

АНАЛИЗ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ИЗНОСА СНАРЯДА ПРИ ШАРОСТРУЙНОМ БУРЕНИИ

Кушнер Л.Е., Исаев Е.А.

Научный руководитель – аспирант Е.А. Исаев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В эксплуатационном и разведочном бурении на нефть и газ важнейшим показателем является износостойкость элементов бурового оборудования. При повышенном износе увеличиваются риски аварий и осложнений, которые, в свою очередь, влекут за собой экономические и экологические проблемы. В связи с этим всё буровое оборудование должно удовлетворять определённым критериям износостойкости.

Шароструйный способ бурения подразумевает использование энергии большого количества шаров, многократно соударяющихся с забоем с большой скоростью. Шары приводятся в движение специальным снарядом (аппаратом) [4]. Шароструйное бурение не подразумевает непосредственного контакта снаряда с забоем и его абразивного износа, но тем не менее, шары могут ударяться о поверхность конструкции. В отличие от традиционных способов бурения, шароструйный, с точки зрения износостойкости, изучен хуже.

Работами по исследованию износостойкости ШЭБС занимался Алиев Ф.Р. [2]. Данные работы были основаны исходя теоретических и модельных соображений.

Целью работы является анализ износостойкости вооружения снаряда при шароструйном способе бурения исходя из практического опыта, полученного на лабораторном стенде. Для выполнения данной цели необходимо:

- рассмотреть, какие части снаряда наиболее подвержены износу;
- рассмотреть характер износа на отдельно взятых частях снаряда;
- определить причины износа;
- предложить способы, повышающие износостойкость.

Выделим основные части узлы шароструйно-эжекторного бурового снаряда, наиболее подверженные износу (рис. 1): сопло, технологические окна, задерживающее устройство, камера смешения, диффузор и шары. Рассмотрим каждый из этих узлов более подробно.

За прошедший год на лабораторном стенде Томского политехнического университета было произведено большое количество исследовательских опытов. Бурение осуществлялось при помощи снаряда диаметром 16мм. Исследования проводились на образцах мрамора и керамической плитки.

Для осуществления бурения с помощью шароструйного способа, требуется металлические шары, которые, циркулируя в скважине замкнуто, осуществляют разрушение горной породы [4]. Шары подвержены износу в процессе бурения, но так как для проведения экспериментов использовался малоабразивный материал, существенного износа шаров отмечено не было.

Сопло является важнейшей частью конструкции снаряда для шароструйного бурения. Благодаря нему происходит ускорение потока промывочной жидкости перед прохождением ее через камеру смешения. Для того, чтобы минимизировать износ сопла, необходимо предотвратить наличие абразивных частиц в промывочной жидкости. Данное условие является необходимым и достаточным для снижения износа данной части снаряда.

Далее, шары, под действием быстроистекающего потока промывочной жидкости, начинают разгоняться в камере смешения, двигаясь в направлении забоя. Наблюдая за скоростной съёмкой [1], можно заметить, что большинство шаров, порядка 80%, ударяются о внутреннюю поверхность стенок камеры смешения. Это является результатом того, что шары имеют начальную скорость, вектор которой направлен перпендикулярно к потоку из сопла. Рассматривая конкретную траекторию шара в буровом снаряде (рис. 3), заметим, что в верхней части шар ударяется под меньшим углом падения, что, как мы выяснили ранее, приводит к большему износу. Максимальное замеченное число ударов о поверхность одним шаром – 4.

Из-за большого угла падения, малой массы шара и начальной скорости, можем считать, что влияние на стенку снаряда не является значительным для его износа. Данное предположение подтверждается лабораторными исследованиями.

Наиболее интенсивному износу подвержен диффузор (рис.2, б). Это связано с тем, что шары, отскочившие от горной породы, могут иметь существенную скорость. Хоть это и происходит после соударения с забоем, не вся энергия шаров расходуется на разрушение горной породы. В зависимости от массы шара, его материала, и свойств горной породы, часть энергии преобразуется в потенциальную, которой будет обладать шар сразу после отскока.

Для продолжения срока использования снаряда для шароструйного бурения, рекомендуется диффузор сделать съёмным элементом, для осуществления возможности его замены после износа. Кроме того, рассмотреть возможность изготовления диффузора из более износостойкого материала, чем остальные элементы снаряда. Поддерживая оптимальные режимные параметры бурения, при которых большая часть энергии струи и шара тратилась бы на разрушение горной породы, мы можем минимальной скорости шара после отскока от горной породы. Это будет способствовать уменьшению износа диффузора.

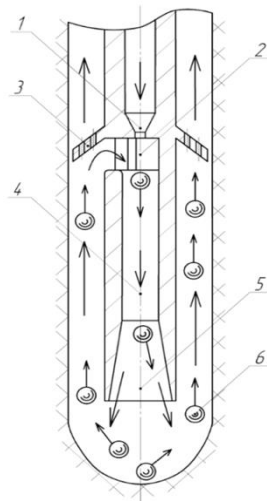
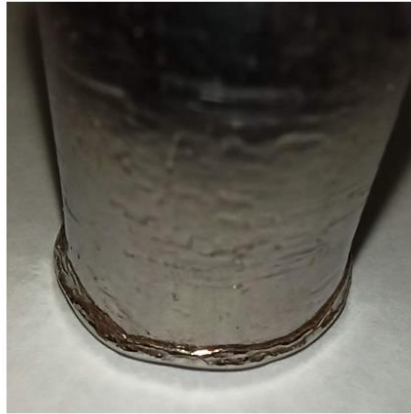


Рис. 1 Шароструйно-эжекторный буровой снаряд:

1 – сопло; 2 – технологические окна; 3 – задерживающее устройство; 4 – камера смешения; 5 – диффузор; 6 – шары



а



б



в

Рис. 2 – Износ различных элементов снаряда для шароструйного бурения: а – впускные окна, б – диффузор, в – задерживающее устройство



Рис. 2 – Изображение, иллюстрирующее траекторию движения шаров в буровом снаряде

Главная функция задерживающего устройства заключается в том, чтобы предотвращать поднятие шаров выше впускных окон. В ТПУ рассматривалось большое количество версий задерживающих устройств. Это связано прежде всего с тем, что конструкция должна предполагать, во-первых, качественную задержку шаров без заклинивания, и, во-вторых, пропускание большого количества бурового раствора или воды через отверстия. Конструкция задерживающего устройства должна предполагать в себе отверстия диаметра меньше диаметра шаров. В то же время выгодным является большая площадь для протекания бурового раствора сквозь задерживающее устройство. После проведения экспериментов наблюдаем незначительный износ за счёт предотвращения поднятия шаров и гашения их скорости с помощью данного элемента (рис.3, в). Полученные данные позволяют предположить, что в производственных условиях задерживающее устройство потерпит некоторые изменения, связанные с изменением формы для предотвращения вероятности возникновения заклинка снаряда горной породой в процессе бурения. Необходимо иметь возможность заменить данный элемент при поднятии его на устье скважины.

Технологические окна требуется делать такого размера, высота окон была достаточной для свободного прохождения шаров. Но в то же время, если данные окна будут слишком большими, коэффициент инжекции будет падать, что будет приводить к снижению скорости всасывания шаров в камеру смешения [4]. Скорость шаров во время прохождения окон существенно меньше чем при прохождении через камеру смешения, что свидетельствует о низком их влиянии на целостность конструкции

самих окон. Наблюдаем, что шары могут изнашивать перемычки между впускными окнами (рис. 2, а) Данный износ не является существенным.

В работе рассмотрены основные элементы шароструйно-эжекторного бурового снаряда и влияние на них в процессе эксплуатации. Необходимо отметить, что для повышения износостойкости необходимо поддерживать оптимальные режимные параметры бурения, подбирать оптимальные размеры элементов бурового снаряда (впускные окна, диффузор и задерживающее устройство), предотвращать наличие абразивных частиц в промывочной жидкости и иметь возможность заменять некоторые элементы (диффузор и задерживающее устройство).

Литература

1. Исаев, Е. Д. Исследование процессов шароструйного бурения с помощью высокоскоростной видеосъемки [Текст] / Е. Д. Исаев // Труды XVIII Международного симпозиума студентов и молодых учёных имени академика М. А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. – С. 401–405.
2. Ковалев Артем Владимирович, Рябчиков Сергей Яковлевич, Алиев Фарух Рамизович, Якушев Денис Андреевич, Горбенко Вячеслав Михайлович Проблемы гидродинамических способов бурения скважин и основные направления их решения // Известия ТПУ. 2015. №3.
3. Ковалев, А. В. Теоретические и экспериментальные исследования технологических процессов шароструйного бурения скважин [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Артем Владимирович Ковалев. – Томск, 2015. – 143 с.: илл. – библиогр.: с. 130-141.
4. Уваков А.Б. Шароструйное бурение. – М.: Недра, 1969. – 207 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВООРУЖЕНИЯ БУРОВЫХ ДОЛОТ ДЛЯ ИСКРИВЛЕНИЯ СКВАЖИН ОТКЛОНИТЕЛЯМИ ФРЕЗЕРУЮЩЕГО ТИПА

Лысаков Д.В.

Научный руководитель – профессор В.В. Нескоромных
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

Отклоняющие системы типа rotary steerable system (RSS) или роторные управляемые системы (РУС) в современном направленном бурении являются одним из наиболее эффективных и активно используемых средств управления кривизной скважины. Различают РУС с изменением угла наклона долота (point the bit) и отклонением долота (push the bit). Второй вид отклоняющих систем обеспечивает набор кривизны за счет формирования заданного в плоскости искривления скважины перекоса долота, при котором наличие и роль отклоняющей силы в процесс формирования кривизны минимальна в отличие от первого вида в котором набор кривизны полностью обеспечивается при помощи фрезерующего действия на горную породу боковым вооружением долота [2, 3, 4].

Интенсивность искривления, реализуемая отклонителем фрезерующего типа, определяется следующей аналитической зависимостью [5]:

$$i_{\phi} = \frac{57,3v_{\phi}}{v_{\phi}L_{ж}}, \quad (1)$$

где v_{ϕ} , v_{ϕ} – скорости фрезерования скважины под действием отклоняющей силы и скорость бурения, м/ч; $L_{ж}$ – длина жесткой базы отклонителя, м.

Из зависимости (1) видно, что интенсивность набора кривизны отклонителя прямо пропорциональна скорости фрезерования стенки скважины и обратно пропорциональна скорости бурения. Согласно существующим рекомендациям оптимальная интенсивность искривления под действием фрезерования стенки скважины лежит в диапазоне скорости бурения 0,8-1 м/ч. Превышение данных показателей неминуемо приведет к снижению интенсивности набора кривизны отклонителя, вплоть до значений близких к нулю. Таким образом, каждой интенсивности искривления соответствует определенная скорость бурения.

В то же время можно отметить существенную зависимость интенсивности набора кривизны от величины скорости фрезерования. Данный параметр зависит от особенности вооружения долот, вида горной породы и технического состояния долота.

На рис. 1 показана схема работы РУС типа Power Drive X5, Power V компании Schlumberger. Выдвижные лопатки 1, работа которых регулируется поршнями 2 при воздействии бурового раствора, направляемого клапаном 3, управляемого электронным блоком, обеспечивает взаимодействие лопатки 1 со стенкой скважины с усилием P_p . В результате силового воздействия на стенку скважины на долоте 5 возникает отклоняющее усилие $P_{от}$ и осуществляется фрезерование стенки скважины в заданном направлении искривления I. Фрезерование осуществляется боковым вооружением долота 5.

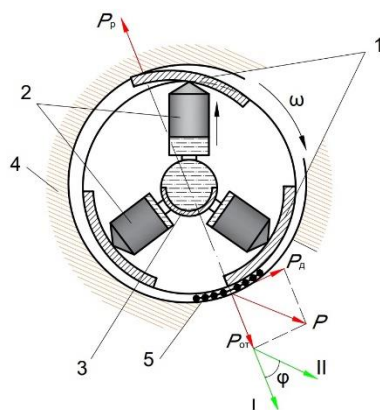


Рис. 1. Схема работы РУС типа Power Drive