

**АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ШАРОСТРУЙНОГО БУРЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ
ВЫБОРА ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТНО-
КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ****А.В. Ковалев, Д.А. Якушев**

Научный руководитель: профессор С.Я. Рябчиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На данном этапе развития техники и технологии бурения скважин одной из основных проблем была и остается сложность бурения в крепких и очень крепких горных породах. Традиционные способы бурения в таких породах неэффективны вследствие быстрого изнашивания разрушающего инструмента и малой механической скорости бурения. Альтернативным является шароструйный способ бурения с применением шароструйных аппаратов.

На рис. 1 изображена схема работы такого аппарата. Принцип действия следующий: рабочая жидкость, подводимая к аппарату с большой скоростью, проходит камеру подвода рабочей жидкости 1, ускоряется в сопле 2 и на выходе из него истекает с большой скоростью в камеру смешения 3. При этом в пространстве, окружающем выход сопла с внешней стороны, образуется зона разряжения. В корпусе аппарата выполнены впускные окна 4, через которые благодаря разряжению происходит всасывание рабочей жидкости со взвешенными шарами 6 и частицами шлама 7 из затрубного пространства. Далее двухфазная смесь проходит через камеру смешения, поступает в диффузор 5 и ударяется о разрушаемый материал 8, осуществляя разрушение.

Обширные исследования шароструйного бурения проводились в середине прошлого столетия, их анализ позволил выделить ряд преимуществ шароструйного бурения:

- возможность реализации на забое скважины большой мощности;
- значительная продолжительность рейса, которая будет ограничиваться лишь износостойкостью шароструйного аппарата;
- простота конструкции шароструйного аппарата;
- отсутствие необходимости в создании высоких осевых нагрузок на ПРИ;
- возможность бурения с малой частотой вращения ПРИ (а также без вращения), что позволяет уменьшить износ бурильных труб, упростить условия для проходки направленных скважин.

Самым важным звеном при шароструйном бурении является непосредственно сам шароструйный аппарат, так как именно он реализует взаимодействие шаров с породой на забое, создавая необходимые условия и передавая необходимую энергию для циркуляции шаров и осуществления разрушения горной породы. В процессе исследований было проведено значительное количество поисковых работ, а также проанализированы различные конструкции шароструйных снарядов, которые позволили выделить следующие проблемы:

1. Серьезнейшей проблемой является формирование периферийной части забоя скважины, т.к. он имеет вогнутую форму (рис. 1).

2. Известно, что для эффективного разрушения горных пород буровой снаряд необходимо располагать на определенном расстоянии от забоя скважины. Поэтому имеет место проблема поддержания оптимального расстояния между долотом и забоем.

3. При работе снаряда существует проблема обеспечения оптимальной траектории движения шаров, которая обеспечивала бы быстрый подъем в затрубном пространстве, быстрое прохождение через впускные окна и эффективное разрушение горных пород.

Проблема формирования периферийной части забоя скважины решается различными авторами по-разному. Разрушение периферийной части забоя реализуется с помощью:

- механического вооружения лопастного [3, 5, 6, 7, 10] и дробового [11] типов;
- ударов шаров, вылетающих из диффузора струйного аппарата [2, 4, 7, 8, 11–15];
- установки струйного аппарата под углом к оси скважины [2, 10].

Уваков А.Б. при углубке скважины поддерживал оптимальное расстояние между долотом и забоем следующим образом. Рассчитав среднюю механическую скорость проходки в определенных породах, буровой снаряд через равный промежуток времени спускается на определенное расстояние (например, через каждые 2 мин на 1 см). Однако использование данного способа сомнительно при бурении глубоких скважин при малой геологической изученности района работ. Другие способы решения проблемы поддержания расстояния между снарядом и забоем скважины были предложены в патентных и иных материалах:

- использование специального устройства для измерения расстояния от среза струйного аппарата до забоя скважины, выполненного на основе механического шупа [1] и счетчика количества шаров, проходящих через камеру смешения [4];
- жесткое закрепление струйного аппарата относительно механического вооружения, разрушающего периферийную [3, 5, 6, 7, 10, 11] и центральную [8, 12] части забоя.

В процессе поисковых работ были найдены следующие решения проблемы обеспечения оптимальной траектории движения шаров:

- установка магнита в нижнюю часть корпуса аппарата, который позволяет перемещать шары из центральной части забоя к стенкам корпуса [7];
- использование бункера для сбора и последующего всасывания шаров в камеру смешения [1, 2, 7, 10, 11, 13, 14];
- резкое уменьшение площади снаряда над впускными окнами, что позволяет значительно снизить скорость восходящего потока и направить шары в камеру смешения для дальнейшего разрушения забоя скважины [1, 2, 4, 6, 7, 10, 12–14];
- удержание поднимающихся восходящим потоком шаров при помощи задерживающего устройства [8, 12] и конструктивно в корпусе снаряда [3, 5];
- поднятие шаров паром при использовании газообразных рабочих агентов [5, 14].

Процесс бурения сопровождается износом как шароструйного снаряда, который взаимодействует с шарами, так и шаров, взаимодействующих с горной породой и снарядом. При этом возможен сильный износ следующих частей снаряда: первичного сопла вследствие абразивного воздействия бурового раствора, окон всасывания за счет трения шаров, камеры смешения за счет кавитационной эрозии, выходного торца диффузора вследствие отскоков шаров от забоя. Поэтому актуальна разработка мероприятий по уменьшению износа снаряда. Если же износ снаряда неизбежен, можно использовать техническое решение, позволяющее производить смену струйного аппарата без подъема бурильных труб [3, 5]. Проблему износа шаров можно решить использованием твердосплавных шаров, обладающих высокой износостойкостью, и оптимизацией траектории их движения. Следует отметить, что для увеличения рейсовой скорости бурения необходима подпитка новыми шарами взамен изношенных. Однако техническое решение данной проблемы до сих пор отсутствует.

При использовании механического вооружения для разрушения периферийной части забоя скважины возможны его заклиники, которые можно ликвидировать за счет возможности отклонения камеры смешения при создании определенного значения осевой нагрузки [6]. Так как имеется сложность поддержания цилиндрической формы скважины, компоновка бурильной колонны может быть снабжена калибратором для проработки стенок скважины [8, 12].

Эффективность шароструйного бурения определяется многими факторами, поэтому изменение условий бурения (например, переход от бурения одной породы к другой) должно сопровождаться корректировкой работы снаряда без подъема колонны бурильных труб. Поэтому необходима разработка средств автоматизации и средств контроля процесса углубки скважины.

Известно [9], что процесс бурения шароструйным способом складывается из определенных последовательных этапов: 1) спуск в скважину шаров; 2) спуск в скважину шароструйного аппарата; 3) процесс бурения; 4) подъем аппарата из скважины; 5) извлечение шаров с забоя скважины. В работе [9] представлена единственно доступная информация о проведении полевых испытаний данного способа. По этим данным было опробовано два способа доставки шаров на забой. Первый способ заключается в доставке шаров в бумажных пакетах, сбрасываемых в скважину, которые после начала бурения размягчаются и выносятся на поверхность. Второй вариант доставки – с помощью контейнера, представляющего из себя колонковую трубу, суженную в нижней части и забитую глиной. Контейнер спускают на бурильных трубах, включением насоса под давлением жидкости шары выдавливаются из контейнера, после чего он поднимается. Для извлечения шаров с забоя скважины используют шароуловители различных конструкций, спускаемых на забой после извлечения долота из скважины. Трудоемкость, низкая надежность и значительные потери времени на спуско-подъемные операции при выполнении этих операций требуют проведения детального анализа, изучения и совершенствования технологии шароструйного бурения. Так, например, возможна разработка устройства, способного спускать буровой снаряд с шарами на забой скважины, и поднимать шары с забоя скважины вместе со снарядом после окончания рейса без дополнительного спуска шароуловителя.

Кроме того, известны конструкции шароструйной бурильной головки [12], шароструйного снаряда с нагревателем для бурения в мерзлых горных породах [5].

На основе вышеизложенного дальнейшее развитие шароструйного бурения возможно за счет разработки технических средств, обеспечивающих:

- оптимальную траекторию движения шаров;
- эффективное разрушение периферийной части забоя скважины;
- поддержание оптимального расстояния между долотом и забоем;

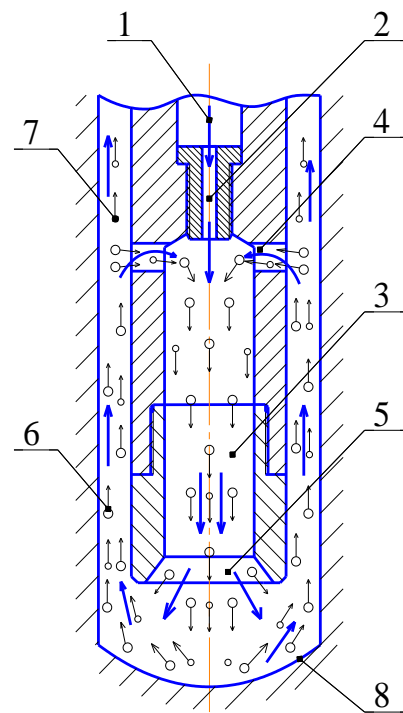


Рис. 1. Схема работы шароструйного аппарата:

- 1) камера подвода рабочей жидкости;
- 2) сопло; 3) камера смешения;
- 4) впускные окна; 5) диффузор;
- 6) шары; 7) частицы шлама;
- 8) разрушаемый материал

- возможность контроля процесса углубки скважины;
- возможность управления работой шароструйного аппарата без прерывания процесса бурения и осуществления спуско-подъемных операций;
- подпитку изношенных шаров новыми в процессе бурения;
- спуск на забой порции шаров и подъем шаров с забоя скважины без подъема бурильных труб;
- отбор керна;
- забурку скважины с поверхности и т.д.

Литература

1. Патент США №2724574, кл. 175-28. Hydraulic standoff control for pellet impact drilling / Ledgerwood L.W. – Заявлено 29.01.1952; Оpubл. 22.11.1955.
2. Штрассер В.В. Исследование процессов разрушения горных пород ударами шаров (к теории шароструйного бурения): дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / В.В. Штрассер; Южно-Казахстанское геологическое управление, Партия техники разведки; науч. рук. Г.Л. Кушев, А.Б. Уваков. – Алма-Ата, 1966. – 217 с.
3. Патент № 417599, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд для бурения скважин / А.Б. Уваков, В.В. Штрассер – № 1451266; Заявлено 15.06.1970; Оpubл. 28.02.1974.
4. Патент № 870705, Е 21 С 37/16, Е 21 С 21/00, Е 21 В 7/18. Способ эрозионного бурения скважин и устройство для его осуществления / Л.С. Дербенев, А.А. Боголюбов, А.А. Капустин, Г.Г. Каркашадзе, Г.А. Янченко – № 2798122/22-03; Заявлено 18.07.1979; Оpubл. 07.10.1981.
5. Патент № 939710, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд для бурения скважин / Коротков В. П. – № 3009898; Заявлено 02.12.80; Оpubл. 30.06.82.
6. Патент № 1120733, Е 21 В 7/18. Устройство для шароструйного бурения скважин / А.В. Дугарцыренов, О.Р. Ларин, Е.А. Потехин, Л.С. Дербенев, А.А. Боголюбов, Г.Г. Каркашадзе, И.В. Чугунов – № 3597561; Заявлено 31.05.1983; Оpubл. 15.08.1986.
7. Патент № 2114274, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд для бурения скважин / Т.Н. Зубкова – № 96123178/03; Заявлено 05.12.1996; Оpubл. 27.06.1998.
8. 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.
9. Уваков А.Б. Шароструйное бурение. – М.: Недра, 1969. – 207 с.
10. Патент №2124620, Е 21 В 7/18. Устройство для шароструйного бурения скважин / Т.Н. Зубкова – № 97100372/03; Заявлено 14.01.1997; Оpubл. 10.01.1999.
11. Игнатов А.А., Вяткин С.С. Особенности конструкции и механики работы нового гидродинамического снаряда // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. – 2011. – Вып. 14. – С. 58–61.
12. Патент № 1002498, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд / М.М. Майлибаев – № 3278854/22-03; Заявлено 24.04.1981; Оpubл. 07.03.1983.
13. Патент № 1032837, Е 21 В 7/18, Е 21 В 7/14. Устройство для термомеханического бурения скважин / О.Л. Дербенева, А.В. Дугарцыренов, О.Р. Ларин, И.В. Чугунов - № 3373919/22-03; Заявлено 29.12.1981; Оpubл. 15.08.1986.
14. Патент № 685825, Е 21 С 37/16, Е 21 С 21/00, Е 21 В 7/18. Способ термомеханического бурения скважин / Г. А. Янченко, И.В. Чугунов, Я.И. Шнапир, Г.Г. Каркашадзе, А.А. Капустин, О.Л. Дербенева, В.Е. Горяев, Г.К. Герасимов, А.А. Боголюбов, Л.С. Дербенев – № 2623146/22-03; Заявлено 02.06.1978; Оpubл. 15.09.1979.
15. Патент № 188407, Е 21 С 21/00. Способ термомеханического разрушения горных пород / В.Е. Горяев - № 1021728/22-3; Заявлено 30.07.1965; Оpubл. 28.11.1966.

**КАПЕЛЮШНИКОВ МАТВЕЙ АЛКУМОВИЧ - ИЗОБРЕТАТЕЛЬ 1-ГО ТУРБОБУРА
(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ОКОНЧАНИЯ ТТИ (ТПУ))**

Я.Е. Колмаков

Научный руководитель: доцент В.И. Брылин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Матвей Алкумович родился 12 сентября 1886 года в грузинском селении Аббас-Туман, недалеко от Ахал-Цихе.

Обучение Капелюшников начал в железнодорожном училище в Елизаветполе (ныне азербайджанский город Гянджа), а закончил на механическом факультете Томского технического института в 1914 г.

После окончания института переехал в Баку и начал свою трудовую деятельность конструктором технического отдела нефтепромышленной фирмы «Бакинское общество русской нефти» (БОРН). Именно в "Бакинском обществе русской нефти" Матвей Алкумович проектировал установки для роторного бурения, но уже задумывался о создании забойного способа добычи нефти.

В 1915-1918 гг. работал конструктором буровых станков и механиком нефтеперегонного завода К.В.Быховского. затем - на заводе «Каспийского товарищества», а в 1920-1924 гг. был членом коллегии управления нефтеперегонными заводами третьей группы треста Азнефть в Баку 1923-1933 гг. работал заместителем начальника технического бюро объединения Азнефть.