

ДРОБОВОЕ БУРЕНИЕ СКВАЖИН НА ПОВЫШЕННЫХ СКОРОСТЯХ ВРАЩЕНИЯ СНАРЯДА

П. Ф. ПАЛЬЯНОВ

По просьбе одного геолого-разведочного треста кафедра разведочного дела организовала и провела летом 1953 г. экспериментальные исследования по установлению оптимальных режимов дробового бурения.

Необходимость проведения данных экспериментальных работ в геолого-разведочной партии была вызвана тем, что при наличии большого количества работающих буровых вышек единого режима бурения не существовало; каждый мастер задавал режимы, пользуясь своим собственным опытом. Поэтому при анализе работы буровых вышек партии были обнаружены существенные расхождения в режимах работы отдельных буровых вышек при бурении в аналогичных условиях. Эти расхождения наблюдались в числах оборотов бурового снаряда, в способах питания скважины дробью, в осевом давлении на забой, а также в промывке скважин.

Поэтому очень важно было выработать единый режим бурения для геолого-разведочной партии в целом, который можно было бы рекомендовать для бурения на всех буровых вышках, учитывая при этом необходимость повышения производительности бурения скважин.

Проведенные экспериментальные работы по исследованию оптимальных режимов бурения в партии позволили обобщить опыт работы всех буровых вышек и разработать единый режим бурения для данного геологического разреза, что в конечном счете привело к упорядочению работы отдельных буровых бригад, к повышению производительности бурения скважин при максимально возможном использовании оборудования, инструмента и соответствующих материалов.

Для постановки экспериментальных исследований в партии была оборудована одна буровая вышка, которая была снабжена соответствующими приборами и приспособлениями для производства замеров различных характеристик. Вышка была оборудована трехногим пятнадцатиметровым бревенчатым копром и имела три полка с лестницами.

Для установления оптимальных режимов дробового бурения был использован буровой станок КАМ-500, при этом между станком и электромотором была установлена трансмиссия со шкивами различных диаметров. Если нормальные числа оборотов шпинделя, рекомендованные для бурения станком КАМ-500, составляют 72, 120 и 200 об/мин [2], то благодаря трансмиссии на экспериментальной установке были достигнуты числа оборотов шпинделя на холостом ходу, равные 170, 270 и 415 об/мин. Таким образом, экспериментальное бурение проводилось на повышенных числах оборотов бурового снаряда.

Промывка скважин производилась глинистым раствором нормального состава с удельным весом $1,15 \text{ г/см}^3$.

Силовая установка буровой вышки состояла из двух электромоторов трехфазного тока 220/380 вольт. Первый мотор мощностью 27 кВт приводил в движение через трансмиссию буровой станок, второй — мощностью 14 кВт

был установлен для привода насоса и глиномешалки. Мощность мотора бурового станка была вполне достаточной для работы на самых тяжелых режимах бурения.

Штанговая колонна была собрана из штанг диаметром 50 мм с наваренными предохранительными кольцами и с ниппельным соединением. Длина свечи составляла 9 м.

Для регулирования осевого давления на забой скважины на буровом станке был установлен регулятор давления системы С. А. Волкова.

На особом щитке были установлены вольтметр и амперметр. Замер чисел оборотов бурового станка производился счетчиком оборотов. Для питания скважины дробью использовался затвор системы К. Г. Володченко, установленный на штанговом сальнике. Бурение проводилось в интервале от 80 до 210 м.

Организация работ на экспериментальной буровой вышке была осуществлена следующим образом. Работы велись в три смены, причем буровая бригада состояла из трех сменных бригад. В составе сменной бригады было 4 человека: сменный мастер, старший и младший буровые рабочие и один хронометражист. В обязанность последнего входило вести документацию процесса бурения в специальной хронокарте.

С буровой вышки на период проведения экспериментальных работ производственный план был снят, а оплата труда рабочих буровых бригад производилась из расчета среднемесячного заработка.

В план работы входило установить:

- 1) наивыгоднейшее число оборотов при дробовом бурении скважин в соответствующих геологических условиях;

- 2) оптимальное давление на забой скважины;

- 3) влияние форсированных режимов бурения на выход керна.

Промывка скважин производилась глинистым раствором, при этом количество подаваемой промывочной жидкости устанавливалось при бурении, исходя из рекомендаций временной инструкции по колонковому бурению [4].

Документация и точность полученных результатов. Запись определенных характеристик проводилась в процессе экспериментального бурения в хронокартах установленной формы, где отмечалось точное время начала и конца той или иной операции, количество засыпаемой дроби (необходимая порция дроби для питания скважины предварительно взвешивалась на весах), число оборотов в минуту шпинделя станка и осевое давление на забой в кг/см^2 рабочей площади торца коронки.

Замеры углубки бурового снаряда производились через каждые 10—15 минут и также отмечались в хронокарте.

При обработке хронокарт производились вычисления скорости углубки в см/мин и строились графики углубки скважины по времени и т. д.

Для получения более надежных результатов в процессе экспериментального исследования на каждом установленном режиме бурение производилось в течение 3—4 рейсов, при этом рейс обычно доводился по длительности до 8-часовой рабочей смены.

На буровых установках партии обычными скоростями вращения снаряда были 80 и 140 об/мин. Экспериментальные работы нам удалось успешно провести на скоростях вращения бурового снаряда 170 и 270 об/мин. При скорости вращения 415 об/мин надежных результатов получить не представилось возможности, так как вследствие больших чисел оборотов бурового снаряда происходили частые обрывы штанг, выход из строя бурового станка и другие аварии. Поэтому результаты бурения, соответствующие скорости вращения снаряда 415 об/мин, нами здесь не рассматриваются.

Первый этап работы

На первом этапе работы экспериментальной буровой вышки была поставлена задача установить оптимальную наивыгоднейшую скорость вращения бурового снаряда в процессе бурения, то есть такую скорость вращения снаряда, при которой получилась бы наибольшая производительность бурения.

Бурение производилось коронками диаметром 110 мм по породам IX и X категорий (сиенитдиориты, диориты и окварцованные диориты).

Современная точка зрения на допустимые числа оборотов при дробовом бурении такова. Б. И. Воздвиженский [1] рекомендует для коронок диаметром до 115 мм скорость вращения бурового снаряда принимать в пределах 140—200 об/мин. К. Г. Володченко [2] при выборе числа оборотов снаряда рекомендует исходить из окружной скорости коронки, которая для крепких пород принимается 0,6 м/сек, а для менее крепких—до 0,8 м/сек. В данных работах указывается также, что с увеличением числа оборотов снаряда (до 300 об/мин) производительность бурения возрастает почти прямо пропорционально окружной скорости.

Исходя из принятой К. Г. Володченко окружной скорости коронки, равной 0,6 м/сек для крепких пород, коронка диаметром 110 мм должна работать при числе оборотов 105 об/мин.

„Временная инструкция по колонковому бурению“ [4] указывает, что скорость дробового бурения возрастает по мере увеличения окружной скорости вращения коронки. При бурении станком КАМ-500 для коронки диаметром 110 мм рекомендуется число оборотов шпинделя принимать 180—200 об/мин, исходя из окружной скорости коронки, равной 0,95—1,05 м/сек. При наличии новых многоскоростных станков и при новой равнопрочной штанговой колонне рекомендуется переходить на большие окружные скорости вращения коронки до 1,5—2 м/сек.

Увеличение скорости вращения снаряда способствует лучшему перераспределению работоспособной дроби под торцом коронки и поступлению свежей нерасколотой дроби на забой скважины. Но в то же время чрезмерное увеличение числа оборотов коронки повлечет за собой вынос дроби из внутреннего кольцевого пространства во внешнее под действием центробежной силы. Так, при числе оборотов 160 об/мин коронки диаметром 110 мм центробежная сила [3], откидывающая дробь в сторону, будет больше, чем вес самой дроби, при условии, что дробь вращается с той же окружной скоростью, что и коронка.

Вероятно, что дробь вольчится за коронкой и будет вращаться с гораздо меньшей окружной скоростью за счет трения о породу, чем коронка. Поэтому предельные числа оборотов коронки, при которых дробь начнет испытывать центробежные силы большие, чем вес ее, будут выше подсчитанных.

И. А. Остроушко [3] описывает оригинальные опыты дробового бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин на больших числах оборотов бурового снаряда до 600—1200 об/мин и выше. При таких больших скоростях вращения бурового снаряда дробь под влиянием центробежной силы выносилась из внутреннего кольцевого зазора во внешний, поэтому для большей эффективности работы буровые коронки снабжались специальными винтовыми ограничителями с левой резьбой и большим шагом нарезки. Эти коронки при работе прижимали дробь к забою и повышали эффективность бурения.

Зависимости скорости углубки скважины от числа оборотов бурового снаряда, полученные нами при бурении, таковы. Бурение производилось по породам IX и X категорий при скоростях вращения снаряда 170 и 270 об/мин и при давлении 20 и 25 кг/см² рабочей площади торца коронки.

Давление на забой кг/см^2	Категория пород	Скорость бурения мм/мин при		Увеличение скорости бурения		Увеличение скорости вращения $\text{в } \%$
		170 [*] об/мин	270 об/мин	в мм/мин	в %	
20	IX	14,5	18,0	3,5	30	60
20	X	7,0	10,5	3,5	50	60
25	IX	20,0	25,5	5,5	27	60
25	X	10,5	14,0	3,5	33	60

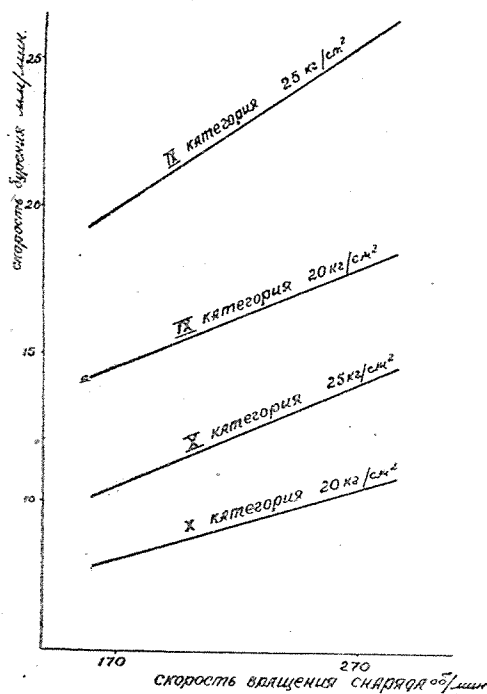
Таким образом, в наших опытах с увеличением скорости вращения бурового снаряда увеличивается и скорость дробового бурения.

При увеличении скорости вращения снаряда от 170 до 270 об/мин существенно увеличивается и скорость бурения скважины как по породам IX категории, так и по породам X категории, причем увеличение скорости бурения более заметно в крепких породах.

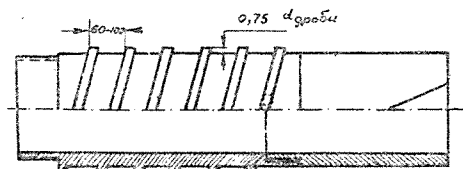
График зависимости скорости бурения от скорости вращения бурового снаряда дан на фиг. 1.

Итак, увеличение скорости вращения бурового снаряда приводит к увеличению скорости бурения, поэтому в процессе колонкового дробового

бурения весьма выгодно работать на повышенных числах оборотов. Но, как мы уже указывали выше, при большом увеличении скорости вращения коронки дробь из внутреннего кольцевого зазора будет переходить под действием центробежной силы во внешний кольцевой зазор и скорость бурения будет уменьшаться. Для предотвращения этого явления нами была применена коронка с внешним винтовым ограничителем (подобно коронкам И. А. Остроушко), причем резьба на коронке была выполнена с большим шагом порядка 60—100 мм с левым направлением нарезки (фиг. 2). Необходимость во внутренней вин-



Фиг. 1. Зависимость скорости бурения от скорости вращения снаряда



Фиг. 2. Коронка с наружным винтовым ограничителем

товой нарезке в коронке отпадает, так как здесь дробь будет поступать под торец коронки под действием собственного веса. Изготовленные по этому принципу и испытанные в процессе наших экспериментальных работ коронки дали положительные результаты.

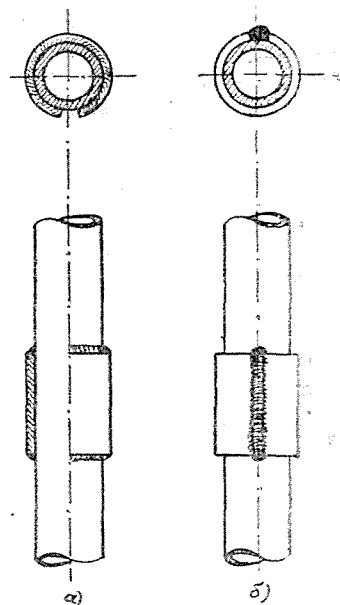
Общеизвестно, что увеличение числа оборотов бурового снаряда влечет за собой еще и другое весьма неприятное последствие—в этом случае соответственно увеличивается износ штанг и колонковых труб за счет усиленного их истирания о стенки скважины. Износ снаряда при больших скоростях вращения особенно сильно наблюдается при бурении глубоких скважин и приводит к уменьшению срока его службы, к обрывам штанг, к авариям и другим осложнениям при бурении.

Очевидно, что, исходя из наиболее надежной работы бурового снаряда, необходимо признать более целесообразным повышенные скорости вращения при бурении в скважинах на небольших глубинах, а по мере увеличения глубины скважины скорость вращения снаряда следует снижать во избежание усиленного износа штанговой колонны и для предотвращения аварий.

На этом основании можно указать, что при бурении скважин коронками диаметром 110 мм в интервале до 100—120 м скорость вращения снаряда следует доводить до 210—250 об/мин и выше, то есть работать на 3-й скорости станка КАМ-500; при бурении в интервале 100—200 м скорость вращения снаряда следует снижать и работать на 2-й скорости, то есть при 130—150 об/мин, а при бурении скважин глубиной свыше 200 м скорость вращений снаряда следует еще более снижать и доводить до 80—110 об/мин, то есть работать на 1-й скорости.

Такой режим бурения несомненно является наиболее эффективным по сравнению с режимом бурения на всех интервалах глубин с одинаковой скоростью вращения бурового снаряда.

В процессе бурения особое внимание следует уделять профилактическим мерам со штанговой колонной. Для более долговечной работы штанговой колонны на штанги следует приваривать электрической или газовой сваркой предохранительные кольца, которые предотвращают чрезмерный износ штанг от трения во время их вращения в скважине. На каждую штангу длиной 4,5 м необходимо наваривать не менее трех колец, при этом два кольца привариваются на расстоянии 30—40 см от концов штанги и одно—по середине. На практике встречается два вида приварки предохранительных колец к штангам (фиг. 3). В первом случае (схема а) предохранительное кольцо приваривается к штанге двумя швами, причем швы делаются с торцов кольца и огибают штанги. Во втором случае (схема б) делается один шов на стыке кольца по оси штанги.



Фиг. 3. Наварка предохранительных колец на штанги

Практика наших экспериментальных работ показала, что приварка колец по второму способу является наиболее надежной в работе, так как сварка по первому случаю влечет за собой остаточные деформации в теле штанг по всему сечению штанги и делает ее менее прочной в месте сварочного шва. Кроме того, нередко наблюдается и такое явление, что в месте шва вследствие чрезмерного перегрева тела штанги в момент сварки появляются сквозные отверстия-щели, которые влекут за собой усиленную утечку промывочной жидкости из штанг в скважину. Эти отверстия-щели, обычно невидимые для глаза, в большей степени присущи первому виду сварки.

В процессе бурения предохранительные кольца усиленно истираются и время от времени их необходимо обновлять. Поэтому перед началом бурения новой скважины во время демонтажа и монтажа буровой вышки следует

тщательно проверять исправность наваренных колец и износившиеся кольца или заменять, или приваривать рядом новые.

Такая профилактика приведет к тому, что, кроме увеличения сроков службы бурового снаряда, увеличится и производительность бурения, так как в этом случае можно увеличивать скорости вращения бурового снаряда.

Второй этап работы

На втором этапе работы ставилась задача установить наивыгоднейшее оптимальное осевое давление на забой скважины в процессе дробового бурения при повышенных числах оборотов бурового снаряда.

Осевое давление на дробовую коронку принимают обычно исходя из удельного давления, то есть давления на 1 см^2 рабочей площади торца дробовой коронки.

При дробовом бурении давление на забой устанавливается в зависимости от твердости проходимой породы и качества дробы. Рекомендуемые значения удельного давления при бурении таковы. Б. И. Воздвиженский [1] рекомендует принимать давление на забой равным $15\text{--}25 \text{ кг}$ на 1 см^2 рабочего торца коронки, К. Г. Володченко [2]— $15\text{--}20 \text{ кг/см}^2$ и „Временная инструкция по колонковому бурению“ [4] рекомендует $20\text{--}25 \text{ кг/см}^2$.

Проведенные нами исследования в этой области показали следующие результаты. На различных скоростях вращения снаряда задавались различные значения осевого давления на забой скважины. Так, при числе оборотов бурового снаряда, равном 170 об/мин, было проведено бурение при осевом давлении на забой 15, 20, 25, 30 и 35 кг/см^2 рабочей площади торца коронки. При этом для бурения использовалась дробь № 3. Затем скорость вращения бурового снаряда была увеличена до 270 об/мин и бурение было произведено при давлениях на забой в 20, 25 и 30 кг/см^2 площади торца коронки.

Результаты, полученные при этих испытаниях, сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Скорость вращения снаряда об/мин	Категория пород	Скорость бурения в мм/мин при удельном давлении на забой в кг/см ²				
		15	20	25	30	35
170	IX	12,5	14,5	29	14,0	12,0
	X	—	7,0	10,5	7,0	6,0
270	IX	—	18,0	25,5	16,5	—
	X	—	10,5	14,0	9,5	—

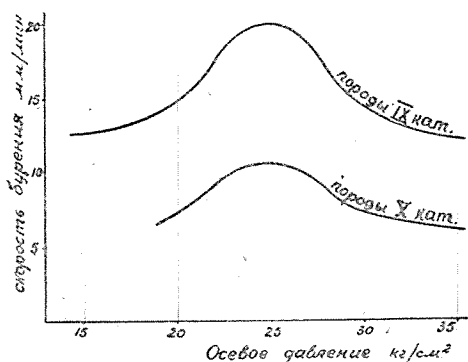
Зависимость скорости бурения от величины осевого давления на забой скважины приведена на фиг. 4 для числа оборотов бурового снаряда 170 об/мин и на фиг. 5—для 270 об/мин.

Первая серия опытов (фиг. 4, верхняя кривая), проводившаяся при 170 об/мин снаряда, при бурении по породам IX категории дает полное представление о зависимости скорости углубки скважины от удельного осевого давления на забой при давлениях 15, 20, 25, 30 и 35 кг/см^2 рабочей площади торца коронки. Как видно из графика, при увеличении удельного осевого давления на забой от 15 до 25 кг/см^2 площади торца коронки скорость бурения скважины увеличилась с 12,5 до 20 мм/мин. При дальнейшем увеличении осевого давления на забой скорость бурения падала и при 30 кг/см^2 скорость бурения достигла 14 мм/мин, а при 35 кг/см^2 —12 мм/мин.

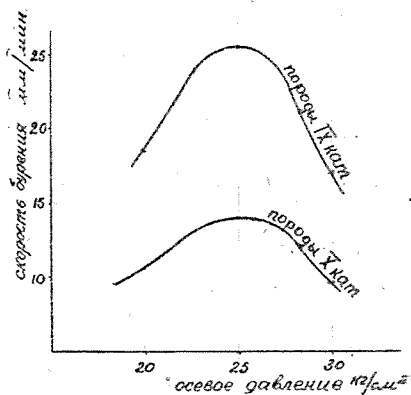
Аналогичная картина наблюдалась и при бурении по породам X категории (фиг. 4, нижняя кривая), когда скорость бурения скважины достигла своей максимальной величины также при удельном осевом давлении в 25 кг/см^2 рабочей площади торца коронки.

Вторая серия опытов (фиг. 5) при скорости вращения снаряда 270 об/мин. также показала, что наилучшая скорость бурения получается при давлении на забой, равном 25 кг/см^2 рабочей площади торца коронки.

Таким образом, с увеличением удельного осевого давления на забой скважины при дробовом бурении скорость бурения изменяется, достигая своего максимального значения при 25 кг/см^2 рабочей площади торца коронки. При дальнейшем увеличении давления свыше оптимального скорость бурения резко падает. В этом случае дробь на забое скважины быстро раскалывается и, измельчаясь, превращается в мелкий неработоспособный дробовой шлам. Как сообщает И. Х. Зеленин [5], этому оптимальному давлению соответствует и наименьший расход дробы и коронок.



Фиг. 4. Зависимость скорости бурения от осевого давления при 170 об/мин.



Фиг. 5. Зависимость скорости бурения от осевого давления при 270 об/мин.

Поэтому очень важно при дробовом бурении скважин придерживаться именно этого максимально невыгоднейшего удельного осевого давления на забой, а именно давления в 25 кг/см^2 рабочей площади торца коронки, поскольку данное осевое давление обеспечивает максимальную скорость бурения. Снижение давления, также как и его повышение относительно оптимального, приводит к снижению производительности бурения скважин.

В процессе экспериментального бурения на повышенных скоростях производилось постоянное наблюдение за выходом керна. На всех режимах бурения наблюдался в основном 100-процентный выход керна. Но вследствие недостаточной внимательности отдельных буровых мастеров при заклинке и подъеме керна в отдельные смены керна или не полностью был заклинен и извлечен, или вследствие плохой заклинки и ударов бурового снаряда при подъеме терялся в скважине. Поэтому общий выход керна по экспериментальной скважине составил 70%, что вполне соответствовало плановому заданию выхода керна.

Таким образом, в наших условиях работа бурового станка на повышенных скоростях не влияла отрицательно на выход керна.

Заключение

Проведенные экспериментальные исследования режимов дробового бурения показали, что для получения наибольшей производительности может быть рекомендован следующий режим бурения.

1. Бурение следует проводить на повышенных скоростях вращения бурового снаряда. В интервале от 0 до 100 м следует бурить на III скорости станком КАМ-500, от 100 до 200 м—на II скорости и свыше 200 м переходить на первую скорость. Это мероприятие при наибольшей скорости бурения приведет к значительному удлинению срока службы бурового снаряда.

2. Для предотвращения быстрого износа штанг к ним необходимо приваривать предохранительные металлические кольца.

3. Осевое давление на забой необходимо установить исходя из оптимального удельного давления 25 кг/см^2 рабочей площади торца коронки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куличихин Н. И., Воздвиженский Б. И. Разведочное бурение. Госгеолиздат, 1949.

2. Володченко К. Г. Колонковое разведочное бурение. Госгеолиздат, 1953.

3. Остроушко И. А. Разрушение горных пород при бурении. Госгеолиздат, 1952.

4. Временная инструкция по колонковому бурению. Госгеолиздат, 1951.

5. Зеленин И. Х. Опыт бурения скважин стальной дробью. Журн. „Разведка недр“, № 2, 1953.