

К ВЫБОРУ ИНТЕРВАЛА РАЗМЕЩЕНИЯ СКВАЖИННОГО НАСОСА В НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИНАХ

Ишмурзин А.А., Хоанг Т. Н.

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Пономарев Р.Н.

ЗАО «Центрофорс»

Как погружные центробежные, так и штанговые скважинные насосы спускаются в скважину на определенную расчетную глубину в соответствии с технологическими требованиями. В наклонно-направленных скважинах эти условия оказываются недостаточными. Технологические требования к глубине спуска насоса, кроме того, должны сочетаться с прямолинейностью интервала спуска насоса. Для того, чтобы они могли нормально функционировать должны находиться в прямолинейных участках. Искривленные участки вынуждают насосную компоновку изгибаться в соответствии с профилем изгиба, следствием чего является вибрация и заклинивание насосов. Для выбора такого участка необходимо, во-первых, иметь достоверные данные о кривизне обсадной колонны. Известно, что кривизна скважин, приводимая в сводных результатах инклинометрии, относятся к необсаженному стволу. Ввиду жесткости обсадной колонны, а также других промежуточных колонн, искривление внутренних колонн претерпевает некоторое изменение. Во-вторых, расчет удлинения колонны насосно-компрессорных труб должен вестись с учетом искривлений ствола скважины и сил трения между колоннами.

Данная статья посвящена решению первой задачи. Она решена теоретически, используя метод координатных параметров трех точек, лежащих в пространстве на рассматриваемом интервале ствола. Поскольку метод расчета применим для всех промежуточных колонн, одновременно с решением конкретной задачи, определены пространственные кривизны каждой колонны, спускаемой в скважину в процессе ее эксплуатации.

Метод определения кривизны промежуточных колонн в пространственно-искривленных скважинах основан на использовании координатных параметров

трех реперных точек, приобретенных новым положением колонны в скважине. Основы применения методики приведены в работе [1].

Последовательность расчетов заключается в следующем. Координаты внутренней колонны в точках А и С (рисунок 1) совпадают с координатами исходной колонны, а точка В смещается на величину зазора между колоннами в состоянии прижатия внутренней колонны к противоположной стенке внешней колонны.

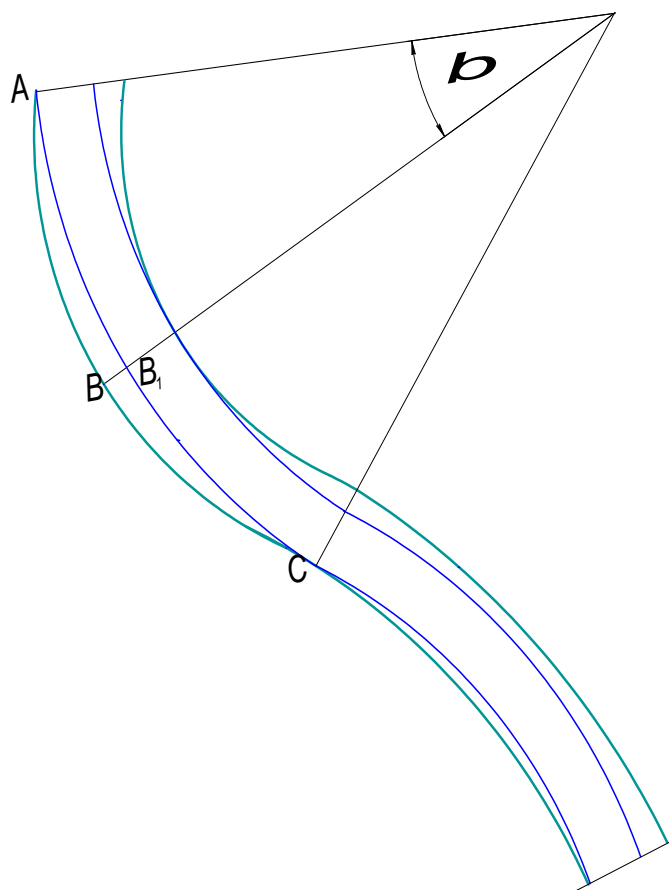


Рисунок 1 – Схема расположения внутренней колонны в скважине

У внутренней колонны, таким образом, становятся известны координаты также трех точек, которые позволяют рассчитать углы искривления на стыке двух прилежащих участков β по следующей формуле:

$$\cos\beta = \frac{l_1 \cdot l_2 + m_1 \cdot m_2 + n_1 \cdot n_2}{\sqrt{l_1^2 + m_1^2 + n_1^2} \sqrt{l_2^2 + m_2^2 + n_2^2}}, \quad (1)$$

где α_i – азимутный угол; l_i , m_i , n_i – разности координат x_i , y_i , z_i соответственно.

В таблице 1 приведен алгоритм вычисления кривизны внутренних колонн в пространственно-искривленной скважине по предложенной методике.

Таблица 1 – Расчетные зависимости для вычисления кривизны внутренних колонн

Необса- женная скважина	Обсадная колонна труб диаметром 146 мм	Подъемная колонна труб диаметром 73 мм	Колонна насосных штанг диаметром 22 мм
x_i y_i z_i	$x_i^{обс} = x_i + (d_c - D_k) \cos \alpha_i$ $y_i^{обс} = y_i + (d_c - D_k) \sin \alpha_i$ $z_i^{обс} = z_i$	$x_i^{нкм} = x_i^{обс} + (d_k - D_{нкм}) \cos \alpha_i$ $y_i^{нкм} = y_i^{обс} + (d_k - D_{нкм}) \sin \alpha_i$ $z_i^{нкм} = z_i^{обс}$	$x_i^{ум} = x_i^{нкм} + (d_{нкм} - D_{ум}) \cos \alpha_i$ $y_i^{ум} = y_i^{нкм} + (d_{нкм} - D_{ум}) \sin \alpha_i$ $z_i^{ум} = z_i^{нкм}$
$\begin{cases} l_i = x_{i+1} - x_i; \\ m_i = y_{i+1} - y_i; \\ n_i = z_{i+1} - z_i. \end{cases}$			
$\begin{cases} l_{i+1} = x_{i+2} - x_{i+1}; \\ m_{i+1} = y_{i+2} - y_{i+1}; \\ n_{i+1} = z_{i+2} - z_{i+1}. \end{cases}$			
$\cos \beta = \frac{l_i \cdot l_{i+1} + m_i \cdot m_{i+1} + n_i \cdot n_{i+1}}{\sqrt{l_i^2 + m_i^2 + n_i^2} \sqrt{l_{i+1}^2 + m_{i+1}^2 + n_{i+1}^2}}$			
$\beta = \arccos(\cos \beta)$			

Результаты расчета угла смежности между прямыми AB и BC на расстоянии 10 м (он же является интенсивностью искривления) по координатным параметрам точек по скважинам № 14136/476 и №14834/1665 Самотлорского месторождения ОАО «СНГДУ-2» обслуживаемые ЗАО «Центрофорс», приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Расчетные данные интенсивности искривления колонн по координатным параметрам точек в скважине №14136/476

Интервал глубины, м	$i_{скв.}$ град/10м	$i_{обс.}$ град/10 м	$i_{нкм}$ град/10 м	$i_{ум}$ град/10 м
60-260	1,16527	1,14700	1,14191	1,13834
260-1000	0,15802	0,15944	0,15985	0,16013
1000-1200	0,60393	0,59788	0,59181	0,58755
1200-2000	0,23921	0,24045	0,24079	0,24104

Таблица 3 – Расчетные данные интенсивности искривления внутренних колонн по координатным параметрам точек в скважине №14843/1665

Интервал глубины, м	$i_{скв.}$ град/10м	$i_{обс.}$ град/10 м	$i_{нкт.}$ град/10 м	$i_{шт.}$ град/10 м
80-300	0,76924	0,75236	0,74764	0,74433
300-600	0,12565	0,13305	0,13533	0,13693
600-900	0,14504	0,14323	0,14100	0,13944
900-1000	0,22998	0,33946	0,37003	0,39149
1000-1400	0,10701	0,10205	0,10067	0,09970
1400-1801	0,36642	0,37143	0,37284	0,37382

Как показывают расчеты, по всем внутренним колоннам углы искривления практически остаются неизменными. Некоторое изменение третьей цифры после запятой имеет лишь теоретическое значение, а не практическое. Тем не менее, следует обратить внимание на следующий факт, что ствол скважин состоит из интервалов набора и снижения кривизны. В интервале набора кривизны внутренние колонны труб и штанг уменьшают свою кривизну по отношению к исходной кривизне, а в интервале снижения кривизны интенсивность искривления возрастает (таблицы 4, 5). Это происходит по той причине, что в интервале набора кривизны внутренние колонны прижимаются к внутренней колонне, а в интервале снижения кривизны они отходят. Очевидно, что насос следует спускать в том интервале, где он ложится на стенку скважины и ограничивается его степень свободы для вибрации.

Таблицы 4 – Изменение интенсивности искривления внутренних колонн по координатным параметрам точек в скважине №14136/476

Интервал глубины, м	Изменение интенсивности искривления		
	Δi скв-обс, град/10м	Δi обс-нкт, град/10м	Δi нкт-шт, град/10м
60-260	-0,018275	-0,005088	-0,003566
260-1000	+0,001428	+0,000401	+0,000282
1000-1200	-0,006040	-0,006071	-0,004261
1200-2000	+0,001240	+0,000347	+0,000243

Таблицы 5 – Изменение интенсивности искривления внутренних колонн по координатным параметрам точек в скважине №14843/1665

Интервал глубины, м	Изменение интенсивности искривления		
	Δi скв-обс, град/10м	Δi обс-нкт, град/10м	Δi нкт-шт, град/10м
80-300	-0,016884	-0,004719	-0,003312
300-600	+0,007400	+0,002277	+0,001603
600-900	-0,001807	-0,002233	-0,001562
900-1000	+0,109481	+0,030576	+0,021452
1000-1400	-0,004957	-0,001382	-0,000969
1400-1781	+0,005015	+0,001403	+0,000985

Участок для спуска насоса выбирают по возможности без изгибов, т.е. с постоянными значениями зенитных углов. Однако, как показывают расчеты, этот интервал имеет кривизну, обусловленную наличием азимутных отклонений, несмотря на то, что зенитные углы остаются без изменений, как, например, в скважине № 14136/476 интервал 1880-1900 м и в скважине № 14843/1665 интервал 1760-1781 м (таблица 6 и таблица 7).

Таблицы 6 – Интенсивности искривления обсадной колонны по координатным параметрам точек в интервале спуска насоса в скважине № 14136/476

Интервал по глубине скважины, м	Зенитный угол, град	Азимутное отклонение, град	Интенсивность искривления	
			по координатным параметрам	по зенитным и азимутным углам
1880-1890	22,25	296	0,23921	0,226
1890-1900	22,25	298		0,278

Таблицы 7 – Интенсивности искривления обсадной колонны по координатным параметрам точек в интервале спуска насоса в скважине № 14843/1665

Интервал по глубине скважины, м	Зенитный угол, град	Азимутное отклонение, град	Интенсивность искривления	
			по координатным параметрам	по зенитным и азимутным углам
1760-1770	11,67	72	0,36642	0,322
1770-1781	11,12	71		0,300

По рассмотренным скважинам стало ясно, что обсадная колонна не имеет прямых интервалов, как это показано в данных инклинометрии скважины. Следовательно, насосная компоновка УЭЦН в скважине принимает профиль изгиба в соответствии с искривленностью интервала. При этом интенсивности искривления $i_{\text{обс.}}=0,23921$ соответствует радиус искривления $R=2395$ м (в скважине №14136/476) и $i_{\text{обс.}}=0,36642$ соответствует радиус искривления $R=1564$ м (в скважине №14136/476). Это значит, что насосная компоновка в скважине имеет искривленность с соответствующими радиусами изгиба.

Выводы

1. Кривизна внутренних колонн в пространственно-искривленных скважинах практически не меняется по отношению к исходной кривизне необсаженной скважины.
2. Насосная компоновка УЭЦН в исследованных скважинах ложится на кривой участок, при этом изгибаясь в соответствии с искривленностью интервала.
3. Скважинный насос следует спускать в интервале набора кривизны, где он ложится на стенку скважины и ограничивается его степень свободы для вибрации.

Литература

1. Ишмурзин А.А. Повышение эффективности добычи многокомпонентной продукции из малодебитных нефтяных скважин штанговыми насосами. Дис. ... докт. техн. наук: 05.15.06. и 05.04.07.- Уфа: 2000. - 255 с.