، تغییرات وزن سیال حفاری بر حسب شرایط چاه از جمله راه کارهای کاهش امکان گیر لوله‌ها و نهایتاً "کاهش هزینه های عملیات حفاری می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: گیر رشته حفاری، پایداری دیواره چاه- تنگی چاه



## 1 مقدمه

در یک جمله می توان گیر لوله ها را این چنین تعریف کرد؛ نیروی درون چاهی که مانع خروج لوله ها از چاه شود. همچنین محدودیت حرکت رشته حفاری بوسیله نیروهای درون چاهی فراتر از شرایط نرمال عملیات (که همیشه اختطاری برای گیر لوله هاست) را تنگی چاه گویند.

پس از گیر کردن رشته حفاری، تلاش های زیادی جهت بیرون آوردن آنها صورت می پذیرد. برای آزاد سازی رشته حفاری که در چاه گیر کرده است مهندسان امر حفاری از روش های شناخته شده ای مثل افزایش کشش رو به بالا، افزایش وزن رو به پایین و... استفاده می کنند که تا حدودی وقت گیر و هزینه بر است ولی در بیشتر مواقع منجر به آزاد سازی رشته حفاری از چاه می شود. مشکل گیر رشته حفاری زمانی اهمیت بیشتری پیدا می کند که به دلایلی نتوان رشته حفاری را از چاه بیرون آورد در این صورت تنها راه حل، بریدن رشته حفاری در چاه، مانده یابی و در بدترین حالت ممکن مسدود کردن قسمت گیر و حفر یک مسیر فرعی اطراف مانده، تغییر برنامه حفاری و افزودن میلیونها دلار به هزینه حفاری چاه می باشد [1]. این مسئله بخصوص در عملیات های دریایی جایی که گیر لوله ها به تنهایی می تواند هزینه توسعه یک چاه را به مقدار % 30 افزایش دهد بسیار هزینه برتر است [2]. بنابراین پیش بینی و جلوگیری از گیر رشته حفاری اهمیت فراوانی در زمینه کاهش هزینه های حفاری دارد.

تحقیقات در مورد گیر لوله ها از سال 1950 شروع شد. در سال 1985، Kingsborough و Hemp king [3] با انجام تحلیل استاتیکی گیر لوله ها بر مبنای پارامترهای حفاری، به این مهم پرداختند. این کار با مقایسه چاه هایی که در آنها گیر لوله ها اتفاق افتاده بود و چاه های بدون گیر لوله انجام شد. پارامترهای هر یک از دو چاه مورد مقایسه قرار گرفتند سپس با توجه به چاه های بدون گیر برنامه ریزی برای حفر چاه های دیگر انجام شد. Kingsborough و Hemp king، 221 پارامتر را در 131 مورد گیر در چاه های مکزیکی مورد مطالعه قرار دادند و احتمال گیر لوله های حفاری را در چاه های اطراف پیش بینی کردند. در سال 1994، Biegler و Kuhn [4] با ایجاد یک بانک اطلاعاتی برای 22 پارامتر حفاری در 73 چاه خلیج مکزیکی بدون گیر و 54 چاه با گیر لوله ها به تحلیل این موضوع پرداختند. این دو، سازنده تحلیل های اولیه مقایسه ای بودند. آنها توسط تلفیق متغیرهای حفاری به این تحلیل پرداختند. آنها نه تنها احتمال Stuck (گیر لوله ها) را پیش بینی کردند، بلکه توانستند مکانیسم آن را نیز شناسایی کنند. در سال 1994، Howard و Glover [5] با استفاده از تکنیک های آماری توانستند مدل های پیش بینی گیر لوله ها را ترقی بخشند. آنها این کار را با آزمایش در 100 چاه، در خلیج مکزیکی انجام دادند. این مدل ها در جلوگیری از گیر لوله ها یا عملیات آزاد سازی استفاده می شد. اخیرا نیز کاربردی از شبکه های عصبی (Artificial Neural Networks) برای پیش بینی گیر لوله ها به صورت اختلاف فشاری در خلیج مکزیکی توسط شرکت هالیبرتون به چاب رسیده است [6].

## 2 طبقه بندی انواع مکانیسم های گیر رشته حفاری

- دسته اول: گیرهای ناشی از ته نشین شدن و ریزش مواد جامد موجود در گل می باشند که عبارتند از:

1 ته نشین شدن کنده های حفاری و مواد جامد موجود در گل

2 ریزش شیل های دیواره چاه

3 ریزش سازندهای سست

4 ریزش سازندهای دارای شکستگی

5 گیرهای مرتبط با سیمانکاری

6 گیرهای مرتبط با Junk

- دسته دوم: گیر ناشی از نیروهای تفاضل فشاری می باشند.

- دسته سوم: گیرهای مرتبط با هندسه چاه می باشند که عبارتند از :

1 BHA خشک و غیر قابل انعطاف

2 Key Seat

3 Dog Leg

4 لبه‌ها

5 سازندهای متحرک

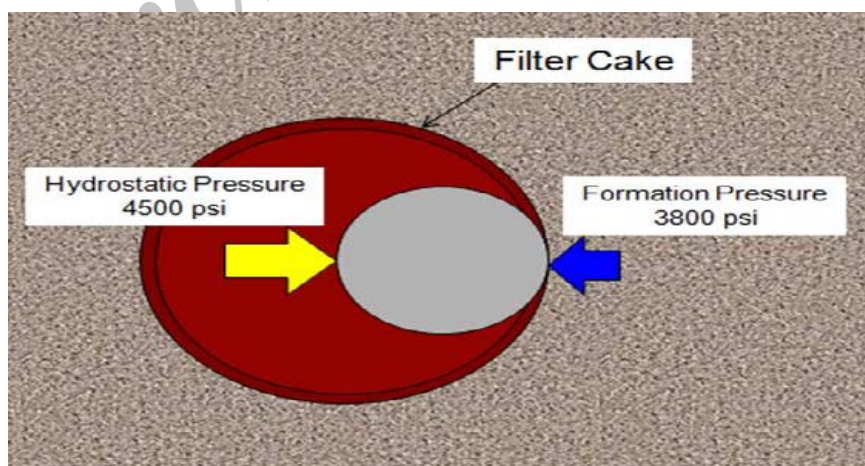
6 حفره کم سایز

7 Collapsed Casing (مچاله شدن لوله های جداری)

گیر رشته حفاری را معمولاً به دو دسته کلی تقسیم می کنند، یکی گیرهای مکانیکی و دیگری گیرهای اختلاف فشاری است. تشخیص گیر لوله‌ها به صورت اختلاف فشاری به این صورت است که چرخش لوله و حرکت آن به سمت بالا و پایین امکان پذیر نیست اما هنوز گردش گل حفاری امکان پذیر است و این در تناقض با گیر لوله‌ها به صورت مکانیکی است [2].

### 3 گیر تفاضل فشاری (Differential Pressure Sticking)

در سازندهایی با تراوایی بالا (مثل Limestone, Dolomite, Sand های دارای شکستگی) در شرایطی که فشار هیدرواستاتیک گل از فشار سازند بیشتر باشد بعلت ضخیم بودن کیک گل (که خود در اثر بالا بودن مواد جامد گل و Fluid Loss بالا بوجود می آید) اگر رشته حفاری (عموماً BHA) با دیواره کیک گل تماس حاصل کند (مثلاً بعلت زاویه چاه یا ناپایداری رشته حفاری) و حرکت رشته و گردش گل در مقابل سازند تراوا متوقف شود (مثلاً در اتصالات)، ضخامت کیک گل افزایش یافته و دور رشته را نشت بندی کرده و همین امر باعث عدم انتقال فشار هیدرواستاتیک گل به ناحیه‌ای از رشته که در تماس با دیواره است، می شود و نیروی اختلاف فشار بین هیدرواستاتیک گل از یک طرف و سازند کم فشارتر از طرف دیگر رشته را کاملاً به دیواره چاه می چسباند. در این حالت گیر محل نشت بندی شده به مرور زمان شدیداً گسترش یافته و رشته در کیک گل مدفون می شود. شکل شماره 1 شماتیکی از گیر تفاضل فشاری را نشان می دهد.



شکل شماره 1: گیر اختلاف فشاری در مقابل لایه‌های با تراوایی بالا



این نوع گیر در سازندهای با تراوایی بالا رخ می دهد و در سازندهای خیلی و کم تراوا بوجود نمی آید. اگر لوله ها برای مدت کوتاهی حرکت نداشته باشند در اثر اختلاف فشار ستون گل و فشار سازند، لوله ها به خصوص لوله های وزنه به دیواره چاه چسبیده و در یک روی دیواره فرو رفته و گیر می کنند. گیر اختلاف فشاری با پارامترهایی مثل خصوصیات گل و خصوصیات سازند تاثیر می پذیرد. وزن گل سبب ایجاد اختلاف فشار می گردد، بطوری که اگر در یک طول نسبتا زیاد از لوله امتداد یابد سبب ایجاد چندین هزار پوند نیرو می شود که برای جلوگیری از حرکت دادن لوله کافی است. به هر حال برای رخداد گیر اختلاف فشاری باید یک صافی گل ( Filter Cake ) موجود باشد. زیرا یک گل به طور طبیعی بوجود نمی آید. علامت گیر اختلاف فشاری عدم قابلیت چرخش رشته حفاری یا بالا و پایین کردن آنها است این در حالی است که گردش گل حفاری برقرار است. مقدار فشار فرا تعادلی در زون های پر خطر بستگی به خصوصیات سازند، زاویه چاه، اندازه چاه، تجهیزات درون چاهی و سطح تماس بین لوله و سازند تراوا دارد. خصوصیات سازند را نمی توان تغییر داد همچنین در مواردی که بایستی چاه کنترل شود یا پایدار بماند استفاده از گل با وزن بالا غیر قابل اجتناب است. بنابراین باید خصوصیات گل را طوری تغییر دهیم که از گیر اختلاف فشاری جلوگیری شود. می توان گفت گیر اختلاف فشاری تا زمانی که لوله حفاری می چرخد رخ نمی دهد.

پارامترهایی از گل حفاری که بر روی گیر اختلاف فشاری موثرند عبارتند از:

- 1 وزن گل فراتعادلی (فشار بیشتر از فشار سازند)
- 2 محتوای جامد گل حفاری ( جامدات پر وزن باید ثابت بمانند یا خیلی کم تغییر کنند).
- 3 کنترل روی نوع گل
- 4 هرزروی گل
- 5 فرمولاسیون گل که شامل وجود افزودنی هایی مثل چرب کننده ها و ذرات متشکله فیلتره گل می شود.
- 6 کیفیت یک گل که شامل : ضخامت ، چرب بودن و مقاومت فاکتورهای زیر بزرگی نیروی گیر اختلاف فشاری را افزایش می دهند.

- 1 کیک های گل ضخیم و تراکم پذیر
- 2 افزایش قطر لوله برای یک چاه با اندازه مشخص
- 3 افزایش سطح تماس لوله با دیواره چاه

#### 4 بررسی موردی گیر رشته حفاری در چاه اکتشافی میدان مورد نظر

##### 1 4 هدف از حفاری این چاه اکتشافی

هدف از حفاری این چاه اکتشافی که در وسط محور طاقدیسی در مجاورت میداین آبان، دهلران و چشمه خوش قرار گرفته است. هدف از حفاری این چاه با عمق پیش بینی شده 4775 متر (10 متر در سازند کژدمی) ارزیابی توان هیدروکربوری سازند آسماری و گروه بنگستان می باشد.

##### 2 4 خلاصه عملیات حفاری چاه اکتشافی شماره 1 میدان موسیان

پس از استقرار دستگاه حفاری در محل چاه مذکور و حفاری حفره های فوقانی، حفره "8 3/8 تا عمق 3736 متری حفاری گردید و پس از بهسازی چاه آستری "7 به طول 334 متر در عمق 3735/5 متری در بخش 1 سازند گچساران (پوش سنگ) قرار



گرفت. حفاری حفره " 5 7/8 از 3736 متری تا 3830 متری ادامه یافت. پس از رسیدن به این عمق جهت ارزیابی سازند " 7 F.B.DST درون چاه رانده و نصب گردید که پس از چندین مرحله آزمایش چاه هیچگونه جریانی در چاه مشاهده نشد. سپس حفاری حفره " 5 7/8 جهت دستیابی به لایه های زیرین ادامه یافت. در ادامه حفاری این حفره، رشته حفاری در عمق های 4172 ، 4522 ، 4572 ، 4707 و 4750 متری با مشکل گیر مواجه شد. همچنین هنگام اتصالات و پیمایش های چاه بطور مکرر شستشو و تراش دیواره چاه در این حفره مشاهده گردید . در آخرین مورد نیز هنگام لوله بالا رشته حفاری در عمق 4431 متری گیر کرده بطوری که عملیات آزاد سازی آنها بدون موفقیت بود و در ادامه روند کار روی گیر، رشته حفاری از محل نرینه و مادینه لوله های حفاری دچار بریدگی (Twist off) شد و مانده ای بطول 1544/5 متر درون چاه جای گذاشته شد که بالای مانده در عمق 2892 متری قرار داشت. اجزاء مانده درون چاه شامل :

137 JT D.P 3 1/2" + 24 JT D.C 4 3/4"+ JAR 4 3/4"+ STB 5 7/8" + Bit Sub 4 3/4 + PDC Bit 5 7/8"



شکل شماره 2 : متعلقات مانده درون چاه

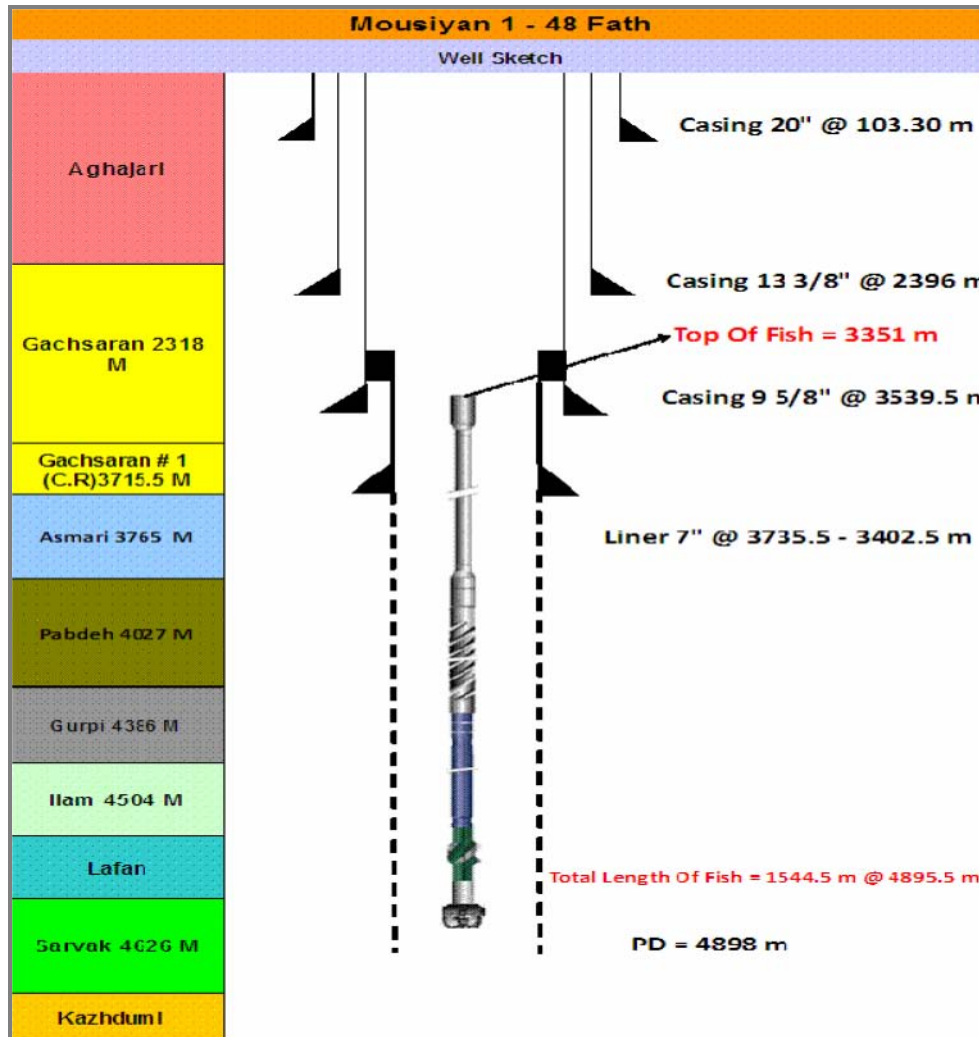
### 3 4 خصوصیات سیال حفاری

سیال حفاری در هنگام گیر رشته دارای خصوصیات نامناسبی با توجه به شرایط نامساعد چاه بوده است که در جدول شماره 1 نشان داده شده است .

جدول شماره 1: خصوصیات سیال حفاری در هنگام گیر رشته حفاری

Salinity	PH/ALKA	Solid	Oil	Y.P	P.V	(m.f)Vis	(pcf)Weghit
۲۶۰۰۰۰-۲۸۰۰۰۰	۳.۸-۴.۵	۲۴-۲۵	۶۱-۶۴	۱۵-۱۸	۴۵-۶۶	۵۷-۶۳	۷۵-۹۵

همچنین شکل شماره 3 وضعیت چاه از نظر موقعیت مانده بعلاوه شرایط چینه شناسی سازند را نشان می دهد.



شکل شماره 3: شماتیک و ستون چینه شناسی در چاه مورد نظر

#### 4 4 عملیات مانده یابی در چاه

مرحله اول: تلاش برای بازیافت مانده با اورشات 7 7/8" و عدم موفقیت در گرفتن مانده.  
مرحله دوم: تلاش برای بازیافت مانده با اورشات 7 7/8" و B.Grapple 4 3/4"، پایین رفتن مانده تا عمق 3353/5 متری و عدم موفقیت در گرفتن مانده.  
مرحله سوم: تلاش برای بازیافت مانده با اورشات 7 7/8" و B.Grapple 4 3/4" گرفتن و بالا آوردن مانده تا عمق 3351 متری، راندن (ابزار تشخیص نقطه گیر)، عدم موفقیت در پسگرد الکتریکی و پسگرد مکانیکی.  
مرحله چهارم: تلاش برای گرفتن مانده به صورت Pin Down، عدم موفقیت در پسگرد الکتریکی و مکانیکی.



مرحله پنجم: تلاش برای بازیافت مانده با اورشات "7 7/8" و "4 3/4 B.Grapple، بازیافت 12 استند لوله‌های حفاری "3 1/2" به طول 344 متر، بالای مانده در عمق 3695 متری و طول مانده 1200 متر بود.

مرحله ششم: تلاش برای گرفتن مانده به صورت Pin Down، باقی ماندن 90 متر از رشته بازیافت بر روی مانده، طول مانده 1290 متر، بالای مانده در عمق 3600 متری.

در جدول شماره 2 زمان، عمق شستشو و تراش دیواره چاه و همچنین گیر رشته حفاری در سازندهای آسماری، پابده، گورپی، ایلام و سروک مشخص شده است. همانطور که در این جدول دیده می‌شود سازندهای آسماری و ایلام بعلت افزایش ضخامت اندود گل و سازندهای پابده و گورپی بعلت بهم آمدگی مورد تراش و شستشو مکرر قرار گرفته‌اند که نشان از وضعیت نامناسب دیواره چاه در این سازندها دارد.

جدول شماره 2: عمق شستشو و تراش دیواره چاه و همچنین گیر رشته حفاری در سازندهای آسماری، پابده، گورپی، ایلام و سروک در چاه مورد نظر.

شماره	سازند	لیتولوژی	عمق (گیررشته و تنگی چاه)	ملاحظات
1	Asmari 3765 m	آهک (از 3765 متری تا 3920 متری) شیل- ماسه سنگ اهواز(از 3920 متری تا 4072 متری)	3767 m	Wash & Ream From 3767 m To 3876 m (8hr) - MW = 80 PCF
			3791 m	POOH To Shoe - MW = 88 PCF
			3827 m	Wash & Ream From 3827 m To 3950 m (3hr) - MW = 82 PCF
			3890 m	Wash & Ream From 3890 m To 3970 m (2 hr) - MW = 94 PCF
			3905 m	Wash & Ream With High Torque From 3905 m To 4472 m ( 17 hr) - MW=93
			3965 m	عدم عبور دستگاه لوله مغزی سیار از این عمق - MW = 88 PCF
			3990 m	Wash & Ream From 3990 m To 4140 m (2 : 30 hr) - MW = 94 PCF
2	Pabdeh 4027 m	شیل- آهک رسی- مارل	4172 m	Stuck When Back Ream From 4185 m To 3738 m (4:30 hr) - MW = 94 PCF
3	Gurpi 4380 m	شیل- آهک رسی- مارل	4431 m	POOH To 4431 m - Stuck - MW = 93 PCF
			4465 m	Wash & Ream From 4465 m To 4481 m (1hr) - MW = 82 PCF
4	Ilam 4504 m	شیل- آهک	4518 m	Stuck @ 4518 m - POOH With Back Ream From 4518 m To 4465 m (1:30 hr) - MW= 95 PCF
			4572 m	Stuck When Back Ream - MW = 95 PCF
			4587 m	Stuck When Back Ream From 4726 m To 4587 m (6 hr) - MW = 94 PCF
5	Sarvak 4626 m	آهک	4690 m	Wash & Ream From 4667 m To 4690 m (2hr) - Mw = 95 PCF
			4707 m	POOH From 7898 m To 4707 m - Stuck - MW = 93 PCF
			4750 m	Stuck - MW = 93 PCF
			4810 m	Wash & Ream From 4810 M To 4867 m (2hr) - MW = 93 PCF



## 5 4 تجزیه و تحلیل گیر رشته حفاری در چاه

- 1 با توجه به تغییراتی که در برنامه اولیه حفاری چاه به دلیل اشتباه در تشخیص پوش سنگ صورت پذیرفت لوله جداری " 5/8 9 در عمق 3539/5 متری نصب گردید (در این عمق لوله جداری " 5/8 9 در پوش سنگ قرار نگرفت). این اشتباه منجر به راندن لوله آستری " 7 در عمق 3738 متری (جهت پوشش سازند گچساران 1) گردید که در برنامه حفاری، پیش‌بینی عمق نصب آن 4745 متری (درون سازند سروک یا کژدمی) در نظر گرفته شده بود. با این تغییرات صورت گرفته عملاً " 3/8 8 که قرار بود درون مخزن حفاری گردد از دست رفته و سازندهای آسماری تا سروک در یک حفره و توسط مته " 7/8 5 حفاری گردید که در اثر این عامل، مقدار اختلاف اندازه بین BHA و دیواره چاه به میزان " 3/4 در حفاری سازندهای آسماری تا سروک کاهش یافت که همین امر باعث افزایش احتمال گیر رشته حفاری می‌گردد.
- 2 قرار گرفتن سازندهای کم فشار و پر فشاری همچون آسماری، ایلام و سروک با اختلاف فشاری معادل 3600 پام در طول حفره " 7/8 5 عملاً سبب گردید وزن سیال حفاری را نتوان با توجه به شرایط چاه تغییر داده بطوریکه با توجه به شیلی و مارلی بودن جنس سازندهای پایده و گورپی و تمایل آنها به بهم آمدن در اثر تنش‌های وارده، وزن سیال حفاری می‌بایست به مقداری بیشتر از 95 پوند افزایش یابد، اما به دلیل هرزروی در سازند آسماری این امکان وجود نداشته و در نهایت بهم آمدگی دیواره چاه بعلت کافی نبودن وزن سیال حفاری در سازندهای پایده و گورپی سبب گیر رشته حفاری گردیده است.
- 3 با توجه به اینکه در این چاه سازندهای آسماری و ایلام از تراوایی و نفوذپذیری بالایی برخوردار است لذا این عامل در موقع بالا بردن وزن گل یا سبب هرزروی بیش از حد سیال حفاری شده و یا با افزایش میزان فیلتراسیون توسط سازند و در نتیجه افزایش ضخامت اندود گل در نقاط تراوا باعث تنگی دیواره چاه در این نقاط می‌گردد.

## 6 4 پیشنهادات

- 1 توجه بیشتر به بهسازی چاه با توجه به حفاری لایه‌های کم فشار و پر فشار در یک حفره با استفاده از مستحکم کردن لایه‌های کم فشار با عملیات سیمان کاری مناسب.
- 2 برنامه‌ریزی صحیح و مناسب در جهت پایش مستمر عملیات حفاری و تعیین عمق صحیح نصب پاشنه‌های جداری برای امکان تغییرات وزن سیال حفاری بر حسب شرایط چاه .
- 3 پوشش سریعتر سازندهای با اختلاف فشار زیاد با استفاده از لوله‌های جداری .

## 5 نتیجه‌گیری

- 1 تفاوت زیاد فشار سازندهای موجود در حفره " 7/8 5 چاه و نهایتاً عدم توازن در بهسازی دیواره چاه سبب ناپایداری دیواره چاه و در نهایت گیر رشته حفاری گردیده است.
- 2 مستحکم نمودن دیواره چاه در بخش سازندهای کم فشار آسماری و ایلام با استفاده از عملیات سیمانکاری مناسب و در نتیجه امکان هرزروی زیاد سیال حفاری در این سازندها سبب گردیده که نتوان برای جلوگیری از بهم آمدن دیواره چاه در سازندهای پایده و گورپی وزن سیال حفاری را تا حد ممکن افزایش داد که متعاقب آن تنگی دیواره چاه و گیر رشته حفاری بوقوع پیوسته است.
- 3 با توجه به بندهای 1 و 2 گفته شده در بخش نتایج تنها عامل نتیجه بخش در جلوگیری از گیر رشته حفاری افزایش وزن سیال حفاری بوده است که بعلت قرار گرفتن سازندهای با فشار بسیار متفاوت در طول حفره " 7/8 5 عملاً این امکان وجود نداشته است.





## تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد احمد فردی پور دانشجوی مهندسی نفت - نفت دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه می باشد .

بدین وسیله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه تشکر و قدردانی می گردد .

## منابع

- 1 مسچی، محمد، آنالیز گیر رشته حفاری، پایان نامه فوق لیسانس، دانشگاه امیدیه، 1387
- 2 شوراب، حسین؛ مانده یابی؛ گزارش شماره پ 4615، انتشارات اداره کل حفاری، 1374
- 3 میرزایی، محمد، تخمین تراوایی مخزن با استفاده شبکه عصبی، چهارمین همایش مهندسی نفت، اهواز 1385

6-R.miri , Iranian Offshore Oil Company ; J.Sampaio Curtin University Of Technology;M.Afshar,Petroleum University Of Technology ; and A.Lourenco,CSIRO "Development Of Artificial Neural Networks To Predict Differential Pipe Sticking in Iranian Offshore Oil Fields " paper SPE 108500 presented at the 2007 international Oil conference and Exhibition in Mexico held in Veracruz , Mexico ,27-30 June 2007

7-Hempkins, W.B., Kingsborough, R.H., Lohec, W.E., Nini, C.J.: "Multivariate Statistical Analysis of Stuck drill Pipe Situations", SPE DRILLING ENGINEERING, September 1987.

8-Biegler, M.W. and Kuhn, G.R.: "Advances in Prediction of Stuck Pipe Using Multivariate Statistical Analysis", Presented at the SPE/IADC Conference in Dallas. Tx. 15-18 February 1994

Archive of SID