

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СРЕДСТВ НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ

В. И. РЯЗАНОВ, Б. И. СПИРИДОНОВ

(Представлена научным семинаром кафедры техники разведки)

Для решения конкретных задач направленного бурения в настоящее время разработано довольно большое число различных технических средств, позволяющих выводить скважину на заданную траекторию. Выбор и применение того или иного из них зависит от многих факторов, основными из которых являются возможность бурения в необходимом направлении с заданной интенсивностью искривления ствола скважины. Для правильного выбора технических средств направленного бурения необходима, очевидно, технико-экономическая оценка работы отклонителей, исходя из конкретных условий их применения, однако в настоящее время нет методики расчета показателя эффективности работы снарядов, позволяющего производить такую оценку.

Сравнение средств направленного бурения обычно производится только по интенсивности искривления, полученного после применения отклонителя, при этом оценка по величине изменения зенитного и азимутального угла порознь не может считаться правильной, так как интенсивность азимутального искривления зависит от зенитного угла скважины и при прочих равных условиях может быть различной. Кроме того, необходимо учитывать направление и интенсивность естественного искривления. Искусственное искривление в направлении, противоположном естественному, как правило, значительно затруднено и дает худшие результаты по сравнению со случаем совпадения направлений отклонения и естественного искривления.

Для оценки технической возможности отклонителя целесообразно пользоваться понятием о пространственном угле, который связывает азимутальное и зенитное искривление скважины. Для определения этого угла могут быть применены формулы, предложенные А. Лубинским

[2], А. Е. Колесниковым [4] и более простая формула А. Г. Калинина [3]

$$\cos\varphi = \cos\Theta_1 \cdot \cos\Theta_2 + \sin\Theta_1 \cdot \sin\Theta_2 \cdot \cos\Delta\alpha, \quad (1)$$

где  $\varphi$  — полный пространственный угол искривления;  
 $\Theta_1$  и  $\Theta_2$  соответственно начальный и конечный зенитные углы скважины в интервале работы отклонителя;

$\Delta\alpha$  — приращение азимутального угла.

Для вычисления величины угла пространственного искривления можно воспользоваться и упрощенной формулой, предложенной М. М. Александровым [1]

$$\varphi = \sqrt{(\Theta_2 - \Theta_1)^2 + \left[ (\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \sin \frac{\Theta_1 + \Theta_2}{2} \right]^2}. \quad (2)$$

Интенсивность пространственного искривления  $i_\varphi$  может быть определена по формуле

$$i_\varphi = \frac{\varphi}{l}, \quad (3)$$

где  $l$  — длина интервала искусственного искривления, принимаемая равной длине ствола от места искривления до глубины, с которой бурение ведется обычным снарядом с обычной технологией.

Этим методом можно, очевидно, оценить как интенсивность пространственного искусственного ( $i_{\varphi u}$ ), так и естественного ( $i_{\varphi e}$ ) искривления.

Интенсивность полного пространственного искривления можно определить по величине замеров зенитного угла и азимута в начале и конце интервала искривления, а интенсивность пространственного естественного искривления — по выше- и нижележащим интервалам, используя формулы (2) и (3).

Результирующая величина интенсивности пространственного искривления ( $i_\varphi$ ), как следствие влияния искусственного и естественного искривления, может быть определена с использованием методов векторной алгебры из выражения

$$i_\varphi^2 = i_{\varphi u}^2 + i_{\varphi e}^2 + 2i_{\varphi u} i_{\varphi e} \cos\gamma, \quad (4)$$

где  $\gamma$  — угол между направлениями действия естественного и искусственного искривления.

$$\text{При } \gamma = 0^\circ \quad i_{\varphi u} = i_\varphi - i_{\varphi e}. \quad \text{При } \gamma = 180^\circ \quad i_{\varphi u} = i_\varphi + i_{\varphi e}, \quad (5)$$

При промежуточных значениях  $\gamma$ , решив уравнение (4), можно определить  $i_{\varphi u}$ . По величине интенсивности искусственного пространственного искривления можно судить о технических возможностях средств направленного бурения.

Кроме технической оценки отклонителей, необходима также и их экономическая оценка. Такая оценка возможна по времени, необходимому для сборки и настройки отклонителя по поверхности, спуска его в скважину, ориентации, раскрепления, если это необходимо, а также по изменению производительности труда при бурении искусственно искривленного по сравнению с обычным бурением. Чтобы использовать такой критерий в различных условиях, необходимо, очевидно, вычислять относительные дополнительные затраты времени  $\Delta t$  по формуле

$$\Delta t = \frac{t_1 - t_2}{l}, \quad (6)$$

где  $t_1$  — фактические затраты времени на проходку интервала искривления с применением средств направленного бурения;

$t_2$  — необходимые затраты времени на проходку того же интервала обычным способом;

$l$  — длина интервала искривления.

Затраты времени на проходку скважины в интервале искривления обычным способом могут быть определены, исходя из средней производительности бурения по породам данной категории на той же глубине. За длину интервала искривления должна приниматься длина ствола от места применения технического средства направленного бурения до глубины, с которой бурение продолжается обычным снарядом с обычной технологией.

Кроме дополнительных затрат времени, при экономической оценке отклонителей необходимо учесть и их стоимость. Такая оценка возможна по следующей схеме.

Пусть  $C$  — стоимость отклонителя;

$C_p$  — стоимость ремонтов, осмотров, профилактики;

$n$  — количество циклов искривления, после чего отклонитель подлежит списанию.

Тогда удельные капитальные вложения на одно отклонение составят

$$c = \frac{C + c_p}{n}. \quad (7)$$

Для отклонителей величина  $n$ , как правило, невелика, а для стационарных клиньев, в частности,  $n=1$  и  $c=C$ .

Очевидно, что чем больше  $c$ , тем менее эффективно то или иное техническое средство направленного бурения. Полный показатель эффективности применения отклонителя с учетом его технической возможности и экономической характеристики определяется по формуле

$$k = \frac{t_1 - t_2}{li_{\phi u}} c. \quad (8)$$

В качестве примера можно привести сравнительные испытания объемных клиньев, проводимые нами в 1969 году в Шалымской и Рудно-Алтайской ГРЭ ЗСГУ. Исходными данными для анализа послужили данные хронометражей, буровых журналов, инклинометрии и фактические геологические разрезы по скважинам. Результаты сравнительных испытаний съемных клиньев конструкции СО-57/36-3 Г. А. Волкова и А. И. Ковалевского приведены в табл. 1. Первые два съемных кли-

Таблица 1

Результаты сравнительных испытаний съемных клиньев

| Тип отклонителя                                       | Интенсивность пространственного искусственного искривления, град/м | Длина цикла искривления, м | Дополнительные затраты времени, час | Показатель эффективности отклонителя |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| СО-57/36-3 . . . . .                                  | 0,4                                                                | 4,7                        | 24                                  | 7,9                                  |
| Съемный клин конструкции Г. А. Волкова . . . . .      | 0,31                                                               | 4,1                        | 14                                  | 4,55                                 |
| Съемный клин конструкции А. И. Ковалевского . . . . . | 0,34                                                               | 4,1                        | 29                                  | 16,8                                 |

на применялись для искусственного искривления против естественного, а для последнего взяты 4 случая искривления в сторону естественного. Стоимость всех клиньев приблизительно одинакова, поэтому удельные капитальные вложения в сравнительном анализе не учитываются.

Сравнительно высокие дополнительные затраты времени для клина СО-57/36-3 можно объяснить тем, что в экспедиции отсутствуют алмазные расширители скважины с  $d=36$  мм до  $d=59$  мм, поэтому расширение производилось дважды, сначала до  $d=46$  мм, а затем до  $d=59$  мм обычными коронками; высокие дополнительные затраты времени для клина конструкции А. И. Ковалевского объясняются указанными выше конструктивными недостатками.

Сравнение показывает, что при существующих условиях применение съемного клина конструкции Г. А. Волкова с технико-экономической точки зрения наиболее целесообразно. Однако необходимо отметить, что при применении клина СО-57/36-3 интенсивность искусственного пространственного искривления наибольшая и применение специальных расширителей, безусловно, позволит искривлять скважины с максимальным эффектом.

Испытания показали, кроме того, что применение съемных отклонителей рационально только в определенных условиях: либо при малой интенсивности естественного искривления, либо при совпадении направления последнего с направлением искусственного искривления.

При несоблюдении этого условия желаемого результата можно достичь только при больших затратах средств и времени либо применением отклонителей непрерывного действия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Александров М. М. Упрощение и ускорение расчетов по определению приращений пространственного искривления на отдельных участках ствола скважин.— Научно-технический сборник «Бурение», № 10, 1969.
  2. Вудс Г., Лубинский А. Искривление скважин при бурении. Гостоптехиздат, 1960.
  3. Калинин А. Г. Искривление буровых скважин. Гостоптехиздат, 1963.
  4. Колесников А. Е. Анализ работы гибких снарядов при искусственном искривлении скважин.— Тр. Сев.-Каз. ГМИ, вып. 16, 1961.
-