

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ УГЛУБКИ ОТ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ДРОБОВОМ БУРЕНИИ

И. С. МИТЮШКИН и В. И. МОЛЧАНОВ

Летом 1952 года в условиях производства кафедрой разведочного дела были проведены эксперименты, направленные на исследование режимов дробового бурения. Данные экспериментов, проверенные дополнительными опытами на учебной буровой вышке, позволяют сделать некоторые выводы об оптимальном режиме бурения.

Под оптимальным режимом бурения подразумевается сочетание параметров, обеспечивающих максимальную скорость углубки при данных геологических и технических условиях.

Главнейшими параметрами режима являются:

- а) число оборотов снаряда (коронки), n об/мин,
- б) давление на коронку C кг,
- в) промывка скважины W л/мин,
- г) способ питания и дозировки дробы q кг.

Настоящая статья посвящена исследованию вопроса о влиянии давления на скорость углубки. Характер этой зависимости может быть представлен некоторой кривой с отчетливо выраженным максимумом скорости углубки при некотором оптимальном давлении на коронку.

Падение скорости углубки при давлении свыше оптимального различными исследователями объясняется по-разному.

Существует три точки зрения.

1. Максимум на кривой соответствует пределу прочности дробы.

„Критическое давление для стандартной чугунной дробы составляет примерно 30 кг/см^2 “ и далее. „Критическое давление зависит не только от дробы, но также от материала коронки и свойств горной породы, хотя влияние последних в исследованных интервалах невелико“ (И. А. Остроушко „Разрушение горных пород при бурении“, стр. 235, 237).

2. Снижение скорости углубки при давлении свыше оптимального объясняется слишком быстрым раздавливанием дробы. На этой точке зрения стоят С. А. Волков и И. А. Остроушко. Они считают, что чугунная дробь при больших давлениях настолько быстро перемалывается, что не успевает совершить полезную работу разрушения породы. „Твердая и хрупкая стальная дробь быстро размалывается и поэтому не может работать при высоких нагрузках. Вообще с увеличением хрупкости стальная дробь по своим свойствам приближается к чугунной“ (И. А. Остроушко, стр. 238).

Из рассмотрения этих двух точек зрения следует, что предельное давление на забой лимитируется дробью: оно должно быть таким, чтобы дробь под торцом коронки не раздавливалась, а оставалась круглой и для обеспечения максимальной углубки необходимо иметь прочную дробь (в частности стальную).

3. Низкая скорость углубки при высоком давлении на коронку объясняется выдавливанием дробы из-под торца коронки. По мнению сторонников этой точки зрения, дробь при больших давлениях не может находиться под торцом

коронки, а выдавливается в сторону. Между коронкой и породой не остается работающих частиц, и коронка непосредственно опирается, на породу. „При недостаточном количестве дробы нормальный процесс бурения нарушался из-за того, что дробь выходила из-под коронки“ (И. А. Остроушко, стр. 237).

Излагаемая в данной статье точка зрения совершенно отличается от перечисленных выше.

Объяснение максимума на кривой в координатах „скорость углубки U —давление C “ начнем с критического рассмотрения фактического материала.

Приведенные ниже графики (фиг. 1 и 2) получены на экспериментальной вышке бурового полигона кафедры разведочного дела ТПИ. Целью исследования было определение зависимости расхода дробы и скорости углубки от давления на коронку.

Результаты этих опытов приведены в виде таблицы наблюдений и графиков (таблица 1, фиг. 1 и 2).

Прежде всего следует четко разграничить некоторые понятия и в первую очередь: а) почасовой расход дробы и б) пометровый расход дробы.

Первое дает представление о количестве дробы, реализуемой в час чистого бурения. Второе дает представление о количестве дробы, расходуемой на 1 пог. м. бурения. Эти два понятия отражают сущность забойного процесса и позволяют рассматривать зависимость скорости углубки от давления с иной точки зрения.

Оптимальное давление на забой объяснить пределом прочности дробы не представляется возможным потому, что чугунная хрупкая дробь раскалывается в сущности при любом давлении на коронку. При давлении в 2 кг/см^2 торца коронки чугунная дробь дает частицы точно такие же, как и при давлении в 40 кг/см^2 , с той лишь разницей, что в первом случае для раскалывания дробы нужно больше времени.

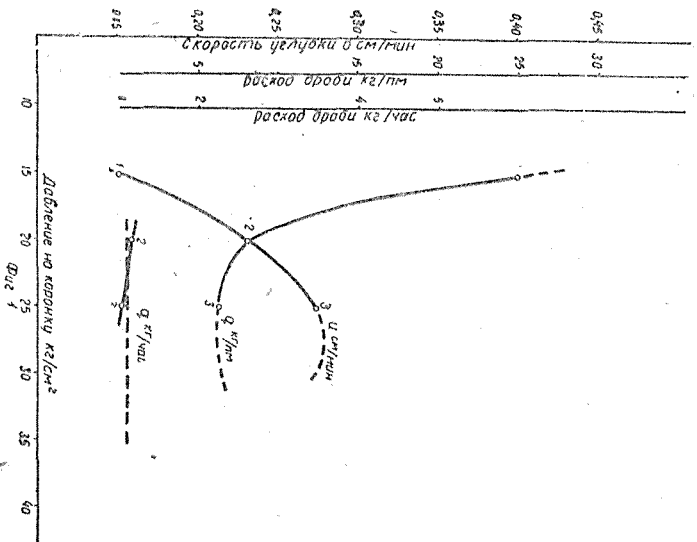
Таблица 1

№ шп	Давление 2 кг/см	Число обор. коронки об/мин	Коронка		Засыпка дробы кг	Время бурения в минутах	Пробурено в см	Расход дробы кг/пог.м.	Расход дробы кг/час	Скорость углубки см/мин.
			R мм	r мм						
1	15	108	86	76	2,0	50	8	25	2,4	0,15
2	20	108	86	76	1,0	50	12	8,2	1,2	0,23
3	25	108	86	76	1,0	60	17	5,9	1,0	0,27
4	15	108	86	76	1,5	50	13,5	10	1,5	0,24
5	20	108	86	76	1,0	50	19,5	5,0	1,2	0,38
6	25	108	86	76	1,5	60	29,0	5,4	1,5	0,46
7	30	108	86	76	1,0	60	26,5	4,0	1,0	0,43
8	30	108	86	76	1,5	40	18,5	5,0	1,4	0,46
9	35	108	86	76	1,5	60	26	5,7	1,5	0,42
10	40	108	86	76	1,5	60	1	150	1,5	0,008

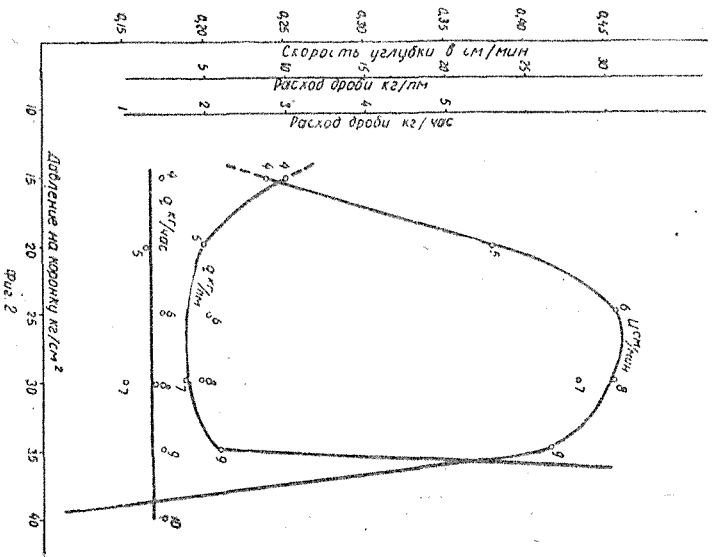
Предел прочности дробы есть величина постоянная. Если максимум кривой объяснить пределом прочности дробы, то почему при одной и той же дробы, при одной и той же коронке, но при разных числах оборотов коронки, максимум кривых, полученных в одинаковых условиях, не постоянен, а закономерно убывает с увеличением числа оборотов?

При числе оборотов $n=90$ об/мин максимум отбивается при давлении $C=32 \text{ кг/см}^2$, а при $n=380$ об/мин ему соответствует давление $C=22 \text{ кг/см}^2$.

В других опытах это расхождение лежит еще в большем интервале (график 1 в статье В. И. Молчанова, помещенной в этом же сборнике).



Фиг. 1



Фиг. 2

Максимум на кривых нельзя также объяснить слишком быстрым раздавливанием дробы при давлении свыше оптимального. Если допустить, что это явление имеет место, то несомненно здесь наблюдалось бы резкое увеличение почасового расхода дробы. Почасовой же расход дробы, при изменении давления в пределах от 15 до 40 кг/см², остается постоянным.

Если бы почасовой расход дробы зависел от давления на коронку и от скорости ее вращения, то это бы нашло отражение в инструкции по дробовому бурению. Инструкция же рекомендует норму засыпки дробы лишь в зависимости от диаметра бурения и от крепости пород. Фактический материал, полученный при проведении опытов, отрицает также и выдавливание дробы из-под коронки при давлении свыше оптимального.

Если бы оно наблюдалось, то, во-первых, в интервале давлений свыше оптимального почасовой расход дробы при этом был бы равен нулю, но в этом интервале дробь все-таки расходуется в таком же количестве.

Во-вторых, торец коронки имел бы во всех случаях отшлифованную породой поверхность. Отшлифованной же поверхность торца бывает лишь в случаях полного отсутствия дробы, а при наличии даже незначительного количества дробы она имеет шероховатый характер.

Выдавливание дробы из-под торца коронки, как таковое, действительно имеет место в случаях аномального износа коронки (образуется стрелка).

Как видно из сказанного выше, ни одна из перечисленных выше точек зрения не является достаточно убедительной. Более убедительное объяснение максимума на кривой может быть найдено из рассмотрения соотношения сил, действующих на коронку. Воздействие дробы на породу через коронку будет, очевидно, не безразлично к характеру соотношения этих сил.

На коронку действуют: 1) вращающаяся сила $P_{вр}$, передаваемая двигателем установки и равная $\frac{M_{кр}}{r_{ср}}$; η ; 2) сила трения $F_{тр}$, обусловленная осевым давлением C и характером трущихся поверхностей. Вычисленная как сила трения кольцевой пяты, она равна fC ; 3) сцепленность A , равная $P_{вр} - F_{тр}$; 4) осевое давление C .

Собственно разрушающей силой является равнодействующая двух сил: сцепленности A и осевого давления C

$$\bar{R} = \bar{A} + \bar{C}$$

При изменении осевого давления C изменяется сила трения, а следовательно, и разность $P_{вр} - F_{тр} = A$, что ведет к изменению величины и направления равнодействующей R .

При некотором значении C сила трения уравнивает вращающую силу. Сцепленность A при этом стремится к 0 ($A \rightarrow 0$), а равнодействующая R по величине и направлению приблизится к нормали

$$\angle \rho \rightarrow 90^\circ.$$

При $C = 0$, разность $P_{вр} - F_{тр} = A$ также стремится к 0.

$$\angle \rho \rightarrow 0.$$

В первом случае разрушение породы мало производительное, потому что имеет место лишь сила прямого сжатия; во втором — разрушения породы совершенно не будет, потому что коронка не касается породы.

Полезная работа, очевидно, может быть получена при каком-то промежуточном значении C , то есть разрушающая сила должна быть приложена под некоторым углом ρ .

Наивыгоднейшим углом приложения разрушающей силы R является угол дополнительный к углу трения $\rho = 90 - \varphi$, где φ — угол трения.

При $\rho = 90 - \varphi$ сцепленность A численно равна fC , где f — коэффициент трения.

При установившемся оптимальном режиме вращающая сила $P_{вр} = 2fC_{опт}$. Это равенство и показывает то наиболее выгодное соотношение сил, действующих на коронку, которое обеспечивает максимум на кривой $U = \Phi(C)$. Оптимальное давление на забой определится как $C_{опт} = \frac{P_{вр}}{2f}$.

При нарушении этого равенства имеет место непроизводительный расход дробы. Одно и то же количество дробы в час чистого бурения производит различную работу и это понятно: только при $C_{опт} = \frac{P_{вр}}{2f}$ воздействие дробы на породу будет эффективным.

Это равенство просто и убедительно объясняет причину закономерного сдвига максимума кривых в сторону меньших давлений с увеличением числа оборотов коронки.

Увеличение числа оборотов вызывает уменьшение вращающей силы. Наиболее выгодное соотношение $C_{опт} = \frac{P_{вр}}{2f}$ установится при меньшем значении $C_{опт}$, на что и указывает серия кривых, полученных при разных числах оборотов коронки.

Анализ большего числа кривых $U = \Phi(C)$ показывает, что максимум любой из них соответствует $C_{опт} = \frac{P_{вр}}{2f}$.

