

Анализируя данные съемок, можно заметить, что в ряду диаметров сопел 2–2,5–3–3,5 мм увеличивается скорость шаров в камере смешения, что объясняется увеличением скорости смешанного потока в камере смешения.

Увеличение скорости шаров в камере смешения приводит к увеличению их расхода. Таким образом, экспериментально определились предположения Увакова А.Б. [3] и Заурбекова С.А. [4]. Это связано с тем, что в момент подсосывания шаров в технологические окна при больших скоростях смешанного потока шары быстрее покидают верхнюю область бурового снаряда, не препятствуя поступлению других шаров.

На основе данных, представленных в табл. 5, удалось посчитать отношение скорости шаров к скорости промывочной жидкости в камере смешения (табл. 6). Следует отметить, что при диаметре сопла, равном 3,5 мм, наблюдается уменьшение отношения скорости шаров к скорости промывочной жидкости в камере смешения, что объясняется значительным увеличением расхода шаров при этом.

На основе проделанных экспериментов при проектировании буровых снарядов рекомендуется использовать следующие соотношения между геометрическими параметрами:

1. расстояние между выходным сечением сопла и верхним срезом технологических окон принять равным 0 мм, так как при таком значении расстояния скорость шаров в камере смешения максимальна;
2. высоту технологических окон принять равным 4,2 мм, так как чем меньше высота технологических окон, тем больше коэффициент эжекции, следовательно больше скорость шаров в камере смешения;
3. длину камеры смешения принять равным 40 мм, так как с увеличением длины камеры смешения уменьшается скорость шаров за счет увеличения числа рикошетов, что так же приводит к уменьшению скорости подъема шаров в затрубном пространстве и расхода шаров;
4. угол раскрытия диффузора принять равным 10°, так как в ряду 10°–20°–30°–0° диаметр скважины уменьшается. Это связано с траекторией движения шаров в снаряде;
5. диаметр сопла принять равным 3,5 мм, так как при этом значении диаметра сопла расход жидкости и скорость шаров максимальны.

Литература

1. Патент № 143090, Е 21 В 7/18. Стенд для исследования технологических процессов шароструйного бурения / А.В. Ковалев, С.Я. Рябчиков и др. – № 2014106459/03; Заявлено 20.02.2014; Опубл. 10.07.2014.
2. Ковалев А.В., Симон А.А., Яцкив А.А., Исаев Е.Д. Исследование влияния геометрических параметров шароструйно-эжекторных буровых снарядов на эффективность их работ // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 115-летию со дня рождения академика Академии наук СССР, профессора К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения члена-корреспондента Академии наук СССР, профессора Ф.Н. Шахова. Том II; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. - С. 408-411
3. Уваков А.Б. Шароструйное бурение. – М.: Недра, 1969. – 207 с.
4. Заурбеков С.А. Повышение эффективности призабойных гидродинамических процессов при шароструйном бурении скважин: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Алматы, 1995. – 18 с.

РАЗРАБОТКА УЛАВЛИВАЮЩЕ–ПОДПИТЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕЙСОВОЙ СКОРОСТИ ШАРОСТРУЙНОГО БУРЕНИЯ

А.В. Ковалев, Е.Д. Исаев, В.В. Урниш

Научный руководитель ассистент А.В. Ковалев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время на кафедре бурения скважин Томского политехнического университета проводятся теоретические и экспериментальные исследования шароструйного способа бурения, который может дать значительный прирост скорости бурения в твердых и крепких горных породах, увеличить проходку на долото. Кроме того, шароструйный способ бурения легко вписывается в существующую технологию бурения механическими способами с промывкой и не потребует значительного переоборудования буровой установки.

Шароструйный способ бурения основан на разрушении горных пород посредством воздействия металлических шаров, обладающих большой кинетической энергией непосредственно перед контактом с породой и многократно циркулирующих в призабойной зоне скважины за счет струйного аппарата, положенного в основу конструкции шароструйно-эжекторного долота.

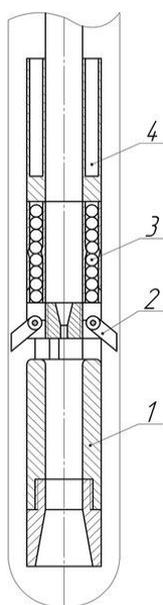


Рис. 1. Схема компоновки низа буровой колонны с улавливающе-подпитывающим устройством:
 1 – буровой снаряд; 2 – задерживающее устройство;
 3 – забойный шаропитатель; 4 – забойный шароуловитель

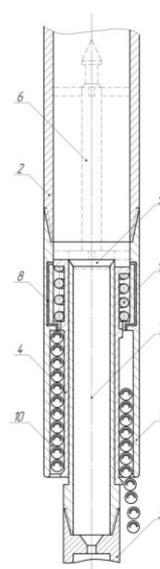


Рис. 2. Забойный шаропитатель: 1 – корпус; 2 – колонна буровых труб; 3 – ШЭБС; 4 – подвижный элемент; 5 – седло; 6 – запорный клапан; 7 – центральный канал; 8 – перепускной канал; 9 – пружина; 10 – отсек для размещения шаров

Нами было доказано [1], что наиболее эффективной для разрушения твердых и крепких горных пород является конструкция шароструйно-эжекторного бурового снаряда с соплом и камерой смешения цилиндрической формы с их последовательным осевым расположением. При этом камера смешения должна заканчиваться диффузором, а для направления шаров из затрубного пространства непосредственно в камеру смешения в конструкцию снаряда должно включаться задерживающее устройство.

В процессе шароструйного бурения неизбежен износ шаров. Результаты американских исследователей свидетельствуют о том, что при бурении кварцита за 3,5 часа вес порции в 63,5 кг уменьшился на 1,13 кг [2]. По результатам промышленных испытаний Увакова А.Б. [3] в среднем за 100 ч бурения шары изнашиваются по диаметру на 4–5 мм.

Процесс бурения шароструйным способом складывается из определенных последовательных этапов: 1) спуск шаров на забой скважины; 2) спуск шароструйно-эжекторного бурового снаряда; 3) процесс бурения; 4) подъем снаряда из скважины; 5) улавливание шаров с забоя скважины.

По методикам расчета шароструйных снарядов различных авторов [2–5] диаметр используемых шаров больше диаметра первичного сопла, т.е. исключается возможность спуска шаров через колонну буровых труб. Спуск шаров через зазор между буровыми трубами и стенками скважины является нерациональным вследствие высокой вероятности заклинивания шаров и их недоспуска до забоя скважины. В ходе производственных испытаний способа было опробовано два способа доставки шаров на забой. Первый способ заключался в доставке шаров в бумажных пакетах, сбрасываемых в скважину, которые после начала циркуляции бурового раствора размягчались и выносились на устье. Вторым вариантом доставки – с помощью контейнера, представляющего из себя колонковую трубу, суженную в нижней части и забитую глиной. Контейнер спускали на буровых трубах, включением насоса под давлением промывочной жидкости шары выдавливались из контейнера, после чего он поднимался.

Для извлечения шаров с забоя скважины использовали шароуловители различных конструкций, спускаемые на забой скважины после подъема долота из скважины.

Высокая трудоемкость, низкая надежность и значительные потери времени на спуско-подъемные операции при выполнении операций по замене изношенных шаров новыми требуют разработки технических средств, обеспечивающих повышение рейсовой скорости бурения. Так, представляется возможной разработка устройства, способного наряду с заменой изношенных шаров новыми спускать шары на забой и поднимать их с забоя скважины вместе с буровым снарядом. Исходя из целевого назначения предлагаемого устройства, назовем его улавливающе-подпитывающим.

Разработанная схема компоновки низа буровой колонны с улавливающе-подпитывающим устройством (УПУ) представлена на рисунке 1. При этом УПУ состоит из складывающегося задерживающего устройства 2 лепесткового типа, забойных шаропитателя 3 и шароуловителя 4.

Принцип работы УПУ заключается в выполнении следующей последовательности технологических операций:

1. спуск представленной компоновки низа буровой колонны до забоя скважины (при этом задерживающее устройство находится в транспортном положении);

2. воздействие на забойный шаропитатель с целью подачи на забой первой порции шаров;
3. воздействие на задерживающее устройство (ЗУ), перевод его в рабочее положение;
4. процесс бурения до появления признаков чрезмерного износа шаров;
5. воздействие на ЗУ, перевод его в транспортное положение (при этом лепестки ЗУ перекрывают технологические окна бурового снаряда);
6. включение бурового насоса, подъем шаров до забойного шароуловителя, их улавливание;
7. воздействие на забойный шаропитатель, приводящее к высыпанию второй порции шаров на забой;
8. воздействие на ЗУ, перевод его в рабочее положение;
9. включение насоса, возобновление процесса бурения.

На первом этапе конструкторских работ нами разработан забойный шаропитатель [6], представленный на рисунке 2.

Забойный шаропитатель состоит из корпуса 1, соединенного в верхней части с колонной бурильных труб 2 и в нижней части с шароструйным аппаратом 3, и подвижного элемента 4, имеющего седло 5 для герметизированной посадки запорного клапана 6. В корпусе 1 имеется центральный 7 и перепускной канал 8. Между корпусом 1 и подвижным элементом 4 располагается пружина 9 и отсек для размещения шаров 10.

Принцип работы шаропитателя заключается в следующем. Перед спуском шаропитателя в скважину в отсек для размещения шаров 12 засыпаются шары. В процессе бурения через центральный канал 7 корпуса прокачивают буровой раствор. Подвижный элемент 4 удерживается в крайнем верхнем положении пружинной 9. Для осуществления подпитки шаров без остановки циркуляции бурового раствора с устья скважины в колонну бурильных труб 2 сбрасывают запорный клапан 6, который садится в седло 5 и перекрывает центральный канал 7. За счет роста давления бурового раствора на седло 5 пружина 9 будет сжиматься и подвижный элемент 4 переместится в крайнее нижнее положение, открыв перепускной канал 8. Благодаря воздействию сил гравитации и давления бурового раствора, подводимого через перепускной канал 8, шары высыпятся из отсека для их размещения 10 в затрубное пространство. После высыпания шаров останавливается циркуляция бурового раствора, при этом подвижный элемент 4 возвращается в исходное положение. Запорный клапан 6 извлекается из колонны бурильных труб 2 при помощи овершота, спускаемого на талевом канате. Далее включается буровой насос, процесс бурения возобновляется.

Разработана принципиальная схема улавливающе-подпитывающего устройства, способного осуществлять наряду с заменой изношенных шаров новыми спуск шаров на забой и их подъем с забоя скважины вместе с буровым снарядом. Также предложена конструкция забойного шаропитателя, позволяющего высыпать одну порцию шаров на забой скважины.

К числу дальнейших конструкторских работ следует отнести:

- разработка устройства и способа приведения задерживающего устройства в рабочее и транспортное положение;
- разработка конструкций забойных шаропитателей, обеспечивающих порционную подачу шаров на забой скважины;
- создание эффективных конструкций забойных шароуловителей;
- поиск альтернативных способов воздействия на элементы УПУ.

Литература

1. Kovalyov A.V. Designing the ejector pellet impact drill bit for hard and tough rock drilling [Электронный ресурс] / A.V. Kovalyov, S.Ya. Ryabchikov, Ye.D. Isaev, F.R. Aliev, M.V. Gorbenko, A.B. Strelnikova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2015. – Vol. 24. – Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/1755-1315/24/1/012016>.
2. Eckel I.E., Deily F.H., Ledgerwood L.W. Development and testing of jet pump pellet impact drill bits // Transaction AIME. – Dallas, 1956. – Vol. 207. – p. 15.
3. Уваков А.Б. Шароструйное бурение. – М.: Недра, 1969. – 207 с.
4. Заурбеков С.А. Повышение эффективности призабойных гидродинамических процессов при шароструйном бурении скважин: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Алматы, 1995. – 18 с.
5. Kovalyov A.V. Pellet impact drilling operational parameters: experimental research [Электронный ресурс] / A.V. Kovalyov, S.Ya. Ryabchikov, Ye.D. Isaev, F.R. Aliev, M.V. Gorbenko, A.V. Baranova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2015. – Vol. 24. – Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/1755-1315/24/1/012015>.
6. Заявка на патент РФ № 2014148550, МПК E21B7/16. Забойный шаропитатель / Исаев Е.Д., Ковалев А.В. и др., заявл. 02.12.2014.

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЗАКЛИНИВАНИЯ ШАРОВ ПРИ ШАРОСТРУЙНОМ БУРЕНИИ

А.В. Ковалев, И.О. Лисачев, Е.Д. Исаев

Научный руководитель профессор С.Я. Рябчиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет г. Томск, Россия

Одним из перспективных гидродинамических способов разрушения пород является абразивный способ, реализуемый с помощью шароструйного бурения. Способ разрушения горных пород ударами шаров был предложен в 1955 г. Группой ученых американской нефтяной компании «Картер Ойл». Результаты этих исследований освещены в работах И.Э. Эскеля, Ф.Г. Дэйли, Л.У. Леджервуда. В результате проведенных