

оптимальные значения эксцентриситета приложения ударов находятся в диапазоне от 0 до 2,4 мм; влияние величины эксцентриситета для различных горных пород неодинаково. Так, при разрушении долерита – упруго-хрупкой горной породы – реализуется боковое скалывание единичным алмазным резцом, при котором рациональна малая величина эксцентриситета (не более 2,4 мм по условию эксперимента), а при бурении мрамора – более пластичной горной породы – резание, при котором требуется большее значение эксцентриситета (, поскольку в этом случае необходима большая амплитуда бокового перемещения алмазного резца;

применение водного раствора ПАВ в ряде случаев не оказало положительного влияния на эффективность бурения, так как, по-нашему мнению, скорость образования деформаций в породе в связи с приложением ударных импульсов возрастает и эффект от ПАВ не проявляется. Также, возможно, что угол образования трещин относительно плоскости забоя предразрушения в области забоя при гидроударном бурении с внецентренным нанесением ударов изменяется в сравнении с обычным вращательным бурением, тем самым эффект от ПАВ не проявляется. Возможно также проявление смазывающего эффекта при нанесении ударов, снижающего энергию единичного удара;

дальнейшие исследования процесса бурения породы с нанесением внецентренных ударных импульсов следует проводить в направлении поиска оптимального значения эксцентриситета приложения удара в области малых значений (0 – 2,4 мм), при меньшем значении расстояния от точки приложения удара до забоя и при различных значениях энергии удара в режиме ударно-вращательного бурения.

Литература

1. Нескоромных В.В. Результаты экспериментальных исследований разрушения горных пород внецентренными ударными импульсами/ В.В. Нескоромных // Изв. вузов. Геология и разведка. – М.: 1999. – № 6. – С. 115–120 .
2. Нескоромных В.В. Направленное бурение и основы кернометрии. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2012. – 328 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ШАРОСТРУЙНОГО БУРЕНИЯ

А.Н. Спиридонов, Е.Д. Исаев

Научный руководитель ассистент А.В. Ковалев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одним из наиболее перспективных гидродинамических способов разрушения горных пород является абразивный способ, реализуемый с помощью шароструйного бурения. Данный способ был предложен американскими исследователями И.Э. Эскемем, Ф.Г. Дэйли, Л.У. Леджервудом и др. [3]. Результаты лабораторных и полевых исследований данного способа бурения А.Б. Уваковым [2] показали возможность достижения высоких механических скоростей бурения (до 20 м/час в крепких горных породах), а результаты работы казахского ученого С.А. Заурбекова показали превышение механической скорости на 20% и проходки на долото на 43% по сравнению с серийными долотами при бурении пород средней твердости [1].

На кафедре бурения скважин ведутся исследования в данном направлении, был создан стенд, отработана методика проведения экспериментальных исследований.

Эффективность шароструйного бурения определяется свойствами горных пород, геометрическими параметрами скважины, геометрическими параметрами бурового снаряда и технологическими режимами бурения (рис. 1).



Рис. 1. Классификация факторов, определяющих эффективность шароструйного бурения

Исследование влияния расстояния между долотом и забоем на эффективность шароструйного бурения

Было проведено исследование влияния расстояния между долотом и забоем на эффективность разрушения при забурке скважин. При этом исходными параметрами являлись: Исходные данные: $d_{bc}^{II}=16$ мм, $d_{kc}=8$ мм, $d_c=2$ мм, $\alpha_{zv}=40^\circ$, $h_{mo}=4,2$ мм, $l_{kc}=100$ мм, $\alpha_{pd}=10^\circ$, $h_d=1$ мм, $D_{ш}=3$ мм, $m_{ш}=25$ г, $Q_p=6,7$ л/мин, $t=2$ мин, разрушаемый материал: керамическая плитка, промывочная жидкость: вода.

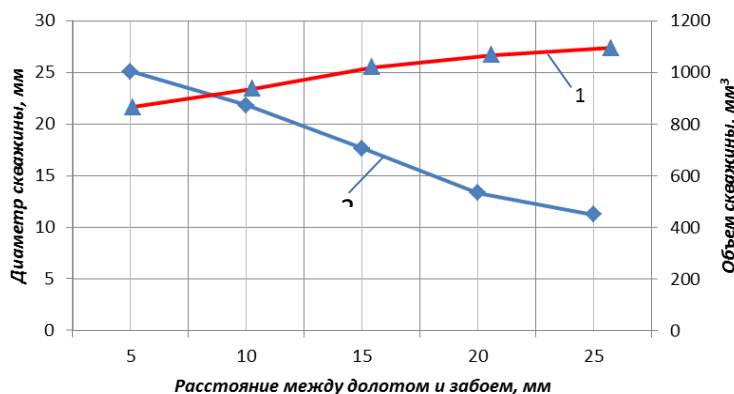


Рис. 2. Зависимость диаметра (1) и объема (2) скважины от расстояния между долотом и забоем

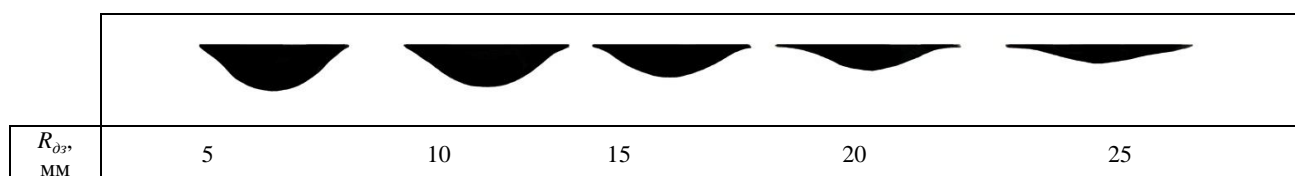


Рис. 3. Изменение формы криволинейной части забоя при варьировании расстояния между долотом и забоем

По полученным результатам можно сделать вывод, что при увеличении расстояния между долотом и забоем увеличивается диаметр скважины и уменьшается ее объем (рис. 2). Изменение формы забоя при увеличении расстояния между долотом и забоем представлено на рис. 3.

Исследование влияния диаметра используемых шаров на эффективность шароструйного бурения

Было проведено исследование влияния диаметра шаров на эффективность разрушения мрамора при бурении скважин с расхаживанием бурового снаряда с периодичностью $t_{рас}$. По окончании бурения замерялись геометрические параметры скважин и сканировалась их форма (рис. 5). Установлено, что при увеличении диаметра шаров увеличивается диаметр скважины, ее глубина и объем.

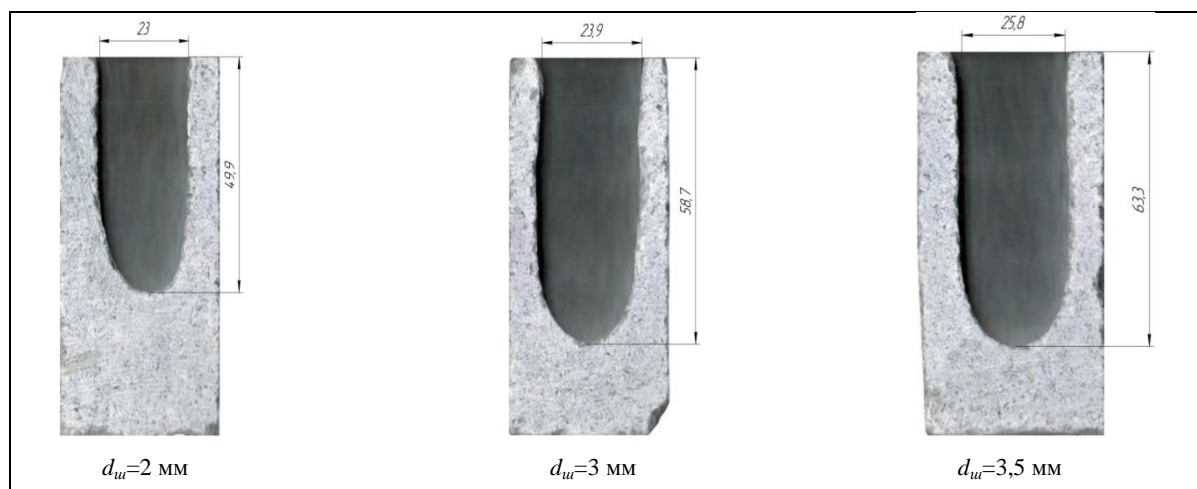


Рис. 5. Форма скважин при варьировании диаметра шаров

Для интерпретации полученных результатов была проведена высокоскоростная съемка. Обработка полученных видеофрагментов позволила посчитать расход, скорости шаров в камере смешения и затрубном пространстве при бурении шарами различных диаметров (табл. 6).

По табл. 2 видно, что в ряду 2–3–3,5 расход шаров и скорость их вылета из камеры смешения уменьшаются. Уменьшение расхода шаров поясняется уменьшением суммарного количества шаров при увеличении их диаметра. Также установлено, что средняя скорость движения шаров от верхнего до нижнего участка камеры смешения увеличивается, что связано с меньшим количеством рикошетов о стенки.

Таблица 2
Расход шаров и средняя скорость движения шаров различного диаметра на разных участках камеры смешения

Диаметр шаров $D_{ш}$, мм	Масса одного шара, г	Расход шаров $Q_{ш}$, шт/с	Общее количество шаров, участвующих в разрушении N , шт	Участок движения в камере смешения	Средняя скорость шаров в камере смешения $V_{кс}^{ш}$, м/с	Средняя скорость шаров в затрубном пространстве $V_{эп}^{ш}$, м/с	Средняя кинетическая энергия одного шара $E_{кин}$ при вылете из бурового снаряда, мДж
2	0,033	1461	304	верхний	7,545	0,949	2,682
				нижний	9,288	0,929	
3	0,111	529	90	верхний	7,397	0,727	7,023
				нижний	8,599	0,602	
3,5	0,175	252	57	верхний	7,091	0,778	9,816
				нижний	7,981	0,743	

Кроме того, анализ представленных данных, показал, что увеличение объема скважины при увеличении диаметра шаров достигается за счет большей кинетической энергии шаров, что приводит к большему объему горной породы, разрушенной при ударе одним шаром. Также при уменьшении диаметра шаров в пространстве под буровым снарядом наблюдается большое количество рикошетов, что приводит к увеличению значения коэффициента γ , следовательно, меньшей эффективности бурения.

Исследование влияния периодичности расхаживания на эффективность шароструйного бурения

Было проведено исследование влияния периодичности расхаживания на эффективность разрушения мрамора при бурении скважин с расхаживанием бурового снаряда. По окончании бурения замерялись геометрические параметры скважин (табл. 3).

Таблица 7
Геометрические параметры скважин при варьировании периодичности расхаживания

Время расхаживания $t_{рас}$, мин	Геометрические параметры скважины				
	Объем скважины $V_{скв}$, мм ³	Диаметр скважины $D_{скв}$, мм	Глубина цилиндрической части скважины $h_{цч}$, мм	Глубина в точке соприкосновения долота с забоем h_0 , мм	Полная глубина скважины h , мм
5	28460	24,1	54	62,3	66,9
10	28480	24,3	49	57,9	61,6
15	29000	26,7	44,9	52,7	57,4
20	28160	28,2	39,5	48,8	51,7
Исходные данные: $d_{ос}^H=16$ мм, $d_{кс}=8$ мм, $d_c=2$ мм, $\alpha_{зв}=40^\circ$, $h_{мо}=4,2$ мм, $l_{кс}=60$ мм, $\alpha_{до}=10^\circ$, $h_0=1$ мм, $d_{ш}=3,5$ мм, $m_{ш}=25$ г, $R_{дз}=10$ мм, $Q_p=6,7$ л/мин, $t=40$ мин, горная порода – мрамор, промывочная жидкость: вода.					

По таблице видно, что при увеличении периодичности расхаживания при относительно постоянном объеме скважины увеличивается диаметр скважины и уменьшается глубина скважины. Кроме того, можно отметить значительные неровности стенок скважины при высоких значениях времени расхаживания.

Выводы:

1. Бурение снарядом выбранной конструкции необходимо производить при минимально возможном расстоянии между долотом и забоем шарами максимально возможного диаметра.

2. Бурение скважин необходимо проводить при расхаживании бурового снаряда. При этом периодичность расхаживания должна быть минимальной, однако достаточной для разработки скважины до требуемого диаметра.

Литература

1. Заурбеков С.А. Повышение эффективности призабойных гидродинамических процессов при шароструйном бурении скважин: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Алматы, 1995. – 18 с.
2. Уваков А.Б. Шароструйное бурение. – М.: Недра, 1969. – 207 с.
3. Eckel I.E., Deily F.H., Ledgerwood L.W. Development and testing of jet pump pellet impact drill bits // Transaction AIME. – Vol. 207. – 1956. – p. 135.