

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ ТИПОВ
КОРОНОК**

С. С. СУЛАКШИН, В. И. ЗВАРЫГИН

(Представлена научным семинаром кафедры техники разведки)

Существенным фактором, влияющим на производительность колонкового бурения геологоразведочных скважин является тип и конструкция коронки. От конструкции буровых коронок и качества твердого сплава в значительной степени зависит успех бурения скважин.

Основными конструктивными элементами, влияющими в той или иной мере на производительность бурения являются:

а) выход резцов из короночного кольца; б) ширина резцов; в) сечение резцов; г) задний угол резцов; д) передний угол резцов; е) форма резцов; ж) ориентировка резцов; з) расположение резцов в короночном кольце по его сечению; и) расположение резцов коронки относительно забоя; к) количество резцов в коронке.

С целью определения оптимальных параметров коронок были поставлены экспериментальные исследования на лабораторной установке. Для исследований применялся буровой станок ЗИФ-75. Запись окружных усилий и осевого давления производилась на бумагу осциллографа Н-700 с помощью специально сконструированного для исследований динамометра. Для записи механической скорости бурения было изготовлено простейшее приспособление, состоящее из деревянного щитка, закрепленного на вертикальной коробке станка и кронштейна, закрепленного на шпинделе.

К щитку кнопками прикалывалась миллиметровая бумага. В процессе бурения с течением времени шпиндель опускался вниз, вместе со шпинделем опускался также кронштейн с поперечной линейкой. Через каждые 10 сек. на миллиметровке по линейке делались пометки карандашом. По величине проходки и соответствующему ей времени определялась механическая скорость бурения.

Основной задачей исследований являлось:

- а) выявление влияния на механическую скорость и окружные усилия числа резцов в коронке;
- б) выявление эффективности работы коронок с резцами, передний угол которых составляет $\gamma = 30^\circ$;
- в) выявление эффективности работы коронок с резцами треугольной формы с плоской передней гранью;
- г) выявление эффективности работы ступенчатых коронок.

Выявление числа резцов в коронке на эффективность бурения

В литературе имеется много работ, посвященных анализу влияния числа резцов на эффективность бурения. С. Б. Кочаров и Н. Ф. Правдюк [4] считают, что количество резцов в коронке должно обязательно учитываться при бурении скважин, так как при малом количестве резцов возможна их поломка и быстрый износ. Е. В. Боровский и Ф. А. Шамшев [1] установили, что существует оптимальное количество резцов, при которых достигается максимум производительности бурения. При большом количестве резцов очень ощутимо снижается механическая скорость бурения, а при малом количестве резцы быстро изнашиваются, в результате чего механическая скорость также быстро падает.

Н. И. Любимов и В. И. Морозов [4] считают, что при увеличении диаметра коронок удельная насыщенность на 1 см^2 торца коронки должна быть постоянной. Однако давая качественную оценку зависимости механической скорости бурения от числа резцов в коронке, предыдущие авторы не устанавливают количественной зависимости $v_{\text{мех}} = f(m)$, также не устанавливают влияния количества резцов на окружное усилие.

Исследование по выявлению влияния числа резцов в коронке производилось при бурении песчаников коронками, армированными твердосплавными резцами № 3903 ($3 \times 3 \times 20$). Количество резцов в коронках состояло 3, 6, 9 и 12. Для всех коронок осевое давление и скорость вращения оставались постоянными, равными $P = 140 \text{ кг}$ и $n = 405 \text{ об/мин}$. Для каждой коронки было поставлено по 8 опытов. Результаты обработки осциллограмм занесены в табл. 1.

Из таблицы следует, что окружные усилия, действующие в процессе бурения на коронки с различным количеством резцов, остаются оди-

Таблица 1

Породы	Величина окружного усилия в кг при количестве резцов в коронке			
	3	6	9	12
Песчаник	70	72	71	75
	73	70	71	69
	80	76	79	78
	69	69	63	65
	74	74	73	72
	81	80	80	79
	76	75	74	74
	70	70	70	69
Средние значения	74	73	72,5	72,5

Таблица 2

Порода	Механическая скорость бурения при числе резцов в коронке, см/мин			
	3	6	9	12
Песчаник	11,04	7,4	6,5	5,6
	2,1	1,5	1,3	1,1
	15,0	10,7	8,4	7,5
	5,5	4,0	3,2	2,8
	3,8	2,6	2,0	1,8
	2,7	2,4	1,6	1,3
	12,8	8,7	7,5	6,3
	10,3	6,5	5,5	5,0
Средние значения	7,75	5,9	4,5	3,9

наковыми. Следовательно, окружные усилия, действующие на коронку при бурении, не зависят от числа резцов.

Результаты экспериментальных данных по выявлению зависимости механической скорости бурения от количества резцов в коронке представлены в табл. 2 и на графике 1.

Из анализа полученных результатов видно, что при увеличении числа резцов в коронке в одинаковых условиях бурения механическая скорость бурения, а следовательно, глубина внедрения резцов (за один оборот) снижается. Из табл. 1 и рис. 1 также видно, что механическая скорость бурения обратно пропорциональна корню из числа резцов в коронке:

$$v_{\text{мех}} = \frac{k_m}{\sqrt{m}}, \quad (1)$$

здесь k_m — коэффициент пропорциональности.

На графике пунктиром построена теоретическая кривая, рассчитанная по формуле (1). Сравнение теоретической и фактической кривых показывает, что они близко расположены друг к другу.

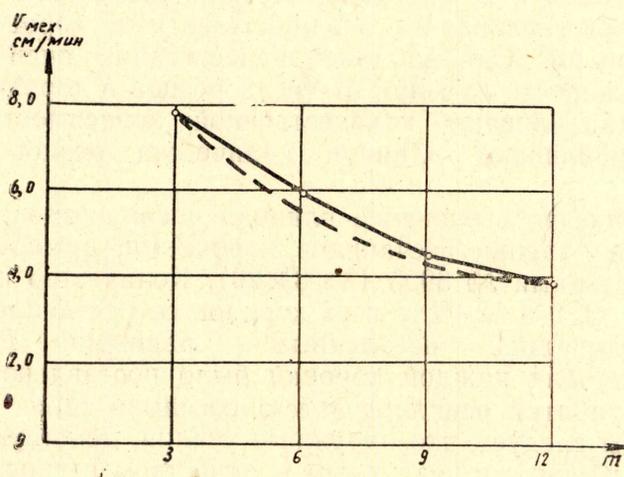


Рис. 1. Зависимость механической скорости бурения от числа резцов в коронке

Исследование коронок с резцами, имеющими передний угол, равный $\gamma = +30^\circ$

В процессе экспериментальных исследований единичных резцов с различными значениями передних углов γ было установлено, что наиболее оптимальными передними углами резцов являются $\gamma = + (30 \div 45^\circ)$. Для проверки эффективности работы коронок с резцами, установленными в короночном кольце под углом $\gamma = 30^\circ$ непосредственно в процессе бурения, были изготовлены и испытаны соответствующие коронки $\varnothing 46$ мм с тремя и шестью резцами. Передняя грань резцов была обнажена за счет специального выреза. Для сравнения одновременно с исследованием указанных коронок проводились испытания обычных коронок (коронок с нормально установленными резцами) также с 3 и 6 резцами. Исследования коронок были проведены на вышеописанной лабораторной установке при бурении песчаников Анжерского месторождения.

При сравнении результатов, полученных после обработки экспериментальных исследований при резании коронками с нормально и наклонно поставленными резцами (табл. 3) видно, что механическая скорость бурения в последнем случае при одинаковом количестве резцов значительно выше.

Таблица 3

Коронка и число резцов m	Скорость вращения коронки, об/мин	Средняя механическая скорость бурения см/мин при осевом давлении, кг		
		140	240	340
Коронка с $\gamma = 30^\circ$ и $m = 3$	205	3,5	6,5	10,1
	405	5,5	10,5	14,2
	810	7,0	12,6	18,9
	203	2,6	4,4	7,5
Коронка с $\gamma = 0^\circ$ $m = 3$	405	4,1	6,5	10,1
	810	5,4	9,0	15,1
	203	2,5	4,6	7,1
Коронка с $\gamma = 30^\circ$ $m = 6$	405	3,8	7,0	10,5
	810	5,1	8,9	14,3
	203	1,8	3,2	5,1
Коронка с $\gamma = 0^\circ$ $m = 6$	405	2,8	4,3	7,3
	810	3,9	6,0	10,5

Исследование коронок с резцами, имеющими клиновидную форму режущей кромки с плоской передней гранью

Согласно экспериментальным исследованиям формы режущей кромки резца наиболее оптимальной является клиновидная форма. Но при бурении коронкой, в которой все резцы имеют клиновидную форму ожидаемого эффекта не получается. Наоборот, механическая скорость бурения в этом случае значительно ниже скорости бурения обычными коронками с одинаковым количеством резцов. Это, видимо, объясняется тем, что с увеличением глубины резания длина контакта резца с породой значительно больше при клиновидной режущей кромке, чем при прямой. Очевидно, что наибольшая эффективность бурения коронками с клиновидной формой режущей кромки будет в том случае, когда указанные резцы будут иметь возможность внедряться в породу с выровненной площадки при достаточной величине свободного пространства.

Для того чтобы резец имел такую возможность, необходимо помимо клиновидных резцов, используемых в качестве врубовых, устанавливать дополнительные призматические или пластинчатые резцы. Таким образом, клиновидный (врубовой) резец, выступающий над остальными на некоторую величину, в процессе бурения все время будет внедряться в подготовленную отбойными резцами площадку. В то же время сам резец в результате его способности внедряться на большую глубину при действии на него относительно небольших нагрузок создает возможность для более благоприятных условий работы отбойных резцов. Но при изготовлении коронок, видимо, следует учитывать величину выхода клиновидных резцов относительно отбойных. С одной стороны, чем больше глубина канавки, прорезанная врубовым резцом, т. е. чем больше его выход относительно отбойных резцов, тем благоприятнее условия работы отбойных резцов, тем выше производительность коронки. Но чем больше выход клиновидных резцов, тем больше величина контакта режущей кромки с породой, тем меньше эффективность используемых резцов (по сравнению с обычными). Очевидно, что наибольшая эффективность клиновидных резцов будет в том случае, когда

общая длина контакта режущей кромки с породой будет меньше ширины обычного резца.

Для экспериментальных исследований были изготовлены коронки с тремя резцами: врубовым с клиновидной режущей кромкой и двумя пластинчатыми формы Г-3. Врубовой резец для разных коронок выступал над остальными на высоту Δh , равную 3 мм; 0,5 мм. При бурении коронками с врубовыми резцами, выступающими над остальными на 3 мм, механическая скорость бурения по сравнению с $v_{\text{мех}}$ для коронок со всеми тремя призматическими резцами меньше в 1,1 ÷ 1,2 раза. При бурении коронками с $\Delta h = 0,5$ мм механическая скорость бурения испытываемых коронок очень резко возрастает по сравнению с обычными коронками (примерно в 1,7 раз), как это видно из табл. 4.

Таблица 4

Коронка	Скорость вращения коронки, об/мин	Средняя механическая скорость бурения мех. см/мин при осевом давлении, кг		
		140	240	340
С клиновидными врубовыми резцами	203	4,8	7,8	12,0
	405	7,2	10,2	18,5
	810	10,0	16,0	24,0
Обычная с призматическими резцами Г-3	203	2,8	4,3	6,7
	405	4,2	6,5	11,0
	810	5,5	7	13,2

Исследование коронок со ступенчатым расположением резцов

На основании теоретических исследований было установлено, что наиболее благоприятной при резании горных пород является ступенчатая форма забоя.

Об эффективности бурения коронок со ступенчатым расположением резцов было также отмечено рядом других авторов. М. М. Цукуров экспериментально установил, что ступенчатая коронка при бурении песчаных сланцев по сравнению с обычными коронками повысила скорость бурения на 55% [3]. О влиянии ступенчатой формы забоя на эффективность бурения отмечалось и В. Н. Новитченко. При бурении ударным способом сплошным забоем Ф. И. Волков [2] установил, что скорость бурения ступенчатыми коронками выше, чем $v_{\text{мех}}$ обычными коронками на 30—40%, а износостойчивость в 2,5—6 раз.

Ф. И. Кучерявый [3] также провел серию опытов по бурению апатитовых пород коронками со ступенчатым расположением резцов. При этом врубовые резцы выступали на 1,5 мм больше, чем отбойные. На основании экспериментов он сделал следующие выводы:

1. При малых усилиях подачи ступенчатая коронка по эффективности работы не отличается от обычной.

2. Эффективность работы ступенчатой коронки по сравнению с работой обычной коронки может быть увеличена на 30%.

Но все вышеприведенные исследования проводились коронками, у которых врубовые резцы выступали относительно отбойных на незначительную величину, в результате чего высота уступа была очень малой. Последнее обстоятельство сказывается на распределении напряжений в породе. Вполне очевидно, что высота уступа существенно

влияет на характер распределения напряжений. При теоретических исследованиях нами было установлено, что при резании породы по краю канавки глубиной достаточно большой величины (глубиной, позволяющей полному развитию напряжений, характерной при резании по краю образца) на отбойные резцы действуют усилия, в 4 раза меньшие, чем на врубовые при их одинаковой ширине. В результате этого и эффективность бурения должна возрасти. Поэтому для того, чтобы создать возможность для полного развития напряжений в уступе, коронки следует изготавливать с достаточно большим расстоянием между режущими кромками врубовых и отбойных резцов. Для определения эффективности ступенчатых коронок с большим выходом врубовых резцов относительно отбойных были проведены специальные исследования.

Для экспериментальных исследований были изготовлены коронки с шестью резцами: тремя врубовыми шириной 3 мм и длиной 20 мм, армированных по торцу передовой ступени (ширина ступени 2,5 мм), и тремя подрезными резцами шириной 8 мм, расположенными на второй ступени, отстоящей от первой на 20 мм. Резцы первой ступени запаивались в коронку без выхода над торцом, затем передняя грань резцов обнажалась на высоту 5 мм специальным вырезом и затачивалась задняя грань резца вместе с торцом коронки. Такая заточка уменьшает выход резца, а следовательно, предохраняет его от поломки.

Для сравнения одновременно проводились опыты с обычной коронкой, армированной 6 призматическими резцами $3 \times 3 \times 20$ мм.

Результаты сравнения экспериментальных данных (табл. 5) показывают, что, хотя общая ширина кольца намного увеличилась, механическая скорость бурения коронками со ступенчатым расположением резцов примерно в 1,9 раза выше, чем обычной коронки.

Таблица 5

Коронка, число резцов	Скорость вращения коронки, об/мин	Средняя механическая скорость бурения см/мин при осевом давлении, кг		
		140	240	340
Со ступенчатым расположением резцов (6 резцов)	203	4,2	7,3	11,3
	405	6,1	10,5	16,2
	810	8,4	14,4	21,8
Обычная, 6 резцов № 1309	203	2,3	4,0	5,6
	405	3,2	5,5	8,0
	810	4,5	8,5	10,2

Выводы

1. В результате экспериментальных исследований установлено, что с увеличением количества резцов в коронке при одинаковых условиях резания механическая скорость бурения обратно пропорциональна корню квадратному из количества резцов.

2. Механическая скорость бурения для коронок с резцами, установленными под углом $\gamma = 30^\circ$ значительно выше, чем при бурении обычными коронками в идентичных условиях с передним углом у резцов $\gamma = 0^\circ$.

3. Механическая скорость бурения коронками со ступенчатым расположением резцов и врубовыми резцами клиновидной формы увеличивается почти в два раза по сравнению с обычными коронками.

4. Проведенные исследования позволяют рекомендовать более современные конструкции коронок, использование которых в практике работ существенно повысит производительность колонкового бурения скважин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. В. Боровский, Ф. А. Шамшев. Изучение технологического процесса бурения. Тр. ЦНИГРИ, вып. 95, 1937.
2. Ф. И. Волков, С. Л. Иофин, М. Л. Стебаков. Пневматическое бурение глубоких скважин в крепких породах. Горный журнал № 1, 1954.
3. Ф. И. Кучерявый. Пути повышения эффективности работы коронки со ступенчатым расположением резцов. Разведка и охрана недр, № 3, 1957.
4. Н. И. Любимов, В. И. Морозов. Роль удельной насыщенности резцами в твердосплавных коронках. Разведка и охрана недр, № 6, 1954.