

К РАСЧЕТУ ПРОСТЫХ ШАРНИРНЫХ ОТКЛОНИТЕЛЕЙ

Б. И. СПИРИДОНОВ

(Представлено научным семинаром кафедры техники разведки)

В практике направленного бурения геологоразведочных скважин простые шарнирные отклонители применяются для изменения величины зенитного угла в апсидальной плоскости. Отклонители этого типа являются одними из наиболее простых и надежных инструментов, с помощью которых возможно управление искривлением скважин.

Простой одинарный шарнирный отклонитель (рис. 1, а) состоит из отбурочного снаряда 1, оснащенного дробовой или твердосплавной коронкой 2 и присоединяемого посредством шарнирного переходника 3 к колонне утяжеленных бурильных труб 4. При такой схеме отклонитель работает на увеличение зенитного угла, т. е. на «выполаживание» скважины. При включении в схему отклонителя двух шарнирных соединений 3 и 5 (рис. 1, б), разделенных промежуточным звеном 6, снаряд применяется для уменьшения зенитного угла, т. е. для «выкручивания». В этом случае мы имеем дело с двойным простым шарнирным отклонителем.

Простые шарнирные отклонители являются самоориентирующимися отклонителями и могут применяться только в наклонных скважинах. При этом чем больше зенитный угол скважины, тем надежнее и эффективнее их работа.

По назначению и условиям применения рассматриваемые отклонители могут быть подразделены на два типа:

1. Простые шарнирные отклонители, предназначенные для изменения направления скважины в процессе ее бурения.

2. Простые шарнирные отклонители, которые применяются для местного искривления скважин и предполагают либо периодическое использование их в процессе направленной проходки скважины, либо однократное применение для зарезки дополнительного ствола при безклиновом способе многозабойного бурения.

Принцип действия простых шарнирных отклонителей первого типа заключается в следующем. Под действием горизонтальной составляющей собственного веса P_r колонна утяжеленных бурильных труб и жестко связанное с ней шарнирное соединение располагаются на лежащей стенке скважины. Действие осевого усилия P_0 в условиях эксцентричного расположения осей скважины и шарнира 3 обуславливает перекося отбурочного снаряда под определенным углом α и его работу на «выполаживание» (рис. 1, а) или на «выкручивание» (рис. 1, б). Эффект работы достигается за счет преимущественного разбуривания нижней части

забоя при одинарном и верхней при двойном шарнирном отклонителе. Очевидно, что силы сопротивления породы разбуриванию, центробежные силы, колебательные движения колонны бурильных труб и другие факторы стремятся изменить положение шарниров и отбурочного снаряда. Однако постоянно действующая сила P_r обеспечивает в процессе проходки наиболее частое положение шарнира и колонны утяжеленных труб у лежащей стенки скважины и, как следствие этого, искривление скважины в требуемом направлении. У шарнирных отклонителей этого типа отбурочный снаряд имеет диаметр, соответствующий проектному диаметру скважины.

Теоретические расчеты простых шарнирных отклонений первого типа, проведенные, в частности, тематической партией Западно-Сибирского геологического управления, и целый ряд примеров их применения с положительными результатами позволяют считать этот тип отклонителей эффективным средством направленного бурения. Интенсивность искусственного искривления скважин при их применении достигает $3-4^\circ$ на 10 м. Но в ряде случаев, когда геологические факторы и анизотропные свойства горных пород не способствуют искривлению скважины в требуемом направлении, применение шарнирных отклонителей может не привести к желаемому результату.

В этом случае, а также при осуществлении многозабойного бурения без применения клиньев, когда требуется создание местного интервала резкого искривления, применяются простые шарнирные отклонители второго типа. Схема их устройства, компоновка отдельных частей, не отличается от отклонителей первого типа, но принцип работы имеет отличительные черты.

Местное резкое искривление в желаемом направлении может быть получено только тогда, когда отбурочный снаряд в скважине занимает в начале зарезки вполне определенное устойчивое положение, к которому стремится система «отбурочный снаряд — шарнирное соединение — колонна утяжеленных бурильных труб» при ее вращении. Устойчивым положением отклонителя может считаться такое, при котором приведенный центр тяжести системы переместится вниз на определенное расстояние h от первоначального положения. При заданных геометрических параметрах шарнирного отклонителя в скважине определенного диаметра максимальный угол отклонения, а также максимально возможное перемещение h могут быть получены лишь при положении на «выполаживание» или «выкручивание» в зависимости от системы шарнирного отклонителя.

В литературе достаточно не освещены вопросы выбора и расчета параметров шарнирных отклонителей, без чего не возможно их применение с получением надежных результатов.

Первой задачей расчета является определение возможности пере-

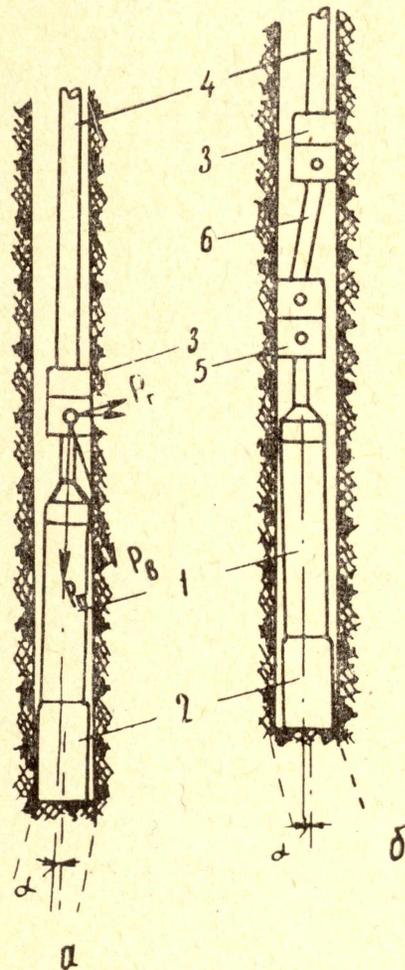


Рис. 1. Схемы работы простых шарнирных отклонителей первого типа: а — одинарного, б — двойного.

мещения центра шарнира и приведенного к нему центра тяжести системы вниз и величины h в зависимости от геометрических параметров шарнирного отклонителя. К геометрическим параметрам относятся:

d_k — диаметр отбурочной коронки;

$d_{ш}$ — диаметр корпуса шарнира,

H — длина плеча отклонителя, которая определяется расстоянием по оси отбурочного снаряда от торца коронки до центра нижнего шарнира;

H_1 — длина промежуточного звена (в случае применения двухшарнирного отклонителя).

При диаметре скважины D и заданном угле отклонения α длина плеча H может быть рассчитана по формуле

$$H = \frac{D - \frac{d_{ш}}{2} - \frac{d_k}{2}}{\sin \alpha} \quad (1)$$

Длина плеча H может быть определена также по графику (рис. 2, а), построенному при условии, что $d_{ш} = d_k$.

Рассмотрим вопрос возможности смещения центра шарнира на некоторую величину h в случае плоского забоя скважины. Очевидно, что

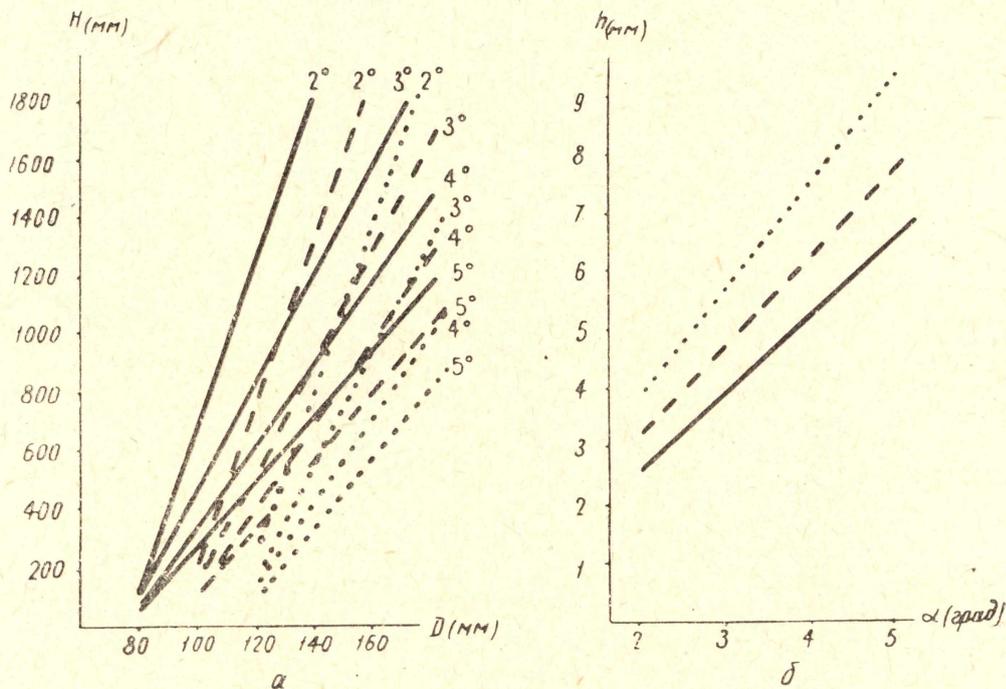


Рис. 2. а — график зависимости величины длины плеча отклонителя от диаметра скважины и угла отклонения.

б — график зависимости величины смещения центра шарнира вниз от угла отклонения.

————— $d_k = d_{ш} = 76 \text{ мм}$
 - - - - - $d_k = d_{ш} = 91 \text{ мм}$
 $d_k = d_{ш} = 110 \text{ мм}$

центр шарнира может переместиться вниз (рис. 3, а) только тогда, когда будет соблюдено следующее неравенство:

$$D > \frac{d_{ш}}{2} + \frac{d_k}{2} + d_k \cos \alpha \quad (2)$$

или

$$d_k < \frac{D}{1 + \cos \alpha} \text{ при } d_k = d_{\text{ш}}.$$

Как видно из приведенных неравенств, при значениях угла отклонения α до 4—5° диаметр отбурочной коронки должен быть меньше половины диаметра скважины.

Величина возможного максимального смещения h определяется из выражения:

$$h = H - H \cos \alpha - \frac{d_k}{2} \sin \alpha. \quad (3)$$

Таким образом, диаметр пилот-скважины, а соответственно и диаметр отбурочной коронки при зарезке нового направления в плоском забое не может превышать 76 мм при существующих диаметрах геологоразведочных скважин. Поэтому при плоском забое простой шарнирный отклонитель может применяться либо для проходки пилот-скважины вспомогательного назначения (установка клина, кернометрия и т. п.), либо для собственно направленного бурения, но с последующей разбуркой пилот-скважины до требуемого диаметра.

Для устранения этого недостатка и расширения области применения простых шарнирных отклонителей второго типа может быть предложена специальная форма забоя, например, в виде части сферы определенного радиуса, либо в виде усеченного конуса. В этом случае смещение центра шарнира вниз будет обеспечиваться при любом соотношении диаметров отбурочной коронки и скважины. Высота b усеченного конуса (рис. 3, б), по которому должен быть обработан забой, при угле отклонения α и диаметре отбурочной коронки d_k будет

$$b = d_k \sin \alpha. \quad (4)$$

Диаметр нижнего основания конуса при диаметре скважины D может быть рассчитан по формуле

$$d_0 = 2d_k \cos \alpha - D. \quad (4a)$$

При такой форме забоя смещение центра шарнира вниз, а оно при этом будет иметь максимальную величину для данного сочетания диаметров скважины и коронки, подсчитывается по формуле

$$h' = H - H \cos \alpha + \frac{d_k}{2} \sin \alpha. \quad (5)$$

Величина h' может быть также определена достаточно точно и по графику (рис. 2, б)

Из сравнения формул (3) и (5) видно, что при специальной конусной форме забоя величина h' будет больше соответствующего значения величины смещения центра шарнира при плоском забое на

$$h' - h = d_k \sin \alpha, \quad (5a)$$

т. е. при малом угле отклонения почти в два раза.

Следовательно при специальной подготовке забоя возможна отбурка скважины нового направления с применением простых шарнирных отклонителей значительно большего диаметра, чем при тех же условиях отбурки в плоском забое. При этом одновременно увеличивается устойчивость системы за счет более значительной величины смещения шарнира вниз.

Необходимая форма забоя может быть подготовлена специальной конусной коронкой, армированной резцами из твердых сплавов, прочность которых вполне достаточна, чтобы за небольшой промежуток времени даже в очень крепких породах придать забою нужную форму.

В самом начале зарезки, пока отбурочный снаряд не удерживается пилот-скважиной, на систему действуют различные силы, которые могут вывести ее из устойчивого положения, обеспечивающего отбурку в требуемом направлении. Определение характера и величины этих сил является второй задачей расчета простых шарнирных отклонителей второго типа, имеющего конечной целью определение возможно максимального

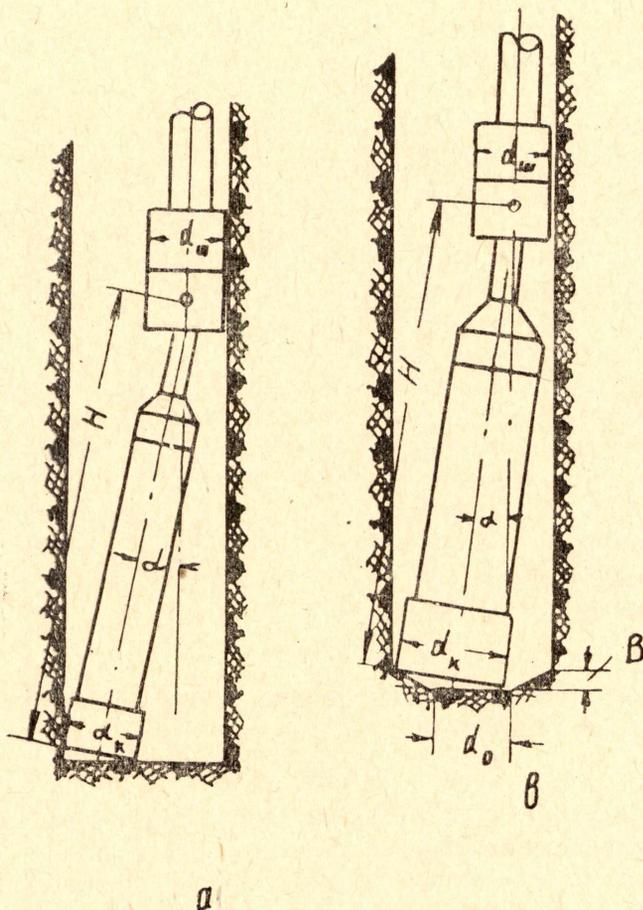


Рис. 3. Схемы работы простого одинарного шарнирного отклонителя второго типа: *a* — при плоском забое, *б* — при забое, обработанном по усеченному конусу.

диаметра отбурочной коронки. В общем виде необходимое условие устойчивости системы (в случае одинарного шарнирного отклонителя) может быть выражено неравенством

$$P > \frac{F}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (6)$$

где P — величина осевой нагрузки с точкой приложения в центре шарнира;

F — сила, действующая на отбурочный снаряд в плоскости отклонения и возникающая за счет сил сопротивления породы разбуриванию: под действием этих сил отбурочный наконечник в начале зарезки стремится перемещаться по забою;

α — угол отклонения.

Аналитическое определение силы F в известной степени затруднено, так как ее величина зависит от большого числа факторов, поэтому вы-

яснение возможности отбурки шарнирными отклонителями большого диаметра в дальнейшем может быть проведено опытным путем.

Анализ геометрических параметров простых одинарных шарнирных отклонителей второго типа позволяет сделать следующие выводы.

1. Простые шарнирные отклонители второго типа должны обладать определенным сочетанием геометрических параметров для обеспечения надежности работы.

2. Надежность работы повышается с увеличением зенитного угла скважины, веса тяжелого низа и угла отклонения.

3. Диаметр отбурочной коронки должен быть меньше половины диаметра скважины при отбурке в плоском забое.

4. Специальная форма забоя позволяет увеличить диаметр отбурочного наконечника с увеличением степени устойчивости системы.
