

МЕХАНИКА РАЗРУШЕНИЯ ЗАБОЯ В АНИЗОТРОПНЫХ ПОРОДАХ И ПРОЦЕСС ИСКРИВЛЕНИЯ СКВАЖИН В НИХ ПРИ ДРОБОВОМ БУРЕНИИ

Ю. Л. БОЯРКО

(Представлено научным семинаром кафедры техники разведки)

В разведочном деле применяются три вида бурения: алмазное, дробовое и твердосплавное. Наиболее распространенными в Советском Союзе являются два последних вида. Алмазное бурение до последнего времени было распространено слабо в связи с отсутствием отечественных месторождений алмазов. Твердосплавное бурение применяется в породах от I до VII категории по буримости. Породы VIII категории обычно твердосплавными коронками бурятся с трудом, и здесь приходится переходить на дробовое бурение. Породы от VIII категории и выше бурятся дробью.

При применении дробового бурения резко повышается аварийность, увеличиваются затраты мощности на бурение и очень сильно возрастает самоискривление скважин в тех породах, где при твердосплавном бурении оно было незначительным. Так, например, в Бакальской ГРП при бурении сланцев дробью степень самоискривления составляет 7—8° на 100 метров проходки. При переходе на бурение победитовыми коронками степень самоискривления резко снижается и составляет лишь 1,5—2° на 100 метров проходки. Для принятия действенных мер по предупреждению такого интенсивного искривления необходимо знать истинные причины его, чтобы можно было явлениям, вызывающим искривление, противопоставить ряд мероприятий.

В учебной литературе все рассуждения о причинах искривления обычно относятся к твердосплавному бурению, по крайней мере, на всех чертежах, прилагаемых к описанию, изображаются твердосплавные коронки. О причинах искривления при дробовом бурении не упоминается или говорится очень мало. В некоторых случаях за основную причину искривления скважин принимается неустойчивость прямолинейной формы равновесия длинного скручиваемого стержня [2], в силу чего скважина обычно стремится занять положение в недрах, близкое к спирали. Обычно же отклонение от заданного направления объясняется накоплением дробы внизу забоя на лежащем боку при наклонном бурении, вследствие чего коронка отжимается к верхней части забоя, и скважина выполаживается. Вот все, что можно найти о причинах искривления при дробовом бурении, если не считать упоминания о большом зазоре между коронкой и стенками скважины.

Механически перенести причины искривления при бурении твердосплавными коронками на дробовое нельзя, так как в первом случае ис-

кривление объясняется в основном отклонениями скважин при переходах из мягких пород в твердые и обратно, а при дробовом бурении обычно имеет место наличие многометровых толщ однородных пород. Какая же причина заставляет искривляться скважины в однородных на вид породах на 8—10° при проходке каждых 100 метров и быть почти прямолинейными в других породах, лежащих рядом с первыми, часто даже согласно? Объяснить причину искривления распределением дроби на забое нельзя, так как при наклонном забое в одном случае имеет место интенсивное искривление в сторону «выполаживания» скважины, а в другом такое искривление отсутствует. В некоторых случаях наблюдается даже искривление в сторону «выкручивания». Напрашивается вывод, что при дробовом бурении самоискривление скважин зависит в основном от свойств буримых пород.

Е. Ф. Эпштейн в своей книге «Износ твердых сплавов при трении по горным породам при колонковом разведочном бурении», рассматривая механические свойства пород и касаясь анизотропии, говорит: «Сопоставляя между собой общеизвестные факты об искривлении скважин и данные об анизотропии механических свойств горных пород, вопреки существующим взглядам, приходим к следующему выводу: геологические предпосылки искривления скважин при бурении в метаморфических породах заключаются главным образом в анизотропии механических свойств горных пород». В цитируемой работе рассматривается твердосплавное бурение, но, на наш взгляд, подобное заключение можно высказать и для дробового бурения. Например, анализ закономерностей искривления скважин при колонковом дробовом бурении на Бакальском месторождении показывает, что основной причиной самоискривления скважин является очень высокая анизотропия механических свойств некоторых пород Бакальского комплекса.

Весь комплекс пород, слагающих этот район, можно грубо разделить на три группы: сланцы, кварциты и доломиты. Сланцы характеризуются слоистой текстурой. Кварциты и доломиты имеют массивную текстуру. Для пород слоистой текстуры характерна наибольшая анизотропия механических свойств. При испытаниях вдавливанием резца вдоль слоистости и перпендикулярно ей сланцы дают тройное расхождение результатов. Доломит и кварцит хотя и имеют массивную текстуру, но относительно изотропным является только кварцит. Доломит же анизотропен, что можно, видимо, объяснить региональным метаморфизмом.

Данные по определению степени анизотропии приведены в табл. 1. Методика определения степени анизотропии заимствована у Эпштейна Е. Ф. [7].

Таблица 1

Наименование пород	Углы наклона искривления на 100 м	Текстура	Направление действия резца	Величина силы Р в кг	Среднее значение резца в мм
Сланцы	7°	Флюидная	Перпендикулярно слоистости	100	350
"	"	"	Вдоль слоистости	"	120
Кварцит ось Z в простирании	4°	Массивная	Вдоль оси зерна	200	250
"	"	"	Впоперек оси зерна	"	240
Доломит с сидеритом ось Z в простирании	3°	"	Вдоль оси зерна	"	300
"	"	"	Впоперек оси зерна	"	170

Сопоставляя степень анизотропии механических свойств и степень самоискривления всех трех видов пород, можно смело говорить, что основной причиной искривления скважин на Бакальском месторождении является анизотропия механических свойств пород. Кварцит, например, в механическом отношении почти изотропен, имеет массивную текстуру и самоискривления при проходке его отсутствуют почти полностью (1° на 100 м). Наоборот, сланцы, имея слоистую текстуру и сильно выраженную анизотропию, вызывают огромные самоискривления скважин ($7-8^\circ$ на 100 м). Доломиты и встречающиеся в них сидериты, хотя и имеют массивную текстуру, но при испытании их на анизотропность дают некоторую разницу в твердости по различным направлениям, соответственно это же при бурении вызывает определенную степень самоискривления скважин. Подобные же рассуждения можно привести для пород Златоустовской геологоразведочной партии и других партий Южного Урала.

Однако все вышесказанное является слишком общим выводом и не дает возможности разрабатывать какие-либо мероприятия по предотвращению самоискривлений в подобных породах. Для разработки мероприятий по предотвращению самоискривлений скважин в таких условиях необходимо произвести более подробный анализ механики разрушения забоя в анизотропных породах, что и проделано ниже автором. Для наглядности берем случай пересечения скважиной слоистых (или анизотропных) пород под углом 45° (рис. 1). Дробь, распределяясь под торцом коронки, равномерно по окружности забоя, передает разрушающие усилия на породу. Если пренебречь боковыми усилиями, которые создаются перекосом снаряда в скважине и малы по сравнению с осевым давлением на забой, то можно в какой-то степени провести аналогию между работой дробы на забое и работой шариков в шарикоподшипнике. Наибольшие усилия передают шарики дробы 1 и 1', находящиеся в самом низу. Шарики, находящиеся выше, передают меньшие усилия, величина которых зависит от угла между осью скважины и направлением передаваемого усилия. Таким образом, шарики дробы 2, 3 и 2', 3' передают одинаковые усилия на породу под углом в 45° по отношению к оси скважины. Но в связи с тем, что порода анизотропна, по обеим сторонам торца коронки от одинаковых усилий произойдет неодинаковое разрушение. В нашем случае для сланцев шарики дробы 3 и 3' произведут работу в 3 раза большую, чем шарики дробы 2 и 2'.

Исходя из данного принципа можно изобразить эпюру разрушения породы под торцом коронки, которая будет выглядеть в виде овала, ось которого не совмещается с осью торца коронки (рис. 1, а). Эпюра разрушения смещается в сторону, противоположную направлению падения слоистости. Если изобразить эпюру разрушения всего забоя в плоско-

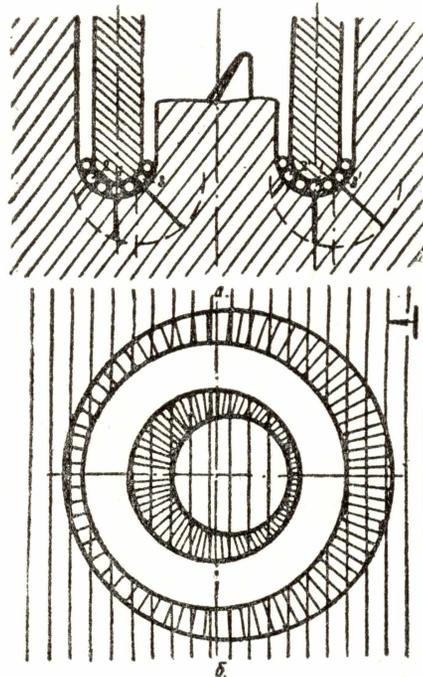


Рис. 1. а) Схема разрушения забоя при колонковом бурении анизотропных пород. б) Эпюра разрушения забоя.

сти, перпендикулярной оси скважины, то она будет выглядеть в виде окружностей (рис. 1, б), центры которых находятся в одной точке и смещены от центра скважины в направлении, так же противоположном направлению падения слоистости. Искривление скважины происходит следующим образом (рис. 1, а): в выбуренном пространстве по контуру эпюры разрушения торец коронки вынужден будет занять среднее положение, т. е. ось торца коронки должна будет совпасть с осью эпюры—овала. Но в следующий цикл разрушения произойдет снова однобокая обработка забоя, и коронка снова подвинется в ту же сторону и т. д. Таким образом, вместе с продвижением вперед по оси скважины колонковый снаряд все время вынужден делать плоскопараллельное перемещение в направлении вкрест падения слоистости и анизотропии. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока под торцом коронки не прекратится ассиметричное разрушение породы. А это наступит тогда, когда ось скважины расположится перпендикулярно к слоистости или к

оси анизотропии. В этом случае шарики дробы будут работать в симметричных положениях с равной силой разрушения, в связи с чем ось эпюры разрушения будет совпадать с осью торца коронки.

Произведенные исследования позволяют путем построения полярной диаграммы разрушения наглядно анализировать степень самоискривления в зависимости от угла встречи оси колонкового снаряда с главной осью анизотропии. Примером может служить диаграмма, построенная для вышеупомянутых сланцев (рис. 2). Диаграмма представляет собой контур, близкий к эллипсу. Первая четверть строится по точкам, получающимся при испытании анизотропных пород на вдавливание резца под различными углами к осям анизотропии. Весь остальной контур отстраивается по принципу симметрии. Внутренний контур в данном случае построен для

Эпюры разрушения забоя при различных углах встречи оси снаряда с слоистостью

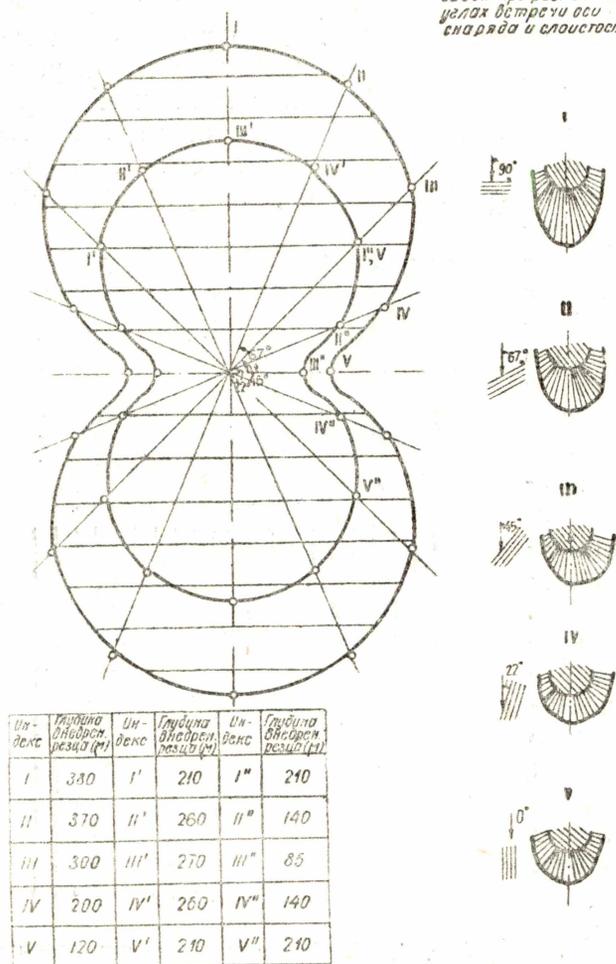


Рис. 2. Диаграмма анизотропии сланцев.

поясов дробы, работающей под углом 45° к оси торца коронки. Построение производится уменьшением всех данных внешнего эллипса на величину $\cos 45^\circ = 0,707$. У построенных эллипсоидных контуров большие оси совпадают с главной осью анизотропии, а малые оси располагаются параллельно слоистости. Построенная, таким образом, полярная диаграм-

ма позволяет в свою очередь строить эпюры разрушения забоя при любых углах встречи оси снаряда и слоистости. В нашем случае отстроено пять эпюр с углами встречи 90° , 67° , 45° , 22° и 0° , по которым видно, при каких углах встречи будет происходить наиболее интенсивное искривление.

Анализ механики разрушения забоя при бурении анизотропных пород позволяет правильно понять причины самоискривления скважин и технически грамотно подойти к вопросу предотвращения искривления скважин. Полярные диаграммы анизотропии пород и строящиеся с их помощью эпюры разрушения забоя при различных углах встречи наглядно показывают, как происходит искривление и какие углы встречи наиболее опасны для искривления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воздвиженский С. Г., Волков С. А. Разведочное колонковое бурение. Госгеолтехиздат, 1957.
2. Динник А. Н. Статьи по горному делу. Углетехиздат, 1957.
3. Лехницкий С. Г. Теория упругости анизотропного тела. ГТТИ, 1950.
4. Остроушко И. А. Бурение колонковых минных скважин. Metallurgizdat, 1956.
5. Рабинович А. Л. Об упругих постоянных и прочности анизотропных материалов. Труды ЦАГИ, № 582, 1946.
6. Шамшев В. А. и др. Разведочное бурение. Госгеолтехиздат, 1958.
7. Эпштейн Е. Ф. Износ твердых сплавов при трении по горным породам при колонковом разведочном бурении. Гостоптехиздат, 1952.