

Литература

1. Разработка алмазного породоразрушающего инструмента для колонкового бурения скважин на основе синтетических монокристаллов с повышенной термостойкостью / А. А. Каракозов, М. С. Попова, С. Н. Парфенюк и др. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-геологічна». – Вып. 1(20). – Донецьк, ДонНТУ, 2014. – С. 132–137.
2. Определение максимальной углубки алмазных резцов однослойных коронок с радиальной раскладкой / А. А. Каракозов, М. С. Попова, С. Н. Парфенюк и др. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения / Сб. науч. тр. – Вып.15, – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля, НАН Украины, 2012. – С. 203–206.
3. Износостойкость композиционных алмазосодержащих материалов для бурового инструмента : монография / Н. В. Цыпин. – К. : Наук. думка, 1983. – 191 с.
4. Production of coarse-grained high-strength microgrits to be used in drilling tools / O.A. Zanevskii, S.A. Ivakhnenko, G.D. P'nitskaya, at al. // Journal of Superhard Materials. –37. – N 2. – Elsevier B.V., 2015.– P. 85–96.
5. Исследование теплового режима однослойной алмазной коронкой с синтетическими монокристаллами / А. А. Каракозов, М. С. Попова, С. Н. Парфенюк и др. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-геологічна». – Вып. 1(22). – Донецьк, ДонНТУ, 2015. –С. 39–44.
6. Моделирование работы алмазных резцов однослойных коронок на забое и оценка влияния схемы раскладки алмазов на механическую скорость бурения / А. А. Каракозов, М. С. Попова, С. Н. Парфенюк и др. // Наукові праці ДонНТУ, серія «Гірничо-геологічна». Випуск 16 (206). – Донецьк, ДонНТУ, 2012. – С. 162–166.
7. О процессе взаимодействия алмазов с забоем скважины при работе однослойных коронок / А. А. Каракозов, М. С. Попова, Р. К. Богданов, А. П. Загора // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – Вып. 14. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля, НАН Украины, 2011. – С. 78–85.
8. Пат. на винахід №108942 Україна МПК E21B 10/36. Алмазна одношарова бурова коронка / А. А. Каракозов, М. С. Попова, Р. К. Богданов, А. П. Загора – Опубл. 25.06.15; Бюл. №12.

Поступила 19.05.16

УДК 622.13

Б. В. Федоров, Б. Т. Ратов, доктора технических наук

*Казахский национальный исследовательский технический университет
им. К. И. Сатпаева, г. Алматы*

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ДОЛОТ ШАРОШЕЧНОГО ТИПА НЕТРАДИЦИОННОЙ КОНСТРУКЦИИ

Предложена новая конструкция комбинированного долота, шарошки которого формируют только периферийную часть забоя скважины, а его центральная часть разрушается ударными импульсами.

Ключевые слова: шарошечное долото, съёмные шарошки, скважина, острый угол, цапфа, центральная часть забоя, ударные импульсы.

Шарошечные долота, впервые предложенные в начале XX в., до сих пор широко применяются при бурении скважин различного назначения. Несмотря на сложность конструкции, этот тип породоразрушающих инструментов обладает целым рядом несомненных достоинств, из которых следует отметить реализацию ударно-вращательного воздействия на забой скважины, минимальные затраты мощности на вращение долота и широкую область применения в различных по твердости горных породах.

Вместе с тем шарошечные долота традиционной конструкции имеют существенные недостатки:

- невозможность замены шарошек при износе их вооружения при еще работоспособных других системах долота;
- большой наклон осей цапф к забою скважины и их консольное расположение (по отношению к лапам долота) вызывает большие изгибающие нагрузки, что приводит к преждевременному выходу долота из строя;
- недостаточная износостойкость козырьков лап приводит, особенно в абразивных породах, к зауживанию скважины, заклиниванию нового долота и необходимости расширения скважины.

Для устранения отмеченных недостатков предложены технические решения, оформленные в виде патентов России и Казахстана [1–3].

Основная идея российского патента [1] заключается в том, что каждая шарошка с цапфой выполнена в виде единой детали, имеющей общую ось, которая расположена под

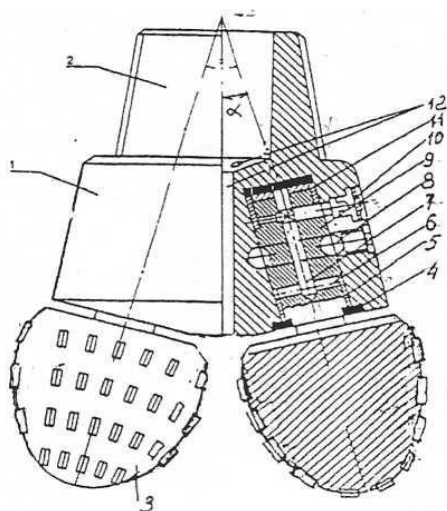


Рис. 1. Шарошечное долото по патенту РФ № 2257457: 1 – корпус, 2 – соединительная резьба, 3 – шарошки, 4 – герметизирующие прокладки, 5 – подшипник скольжения, 6 – радиальный канал, 7 – осевой канал, 8 – замковый подшипник, 9 – цапфа, 10 – мембрана, 11 – подшипник скольжения, 12 – промывочные каналы

острым углом α ($\alpha = 15^\circ$) в сторону стенки скважины, как показано на рис. 1. Это позволяет перераспределить усилия на шарошки, снизив изгибающие напряжения и направив основную часть нагрузки по оси цапфы. В результате создается большее усилие при формировании наиболее трудно разрушаемой периферийной части забоя, прилегающей к стенкам скважины.

Вместе с тем, упомянутое техническое решение, как следует из рис. 1, имеет определенные недостатки:

- неразрушенная шарошками центральная часть забоя может служить препятствием для углубления скважины;
- представленная на рис. 1 форма шарошек вследствие усиленного износа рабочих элементов в их средней части сохраняет диаметр скважины на относительно небольшом интервале углубления;
- выполнение шарошки и цапфы в виде одной детали нерационально, так как при износе рабочих элементов шарошки

приходится заменять всю деталь при еще надежно работающем подшипниковом узле.

Для устранения отмеченных недостатков были предложены технические решения, оформленные в виде инновационных патентов Казахстана [2; 3].

Первоначально предложено разрушать центральную часть забоя вспомогательными шарошками малого диаметра традиционной конструкции, которые устанавливаются между основными шарошками, как показано на рис. 2. Для сохранения диаметра скважины на большой интервал бурения изменена форма шарошек, которая представляет купол,

переходящий в основную конусную часть, причем образующие последней параллельны стенкам скважины. Это дает возможность воздействовать на стенки скважины при ее калибровании всеми рабочими элементами, расположенными на образующих конусов, что обеспечивает равномерный, более длительный износ вооружения шарошек.

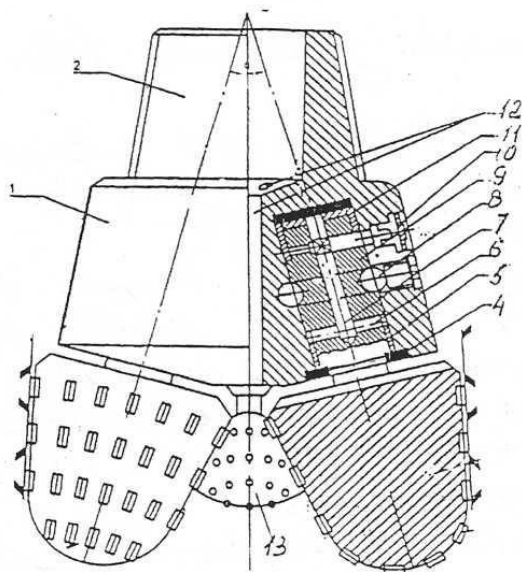


Рис. 2. Шарошечное долото по патенту РК № 27925: 1 – корпус, 2 – присоединительная резьба, 3 – шарошки, 4 – герметизирующая прокладка, 5 – подшипник скольжения, 6 – радиальный канал, 7 – осевой канал, 8 – замковый подшипник, 9 – цапфа, 10 – мембрана, 11 – подшипник скольжения, 12 – промывочные каналы, 13 – вспомогательные шарошки

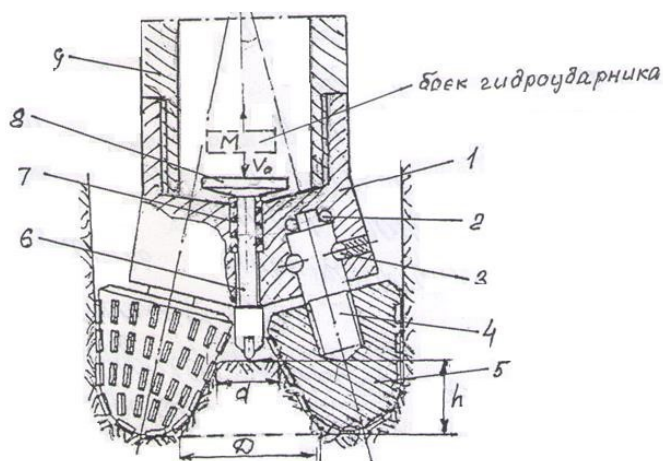


Рис. 3. Схема комбинированного долота по патенту РК № 86722: 1 – корпус, 2 – подшипник упорный, 3 – подшипник замковый, 4 – цапфа, 5 – шарошка, 6 – пика, 7 – пружина, 8 – наковальня, 9 – буровая колонна

Недостатком шарошечного долота, представленного на рис. 2, является сложность его конструкции, обусловленная необходимостью снабжения долота, помимо основных шарошек, дополнительными шарошками для разрушения центральной части забоя скважины. Такое усложнение конструкции долота снижает надежность его работы.

Дальнейшие работы по совершенствованию предложенного нами технического решения [3] заключались в выполнении шарошки съемной (на резьбе) относительно цапфы и решении проблемы разрушения центральной части забоя ударными импульсами, передаваемыми забоем.

Работа долота осуществляется следующим образом. После его соединения с буровой колонной и спуска на забой скважины включается его вращение, осуществляется подача бурового раствора и создается осевая нагрузка на долото.

Благодаря тому, что образующие шарошек параллельны стенкам скважины, диаметр последней остается неизменным в процессе бурения, а небольшой острый угол, под которым расположены цапфы относительно оси долота, способствует снижению изгибающих напряжений в упомянутом конструктивном элементе.

Однако забой при его формировании принимает выпуклую кольцевую форму, при этом его центральная часть не может быть разрушена вращающимися шарошками. Остается целик в форме усеченного конуса высотой h и диаметрами d и D (рис. 3). В работе

[4] показано, что для разрушения таких целиков имеющих дополнительные поверхности обнажения (боковая поверхность конуса) требуется в три и более раз меньше энергии, чем

для разрушения остальной части забоя, которая осуществляется в режиме выкола из массива. Для дробления упомянутого целика предлагается использовать удары пики с твердосплавным наконечником. Генератором ударных импульсов, является гидроударник, боек которого передает удары наковальне δ (рис. 3), жестко связанной с пикой.

Определим внешние нагрузки, действующие на шарошечное долото нетрадиционной конструкции и связанный с долотом гидроударник (на рис. 3 показан только его боек).

В момент удара бойка гидроударника по наковальне, связанной с пикой, его кинетическая энергия составляет

$$T = \frac{MV_0^2}{2} \quad (1)$$

где M – масса бойка и V предударная скорость бойка.

В момент удара боек и наковальня с пикой будут двигаться с одинаковой скоростью V_1 . По теореме о сохранении количества движения имеем

$$MV_0 = (M + m)V_1, \quad (2)$$

где m – масса пики.

Из (2) следует, что

$$V_1 = \frac{M}{M + m}V_0 \quad (3)$$

Кинетическая энергия при совместном движении бойка и пики

$$T_1 = \frac{(M + m)V_1^2}{2} = \frac{M^2}{M + m}V_0^2. \quad (4)$$

Разность энергии ΔT до и во время удара составит

$$\Delta T = T_1 - T = \frac{MV_0^2}{M + m} - \frac{MV_0^2}{2} = \frac{Mm}{M + m} \frac{V_0^2}{2} \quad (5)$$

Потенциальная энергия пики при ударе при изменении внутренних сил линейно по ее длине равна [5]

$$U = \frac{P_{\max}^2 l}{6EF}, \quad (6)$$

где P_{\max} – максимальное усилие, действующее при ударе по наковальне; l – длина пики; E – модуль упругости материала пики; F – площадь сечения пики.

Потенциальная энергия сжатия пружины 7 (рис.3) равна

$$U_m = \frac{P_{\max}^2}{2} \delta \quad (7)$$

где δ – податливость пружины.

Так как изменение кинетической энергии ΔT равно суммарной потенциальной энергии сжатия пики по длине и пружины, то можно записать

$$\Delta T = U + U_m \text{ или } \frac{Mm}{(M + m)} \frac{V_0^2}{2} = \frac{P_{\max}^2 l}{6EF} + \frac{P_{\max}^2 \delta}{2} \quad (8)$$

Из (8) максимальная сила удара бойка составит

$$P_{\max} = V_0 \sqrt{\frac{Mm}{(M + m)(\frac{l}{3EF} + \delta)}} \quad (9)$$

Из данных рис. 3 следует что сила удара бойка P_{\max} передается не только пике, но и на корпус долота, а от него – цапфам. Если положить, что сила удара P_{\max} распределяется пропорционально величине площадей торцов наковальни и пики, то на последнюю приходится нагрузка P_n равная

$$P_{ny} = \frac{d_n^2}{D_H^2 - d_n^2} P_{maxy}, \quad (10)$$

где D_H , d_n – соответственно диаметры наковальни и пики.

Оставшаяся часть нагрузки передается через корпус цапфам:

$$P_{cy} = \left(1 - \frac{d_n^2}{D_H^2 - d_n^2}\right) P_{maxy} \cos \alpha, \quad (11)$$

где α – угол наклона цапфы к оси долота (рис. 3).

Основная часть нагрузки передаваемой на цапфу и далее на шарошки формируется за счет УБТ, по величине она составит

$$P_{цУБТ} = \frac{C}{n} \cos \alpha, \quad (12)$$

где C – общая нагрузка на долото за счет УБТ; n – количество шарошек.

Статическая нагрузка суммируется с ударной составляющей $P_{\delta y}$ (формула 11). Тогда общая нагрузка, действующая на цапфу и далее на каждую шарошку,

$$P_{\Sigma n} = \left[\frac{C}{n} + \left(1 - \frac{d_n^2}{D_H^2} - d_n^2\right) P_{maxy} \right] \cos \alpha, \quad (13)$$

где P_{maxy} определяется по формуле (9).

При такой конструкции долота изгибающая нагрузка, действующая на цапфу, уменьшится по отношению к сжимающей нагрузке $P_{\Sigma \delta}$ во столько раз, во сколько $\cos \alpha > \sin \alpha$, т. е. в данном случае примерно в 4 раза $\frac{\cos 15^\circ}{\sin 15^\circ} \approx 3,7$.

После определения нагрузок, действующих на цапфу, по стандартным методикам проводятся прочностные параметры последней подбор опорного и замкового подшипников, расчет их на статическую динамическую грузоподъемность и долговечность.

Выводы

Предложенное комбинированное долото нетрадиционной конструкции (патент РК № 96722, рис. 3) позволяет перераспределить нагрузки в элементах долота следующим образом:

- увеличить их в периферийной части забоя скважины за счет наложения ударных импульсов;
- решить задачу разрушения центральной части забоя за счет использования части ударной энергии гидроударника;
- значительно (в 4 раза) снизить изгибающие нагрузки на цапфы долота, что уменьшит вероятность их заклинивания при работе.

Запропоновано нову конструкцію комбінованого долота, шарошки якого формують тільки периферійну частину забою свердловини, а його центральна частина руйнується ударними імпульсами.

Ключові слова: шарошкове долото, знімні шарошки, свердловина, гострий кут, цапфа, центральна частина забою, ударні імпульси.

PROSPECTS OF THE TYPE ROLLER CONE BIT ALTERNATIVE DESIGN

A new design of the combined bits, which form a cone only a peripheral part of the bottom of the hole, and its central part is destroyed by shock pulses.

Key words: rock bits, removable cone, well, an acute angle, pivot, the central part of the face, the shock pulses.

Литература

1. Патент РФ № 2257457, МКИ А1Е21В 10/20, 10/22. Буровое шарошечное долото / В. Д. Буткин, В. Т. Усенков и др. – Бюл. № 12, 2005.
2. Инновационный патент РК № 27925, МКИ А4Е21В, 10/20, 10/22. Шарошечное долото / Б. В. Федоров, Б. Т. Ратов и др. – Бюл. № 12, 2013.
3. Инновационный патент РК № 86722. Комбинированный буровой инструмент / Б. Т. Ратов, А. С. Мамедова и др. – Бюл. № 12, 2015.
4. Крюков Г. М. Теория и режим разрушения пород при шарошечном и ударно-вращательном бурении взрывных скважин: автореф. докт. дисс. – М.: 1981.
5. Бидерман В. Л., Малюкова Р. П. Усилия и деформации при продольном ударе // Расчеты на прочность в машиностроении. –1964. – Вып. 10. – С.260–306.

Поступила 01.06.16

УДК 622.24.051.64

Р. К. Богданов, А. П. Загора, кандидаты технических наук; **М. В. Супрун**

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г.Киев

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БУРЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ИНСТРУМЕНТА

Представлены результаты бурения скважин в породах I–XII категорий по буримости инструментом, оснащенным элементами твердого сплава и сверхтвердых материалов. Показана эффективность применения инструмента, оснащенного поликристаллическими сверхтвердыми материалами на основе синтетических алмазов, который позволяет заменить применяемый в настоящее время серийный инструмент при бурении скважин во всех категориях пород.

Ключевые слова: породоразрушающий инструмент, категория по буримости, механическая скорость бурения, коронки, синтетические алмазы, сверхтвердые материалы, гибридайт.

Практика бурения геологоразведочных скважин на твердые полезные ископаемые показывает, что не может существовать один универсальный породоразрушающий инструмент, способный обеспечить высокие результаты при бурении в породах с различными физико-механическими свойствами.

Применительно к конкретным категориям пород разрабатываются инструменты, оснащенные определенными сверхтвердыми материалами. Так, для бурения мягких пород (I–V категория по буримости) используется инструмент, оснащенный твердосплавными элементами. Для бурения пород средней твердости (VI–VIII категория по буримости) используется инструмент, оснащенный крупными природными и поликристаллическими синтетическими алмазами. В твердых породах (IX–XI категория по буримости) используется инструмент, оснащенный мелкими природными и высокопрочными монокристаллическими синтетическими алмазами.

Эффективное бурение геологоразведочных скважин возможно при наличии достаточного числа подобранных по размерам, типам и областям применения коронок, позволяющих бурить скважины принятой конструкции до проектной глубины в породах с различными физико-механическими свойствами и в различных геолого-технических условиях.

Принимая во внимание накопленный опыт по разработке бурового инструмента и большие объемы выполненных исследований в лабораторных и производственных условиях, А. Т. Киселевым была обобщена эффективность работы геологоразведочного инструмента, используемого при бурении скважин в породах различной категории по буримости [1].