

Выводы

Детально рассмотрена технологическая схема модернизированного гидромеханического снаряда вращательного типа с указанием направленности разработки и формулированием ограничительных условий. Приведена фундаментальная инженерная методика расчета основных параметров механизма формирования забойной зоны скважины при работе спроектированного снаряда.

The basic structural and technological features of the specialized hydromechanical device are considered for the boring drilling of the directed bore holes. Perspective and validity of his introduction is shown in practice of borings works. The questions of mechanics of destruction of rock array are studied by means of the designed device.

Keywords: streaming apparatus, hydromechanical method of the drilling, balls, well face of bore hole, trip, mechanism of destruction

Розглянуто основні конструктивні та технологічні особливості спеціалізованого гідромеханічного приладу для буріння спрямованих свердловин. Показано перспективність і обґрунтованість його впровадження у практику бурових робіт. Вивчено питання механіки руйнування масиву гірських порід за допомогою спроектованого пристрою.

Ключові слова: струминний апарат, гідромеханічний спосіб буріння, кульки, забій свердловини, рейс, механізм руйнування.

Литература

1. Пат. 102708 № а201107452 Україна, МПК Е 21 В 7/18. Кулеструминний пристрій для буріння свердловин / А.О. Ігнатів, С.С. Вяткин. - Заявл. 14.06.2011; Опубл. 12.08.2013; Бюл. № 15.
2. Шрейнер Л.А. Физические основы механики горных пород / Л.А. Шрейнер – М.: Гостоптехиздат, 1950. – 58 с.
3. Ефремов Э.И. Разрушение горных пород при статическом и динамическом нагружении / Э.И. Ефремов Э.И. – К.: Наук. думка, 1990. – 132 с.

Поступила 28.08.15

УДК 622.233

Б. Т. Ратов, Б. В. Федоров, доктора технических наук, Д. Р. Коргасбеков, З. Г. Утепов

*НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет
им. К. И. Сатпаева» г. Алматы*

ПАРАМЕТРЫ КОМБИНИРОВАННОГО ДОЛОТА ШАРОШЕЧНОГО ТИПА НЕТРАДИЦИОННОЙ КОНСТРУКЦИИ

Предложено запатентованное шарошечное долото нетрадиционной конструкции, взаимодействующее с гидроударником. Основные отличия долота заключается в расположении цапфы со съёмным долотом по оси, составляющий малой острый угол ($\alpha \approx 15^\circ$) с осью скважины, а образующая шарошек параллельна стенкам скважины. Проведенные прочностные расчеты показали более рациональное распределение нагрузок, действующих на элементы долота, по сравнению с долотами традиционной конструкции.

Ключевые слова: бурение, комбинированное шарошечное долото, забой скважины, гидроударник.

Сотрудники кафедры технологии и техники бурения скважин КазННТУ им. К. И. Сатпаева предложили комбинированный породоразрушающий инструмент, состоящий из шарошечного долота нетрадиционной конструкции и гидроударной машины [1]. Основное конструктивное отличие от обычных долот заключается в следующем (рис.1).

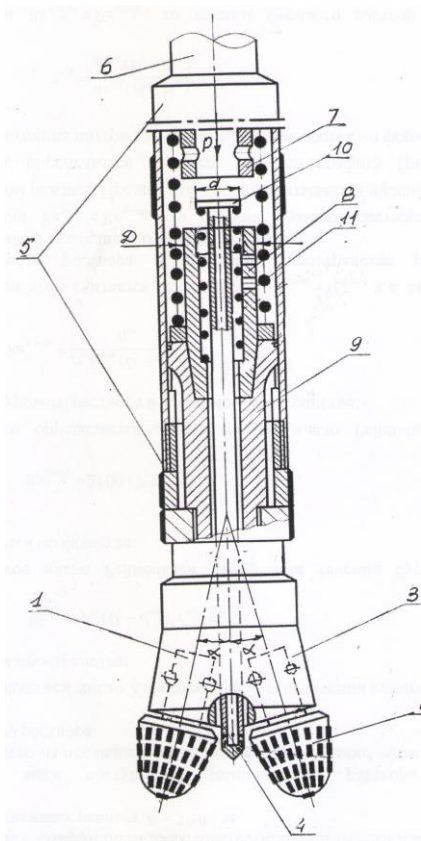


Рис. 1 Комбинированное шарошечное долото

- цапфы 1 с шарошками расположены под острым углом ($\alpha \approx 15^\circ$) к оси долота и направлены в сторону стенок скважины, т.е. в наиболее трудно разрушаемую периферийную область забоя;

- шарошки выполнены, съемными а образующие их конусов параллельны стенками скважины; это позволяет сохранять диаметр скважины на большой интервал бурения и продлить ресурс работы долота путем смены износившихся шарошек;

- центральная часть забоя разрушается пикой 4 с твердосплавным наконечником которая размещается в центральном канале корпуса 3 долота.

Шарошечное долото соединено с гидроударной машиной 5 прямого действия, которая в свою очередь соединена с бурильной колонной 6 (или с УБТ). На рис. 1. показан ударный узел гидроударника, состоящий из пружинного бойка 7 и наковальни 8, соединенной через с шлицевый переходник 9 с корпусом 3 долота. Трубчатая пика 4 размещена в соосном цилиндрическом канале наковальни 8, шлицевого переходника 9 и корпуса 3. Верхний торец пики 3 представляет диск 10, взаимодействующий с пружиной 11.

Работа комбинированного инструмента осуществляется следующим образом. Долото с гидроударником соединяется с бурильной колонной 3 и опускается в скважину. При постановке на забой, подаче промывочной жидкости по бурильной колонне шлицевой переходник занимает нижнее положение, и начинается работа гидроударника 5. Боек 7 последнего начинает передавать с определенной частотой

ударные импульсы, которые передаются пике 4 и частично – наковальне, которая жестко связана через переходник 8 и корпус долота 3 с цапфой и шарошками.

При этом благодаря малой величине угла наклона цапф с шарошками основная часть нагрузки действует продольно по их осям, что имеет преимущество перед традиционной схемой, когда цапфа с шарошкой наклонена под большим углом ($48-50^\circ$) к плоскости забоя, а ее консольное положение предопределяет большие изгибающие моменты.

При вращении бурового инструмента шарошки разрушают наиболее труднобуримую периферийную угловую часть забоя, а центральная часть последнего разрушается ударами клинообразного лезвия пики. При этом интенсивность разрушения забоя шарошками возрастает за счет передачи части ударной энергии от наковальни гидроударника. Для облегчения калибровки формирующейся скважины по диаметру образующие конусов основных шарошек, обращенные к стенкам скважины, выполнены параллельно стенкам скважины. Для охлаждения шарошек и выноса продуктов разрушения отработанная промывочная жидкость (вода или глинистый раствор) из бойка гидроударника через радиальные каналы наковальни 8 и пики 4 попадает внутрь последней. Далее часть жидкости выбрасывается через наклонные каналы, расположенные в нижней пике, другая часть - через каналы, расположенные в корпусе 3.

Для повышения надежности и ресурса комбинированного инструмента оси шарошек выполнены герметизированными.

После окончания рейса комбинированный буровой инструмент поднимается на поверхность, шарошки отвинчиваются от осей и заменяются новыми, инструмент вновь спускается в скважину, и бурение продолжается.

Таким образом, использование предлагаемого комбинированного бурового инструмента эффективно решает задачу разрушения центральной части забоя скважины ударными импульсами при одновременной интенсификации разрушения периферийной кольцевой области забоя за счет передачи части ударной энергии шарошкам.

Для определения сил, действующих на цапфы шарошек и центральную подпружиненную пику с резцом, рассмотрим единичный удар бойка гидроударника по торцу вышеназванных элементов (рис. 1). Кинетическая энергия T бойка в момент удара по торцу 10 пики и наковальне составит:

$$T = \frac{Mv_0^2}{2}, \quad (1)$$

где: M – масса бойка, кг; v_0 – предударная скорость бойка, м/с; Потенциальная энергия U бойка в момент удара составит:

$$U = \frac{P^2 L}{2EF}, \quad (2)$$

где: L – длина бойка, м; E – модуль упругости материала бойка; для стали $E=2 \cdot 10^{11}$ Па; $F = \frac{\pi D_6^2}{4}$ – площадь поперечного сечения бойка, m^2 (D_6 – диаметр бойка).

К величине U добавляется энергия местной деформации U_m , равная:

$$U_m = \frac{1}{2} P^2 \delta, \quad (3)$$

где δ – местная податливость бойка, м/н.

Таким образом, имеем следующее уравнение:

$$\frac{Mv_0^2}{2} = \frac{P^2 L}{2EF} + \frac{P^2 \delta}{2}. \quad (4)$$

Из (4) определяем силу удара P бойка по торцам наковальни и пики с клинообразным резцом:

$$P = v_0 \sqrt{\frac{M}{L/EF + \delta}}. \quad (5)$$

В работе [2] проведен анализ зависимости, который позволил сделать следующие выводы:

- резкое повышение силы удара с повышением массы ударника, что означает при неизменной предударной скорости v_0 в формуле (5) рост энергии удара.

- значительное (на 15–20 %) увеличение силы удара с уменьшением податливости материала бойка гидроударника;

- при одинаковой массе бойка следует, если позволяет размер скважины, увеличивать его диаметр с одновременным уменьшением длины; это позволяет увеличить силу удара на 10%.

На конструктивные элементы шарошечного долота при бурении действуют следующие силы:

- на цапфы с шарошками – статическая нагрузка, обусловленная весом УБТ и частью ударной нагрузки, действующей с определенной частотой со стороны бойка гидроударника;

- на центральную пику с клинообразным резцом – только часть ударной нагрузки, передаваемой от бойка гидроударника.

Для определения долей общей ударной нагрузки, приходящейся на упомянутые конструктивные элементы, примем следующее положение: нагрузка P распределяется пропорционально площадям торца бойка и ударного стержня, т.е. на центральную пику приходится нагрузка $P_{ц}$, равная:

$$P_{ц} = \frac{d^2}{D^2 - d^2} P, \quad (6)$$

где D – диаметр наковальни, d – диаметр торца пики (рис 1).

Оставшаяся часть нагрузки P_0 передается наковальне и далее цапфам долота. С учетом числа последних на каждую из них приходится следующая доля ударной нагрузки P'_0 :

$$P_{ц} = P \left[1 - \frac{d^2}{D^2 - d^2} \right] : n, \quad (7)$$

где n – число цапф долота.

Таким образом, при расчете цапф шарошечного долота нужно учитывать не только статическую нагрузку, но и динамическое усилие, действующее с частотой работы гидроударника на

торцы цапф. Высокочастотный характер этой нагрузки будет влиять как на конструктивные размеры цапф, так и на выбор типов подшипников, их динамическую грузоподъемность и долговечность.

Полученные аналитические зависимости позволяют провести прочностные расчеты для цапф комбинированного долота, когда они расположены под острым углом к оси породоразрушающего инструмента, а также рационально распределить ударную нагрузку между центральным стержнем с клинообразным резцом и цапфами.

Для повышения ударной нагрузки на цапфы долота и ударный стержень следует уменьшать податливость бойка ударной машины, увеличивать, если возможно, диаметр бойка за счет уменьшения его длины, сохраняя тем самым неизменной его массу. Вместе с тем общая величина нагрузки на конструктивные элементы долота не должна превышать допустимых значений для материалов, из которых изготовлены детали породоразрушающего инструмента.

Для определения общей нагрузки, действующей на цапфу и шарошку, проанализируем их действие на забой скважины при бурении (рис. 2). На торец цапфы действует часть ударной нагрузки, величина $P_{ц}$ которой определяется формулой (7). Кроме того, в центр тяжести шарошки приложена часть общей статической осевой нагрузки, приложенной к долоту за счет веса УБТ. Эта нагрузка равна:

$$C_o = \frac{G}{n}, \quad (8)$$

где: G – общая нагрузка на долото, кН.

Ударная нагрузка $P_{ц}$ направлена по оси цапфы, а статическая нагрузка C_o – по вертикали. При бурении со стороны забоя скважины возникают силы реакции (рис. 2):

- сила $P_{сум}$ направленная вдоль оси цапфы;
- сила T , направленная перпендикулярно конусной поверхности шарошки.

Разложим вертикальную силу C на две составляющие:

- продольную силу, равную $P_{np} = C_o \cos \alpha$;
- поперечную силу, равную $P_{non} = C_o \sin \alpha$.

Последняя сила равна по величине силе T и противоположно направлена, т.е. $T = C_o \sin \alpha$.

Определение реакции в замковом и упорном подшипниках осуществляется по схеме (рис. 3).

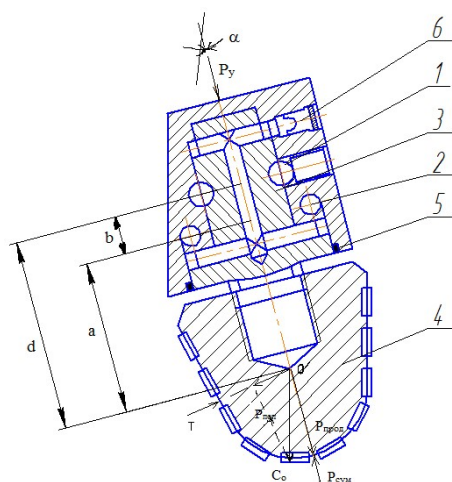


Рис. 2 Нагрузки, действующие на цапфу и шарошку: 1 – замковый подшипник; 2 – упорный подшипник; 3 – цапфа; 4 – шарошка; 5 – уплотнение; 6 – мембрана

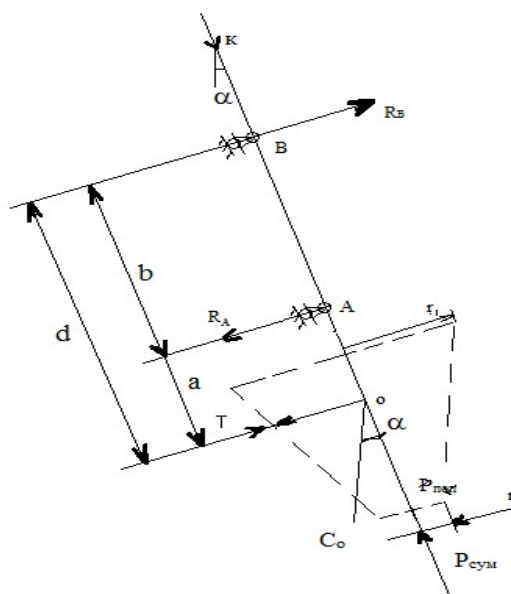


Рис. 3 Схема для определения реакций в подшипниковых опорах

Точки В и А на схеме моделируют соответственно замковый (т. В) и упорный (т. А) подшипники. Составим сумму моментов сил относительно точек А и В[3]:

$$\begin{cases} \sum M_B = R_A \cdot b - T \cdot d = 0; \\ \sum M_A = R_B \cdot b - T \cdot a = 0; \end{cases} \quad (9)$$

Из (9) следует, что:

$$\begin{cases} R_A = \frac{T \cdot d}{b}; \\ R_B = \frac{T \cdot a}{b}; \end{cases} \quad (10)$$

Общая нагрузка P_Σ , действующая вдоль цапфы, равна сумме ударной нагрузки P_y и статической $C_0 \cos \alpha$:

$$P_\Sigma = P_y + C_0 \cos \alpha, \quad (11)$$

где: C_0 – статическая нагрузка на одну шарошку, определяемая по (8).

Нагрузки, действующие на основные элементы комбинированного долота, которые определяются по вышеприведенными зависимостям, позволяют вычислить по общепринятой методике [4] геометрические размеры цапфы и выбрать соответствующие подшипники в зависимости от прогнозируемых параметров режима бурения породоразрушающим инструментом.

Выводы

1. Предложено долото шарошечного типа нетрадиционной конструкции в комбинации с гидроударной машиной; полученные аналитические зависимости позволяют говорить о более рациональном распределении нагрузок, действующих на конструктивные элементы предлагаемого долота.
2. Для окончательного вывода о повышении работоспособности предлагаемого долота требуется изготовить опытную партию породоразрушающих инструментов и провести их лабораторные и производственные испытания.

The patented roller bit unconventional design interacting with hammers. The main difference lies in the arrangement of the bit pins with removable bit axis constituting a small acute angle ($\alpha \approx 15^\circ$) with the axis of the borehole, and the cones generatrix parallel walls of the well. Conducted strength calculations showed a more rational distribution of loads acting on the elements of the bit, compared with bits of traditional construction.

Key words: drilling, combined roller bit, downhole, hydraulic hammer.

Запропоновано запатентоване шарошечне долото нетрадиційної конструкції, яке взаємодіє з гідроударником. Основні відмінності долота полягає в розташуванні цапфи зі знімним долотом по осі, що становить малої гострий кут ($\alpha \approx 15^\circ$) з віссю свердловини, а утворює шарошок паралельна стінок свердловини. Проведені розрахунки на міцність показали більш раціональний розподіл навантажень, що діють на елементи долота, в порівнянні з долотами традиційної конструкції.

Ключові слова: буріння, комбіноване шарошечне долото, забій свердловини, гідроударник.

Литература

1. Ратов Б. Т., Мамедова А. С. и др. Комбинированный буровой инструмент. Инновационный патент. РК№29533, бюл. № 2. – 2015 г.
2. Мамедова А. С., Федоров Б. В. Силы, приложенные к конструктивным элементам комбинированного долота. Труды XI межд.науч.практ.конф. студентов и молодых ученых. Алматы: ИЗД. КОУ, 2014 г. с. 523–529.
3. Беляев Н. М. Сопrotивление материалов – М. : «Наука», 1976 г.
4. Биргер И. А., Шорр Б. Ф., Иосилевич Г. Б. Расчет на прочность деталей машин – М. : Машиностроение, 1979 г.

Поступила 08.07.15