

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПТИМИЗИРОВАННОГО
S-ОБРАЗНОГО ПРОФИЛЯ
НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННОЙ СКВАЖИНЫ**

Туктаров Д.Х.¹, Корчагин П.Н.², Охотников А.Б.³

*ГК «Интегра», ООО «Смит Продакшн Технолоджи»
email: ¹Dtuktarov@inegra.ru, ²pkorchagin@inegra.ru, ³aokhotnikov@inegra.ru*

Охотников А.А.

Сургутский государственный университет

В статье описан новый подход к проектированию профилей наклонно-направленных скважин. Предложен способ проектирования оптимизированного профиля S-образной наклонно-направленной скважины – профиля скважины с минимальной длиной (протяжённостью) ствола скважины.

Ключевые слова: проектирование профилей наклонно-направленных скважин, оптимизированный профиль S-образной наклонно-направленной скважины, профиль скважины с минимальной длиной (протяжённостью) ствола скважины.

Традиционный способ проектирования S-образного профиля наклонно-направленной скважин представлен в [1 - 8].

Исходные данные для расчёта элементов S-образного профиля наклонно-направленной скважины следующие:

1. Глубина начала набора угла по вертикали, м.
2. Глубина кровли целевого объекта по вертикали, м.
3. Смещение по горизонтали до точки входа в целевой объект, м.
4. Интенсивность искривления на участке набора зенитного, град / 10 м.
5. Интенсивность искривления на участке снижения зенитного угла, град / 10 м.
6. Угол входа в целевой объект, градусов.

Модель расчета профиля, изложенная в [1 - 6] следующая: задается величина зенитного угла на участке набора угла и на её основании рассчитываются остальные параметры профиля.

В [7, 8] представлена модель расчёта профиля S-образной наклонно-направленной с углом входа в целевой объект равным нулю, это частный упрощённый случай S-образного профиля наклонно-направленной скважины.

В ООО «Смит Продакшн Технолоджи» разработана и используется стратегия – «идеальная скважина». Один из составных элементов стратегии – оптимальный профиль скважины. Поэтому специалистами ООО «Смит Продакшн Технолоджи» была решена задача проектирования оптимизированного профиля S-образной наклонно-направленной скважины. Оптимизированный профиль S-образной наклонно-направленной скважины – это профиль скважины с минимальной длиной (протяжённостью) ствола скважины. Такой профиль ствола скважины определяется математическим решением кривой, удовлетворяющей условиям вышеперечисленных пунктов 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Схема S-образного профиля наклонно-направленной скважины приведена на рис. 1.

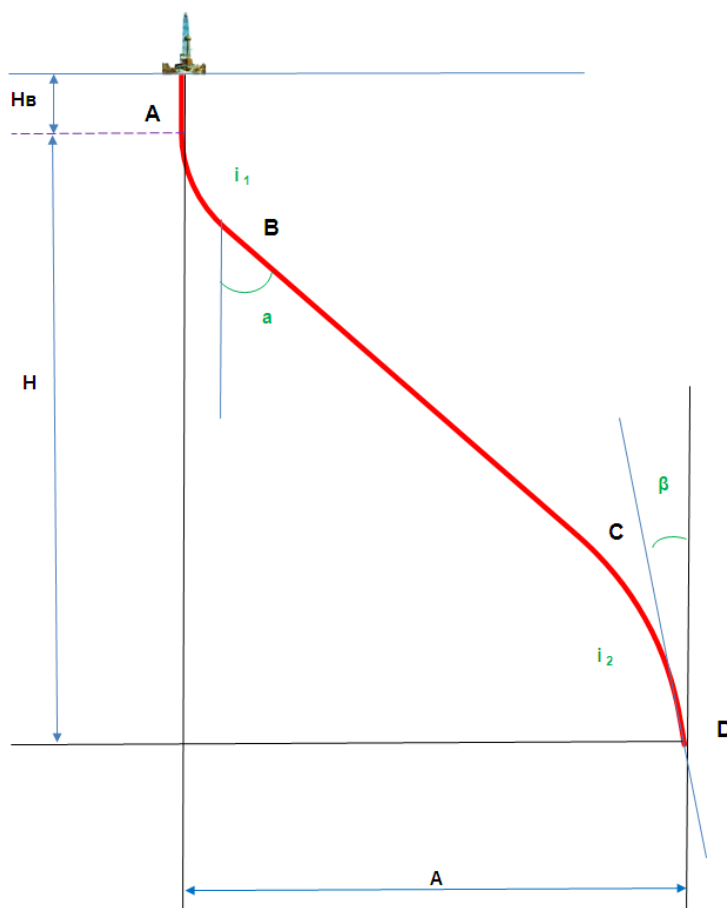


Рисунок 1. Схема S-образного профиля наклонно-направленной скважины.

На рис. 1 заданные величины:

1. H_v – глубина точки начала набора угла (глубина вертикального участка), м;
2. H – глубина целевого объекта от точки начала набора угла, м;
3. A – смещение (отклонение) по горизонтали до точки входа в целевой объект, м;
4. β – угол входа в целевой объект, градусов;
5. i_1 – интенсивность искривления на участке набора зенитного угла, град / 10 м;
6. i_2 – интенсивность искривления на участке уменьшения зенитного угла, град / 10 м.

На рис. 1 неизвестные величины:

1. a – зенитный угол, град;
2. линия AB – длина участка набора угла – м;
3. линия $BC = L$ – длина наклонного (тангенциального) участка, м;
4. линия CD – длина участка снижения угла, м.

При расчёте профиля скважины используется радиус кривизны $R = 573/i$, град / 10 м.

Для расчётов строим расчётную схему – рис. 2.

Из схемы видно:

$$\angle AFB = a; \angle CEG = a; \angle CEG = \beta.$$

Проекция на вертикаль равны:

$$Y_1 = R_1 \sin a; \quad Y_3 = R_2 \sin a - R_2 \sin \beta;$$

$$\begin{aligned} Y_2 &= H - Y_1 - Y_3 = H - R_1 \sin a - (R_2 \sin a - R_2 \sin \beta) = \\ &= H - R_1 \sin a - R_2 \sin a + R_2 \sin \beta. \end{aligned}$$

Проекция на горизонталь равны:

$$X_1 = R_1 - R_1 \cos a;$$

$$X_3 = R_2 \cos \beta - R_2 \cos a;$$

$$\begin{aligned} X_2 &= A - X_1 - X_3 = A - (R_1 - R_1 \cos a) - (R_2 \cos \beta - R_2 \cos a) = \\ &= A - R_1 + R_1 \cos a - R_2 \cos \beta + R_2 \cos a. \end{aligned}$$

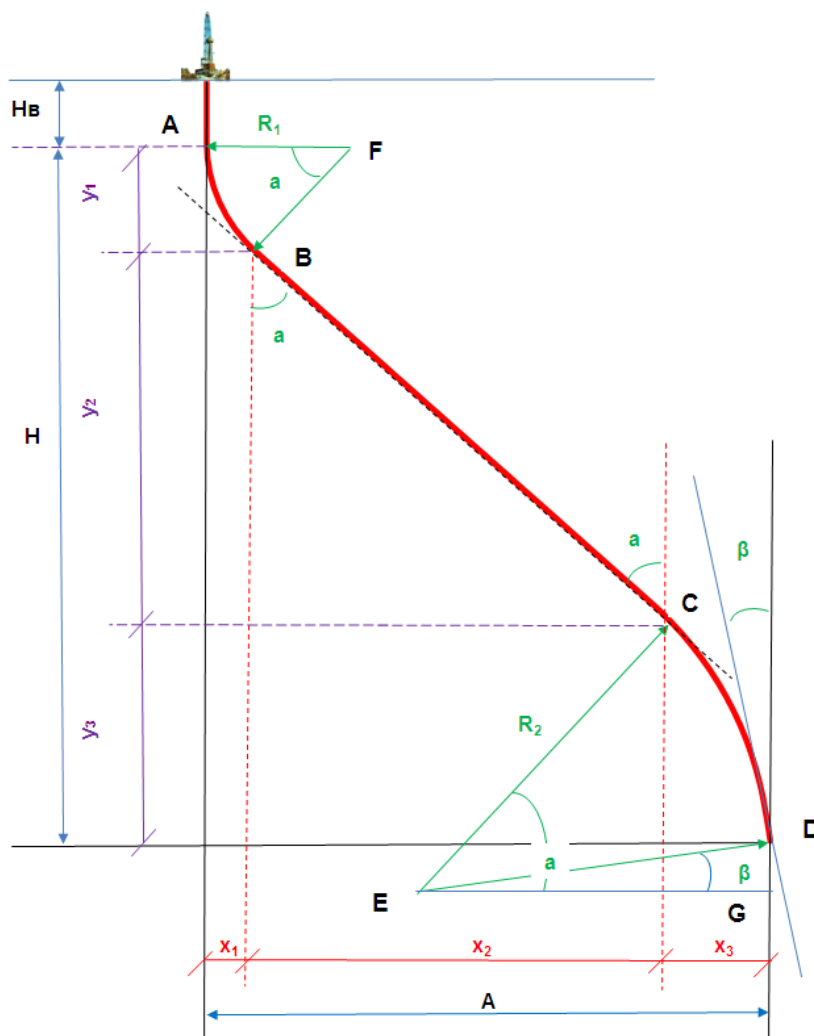


Рисунок 2. Расчётная схема S-образного профиля наклонно-направленной скважины

Длина наклонного участка равна:

$$L = X_2 / \sin a; \quad L = Y_2 / \cos a; \quad \text{или} \quad X_2 \cos a = Y_2 \sin a.$$

Подставив вместо X_2 и Y_2 полученные выше выражения получаем:

$$(A - R_1 + R_1 \cos a - R_2 \cos \beta + R_2 \cos a) \cos a = (H - R_1 \sin a - R_2 \sin a + R_2 \sin \beta) \sin a.$$

После преобразований получаем:

$$(H + R_2 \sin \beta) \sin a + (R_1 + R_2 \cos \beta - A) \cos a = (R_1 + R_2).$$

Обозначив: $(H + R_2 \sin \beta) = a$; $(R_1 + R_2 \cos \beta - A) = b$; $(R_1 + R_2) = c$, получим уравнение вида:

$$a \sin a + b \cos a = c.$$

Решая полученное уравнение использованием вспомогательного угла получаем значение *оптимального зенитного угла* a .

По полученному значению оптимального зенитного угла рассчитываются остальные параметры оптимизированного профиля S-образной наклонно-направленной скважины:

Длина участка набора угла: $L_{AB} = R_1 a$, длина участка снижения угла: $L_{CD} = R_2 (a - \text{значение угла в радианах})$. Формулы для расчёта остальных параметров профиля приведены выше.

Выводы

1. Разработан способ проектирования оптимизированного профиля S-образной наклонно-направленной скважины.

2. Оптимизированный профиль S-образной наклонно-направленной скважины – это профиль скважины с минимальной длиной (протяжённостью) ствола скважины.

3. Профиль S-образной наклонно-направленной скважины с минимальной длиной (протяжённостью) ствола скважины позволяет минимизировать стоимость скважины.

Литература

1. Инструкция бурению наклонно направленных скважин. РД 39-2-810-83.- М.:ВНИИБТ,1983.

2. Инструкция по бурению наклонных скважин с кустовых площадок на нефтяных месторождениях Западной Сибири. РД 39-0148070-6.027-86, -Тюмень: СибНИИНП, 1986.

3. Калинин А.Г., Никитин Б.А., Солодкий К.М., Повалихин А.С. Профили направленных скважин и компоновки низа бурительных колонн. М.: Недра, 1995. – 301 с.

4. Калинин А.Г., Никитин Б.А., Солодкий К.М., Султанов Б.З. Бурение наклонных и горизонтальных скважин. М.: Недра, 1997. – 648с.

5. Иогансен К.В. Спутник буровика: Справочник. – 3-е изд. – М.: Недра, 1990. – 303 с.

6. Калинин А.Г., Гаджумян Р.А., Мессер А.Г. Справочник инженера-технолога по бурению глубоких скважин. М.: Недра, 2005. – 808 с.

7. G. Gabolde and J.P. Nguyen. Drilling data handbook, 6th edition. Editions Technip, Paris, 1991.

8. Hussain Rabia. Well Engineering and Construction. Entrac Consulting Ltd., 2001. 650 p.