УДК 622.243.3

М.В.ЗУБКОВ
Геолого-разведочный факультет,
группа НБ-01, ассистент профессора

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ БУРОВОГО СНАРЯДА В СКВАЖИНЕ

Глубокое бурение ледников и ледниковых покровов является в настоящее время одним из основных и наиболее информативных способов изучения современного состояния и эволюции оледенения нашей планеты. Как известно, абсолютно вертикальных скважин не существует, все скважины имеют отклонение. При авариях в процессе бурения, вызывающих заклинивание снаряда в скважине, основная задача – отклонение, обход бурового снаряда для продолжения дальнейшего бурения. Для выполнения данных операций необходимо знать закономерности поведения бурового снаряда в скважине. В статье описывается закономерность изменения пространственного положения бурового снаряда.

The most effective way to analyze the planet evolution and climatic changing is drilling bore-holes in ice masses deposited in the Polar Regions. There are no absolutely vertical bore-holes; all of them have their own deviation. In accidents when the drilling tool jams in the hole the most effective way to continue drilling is to deviate the borehole to bypass the jammed drill. To perform this it is necessary to know objective laws of the drilling tool behaviour in the well. The article describes regularities of changes in spatial position of the drill.

Для установления закономерностей поведения бурового снаряда в скважине рассмотрим общий случай (рис.1). Ось снаряда будет совмещена с осью скважины, если равнодействующая всех внешних сил не выходит за площадь опоры. При решении поставленной задачи будем считать грузонесущий кабель абсолютно упругой и невесомой нитью. Такое допущение позволит упростить выводы и, как будет показано ниже, не исказит картины происходящих процессов. Кроме того, считаем диаметр скважины равным диаметру коронки.

Исходя из внешних сил, действующих на снаряд (рис.1), в процессе бурения условием равновесия при совпадении осей снаряда и скважины будет равенство моментов всех внешних сил относительно точки O:

$$M_0 = 0;$$

$$\Sigma M_0 = Pr_к\cos\alpha - Pr_к\sin\alpha - Tr_к\cos\gamma + Tl\sin\gamma = 0, \qquad (1)$$

где P – вес снаряда, приложенный в центре тяжести, Н; T – натяжение грузонесущего кабеля, Н; l – длина бурового снаряда, м; a – расстояние от нижнего торца коронки до

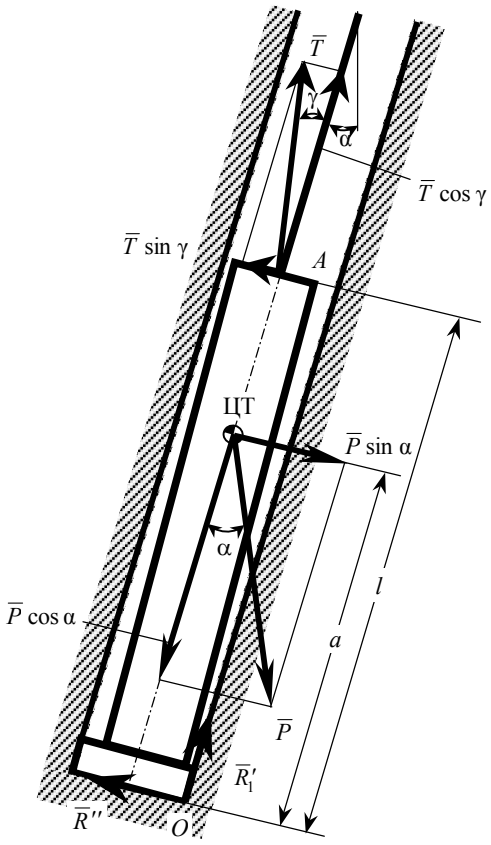


Рис.1. Положение бурового снаряда в наклонной скважине

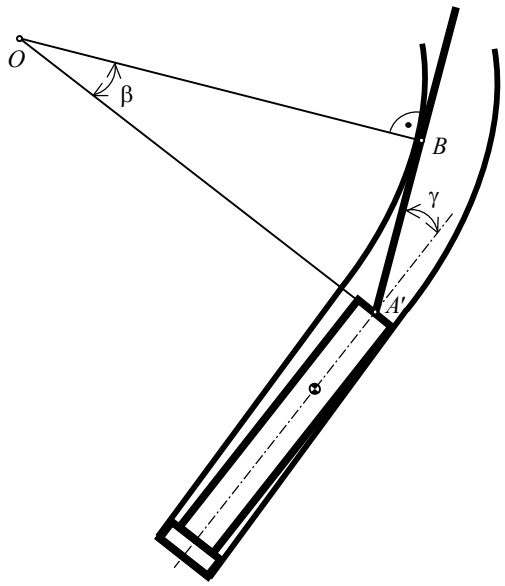


Рис.2. Зависимость угла γ от интенсивности искривления скважины

центра тяжести снаряда, м; $r_к$ – радиус коронки снаряда, м; α – угол наклона скважины относительно вертикали, град.

Точка A всегда будет касаться нижней стенки скважины при $M_0 \le 0$, тогда справедливо соотношение

$$Pr_к \cos\alpha + Tl \sin\gamma \le Pa \sin\gamma + Tr_к \cos\gamma$$

или

$$P(r_к \cos\alpha - a \sin\alpha) \le T(r_к \cos\gamma - l \sin\gamma) . \quad (2)$$

Введем соотношение

$$k = \frac{P'}{P\cos\alpha} = \frac{P\cos\alpha - T\cos\gamma}{P\cos\alpha} = 1 - \frac{T\cos\gamma}{P\cos\alpha} , \quad (3)$$

где k – коэффициент нагрузки на забой; P' – нагрузка на забой, Н.

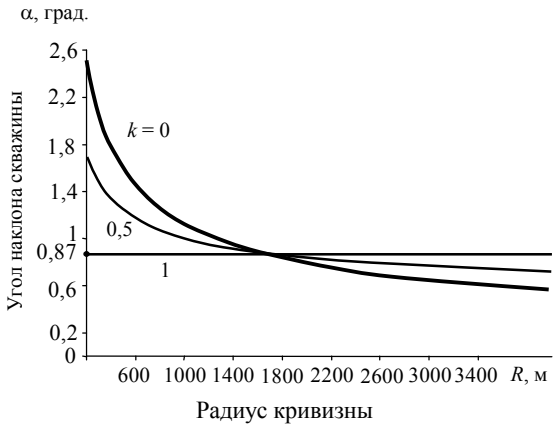


Рис.3. График изменения угла наклона скважины

Из уравнения (3) видно, что при $k = 0$ нагрузка на забой $P' = 0$, а при $k = 1$ нагрузка на забой максимальна: $P' = P\cos\alpha$. Таким образом, $0 \le k \le 1$.

Тогда согласно (3) получим

$$T = (1-k)P\frac{\cos\alpha}{\cos\gamma} . \quad (4)$$

Подставив соотношение (4) в (2), получим

$$P(r_к \cos\alpha - a \sin\alpha) \le$$

$$\le (1-k)P\frac{\cos\alpha}{\cos\gamma}(r_к \cos\gamma - l \sin\gamma) . \quad (5)$$

Откуда

$$r_к - a\mathrm{tg}\alpha \le (1-k)(r_к - l\mathrm{tg}\gamma)$$

или

$$\mathrm{tg}\alpha \ge \frac{l\mathrm{tg}\gamma + kr_к - kl\mathrm{tg}\gamma}{a} . \quad (6)$$

Полученное соотношение является условием того, что снаряд, находясь в наклонной скважине, касается ее нижней стенки своей верхней точкой A.

Как видно из схемы (рис.2) значение угла γ зависит от интенсивности искривления скважины.

Из треугольника $OA'B$

$$\gamma = \arccos\frac{R}{R + r_к} , \quad (7)$$

тогда согласно работе*

$$\gamma = \arccos\frac{57{,}3}{57{,}3 + ir_к} , \quad (8)$$

где R – радиус искривления скважины, м; i – интенсивность искривления, град./м.

График зависимости критического угла $\alpha_к$ наклона скважины от интенсивности искривления (рис.3) построен для реального случая бурения скважины термобуровым снарядом ТБЗС-152-2М. При этом приняты следующие величины, входящие в неравенство (6): $l = 8$ м; $a = 5$ м; $r_к = 0{,}076$ м; $0 \le k \le 1$.

Как видно из графиков (рис.3) критический угол отклонения скважины от вертикали зависит как от интенсивности искривления (радиус кривизны), так и от давления на забой.

* Технология и техника разведочного бурения / Ф.А.Шамшев, С.А.Тараканов, Б.Б.Кудряшов и др. М.: Недра, 1983.

В рассмотренном случае имеет место набор кривизны: при уменьшении угла отклонения натяжение грузонесущего кабеля будет способствовать прижатию верхней части снаряда к нижней стенке скважины (рис.4). В обоих случаях вес кабеля также способствует опрокидыванию снаряда. Таким образом, в реальных условиях критический угол наклона скважины значительно меньше одного градуса, а так как абсолютно вертикальных скважин не существует, можно утверждать, что верхняя часть снаряда всегда лежит на нижней стенке скважины: и в случае подъема или спуска снаряда, и в процессе бурения.

Учитывая положение бурового снаряда в скважине, определим траекторию его перемещения в процессе бурения. Для этого рассмотрим перемещение характерных точек бурового снаряда A, B и C (рис.5) или прямоугольного треугольника ABC.

В процессе бурения точка C скользит по стенке скважины, составляющей с вертикалью угол α. Если задать снаряду бесконечно малое перемещение, то точка C опустится на величину Δh, при этом точка A, очевидно, будет перемещаться по линии I-I, параллельной стороне BC на величину Δh_1. Таким образом, ΔABC займет новое положение $\Delta A_1B_1C_1$. Следующий шаг приведет к тому, что точка A переместится по линии II-II на величину Δh_2 и, следовательно, займет положение $\Delta A_2B_2C_2$. Таким образом, очевидно, что угол отклонения скважины от вертикали будет постепенно нарастать, причем вне зависимости от давления на забой, так как рассмотрены чисто геометрические соотношения, но при постоянном контакте с забоем.

Переходя к реальному процессу, можно заметить, что для непрерывного увеличения угла отклонения необходимо отсутствие подплавления нижней стенки скважины у точки A, величина которого будет определять тенденции поведения бурового снаряда. Кроме того, конусообразная форма коронки снаряда ТБЗС-152-2М способствует центрированию коронки относительно оси скважины и отклонению от вертикали.

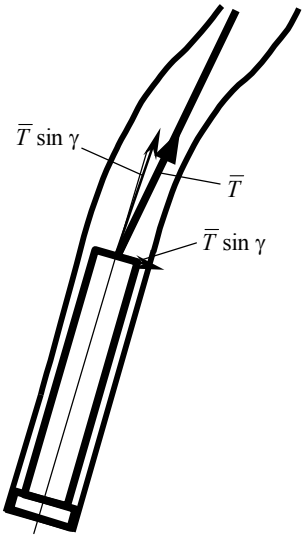


Рис.4. Схема действия натяжения кабеля на буровой снаряд при уменьшении угла отклонения

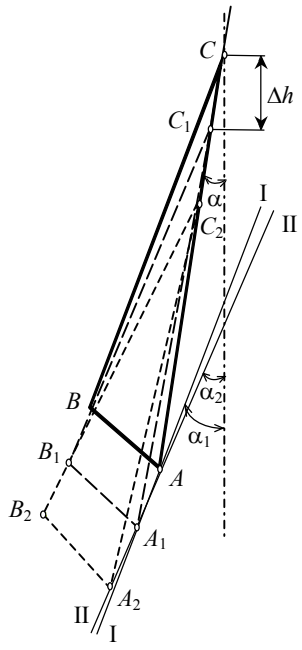


Рис.5. Схема движения бурового снаряда в процессе углубки

Таким образом, отклонение скважины от вертикали возможно описать, используя характеристики и свойства бурового снаряда на грузонесущем кабеле, при этом отсутствует необходимость использования дополнительных отклонителей.

Научный руководитель д.т.н. проф. *Н.И.Васильев*

УДК: 622.243.3