

622.24.051(093)
Ш 71

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ
УКРАЇНИ
Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу

Шмайдровський Любомир Євстахійович

УДК 622.24.051(093)
Ш 71

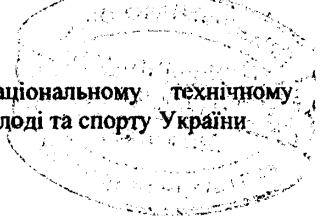
**ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ОПОР
ШАРОШКОВИХ БУРОВИХ ДОЛІТ**

05.05.12 – Машини нафтової та газової промисловості

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України



Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

Крижанівський Євстахій Іванович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, ректор, завідувач кафедри нафтогазового обладнання.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор

Драганчук Оксана Теодорівна

Український науково-дослідний інститут нафтопереробної промисловості «МАСМА», заступник директора з наукової роботи, м.Київ,

доктор технічних наук, професор

Гладкий Ярослав Миколайович

Хмельницький національний університет, директор інституту заочного та дистанційного навчання, м. Хмельницький.

Захист відбудеться “ 22 ” березня 2012 р. о 13 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д20.052.04 при Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою: вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019.

З дисертацією можна ознайомитись в науково-технічній бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019.

Автореферат розісланий

“ 17 ” лютого 2012 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 20.052.04
кандидат технічних наук, доцент

Пилипів Л.Д.



ГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

an2247

ь теми. Підвищення ефективності буріння неможливе без суттєвого скорочення значних втрат при заміні зношених бурових тришарових доліт, працездатність яких визначається довговічністю їх опори та інших елементів. Недостатня надійність опор та системи захисту від спрацювання долота по діаметру, неоптимальне припрацювання долота призводить не тільки до швидкої втрати працездатності, а й до раптових відмов і як наслідок до прямих втрат і аварійних ситуацій при бурових роботах. Для усунення таких проблем необхідно не тільки підвищити досконалість конструкції тришарових бурових доліт, обґрунтовано застосувати долотні сталі й методи їх зміцнення, а й переосмислити (відповідно до сьогодишнього рівня комп'ютеризації й автоматизації процесів проектування, конструювання, оброблення, принципу енергоощадності) сучасний підхід до забезпечення якості та конкурентоздатності доліт. Все це вимагає науково обґрунтованого формулювання низки комплексних конструкторсько-технологічних задач і їх вирішення на усіх етапах створення тришарових бурових доліт.

Аналіз результатів наукових та конструкторсько-пошукових дослідних робіт з вирішення окресленої проблеми дозволив намітити основні аспекти, головними з яких є підвищення довговічності опор шляхом обґрунтованого вибору матеріалів і їх зміцнення для забезпечення високої зносостійкості та контактної витривалості, досягнення високої якості і точності конструкторських параметрів деталей доліт на усіх стадіях їх створення, підвищення довговічності опор вдосконаленням конструкції захисту від спрацювання долота по діаметру, а також на стадії їх ефективного відпрацювання. Оскільки сучасний рівень долотобудування вимагає негайного вирішення таких питань, то дисертаційне є актуальним та практично значимим.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до наукової тематики кафедри нафтогазового обладнання Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) та науково-дослідних робіт з підвищення довговічності тришарових бурових доліт ВАТ „Дрогобицький долотний завод” (ВАТ „ДДЗ”), а також у рамках планових державних науково-дослідних програм з розвитку нафтопромислового комплексу України і ґрунтується на результатах Держбюджетних науково-дослідних робіт “Наукові обґрунтування раціональних режимів роботи та вибір основних параметрів бурового обладнання”, номер державної реєстрації № 0195U026337, які входять у координаційний план Міністерства освіти і науки України “Наукові основи розробки нових технологій видобутку нафти і газу, газпромислового обладнання, поглибленої переробки нафти і газу з метою одержання високоякісних моторних палив, мастильних матеріалів, допоміжних продуктів і нафтохімічної сировини”.

Мета і завдання дослідження Мета роботи полягає у встановленні шляхів підвищення довговічності опор тришарових бурових доліт на стадії їх проектування, конструювання, виготовлення і експлуатації.

010 2246 010 2247

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

1. Виявити причини відмов опори тришарошкового долота і встановити критерії вибору долотних сталей та їх зміцнення для підвищення довговічності деталей опор за умов енергоощадності.
2. Підвищити працездатність підшипників опор Р-К-Р, розкривши механізм крихкого руйнування елементів відкритої опори під дією водного робочого середовища, та встановити причини передчасного заклинювання таких опор.
3. Встановити вимоги до оптимального відпрацювання відкритих опор тришарошкових бурових доліт типу ОК з метою підвищення довговічності доліт.

Об'єктом досліджень є: явища втрати працездатності опор бурових тришарошкових доліт.

Предмет досліджень – вплив конструкторсько-технологічних методів підвищення якості елементів опор тришарошкових бурових доліт на довговічність таких доліт.

Методи дослідження. Постановка задач обумовила широке застосування експериментальних досліджень з використанням сучасних методів і обладнання для механічних, металографічних і експлуатаційних випробовувань з дотриманням стандартних методик. Проектування конструкцій долота здійснено в середовищі програмного продукту Сimatron E4.2. Оцінка тріщиностійкості деталей опор три шарошкових бурових доліт ґрунтується на основних положеннях механіки деформівного твердого тіла, а також сучасному розумінню впливу робочих середовищ на експлуатаційні показники деталей доліт. Експериментальні дослідження проводились з використанням математичної статистики та теорії планування експерименту. Отримані дані оброблялися в середовищі Mathcad та Excel.

Наукова новизна: Автором самостійно вперше:

1. Встановлено, що при проектуванні доліт типу ОК, які працюють в умовах буріння порід категорії міцності 18÷20 одиниць за шкалою М.М.Протодьяконова, слід застосовувати сталь, яка дає підвищення довговічності опор за критерієм контактної витривалості, крім цього енергоощадний процесний підхід до об'єднання вирішення проектних, конструкторсько-технологічних задач у єдину комп'ютеризовану систему поряд з підвищенням якості, продуктивності праці дозволяє мобільно створювати конкурентоспроможні конструкції доліт.
2. Встановлені параметри нової конструкції опор Р-К-Р та спосіб підвищення точності та якості конструкторських параметрів поверхонь бігових доріжок, а також попередження корозійних уражень елементів відкритих опор впродовж простою в експлуатації.
3. Встановленні вимоги до відпрацювання опор доліт ОК відповідно до конкретних гірничо-геологічних умов та параметри нової конструкції захисту від зносу долота по діаметру, а також комплекс заходів щодо підвищення довговічності опор ВУ з підшипником ковзання „упорний торець цапфи лапи – упорний торець шарошки”.

Практичне значення одержаних результатів. Теоретичні та експериментальні дослідження використані для вдосконалення проектування, конструювання і виготовлення доліт і в основному доведені до промислових зразків на базі потужностей ВАТ „ДДЗ” та впроваджені у виробництво:

- розроблені рекомендації щодо недопущення зростання твердості в тонких перерізах буртів цапф лап вище HRC 30-42;
- рекомендації для застосування і зміцнення литої сталі;
- єдиний комплексний підхід до проектування, конструювання та виготовлення тришаршкових бурових доліт;
- розроблена нова конструкція опори долота з підвищеною вантажністю;
- рекомендації щодо оброблення в розмір до хіміко-термічної обробки бігових доріжок цапф лап;
- рекомендації для застосування роликів зі сталі 55СМ5ФА твердістю HRC56-58;
- рекомендації щодо забезпечення довговічності опори шляхом підвищення працездатності пари тертя „упорний торець бурта лапи – упорний торець шарошки”;
- рекомендації з припрацювання доліт типу ОК для підвищення ефективності буріння;
- спосіб підвищення ефективності буріння тришаршковими буровими долотами з відкритою опорою шляхом вдосконалення конструкції захисту долота від спрацювання по діаметру;
- рекомендації щодо застосування критеріїв підвищення довговічності тришаршкових доліт з опорою ВУ;
- вдосконалена конструкція стелу для випробовування секцій доліт.

Положення, що захищаються: Підвищення довговічності опор Р-К-Р тришаршкових бурових доліт шляхом удосконалення їх конструкції, а також конструкторсько-технологічним забезпеченням контактної витривалості елементів опор.

Публікації та особистий внесок здобувача. Відображені у дисертації результати досліджень опубліковані у 20-ти працях, серед яких 11 – у фахових виданнях України, 2 – патенти України на винаходи, 2 – у збірниках праць міжнародних конференцій, з них 1 – одноосібно, 4 в тезах і анотаціях конференцій.

Основні положення та результати дисертаційної роботи одержані автором самостійно. У співавторстві здобувачем проведено експерименти, підготовлені матеріали до опублікування. Усі винаходи, зроблені в ході виконання роботи, є результатом колективної творчості. Автор приймав безпосередню участь у доведенні розроблених конструкцій до промислових зразків і впровадженні розробок у виробництво та промислових випробовуваннях. Постановка завдань, аналіз і трактування результатів досліджень здійснено з науковим керівником. Здобувачем встановлено і впроваджено рекомендації щодо підвищення працездатності пари тертя „упорний торець бурта лапи – упорний торець шарошки” [1]. У наукових працях, написаних у співавторстві, авторові належить: ступенево-логічна модель виявлення шляхів відмов опори долота [2, 3]; [4] –

ідея виконання патрубків на лапах опор, що випробовуються у стенді; [5] – встановлені умови руйнування серійних опор доліт 244,5 ОК-ПГВ Д26, та результати фізико-механічних досліджень долотних сталей; [6] – авторський нагляд за виплавою та зміцненням експериментальної литої сталі 20ХГНЗМА і результати механічних випробувань темплетів деталей доліт, статистичний аналіз даних відпрацювання доліт в реальних умовах буріння; [7, 8] – методика проектування, конструювання та налагодження технології і устаткування для виготовлення шарошкових бурових доліт; [9] – ідея стосовно встановлення співвідношень роликів підшипників у новій конструкції опори і доведення конструкції до промислового зразка; [10, 11] – залежності зменшення діаметрів бігових доріжок замкового підшипника на лапах та зменшення діаметру кульок замкового підшипника опор секцій долота при їх відпрацюванні в стендових умовах; [12, 13] – результати випробувань конструкторських параметрів, оброблених точінням, бігових доріжок цапф лап; [14] – результати випробувань тріщиностійкості сталі 55СМ5ФА на повітрі; [1, 15] – результати стендових випробувань дослідних конструкцій опор доліт, статистичний аналіз даних експлуатаційних випробувань; [16, 17] – аналітичні дані відпрацювання серійних конструкцій типу ОК; [18] – ідея конструктивного виконання захисту козирка і доведення конструкції до промислового зразка; [18, 19] – аналітичні дані відпрацювання серійних та експериментальних конструкцій доліт, статистичний аналіз даних експериментів; [20] – аналітичні дані відпрацювання серійних та експериментальних конструкцій доліт, результати фізико-механічних випробувань деталей доліт.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідалися і обговорювалися на: Дев'ятому міжнародному симпозиумі українських інженерів-механіків у Львові (Львів, 2009 р.), X-тій міжнародній науково-технічній конференції „Прогресивна техніка та технологія – 2009” (Севастополь, 2009 р.), Міжнародній науково-технічній конференції „Нафтогазова енергетика: проблеми та перспективи” (Івано-Франківськ, 2009 р.), XI-тій Міжнародній науково-технічній конференції „Прогресивна техніка та технологія – 2010” (Київ, 2010 р.), XIII Міжнародної конференції „Породозрушаючий і металообробляючий інструмент – техніка і технологія его изготовления и применения” (Морское, 2010 г.), 2-й Міжнародній науково-технічній конференції „Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій” (Львів, 2010 р.).

Структура та об'єм дисертації. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, що містить 124 найменування на 15 сторінках, та 4 додатки на 8 сторінках. Робота містить 43 рисунки та 12 таблиць. Загальний обсяг дисертації – 125 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі подається загальна характеристика дисертаційної роботи. Розкрито суть проблеми підвищення довговічності опор тришарошкових

бурових доліт. Обґрунтовано актуальність теми дисертації, що дозволило сформулювати мету та завдання дослідження. Розкрито наукову новизну і практичне значення досягнутих результатів, подано відомості про особистий внесок здобувача та апробацію роботи.

В першому розділі розглядається сучасний стан підвищення довговічності опор тришарошкових бурових доліт і ефективності буріння. Досліджено характерні пошкодження елементів тришарошкових бурових доліт, що спричинюють втрату працездатності їх опор. Одночасно, залучаючи відомі результати досліджень Богомолова Р.М., Брагіна А.Ф., Бугая Ю.Н., Віноградова В.Н., Губарева А.С., Дрогомирецького Я.М., Жидовцева Н.А., Закірова Н.Н., Іщука А.Г., Кершенбаума В.Я., Крижанівського Є.І., Крилова К.А., Курочкина В.Я., Меленя Б.В., Мокшина А.С., Морозова Л.В., Неупокоева В. Г., Петрини Ю.Д., Посташа С.А., Черемісінова Е.М., Сімонова В.В., Торгашова А.В., Якіма Р.С., Ясашина В.А. та багатьох інших, намічено шляхи усунення таких негативних явищ. У результаті в першому розділі обґрунтовано, що підвищення довговічності опор тришарошкових бурових доліт можливе наступним шляхами: вибором матеріалів та їх зміцнення для отримання заданих фізико-механічних властивостей і експлуатаційних показників; підвищенням рівня якості вирішення конструкторсько-технологічних задач проектування, конструювання і виготовлення деталей і долота в цілому; підвищенням ефективності та конструктивної досконалості елементів доліт, що визначають його довговічність. Для реалізації таких шляхів необхідно встановити зв'язок між фізико-механічними властивостями, структурою матеріалів, що застосовуються для виготовлення деталей опор, та їх працездатністю. Необхідно розробити нові конструкції елементів доліт. Також важливо встановити вплив конструкторських показників поверхонь, фізико-механічних властивостей зміцнених шарів цапф лап доліт з відкритою опорою на стійкість до контактного руйнування.

Другий розділ присвячено методам та засобам теоретичних та експериментальних досліджень вирішення задач дисертаційної роботи.

Метами вирішення задач дисертаційної роботи є теоретико-експериментальне дослідження впливу конструкторсько-технологічних параметрів на усіх стадіях створення тришарошкових бурових доліт. При цьому вихідними даними є результати аналізу досвіду проектування, конструювання, виготовлення, випробовування та експлуатації тришарошкових бурових доліт. Для цього застосовано експериментальні дослідження з використанням сучасних методів і обладнання для механічних, метрографічних і експлуатаційних випробовувань з дотриманням стандартних методик. З цією метою виготовлялися як стандартні зразки, так і спеціальні темплети з деталей долота, а також експериментальні партії секцій доліт і долота експериментальних конструкцій. У роботі застосовано сучасне комп'ютеризоване технологічне устаткування для технологічних експериментів і апробації нових підходів у проектуванні, конструюванні і виготовленні з метою освоєння і впровадження у виробництво нових конструкцій доліт. Проектування конструкцій долота здійснено в

середовищі програмного продукту Cimatron E4.2, що є сумісним з системою автоматизованого проектування технологічних операцій механічного оброблення та верстатним ЧПК. Оцінка і критерії тріщиностійкості деталей опор ґрунтується на основних положеннях механіки деформівного твердого тіла, а також сучасному розумінню впливу робочих середовищ на експлуатаційні показники деталей доліт. Експериментальні дослідження проводились з використанням математичної статистики та теорії планування експерименту. Отримані дані оброблялися в середовищі Mathcad та Excel.

Третій розділ присвячено підвищенню якісних та експлуатаційних показників тришаршкових бурових доліт на усіх етапах їх створення

З метою встановлення найімовірніших причин названих чинників втрати працездатності опор доліт 244,5 ОК-ПГВ-Д26 був проведений комплекс лабораторних і стендових випробовувань і досліджень. Зокрема, встановлено, що по границі витривалості, границі плинності, відносному видовженню найкращі показники в сталі 14ХНЗМА-Ш. Найнижча ударна в'язкість виявлена в сталі 19ХГНМА-Ш, найвища ударна в'язкість в сталі 19ХГНМА-В. Сталі 19ХГНМА-Ш, 19ХГНМА-В в основному дають приблизно однакові експлуатаційні показники опор доліт. Проте сталь 19ХГНМА-Ш порівняно зі сталлю 19ХГНМА-В забезпечує вищу стабільність напрацювання опор. Оцінка даних відпрацювання доліт типу ОК, які працюють в умовах буріння порід категорії міцності 18+20 одиниць за шкалою М.М.Протодьяконова, підтвердила, що для лап необхідно застосовувати сталь електрошлакового переплаву типу 14ХНЗМА-Ш, оскільки цапфи лап зі сталі вакуумно-дугового переплаву типу 19ХГНМА-В не забезпечують належну контактну витривалість.

Розроблено спосіб економії долотних сталей, що реалізується застосуванням електросталеплавильного отримання сталі 20ХГНЗМА з відходів долотних сталей типу 14ХНЗМА, 20ХНЗА, 15НЗМА, 19ХГНМА. Для забезпечення необхідних експлуатаційних показників доліт заготовки з такої сталі повинні піддаватися високотемпературній деформації. Така сталь показала кращі показники за границею міцності $\sigma_B=1440\text{МПа}$, границею плинності $\sigma_{0,2}=1230\text{МПа}$ порівняно з традиційними сталями 14ХНЗМА-Ш та 19ХГНМА-Ш. Однак виявлено найнижче значення ударної в'язкості $KCU = 7,5\text{Дж/см}^2$. Експериментально встановлено, що високотемпературна деформація литої сталі 20ХГНЗМА забезпечує сприятливий технологічний спадок на стійкість лап шаршкових доліт до руйнування. Виявлено, що на експлуатаційні показники лап суттєво впливає плавність зміни фізико-механічних властивостей сталі в ділянці "цементований шар - серцевина". Виявлені шлакові включення в структурі сталі не показали суттєвого впливу на відробку доліт. Експлуатаційні відпрацювання доліт з експериментальними лапами засвідчили збільшення проходження в середньому на 42,6% та вищу стабільність відпрацювання у порівнянні з серійними, виготовленими з технологічного прокату. Це дозволило рекомендувати до впровадження у виробництво розроблені рекомендації для застосування і зміцнення литої долотної сталі.

З метою реалізації процесного підходу в створенні доліт з позицій якості та енергоощадності розроблено спосіб 3-D автоматизованого проектування і конструювання деталей бурових доліт, що дозволяє об'єднати процеси у єдиному комп'ютеризованому середовищі. Для цього застосовано середовище Cimatron E4.2, що має повну сумісність програмного забезпечення і кодів, які застосовуються при проектуванні і конструюванні моделей деталей доліт та цеховими керуючими системами.

Залежно від типорозміру шарошки та складності породоруйнівного оснащення час оброблення на оброблювальному центрі MCV 1270 складає від 30хв. до 1,5год. Так, тільки при виготовленні шарошок долота 393,7 М-ЦГВУ згідно розробленого способу процес пришвидшується у 2,1 – 3,9 разів. Необхідно зауважити, що стара технологія не дозволяла виконати породоруйнівне оснащення шарошок, яке має змінний крок зубів та їх зміщення по вінях шарошок, що є необхідною конструктивною відмінністю сучасних конструкцій шарошкових бурових доліт. Впровадження дозволило збільшити номенклатуру випуску до 230 типів конструкцій шарошкових доліт, а також розширити діапазон типорозмірів доліт від Ø74,6мм до Ø490мм.

Реалізація концепції енергоощадності, що ґрунтується на принципі процесного підходу, дозволила забезпечити тенденцію до зниження споживання енергії, яка витрачається на виготовлення одного шарошкового долота. Зокрема, якщо 2001р. такі затрати складали 874,5кВт·год, 2005р. вони становили 805,4кВт·год, 2006р. – 778,7кВт·год, 2007р. – 674,3кВт·год., за перші три місяці 2009р. затрати на виготовлення долота склали 609,4кВт·год. Відповідно суттєво зросли показники продуктивності праці на одного працівника від 586 нормогодин 2004р. до 725 нормогодин 2007р. Застосування процесного підходу забезпечує неперервний комплексний контроль над зв'язками окремих процесів у межах єдиної системи автоматизованих процесів у єдиному інформаційному комп'ютеризованому середовищі. Це дозволяє цілком використовувати високі потужності банків даних типових процесів, які щораз поповнюються. Також забезпечується зростання рівня конструкторської стандартизації та уніфікації.

Четвертий розділ присвячено підвищенню довговічності підшипників опор тришарошкових бурових доліт.

З метою встановлення резервів оптимізації конструкції замкового підшипника для підвищення довговічності опор Р-К-Р розроблено нову конструкцію опори, в якій забезпечується підвищення вантажності замкового кулькового підшипника кочення. З цією метою здійснено комплексні дослідження, які включали пошукові проектні, конструкторські, стендові та натурні випробовування для встановлення оптимальних параметрів конструкції опори та її працездатності.

Розрахунок динамічної вантажності замкового кулькового підшипника для базової і розробленої конструкції опори долота 244,5 ОК-ПГВ-R261У проводили згідно відомої формули, для випадку коли діаметр кола, що проходить через центри тіл кочення, задовольняє умову $D > 25,4$ мм:

$$C = f_c (i \cdot \cos \alpha)^{0,7} \cdot z^{2/3} \cdot 3,647 D_k^{1,4}$$

де f_c – коефіцієнт динамічного навантаження, z – число кульок, α – номінальний кут нахилу, i – число рядів кульок, D_k – діаметр кульки.

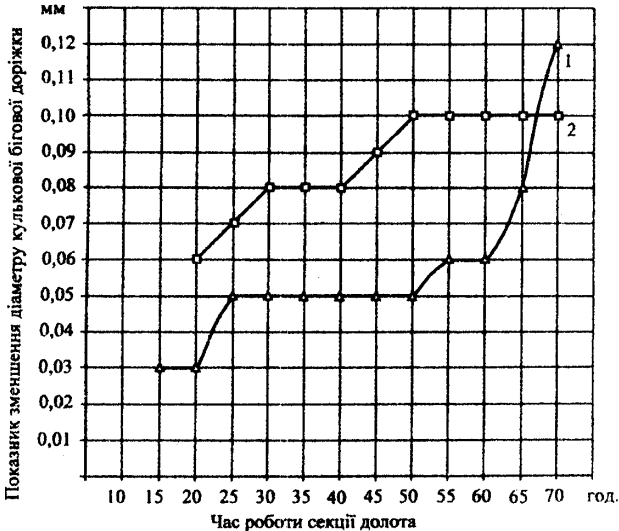
Встановлено, що для даної конструкції найбільш оптимальним є підвищення вантажності замкового підшипника на 21%. При цьому прогнозувалося, що деформації в проектному варіанті однаково зростуть на цапфі і шарощі в 1,2 рази за рахунок вищого навантаження на кульку (в 1,28 разів) у порівнянні з базовою конструкцією. Деформації в базовій конструкції більше проявляються на цапфі. Так, на бігових доріжках відпрацьованих опор є характерне утворення другої кулькової бігової доріжки, яка зміщена по осі в навантаженій зоні. Також встановлено, що в обох конструкціях максимальні напруження виникають в цементованому шарі цапфи і шарошки. При цьому в проектному варіанті глибина, на якій виникають максимальні напруження, є більшою на 0,07мм та на 0,11мм в цементованому шарі цапфи і шарошки відповідно. Тобто, у проектному варіанті розвиток контактного руйнування буде менше залежати від параметрів поверхневого шару бігових доріжок. Також прогнозується збільшення максимального зміщення шарошки у проектному варіанті як в радіальному, так і в осьовому напрямку шарошки відносно цапфи у 1,1 разів.

Стеновими дослідженнями встановлено, що на відміну від серійного комплекту, де осьове навантаження сприймають підшипники ковзання „п'ята-підп'ятник” і „упорний торець лапи – упорний торець шарошки”, в експериментальній опорі відбувається інтенсивніший знос і пластична деформація замкових кулькових бігових доріжок лапи (рис. 1). Проте, протягом останніх 10 годин, коли навантаження на секції було збільшено, зафіксовано зростання зносу і пластичної деформації кулькових бігових доріжок в серійних опорах. У результаті руйнування замкового підшипника було більшим у порівнянні з експериментальною опорою.

Аналіз зносу і пластичної деформації кульок в досліджуваних опорах виявив більшу плавність цих явищ в експериментальній конструкції. Це може бути пояснене тим, що на працездатність кулькового замкового підшипника в серійній конструкції помітно впливають умови роботи підшипників ковзання „п'ята-підп'ятник” і „упорний торець лапи – упорний торець шарошки”.

Стенові випробовування долота 244,50К-ПГВ-R261 У з експериментальними опорами показали, що на всіх шарошках з'явилися люфти 0,5мм після 15 годин роботи. Після 20год. люфт становив 1,0мм на всіх шарошках. Після 37год. 20хв. роботи долота зафіксовано зниження плавності обертання шарошок долота. Також виготовлено експериментальну партію доліт в кількості 14шт та підготовлено таку саму партію серійних доліт, які відпрацьовали в реальних умовах буріння порід 16 категорії міцності за шкалою М.М.Протодьяконова. Для отриманих значень проходження на долото, встановлено середнє значення для серійних 178п/м (стійкість 17,53год) і

експериментальних доліт 302,786п/м (стійкість 21,31год). Встановлено, що експериментальні долота показали вищі значення проходження у середньому в 1,7 разів порівняно з серійними. Крім цього відносна похибка проходження у експериментальних долотах є в 1,6 разів меншою, що свідчить про більш стабільне відпрацювання експериментальних доліт. Це дозволило впровадити розробку у виробництво доліт.



1 – серійна конструкція опори; 2 – експериментальна конструкція опори

Рисунок 1 – Динаміка зменшення діаметрів кулькових бігових доріжок замкового підшипника на цапфах лап секцій доліт у процесі відробки в стендових умовах

Встановлено, що підвищення якості конструкторських показників поверхні цапф лап внаслідок точного точіння в кінцевий розмір перед ХТО знижує ефект деформування бігових доріжок під час термообробки, що дозволяє відмовитися від викінчувальних шліфувальних операцій. Оброблення точінням у кінцевий розмір перед термообробкою, порівняно з шліфованими цапфами після термообробки, забезпечує вищу стабільність по глибині цементованого шару, менше розсіювання поверхневої твердості, а також формує кращий градієнт розподілу концентрації вуглецю по глибині. Опори кочення тришарашкових бурових доліт, у яких цапфи лап оброблені точінням у кінцевий розмір, виявили приблизно в 1,5 разів вищу контактну тривкість, порівняно з шліфованими після термообробки.

Аналіз працездатності бурових доліт показав, що долота після простоїв у буринні (від декількох діб і більше) мають загальне проходження суттєво нижче у порівнянні з долотами, які експлуатувалися без тривалої перерви. Вони виходили з ладу через заклинювання опори внаслідок катастрофічних

руйнувань бігових доріжок і тіл кочення. З метою виявлення причин таких явищ проведено, в наближених до експлуатаційних умов, стендові випробування тришарошкових доліт 250,8 ТКЗ - ПГВ - Д27Б на металевому вибої зі сталі 20 при осьовому навантаженні 220-250кН та частоті обертання долота 60-75об/хв з подальшим аналізом контактних поверхонь опори на пошкодженість. Опори промивали технічною водою. Три долота (умовно №№ 1, 2 і 3) відпрацювали на стенді по 20год, після чого, аналогічно реальним умовам, їх ніпельну частину змащували антикорозійним мастилом. Після простого доліт №№ 1-3 відповідно 5, 10 і 30 діб їх повторно випробували на стендах і в результаті вони додатково відпрацювали до втрати працездатності 40, 36 і 25 годин відповідно. Зазначимо, що опори в долоті № 1 і № 2 заклинилися поступовим наростанням крутного моменту і підклинюванням, а в долоті № 3 – раптово, що пов'язано з крихким руйнуванням бурта кулькового замкового підшипника і розколюванням роликів великого периферійного підшипника.

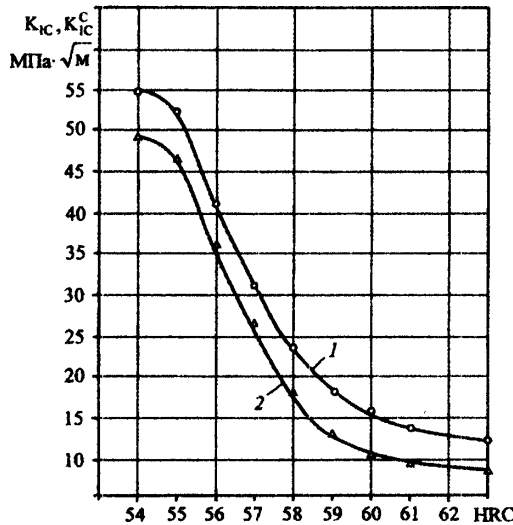


Рисунок 2 – Тріщиностійкість сталі 55СМ5ФА на повітрі (крива 1) і воді (крива 2) в залежності від її твердості

Встановлено, що тріщиностійкість сталі знижується зі збільшенням її твердості (рис. 2, крива 1). За звичайної швидкості навантаження (0,06мм/с) опірність поширенню тріщини відчутно падає за дії води, що можна розглядати як прояв адсорбційного ефекту води в її вершині. Підвищення швидкості навантаження в 10 разів (0,6мм/с) не виявило помітної дії водного середовища на в'язкість руйнування. Це, очевидно, пов'язано з недостатньою змочуваністю середовищем поверхні вершини тріщин за швидкісного її розкриття впродовж нетривалого активного навантаження. Зазначимо, що за твердості HRC60 і

вище в'язкість руйнування у воді опускається до 10МПа і нижче. Це практично граничні для таких сталей значення показника K_{1C} .

Отже, втрата працездатності відкритих опор кочення тришарошкових бурових доліт спричинюється утворенням корозійних уражень впродовж простою в експлуатації і низькою тріщиностійкістю високоміцної сталі за дії водного середовища. Корозійних уражень впродовж простою можна не допустити консервацією поверхонь, що контактують. Попри те, що сталі 55СМ5ФА властива низька в'язкість руйнування, вода суттєво, до 40%, її понижує. Рекомендовано сталь 55СМ5ФА твердістю HRC 56-58.

З метою підвищення працездатності підшипника ковзання „упорний торець бурта лапи – упорний торець шарошки” здійснено аналіз можливості покращення експлуатаційних властивостей трибологічних поверхонь, виконаних з наплавленням стелітом (торець цапфи) і цементацією (торець шарошки). Стеновими дослідженнями над опорами доліт 244,5 ОК-ПГВ Д26У встановлено, що для забезпечення високих показників працездатності пари тертя „упорний торець бурта лапи – упорний торець шарошки” необхідно:

- 1) Відмовитись від використання сталей вакуумно-дугового переплаву, які не забезпечують стабільність як хімічного складу, так і фізико-механічних властивостей контактних поверхонь опори, що спричинює низьку працездатність вузла. Можна також здійснювати жорсткий вибір плавок сталі за аналогом провідних зарубіжних фірм – виробників доліт;
- 2) Забезпечувати високу стійкість до утворення тріщин та відшарування цементованого шару якісним хімічним складом та хіміко-термічною обробкою сталі для виготовлення шарошок;
- 3) Знижувати коефіцієнт тертя між наплавленою і цементованою поверхнею шляхом нанесення на цементовану поверхню антифрикційного матеріалу або встановлення альтернативного матеріалу до існуючого стеліту для наплавлення;
- 4) Здійснювати наплавлення упорного торця бурта лапи по всій ширині робочої поверхні без канавки для наплавлення стеліту, при цьому забезпечувати рівну висоту наплавленого шару;
- 5) Змінити охолодження в парі „п'ята-підп'ятник” шляхом встановлення на підп'ятнику каналів для охолоджуючого агента і встановлення п'яти без охолоджуючих каналів.

П'ятий розділ присвячено підвищенню довговічності опор та ефективності буріння тришарошковими буровими долотами.

Аналізом відпрацювання тришарошкових доліт типу ОК встановлено, що долота виявляють значно нижчі експлуатаційні показники порівняно з раніше встановленими. Зокрема, для доліт 250,8 ОК-ПГВ-Д150М, які працюють при аналогічних режимах і бурінні порід 17-19 одиниць за шкалою М.М.Протогдьконова, встановлено найменше середнє значення проходження порядку 275м. У нашому випадку проходження на долото складає 181,2м, що приблизно в 1,52 рази менша за встановлену. Таке суттєве зменшення проходження може бути пояснене неоптимальною схемою відробки та за рахунок неврахування гірничо-геологічних умов. Так, у окремих випадках долота спочатку відпрацьовували в породах вищої міцності, а пізніше на породах нижчої твердості. Це призводило до передчасного руйнування твердосплавного вставного оснащення, зносу тіла шарошки і випадків обриву вершин шарошок.

Необхідно зауважити, що суттєве зниження працездатності досліджуваних доліт зумовлене низькою стійкістю до руйнування спинок лап, що призводить до швидкої втрати початкових значень діаметра долота. Частими є випадки, коли долото виходить з ладу через руйнування спинок лап при цілком працездатній опорі і породоруйнівному оснащенні шарошок. Інколи руйнування нижньої частини спинки лапи і її козирка веде до оголення роликів периферійного підшипника, заклинювання опори, випадання роликів на вибій, що призводить до аварій при бурінні. Попередження таких аварійних ситуацій можливе за рахунок циклічно-диференційної схеми використання доліт і їх ремонту. Для цього важливим є використання доліт за оптимальною схемою відробки та у відповідності до конкретних гірничо-геологічних умов. А саме, обов'язково забезпечувати припрацювання доліт шляхом початкового буріння порід міцності до 16-17 одиниць за шкалою М.М.Протодьяконова. Також проводити ремонт захисного оснащення спинки лапи для недопущення руйнування козирка, що веде до оголення роликів периферійного ряду опори. Для підвищення працездатності опор необхідно вдосконалити конструкцію і матеріали осьових підшипників ковзання. Контактна витривалість цапф лап в навантаженій зоні може бути підвищена за рахунок встановлення оптимальних значень фізико-механічних, конструкторських параметрів бігових доріжок опор.

З метою недопущення передчасного руйнування і зносу захисного калібруючого оснащення на козирках спинок лап розроблено нову конструкцію і спосіб захисту, згідно якого підсилюється армування козирка спинки лапи додатковим наплавленням реліту в спеціально виготовлені отвори в козирку. На ВАТ „ДДЗ” було виготовлено партію доліт 244,5 ОК-ПГВ-Д26У в кількості 10 шт., що мали експериментальну конструкцію захисту козирка спинки лапи. Виконання такого захисту здійснювали наступним чином: по радіусу низу зовнішньої поверхні кожної лапи долота перед нанесенням наплавного твердого сплаву додатково просвердлюють отвори, при цьому на ободі козирка спинки лапи виконуються отвори під наплавлення. Для забезпечення високої якості армування в отвори на козирку і спинці лапи закладали реліт з наступним його оплавленням і надійним сплавленням з основою. Далі проводили суцільне наплавлення поверхні козирка.

Порівняльними кваліфікаційними випробуваннями встановлено, що у серійній партії більша частина доліт недопрацювала і вийшла з ладу через випадання роликів периферійного підшипника. Для експериментальної партії характерне недопрацювання доліт через знос і заклинювання опори. Статистичним аналізом результатів відпрацювання доліт в реальних умовах встановлено середнє значення проходження для серійних (123,4п/м) і експериментальних доліт (265,15п/м). Зауважимо, що відмінність між середнім значенням проходження серійних та експериментальних доліт є суттєвою. Дана відмінність обґрунтовується різним характером руйнування козирка спинки лапи. Зносостійкість козирків лап, наплавлених релітом згідно серійної технології, складає приблизно 48,4м проходження долота в породах, що мають міцність 17-19 одиниць за шкалою М.М.Протодьяконова, після чого відбувається оголення роликів великого підшипника. Зносостійкість козирків

лап, армованих згідно експериментальної конструкції захисту від зносу, відповідає зносостійкості зубків, що розташовані на периферійних рядах і тильних конусах шарошок, які калібрують стінку свердловини, що забезпечує підвищення ефективності буріння.

Експериментальні випробування показали підвищення проходження доліт з новою конструкцією захисту козирка в 2,15 рази, що дозволило підвищити ефективність буріння. Дана конструкція рекомендована до впровадження у виробництво.

Для розробки критеріїв вдосконалення існуючих технологій виготовлення сучасних тришарошкових доліт і їх конструкцій з найменшими капіталовкладеннями здійснено аналіз працездатності імпортних доліт на прикладі тришарошкових доліт 15 ½ VU-11. Ці долота в умовах жорсткого дотримання технологічних режимів буріння і відповідності породам, які розбурюють, мають стабільні експлуатаційні показники.

Оскільки нанесення на поверхні опор доліт срібного покриття суттєво підвищує їх собівартість, то на вітчизняних долотних заводах для забезпечення зносостійкості і довговічності серійних опор ВУ використовується наплавлення стелітом упорного торця цапфи лапи. Однак, як показують результати аналізу працездатності осьових підшипників ковзання „упорний торець шарошки – упорний торець лапи” серійних доліт, трибопара „стеліт-сталь” має низьку зносостійкість, яка не може задовольняти сучасні експлуатаційні вимоги, що ставляться до доліт. Зокрема, порівняно з долотами аналогічної конструкції 15 ½ VU-11 експлуатаційні показники серійних доліт 393,7 М-ГВУ D34 є значно нижчими. Так, значення проходження є меншим у 6,21 разів, стійкості в 3,78 разів і механічній швидкості буріння меншій у 1,32 разів. Це спричинене виладками виходу з ладу системи герметизації і мащення та відмови опори, а також катастрофічним руйнуванням фрезерованого породоруйнівного оснащення шарошок.

Виходячи з позиції критерію накопичення пошкоджень в трибологічній парі „упорний торець цапфи лапи – упорний торець шарошки” процес зносу цементованого шару буде завжди прискорюватися і різко інтенсифікуватися у міру зменшення значення товщини мастильного матеріалу та зростання моменту тертя на цапфі. Крім цього зношування поверхневих цементованих шарів та значне підвищення температури в зоні контакту трибопари „стеліт-сталь” різко змінює характер тертя. Виникають явища схоплення та відшарування фрагментів контактуючої пари, особливо упорного торця шарошки. При цьому в підшипнику буде зростати зазор, що суттєво змінює параметри спряження контактуючих поверхонь опори в цілому. Тому для підвищення стабільності роботи опори в осьовому напрямку, попередження передчасного виникнення люфтів в опорі за аналогією до конструкцій зарубіжних фірм – виробників доліт, у цементованому упорному торці шарошки експериментальних доліт виконували циліндричні мідні вставки.

Встановлено, що експериментальні долота у порівнянні з серійною партією доліт мали приблизно в 2,9 разів більше проходження, в 1,58 разів більшу довговічність при зростанні в 1,52 рази механічної швидкості буріння. У

порівнянні з імпортними долотами 15 ½ VU-11 експериментальні долота виявили приблизно в 2,13 разів менше проходження, в 2,39 разів меншу довговічність при більшій в 1,14 разів механічній швидкості буріння. Необхідно зауважити, що осьові навантаження на експериментальні долота були більшими приблизно в 1,5 разів у порівнянні з навантаженням на імпортні. Співставлення ціни доліт і їх експлуатаційних показників показує на реальну конкурентоздатність експериментальної конструкції долота.

Отже, для підвищення довговічності бурових тришаршкових доліт з опорою ВУ слід керуватись наступними критеріями. При вдосконаленні конструкції осьового підшипника ковзання „упорний торець цапфи лапи – упорний торець шарошки” слід виходити з вимог створення умов мащення, інтенсивного відведення тепла з зони контакту і ефекту вибіркового перенесення за рахунок використання ефективних антифрикційних матеріалів та оптимізації спряжених поверхонь. Слід враховувати, що між зносостійкістю осьового підшипника ковзання і довговічністю опори є прямий зв'язок, оскільки, як відомо, підшипники ковзання не призначені до роботи при високих частотах обертання. Тому при форсованих режимах буріння ці підшипники є одним з найслабших елементів опор ВУ. Також виявлено у обох партіях типові проблеми з системою герметизації, що призводило до витікання мастила з системи мащення опори, що потребує подальшого вдосконалення даної конструкції доліт. У цілому експериментальна конструкція є працездатною і перспективною. Разом з цим вона потребує подальшого вдосконалення в напрямку підвищення зносостійкості та контактної витривалості підшипників кочення і ковзання та надійності системи герметизації і мащення опори долота.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертації здійснено обґрунтування та вирішення науково-технічної задачі, яка полягає у розробці ефективних способів підвищення довговічності опор тришаршкових бурових доліт. При цьому отримані такі основні результати:

1. Встановлено, що з метою підвищення довговічності опор доліт типу ОК, які працюють в умовах буріння порід категорії міцності 18÷20 одиниць за шкалою М.М.Протодьяконова, необхідно застосовувати для лапи сталь електрошлакового переплаву типу 14ХНЗМА-Ш, яка на відміну від сталей вакуумно-дугового переплаву типу 19ХГНМА-В забезпечує вищу контактну витривалість. Також обґрунтовано доцільність застосування литої сталі 20ХГНЗМА, отриманої електросталеплавильним способом з відходів долотних сталей. Заготовки такої сталі обов'язково повинні піддаватися високотемпературній деформації, параметри якої розроблені і впроваджені у виробництво.

Встановлено, що енергоощадний процесний підхід до об'єднання вирішення проектних, конструкторсько-технологічних задач у єдину комп'ютеризовану систему, поряд з підвищенням якості, продуктивності

праці, дозволяє мобільно створювати конкурентоспроможні конструкції доліт. Такий підхід будучи апробованим в умовах долотного виробництва показав ефективність та рекомендований до впровадження.

- Встановлено, що вдосконалення конструкції опор Р-К-Р шляхом підвищення вантажності замкового підшипника кочення дозволяє підвищити стабільність напрацювання доліт та при бурінні порід 16 категорії міцності за шкалою М.М.Протодьяконова збільшити проходження приблизно в 1,7 рази. З цією метою розроблена і захищена патентом на винахід нова конструкція опори долота. Розробка впроваджена у виробництво.

Встановлено, що підвищення точності та якості конструкторських параметрів поверхонь бігових доріжок обробленням точінням в розмір до хіміко-термічної обробки порівняно з шліфуванням після хіміко-термічної обробки, дає збільшення контактної витривалості опор кочення в 1,5 рази.

Встановлено, що вода суттєво, до 40%, понижує в'язкість руйнування серійних роликів зі сталі 55СМ5ФА. Для усунення цього рекомендується застосовувати ролики твердістю HRC56-58, а з метою попередження корозійних уражень елементів відкритих опор впродовж простою в експлуатації слід консервувати поверхні, що контактують.

- Обґрунтовано важливість використання доліт за оптимальною схемою відробки та у відповідності до конкретних гірничо-геологічних умов. А саме, необхідно обов'язково забезпечувати припрацювання доліт типу ОК шляхом початкового буріння порід міцності до 16-17 одиниць за шкалою М.М.Протодьяконова. Також ефективним є вдосконалення конструкції захисту долота від спрацювання по діаметру, у зв'язку з чим розроблено і експериментально встановлені параметри нової конструкції армування козирка спинки лапи, яка забезпечує ресурс його роботи рівним ресурсу роботи всіх інших елементів захисту від спрацювання по діаметру долота. При цьому підвищення проходження таких доліт в 2,15 разів є більшим порівняно з серійними.

Встановлено, що для підвищення довговічності опор типу ВУ бурових тришарошкових доліт необхідно не тільки застосовувати сталі, що забезпечують стабільність як хімічного складу, так і фізико-механічних властивостей контактних поверхонь опори, а також високу тріщиностійкість після зміцнення, але й створювати умови мащення, інтенсивного відведення тепла з зони контакту і ефекту вибіркового перенесення за рахунок використання ефективних антифрикційних матеріалів та оптимізації спряжених поверхонь в осьовому підшипнику кочання „упорний торець цапфи лапи – упорний торець шарошки”.

ПУБЛІКАЦІЇ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

- Шмандровський Л. Є. Підвищення працездатності пари тертя „упорний торець бурта лапи – упорний торець шарошки” в тришарошкових бурових долотах / Л. Є. Шмандровський // Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій:

- праці 2-ї Міжнародної науково-технічної конференції (Львів 11-13 листопада 2010 р.) / Західний науковий центр НАН України, Фізико-механічний ін-т ім. Г.В. Карпенка НАН України [та ін.]. – Львів: КІНПАТРІ ЛТД, –2010. –С. 173 - 174.
2. Крижанівський Є. І. Теоретичні основи обґрунтованого вибору критеріїв відмов і шляхів підвищення довговічності тришарошкових бурових доліт / Є. І. Крижанівський, Р. С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина // Вісник Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут”. Машинобудування. – К.: НТУУ „КПІ”. – 2009. – Вип. 56. – С. 6 – 13.
 3. Крижанівський Є. І. Теоретичні основи обґрунтованого вибору критеріїв відмов і шляхів підвищення довговічності тришарошкових бурових доліт / Є. І. Крижанівський, Р. С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина // Прогресивна техніка та технологія – 2009: тези Х-тої міжнародної науково-технічної конференції (Севастополь, 22-25 червня 2009 р.) / М-ство освіти і науки України, М-ство промислової політики України [та ін.]. – К: НТУУ „КПІ” 2009. – С. 8.
 4. Заявка № а201000752 на Пат. Україна МПК² Е 21 В 19/10. Стенд для випробовувань секцій шарошкових доліт. / Є.І.Крижанівський, Р.С.Яким, Л.Є.Шмандровський, Ю.Д.Петрина, (Україна).; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. заявл. 26. 01. 2010; – рішення про видачу патенту 14.10.11.
 5. Крижанівський Є. І. Аналіз працездатності опор Р-К-Р тришарошкових бурових доліт / Є. І. Крижанівський, Р. С.Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – № 2 (27). – С. 25 – 34.
 6. Крижанівський Є. І. Вплив технологічного спадку на стійкість шарошкових бурових доліт / Є. І. Крижанівський, Р. С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина // Машинознавство. – 2008. – № 5. – С.12–17.
 7. Крижанівський Є. І. Проектні та конструкторсько-технологічні заходи для забезпечення енергоощадності та якості при створенні тришарошкових бурових доліт / Є. І. Крижанівський, Р. С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю.Д. Петрина // Нафтогазова енергетика: проблеми та перспективи: анотації Міжнародної науково-технічної конференції (Івано-Франківськ, 20-23 жовтня 2009р.) – Івано-Франківськ: Факел, 2009. – С.35.
 8. Крижанівський Є. І. Проектні та конструкторсько-технологічні заходи для забезпечення енергоощадності та якості при створенні тришарошкових бурових доліт / Є. І. Крижанівський, Р. С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина // Нафтогазова енергетика – 2010. – № 1 (12). – С.14–19.
 9. Пат. 94293 Україна, МПК Е21В 10/22, Опора шарошкового бурового долота. / Є.І.Крижанівський, Р.С.Яким, Л.Є.Шмандровський, Ю.Д.Петрина. (Україна).; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № а 2009 04722; заявл.13.05.09; опубл. 26.04.2011, Бюл. №8.

10. Крижанівський Є. Підвищення стійкості опор тришарошкових бурових доліт / Є. Крижанівський, Р. Яким, Л. Шмандровський, Ю. Петрина // Дев'ятий міжнародний симпозиум українських інженерів-механіків у Львові: праці. (Львів 20-22 травня 2009 р.) – Львів: КІНПАТРИ ЛТД. – 2009. – С.287–289.
11. Крижанівський Є. І. Підвищення стійкості опор тришарошкових бурових доліт / Є. І. Крижанівський, Р. С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина // Машинознавство. – 2009. – № 8. – С.28–32.
12. Крижанівський Є. І. Конструкторсько-технологічне забезпечення контактної тривкості опор кочення тришарошкових бурових доліт / Є.І.Крижанівський, Р.С.Яким, Л.Є.Шмандровський, Ю.Д.Петрина // Прогресивна техніка та технологія –2010: тези XI-тої міжнародної науково-технічної конференції (Київ, 18-21 червня 2010р.) /М-во освіти і науки України, Нац. Академія наук України [та ін.]. – К: НТУУ „КПІ” 2010. – С. 14.
13. Крижанівський Є. І. Конструкторсько-технологічне забезпечення контактної тривкості опор кочення тришарошкових бурових доліт / Є. І. Крижанівський, Р.С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина // Вісник Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут”. Машинобудування. – К.: НТУУ „КПІ”. – 2010. – Вип. 58. – С. 18 – 23.
14. Крижанівський Є. І. Контактне руйнування тіл кочення відкритих опор тришарошкових бурових доліт у водних середовищах / Є. І. Крижанівський, Р. С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю.Д. Петрина // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2010. – Том 46. – № 5. – С. 37 – 42.
15. Крижанівський Є. І. Підвищення працездатності пари тертя „упорний торець бурта лапи – упорний торець шарошки” в тришарошкових бурових долотах для високообертового буріння / Є. І. Крижанівський, Р.С.Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – № 4 (29). – С.90–97.
16. Крижанівський Є. І. Аналіз працездатності тришарошкових бурових доліт типу ОК з відкритою опорою / Є.І.Крижанівський, Р.С.Яким, Л.Є.Шмандровський, Ю.Д. Петрина // Породоразрушающий и металлообработывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сборник научных трудов. – Выпуск 13. – К.: ИСМ им. В.Н.Бакуля, НАН Украины, 2010. – С. 74 – 77.
17. Крижанівський Є. І. Аналіз працездатності тришарошкових бурових доліт типу ОК з відкритою опорою / Є.І.Крижанівський, Р.С.Яким, Л.Є.Шмандровський, Ю.Д. Петрина // Породоразрушающий и металлообработывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: ПРОГРАММА XIII международной конференции 19 - 25 сентября 2010 г. / НАН Украины, Гос. геолог. служба Мин. природы Украины, ИСМ им. В.Н.Бакуля. – К.: ИСМ им. В.Н.Бакуля, НАН Украины, 2010. – С. 5.

18. Пат. 95141 Україна, МПК Е 21 В 10/08, Спосіб захисту шарошкового долота від спрацювання по діаметру. / Є.І.Крижанівський, Р.С.Яким, Л.Є.Шмандровський, Ю.Д.Петрина, (Україна); заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № а 2009 11721; заявл. 16.11.2009; опубл. 11.07.2011, Бюл. №13.
19. Крижанівський Є. І. Підвищення ефективності буріння тришарошковими буровими долотами з відкритою опорою / Є.І.Крижанівський, Р.С.Яким, Л.Є.Шмандровський, Ю. Д. Петрина // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2010. – № 2 (35). – С. 17 – 22.
20. Крижанівський Є. І. Критерії підвищення довговічності тришарошкових бурових доліт з опорами типу ВУ / Є. І. Крижанівський, Р. С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2011. – № 1 (27). – С. 31 – 38.

АНОТАЦІЯ

Шмандровський Л. Є. Підвищення довговічності опор шарошкових бурових доліт – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.12 – машини нафтової і газової промисловості. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2012.

Дисертацію присвячено вирішенню проблеми підвищення довговічності опор Р-К-Р тришарошкових бурових доліт на стадії їх проектування, конструювання, виготовлення і експлуатації. Зокрема встановлено, що при проектуванні доліт типу ОК, які працюють в умовах буріння порід категорії міцності 18÷20 одиниць за шкалою М.М.Протодьяконова слід застосовувати сталь яка дає підвищення довговічності опор за критерієм контактної витривалості, крім цього енергоощадний процесний підхід до об'єднання вирішення проектних, конструкторсько-технологічних задач у єдину комп'ютеризовану систему, поряд з підвищенням якості, продуктивності праці дозволяє мобільно створювати конкурентоспроможні конструкції доліт. Встановлені параметри нової конструкції опор Р-К-Р та спосіб підвищення точності та якості конструкторських параметрів поверхонь бігових доріжок, а також попередження корозійних уражень елементів відкритих опор впродовж простою в експлуатації. Встановленні вимоги до відпрацювання опор доліт ОК відповідно до конкретних гірничо-геологічних умов та параметри нової конструкції захисту від зносу долота по діаметру, а також комплекс заходів щодо підвищення довговічності опор ВУ з підшипником ковзання „упорний торець цапфи лапи – упорний торець шарошки”.

Теоретичні та експериментальні дослідження використані для вдосконалення проектування, конструювання і виготовлення доліт і в основному доведені до промислових зразків на базі потужностей ВАТ „ДДЗ”.

Ключові слова: тришаршкове бурове долото, довговічність, опора, підшипники, контактна витривалість, знос.

АННОТАЦІЯ

Шмандровский Л. Е. Повышение долговечности опор шарошечных буровых долот. – Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.12 – машины нефтяной и газовой промышленности. – Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2012.

Диссертацию посвящено решению проблемы повышения долговечности опор Р-Ш-Р трехшарошечных буровых долот. Теоретически и экспериментально обосновано, что эту проблему наиболее эффективно решать совершенствованием конструкции таких опор, а также конструкторско-технологическим обеспечением контактной выносливости элементов опор. В работе установлено, что при проектировании долот типа ОК, которые работают в условиях бурения пород категории прочности 18÷20 единиц за шкалой М.М.Протодяконова необходимо использовать сталь, которая дает повышение долговечности опор по критерию контактной прочности. Кроме этого энергоэкономный процессный подход к объединению решения проектных, конструкторско-технологических задач в единую компьютеризованную систему, наряду с повышением качества, продуктивности работы позволяет мобильно создавать конкурентные конструкции долот. Обосновано, что для повышения стабильности наработки и долговечности опор Р-Ш-Р долот необходимо увеличение грузоподъемности замкового подшипника качения. Повышение контактной выносливости цапф лап возможно повышением точности и качества конструкторских параметров беговых дорожек путем обработки точением в размер до ХТО. Для предотвращения коррозионного разрушения элементов открытых опор во время простоев в эксплуатации необходимо консервировать поверхности, которые контактируют. Также рекомендуется использовать ролики твердостью HRC56-58. Обосновано важность использования долот соответственно конкретным горно-геологическим условиям. Обязательно необходимо обеспечивать приработку долот типа ОК путем начального бурения пород прочности до 16-17 единиц за шкалой М.М.Протодяконова. Также обоснована эффективность совершенствования конструкции защиты долота от износа по диаметру, в связи с чем, разработаны и экспериментально установлены параметры новой конструкции армирования козырька спинки лапы, которая обеспечивает ресурс его работы равным ресурсу работы всех других элементов защиты от износа по диаметру долота. Для повышения долговечности опор ВУ буровых долот необходимо использовать стали, которые обеспечивают стабильность по химическому составу и физико-механическим свойствам контактных поверхностей опоры, и высокую трещиностойкость после упрочнения. Также важно создавать условия смазки, интенсивного отведения тепла из зоны контакта и эффекта

избирательного перенесения за счет использования эффективных антифрикционных материалов, оптимизации сопряженных поверхностей в осевой подшипнике скольжения „упорный торец цапфы лапы – упорный торец шарошки”.

Теоретические и экспериментальные исследования, проведенные для совершенствования проектирования, конструирования и изготовления долот в основном доведены до промышленных образцов и внедрены в производство долот.

Ключевые слова: трехшарошечное буровое долото, долговечность, опора, подшипники, контактная выносливость, износ.

ANNOTATION

Shmandrovs'kyj L.J. Increasing of durability of the bearings of roller drill bits. – Manuscript. Thesis for a degree of candidate of technical sciences on the speciality 05.05.12 – Equipment for Oil and Gas Industry. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2012.

The thesis is dedicated to solving the problem of increasing durability of the bearings of P-K-P three cone drill bits in the process of their design development, manufacturing and operation. Particularly it is determined that in the process of design development of OK type drill bits that are used for operation in the conditions of drilling the formations of 18÷20 hardness category, the steel which ensures increasing of durability of the bearings according to the criteria of contact durability should be used, besides energy saving process approach to solving common design and technological issues which are united into a unique computerized system along with improvement of quality and labour productivity enables to make competitive designs of drill bits in a mobile way. New design parameters of P-K-P bearings and the method of increasing accuracy and quality of design parameters of the surfaces of the races and prevention of rust exposure of the elements of the open bearings during the downtime in operation are determined. The requirements are determined concerning the process of wear of drill bit bearings of OK type according to specific mining and geological conditions and parameters of the new design protecting a drill bit from wear along diameter and a complex of measures to be taken in order to increase durability of BY bearings with a journal bearing" thrust face of the pin of the leg – thrust face of the cone".

Theoretical and experimental researches were used for improvement in design development and production of drill bits and generally brought to production standards based on JSC "DDZ" facility.

Key words: three cone drill bit, durability, bearing, bearings, contact durability, wear.