ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА им. С. М. КИРОВА

# НОМОГРАММЫ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ УГЛА УСТАНОВКИ КЛИНА ПРИ ОТКЛОНЕНИИ СКВАЖИНЫ В ПРОСТРАНСТВЕ

Г. Л. КАЛИНИЧЕНКО, С. С. СУЛАКШИН

Известные в литературе формулы для установки клина в скважине с целью изменения ее азимута приведены с некоторыми допущениями, которые вносят соответствующие ошибки в полученные результаты. В работе [1] нами приведены формулы для установки клина без этих допущений. Расчеты же по ним во многом усложняются и представляются известные трудности. Поэтому нами была составлена программа для всех расчетов по этим формулам на ЦВМ «Минск-1» и составлены таблицы для $\delta=2°$, $\delta=3°$, $\delta=4°$. При расчетах дополнительно к работе [1] приняты следующие три положения:

1. Углы $\psi^1$ и $\theta^1$ — угол поворота клина в горизонтальной плоскости и новый зенитный угол, определяемые по формулам:

$$\psi^1=\arccos\left[\frac{x_c-l\sin\theta}{\sqrt{(x_c-l\sin\theta)^2+x_c^2\,\mathrm{tg}^2\Delta\alpha}}\right],$$

$$\theta^1=\arccos\left[\frac{l\sin\theta}{\sqrt{x_c^2\sec^2\Delta\alpha+l^2\cos\theta}}\right],$$

не зависят от $l$. Действительно, если обозначить

$$u_{1,2}=\frac{\cos\alpha}{a}\left[\sin\theta\cos\theta\pm\sqrt{\sin^2\theta\cos^2\theta-a(\cos^2\delta-\cos^2\theta)}\right]$$

то $x_c=lu_{1,2}$, и тогда формулы 1 и 2 примут вид

$$\psi^1=\arccos\left[\frac{u_c-\sin\theta}{\sqrt{\sec^2\Delta\alpha+\cos^2\theta_c^2\,\mathrm{tg}^2\Delta\alpha}}\right],$$

$$\theta^1=\arccos\left[\frac{\cos\theta}{\sqrt{u_c^2(u_c-\sin\theta)^2+u}}\right].$$

Отсюда и следует, что $\psi^1$ и $\theta^1$ не зависят от $l$.

2. Часто представляет интерес не угол поворота клина в плоскости $xoy$ (на рис. 1 угол $\angle CBD$), а угол $\angle C^1B^1D^1$, т. е. угол между плоскостью $xoz$ и плоскостью $ABC$.

Из рисунка видно непосредственно, что координаты точек будут $A(O,\ O,\ l\cos\theta)$; $B(l\sin\theta,\ \theta,\ O)$; $C(x_c,\ x_c\mathrm{tg}\Delta\alpha, o)$. Но тогда координаты нормали к плоскости $ABC$ будут следующие:

$$N(x_c\mathrm{tg}\,\Delta\alpha\cos\theta;\ (x_c-l\sin\theta)\cos\theta;\ x_c\mathrm{tg}\,\Delta\alpha\sin\theta)$$

Отсюда угол $\psi$ найдется по формуле

$$\psi = \arccos \frac{(x_c - l\sin\theta)\cos\theta}{\sqrt{x_c^2 \operatorname{tg}^2\Delta\alpha + (x_c - l\sin\theta)^2\cos^2\theta}}\ .$$

3. Покажем, что формулы 4 и 5 при $\delta = \Delta\alpha$ имеют одно и то же значение, т. е. новый зенитный угол равен углу поворота клина.

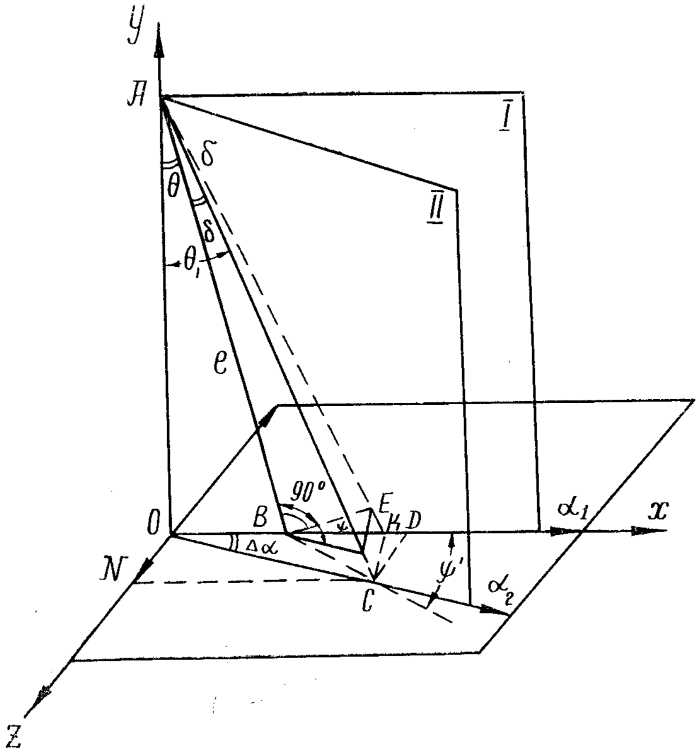


Рис. 1.

Действительно, при $\delta = \Delta\alpha$

$$x_{c_{1,2}} = \frac{l\cos\theta}{a}\left[\sin\theta\cos\theta \pm \sqrt{\sin^2\theta\cos^2\theta - a\,(\cos^2\delta - \cos^2\theta)}\right],$$

где $a = \cos^2\delta\sec^2\Delta\alpha - \sin^2\theta$ будем иметь

$$x_{c_2} = l(\sin\theta \pm \sin\delta).$$

Подставляем 6 в числитель и во второе слагаемое подкоренного выражения формулы 5, поделив числитель и знаменатель на $\sin\delta$, мы получим формулу 4.

4. По составленным таблицам были построены три номограммы при $\delta = 2°$, $\delta = 3°$ и $\delta = 4°$.

В каждой номограмме определенному $\Delta\alpha$ соответствуют две функции: $\psi = f_1(\theta)$ и $\psi^1 = f_2(\theta)$, которые при возрастании стремятся совпасть, так, например, при $\delta = 2°$, уже при $\Delta\alpha = 10°$ кривые $\psi$ и $\psi^1$ практически совпадают. Каждая точка кривой номограммы есть совокупность трех величин $(\Delta\alpha, \theta, \psi)$ или $(\Delta\alpha, \theta, \psi^1)$. Таким образом, задавая две из трех величин, мы по номограмме получим третью величину.

Три аналогичные номограммы построены для нахождения нового зенитного угла, связующие три величины $(\theta, \theta^1, \Delta\alpha)$ (рис. 2, 3).

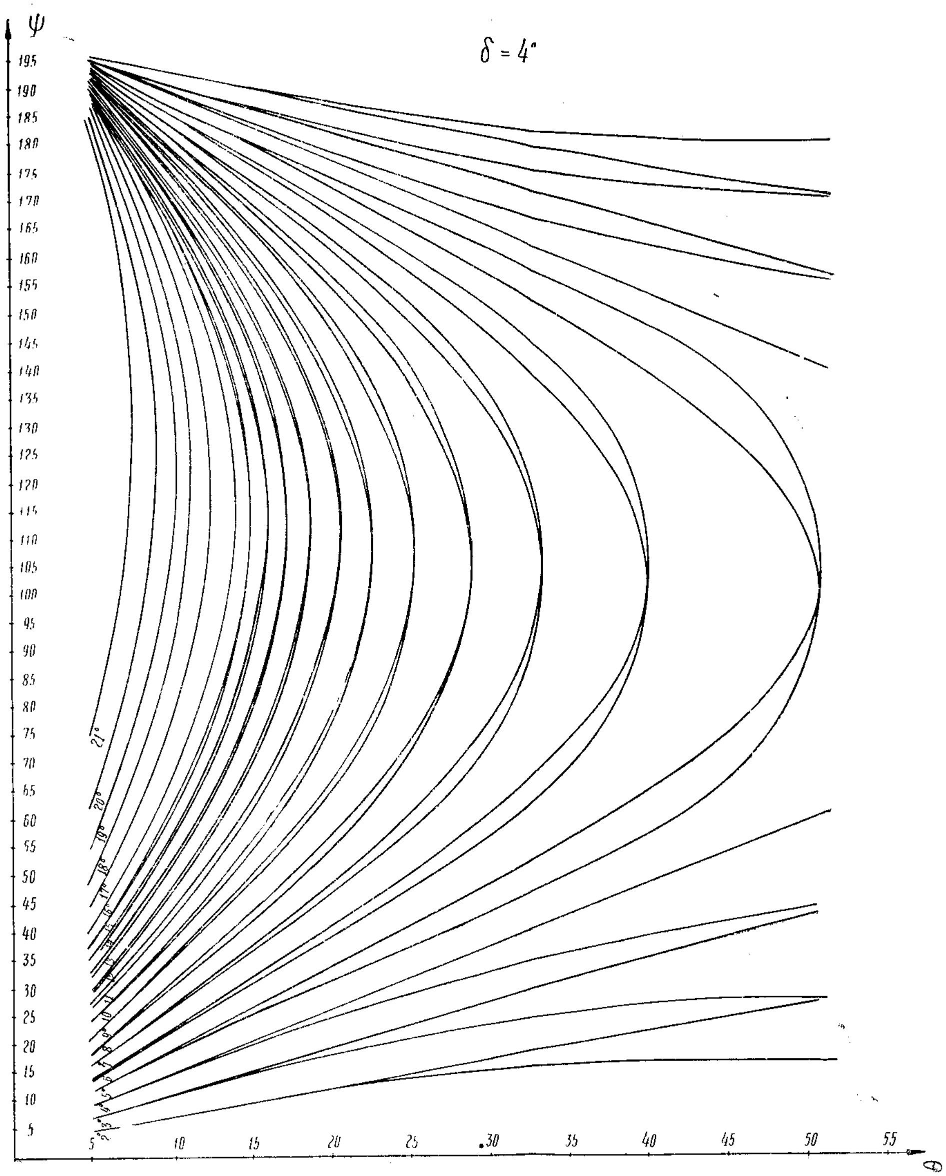


Рис. 4. Номограммы для угла скоса б=4°.

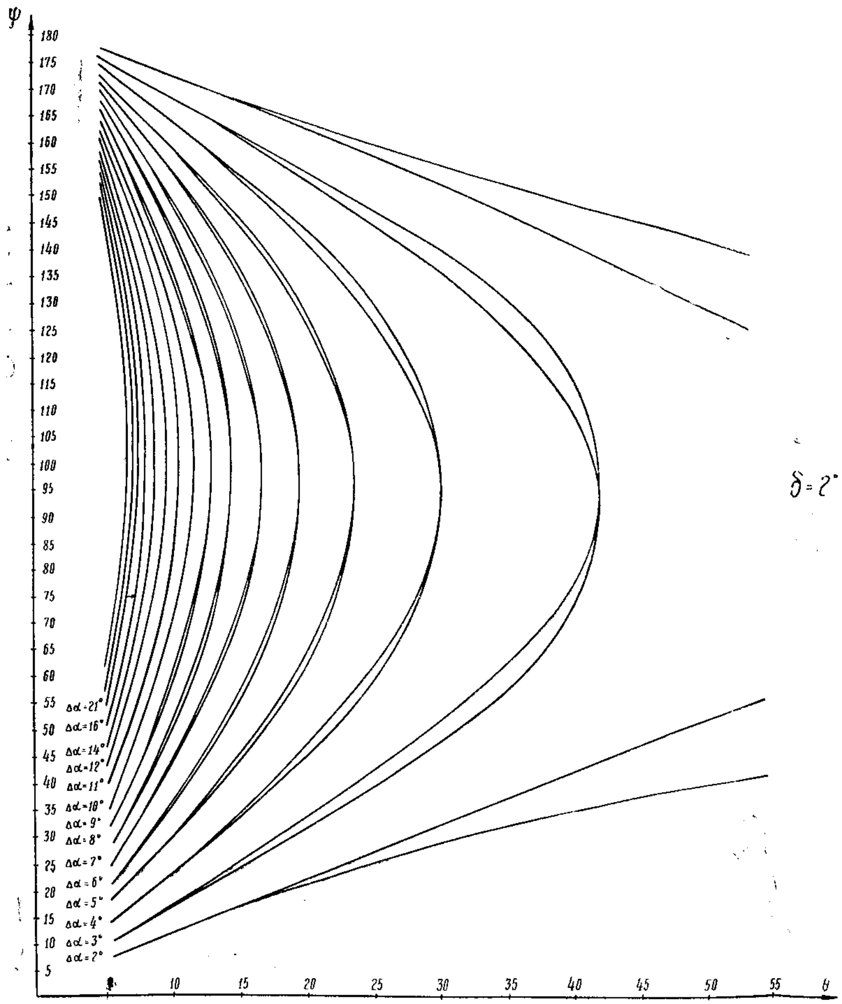


Рис 2

Рис. 2. Номограммы для угла скоса б=2°.

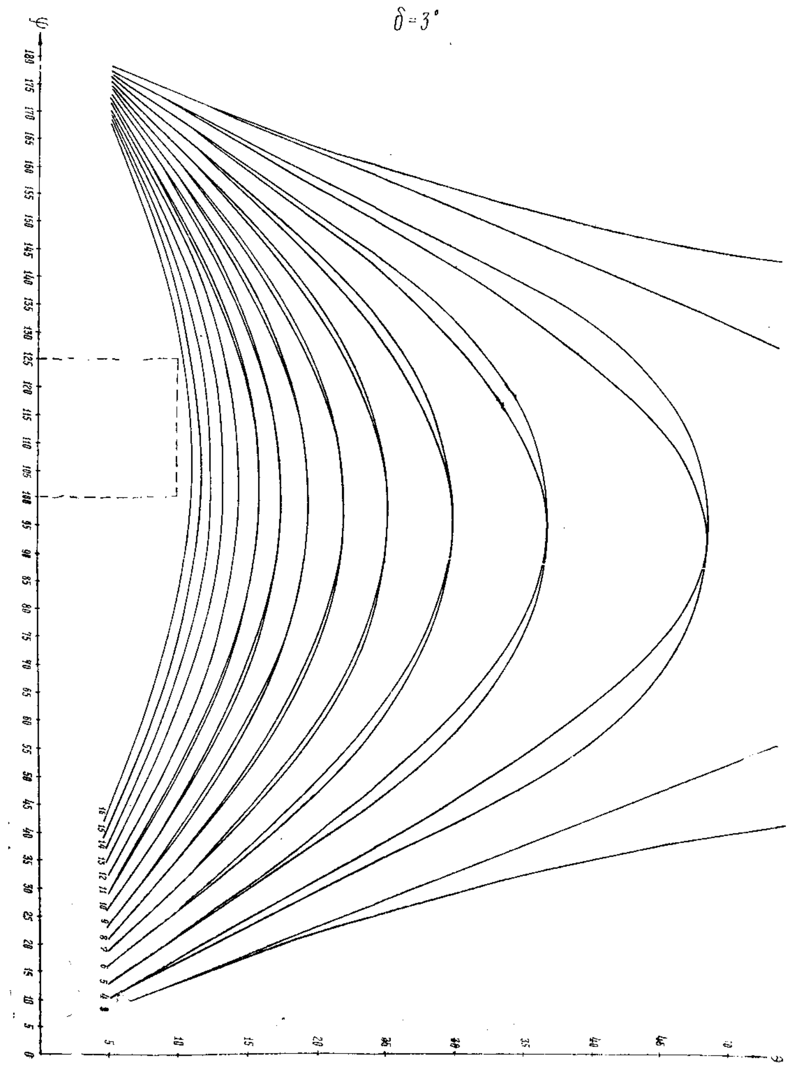


Рис. 3. Номограммы для угла скоса б=3°.

## Выводы

Углы $\psi^1$ и $\theta^1$ отклоняющейся системы клина не зависят от длины клина.

2. При $\Delta\alpha = \delta$ новый зенитный угол равен углу поворота клина.

3. Для всех трех значений скоса клина $\delta = 2°$, $\delta = 3°$, $\delta = 4°$ при $\Delta\alpha > 10°$ кривые $\psi$ и $\psi^1$ практически совпадают, отсюда допущения, которыми пользуются в работах [2, 3, 4], верны только при $\Delta\alpha > 10°$.

4. При малых $\Delta\alpha$ разность между $\psi$ и $\psi^1$ достигает 8°.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Л. Калиниченко, С. С. Сулакшин. Аналитический расчет угла установки клина при отклонении скважины от заданной траектории. Изв. ТПИ, том 154, 1967.

2. А. М. Курмашев. Прибор для расчета отклонения в наклонной скважине. Информационный сборник Министерства геологии и охраны недр СССР, 27, 1961.

3. А. Г. Калинин и др. Ориентирование отклоняющих систем в скважинах. М., ГНТИ, 1960.

4. А. Г. Калинин. Искривления буровых скважин. Гостоптехиздат, М., 1963.

78 - 1153