

А. А. Игнатов, С. С. Вяткин

ГВУЗ «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина

Некоторые технико-технологические решения вопросов бурения направленных скважин

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

В настоящее время известны две группы принципиально отличающихся методов бурения скважин. К первой группе можно отнести те методы, при которых разрушение породы забоя осуществляется инструментом, которому сообщаются удары, вращение либо их комбинация. В соответствии с чем различают способы бурения: ударный, вращательный и ударно-вращательный. Вторую группу составляют методы, при которых разрушение происходит за счет различных физико-химических эффектов. Подавляющее большинство скважин сооружается с помощью методов первой группы [1].

Методы безинструментального разрушения горных пород находятся в основном в стадии изучения и экспериментирования. Вместе с тем, один из методов этой группы, а именно гидродинамический (шароструйный), получил уже применение при бурении скважин – в основном верхних непродуктивных интервалов разведочных и наклонно-направленных [2].

Как известно, бурение скважин в заданном направлении является довольно трудной в технических и технологических аспектах задачей. И именно в этих условиях гидродинамический способ показал свою перспективность. Однако на пути внедрения указанного способа в практику буровых работ встретились серьезные затруднения. Главным из них является существенные недостатки самих конструкций снарядов шароструйного бурения.

Цель работы

Обоснование технико-технологических параметров снаряда шароструйного бурения, конструкция которого позволит успешно применять его для сооружения наклонно-направленных скважин и скважин со значительной кривизной.

Основной материал

Анализ публикаций, посвященных разработке конструкций и технологии бурения гидродинамическими снарядами приведен в статье [3]. В настоящей работе следует подчеркнуть, что в результате обобщения удалось выделить ряд нерешенных задач, главной из которых можно считать формирование периферийной части призабойной зоны скважины.

Результатом решения указанной задачи явилась разработка двух принципиально различных конструкций снаряда шароструйного бурения.

Согласно первой разработке, в ней реализован способ формирования периферийной части забоя специальным опорным породоразрушающим башмаком, нагруженным весом бурильной колонны. Во втором варианте, конструкция позволяет поочередно проводить обработку различных участков забоя путем поворота камеры смешения струйного аппарата, где происходит разгон породоразрушающих шаров.

Рассмотренным конструкциям присущи весьма влиятельные органические недостатки – это значительное сопротивление горной породы сжимающим усилиям в первом случае, и сложность конструкции и регулировки механизма отклонения камеры смешения во втором.

Отсюда заключаем, что конструкцию снаряда должна отличать как простота технического решения, так и эффективность механизма формирования забоя.

Использование отмеченных принципов позволило разработать следующую конструкцию снаряда, состоящего из корпуса струйного аппарата, в верхней части соединенного с турбинным двигателем, а в нижней с породоразрушающим кольцом.

Отличительной особенностью породоразрушающего кольца является то, что с одной стороны на нем нарезана резьба, для возможности его соединения с корпусом струйного аппарата, а с другой выполнен ряд специальных посадочных гнезд для размещения породоразрушающих шаров. Породоразрушающее кольцо вращается вместе с корпусом струйного аппарата. Это обеспечивается включением в состав снаряда турбинного двигателя, который соединяется с верхней частью аппарата. В свою очередь, полый статорный вал двигателя на резьбе соединен с колонной бурильных труб, по которым внутрь него поступает поток промывочной жидкости, предназначенный для привода двигателя.

При возникновении циркуляции промывочной жидкости, во внутренней части корпуса снаряда, начинается активное движение породоразрушающих шаров, которые взаимодействуя с породой забоя разрушают последнюю. В призабойной зоне поток промывочной жидкости разделяется на два, один из них вместе с породоразрушающими шарами поднимается вверх к струйному аппарату, а другой, обогащенный шламом, выходит в затрубное пространство.

Породоразрушающие шары, циркулирующие в интервале от плоскости забоя до струйного аппарата, непрерывно уменьшаются по наружному диаметру и массе. После достижения этими параметрами определенных значений, шары размещаются и удерживаются в посадочных гнездах породоразрушающего кольца. За счет постоянного вращения и создания осевой нагрузки на шары, они разрушают породу на забое и образуют его периферийную часть.

Данную конструкцию снаряда можно считать вполне пригодной для проходки вертикальных скважин и таковых имеющих небольшие зенитные углы. Применение же такого снаряда для проходки скважин со значительными зенитными углами и интенсивной кривизной исключается целым рядом факторов, среди которых: сложность удержания породоразрушающих шаров в посадочных гнездах; необходимость создания значительных осевых нагрузок на шары, что практически невозможно в отмеченных скважинах; существенные продольные и поперечные габаритные размеры турбинного двигателя, препятствующие его свободному перемещению в стволе скважины.

В соответствии с выдвинутыми ограничительными условиями на кафедре техники разведки МПИ (НГУ) была разработана конструкция гидродинамического снаряда, в которой главенствующим принципом компоновки была возможность и эффективность его применения в наклонных скважинах.

На рис. 1 приведена общая схема такого снаряда, где 1 – корпус, 2 – струйный аппарат, 3 – породоразрушающие шары, 4 – породоразрушающая матрица, 5 – пористая структура, 6 – обломки породоразрушающих шаров, 7 – обломки горных пород, 8 – винтовой двигатель, 9 – колонна бурильных труб.

Включение в работу насосного агрегата приводит к появлению циркуляции во внутренней полости снаряда, образованной его корпусом и струйным аппаратом. Вихревые токи жидкости создают активное движение породоразрушающих шаров. Ударяясь о забой с высокой скоростью шары разрушаются сами. Поток жидкости в призабойной зоне выполняет две функции: одна из них – это создание циркуляции породоразрушающих шаров внутри корпуса снаряда, а другая – вынос продуктов разрушения в затрубное пространство, который осуществляется между торцом и корпусом матрицы, а также забоем и стенками скважины соответственно. Наличие породоразрушающей матрицы в нижней части снаряда продиктовано необходимостью формирования прямоугольного профиля забоя скважины за счет реализации вращательного метода бурения с применением так называемых «стирающих» материалов [4]. Указанный метод характеризуется следующей схемой. Породоразрушающие шары вследствие взаимодействия с породой забоя скважины раскалываются. Особенности структуры металла торца матрицы позволяют ей, с помощью потока промывочной жидкости, аккумулировать и удерживать в себе обломки шаров и самой горной породы. Наложением крутящего момента и осевого усилия на обломки, создают условия для абразивного изнашивания и формирования ими периферийной части забоя. Такой характер взаимодействия сопровождается постепенным истиранием продуктов

разрушения шаров и горных пород, что в конечном итоге способствует их удалению из пористой структуры матрицы. Вместо изношенных обломков на их место поступают более работоспособные. Эффект вращения создается находящимся в верхней части снаряда винтовым двигателем.

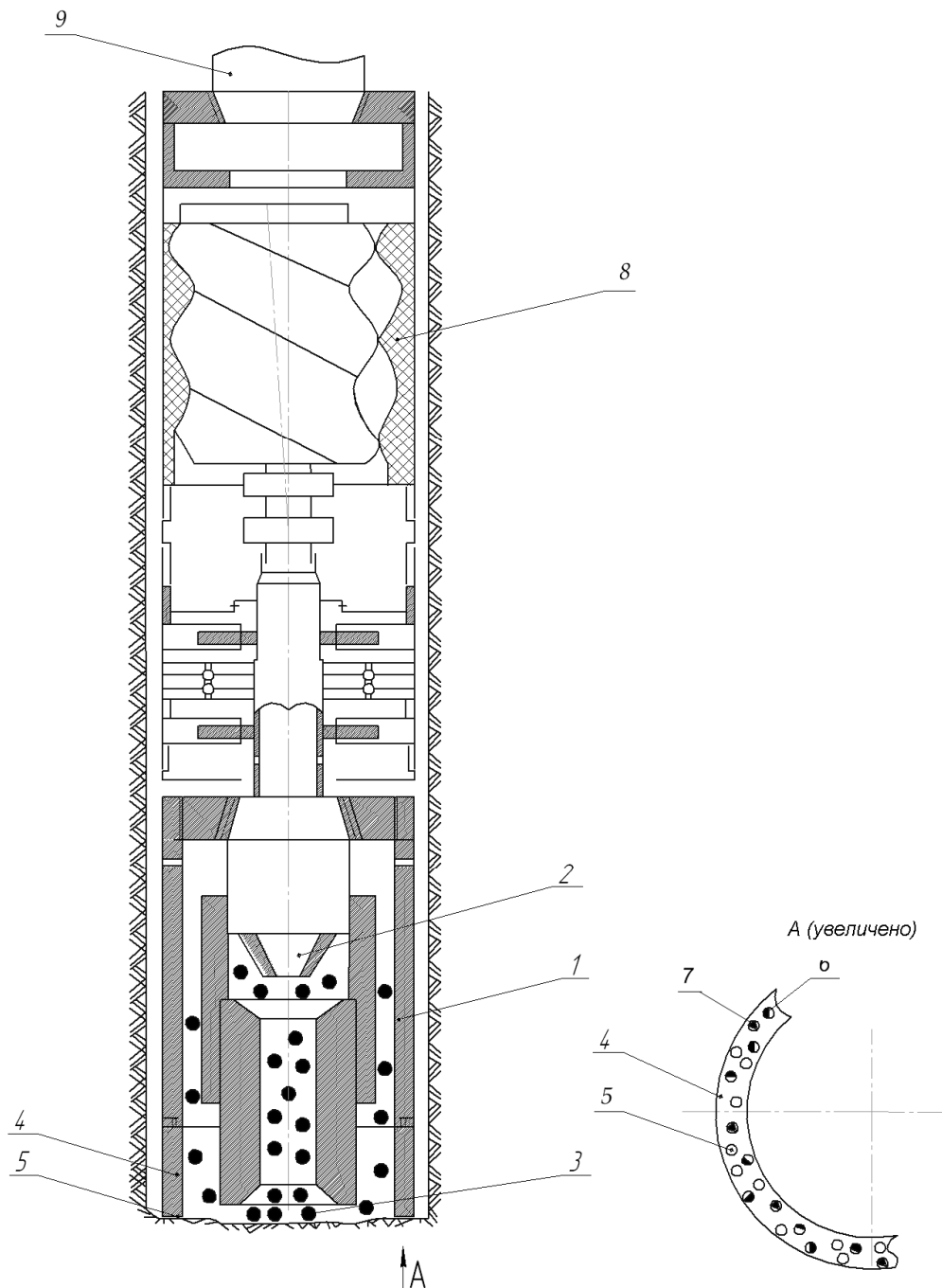


Рис. 1. Схема гидродинамического снаряда

Некоторых пояснений требует термин «пористая структура породоразрушающей матрицы».

Пористые сплавы [5] представляет собой особый класс функциональных материалов современного машиностроения; только они имеют в своем составе газовую фазу как полноценную составляющую, которая определяет большинство свойств материала. По способу получения пористые сплавы можно разделить на два больших класса: пористые сплавы, структура которых сформирована в твердом состоянии; пористые сплавы образующиеся в результате осуществления литейных технологий. Если сплавы первой группы оказались непригодными для

выполнения функций размещения и удержания продуктов разрушения шаров и горных пород, то сплавы второй группы отвечают практически всем требованиям предъявляемым к породоразрушающей матрице, в особенности это касается сплавов-газаров. Поэтому, на их структурных свойствах остановимся более детально.

Газары – это литые пористые сплавы, полученные путем газо-эвтектического превращения в системах сплав-водород, отличающиеся особой пористой структурой. Газары могут быть получены с различным типом структуры, в зависимости от параметров процесса эвтектики, но их всегда отличает довольно равномерное распределение пор, размеры которых могут изменяться в пределах от 10 м (продольные) до 10 мм и менее (поперечные), а сама пористость достигает 75%. Стенки пор в газарах чистые, а межпоровые перегородки представляют собой сплав, не загрязненный примесями или добавками.

Прочность практически всех пористых сплавов снижается с увеличением пористости, причем это снижение происходит не пропорционально – прочность падает значительно интенсивнее. Это объясняется тем, что в них имеются участки, являющиеся концентраторами напряжений. Кроме того, значительно снижают прочность вещества, покрывающие поверхность пор и добавки необходимые для увеличения вязкости расплава. Напротив, прочность газаров (при равной пористости) сравнительно выше. Причем, в большом диапазоне падение прочности с повышением пористости идет пропорционально, а при небольшом размере пор (до 50 мм) наблюдается упрочнение материала, по сравнению с монолитом, имеющим тот же химический состав. Кроме того, газары легко поддаются обработке давлением и резанием, что выгодно их отличает от прочих пористых сплавов.

Именно указанные выше преимущества позволяют рекомендовать газары, как материал для изготовления породоразрушающих матриц в проектируемом снаряде.

Включение в состав конструкции (в верхнюю её часть) именно винтового двигателя обусловлено, прежде всего, габаритными параметрами самого двигателя, которые позволяют ему бесприспятственно преодолеть дуги значительной кривизны. Согласно предварительным расчетам, данную модель снаряда можно рекомендовать для бурения горизонтальных участков скважин. Кроме того, выходные характеристики винтового двигателя являются приемлимыми для реализации, заложенного в конструктивное решение матрицы снаряда, механизма разрушения горных пород на забое.

Как и в снаряде с породоразрушающим органом в виде кольца так и в таковом с матрицей, основным, формирующим центральную часть забоя, является гидродинамический способ разрушения. Принципиально отличным можно считать механизм обработки периферийной зоны забоя.

Вовлекаемые во вращение и абразивно-силовое взаимодействие обломки горных пород и шаров совершают некоторую работу разрушения, аналитически обосновать которую можно следующим образом. Само исполнение пористой структуры матрицы и довольно неправильная форма как обломков шаров, так и горной породы практически исключает их перекатывание по забою. В этом случае единственно осуществимым механизмом будет волочение частиц, а процесс разрушения сведется в конечном итоге к истиранию породы [6-7].

Из рассмотренных аспектов механики процесса разрушения и работы гидродинамического снаряда вытекает ряд практических выводов.

1. В проектируемом снаряде основная работа разрушения – формирование центральной части забоя, осуществляется за счет гидродинамического взаимодействия в паре «шары – горная порода».
2. Обработка периферийной зоны забоя ведется с помощью специальной породоразрушающей матрицы, содержащей в качестве «рабочих элементов» обломки шаров и горных пород. Этот процесс можно классифицировать как царапание и абразивный износ. Таким образом предупреждается остановка углубки скважины из-за образования параболического профиля забоя.
3. Создание крутящего момента посредством исключительно винтового двигателя позволяет расширить габаритный ряд гидродинамических снарядов, особенно в сторону малых размеров, что очень важно для направленных геологоразведочных скважин. Следует также отметить, что выходные характеристики такого двигателя наиболее приемлимы для обозначенного процесса разрушения периферийной зоны скважины.

4. Техническое решение данного снаряда позволяет его рекомендовать как эффективное устройство бурения наклонно-направленных и интенсивно искривляющихся скважин.

Выводы

Приведены краткие сведения о современных способах бурения скважин. Показана перспективность изучения и применения гидродинамического метода сооружения скважин. Проанализированы теоретические составляющие вопросов механики работы и процессов разрушения горных пород при использовании новых снарядов.

Библиографический список

1. Разведочное бурение / А. Г. Калинин, О. В. Ошкордин, В. М. Питерский и др. – М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2000. – 748 с.
2. Уваков А. Б. Шароструйное бурение. – М.: Недра, 1969. – 207 с.
3. 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.
4. Разведочное колонковое бурение / Б. И. Воздвиженский, С. А. Волков, Б. С. Филатов. – М.: Изд-во Госгеолтехиздат, 1957. – 332 с.
5. <http://www.pminstitute.by>.
6. Остроушко И. А. Бурение твердых горных пород. – М.: Недра, 1966. – 291 с.
7. Сулакшин С. С. Технология бурения геологоразведочных скважин. – М.: Недра, 1973. – 320 с.

Надійшла до редакції 08.07.2011.

А. А. Ігнатов, С. С. Вяткін

Національний гірничий університет, Дніпропетровськ, Україна

Деякі техніко-технологічні рішення питань буріння направлених свердловин

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.

A. A. Ignatov, S. S. Vyatkin

National Mining University, Dnipropetrovsk, Ukraine

Some technological decisions of questions of drilling of the directed boreholes

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.

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