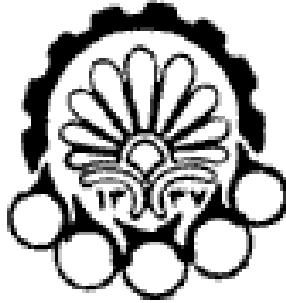


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی حفاری و بهره‌برداری نفت

بهینه‌سازی حفاری میدان نفتی آزادگان

نگارش

علیرضا میرمومن

استاد راهنما

مهندس سید ابوالفضل برادران سید

استاد مشاور

مهندس احمد ملکی

چکیده

با توجه به این که حفاری چاه های نفت و گاز به خاطر هزینه بالای آن پر هزینه ترین بخش یک میدان به حساب می آید زمان صرف شده در حفاری تأثیر قابل ملاحظه ای در هزینه نهایی چاه ایفا می کند. بهینه سازی به پارامترهای مطلوبی اشاره می کند که ما را به کمترین هزینه حفاری رهنمون می کند این فرآیند از طریق پارامترهای قابل کنترل و مؤثر بر نرخ نفوذ همانند وزن روی مته، سرعت چرخش، نوع مته، هیدرولیک و خصوصیات سیال حفاری و غیره صورت می پذیرد.

نوشته حاضر دستیابی به پارامترهای بهینه در میدان آزادگان را دنبال می کند که شامل تقابل متغیرهای قابل کنترل در روش بهینه سازی حفاری می باشد پارامترهای مورد توجه وزن روی مته سرعت چرخش و توان هیدرولیکی می باشند.

به منظور افزایش نرخ نفوذ ابتدا با بررسی ۶ چاه میدان ، بهترین و بدترین چاه از نظر زمان حفاری انتخاب شدند . سپس در هر مقطع، بهترین عملکرد ها و بهترین مته ها ثبت شد . و شمای کلی از چاه مورد مطالعه ترسیم گردید . سپس در ۴ مقطع ۱۷,۵ و ۱۲,۲۵ و ۸,۵ و ۵,۸۷۵ اینچ بار روی مته بهینه، دور مته بهینه، وزن گل، هیدرولیک بهینه، عمر یاتاقان، نرخ نفوذ ماکزیمم، عمق حفاری ماکزیمم محاسبه شدند . و مقدار صرفه جویی زمان و هزینه در هر مقطع بطور جداگانه حساب شد .

کلید واژه ها : بهینه سازی حفاری ، زمان عملیاتی ، نرخ نفوذ، هیدرولیک بهینه ، عمر مته

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول

..... ۱	۱-۱- مقدمه
..... ۳	۱-۲- بهینه سازی حفاری و بررسی اقتصادی

فصل دوم

..... ۶	۲- معرفی میدان آزادگان و چاه های آن
..... ۶	۲-۱- معرفی میدان
..... ۷	۲-۲- معرفی چاه آزادگان - ۲
..... ۷	۲-۲-۱- اطلاعات عمومی چاه
..... ۹	۲-۲-۲- چینه شناسی
..... ۱۸	۲-۳- معرفی چاه آزادگان - ۳
..... ۱۸	۲-۳-۱- اطلاعات عمومی چاه
..... 20	۲-۴- معرفی چاه آزادگان - ۴
..... 20	۲-۴-۱- اطلاعات عمومی:

..... 22	۲-۵- معرفی چاه آزادگان -۵
..... 22	۲-۵-۱- اطلاعات عمومی چاه
..... 24	۲-۶- معرفی چاه آزادگان -۶
..... 24	۲-۶-۱- اطلاعات عمومی چاه:

فصل سوم

..... 27	۳- پارامترهای موثر در بهینه سازی حفاری
..... 27	۳-۱- انتخاب سرمته
..... 27	۳-۱-۱- طرح های مته
..... ۲۹	۳-۱-۲- انواع مته
..... ۲۹	۳-۱-۳- طبقه بندی مته ها
..... ۳۵	۳-۱-۴- انتخاب سر مته و ارزیابی آن
..... ۳۸	۳-۱-۵- فرسایش دندان سرمته
..... ۴۴	۳-۱-۶- یاتاقان ها
..... ۴۵	۳-۲- سرعت دوران و وزن روی مته
..... ۴۷	۳-۳- هیدرولیک مته
..... ۵۲	۳-۴- خصوصیات سیال حفاری
..... ۵۳	۳-۵- شرایط عملیات
..... ۵۷	۳-۶- خصوصیات سازند

فصل چهارم

..... ۶:	۴- بهینه سازی حفاری میدان آزادگان
----------	-----------------------------------

۴-۱- فرآیند بهینه سازی

.....۶:

۴-۲- تعیین پارامترهای بهینه حفاری در مقطع 17.5

.....۷۹

۴-۳- تعیین پارامترهای حفاری در مقطع ۱۲,۲۵ اینچ

.....۸۴

۴-۴- تعیین پارامترهای حفاری در مقطع 8.5

.....90

۴-۵- تعیین پارامترهای حفاری در مقطع 5.875

.....94

فهرست مراجع

.....101

فهرست اشکال

صفحه	عنوان شکل
سه	شکل (۱-۳): انواع مته های سه کاجه.....31
(Natural	شکل (۲-۳): مته الماس طبیعی (Diamond).....33
یا	شکل (۳-۳): مته های الماس پلی کریستال یا PDC.....34
Rock	شکل (۴-۳): جدول IADC برای مته های Rock Bit.....35
های	شکل (۵-۳): انواع مته های PDC.....38
سرعت	شکل (۶-۳): ارتباط وزن روی مته و سرعت حفاری.....46
نرخ	شکل (۷-۳): تأثیر توام هیدرولیک و بار روی مته بر نرخ نفوذ.....48
مورد	شکل (۱-۴): مقایسه نمودار پیشرفت حفاری چاه های مورد بررسی.....61
63	شکل (۲-۴): نمودار عمق- زمان برای بهترین و بدترین چاه میدان.....63

شکل (۳-۴): نمودار زمان دوران برای بهترین و بدترین چاه میدان..... 64

شکل (۴-۴): شمای کلی مقاطع مختلف چاه مورد طراحی..... 68

شکل (۵-۴): بهینه‌سازی مرحله اول..... 69

شکل (۶-۴): تعیین حداکثر WR قابل دسترس بدون ایجاد کشمکش هیدرولیکی..... 70

شکل (۷-۴): تعیین ثابت دندان بر اساس میزان W و R..... 72

شکل (۸-۴): تعیین ثابت یاتاقان مته بر اساس میزان W و R..... 72

شکل (۹-۴): تعیین عمر مته بر اساس ثابت یاتاقان مته..... 73

شکل (۱۰-۴): تعیین عمر مته بر اساس ثابت دندان مته..... 73

شکل (۱۱-۴): تعیین قابلیت حفاری مقطع $17\frac{1}{2}$ "..... 76

شکل (۱۲-۴): تعیین قابلیت حفاری مقطع $12\frac{1}{4}$ "..... 76

شکل (۱۳-۴): تعیین قابلیت حفاری مقطع $8\frac{3}{8}$ "..... 77

شکل (۱۴-۴): تعیین قابلیت حفاری مقطع $5\frac{7}{8}$ "..... 77

شکل (۱۵-۴) نمودار مرحله دوم بهینه سازی

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۷۹.....	جدول (۱-۳): مقایسه نتایج دو معادله قبل با توجه به وزن روی سرمته.....
62.....	جدول (۱-۴): مقایسه هزینه و نرخ نفوذ چاه های میدان و انتخاب بهترین و بدترین چاه.....
65.....	جدول (۲-۴): انتخاب بهترین چاه برای مقطع $17\frac{1}{2}$
65.....	جدول (۲-۴): انتخاب بهترین چاه برای مقطع $12\frac{1}{4}$
66.....	جدول (۲-۴): انتخاب بهترین چاه برای مقطع $8\frac{3}{8}$
66.....	جدول (۲-۴): انتخاب بهترین چاه برای مقطع $5\frac{7}{8}$
74.....	جدول (۳-۴): انتخاب مته بهینه در مقطع ۱۷,۵ اینچ.....
75.....	جدول (۴-۴): مته های بهینه سایر مقاطع.....
78.....	جدول (۵-۴): اندازه و قیمت مته های مورد استفاده در مرحله دوم بهینه سازی.....
80.....	جدول (۶-۴): تعیین عمر مته ، فوتاژ حفاری و هزینه در دور مته های مختلف.....
81.....	جدول (۷-۴): تعیین هزینه نهایی مقطع مورد نظر با پارامترهای اعمالی.....
81.....	جدول (۸-۴): مقایسه هزینه و نرخ نفوذ مقطع بهینه با مقاطع مشابه بهترین و بدترین چاه.....

- جدول (۴-۹): محاسبه هیدرولیک بهینه در مقطع ۱۷,۵ اینچ..... 82
- جدول (۴-۱۰): شرایط اولیه به منظور طراحی هیدرولیک..... 84
- جدول (۴-۱۱): تعیین عمر مته ، فوتاژ حفاری و هزینه در دور مته های مختلف..... 85
- جدول (۴-۱۲): تعیین هزینه نهایی مقطع مورد نظر با پارامترهای اعمالی..... 86
- جدول (۴-۱۳): مقایسه هزینه ونرخ نفوذو تعداد مته مقطع بهینه با مقاطع مشابه بهترین و بدترین چاه.. 87
- جدول (۴-۱۴): محاسبه هیدرولیک بهینه در مقطع ۱۲,۲۵ اینچ..... 88
- جدول (۴-۱۵): شرایط اولیه به منظور طراحی هیدرولیک..... 89
- جدول (۴-۱۶): تعیین عمر مته ، فوتاژ حفاری و هزینه در دور مته های مختلف..... 90
- جدول (۴-۱۷): تعیین هزینه نهایی مقطع مورد نظر با پارامترهای اعمالی..... 91
- جدول (۴-۱۸): مقایسه هزینه ونرخ نفوذ مقطع بهینه با مقاطع مشابه بهترین و بدترین چاه..... 92
- جدول (۴-۱۹): محاسبه هیدرولیک بهینه در مقطع ۸,۵ اینچ..... 93
- جدول (۴-۲۰): تعیین عمر مته ، فوتاژ حفاری و هزینه در دور مته های مختلف..... 95
- جدول (۴-۲۱): تعیین هزینه نهایی مقطع مورد نظر با پارامترهای اعمالی..... 96
- جدول (۴-۲۲): مقایسه هزینه ونرخ نفوذ مقطع بهینه با مقاطع مشابه بهترین و بدترین چاه..... 97
- جدول (۴-۲۳): محاسبه هیدرولیک بهینه در مقطع ۸,۵ اینچ..... 98

Abbreviation

B: Bearing

BHA: Bottom Hole Assembly

BHHP: Bit Hydraulic Horse Power

BHP: Bottom Hole Pressure

BPD: Barrel Per Day

DC: Drill Collar

DP: Drill Pipe

DST: Drill Stem Test

ECD: Equivalent Circulate Density

FIT: Formation Integrity Test

GPM: Gallon Per Minute

HSI: Hydraulic Horse Power Per Square Inch

L: Interval Length

LWD: Logging While Drilling

MD: Measure Depth

MWD: Measurement While Drilling

OH: Open Hole

PPG: Pound Per Gallon

Q: Rate Of Flow

ROP: Rate Of Penetration

RPM: Revolution Per Minute

SF: Safety Factor

SPM: Stroke Per Minute

STD: Stand

T: Tooth

TFA: Total Flow Area

TVD: True Vertical Depth

V: Velocity

WHP: Well Head Pressure

WOB: Weight On Bit

فصل اول

۱ - مقدمه

با توجه به اینکه حفاری چاههای نفت و گاز اعم از اکتشافی، تحدیدی، توصیفی و توسعه‌ای در یک میدان نفتی پرهزینه‌ترین بخش می باشد لازم است برای کاهش مخارج این بخش، از بهترین امکانات موجود استفاده کرد که این همان هدف اصلی بهینه سازی حفاری یعنی دستیابی به حداکثر بازدهی ممکن و حداقل هزینه حفاری هر فوت چاه می باشد.

به همین علت شرکت‌های خصوصی پیمانکاری حفاری تمام تلاش خویش را برای بهینه‌سازی حفاری به کار بسته اند تا با کاهش هزینه بزرگترین بخش هزینه‌بر، سود کلانی را حاصل نمایند. بهینه

سازی حفاری، با حفاری سریع (fast drilling) در سال ۱۹۵۰ میلادی در خلیج لوئیزیانا آغاز گردید ولی تحقیقات بهینه‌سازی تا سال ۱۹۵۷ بر روی خواص سیال حفاری و شیمی آن متمرکز بود که در دهه هفتاد میلادی تحقیقات جامع و کاملی در زمینه بهینه‌سازی حفاری و تاثیر پارامترهای مختلف بر نرخ نفوذ انجام شد [۹].

برای بهینه سازی حفاری روشهای تجربی و نظری وجود دارد که همه آنها بر پایه اطلاعات روزانه چاهها و مقایسه این اطلاعات برای دستیابی به پارامترهای مناسب حفاری می باشد لذا در ابتدا که چاه اکتشافی در یک منطقه حفر می گردد به دلیل عدم شناخت کافی و عدم آشنایی با شرایط و مشکلات موجود ممکن است مقداری بر هزینه های حفاری افزوده گردد ولی در حفر چاه های بعدی مدت زمان حفر چاه و همچنین هزینه تمام شده هر واحد طول از چاه کاهش می یابد و این هزینه در جایی به یک مقدار معین و ثابت می رسد که بعد از آن با امکانات موجود نمی توان هزینه را کاهش داد این هزینه واحد طول چاه، هزینه عملیات حفاری بهینه در آن ناحیه می باشد.

پردازش منطقی و تحلیل اثرات متقابل پارامترهای مختلف حفاری طی یک مدل سازی ریاضی، برای رسیدن به حداکثر راندمان، بهینه سازی پارامترهای حفاری نامیده می شود که مهمترین دستاورد آن تعیین عوامل قابل کنترل برای رسیدن به کمترین هزینه حفاری می باشد [۱۳].

۱ ۴ - بهینه سازی حفاری و بررسی اقتصادی

اصولا نتیجه بهینه سازی حفاری یک چاه در مبحث اقتصادی پروژه به چشم خواهد آمد و نتیجه افزایش بازدهی پروژه تحت عوامل موثر قابل کنترل منوط به کنترل هزینه پروژه خواهد بود برای بررسی هزینه حفاری معمولا از رابطه ذیل استفاده می گردد [۳۱].

$$C_T = \frac{B + C_r(t + T_r)}{F} \quad (1-1)$$

C_T (\$/hr) هزینه دستگاه حفاری:

C_r (\$/ft) هزینه تمام شده هر فوت:

T_r (hr) زمان مورد نیاز برای تعویض سرمته:

B (\$) هزینه سرمته:

t (hr) زمان حفاری مته:

F (ft) فاصله حفر شده:

با توجه به رابطه (۱-۱) هزینه حفاری هر واحد طول چاه به متغیرهای هزینه سرمته، هزینه دستگاه حفاری، عمر سرمته و نرخ نفوذ و زمان غیرحفاری بستگی دارد لذا هزینه های دیگری مثل هزینه لوله جداری، هزینه تامین و نگهداری سیال حفاری و تجهیزات و هزینه های بالا سری و غیره در این رابطه وارد نگردیده است. در رابطه فوق پارامترهای خیلی موثر، نرخ نفوذ سرمته و هزینه دستگاه حفاری هستند که البته هزینه سرمته را هم نباید فراموش نمود چون هزینه سرمته های PDC خیلی زیاد باشد ولی با وجود این در بسیاری از موارد ممکن است سرمته بهینه باشد [۱۳].

در مورد تعیین هزینه دستگاه حفاری ممکن است به راحتی صورت نگیرد چون به هزینه های متغیر حفاری که به نگهداری و خدمات دستگاه حفاری بستگی دارد مرتبط می باشد. [۱۳].

$$C_r = D + M_{dp} + M_p + M_r + M_c \quad (2-1)$$

D (\$/hr) هزینه پرسنل، استهلاک، نظارت:

$M_p =$ (\$/hr) هزینه نگهداری پمپ:

M_{dc} (\$/hr) هزینه نگهداری لوله های طوق متر:

M_{dp} (\$/hr) هزینه نگهداری لوله های حفاری:

M_r (\$/hr) هزینه نگهداری دستگاه حفاری:

M_c (\$/hr)

هزینه سیال حفاری:

با توجه به اینکه مبحث هزینه دستگاه حفاری بسیار گسترده و خارج از حیطه این پژوهش می باشد لذا ارائه اطلاعات بیشتر ضروری به نظر نمی رسد. یادآوری می شود که در عملیات حفاری هزینه دستگاه حفاری به صورت یک مبلغ ثابت از پیش تعیین شده بر طبق قرارداد به پیمانکار پرداخت می شود.

فصل دوم

۲ - معرفی میدان آزادگان و چاه های آن

۲-۱- معرفی میدان

تاقدیس آزادگان در ناحیه دزفول شمالی (دشت آبادان) درمجاورت و به موازات خط مرزی ایران و عراق و در فاصله ۳۰ کیلومتری غرب ساختمان جفیر و شمال غرب میدان کوشک و ۷۰ کیلومتری غرب سوسنگرد. در منطقه هورالعظیم قرار گرفته است. تاقدیس آزادگان فاقد هرگونه رخنمون و صد در صد ژئوفیزیکی است که در سالهای ۱۳۳۹ و ۱۳۵۶ با عملیات لرزه‌نگاری وجود آن مشخص و

محرز و عملیات تکمیلی لرزه نگاری آن در سال ۱۳۷۲ انجام شد. امتداد این تاقدیس در جهت شمال جنوب بوده و با تاقدیس‌های دارخوین و حسینیه دارای روند مشابه است با توجه به نقشه‌های عمقی لرزه‌نگاری در افق‌های بنگستان و خامی تاقدیس آزادگان دارای بستگی می‌باشد. با حفر اولین چاه اکتشافی در این تاقدیس (۱۳۷۷-۷۸) وجود نفت در سازندهای پابده، گورپی، سازندهای گروه بنگستان و خامی به اثبات رسید. [۳۳]

۲-۲- معرفی چاه آزادگان -۲

۲-۲-۱- اطلاعات عمومی چاه

نام چاه:

آزادگان -۲

نوع چاه:

تجدیدی - توصیفی

ناحیه:

دزفوق شمالی (دشت آبادان)

علامت اختصاری چاه: