

**ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ШАРОСТРУЙНОГО БУРЕНИЯ РЕГУЛИРОВАНИЕМ  
РАССТОЯНИЯ ОТ СНАРЯДА ДО ЗАБОЯ**

**В.В. Урниш**

*Научный руководитель профессор Л.А. Саруев*

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

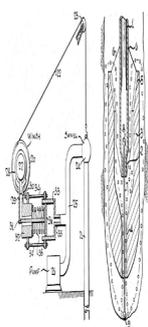
В настоящее время активно проводится поиск новых способов бурения скважин различного назначения. Одним из перспективных способов является шароструйное бурение скважин, активно исследуемое в Институте природных ресурсов Томского политехнического университета. При этом в целях повышения эффективности данного способа бурения необходимо решать проблему оптимизации регулирования расстояния от снаряда до забоя скважины (РСЗ), которая является достаточно сложной. Предлагались различные способы её решения.

Один из способов был предложен Уваковым А. Б. [1]. Он основан на определении скорости бурения, т.е. шароструйно-эжекторный буровой снаряд (ШЭБС) опускался на расчетную глубину через равные промежутки времени при известной скорости проходки скважины. Ограничение применения такой технологии связано с уровнем геологической изученности разреза скважины по глубине.

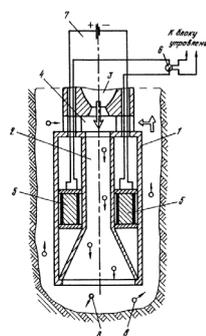
Другим способом оптимального поддержания РСЗ является расхаживание бурового снаряда, когда в процессе бурения через определённые промежутки времени снаряд опускается до забоя, а затем поднимается на необходимое расстояние [2]. В этом случае при контакте снаряда с забоем скважины возникает угроза его деформации под действием осевой нагрузки. Не исключается также возможность гидравлического удара при перекрытии канала бурового снаряда во время его контакта с забоем.

Для решения рассматриваемой проблемы предлагались различные устройства. Например, Л. Леджервуд предложил конструкцию [3], в основе которой лежит использование механического шупа 7 с верхней опорой 8 (рис. 1). При превышении допустимого расстояния до забоя, которое регулируется длиной шупа 7, опора 8 частично перекрывает канал первичного сопла 2, вызывая повышение давления в системе подачи бурового раствора, что сигнализирует о необходимости спускать ШЭБС. Из недостатков можно выделить общую ненадёжность конструкции, вызванную высокой вероятностью деформации шупа. Возможно разрушение участка забоя скважины, расположенного под шупом ШЭБС.

Способ поддержания РСЗ посредством счётчика расхода шаров [4] базируется на том, что каждый шар 8 (рис. 2) во время движения в камере смешения 2 существенно изменяет индуктивность или ёмкость чувствительного элемента 5, что фиксируется счётчиком 6. Оптимальное расстояние от снаряда до забоя устанавливается по максимальному расходу шаров. Предложенная конструкция также имеет недостатки. Первый из них – это необходимость создания канала связи и питания, что усложняет технологическую схему шароструйного бурения. Второй – сложность устройства, как следствие – уменьшение жёсткости и износоустойчивости бурового снаряда за счёт уменьшения его стенок.



**Рис. 1.**  
**Устройство на основе механического шупа:**  
1 – трубчатый элемент;  
2 – первичное сопло;  
3 – кожух; 4 – вторичное сопло;  
5 – бункер; 6 – сетчатый пластинчатый элемент;  
7 – механический шуп;  
8 – верхняя опора шупа;  
9 – нижняя опора шупа



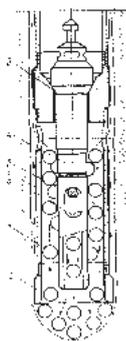
**Рис. 2.**  
**Устройство на основе счётчика шаров:**  
1 – снаряд;  
2 – камера смешения;  
3 – сопло;  
4 – технологические окна;  
5 – чувствительные элементы;  
6 – счётчик;  
7 – источник питания;  
8 – шары

Известно несколько конструкций, которые позволяют поддерживать РСЗ при помощи опорных элементов. Струйный аппарат при этом жёстко удерживается на определённом расстоянии от вооружения, разрушающего периферийную (рис. 3) или центральную (рис. 4) часть забоя вращательным способом.

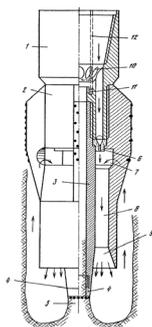
Недостаток первой конструкции (рис.3) [5] состоит в сложности синхронизации работы долота, реализующего совместное разрушение горных пород вращательным и шароструйным способами. То есть, если центральная часть забоя будет разрушаться быстрее или медленнее периферийной, контроль РСЗ будет осложнён. Кроме того, необходимость вращения инструмента снижает значимость применения шароструйного бурения, одним из основных достоинств которого является отсутствие потребности во вращении снаряда.

Недостатком конструкции, представленной на (рис.4) [6], является низкая стойкость, обусловленная воздействием породоразрушающих шаров на опорные элементы снаряда. Она также не лишена недостатков предыдущей конструкции.

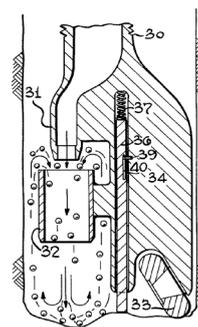
Ещё один вариант применения данного принципа – использование перекатывающейся по забою опоры (рис. 5) [7]. Недостатком данной конструкции являются необходимость вращения ШЭБС, сложность синхронизации работы, бурение шарами малого диаметра.



**Рис. 3.**  
**Шароструйный снаряд**  
**для бурения скважин**  
**(по Увакову А. Б. и**  
**В. В. Штрассеру):**  
1 – корпус;  
2 – породоразрушающий  
опорный башмак; 3 – гнездо;  
4 – струйный аппарат;  
5 – сопло; 6 – камера  
смешения с окнами; 7 – шары;  
8 – головка



**Рис. 4.**  
**Шароструйный снаряд**  
**(по М. М. Майлибаеву):**  
1 – корпус; 2 – ребристая насадка;  
3 – керноприемная труба;  
4 – коронка; 5 – колонка керна;  
6 – сопло; 7 – всасывающие  
окна; 8 – камера смешения;  
9 – конус; 10 – каналы;  
11 – гнездо; 12 – съемная труба с  
кернорвателем



**Рис. 5.**  
**Устройство для шароструйного**  
**бурения (по Ф. Уильямсу):**  
30 – резьба; 31 – первичное  
реактивное сопло;  
32 – вторичное сопло;  
33 – поддерживающее колесико;  
34 – рама; 36 – защитный  
отражатель; 37 – пружина;  
39 – шпилька; 40 – отверстие

Таким образом, проведенный анализ показал, что каждый из рассмотренных способов поддержания требуемого РСЗ имеет существенные недостатки, проблема фактически пока не решена и вызывает необходимость продолжения исследований. Первые лабораторные испытания предложенного нами нового способа оптимизации режимов шароструйного бурения скважин дали обнадеживающие результаты [8].

#### Литература

1. Уваков А. Б. Шароструйное бурение. – М.: Недра, 1969. – 207 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; Томский политех. ун-т. – Томск, 2015. – 143 с.
3. Ковалев А.В., Рябчиков С.Я., Горбенко В.М., Горбенко М.В., Саруев Л.А. Расчет технологических процессов шароструйного бурения в оптимальном режиме разрушения горных пород // Георесурсы, научно-технический журнал: . — 2016. — Т. 18, № 2. — С. 102-106.
4. Патент США № 2724574, кл. 175-28. Hydraulic standoff control for pellet impact drilling / Ledgerwood L. W. – Заявлено 29.01.1952; Оpubл. 22.11.1955.
5. А. с. № 870705, Е 21 С 37/16, Е 21 С 21/00, Е 21 В 7/18. Способ эрозийного 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.
6. А. с. № 417599, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд для бурения скважин / А. Б. Уваков, В. В. Штрассер – № 1451266/22-3; Заявлено 15.06.1970; Оpubл. 28.02.1974.
7. А. с. № 1002498, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд / М. М. Майлибаев – № 3278854/22-03; Заявлено 24.04.1981; Оpubл. 07.03.1983.
8. Патент США № 2868509, кл. 255-61. Pellet impact drilling apparatus / Williams P. S. – Заявлено 07.06.1956; Оpubл. 13.01.1959.
9. Способ шароструйного бурения скважин: Заявка на изобретение № 2016146972/03 РФ от 29.11.2016; МПК (2016.01) Е 21 В 7/18 / А. В. Ковалев, Л. А. Саруев, В. В. Урниш и др. Заявитель и патентообладатель Томский политех. ун-т (ТПУ).