

## К ВОПРОСУ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ШАРОСТРУЙНОГО БУРЕНИЯ

Е.Д. Исаев

Научный руководитель - профессор Л.А. Саруев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Экспорт природных ресурсов – одна из основных статей дохода России. Вместе с тем, их добыча требует все больше сил. В ход идут трудноизвлекаемые запасы (ТРИЗ), добыча которых сопряжена с необходимостью внедрения новых методов и технологий. Одной из подобных технологий может стать шароструйное бурение, исследование которого ведется в Томском политехническом университете. Данный способ бурения основан на разрушении горной породы за счет динамического воздействия (удара) металлических шаров, многократно рециркулирующих в скважине и ускоряемых под действием промывочной жидкости. Подробнее ознакомиться с технологией бурения шароструйным способом можно в работах [1–7].

Целью данной работы является анализ этапов развития шароструйного бурения и определение его дальнейших перспектив.

Для достижения поставленной цели сформулированы задачи:

- 1) произвести обзор проделанных научных работ;
- 2) выделить достоинства и недостатки, присущие шароструйному бурению;
- 3) определить актуальные проблемы, стоящие перед развитием шароструйного бурения.

Шароструйный способ бурения был предложен в США. Статья под названием «Development and testing of jet pump pellet impact drill bits», резюмирующая работу исследовательской группы, работающей под руководством И. Э. Эскеля, была опубликована в 1955 г. [6].

Поставленной задачи – снизить затраты на бурение – ученые не достигли. Уже в 1960 году один из авторов – Л.В. Леджервуд – в статье «Efforts to Develop Improved OilWell Drilling Methods» [7] отмечает: «В своем нынешнем виде шароструйный способ бурения позволяет осуществлять разрушение горных пород, но является менее экономически эффективным по сравнению с вращательным бурением. К этому, в значительной степени, приводят два фактора: (1) ускорение шаров в камере смещения является несущественным; (2) данный способ бурения требует, чтобы вся порода была превращена в порошок до удаления из скважины, а этот процесс приводит к большим энергозатратам, чем если бы порода была удалена в виде более крупных кусочков».

Высокий потенциал шароструйного способа бурения заинтересовал ученых СССР. В 1965 году А. Б. Уваковым была защищена диссертация «Исследование и разработка шароструйного способа бурения направленных геологоразведочных скважин» [3]. В 1966 году свою кандидатскую диссертацию, посвященную вопросам разрушения горных пород при шароструйном бурении, защитил В. В. Штрассер [5]. В 1969 году издается книга «Шароструйное бурение» за авторством А. Б. Увакова [4], содержание которой повторяет информацию, представленную в диссертациях [3, 5].

Оспаривая полученные ранее выводы, А. Б. Уваков пишет: «...американские исследователи допустили явную ошибку, пытаясь бурить различные по крепости горные породы при одной и той же скорости вылета шаров из аппарата...». Свои же результаты автор оценивает, как положительные, отмечая, что внедрение шароструйного бурения – резерв повышения эффективности геологоразведочных работ, но сначала требуется провести большой комплекс научно-исследовательских изысканий с целью решения всех неразрешенных проблем.

В 1995 г. С. А. Заурбековым защищена диссертация «Повышение эффективности призабойных гидродинамических процессов при шароструйном бурении». Автор утверждает, что существующая конструкция снаряда является неэффективной из-за последовательного расположения первичного и вторичного сопел, т. к. не обеспечивает высокую частоту ударов и рациональное распределение шаров по площади забоя.

С. А. Заурбеков предлагает конструкцию бурового снаряда, особенностью которого является наличие нескольких камер смещения, расположенных на периферийной части снаряда и опорного элемента для поддержания расстояния между снарядом и забоем по центру. При этом опорный элемент оснащен вооружением для механического вращательного бурения. Проведенные промышленные испытания доказали возможность применения шароструйного снаряда для бурения в породах средней твердости. Получено повышение механической скорости на 20% и проходки на 43% в сравнении с серийными (шарошечными) долотами [1].

Новый этап развития шароструйного бурения связан с именем А. В. Ковалева, выпускника и сотрудника Томского политехнического университета. В 2009 ученый самостоятельно приходит к концепции использования инжекторного снаряда. Предлагается использовать в качестве породоразрушающего материала абразив – рэлит (измельченный карбид вольфрама). Публикуются 4 статьи, которые посвящены разработке снаряда для абразивного бурения и лабораторного стенда. К концепции использования шаров ученый приходит к 2012 году. Очевидно, что это происходит под влиянием знакомства с трудами А. Б. Увакова. Диссертация А. В. Ковалева «Теоретические и экспериментальные исследования технологических процессов шароструйного бурения» [2] защищена в 2015 году.

Общая конструкция снаряда повторяет схему, предложенную А. Б. Уваковым и И. Э. Эскелем. Главным отличием является применение «задерживающего устройства», расположенного над впускными окнами и служащего для изменения траектории движения шаров [2]. Данный элемент конструкции позволил снять ограничение на расход промывочной жидкости и увеличить расход шаров в единицу времени, тем самым повысить эффективность бурения.

А. В. Ковалев указывает на низкую перспективность шароструйного снаряда, предложенного С. А. Заурбековым, так как комбинация механического вращательного и шароструйного способов бурения лишает последнего основных достоинств.

В таблице 1 представлены достоинства и недостатки, присущие шароструйному бурению.

Таблица 1

Основные параметры ударных способов бурения

		Э	У	З	К
Достоинства:	Отсутствует необходимость в создании значительных осевых нагрузок	•	•	•	•
	Возможность бурения без вращения бурильной колонны	•	•	•	•
	Возможность заменять изношенные шары подсыпанием в скважину новых в процессе бурения	•	•	•	•
	Управление искривлением скважины с высокой гарантией надежности		•		
	Уменьшение (в сравнении с другими механическими способами) влияния трения в процессе взаимодействия шаров с забоем		•		
	Возможность эффективного использования понизителей твердости		•		
	Простота устройства гидравлического забойного двигателя – шароструйного аппарата		•		•
	Возможность реализации на забое скважины большой мощности				•
Недостатки:	Необходимость установки мощного насоса		•		
	Невозможность бурения скважин с отбором керна		•		
	Сложность конструкции снарядов с отбором керна				•
	Низкий разгон шаров в камере смешения/несовершенство конструкции	•	•		
	Высокие энергозатраты на переизмельчение шлама	•			
	Геологические ограничения: сильно трещиноватые/пластичные горные породы				•
	Сложность поддержания оптимального расстояния между снарядом и забоем		•		•
	Сложность подбора конструкции снаряда и режима бурения для конкретных горно-геологических условий				•
Примечание: Э – по И. Э. Эскелю, У – по А. Б. Увакову, З – по С.А. Заурбекову, К – по А.В. Ковалеву					

Необходимость установки мощного бурового оборудования, важная задача для 1965 года, на сегодняшний день является менее актуальной. Проблему малого разгона шаров решали С. А. Заурбеков и А. В. Ковалев, однако проблема все еще актуальна, так как предлагаемые ими конструкции снарядов имеют недостаточную техническую проработку. Не решена проблема поддержания оптимального расстояния между снарядом и забоем. Известны решения с использованием опорных элементов, располагаемых на забое. Данные решения нельзя считать оптимальными, так как при этом снижается механическая скорость бурения и величина проходки на долото. Предложена схема поддержания оптимального расстояния посредством считывания акустических колебаний, но на данный момент технического воплощения она не получила.

Важно отметить, что невозможность бурения скважин с отбором керна, а также бурения по трещиноватым и/или пластичным горным породам только ограничивают область применения и в благоприятных условиях проблемой не являются.

Таким образом, на текущем этапе работ по развитию и совершенствованию шароструйного бурения необходимо достоверно определить энергозатраты при бурении так как разные исследователи делают противоположные выводы. Не определена конструкция бурового снаряда, обеспечивающая наибольший разгон шаров. Не решена проблема поддержания оптимального расстояния между снарядом и забоем. Планируются дальнейшие работы в данных направлениях.

#### Литература

1. Заурбеков С.А. Повышение эффективности призабойных гидродинамических процессов при шароструйном бурении скважин: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Алматы, 1995. – 140 с.
2. Ковалев А. В. Теоретические и экспериментальные исследования технологических процессов шароструйного бурения скважин: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / А. В. Ковалев; Томск. политех.Унив. – Томск, 2015. – 143 с.: илл. – библиогр.: с. 130-141.
3. Уваков А.Б. Исследование и разработка шароструйного способа бурения направленных геологоразведочных скважин: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Москва, 1965. – 120 с
4. Уваков А.Б. Шароструйное бурение. – М.: Недра, 1969. – 207 с
5. Штрассер В.В. Исследование процессов разрушения горных пород ударами шаров (к теории шароструйного бурения): дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Алма-Ата, 1966. – 217 с.
6. Eckel I.E., Deily F.H., Ledgerwood L.W. Development and testing of jet pump pellet impact drill bits // Transaction AIME. – Dallas, 1956. – p. 15.
7. Ledgerwood, L. W., Jr., 1960, Efforts to Develop Improved OilWell Drilling Methods: J. Pet. Tech. Pp.