

**ИСПЫТАНИЕ ШАРОСТРУЙНО-ЭЖЕКТОРНОГО БУРОВОГО СНАРЯДА  
НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ НА БАЗЕ СТАНКА СКБ-4**

**А. Р. Вагапов, Е. Д. Исаев**

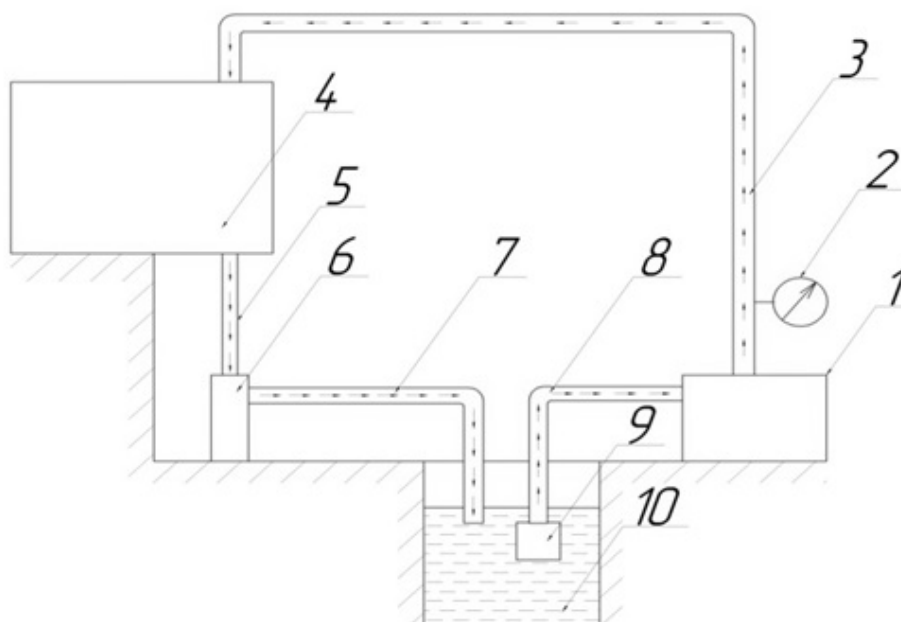
*Научный руководитель доцент А. В. Ковалев*

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

К настоящему моменту всё чаще приходится иметь дело с бурением твёрдых пород, которое характеризуется низкой скоростью проходки, что порождает необходимость создания новых технических средств и технологий, показывающих лучшие технико-экономические показатели.

Одна из перспективных технологий — шароструйный способ бурения скважин. Его начали разрабатывать в США в середине XX века [1], а ныне он является предметом исследования на кафедре бурения скважин Томского политехнического университета (ТПУ) [2, 3]. Суть способа такова. При помощи специально спроектированного шароструйно-эжекторного бурового снаряда (ШЭБС) организуется непрерывное циклическое движение металлических шаров в призабойной зоне скважины и их соударения с самим забоем. Кинетическая энергия движения этих шаров расходуется на разрушение горной породы, а образующийся шлам выносится промывочной жидкостью, как и при традиционном бурении. Данный способ не требует особого переоборудования буровой установки (ключевым компонентом является лишь ШЭБС) и поэтому может быть применён в широком спектре случаев.

Для исследования процессов бурения данным способом на кафедре бурения скважин разработан и смонтирован стенд [4], схема которого показана на рис. 1.



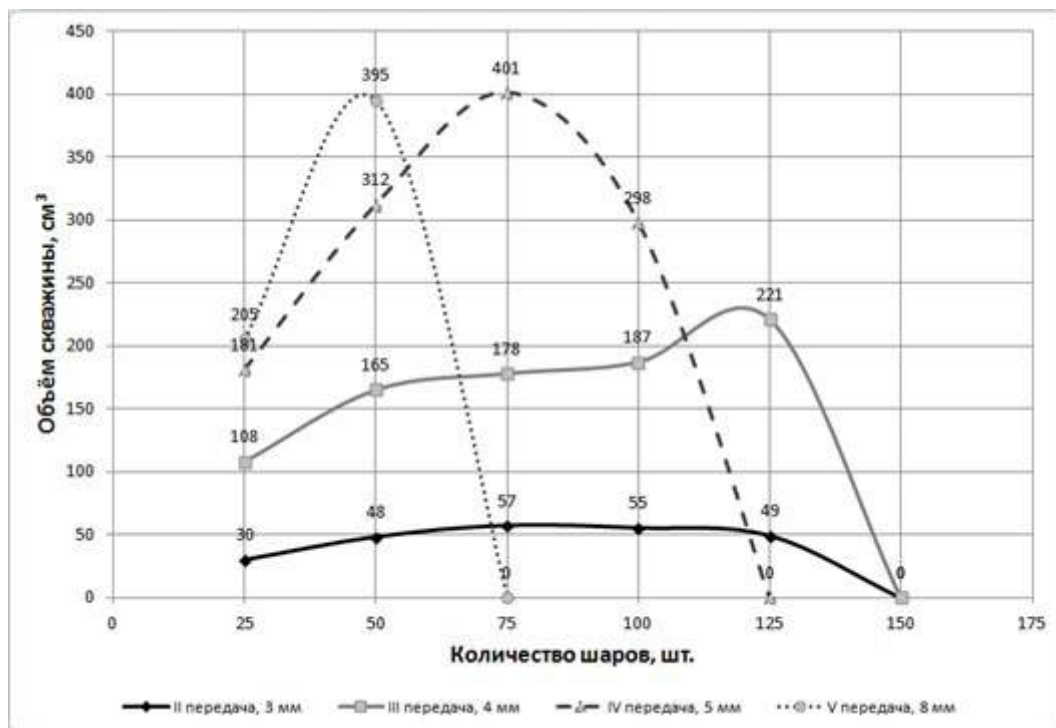
**Рис. 1. Схема стенда для исследования технологических процессов шароструйного бурения:**  
 1 – насос; 2 – манометр; 3 – нагнетательная магистраль; 4 – буровой станок СКБ-4; 5 – бурильная труба;  
 6 – стакан; 7 – сливная магистраль; 8 – всасывающая магистраль; 9 – фильтр;  
 10 – сливная ёмкость (зумпф)

Стакан 6 представляет собой цилиндр для размещения и закрепления заготовки-образца предназначенной для разрушения горной породы, в котором соосно ему подаётся (опускается) ШЭБС.

Методика проведения экспериментальных исследований заключалась в следующем. После закрепления образца породы в стакане в него засыпалось запланированное количество металлических шаров. Далее проводились необходимые настройки оборудования: выбиралась передача на насосе, выставлялось расстояние между снарядом и забоем скважины. Затем включался насос и велось бурение в течение определённого времени. По завершении бурения насос отключался, образец извлекался. Измерялись геометрические параметры полученной модельной скважины: диаметр, глубина и объём.

В спланированной серии экспериментов варьировались три параметра: количество шаров, номинальный расход насоса (его передача) и выбираемый в зависимости от максимально допустимого давления диаметр сопла ШЭБС. В качестве модельного материала использовался габбро-диорит IX категории буримости. Расстояние между снарядом и забоем скважины выбиралось минимально возможным для обеспечения непрерывной циркуляции шаров при бурении (предотвращения заклинки).

По полученным результатам построен график зависимости объёма скважины от количества шаров на разных передачах бурового насоса, приведённый на рис. 2.



**Рис. 2. Зависимость объёма скважины от количества шаров на разных передачах бурового насоса**

В процессе исследований была получена максимальная скорость проходки, равная 0,8 м/ч, что, безусловно, является хорошим результатом.

Анализ графика показывает, что для каждой передачи бурового насоса существует критическое число шаров, при превышении которого объём получаемой скважины начинает падать, и чем выше расход, тем больше интенсивность падения.

Кроме того, как можно заметить, повышение расхода приводит к увеличению эффективности бурения. Однако ещё не удалось получить ответ на вопрос, по какой причине эта закономерность проявилась только в случае с передачами II–IV, минуя V. Возможно, оптимальное число шаров для V передачи лежит между 25 и 50. Установление или опровержение этого факта требует дополнительных исследований.

Обобщая сказанное, можно сделать следующие выводы. Во-первых, необходимы дополнительные исследования в данном направлении, чтобы точнее установить математические зависимости процесса. Во-вторых, было бы полезно проделать подобные эксперименты на более мощном оборудовании, в том числе в полевых условиях.

### Литература

1. 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.
2. Вагапов А.Р., Нечаев Д.А., Дубинский Д.Г. Анализ способов поддержания оптимального расстояния между снарядом и забоем при шароструйном бурении скважин // Труды XX Международного симпозиума студентов и молодых учёных имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск: Изд. ТПУ, 2016. – С. 710–712.
3. Ковалев А.В., Исаев Е.Д. Обоснование требований к конструкции шароструйно-эжекторного снаряда для бурения скважин в интервалах твердых и крепких горных пород // Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Проблемы научно-технического прогресса в бурении скважин», посвященной 60-летию кафедры бурения скважин. – Томск: Изд. ТПУ, 2014. – С. 60–68.
4. Нечаев Д.А., Дубинский Д.Г., Вагапов А.Р. Модернизированный лабораторный стенд для исследования технологических процессов шароструйного бурения // Труды XX Международного симпозиума студентов и молодых учёных имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск: Изд. ТПУ, 2016. – С. 762–763.