

14

**ПАЛАЩЕНКО РОМАН ЮРЬЕВИЧ**

**ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ  
ПАР, РАБОТАЮЩИХ В ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОЧНЫХ  
МАТЕРИАЛАХ**

(05.02.04 - Трение и износ в машинах)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

МОСКВА-2000

621.891 + 620.178 (043)

П-14

Работа выполнена в Российском Государственном Университете  
нефти и газа имени И.М. Губкина

Научный руководитель:

доктор технических наук,  
профессор Пичугин В.Ф.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,  
профессор Бобров С.Н.

кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник  
Лаптева В.Г.

Ведущая организация:

НПО «Буровая техника»

Защита диссертации состоится "26" ~~сентября~~ 2000 г. в 15 часов на заседании Диссертационного совета Д 053.27.03 при Российском Государственном Университете нефти и газа им. И.М. Губкина по адресу: 117917, г. Москва, Ленинский пр., 65, ауд. 1411.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина.

Автореферат разослан "23" ~~ноября~~ 2000 г.

Ученый секретарь  
Диссертационного совета,  
кандидат технических наук

Гинзбург Э.С.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Повышение срока службы и надежности подвижных сопряжений механизмов и машин является важной технической задачей. Износостойкость трибосопряжений во многом зависит от физико-механических и химических свойств поверхностей трения, формирующихся в процессе взаимодействия подвижных сопряжений. Большое влияние на формирование этих свойств при работе триады трения оказывает смазочный материал.

Важную группу смазочных материалов составляют пластичные смазки, обеспечивающие работоспособность подвижных сопряжений машин и оборудования общего назначения, повышающих надежность и долговечность приборов, специальных устройств в сложных и экстремальных условиях их эксплуатации. Наряду с расширением областей использования пластичных смазочных материалов повышаются требования, вытекающие из роста температур, нагрузок, скоростей взаимного перемещения и ужесточения других условий их применения.

Триботехническое действие смазочных материалов во многом определяется свойствами защитных пленок, образующихся на поверхностях трения подвижных сопряжений. Наиболее высокие эксплуатационные показатели защитные пленки обеспечивают, как правило, при реализации положительного градиента механических свойств по глубине. Эти пленки образуются в результате механо-физико-химических процессов на контакте при использовании смазочных материалов с присадками металлосодержащих композиций.

Долговечность подвижных сопряжений механизмов и машин при эксплуатации определяется конструкцией, технологией (качеством) изготовления и смазочным материалом. Если конструированию узлов трения газонефтяного оборудования и инст

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
ИОНТУНГ



ЛОГИИ

изготовления подвижных сопряжений посвящены многочисленные исследования, то вопросы влияния пластичных смазочных материалов на износостойкость трибосопряжений изучены недостаточно.

На основании вышеизложенного представляет определенный научный и практический интерес исследования, направленные на повышение износостойкости подвижных сопряжений газонефтяного оборудования и инструмента, работающего в пластичных смазочных материалах, за счет трибомодификации поверхностей трения, а также изучение физико-химических процессов, обеспечивающих формирование защитных металлосодержащих пленок.

Цель работы. Повышение износостойкости металлических пар и снижение в них потерь на трение за счет использования пластичных смазочных материалов, обеспечивающих трибомодификацию поверхностных слоев и формирование металлосодержащих пленок, а также изучение особенностей их образования.

Для реализации поставленной цели в работе решаются следующие основные задачи:

1: Исследовать влияние шероховатости, гранности и волнистости поверхностного слоя тел качения на контактную выносливость шаров в пластичных смазочных материалах.

2. Изучить влияние долотных пластичных смазок на контактную выносливость тел качения отечественного и зарубежного производства, а также исследовать процессы трения и изнашивания пары колodka-ролик в зависимости от удельной нагрузки и скорости скольжения и оценить эффективность предлагаемой оловосодержащей присадки к долотным смазкам.

3. Исследовать особенности механизма взаимодействия пластичных смазочных материалов с поверхностью металла при трении,

Куск

формирования оловосодержащей защитной пленки на поверхностях трения подвижных сопряжений с привлечением современных методов анализа.

4. Разработать практические рекомендации по повышению износостойкости подвижных сопряжений за счет трибомодификации поверхностных слоев при изнашивании в пластичных смазочных материалах ,провести стендовые испытания работоспособности герметизированных опор буровых долот.

Научная новизна. В диссертационной работе установлено влияние шероховатости, гранности и волнистости поверхностного слоя тел качения на контактную выносливость шаров в пластичных долотных смазках отечественного и зарубежного производства.

Реализована возможность трибомодификации поверхностей трения подвижных сопряжений в пластичных смазочных материалах введением оловосодержащей композиции, что обеспечивает повышение износостойкости металлических пар как в режиме трения качения ,так и скольжения. Изучено влияние оловосодержащей присадки к пластичным смазочным материалам на изменение микрогеометрии поверхностного слоя металлических пар в процессе трения.

С привлечением современных методов анализа металлов установлен элементный состав, строение и толщина защитных пленок на поверхностях трения металлических пар, работавших в пластичных долотных смазочных материалах отечественного и зарубежного производства.

Практическая ценность. Предложена оловосодержащая присадка к пластичным смазочным материалам, обеспечивающая трибомодификацию поверхностного слоя металлических пар, работающих как в режиме трения качения ,так и скольжения.

Показано, что при изнашивании подвижных сопряжений в пластичных смазочных материалах с металлосодержащей присадкой на поверхностях трения металлических пар формируется оловосодержащая защитная пленка, способствующая улучшению качества поверхностного слоя и повышению износостойкости трибосопряжений.

Разработаны практические рекомендации по составу оловосодержащей смазочной композиции, а также оптимальным эксплуатационным режимам, обеспечивающих трибомодификацию поверхностей трения металлических пар как в режиме трения качения, так и скольжения.

Проведены стендовые испытания работоспособности герметизированных опор долот в пластичных смазочных материалах, которые подтвердили результаты лабораторных исследований.

Апробация работы. Основные результаты научно-исследовательской работы представлены и обсуждены на:

- 53 ей Межвузовской студенческой конференции "Нефть и газ - 99", РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 1999;

- 3ей Всероссийской конференции "Новые технологии в газовой промышленности" РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 1999;

- 54ой Межвузовской студенческой конференции, РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2000;

- на Международной конференции "Энергодиагностика и Condition monitoring", Нижний Новгород, 2000;

- заседании кафедры "Износостойкость машин и оборудования и технология конструкционных материалов, 2000.

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 5 печатных работ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы-107 наименований и приложения. Общий объем диссертации составляет 194 страниц, в том числе 60 рисунков и 6 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Содержит общую характеристику работы, ее цель, задачи и основные положения.

В первой главе рассмотрены современные представления о влиянии смазочных материалов на контактную выносливость тел качения. Выполнен обзор опубликованных исследований условий работы опор качения бурового оборудования и инструмента и причин выхода их из строя. Особое внимание уделено техническим решениям по повышению антифрикционных и противоизносных свойств смазочных материалов, используемых в узлах трения бурового оборудования и инструмента.

Представлены данные о влиянии физико-химических свойств смазочных материалов на контактную выносливость тел качения.

Рассмотрены методы повышения износостойкости подвижных сопряжений, в том числе на основе современных достижений триботехники. В конце главы представлен анализ выполненных исследований по трибомодификации поверхностей трения подвижных сопряжений и сформулированы цель и задачи исследований.

Во второй главе обоснованы методики проведения лабораторных исследований процессов трения и изнашивания металлических пар в режиме скольжения и качения. При выполнении экспериментов были использованы пары трения изготовленные из стали ШХ-15,5СМ5ФА

различной шероховатости, гранности, волнистости, а также зарубежного производства. В качестве смазочных материалов применялись пластичные долотные смазки "Долотол А-УМ", "XG-412", "RG-502L" (США).

Оценка влияния пластичных смазочных материалов отечественного и зарубежного производства на контактную выносливость тел качения проводилась на четырехшариковой машине "Плинт", в качестве критерия противоизносных свойств долотных смазок принято количество циклов нагружений до усталостных разрушений на дорожке качения верхнего шара, которое фиксировалось автоматически.

Исследование влияния удельной нагрузки и скорости скольжения на триботехнические характеристики пары колодка-ролик в пластичных долотных смазочных материалах с различными физико-химическими свойствами проводилось на модернизированной машине трения СМЦ-2.

Изменение микрогеометрии поверхностного слоя образцов, изношенных в пластичных долотных смазках, оценивалось с использованием Тейлеронда, Цензора, а также профилографа-профилометра завода "Калибр".

Изучение поверхностей трения подвижных сопряжений, работавших в пластичных смазочных материалах отечественного и зарубежного производства, состава и характера распределения элементов в зоне трения проводилось при сканировании поверхностей в характеристических лучах на растровом электронном микроскопе JSM-U3, а также на микроанализаторе "Самевах" фирмы "Камека".

Элементный состав, строение и толщины пленок, сформировавшихся на поверхностях трения металлических пар, изношенных в пластичных долотных смазках, определяли послойно на ОЖЕ-спектрометре фирмы "Varian".



В третьей главе представлены результаты лабораторных исследований контактной выносливости тел качения в долотных пластичных смазочных материалах отечественного и зарубежного производства, а также влияния смазочных материалов на процессы трения и изнашивания пары колodka-ролик в режиме скольжения.

Выполненные эксперименты по влиянию долотных пластичных смазочных материалов на контактную выносливость тел качения из долотной стали 55СМ5ФА, показали, что пластичные смазки "ХГ-412" и "RG-502L"(США) способствуют увеличению числа циклов нагружений до усталостных разрушений поверхностного слоя тел качения по сравнению с работой узла трения в долотной смазке "Долотол А-УМ" при одинаковых условиях испытаний.

Проведены эксперименты по влиянию пластичных смазочных материалов на контактную выносливость шаров из долотной стали производства США. Исследования показали, что число циклов нагружений до усталостных разрушений поверхностного слоя шаров, изготовленных в США выше, чем шаров из долотной стали 55СМ5ФА, во всех исследованных долотных пластичных смазочных материалах.

Изучение микрогеометрии поверхностного слоя тел качения отечественного и зарубежного производства свидетельствует о том, что поверхностный слой шара из долотной стали 55СМ5ФА до работы характеризуется отклонением реальной поверхности от правильной круговой формы величиной  $R+V=0,68$  мкм, имеет среднее арифметическое отклонение неровностей профиля  $Ra=0,08$  мкм, а волнистость имеет значение  $W=0,80$  мкм. Микрогеометрия тел качения, изготовленных в США, характеризуется величинами  $R+V=0,31$  мкм,  $Ra=0,04$  мкм, а  $W=0,58$  мкм, т.е. значения гранности, шероховатости и волнистости поверхностного слоя шаров значительно ниже, чем

характеристики величин микрогеометрии тел качения отечественного производства. Выполнен комплекс физико-химических и триботехнических исследований, в результате которых разработан состав оловосодержащей присадки к пластичным смазочным материалам с целью трибомодификации поверхностей трения подвижных сопряжений, а также определена ее оптимальная концентрация в дольных смазках.

Эксперименты по влиянию оловосодержащей присадки к пластичным дольным смазочным материалам отечественного и зарубежного производства на контактную выносливость шаров из дольной стали 55СМ5ФА, а также производства США, показали, что введение в дольные смазки металлосодержащей смазочной композиции способствует повышению числа циклов нагружений до усталостных разрушений поверхностного слоя тел качения более чем в 1,5 раза по сравнению с работоспособностью узла трения качения в базовых смазочных материалах.

На рис. 1 представлены результаты исследований по изменению контактной выносливости шаров из стали ШХ-15 от величины шероховатости поверхностного слоя в пластичных смазочных материалах отечественного и зарубежного производства. Можно отметить, что величина шероховатости поверхностного слоя тел качения оказывает большое влияние на контактную выносливость образцов. Зависимость изменения контактной выносливости шаров из стали ШХ-15 от величины  $R_a$  поверхностного слоя при работе узла трения в пластичных дольных смазочных материалах можно разбить на два участка. Первый участок в диапазоне  $R_a=0,004...0,017$ мкм характеризуется резким снижением числа циклов нагружений до усталостных разрушений поверхностного слоя верхнего шара четырехшарикового узла трения. Второй участок в диапазоне значений  $R_a=0,017...0,37$ мкм также характеризуется

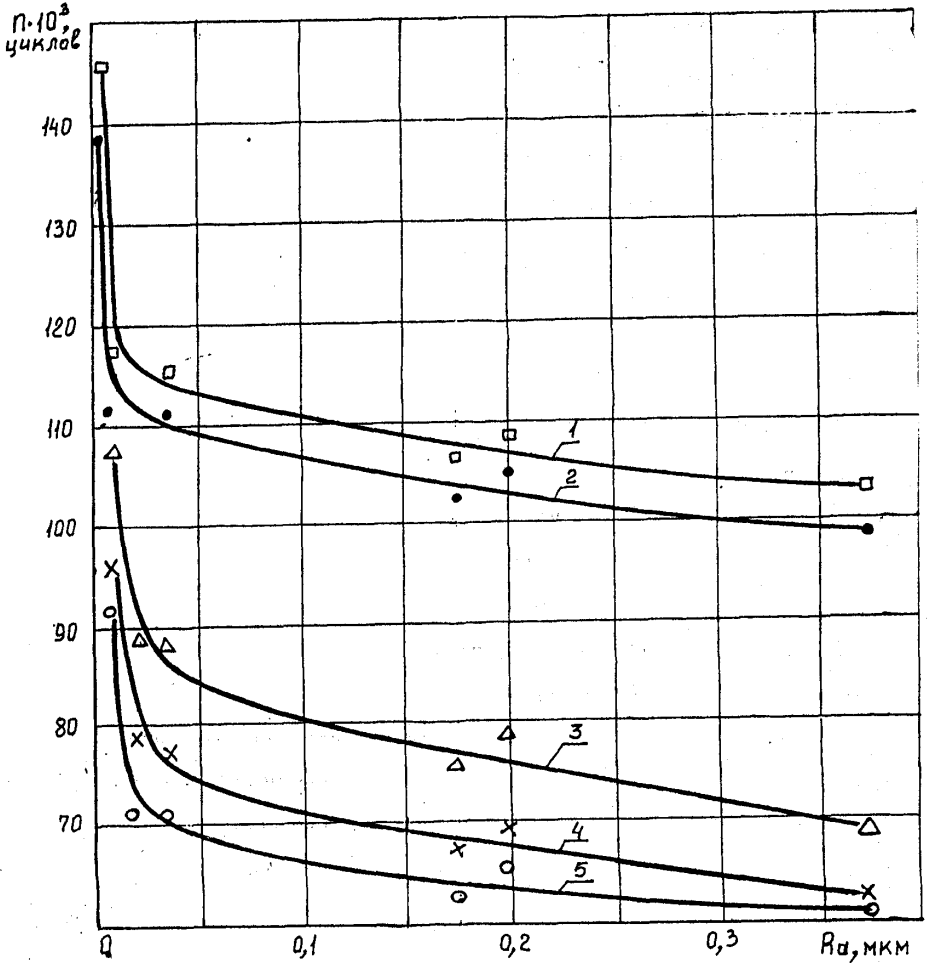


Рис. 1 Изменение контактной выносливости тел качения от шероховатости поверхностного слоя в смазочных материалах

- 1 - пластичная смазка "XG-412" (США)+10% присадки
- 2 - пластичная смазка "Долотол А-УМ"+10%присадки
- 3 - пластичная смазка "RG-502L"(США)
- 4 - пластичная смазка "XG-412"
- 5 - пластичная смазка "Долотол А-УМ"

уменьшением контактной выносливости шаров из стали ШХ-15, но с меньшей интенсивностью.

Введение в пластичные долотные смазочные материалы отечественного и зарубежного производства оловосодержащей смазочной композиции обеспечивает увеличение числа циклов нагружений до усталостных разрушений поверхностного слоя шаров в 1,5...1,6 раза по сравнению с работой четырехшарикового узла трения в базовых пластичных долотных смазках в исследованном нами диапазоне изменения шероховатости поверхностного слоя тел качения от  $Ra=0,004\text{мкм}$  до  $Ra=0,37\text{мкм}$ .

Проведены лабораторные эксперименты по влиянию волнистости поверхностного слоя тел качения на контактную выносливость образцов, которые показали, что во всех исследованных в работе пластичных долотных смазках увеличение величины волнистости поверхностного слоя шаров из стали ШХ-15 от  $0,029\text{мкм}$  до  $0,27\text{мкм}$  ведет к снижению числа циклов нагружений до усталостных разрушений поверхностного слоя тел качения. Если при величине  $W=0,029\text{мкм}$  число циклов нагружений до усталостных разрушений поверхностного слоя шаров, работавших в пластичной смазке "Долотол А-УМ" составило  $96 \times 10$  циклов, то при величине  $W=0,27\text{мкм}$  число циклов нагружений до усталостных разрушений уменьшилось в 1,6 раза. Аналогичные данные отмечаются при изнашивании тел качения в пластичных смазочных материалах зарубежного производства. Добавка оловосодержащей присадки в количестве 10% от объема смазочного материала обеспечивает повышение контактной выносливости тел качения при работе четырехшарикового узла трения в пластичных смазочных материалах отечественного и зарубежного производства в исследованном нами

диапазоне изменения волнистости поверхностного слоя шаров из стали ШХ-15  $W=0,029...0,27\text{мкм}$ .

В работе выполнены исследования по изменению контактной выносливости шаров от величины гранности поверхностного слоя тел качения. Эксперименты позволили установить, что величина гранности поверхностного слоя шаров в диапазоне значений  $P+V=0,13...0,52\text{мкм}$  оказывает существенное влияние на число циклов нагружений до усталостных разрушений тел качения при работе в пластичных долотных смазках отечественного и зарубежного производства. Зависимость изменения контактной выносливости тел качения от величины гранности поверхностного слоя шаров характеризуется двумя участками по снижению числа циклов нагружений до усталостных разрушений. Первый участок в диапазоне изменения  $P+V=0,13...0,18\text{мкм}$  характеризуется резким снижением числа циклов нагружений до усталостных разрушений поверхностного слоя шаров во всех исследованных нами пластичных смазочных материалах. На втором участке в диапазоне значений  $P+V=0,18...0,52\text{мкм}$  также имеет место снижение контактной выносливости тел качения, но с меньшей интенсивностью.

Эксперименты показали, что наличие в пластичных долотных материалах отечественного и зарубежного производства оловосодержащей смазочной композиции способствует повышению контактной выносливости тел качения в 1,5 и более раз в исследованном диапазоне изменения гранности поверхностного слоя шаров из стали ШХ-15 по сравнению с работой четырехшарикового узла трения в базовых смазочных материалах.

В работе выполнены исследования процессов трения и изнашивания пары колodka-ролик применительно к подшипнику скольжения опоры долота. Оценивалось влияние удельной нагрузки, скорости скольжения, а

также смазочных материалов на триботехнические характеристики узла трения. Эксперименты по влиянию удельной нагрузки на процессы трения и изнашивания пары колодка-ролик, изготовленных из долотной стали 55СМ5ФА, показали увеличение интенсивности изнашивания пары и коэффициента трения с повышением удельной нагрузки от 5 до 25 МПа при скорости скольжения 1м/с во всех исследованных в работе пластичных долотных смазочных материалах. Введение оловосодержащей присадки в пластичные смазочные материалы отечественного и зарубежного производства в диапазоне удельных нагрузок 5...25 МПа при изнашивании пары колодка-ролик обеспечивает снижение интенсивности изнашивания пары и коэффициента трения в 1,5...2,5 раза по сравнению с работой узла трения в базовых долотных смазках.

Зависимости коэффициента трения и интенсивности изнашивания пары колода-ролик от скорости скольжения имеют одинаковый характер при работе узла трения в пластичных смазочных материалах с различными физико-химическими свойствами. Эксперименты позволили выявить три характерные зоны, определяемые физико-химическими процессами на контакте. В первой зоне с увеличением скорости скольжения от 0,5 до 1,5 м/с при удельной нагрузке 10 МПа на пути трения 2000 м имеет место снижение величины коэффициента трения и интенсивности изнашивания пары колодка-ролик во всех исследованных нами пластичных долотных смазочных материалах. Вторая зона в диапазоне скоростей скольжения 1,5...2,5 м/с характеризуется наименьшими значениями триботехнических характеристик узла трения. Дальнейшее увеличение скорости скольжения при изнашивании пары колодка-ролик в долотных смазках отечественного и зарубежного производства ведет к увеличению величины коэффициента трения и интенсивности изнашивания. Необходимо отметить, что при наличии в пластичных долотных смазочных материалах оловосодержащей

присадки при изнашивании пары колodka-ролик в диапазоне скоростей скольжения 0,5...3 м/с эти зоны менее выражены по сравнению с работой узла трения в базовых пластичных смазочных материалах. Лабораторные исследования процессов трения и изнашивания металлических пар показали, что добавка оловосодержащей присадки в пластичные долотные смазочные материалы способствует повышению износостойкости подвижных сопряжений, снижению коэффициента трения, а также обеспечивает расширение диапазона удельных нагрузок и скоростей скольжения, при которых узел трения работает в нормальном режиме.

В четвертой главе обобщены результаты исследований изменений физико-механических свойств поверхностных слоев подвижных сопряжений, проведенных с привлечением современных методов анализа металлов с целью выяснения механизма образования металлосодержащих защитных пленок при изнашивании металлических пар в пластичных долотных смазочных материалах.

Оценка влияния пластичных долотных смазок на формирование микрогеометрии поверхностного слоя пары колodka-ролик свидетельствует о том, что в результате трибомодификации поверхностей трения за счет введения оловосодержащей смазочной композиции, обеспечивается значительное улучшение качества поверхностного слоя образцов как по сравнению с исходной шероховатостью, так и с микрогеометрией зоны трения подвижных сопряжений, работавших в базовых пластичных смазочных материалах отечественного и зарубежного производства. Повышение качества поверхностного слоя подвижных сопряжений при изнашивании в оловосодержащих пластичных долотных смазках отмечается не только в режиме трения скольжения, но и качения (таблица 1). В результате трибомодификации зоны трения подвижных сопряжений происходит снижение удельных контактных напряжений, и

Таблица 1

Влияние пластичных смазочных материалов на изменение микрогеометрии шаров из стали 55 СМ5 ФА

№№ пп	Смазочный материал	Характеристики поверхностного слоя шаров, мкм		
		Шероховатость, Ra	Волнистость, W	Гранность, P+V
1.	До работы	0,080	0,80	0,68
2.	“Долотол А-УМ”	0,058	0,55	0,50
3.	“ХГ-412” (США)	0,051	0,49	0,42
4.	“Долотол А-УМ” с оловосодержащей присадкой	0,037	0,37	0,35
5.	“ХГ-412” с оловосодержащей присадкой	0,034	0,30	0,30

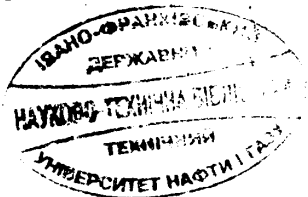


как следствие - повышение износостойкости и уменьшение величины коэффициента трения.

Рентгеноспектральные исследования поверхностного слоя металлических пар, работавших в пластичной долотной смазке "Долотол-А-УМ" позволили установить, что в состав защитной пленки входит кальций и сера, которые равномерно распределены в зоне трения подвижных сопряжений. Изучение поверхностного слоя стальных образцов, изношенных в пластичной долотной смазке "Долотол А-УМ" с оловосодержащей присадкой свидетельствует о том, что наряду с кальцием и серой в состав сформировавшейся в процессе трения защитной пленки входит олово, концентрационное содержание которого порядка 4%.

Послойный Оже-спектральный анализ зоны трения пары колодка-ролик, изношенных в пластичной долотной смазке "Долотол А-УМ" показал, что в процессе взаимодействия триады трения на контактирующих поверхностях стальных образцов сформировалась защитная пленка толщиной 0,12...0,17 мкм, в состав которой входит углерод, кислород, кальций, сера, хлор.

При изнашивании металлических пар в пластичной долотной смазке "ХГ-412" (США) толщина защитной пленки на поверхностях трения колодки и ролика имеет величину порядка 0,15 мкм. Как показали послойные Оже-спектральные исследования в зоне трения колодки и ролика имеются углерод, кислород, кальций, сера, хлор. Введение в долотную пластичную смазку "Долотол А-УМ" 10% разработанной оловосодержащей смазочной композиции способствует трибомодификации поверхностей трения пары колодка-ролик и



образованию оловосодержащей антифрикционной и противоизносной пленки, толщиной 0,25...0,30 мкм.

На основании анализа полученных результатов предложен механизм формирования оловосодержащей пленки при изнашивании подвижных сопряжений в пластичных долотных смазочных материалах.

Пятая глава посвящена разработке практических рекомендаций по повышению износостойкости подвижных сопряжений трибомодификацией поверхностей трения, стендовым испытаниям работоспособности герметизированных опор долот.

Сформулированы требования к смазочным материалам, необходимые для трибомодификации поверхностного слоя пар трения скольжения и качения.

Представлены рекомендации по удельным нагрузкам, скоростям скольжения, оптимальной концентрации оловосодержащей композиции в пластичных долотных смазочных материалах, способствующие повышению срока службы и снижению потерь на трение в подвижных сопряжениях.

По методике ASTM 2596 на фирме "Security DBS" (Даллас, штат Техас) проведены эксперименты по оценке противоизносных свойств оловосодержащей присадки к долотной пластичной смазке производства США. Исследования показали, что в диапазоне удельных нагрузок 1600...4000 Н на шпиндель машины отмечается снижение износа стальных образцов на 18...47% по сравнению с работой узла трения в базовом смазочном материале.

Для подтверждения данных лабораторных исследований и определения эффективности разработанных практических рекомендаций на стенде и по методике "ОАО Волгобурмаш" проведены стендовые испытания работоспособности герметизированных опор долот 215,9 ТЗ-

ГАУ-R40М в долотных пластичных смазочных материалах. В процессе проведения стендовых испытаний установлено, что трибомодификация подвижных сопряжений опоры долота введением в пластичную долотную смазку разработанной оловосодержащей композиции, обеспечивает повышение износостойкости опоры долота на 31% по сравнению с ее работоспособностью в базовой долотной смазке "Долотол А-УМ".

## ВЫВОДЫ:

1. Выполнены исследования по влиянию долотных пластичных смазочных материалов на контактную выносливость тел качения отечественного и зарубежного производства, которые показали, что наличие в смазочных материалах оловосодержащей присадки обеспечивает повышение износостойкости подвижных сопряжений на 50...80%.

2. Проведены эксперименты по влиянию шероховатости, гранности и волнистости поверхностного слоя тел качения на работоспособность узла трения. Установлено, что трибомодификация поверхностного слоя тел качения в оловосодержащих пластичных долотных смазочных материалах ведет к повышению числа циклов нагружений до усталостных разрушений в 1,4...1,6 раза во всех исследованных диапазонах изменения величин микрогеометрии поверхностного слоя тел качения.

3. Исследования по влиянию удельной нагрузки и скорости скольжения на триботехнические характеристики пары колodka-ролик свидетельствуют о том, что введение в пластичные долотные смазочные материалы оловосодержащей композиции способствует снижению коэффициента трения и интенсивности изнашивания подвижных сопряжений в 1,5...1,7 раза по сравнению с работой узла трения в базовых смазочных материалах в диапазоне изменения удельных нагрузок 5...25 МПа и скоростей скольжения 0,5...3 м/с.

4. Установлено, что при изнашивании подвижных сопряжений в оловосодержащих долотных пластичных смазочных материалах отмечается снижение величин шероховатости, волнистости и гранности поверхностного слоя в 1,4...1,5 раза при качении и шероховатости зоны

трения пары колодка-ролик в 1,5....1,8 раза по сравнению с параметрами микрогеометрии образцов, работавших в базовых смазочных материалах.

5. С привлечением современных методов анализа металлов установлен состав и количественное содержание элементов в защитных пленках, сформировавшихся на поверхностях трения подвижных сопряжений, работавших в пластичных долотных смазках отечественного и зарубежного производства.

6. Показано, что при изнашивании металлических пар в долотных пластичных смазочных материалах толщина защитных пленок на поверхностях трения имеет величину порядка 0,12...0,17 мкм. Трибомодификация поверхностного слоя подвижных сопряжений способствует образованию оловосодержащей пленки толщиной 0,25...0,30мкм.

7. Проведенные эксперименты по оценке противоизносных свойств оловосодержащей присадки к долотной пластичной смазке производства США по методике ASTM 2596 на фирме "Security DBS" показали снижение износа стальных образцов на 18....47% по сравнению с работой узла трения в базовом смазочном материале.

8. Стендовые испытания работоспособности герметизированных опор шарошечных долот 215,9ТЗ-ГАУ-R40М в долотных пластичных смазочных материалах подтвердили результаты лабораторных исследований и показали повышение износостойкости опоры долота на 31%.

Опубликованные работы по теме диссертации:

1. Палашенко Р.Ю., Истомина С.О. Влияние качества поверхностного слоя и смазочных материалов на контактную выносливость тел качения. Тезисы докладов 53-ей Межвузовской студенческой конференции, М.: РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 1999, № 5, с.14.

2. Палашенко Р.Ю. Повышение контактной выносливости тел качения трибомодификацией поверхностей трения. Тезисы докладов 3-ей Всероссийской конференции "Новые технологии в газовой промышленности", М.: 1999, с.191.

3. Палашенко Р.Ю. Изучение контактной выносливости шаров от изменения шероховатости, гранности и волнистости поверхностного слоя в пластичных смазочных материалах. Деп. в ВИНТИ, № 697-В00, 2000, С.

4. Палашенко Р.Ю., Истомина С.О. Повышение контактной выносливости тел качения трибомодификацией поверхностного слоя. Тезисы докладов 54-ой Межвузовской студенческой научной конференции, М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2000, № 5, с.14.

5. Палашенко Р.Ю. Влияние пластичных долотных смазочных материалов на контактную выносливость тел качения отечественного и зарубежного производства. Деп. в ВИНТИ, № 698-В00, 2000, С.



Заказ 879

as691

Гираж 100