

*Приведені короткі відомості по конструкції різних типів шарошкових доліт. Описані деякі можливі технічні рішення нових моделей породоруйнівного інструмента. Детально розглянуті особливості комбінованих шарошково-ланцюгових доліт. Показана перспективність їх застосування.*

**Ключові слова:** Шарошкове долото, система опори, механізм руйнування, зубчастий ланцюг, гірська порода, підшипник ковзання.

*The constructions and operational conditions of serial hawthorne bits support system are analysis. As a result of the study of the of the drill bits working mechanisms with different support systems, general advantages and disadvantages of the application of different types of bearings are determined. The technical solutions used for upgrading of the series drill bits are pointed out. The serviceability of designed support scheme is proved.*

**Keywords:** Hawthorne bit, support system, mechanism of destruction, trim chain, rock, bearing slide.

#### Литература

1. Масленников И. К., Матвеев Г. И. Инструмент для бурения скважин. – М.: Недра, 1981. – 336 с.
2. Борисович В. Т., Михин В. Н. Долота различных типов // Итоги науки и техники. Техника геологоразведочных работ. ВИНТИ. – 1981. – Т. 11. – С. 66 – 85.
3. Пат. 46041 № u200905218 Україна, МПК Е 21 В 10/46. Бурове долото /А. О. Ігнатов, С. Ю. Андрусенко. Заявл. 25.05.09; Опубл. 10.12.09; Бюл. № 23.
4. Пути повышения эффективности геологоразведочного бурения / П. И. Букреев, С. И. Голиков, В. А. Кудря и др. – М.: Недра, 1989. – 158 с.

Поступила 15.06.11

УДК 622.233.4

**А. А. Игнатов, С. С. Вяткин**

*Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепрпетровск, Украина*

### ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И МЕХАНИКИ РАБОТЫ НОВОГО ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СНАРЯДА

*Проанализированы состояние и перспективы развития техники и технологии бурения с применением струйных аппаратов. Рассмотрены особенности конструкции и принцип действия усовершенствованного снаряда для гидромеханического бурения.*

**Ключевые слова:** Струйный аппарат, гидромеханический способ бурения, шары, забой скважины, рейс, механизм разрушения.

#### Введение

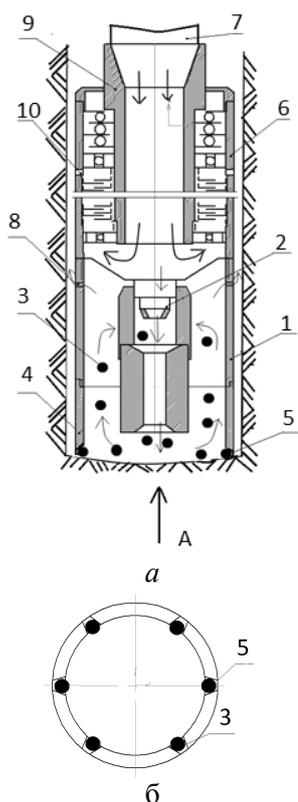
Бурением скважин решается большой спектр производственных задач возникающих при разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых, а также строительстве различных конструкций, зданий, сооружений. При этом большинство современных способов бурения основано на механическом отделении частиц от массива под действием локальных напряжений, превышающих сопротивление внутренних связей в самой горной породе. Разрушающие напряжение могут создаваться внедрением в породу определённых инструментов, действием взрывной волны, гидравлическим ударом, напором струи жидкости, содержащей или нет абразивные частицы (кварцевый песок, стальные шарики). В дальнейшем этот способ будем называть гидродинамическим или шароструйным [1]. Относя его к физическим, следует отметить, что среди таковых он получил наибольшее распространение. Анализ и обобщение работ, посвященных исследованию гидродинамического способа, позволяет прийти к выводу, что он является довольно перспективным, и при дальнейшем совершенствовании может получить довольно широкое применение в практике буровых работ. Одной из главных причин препятствующих этому является недостатки конструкции снаряда [2].

Целью настоящей работы является обоснование конструкции гидродинамического снаряда, которая позволит в значительной мере повысить эффективность и технико-технологические показатели шароструйного способа бурения.

### Основной материал

Вопросы работы снаряда гидродинамического способа бурения исследовались ранее [2], здесь же следует отметить, что практически все конструктивные усовершенствования не решили существенного недостатка технологии – формирования криволинейной формы забоя, который снижает механическую скорость бурения или приводит к остановке процесса углубки скважины.

Руководящим принципом совершенствования шароструйного снаряда должно являться следующее. Гидродинамический снаряд с одной стороны должна характеризовать простота конструкции, а с другой высокая степень эффективности формообразования забоя; причём это должно быть достигнуто за счет реализации наименее энергоёмкого механизма разрушения без существенного усложнения как механической, так и гидравлической частей.



Общая схема устройства гидродинамического снаряда (а) и положение дроби в посадочных гнездах породоразрушающего кольца (б)

В этой связи на кафедре техники разведки МПИ (НГУ) разработана новая конструкция снаряда гидродинамического бурения (а на рисунке), где 1 – корпус, 2 – струйный аппарат, 3 – породоразрушающие шары (дробь), 4 – породоразрушающее кольцо, 5 – посадочные гнезда, 6 – турбинный аппарат, 7 – колонна бурительных труб, 8 – специальные промывочные окна, 9 – статорный вал, 10 – отверстия. Схема нижней торцевой части снаряда (б на рисунке), поясняет особенности конструкции породоразрушающего кольца 1 и размещения в нем дроби 2.

Работа снаряда сводится к следующему: при возникновении циркуляции очистного агента во внутренней части корпуса устройства начинается активное движение дроби, которая взаимодействуя с породой забоя, разрушает её. В непосредственной близости от забоя поток очистного агента разделяется на две составляющих части, одна из которых вместе с породоразрушающими дробинками поднимается вверх к струйному аппарату, а другая, обогащенная продуктами разрушения, выходит в затрубное пространство между торцом и наружной частью породоразрушающего кольца, и забоем и стенками скважины соответственно. Частичное удаление продуктов разрушения осуществляется и внутренним восходящим потоком через специальные промывочные окна.

Породоразрушающее кольцо, соединенное с нижней частью корпуса, необходимо для формирования прямоугольного профиля скважины (в

вертикальной осевой плоскости). Механизм его образования идёт по такой схеме. Породоразрушающие дробинки, циркулирующие вместе с очистным агентом в интервале от плоскости забоя до струйного аппарата, вследствие взаимодействия с горной породой непрерывно уменьшается как по наружному диаметру, так и по массе. При достижении этими параметрами определённых значений породоразрушающие дробинки призабойными токами очистного агента размещаются и удерживаются в посадочных гнездах специальной конструкции, имеющих в нижней части породоразрушающего кольца. За счет постоянного вращения и создания осевой нагрузки на дробинки, последние разрушают породу забоя и формируют его периферийную зону. С течением времени происходит износ дробинки, и они потоком очистного агента выносятся за пределы породоразрушающего кольца в затрубное пространство. Вместо изношенных дробинки на их место поступают более крупные и работоспособные.

В существующих конструкциях гидродинамических снарядов их вращение вообще не предусмотрено или осуществляется от колонны бурительных труб. Проектируемая же конструкция

имеет некий автономный двигатель – турбинный аппарат. Это позволит избежать наличия вращателя на поверхности и существенно сократить затраты мощности на создание необходимого крутящего момента. Турбинный аппарат, соединенный с верхней частью гидродинамического снаряда, отличается от серийно выпускаемых тем, что подвижной его частью является корпус, вращение от которого посредством корпуса струйного аппарата передается породоразрушающему кольцу, а статорной – полый внутренний вал. Привод турбобура осуществляется очистным агентом, поток которого, проходя по бурильным трубам и статорному валу, в нижней его части разделяется на два: один направляется к струйному аппарату, а другой, обернувшись на  $180^{\circ}$ , идет к турбине, где пройдя последовательно все ступени, выходит через отверстия в пространство между стенками скважины и корпусом гидродинамического снаряда.

В предлагаемой конструкции снаряда осуществлена комбинация двух способов бурения. Один из них – это так называемый ударно – дробовой или шароструйный, а другой классический дробовой способ бурения (с некоторыми изменениями в конструкции самого породоразрушающего инструмента и забойных процессов), который ранее широко применялся в практике геологоразведочных работ, но впоследствии был вытеснен более эффективным алмазным бурением [3]. Однако, за дробовым способом осталось одно из его главных преимуществ – это низкая стоимость породоразрушающего инструмента (в сравнении с твердосплавным и алмазным), самой дробы и простота их изготовления.

Для дальнейшего обоснования технологических параметров процесса бурения проектируемых снарядом, необходимо получить адекватную модель взаимодействия породоразрушающего кольца, содержащего дробинки с горной породой. Это можно осуществить, рассмотрев качественную сторону забойных процессов, происходящих при работе снаряда.

В работах И.А. Остроушко были исследованы вопросы работы дробы на забое [4]. В них он пришел к выводу, что процесс разрушения горной породы дробью круглой формы, можно свести к случаю внедрения штампа со сферическим торцом. На основе высказанных положений о характере работы дробы можно рассмотреть элементарный фрагмент механизма разрушения горной породы при использовании предлагаемого снаряда.

При создании только осевой нагрузки на дробинки находящиеся в посадочных гнездах породоразрушающегося кольца, они будут вдавливаются в забой скважины и производить его разрушение аналогично внедряемому штампу. Причем, из механики горных пород известно, что в этом процессе можно выделить несколько этапов, проявляющихся в различных по механическим свойствам породах по-разному и отличающихся масштабами, но совершающихся непременно с одинаковой последовательности. На начальном этапе под дробью образуется вмятина – центр пластических деформаций и раздавливания породы; далее по его контуру развивается кольцевая трещина, которая распространяется вглубь породы, вслед за этим и происходит выдавливание разрушенной породы и скалывание небольших элементов. С ростом нагрузки увеличивается и размер контактной площадки, при этом из кольцевого конуса разрушения происходит вытеснение разрушаемой породы и её скалывание. Описанные явления будут происходить до полного погружения дробы в породу или если предел прочности породы выше, чем самой дробы, то до разрушения последней.

Несомненно, что величина осевого усилия, определяется свойствами породы и размерами дробы. В соответствии с этим, чем тверже порода и больше диаметр дробы, тем выше нагрузка, при которой будет происходить хрупкое разрушение породы; кроме того, с увеличением диаметра дробы и нагрузки увеличивается и объем разрушаемой породы. Отмеченные положения соответствуют статическому вдавливанию дробинки. Поэтому, для получения реальной картины явлений, происходящих на забое скважины, в процессы в системе «породоразрушающее кольцо с дробью – горная порода» следует рассмотреть в динамике.

Совершенно очевидно, что по аналогии с дробовым способом бурения, при вращении породоразрушающего кольца армированного дробинками и прижатого к забою, под его торцом будет образоваться V-образная канавка. Внешняя граница этой канавки будет являться стенками скважины.

Анализ механики забойных процессов предполагаемого метода позволяет прийти к следующему [5]. На каждую дробинку действует две силы – осевая нагрузка и сила вращения, или волочение. При этом, в зоне контакта породоразрушающего кольца с дробинками и породой, будут возникать следующие силы сопротивления: сила трения-скольжения, сила трения-каления и сила сопротивления породы разрушению (смятию, раздавливанию). Справедливо будет предположение о том, что формируемая кольцевая канавка в профиле получит ухабы, что связано с не равномерностью её образования. Последнее обстоятельство продиктовано сложностью

гидродинамических процессов взаимодействия дробинки с посадочными гнездами породоразрушающего кольца (возможен их выход из зоны контакта) и структурными свойствами самой горной массы. С учетом механизма процесса разрушения горной породы, наличие неровностей на забое является положительным фактором.

Таким образом, указание особенностей позволяет охарактеризовать процесс разрушения горной породы под торцом кольца, как ударно-вращательный способ, а в некоторой степени даже вибрационно-вращательный.

#### **Выводы**

Проанализированы состояния и перспективы развития гидродинамического способа бурения. Рассмотрены особенности конструкции и принцип действия усовершенствованного снаряда гидродинамического бурения. Приведена исчерпывающая характеристика качественной стороны забойных процессов, происходящих при работе проектируемого снаряда.

*Проаналізовано стан та перспективи розвитку техніки та технології буріння із застосуванням струминних апаратів. Розглянуто особливості конструкції та принцип дії вдосконаленого пристрою для гідромеханічного буріння.*

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

*The subject of the article is the analysis of the state and prospects of development of technique and technology with the use of streaming apparatus. The features of construction and principle of action of improved device are considered for the hydromechanical method of the drilling.*

**Key words:** Streaming apparatus, hydromechanical method of the drilling, balls, well face of bore hole, trip, mechanism of destruction.

#### **Литература**

1. Уваков А. Б. Шароструйное бурение. – М.: Недра, 1969. – 207 с.
2. Давиденко А. Н., Игнатов А. А., Вяткин С. С. Некоторые вопросы гидромеханического способа бурения // Наук. праці ДонНТУ. Серія Гірничо-геологічна. – 2011. – № 14(181) – С. 75 – 78.
3. Разведочное колонковое бурение / Б. И. Воздвиженский, С. А. Волков, Б. С. Филатов. – М.: Изд-во Госгеолтехиздат, 1957. – 332 с.
4. Остроушко И. А. Бурение твердых горных пород. – М.: Недра, 1966. – 291 с.
5. Сулакшин С. С. Технология бурения геологоразведочных скважин. – М.: Недра, 1973. – 320 с.

*Поступила 15.06.11*

УДК 622. 621. 620. 240. 178. 24

**Ю. П. Линенко–Мельников**, канд. техн. наук, **И. Ю. Агеева**, канд. физ.–мат. наук

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

### **ИЗНАШИВАНИЕ ПЕРФОРАТОРНЫХ БУРОВЫХ КОРОНОК**

*Статья содержит информацию об особенностях изнашивания твердого сплава буровых коронок при перфораторном бурении по сравнению с режущим инструментом. Показаны факторы, влияющие на процесс износа, и пути их снижения. Даны зависимости для определения интенсивности износа твердосплавных вставок различной формы и размеров, а также выражения для ориентировочного определения стойкости инструмента в зависимости от физико–механических свойств твердого сплава и породы, а также режимов бурения.*

**Ключевые слова:** буровые коронки, твердосплавные коронки, лезвийные коронки, штыревые коронки, твердый сплав, бурение горных пород, буровой инструмент, износ твердого сплава, твердосплавные вставки.