

УДК 622.24.051.55

АНАЛИЗ СИСТЕМ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

ANALYSIS OF CONE BITS SEALING SYSTEM

Н. Н. Закиров, Э. А. Давлетшин

N. N. Zakirov, E. A. Davletshin

Тюменский государственный нефтегазовый университет, ООО «Рекомгео»

*Ключевые слова: шарошечные долота; опора долота; износ; долговечность;
система герметизации*

Key words: cone bits; bit bearing; wear; durability; sealing system

Надежность шарошечных долот имеет большое значение при бурении глубоких скважин. Недостаточный ресурс работы долота приводит к частой замене ин-

струмента, значительным затратам на спускоподъемные операции. В целом надежность шарошечных долот характеризуется безотказностью и долговечностью отдельных узлов и вооружения шарошек. Опыт эксплуатации шарошечных долот показал, что ресурс работы долот определяется конструкторскими особенностями и износостойкостью опорных элементов, вооружения, промывочных устройств, а также надежностью применяемых систем герметизации.

Отечественный и зарубежный опыт эксплуатации шарошечных долот с открытой опорой показывает, что такие долота имеют ограниченное применение. Это связано, прежде всего, с недостаточно глубокой очисткой буровых растворов от абразивных частиц. Более широкое использование полимерных растворов может существенно раздвинуть границы практического использования долот с открытой опорой [1], однако на практике использование таких растворов пока ограничено.

Проблема надежной герметизации опор долота пока не решена. Опыт машиностроения далеко не всегда можно использовать в силу ограниченных размеров, в которые конструктор должен вписать узел герметизации опоры долота. Кроме того, наличие абразива в промывочных жидкостях, высокой температуры при глубоком бурении и динамических нагрузок существенно затрудняет решение задачи по герметизации опор долота. Как известно, шарошка в процессе бурения совершает вращательное движение вокруг своей оси, подвержена перемещению в осевом и радиальном направлениях. Уплотнение должно быть не только эластичным, чтобы амортизировать все перемещения шарошки, но и достаточно износостойким.

Перечисленные факторы приводят к быстрой разгерметизации опоры шарошки и ее интенсивному износу. В этой связи предложено немало технических новаций, направленных на решение проблемы герметизации опор долота [2].

Одна из первых конструкций уплотнения зазора между лапой и шарошкой была предложена фирмой Carlock Packing [3].

Система уплотнения представляет собой кольцо, выполненное из тефлона или резины. Это кольцо имеет вогнутую внутреннюю и выпуклую наружную поверхности. Периферийная часть кольца герметизирует шарошку, а внутренний край – лапу. Для более надежной герметизации предусмотрено защитное кольцо такой же формы, как и резиновое. Защитное кольцо смонтировано так, чтобы вогнутая внутренняя поверхность его была в контакте со всей выпуклой наружной поверхностью резинового кольца и защищала последнее от абразивного воздействия среды. Кольца между лапой и шарошкой удерживаются зажимным кольцом. Для более плотного скользящего контакта с вращающейся шарошкой периферийный край кольца имеет ряд радиальных шлицевых прорезей.

Однако существующие перепады давления, динамические удары различной амплитуды и частоты, возникающие во время работы долота, могут нарушить герметичность такой конструкции уплотнения опоры. Более того, под действием случайного избытка давления изнутри полости шарошки уплотнительное кольцо вместе с защитным может выдавиться наружу, что и приведет к разгерметизации.

Фирма Smith Tool Company (США) в качестве сальникового уплотнения рекомендует использовать упругий пакет, облицованный резиной, или упругий элемент, состоящий из (не менее двух) тонкостенных пружин Бельвиля [4]. Эти пружины разделяют шайбы из материала с низким коэффициентом трения. Проведенные фирмой испытания показали, что долота диаметром 214–269 мм с пакетом из таких пружин с тефлоновыми шайбами не теряли герметичность при осевой нагрузке до 770 Н, а при знакопеременном усилии уплотнение выдерживало 4 000 000 циклов, что в 4 раза больше, чем уплотнение с одной пружиной, толщиной 0,71 мм, снабженной радиальными прорезями.

Недостатком таких долот является то, что уплотнения из тонкостенных пружин Бельвиля, предотвращая попадание бурового раствора в опору долота, раскрыва-

ются при незначительных повышениях давления, связанных с температурным расширением смазочного материала.

Известна герметизированная опора долота, включающая периферийный роликовый подшипник с беговой дорожкой, образованной внутренней поверхностью шарошки и ограниченной внутренним буртом и внешним торцом, прилегающим к резинометаллической уплотнительной манжете, установленной на бурте цапфы в полости между торцами роликов и базовым торцом лапы [5].

Такое выполнение опоры позволяет уменьшить ширину бурта цапфы, на котором установлено уплотнение, и исключить раскрытие уплотнения в результате одностороннего износа цапфы. Однако накопление продуктов изнашивания опоры у периферийных торцов роликов и уплотнения не устранено и в этой опоре.

Недостатком данной герметизированной опоры шарошечного долота является накопление продуктов изнашивания всей опоры в периферийном подшипнике перед уплотнением, которое приводит к опережающему и неравномерному изнашиванию этого подшипника и уплотнения и к снижению долговечности опоры долота.

Интересное, но сложное устройство герметизации опоры, предложенное группой авторов [6], представлено на рисунке 1.

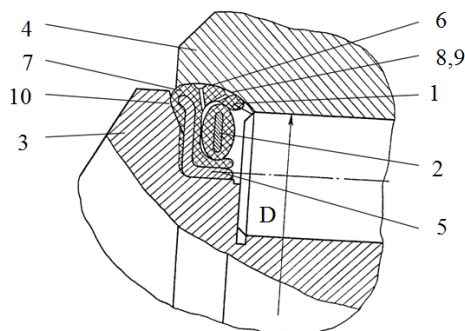


Рис. 1. Узел герметизации опоры долота

Герметизирующее устройство включает уплотнительное и распорное кольца 1 и 2, соответственно размещенные между лапой 3 и шарошкой 4. Уплотнительное кольцо 1 состоит из Z-образного металлического каркаса 5 и полимерной оболочки 6 с защитным буртом 7 и кольцевыми канавками 8 на наружной поверхности, соединенными с внутренней полостью устройства посредством радиальных отверстий 9. Распорное кольцо 2 состоит из металлического сердечника и полимерной оболочки и размещается в полости уплотнительного кольца 1.

Контактная поверхность между уплотнительным кольцом 1 и шарошкой 4 выполнена в виде сферической формы с радиусом R , равным $0,15\text{--}0,23 D$, где D — диаметр отверстия в шарошке 4 по беговой дорожке у основания цапфы. Ось центра сферической поверхности уплотнительного кольца 1 расположена относительно цапфы лапы 3 под углом $70\text{--}75^\circ$. Лапа 3 в зоне контакта с герметизирующим устройством выполнена с конусной расточкой 10 для размещения защитного бурта 7 уплотнительного кольца 1.

Устройство работает следующим образом. В процессе бурения шарошка 4 вращается на цапфе лапы 3. При этом уплотнительное кольцо 1 перекрывает зазоры между лапой 3 и шарошкой 4. Этому способствует наличие распорного кольца 2, создающего усилие предварительного распора, прижимающего уплотнительное кольцо 1 к шарошке 4 и лапе 3. Металлический каркас 5 создает необходимую жесткость всей конструкции, в том числе и для защитного бурта 7. Наличие сферической поверхности на контакте и уплотнительное кольцо 1 — шарошка 4 обеспечивает самоцентрировку герметизирующего устройства на цапфе лапы 3. Размещение

оси центра сферической поверхности уплотнительного кольца 1 под углом $70-75^\circ$ к оси цапфы упрощает монтаж уплотнительного устройства и обеспечивает свободное обкатывание шарошки 4 вокруг сферической поверхности уплотнительного кольца 1. Кольцевые канавки 8 и радиальные отверстия 9 служат для подачи смазки в зону трения.

Использование предлагаемого герметизирующего устройства позволит повысить стойкость опорного узла шарошечных долот за счет повышения надежности герметизации, однако применение данного устройства герметизации возможно только для долот большого диаметра.

Сотрудники Уфимского государственного нефтяного университета предложили (рис. 2) оригинальное тарельчатое уплотнение [7].

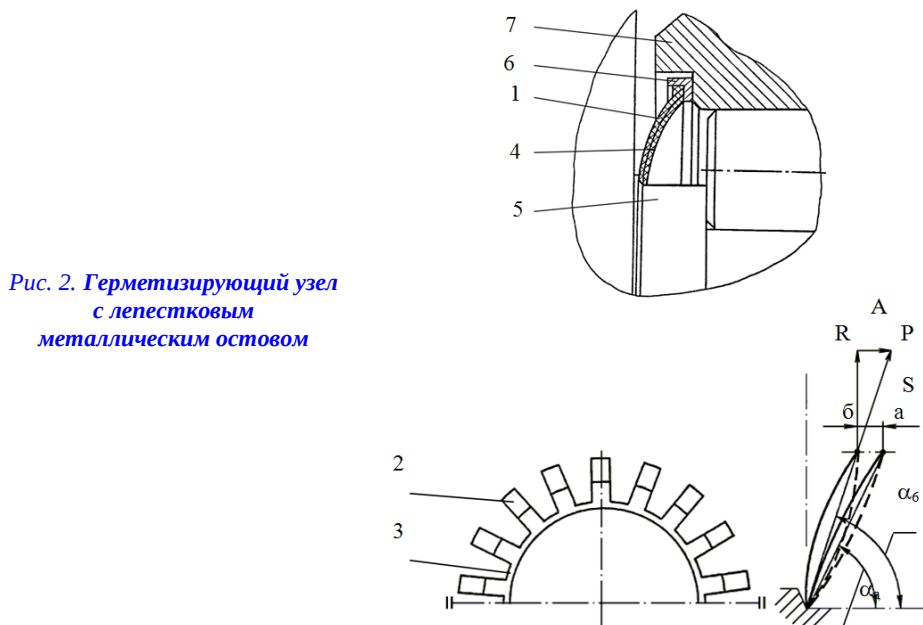


Рис. 2. Герметизирующий узел с лепестковым металлическим остовом

Герметизирующий узел опоры шарошки состоит из металлического кольцевого остова 1, выполненного в виде расположенных вдоль его образующей лепестков 2, соединенных по меньшему диаметру перемычками 3 и облицованных эластичным материалом, например резиной 4. Герметизирующий узел установлен с возможностью взаимодействия по меньшему диаметру с основанием цапфы 5, а по большему через прикрепленное к лепесткам 2 жесткое кольцо 6 с торцом шарошки 7. Остов 1 узла изготовлен из пружинной листовой стали, а жесткое кольцо 6 – из износостойкого материала. В ненагруженном состоянии лепестки слегка изогнуты во внешнюю сторону (сплошная линия) или внутрь (пунктирная линия).

При сборке герметизирующего узла и его монтаже на цапфе каждый лепесток 2 остова 1 должен опираться непосредственно своими концами в галтели на цапфе 5 и жестком кольце 6 с возможностью поворота этих концов в точках контакта, а сами лепестки устанавливаются таким образом, чтобы прямая, соединяющая концы каждого из них, составляла с осью цапфы угол меньше 90° .

При сборке секции долота шарошка 7 смещает жесткое кольцо 6 и верхний конец лепестка 2 из первоначального положения в точке *a* до положения в точке *b* на расстояние осевого натяга *S*. В результате шарнирно установленный лепесток упруго прогибается наружу или внутрь, при этом возникает продольная изгибающая сила *P*, определяющая с учетом угла α величины осевой *A* и радиальной *R* сил. Радиальная сила *R* является распорной для жесткого кольца 6.

Направление прогиба лепестков существенно влияет на работу герметизирующего узла. При внешнем прогибе увеличиваются осевые размеры узла и улучшаются условия компенсации изменения объема опорной полости шарошки, что важно для высокооборотного бурения. При низкооборотном бурении скорость перемещения шарошки по оси цапфы на порядок меньше, необходимость компенсации объема не столь остра, возможно использование внутреннего прогиба лепестков. Роль дополнительных компенсаторов объема в обоих случаях играют упругие резиновые перемычки — мембраны в промежутках между лепестками.

Особенностью работы герметизирующего узла является увеличение угла α с ростом осевого натяга. В результате одновременно с ростом продольной силы P уменьшается осевая сила A , и упругая характеристика узла становится пологой.

Выполнение упругого элемента узла в виде системы работающих на продольный изгиб лепестков, несмотря на повышенные требования к точности изготовления сопрягаемых элементов узла, дает ряд технических преимуществ. Конструкция упругого элемента позволяет легко обеспечить требуемую жесткость узла изменением числа лепестков и размеров их сечения, а также выбором величины начального угла α . За счет особенности разложения сил и изменения угла α можно получить близкую к требуемой упругую характеристику. При внешнем прогибе лепестков имеется возможность обеспечить полную компенсацию объема внутренней, заполненной смазкой, полости шарошки.

Однако данная система герметизации долота имеет недостаток, заключающийся в наличии дополнительной пары трения, образованной опорным жестким кольцом. Такое конструктивное решение обеспечивает только один уровень герметизации опоры долота и приводит к более интенсивному износу тарельчатого уплотнения, особенно в условиях высокооборотного бурения.

Известны буровые шарошечные долота, полость шарошки которых герметизирована тарельчатым уплотнением, контактирующим с металлическим кольцом, выполняющим роль сепаратора роликового подшипника. При этом контактирующие поверхности сепаратора и шарошки герметизированы дополнительным эластическим кольцом [8]. Недостатком этой конструкции системы герметизации опоры долота является наличие двух дополнительных пар трения кольцевого сепаратора. Несмотря на снижение скорости скольжения вдвое, наличие двух дополнительных пар трения снижает надежность конструкции опоры долота.

Известно также уплотнение опоры шарошечного долота, включающее жесткое кольцо, размещенное между телами качения периферийного подшипника и торцом лапы с охватом бурта цапфы и контактом с телами качения, эластичные кольцевые элементы, установленные с поджатием посредством жесткого кольца в шарошке и к торцу лапы [9].

Недостатком уплотнения является ненадежная работа уплотнения при значительных осевых перемещениях шарошки.

В Тюменском государственном нефтегазовом университете была предложена двухуровневая система герметизации опоры долота, предназначенная для предотвращения вытеснения смазки и попадания в герметичный объем абразивных частиц и промывочной жидкости [10].

Проведенные исследования показали, что неотъемлемой частью повышения долговечности работы буровых долот является надежная система герметизации опоры долота. Наличие абразива в промывочных жидкостях, высокая температура при глубоком бурении и динамические нагрузки существенно затрудняют решение задачи по эффективной герметизации опор долота. Кроме того, перечисленные факторы приводят к быстрой разгерметизации опоры долота и ее износу.

Таким образом, решение проблемы повышения надежности и долговечности системы герметизации опорных элементов буровых шарошечных долот является актуальной задачей и имеет большую практическую значимость.

Список литературы

1. Шарипов А. У. Проектирование и регулирование основных показателей бурения глубоких скважин. – М.: ВИНТИ, 1995.
2. Жидовцев Н. А. Герметизация опор шарошечных долот / Н. А. Жидовцев, Я. Н. Драгомирецкий // Обзорная инф. ВНИИОЭНГ. Сер. Машины и нефтяное оборудование. – 1980. – Вып. 2. – 43 с.
3. Пат. США 2797067, кл. 308 - 8.2. опубл. 1957.
4. Пат. США 3381968, кл. 277 - 95. опубл. 1968.
5. Пат. США 2797067, Кл. 175-227, опубл. 1957
6. А.с. 916737 СССР, МКИ³ Е 21 В 10/22; F 16 I 15/40. Герметизирующее устройство опоры шарошечного долота / М. А. Амдур, Р. Н. Подшивалов, Н. А. Жидовцев, Н. П. Пороунов, Б. П. Филатов, И. Я. Дайбов (СССР). – № 2977649/22-03; Заявлено 26.08.80; Опубл. 30.03.82, Бюл. № 12.
7. А.с. 994674 СССР, МКИ³ Е 21 В 10/22. Герметизирующий узел опоры шарошки / Е. А. Митюрёв, В. П. Жулаев (СССР). – № 3294252/22-03; Заявлено 27.05.81; Опубл. 07.02.83, Бюл. № 5
8. А.с. СССР № 2019669, кл. Е 21 В 10/22. Заявлено 26. 09.90.
9. А.С. СССР № 794154, кл. Е 21 В 10/22. Заявлено 08. 06.78.
10. Пат. 39159 РФ 7 Е 21 В 10/22. Герметизирующий узел опоры долота / Н.Н Закиров (Россия). – № 2004108407/22; Заявлено 22.03.2004; Опубл. 20.07.2004, Бюл. 20.

Сведения об авторах

Закиров Николай Николаевич, д. т. н., профессор кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел. 89088738598, e-mail: zakirov.nikolay @yandex.ru

Давлетишин Эрнест Аликович, инженер инклинометрических систем ООО «Рекомгео», г. Нижневартовск

Information about the authors

Zakirov N. N., Doctor of Engineering, professor of the chair «Drilling of oil and gas wells», Tyumen State Oil and Gas University, phone: 89088738598, e-mail: zakirov.Nikolay @yandex.ru

Davletshin E. A., engineer for directional survey systems, LLC «Recomgeo», Nizhnevartovsk