

БУРОВОЕ ДОЛОТО С УЛУЧШЕННОЙ СИСТЕМОЙ СМАЗКИ

© 2011 И.Д. Ибатуллин¹, А.Н. Журавлев¹, А.Р. Галлямов¹, С.А.Белокоровкин^{1,2}

¹Самарский государственный технический университет

²ОАО «Универсальное бурение», г. Самара

Поступила в редакцию 10.11.2011

В статье представлена новая конструкция герметизированных опор скольжения трехшарошечных буровых долот с улучшенной системой смазки, обеспечивающей долговременную надежную работу трущихся поверхностей.

Ключевые слова: буровое долото, система смазки, опора скольжения

Наиболее частыми причинами отказов отечественных трехшарошечных буровых долот являются заклинивание опор скольжения, а также уменьшение скорости бурения из-за потери вооружения. К заклиниванию опор приводят: разрушение герметизирующих уплотнений; износ серебряного покрытия; ухудшение смазывающих свойств пластичных смазок. Последнее в значительной мере зависит от несовершенства системы смазки, приводящее к перегреву, преждевременному износу деталей опор и повышению вероятности схватывания трущихся поверхностей. Это побуждает долотостроителей искать пути совершенствования конструкции системы смазки [1,2].

В существующих конструкциях долот можно выделить следующие проблемы, касающиеся смазки опор.

1) Использование пластичной смазки в опорах буровых долот (Долотол, JBL-714R и др.) является недостаточно эффективным, поскольку до 30% объема смазки составляет загуститель (мыло, парафин, пигменты), которые сами по себе не обладают достаточно высокими смазочными свойствами. Загуститель предназначен для удержания в себе молекул базового масла с присадками, поэтому применение пластичной смазки не позволяет его активным компонентам свободно поступать в зону трения из резервуара, например, за счет диффузионного обмена или конвективного массопереноса. Это приводит к тому, что запас смазки в резервуаре, практически оказывается неработоспособным в течение всего

срока службы долота. Это существенно сокращает срок его службы.

2) Смазка в зоне трения не имеет возможность обновляться за счет смазки, содержащейся в резервуаре в процессе работы долота на забое, поскольку давление в опоре равно давлению снаружи долота. Поэтому даже высокое давление, действующее на долото на забое (до 200 атмосфер) не способно через мембрану подать новую порцию смазки в зону трения, поскольку это давление является гидростатическим.

3) Не предусмотрено возможности удаления отработавшего смазочного материала из системы смазки и поступления новой порции смазки из смазочного резервуара новой порцией смазки при работе долота на забое. Это приводит к тому, что высокоабразивные частицы износа и продукты разложения смазки, образовавшиеся в процессе эксплуатации долота, останутся в опоре и могут служить причиной возникновения задиров.

Известно, что опоры буровых долот работают в весьма тяжелых условиях: контактные давления 20...70 МПа, температура в опоре на забое до 150 °С и выше, граничное трение, вибрации и удары, но современные трансмиссионные смазочные масла с антизадирными присадками обеспечивают возможность надежного разделения трущихся поверхностей при контактных давлениях до 3000 МПа. Нагрев масла при трении вызовет образование конвекционного массопереноса, при котором нагретое масло будет подниматься в смазочный резервуар, а масло из смазочного резервуара будет опускаться в зону трения. Это улучшит теплоотвод в опоре и снизит вероятность образования задиров.

По результатам испытаний наиболее известных марок пластичных смазок, рекомендованных для применения в тяжело нагруженных опорах, включая смазки фирм Томфлон, JBL, Geoterm, Veghem, Klueber и др. (рис. 1) установлено, что применяемая в настоящее время смазка JBL-714R является одной из наиболее лучших по всем триботехническим показателям, однако наиболее высокие результаты по противозносным свойствам по отношению к се-

Ибатуллин Ильдар Дугласович, доктор технических наук, доцент кафедры нанотехнологии в машиностроении. E-mail: tribo@rambler.ru

Журавлев Андрей Николаевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры технологии твердых химических веществ. E-mail: ttxb@samgtu.ru

Галлямов Альберт Рафисович, аспирант, инженер кафедры технологии твердых химических веществ E-mail: ttxb@samgtu.ru

Белокоровкин Сергей Александрович, аспирант кафедры нанотехнологии в машиностроении, инженер E-mail: tribo@rambler.ru

серебряному покрытию получены при использовании смазки фирмы Карл Бехем (Beghem)

марок «probe A» и «probe C». Например, испытания на изнашивание при эксплуатационной нагрузке 1500 тс показали повышение износостойкости серебряного покрытия при использовании смазки Probe C (весовой износ ~ 35...45 мг) в 1,4...1,7 раз по сравнению со штатной смазкой (весовой износ ~ 55..87 мг). Испытания данных смазок при ступенчато-возрастающей нагрузке на стенде ОАО «ВБМ» показали (рис. 2), что в рабочем диапазоне нагрузок (1500...2500 кгс) несущие способности смазок JBL, «probe A» и «probe C» имеют схожие значения, но при повышенных нагрузках штатная смазка имеет более высокий запас надежности. На рисунке 3 представлена сравнительная диаграмма по нагрузкам схватывания, полученным при лабораторных и натуральных испытаниях при трении в различных смазках. Из диаграммы видно, что результаты испытаний, полученные на различных стендах, качественно совпадают и имеют удовлетворительную численную корреляцию.

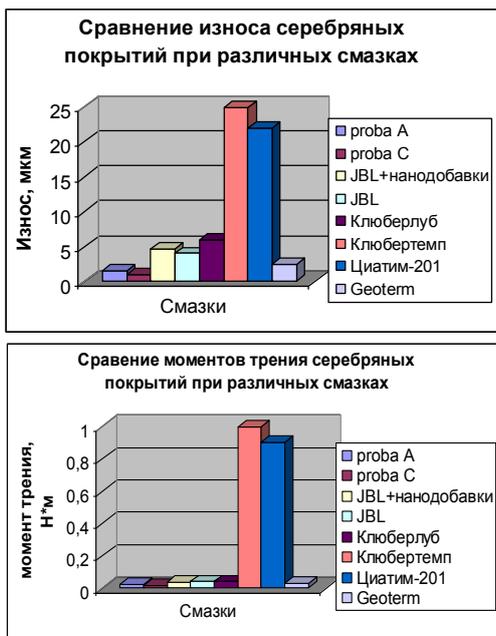


Рис. 1. Сравнительный анализ триботехнических характеристик пластичных смазок для опор буровых долот.

С целью повышения несущей способности пластичных смазок проведено исследование влияния современных противозадирных присадок на триботехнические свойства штатной и перспективных смазок. Значительное повышение несущей способности при испытаниях получено в результате введения в пластичную смазку 6% синтетического кондиционера металла второго поколения SMT-2 (рис.4).

Испытания показали, что введением присадки SMT-2 в пластичную смазку удается существенно повысить критическую нагрузку. При этом проти-

воизносные свойства смазок «probe A» и «probe C» сохраняются более высокими, по сравнению со штатной смазкой, что позволяет их рекомендовать для снаряжения опор скольжения буровых долот. Более значительный противозадирный эффект обеспечивает присадка ES-5. При его применении критическая нагрузка возрастает до 30%, а износ серебряных покрытий уменьшается в 2 раза.

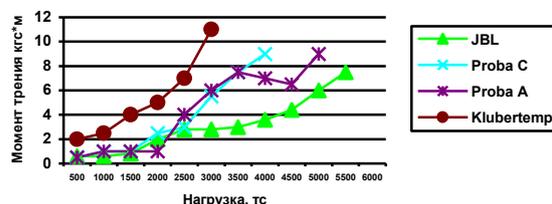


Рис. 2. Натурные испытания плавающих шайб на стенде ОАО «ВБМ».

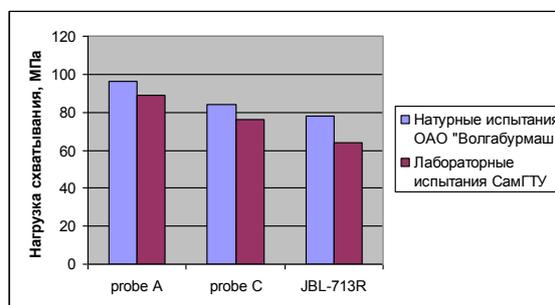


Рис. 3. Сравнительный анализ результатов лабораторных и натуральных испытаний долотных смазок.

Для обеспечения циркуляции смазочного материала в опоре разработана система смазки бурового шарошечного долота с герметизированными опорами, включающая узел компенсации смазки в опоре и систему каналов и полостей, соединяющих узел компенсации смазки с зонами трения в опоре.

Узел компенсации смазки (рис. 5) включает стальной стакан 1 и связанную с ним эластичную диафрагму 2, заполненные смазочным материалом. Система каналов и полостей включает: полость масляного резервуара 3, в которой установлен узел компенсации смазки; длинный смазочный канал 4, соединяющий полость масляного резервуара 3 с верхней полостью 5 в замковом пальце 6; короткий канал 7, соединяющий верхнюю полость 5 в замковом пальце с полостью 8 опоры, расположенной между поверхностями шарошки 9 и цапфы лапы 10, охватывающей все зоны трения в опоре; канал по оси цапфы 11 связывающий полость 8 опоры через впускной клапан 12, расположенный вблизи упорного торца цапфы, с нижней полостью 13 замкового пальца 6, внутри которого расположены постоянный магнит 14 и выпускной клапан 15, расположенный вблизи спинки лапы. Причем нижняя полость 13 и верхняя полость 5 замкового пальца 6 не сообщают-

ся друг с другом. В полости масляного резервуара установлена крышка 16, закрепленная с помощью разжимного стопорного кольца 17 и герметизиру-

щего эластичного уплотнения 18. В отверстие крышки установлена резьбовая пробка 19.

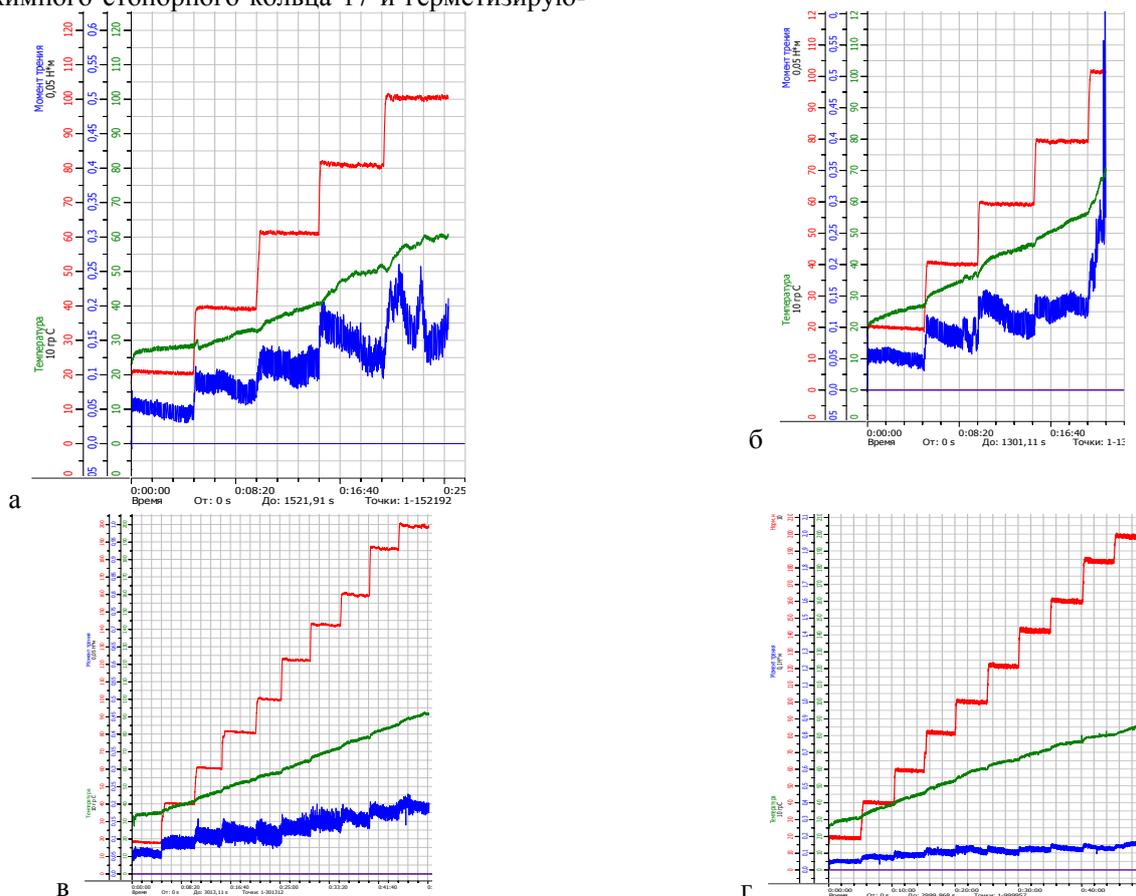


Рис. 4. Результаты оценки несущей способности пластичных смазок: а – probe A; б – JBL; в - probe A с присадкой SMT-2; г - JBL с присадкой SMT-2.

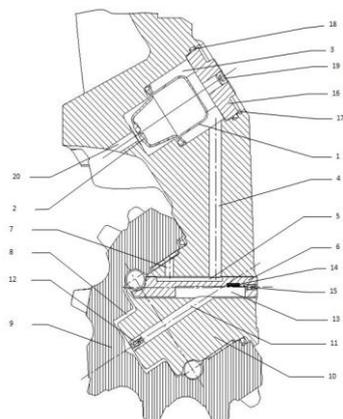


Рис. 5. Усовершенствованная система смазки герметизированной опоры.

Снизу масляный резервуар снабжен отверстием 20 со стороны затрубного пространства. Стакан 1 имеет отверстие для возможности выхода смазочного материала из стакана под внешним давлением, действующим на эластичную диафрагму, в полость масляного резервуара

Эта область представляет собой две плоские поверхности, образованные посеребренной упорной шайбой и тоцевой поверхностью цапфы, прижатые друг к другу усилием в десятки тысяч Ньютон. Для возможности перемещения смазки через данный участок необходимо на поверхности шайбы создать винтовую смазочную канавку. Причем направление витка должно обеспечивать «нагнетание» смазки при вращении шарошки в область вершины цапфы. При наличии в конструкции долота колпачка, такую же канавку необходимо сделать и на его поверхности. Поперечное сечение и длина канавки выбирается из условия возможности прокачивания смазки по ее полости в течение всего срока службы долота с учетом возможного износа плавающих элементов. При эксплуатации долота на пути перемещения смазки наиболее труднопроходимым участком является область, занимаемая упорным подшипником. Перед началом эксплуатации долота смазочный материал заполняет полость масляного резервуара 3, длинный канал 4, верхнюю полость 5 замкового пальца 6, короткий канал 7, полость опоры 8. Канал по оси цапфы 11 и нижняя полость 13 замкового пальца 6 заполнены воздухом при атмосферном давлении, поскольку впускной клапан 12 не позволяет проникнуть туда смазочному материалу при штатной вакуумной закачке смазочного материала.

При этом в качестве смазочного материала закачивают смазочное масло с антизадирными присадками. Смазочное масло имеет достаточно высокую вязкость, чтобы обеспечивать возможность его перемещения в системе смазки, и достаточно малую вязкость, чтобы предотвратить его самопроизвольное просачивание через герметизирующие уплотнения.

Во время работы долота снаружи на эластичную диафрагму 2 через канал 20 действует давление, превышающее атмосферное давление внутри канала по оси цапфы 11 и нижней полости 13 замкового пальца 6. Данное избыточное давление открывает впускной клапан 12, в результате чего отработавшая смазка из полости опоры 8 начинает поступать в канал по оси цапфы 11 и далее в нижнюю полость 13 замкового пальца 6. При этом в полость опоры 8 начинает поступать новая порция смазочного материала из полости 3 масляного резервуара. Отработавший смазочный материал, содержащий продукты износа за счет центробежных сил, создаваемых вращением долота перемещается из канала по оси цапфы 11 в нижнюю полость 13, накапливаясь вблизи выпускного клапана 15. В процессе перемещения отработавшего смазочного материала от впускного клапана 12 к выпускному клапану 15 он проходит через постоянный магнит 14, на котором осаждаются продукты износа, что устраняет возможность заклинивания выпускного клапана 15. При заполнении канала по оси цапфы 11 и нижней полости 13 замкового пальца 6 происходит сжатие содержащегося в них воздуха с повышением его давления до 2. В процессе бурения скважины происходит постоянный рост давления в затрубном пространстве за счет 3. опускания долота вниз и, соответственно увеличения высоты столба бурового раствора в затрубном пространстве. Это поддерживает постоянную циркуляцию смазочного материала в полости опоры 8.

Кроме того, при поднятии долота, а также вследствие пульсации давления в затрубном пространстве возможно длительное или кратковременное превышение давления воздуха в канале по оси цапфы 11 и нижней полости 13 замкового пальца 6 величины давления в затрубном пространстве. При этом произойдет открытие выпускного клапана 15 с выбросом отработавшего смазочного материала из системы смазки наружу.

Заключение

1. Обоснована целесообразность применения в качестве материала для смазки опор скольжения герметизированных буровых долот смазочных масел с антизадирными присадками.

2. Разработана конструкция системы смазки опор буровых долот, обеспечивающая при работе долота поступление в зону трения смазочного материала из резервуара и удаление отработавшего масла из системы смазки долота.

3. Обоснована необходимость создания винтовых смазочных канавок на поверхностях трения упорной шайбы и колпачка. Геометрия витков должна обеспечивать свободное перемещение смазки внутрь шарошки в течение всего срока службы эксплуатации долота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Патент РФ № 2389859. Буровое долото с герметизированной опорой/ Богомолов Р.М., Мокроусов В.П., Ищук А.Г., Гавриленко М.В., Крылов С.М. Оpubл. 20.05.2010, бюлл. №14.

Патент РФ № 2363830. Каналы для гидродинамической подачи смазки для бурового долота с конической шарошкой / Дик Аарон Дж., Линь Чи Ц. Оpubл. 10.08.2009, бюлл. №22.

Отдельные материалы статьи выполнены в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы

CHISEL WITH THE IMPROVED SYSTEM OF GREASING

© 2011 I.D. Ibatullin¹, A.N. Zhuravlyov¹, A.R. Gallyamov¹, A.S. Belokorovkin²

¹ Samara State Technical University

² JSC «Universal Drilling», Samara

In article the new design of sliding bearings of chisels with the improved system of the greasing providing long-term reliable work of friction surfaces is presented.

Key words: chisel, greasing system, sliding bearings

Ibatullin Ildar Duglasovich, Dr.Sci.Tech., senior lecturer of chair «Nanotechnologies in mechanical engineering», faculty MiAT, E-mail: tribo@rambler.ru;

Zhuravlyov Andrey Nikolaevich, Cand.Tech.Sci., Senior scientific employee of chair of technology of firm chemical substances Galljamov Albert Rafisovich, the post-graduate student of chair «Nanotechnologies in mechanical engineering», faculty MiAT, E-mail: ttxb@samgtu.ru

Belokorovkin Sergey Aleksandrovich, post-graduate student of chair nanotechnologies in mechanical engineering, the engineer