

УДК 622.276.1

Развитие конструкций новых видов шарошечных долот для бурения в осложненных горно-геологических условиях

В.Д. Буткин¹, А.В. Минеев², С.И. Васильев²

¹Институт горного дела, геологии и геотехнологий Сибирского федерального университета

²Институт нефти и газа Сибирского федерального университета, пр-т Свободный, 82, Красноярск, Россия

E-mail: Mineev_BNGS.krsk@mail.ru

Статья поступила 12.03.2012, принята 20.09.2012

Проведен анализ конструкций новых видов шарошечных долот с вертикальными и субвертикальными опорами для бурения в осложненных горно-геологических условиях. Приведено сравнение показателей бурения трехшарошечными и одношарошечными долотами промышленных скважин диаметром 220 мм на известняках и доломитах перемешанные с обводненными вязкими глинами и закарстованными участками. Показано, что при бурении вязких глин и закарстованных участков одношарошечные долота превосходят трехшарошечные по механической скорости бурения в 2-2,3 раза, удельные энергозатраты снижаются в 2 – 3, отмечено, что контактирование одношарошечных долот со стенками скважины не столько производит разрыхление глины, сколько её уплотнение в стенки скважины, обеспечивая устойчивость стенок. Выявлено, что наиболее приемлемым является центральное расположение промывочного канала. Доказано преимущественное влияние осевой нагрузки на процесс разрушения горной породы на забое скважины и на такие показатели бурения как стойкость долота, механическую скорость бурения, силовой градиент и удельную энергоёмкость разрушения породы.

Ключевые слова: шарошечное долото, вертикальная опора, проходка, очистка скважины, стойкость долота, забой скважины, известняк, доломит, вязкие глины и закарстованные участки.

Development of new cone drill bits designs to drill under abnormal geological factors

V.D. Butkin¹, A.V. Mineev², S.I. Vasil'yev²

¹Institute of Mining, Geology and Geotechnology of Siberian Federal University, 79 Svobodny av., Krasnoyarsk, Russia

²Oil and Gas Institute of Siberian Federal University, 82 Svobodny av., Krasnoyarsk, Russia. E-mail: Mineev_BNGS.krsk @ mail.ru

The article received 12.03.2012, accepted 20.09.2012

The analysis of the new cone drill bits designs with vertical and subvertical supports to drill under abnormal geological factors has been conducted. The comparison of drilling indices for boreholes having a diameter of 220 mm in limestones and dolomites mixed with watered sticky clay and karst areas by three-cone and blade bits has been produced. It has been demonstrated that when drilling viscous clay and karst areas, blade bits excel three-cone ones as their mechanical drilling speed is 2-2.3 times higher, and the specific power inputs are 2 or 3 times less. It has been noted that blade bits contacting with borehole walls does not only loosen clay but it does seal the latter in the borehole walls ensuring their stability. It has been revealed that the location of a washing channel in the center is the most acceptable. It has been proved the preferential axial load effect on the rock destruction process on the bottomhole and on such drilling parameters as bit wear properties, mechanical drilling speed, power gradient and the rock destruction power intensity.

Keywords: cone drill bit, vertical support, deepening, hole cleaning, bit wear property, bottomhole, limestone, dolomite, sticky clay and karst areas.

Преимущественно применяемые для бурения технологических и взрывных скважин трехшарошечные долота обладают существенными недостатками. До 60-80 % их преждевременно выходят из строя из-за заклинивания шарошек на опоре и износа подшипников цапф. Недостаточная надежность опор объясняется консольным расположением цапф, испытывающих большие изгибающие моменты из-за нулевых окружных скоростей вершин шарошек в центре долота; недостаточной жесткостью базы опоры из-за ограниченной длины шарошек; форсированным износом маломерных козырьков лап. Наблюдается значительное

снижение скорости бурения и повышение энергоёмкости при проходке участков скважин, представленных влажными, а в ряде случаев обводненными глинами, закарстованными пачками и т. п. При большой мощности таких осложненных участков происходит налипание глины между шарошками, ограниченными лапами, закупориваются промывочные каналы. Наличие лап сужает околодолотное пространство. В результате очистка скважины затрудняется или прекращается.

В связи с вышеизложенным привлекательны одношарошечные долота, не имеющие лап, вооружение

которых непосредственно контактирует не только с дном, но и со стенками скважины.

Интересно сравнение показателей бурения трехшарошечными и одношарошечными долотами промышленных скважин диаметром 220 мм на Докучаевском месторождении, представленном известняками и доломитами (прочностью на сжатие 60-110 МПа), перемешанными обводненными вязкими глинами и закарстованными участками. Сравнивались показатели трехшарошечных долот типа ОКП и одношарошечных с углом наклона шарошки 30°, армированных твердосплавными штырями диаметром 10 мм формы Г25. Результаты испытаний даны в таблице 1 [5].

При бурении крепких пород одношарошечные долота обеспечивают увеличение скорости бурения на 13-15 % при примерно одинаковых удельных энергозатра-

тах. При бурении вязких глин и закарстованных участков одношарошечные долота превосходят трехшарошечные по механической скорости бурения в 2-2,3 раза, удельные энергозатраты снижаются в 2-3 раза. Отмечено, что контактирование вооружения одношарошечных долот со стенками скважины производит не столько разрыхление глины, сколько ее уплотнение, обеспечивая устойчивость стенок. Наиболее приемлемым оказалось центральное расположение промывочного канала.

При всех достоинствах одношарошечные долота имеют небольшой ресурс, так как единственная шарошка подвержена ускоренному износу.

В связи с этим целесообразно рассмотреть конструкции двух- и трехшарошечных долот с вертикальными и субвертикальными опорами.

Таблица 1

Показатели бурения трех- и одношарошечными долотами

Тип долота	Крепкие скальные породы		Вязкие глины и карсты	
	Механическая скорость бурения, м/ч	Удельные энергозатраты, кДж/м	Механическая скорость бурения, м/ч	Удельные энергозатраты, кДж/м
Трехшарошечные	23,4	6,5	7,8	14
Одношарошечные	27	6,6	18	4,5

К первым публикациям о долотах с вертикальными опорами шарошек относится работа П.В. Дверия [1], в которой дано описание режущего долота с цилиндрическими шарошками, оси которых параллельны оси долота (рис. 1).

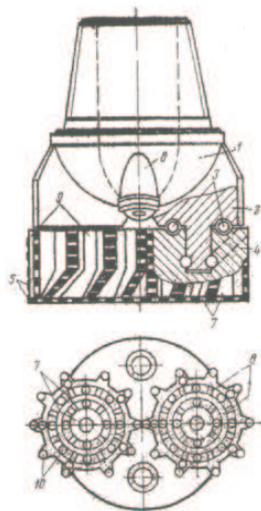


Рис. 1. Долото режущего типа с вращающимися боковыми поверхностями

В корпусе долота 1 на вертикальных цапфах 2 с помощью подшипников качения 3 установлены цилиндрические шарошки 4 с боковыми выступами, армированными резцами 5. На торцевой поверхности шарошек имеются концентрические кольцевые 7 и радиальные 8 впадины, а на их боковых поверхностях – пазы 9. Выступы 10, образованные между впадинами 7 и 8,

армированы резцами. Благодаря этому значительно возрастает эффект резания торцевыми поверхностями шарошек.

При вращении долота шарошки вращаются вокруг своих осей за счет сил реакции калибровки стенок скважины. Кроме того, они вращаются вокруг оси долота. Благодаря двойному вращению в центре долота отсутствуют нулевые скорости и происходит постоянная смена поверхностей, находящихся в контакте со стенкой скважины, что значительно снижает износ долота по диаметру.

Рассматриваемое долото имеет весьма неудачное открытое размещение опорных подшипников качения, подверженных форсированному износу и ограничивающих кольцевой зазор между корпусом и стенками скважины, что ухудшает очистку скважины.

В 1988 году Ю.Ф. Шалашов предложил шарошечное долото (ШД) с субвертикальными опорами (рис. 2). В отличие от применяемых трехшарошечных долот, цапфы которых наклонены к оси долота под большим углом (45-60 %) и обращены к центру долота, автор принял небольшой угол наклона [2]. Опоры шарошек отличаются сложностью, обусловленной технологическими целями. Узел крепления цапфы в корпусе не представляет достаточно прочным. При бурении осевое усилие передается через цапфу на корпус.

Направление вращения шарошек является обратным по отношению к направлению вращения долота. Это обеспечивает более рациональное разрушение породы каждым породоразрушающим элементом, т. е. происходит разрушение скалыванием полублокируемых частей забоя.

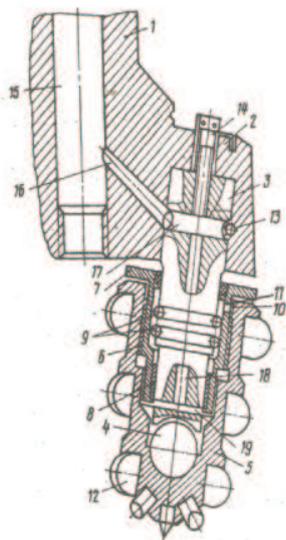


Рис. 2. Шарошечное долото с субвертикальными опорами

При этом нижний венец шарошки 5 постоянно внедряется с разрушением породы забоя, аналогично фрезерованию. Долото позволяет при изменении условий бурения применять соответствующее вооружение долота (по типоразмеру и марке).

В Красноярском институте цветных металлов разработано [3] разборное ШД с вертикальными опорами шарошек полусферической формы с нижней рассечкой (рис. 3). Для отдельных условий шарошки могут иметь форму усеченного эллиптического параболоида. Калибрующая часть ШД имеет увеличенный вылет за пределы корпуса. Вращение шарошек происходит в основном за счет сил реакции калибрования стенок скважины.

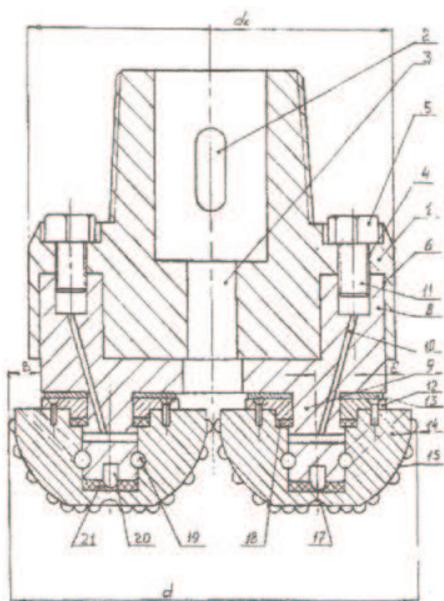


Рис. 3. Разборное шарошечное долото с вертикальными опорами

В дальнейшем было разработано [4] ШД с субвертикальными опорами и шарошками, имеющими усеченную сферическую форму на части их рабочей поверхности (рис. 4).

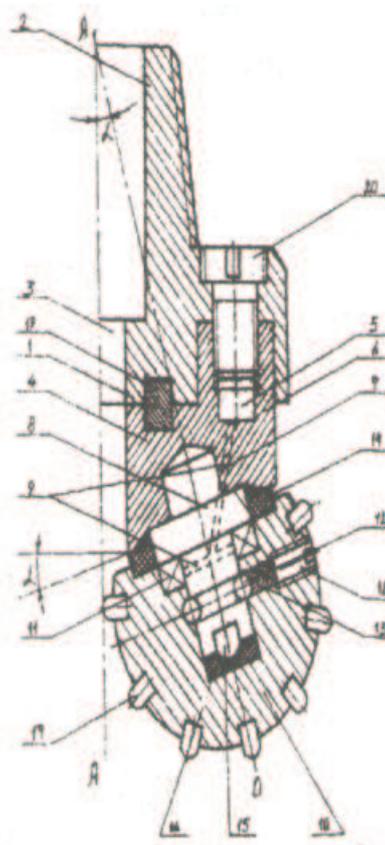


Рис. 4. Разборное трехшарошечное долото с субвертикальными опорами

Цапфы шарошек установлены под одинаковым острым углом к вертикальной оси долота в сторону стенок скважины, выбираемым в зависимости от условий бурения, при соотношении диаметра долота D и большого диаметра шарошки $d_{ш}$, в диапазоне $D/d_{ш} = 2,17-2,4$. Долото позволяет иметь увеличенный зазор между корпусом и калибрующей поверхностью шарошек, обеспечивающий условия эффективной очистки скважины при разрушении горных пород крупным сколом. В некрепких породах можно допускать образование керна в центре забоя, бурить увеличенным диаметром скважины.

Общим признаком рассмотренных буровых долот с вертикальными и субвертикальными опорами является отсутствие традиционных лап, ограждающих шарошки, и наличие непосредственного контакта рабочей поверхности шарошек со стенками скважины подобно одношарошечным долотам [5].

Проведенное исследование позволило разработать новый вид шарошечного долота [6]. Его общий вид представлен на рис. 5.

В корпусе 1 с 2 выполнен центральный промывочный канал 3. Шарошка 4 имеет сплошное сечение и соединяется с корпусом осью 6, которая может быть выполнена заодно с шарошкой. Верхний конец оси 6 с возможностью вращения вставлен в цилиндрическое отверстие 9, выполненное в корпусе. Конструктивная схема цапф (опор) оси может быть разнообразной в зависимости от диаметра долота и крепости буримых пород.

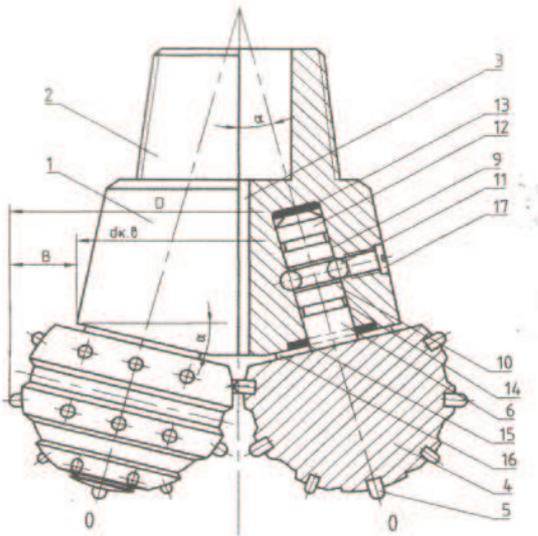


Рис. 5. Шарошечное долото с внутрикорпусными опорами

На рис. 5 цапфа выполнена для долот среднего диаметра по схеме: удлиненный подшипник скольжения 10, замковый шарикоподшипник 11, подшипник скольжения 12, подпятник в виде твердосплавной упорной пластины 13. В подшипниках – скольжения и замковом – выполнены емкие выточки 14 для размещения масла. Опора является маслonaполненной и герметизированной с применением кольцевого уплотнения 15 и твердой шайбы 16 из износостойкого материала. Шарик замкового подшипника 11 удерживаются с помощью стопорного винта 17.

Основное влияние на процесс разрушения горной породы на забое скважины оказывает осевая нагрузка на долото P , определяющая закономерности изменения показателей бурения (рис. 6).

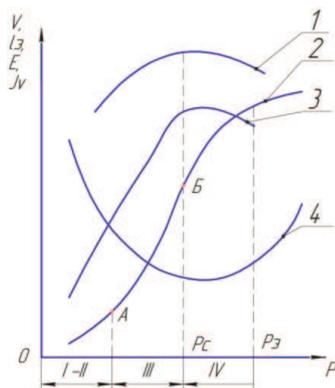


Рис. 6. Влияние осевой нагрузки P на показатели процесса бурения: 1 – стойкость долота; 2 – механическая скорость бурения; 3 – силовой градиент; 4 – удельная энергоемкость разрушения породы.

Экспериментальные исследования шарошечного долота с внутрикорпусными опорами выявили снижение стойкости инструмента при повышении скорости бурения и удельной энергоемкости разрушения породы в IV зоне объемного разрушения породы. При этом функция механической скорости бурения имеет монотонно возрастающий характер с переменной интенсивностью, и наибольшее значение характерно для III зоны объемного разрушения.

Главными особенностями нового долота являются внутрикорпусные опоры, конструктивно высокая прочность шарошек, обеспечивающих повышение ресурса работоспособности долота, и удешевление технологии его изготовления.

Литература

1. Дверий В.П. Бурение скважин лопастными долотами. М.: Недра, 1977. 188 с.
2. Шалашов Ю.Ф. Буровое долото: пат. 1665012 Рос. Федерация. Бюл. № 27.
3. Буткин В.Д., Гилев А.В., Чесноков В.Т., Тодинов А.М. Буровое долото: пат. 2228423 Рос. Федерация. Бюл. №3. 6 с.
3. Буткин В.Д., Гилев А.В., Чесноков В.Т., Нехорошев Д.Б. Буровое шарошечное долото (варианты): пат. 2257457 Рос. Федерация. Бюл. № 21. С. 7.
4. Краснопольский А.А., Харлашкин К.Н., Кононыхин С.В. Бурение взрывных скважин одношарошечными долотами // Горный журнал 1964. № 4. С. 46-47.
5. Буткин В.Д., Гилев А.В., Чесноков В.Т., Нехорошев Д.Б. Буровое шарошечное долото: решение Роспатента от 02.06.2011 о выдаче патента на изобретение по заявке № 2010118916/03(026855) от 10.05.2010.
7. Буткин В.Д., Нехорошев Д.Б. Выбор типомodelей и рациональная эксплуатация шарошечных долот на карьерах. Красноярск, 2006. 82 с.

References

1. Dveriy V.P. Wells drilling using blade bits. M.: Nedra, 1977. 188 s.
2. Yu. F. Shalashov. Patent 1665012 RF A1, E 21 B 10/08. Drill bit : publ. 27/07/1991. Byul. № 27.
3. Butkin V.D., Gilev A.V., Chesnokov V.T., Todinov A. M. Patent 2228423 RF C2, E 21 B 10/20 10/22. Drill bit: publ. 10.05.2004., Byul. №3. 6 s.
4. Butkin V.D., Gilev A.V., Chesnokov V.T., Nekhoroshev D.B. Patent 2257457 RF C1, E 21 B 10/20 10/22. Drilling roller cone bit (options): publ. 27.07.2005, Byul. № 21. 7 s.
5. Krasnopol'sky A.A., Kharlashkin K.N., Kononykhin S.V. Drilling of blast holes with one-fold roller cone bits// Gorny zhurnal, 1964. № 4. S. 46-47.
6. Butkin V.D., Gilev A.V., Chesnokov V.T., Nekhoroshev D.B. Drilling roller cone bits: Resheniye Rospatenta ot 02.06.2011 o vydache patenta na izobreteniyе po zayavke № 2010118916/03 (026 855) ot 10.05.2010.
7. Butkin V.D., Nekhoroshev D.B. Model types choice and rational operation of rolling cutter bits in opencast mines. Krasnoyarsk, 2006. 82 s.