

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОФИЛЕЙ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИН ПРИ РАСЧЕТЕ ЗЕНИТНОГО УГЛА

Е.О. Шишкина, Д.Е. Козлов

Научный руководитель профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время, требуется совершенствование технологий по извлечению разведанных запасов, ввиду человеческих потребностей в углеводородном сырье и отсутствия надежной альтернативы нефти и газу, как топливу. Для изучения горных пород, вследствие, вскрытия их скважинами, основными методами исследования являются геофизические методы – определение геологических характеристик пород и контроль режимов работы пластов в процессе бурения скважин возможно только при измерении различных физических параметров.

Наклонно-направленное бурение применимо для бурения скважин при разведке твердых полезных ископаемых и скважин на нефть и газ, данный способ подразумевает строительство скважин с отклонением зенитного угла от вертикали в заданном направлении.

Сконструировать направленную скважину значит выбрать элементы ее конструкции такими, чтобы достичь глубинной цели и при этом обеспечить безаварийную проходку ствола, его крепление обсадными колоннами и тампонажным материалом, надежную гидродинамическую связь с продуктивным горизонтом, длительную безаварийную эксплуатацию.

Проект на сооружение направленной скважины включает все разделы стандартного проекта: геологическое и технико-технологическое обоснование координат места заложения и глубинной цели, конструкцию скважины и фильтра, поверхностное оборудование и бурильный инструмент, режимы бурения различных интервалов, технологию вскрытия продуктивных горизонтов и заканчивания скважины.

Вследствие этого, для обеспечения правильного подхода к проведению работ по бурению наклонных скважин необходимо грамотно проектировать и рассчитывать профиль скважины, определять зенитные и азимутальные углы, радиус и интенсивность искривления.

Зенитный угол θ (зенит – фр. *zenith* – точка небесной сферы) – угол между вертикалью и осью скважины в заданной точке. Замеряется зенитный угол строго в апсидальной плоскости, поэтому при проецировании траектории ствола на любую другую вертикальную плоскость зенитный угол отображается с отклонением от истинного значения. При искривлении скважины возможно увеличение (выполаживание) или уменьшение (выкручивание) зенитного угла [2].

Если в процессе искривления происходит изменение только зенитного или азимутального угла, то такое искривление называется плоским.

Изменение угла искривления (зенитного или азимутального) на определенном интервале l называется приращением искривления на интервале l ($\Delta\alpha$ или $\Delta\theta$).

Отношение приращения зенитного или азимутального искривления на интервале к длине этого интервала называется интенсивностью искривления по зенитному или азимутальному углам, согласно схеме представленной на рисунке интенсивность искривления на участке АВ составит следующее значение:

$$i = \frac{\Delta\theta}{\Delta L} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\Delta L}$$

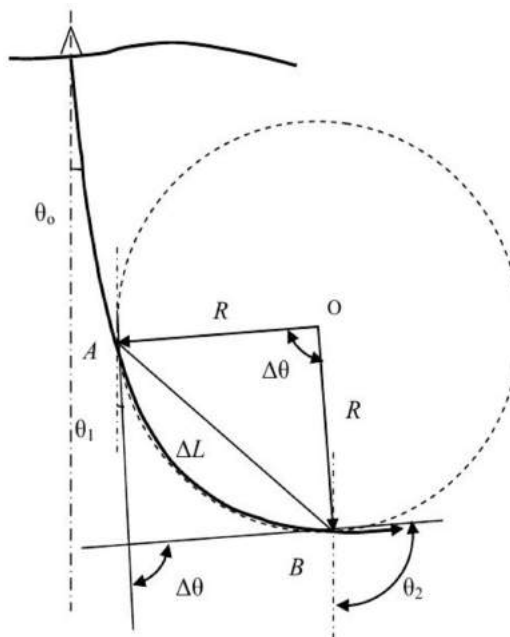


Рис. 1. Схема зенитного искривления и кривизны скважины

Общий угол искривления скважины, определяемый в соответствии со схемой на рисунке, будет равен сумме углов $\theta_0 + \theta_1 + \theta_2$.

Интенсивность искривления (кривизна скважины) – i однонаправленное изменение пространственного угла искривления скважины на определенном интервале ствола.

Интенсивность искривления идентична понятию кривизна, используемому в математике.

Кривизна линии определяется отношением угла $\Delta\theta$ поворота касательной, проходящей на единицу пути, пройденной касательной из точки A в точку B приведенных на рисунке, к длине этой дуги ΔL . Таким образом, кривизна дуги AB будет равна:

$$K = \lim \frac{\Delta\theta}{\Delta L}.$$

В направленном бурении для определения интенсивности искривления используется кривизна дуги окружности, например, радиуса R .

Кривизна дуги окружности и радиус кривизны дуги окружности – взаимнообразные величины:

$$K = \frac{1}{R}.$$

Радиус кривизны скважины – величина обратная кривизне или интенсивности искривления скважины и определяемая как радиус дуги окружности, кривизна которой тождественна кривизне участка ствола скважины.

Рассмотрим случай при интенсивности искривления возможны следующие варианты, когда изменяется только зенитный угол.

В данном случае интенсивность искривления можно определить по формуле, во втором по формуле. В третьем случае для расчета интенсивности искривления первоначально определяют приращение пространственного угла искривления на интервале ствола скважины, используя формулу А. Лубинского [1]:

$$\Delta\gamma = 2 \arcsin \sqrt{\sin^2 \frac{\theta_{i+1} - \theta_i}{2} + \sin^2 \frac{\alpha_{i+1} - \alpha_i}{2} \sin \theta_n \sin \theta_k}.$$

где $\theta_i, \theta_{i+1}, \alpha_i, \alpha_{i+1}$ – значения зенитных и азимутальных углов в начале и конце рассматриваемого интервала скважины, град;

θ_n, θ_k – зенитные углы соответственно в начале и в конце рассматриваемого интервала скважины, град.

Найдя приращение полного угла искривления, можно определить среднюю интенсивность искривления на интервале:

$$i_{\text{ср}} = \frac{\Delta\gamma}{l}.$$

а затем величину среднего радиуса кривизны, используя аналитическую связь кривизны и радиуса кривизны скважины:

$$R = \frac{57.3}{i_{\text{ср}}}.$$

Вертикальное бурение и наклонно направленное бурение являются двумя основными методами бурения в современных буровых работах. Что представляет собой вертикальное бурение, может быть понятно и неспециалисту. Данный вид бурения является менее затратным, простым в плане расчетов.

Наклонно направленное бурение в свое время является другим случаем. Его применяют в том случае, если нет возможности подступиться к залежам полезных ископаемых и сложно применить вертикальное бурение.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для бурение наклонно-направленных скважин это сложный процесс и существуют различные факторы мешающие его правильному проведению, вследствие этого, необходимо грамотно проектировать и рассчитывать профиль скважины, определять зенитные и азимутальные углы, радиус и интенсивность искривления.

Литература

1. Нескоромных В.В. Направленное бурение и основы кернометрии: Учебник / В.В. Нескоромных. – М.: «Инфра-М», 2015г. – 328 с.
2. Калинин А.Г. Бурение наклонных скважин: справочник: / А.Г. Калинин, Н.А. Григорян, Б.З. Султанов; под общ. ред. А.Г. Калинина. – М.: Недра, 1990. – 348 с.