

**АВТОРЫ:** Ю.Т. МОРОЗОВ, Н.И. ВАСИЛЬЕВ

**ИСТОЧНИК:** ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ. ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ ИМ. Г.В.  
ПЛЕХАНОВА(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) САНКТ-ПЕТЕРБУРГ - 2006Г.

## **РАЗДЕЛ 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАСС НАПРАВЛЕННЫХ И МНОГОСТВОЛЬНЫХ СКВАЖИН**

### **4.1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАСС НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИН**

При поисках и разведке месторождений для достоверного определения пространственного положения тела полезного ископаемого, содержания и распределения в нем полезных компонентов зона поисков должна пересекаться в определенных заданных пунктах разведочной сети. Поэтому при больших глубинах залегания такой зоны (более 300-500 м) каждую скважину следует проектировать направленной и пробурена она должна быть с такой точностью, чтобы отклонение ствола от заданного пункта или проектной трассы не превышало допустимой величины (допуска).

Бурение ствола в соответствии с ее проектной трассой – одно из главных требований методики разведки месторождения скважинами. Наиболее рациональной трассой направленной скважины является так называемый «типовой профиль или трасса». Он рассчитывается на основании средних значений интенсивности естественного искривления ранее пройденных скважин при установившейся оптимальной на данном месторождении технологии. Это позволяет бурить скважины с наибольшей производительностью и при минимальном применении искусственных отклонителей, снизить в целом объем и стоимость буровых работ, затраты времени и средств на разведку месторождений [8].

Расчет трассы направленной скважины основан на установлении зависимости между величинами зенитных и азимутальных углов (или их приращений) и глубинами скважин через равные интервалы (20, 50 м).

Для выявления этой зависимости данные искривлений скважин следует объединять в однородные группы:

а) по геологическим признакам:

– однородные толщи (пласты) с близкими физико-механическими и структурными свойствами пород: сильно перемежающиеся, анизотропные, слабо перемежающиеся, анизотропные; однородные, слабо анизотропные;

– близкие или одинаковые элементы залегания пород, например, на одном крыле крупной складки, моноклинали, в пределах одного массива; близкие углы встречи скважин с напластованиями породы на равных интервалах глубин и др.;

б) по технико-технологическим признакам:

- способ и технология бурения (алмазный, твердосплавный и др.);
- диаметр, компоновки снаряда, режимные параметры по интервалам глубин;
- начальный угол заложения скважин и др.

После сбора и группировки обработку исходных данных следует проводить для каждой группы скважин (разброс их азимутов должен быть незначительным), приводя их к равным интервалам по глубине. Подобная группировка исходных данных позволяет объединить скважины, причины и закономерности искривления которых близки или одинаковы.

После объединения скважин по группам (выборкам) определяется математическое ожидание  $\bar{m}_{sk}$  как выборочное значение средних арифметических величин зенитных  $\theta$  и азимутальных  $\alpha$  углов или их приращений  $x$

$$x_i = \theta_{cp} (\alpha_{cp}) = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \bar{m}_{sk} \quad (4.9)$$

Далее определяются несмещенные оценки для дисперсий зенитного угла и азимута:

$$D_k = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ki} - \bar{m}_{sk})^2}{n-1} \quad (4.13)$$

и среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma_{sk} = \sqrt{D_k} \quad (4.14)$$

Для оценки близости естественного искривления скважин и анализа устанавливаемых эмпирических зависимостей  $\theta = \gamma_1(L)$  и  $\alpha = \gamma_2(L)$  следует определить границы доверительного интервала функции  $\theta$  и  $\alpha$  для каждого значения аргумента  $L$ .

Если естественное искривление на участке соответствует нормальному закону распределения случайных величин, то границы доверительного интервала определяют по формуле [1]:

$$S = \bar{m}_{sk} \pm t_{\beta} \frac{\sigma_{sk}}{\sqrt{n}}, \quad (4.15)$$

где  $t_{\beta}$  – критерий Стьюдента (табличная величина, см. любой справочник по математике), определяемый принятой вероятностью и числом степеней  $(n-1)$  опытных данных.

Например, в выборке  $n=10$  скважин на глубине 400 м выборочный средний зенитный угол  $\bar{x} = 15^\circ$ , выборочное среднее квадратичное  $S = 1,5^\circ$ . Оценим неизвестное математическое ожидание при помощи доверительного интервала с надежностью  $\gamma = 0,95$ .

Так, для  $n-1$ :  $t_{\gamma} = 2,31$  при  $\gamma = 0,95$ .

$$m_k \pm t_{\gamma} \cdot \sigma_{sk} / \sqrt{n} = 15^\circ \pm 2,31 \cdot 1,5 / \sqrt{10} = 15^\circ \pm 1,1 \text{ или } 13,9^\circ < \bar{m}_{sk} < 16,1^\circ .$$

На основании полученных доверительных значений зенитных углов на каждом интервале глубин скважин на графике следует отстраивать кривые минимального и максимального отклонения ее ствола от «типового профиля» с принятой величиной доверительной вероятности (надежности). Также отстраивается «план» азимутальных искривлений скважины. Если эти величины превышают интервал допустимого отклонения скважин, установленный принятой методикой разведки месторождения, то необходимо исправлять положение некоторых скважин искусственными отклонителями.

Если геологический разрез по степени однородности разделяется на 2-3 постоянных интервала, на которых кривизна скважин постоянна и равна  $K_1, K_2, K_3$ , то скважины по глубине следует разделить на указанные интервалы, в которых искомые зависимости могут быть аппроксимированы простыми линейными функциями:

$$\theta_{0-150}=\theta_0+K_1L_1; \quad \theta_{150-300}=\theta_1+K_2L_2; \quad \theta_{300-400}=\theta_2+K_3L_3.$$

В связи с тем, что распределение значений зенитных и азимутальных углов по глубине скважин подчиняется нормальному (логнормальному) распределению [7, 8], можно оценить вероятность проведения последующих скважин по проектной траектории – «типовой трассе» данной группы (выборке) и устанавливать рассеяние их забоев относительно заданных пределов некоего поля допустимых отклонений.

Пределы такого поля могут быть представлены прямоугольником, квадратом, кругом или линией (азимутальное искривление отсутствует). В этом случае формула для определения этой вероятности в случае прямоугольного поля допусков имеет вид:

$$\Phi(x, y) = \left[ \Phi' \left( \frac{l_x}{\sigma_x} \right) - \Phi' \left( \frac{-l_x}{\sigma_x} \right) \right] \left[ \Phi' \left( \frac{l_y}{\sigma_y} \right) - \Phi' \left( \frac{-l_y}{\sigma_y} \right) \right]. \quad (4.18)$$

Для поля допусков в виде круга радиусом  $r$ :

$$\Phi(x, y) = 1 - e^{-r^2/2\sigma^2}. \quad (4.19)$$

Если отклонение скважины возможно только в одной плоскости, то

$$\Phi(-l < x < l) = 2\Phi' \left( \frac{l}{\sigma} \right). \quad (4.20)$$

Здесь  $l_x, l_y$  – допустимые отклонения в плоскости искривления скважин и перпендикулярном к ней направлении соответственно;  $\sigma_x, \sigma_y$  – средние квадратические отклонения по осям  $x$  и  $y$  (зенитное и азимутальное искривление),  $\Phi_z = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{t^2}{2}} dt$  – интервал вероятностей, вычисляемых по таблицам в справочной литературе по теории вероятностей (см. Е. Вентцель – 1)

По вычисленным значениям  $\Phi(x, y)$  легко определить количество скважин из намеченных к бурению на данном месторождении, отклонения которых от «типовой» траектории не выйдут за пределы допустимого:

$$n = \Phi(x, y)N, \quad (4.21)$$

где  $N$  – общее количество скважин, намеченных к бурению.

Следовательно,  $N$ - $n$  скважин потребуют применения искусственного искривления для того, чтобы выдержать установленные пределы допустимых отклонений. Более простым способом является оценка по правилу «трех сигм», в соответствии с которым 99,7% всех случайных величин данной совокупности будет попадать внутрь интервала  $\bar{x} \pm 3\sigma$ , 95,4% – внутрь интервала  $\bar{x} \pm 2\sigma$ , а 68,3% – интервала  $\bar{x} \pm \sigma$  [9].

**Рекомендованная литература:**

8. Морозов Ю.Т. Бурение направленных и многоствольных скважин малого диаметра. Л.«Недра»,1976, 215 с.

9. Ю.Т.Морозов. Методика и техника направленного бурения скважин на твердые полезные ископаемые. Л.Недра, 1987, 221 стр