

УДК 622.276.012.05

О ПОВОРОТЕ КОЛОННЫ ТРУБ И ШТАНГ ПРИ ЕЕ СПУСКЕ В ПРОСТРАНСТВЕННО-ИСКРИВЛЕННУЮ СКВАЖИНУ

Ишмурзин А.А.¹, Мустафин В.Г.

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа
e-mail: ¹ishmurzin36@mail.ru*

Аннотация. *Приведен анализ причины возникновения поворота верхней части колонны (труб или штанг) при ее спуске в пространственно-искривленную скважину. Анализ показал, что в момент прохождения колонны в верхнем пространственно-искривленном интервале она составляет трехинтервальный участок со своими локальными значениями угла закручивания и момента кручения. Перераспределение крутящего момента в сторону совершения наименьших затрат на деформацию кручения обуславливает поворот колонны в верхнем наиболее длинном участке.*

При дальнейшем спуске колонны каждый ее участок приобретает форму нижнего смежного интервала и приобретает соответствующие параметры деформации. 3-й участок колонны уже не может со 2-м лежать на одной плоскости, он привязан к 4-му отрезку колонны, что является причиной отсутствия поворота верхней части колонны.

Все вращения, приобретения нового статуса колонны труб и штанг являются следствием локального характера угла кручения и момента кручения.

Ключевые слова: *пространственно-искривленный ствол скважины, напряженно-деформированное состояние колонны штанг, угол закручивания колонны труб или штанг, крутящий момент, наименьшие затраты на деформацию кручения, энергия на преодоление жесткости колонны*

Введение

Современная скважина представляет собой наклонно-направленный ствол с многократными зенитными и азимутными отклонениями, в итоге образующими канал с винтообразной геометрической формой. Скважина в верхней части состоит из вертикального участка, в зависимости от геологических условий проходки, от 200 до 400 м, после чего начинает набор кривизны по зениту. При этом по различным причинам происходит отклонение и по азимуту. В итоге образуется винтообразный ствол скважины.

При прохождении через верхний интервал набора кривизны колонна труб или штанг совершает вращательное движение, а дальнейший спуск проходит без вращения верхней части колонны. Установление причины этого уникального явления дает возможность понять динамические процессы, происходящие при спуске колонн в скважину.

Анализ и результаты

При спуске колонны в скважину (рис. 1) в интервалах 1, 2, 3 зенитные углы соответственно $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ и азимутные – $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$. Причем, каждую пару смежных участков можно уложить на одной плоскости, например, для участков АВ ВС на рис. 3 – это АВСФ. Следовательно, относительно друг друга они имеют только изгиб, а не кручение. Для наглядности, как аналог штанговой колонны, приведено пространственное положение скребка, состоящего из трех шарнирно соединенных участков.

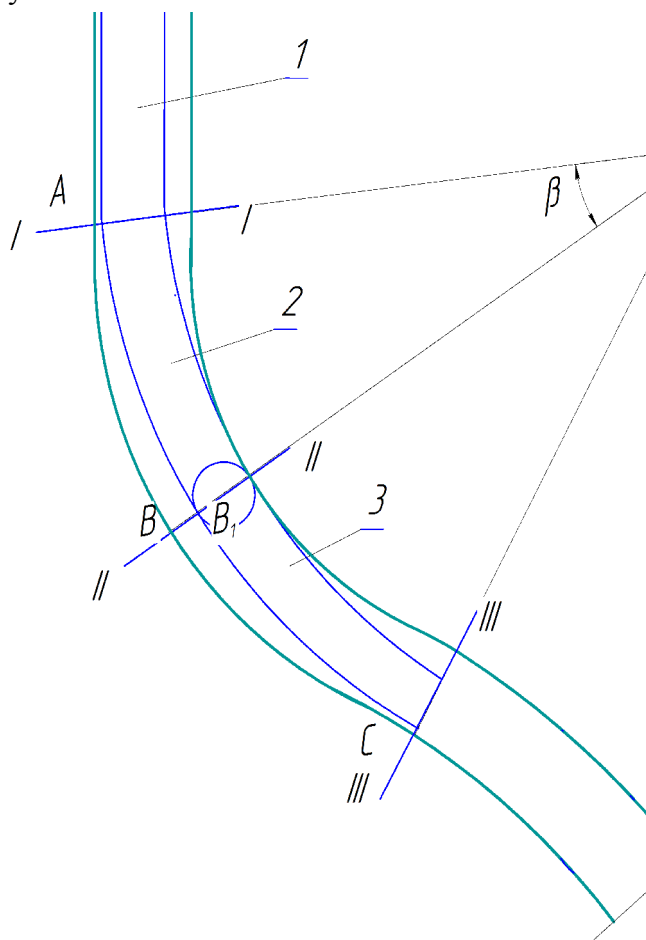


Рис. 1. Схема расположения колонны труб в пространственно-искривленной скважине

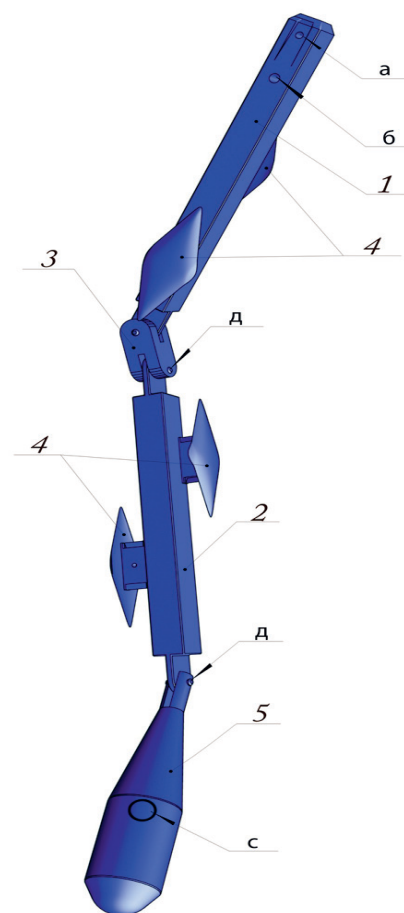


Рис. 2. Скребок, спущенный в пространственно-искривленную скважину

В начальный период спуска в скважину колонна находится в трех верхних интервалах, имеющих собственные параметры по зениту и азимуту, и в соответствии с этими параметрами возникают локальные углы закручивания, обуславливающие локальные моменты кручения. В данном случае присутствует более длинный по сравнению с интервалами 2 и 3 (по 10 метров каждый) интервал сверху (~300 м), который вносит изменения в распределении крутящих моментов по колонне. Это связано с тем, что колонна (труб или штанг) из трех интервалов и

сверху и снизу не закреплена, поэтому имеет степень свободы по вращению. Поэтому, если учесть, что для закручивания колонны требуется совершать работу по преодолению ее жесткости, то по закону наименьших затрат закручивание колонны происходит в том интервале, где требуется наименьшая затрата на деформацию кручения, т.е. закручивание переходит от 3-го к верхнему 1-му интервалу.

Алгебраическая формула этого рассуждения выражена формулой, где момент кручения при определенном значении угла закручивания и жесткости колонны зависит только от ее длины [1, 2]:

$$M_{кр} = G \cdot J_p \frac{\varphi}{l}, \quad (1)$$

где $G \cdot J_p$ – жесткость колонны; φ – угол закручивания на длине интервала l .

Согласно формуле (1) чем длиннее участок, тем меньше крутящий момент, следовательно, меньше требуется и работа для закручивания колонны. Но угловые параметры 1-го и 2-го участков иные, чем 2-го и 3-го участков, поэтому угол закручивания в общем случае будет передаваться с редуцированием, и угол поворота верхней части колонны при прохождении 1-го сверху пространственного угла искривления ствола скважины будет определяться разностью $\Delta \varphi = \varphi_{2-3} - \varphi_{1-2}$. В данном конкретном варианте $\varphi_{1-2} = 0$, следовательно, $\Delta \varphi = \varphi_{2-3}$.

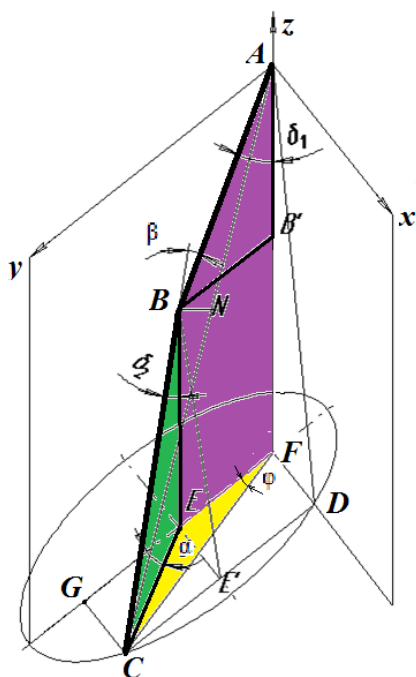


Рис. 3. Принадлежность двух пересекающихся прямых к одной плоскости

Теперь о том, почему дальнейший спуск колонны не сопровождается поворотом колонны. При прохождении колонны через последующие пространственно-искривленные интервалы каждый 10-метровый участок колонны переходит в но-

вый интервал и приобретает геометрию этого интервала. Например, упомянутый выше второй интервал становится третьим по счету, а 10-метровый отрезок вертикального участка – вторым, а следующий 10-метровый отрезок займет его положение. Очевидно, этот «следующий 10-метровый отрезок» не будет вращаться, поскольку нижний 10-метровый отрезок не имел пространственную форму. Таким образом, вращение или невращение зависят только от геометрии нижележащего смежного 10-метрового интервала ствола скважины.

Исходным условием, определяющим напряженно–деформированное состояние и динамические процессы в колонне труб и штанг, лежит локальный характер геометрии интервалов. Это отражено в следующей формуле, выведенного с учетом геометрии интервалов по рис. 3, и описывающей угол закручивания каждого локального участка [3]

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left\{ \frac{\sin \delta_1 \cdot \sin \delta_2 \cdot \sin(\Delta \alpha)}{\sin^2 \delta_1 + \sin \delta_1 \cdot \sin \delta_2 \cdot \cos(\Delta \alpha)} \right\}, \quad (3)$$

где δ_1 и δ_2 – зенитные углы 1-го и 2-го смежных участков; $\Delta \alpha$ – разность азимутных отклонений 1-го и 2-го смежных участков.

Заключение

В трехинтервальной пространственной колонне без закрепленных концов происходит перераспределение крутящего момента в сторону совершения наименьших затрат на деформацию кручения.

После прохождения верхнего пространственно-искривленного интервала каждый участок колонны приобретает форму нижнего интервала, что является причиной отсутствия поворота верхней части колонны при дальнейшем спуске колонны в скважину.

Все вращения, приобретения нового статуса колонны труб и штанг являются следствием локального характера угла кручения и момента кручения.

Литература

1. Ишмурзин А.А. Повышение эффективности добычи многокомпонентной продукции из малодебитных нефтяных скважин штанговыми насосами: Дис. д.т.н. Уфа, 2000. 257 с.
2. Ишмурзин А.А. Напряжения и деформации штанговой колонны в пространственно искривленной скважине // Нефтегазовое дело. 2006. Том 4. № 1. С. 65 - 72. URL: <http://www.ngdelo.ru/2006/1/65-72.pdf>
3. Ишмурзин А.А., Хабибрахманов А.Г., Вахитов И.Д., Желонкин А.Л., Садыков Р.Г. Самоориентируемый децентратор для спуска параллельных колонн труб в скважину // Экспозиция Нефть Газ, 2012, № 1 (19). С. 32 - 35.

ABOUT TURNING OF THE COLUMN (PIPES OR RODS) WITH ITS DESCENT INTO THE THREE-DIMENSIONAL-BENT BORE HOLE

A.A. Ishmurzin¹, V.Yu. Mustafin

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

e-mail: ¹ishmurzin36@mail.ru

Abstract. *The analysis of causes for the appearance of the turning of the upper part of the column (pipes or rods) with its descent into the three-dimensional-bent bore hole is given. Analysis showed that at the moment of the passage of column in the upper three-dimensional-bent interval it composes three-interval section with its local values of the angle of torsion and torque. The redistribution of torque to the side of the accomplishment of the smallest expenditures for twisting strain causes the turning of column in the upper longest section. With further launching of column each of its sections acquires the form of lower adjacent interval and acquires the appropriate parameters of deformation. 3thrd the section of column no longer can with the 2nd lie on one plane, it is attached and to the 4th section of column, what is the reason for the absence of the turning of the upper part of the column. All rotations, acquisitions of new status of the column of pipes and rods are the consequence of the local nature of the torsion angle and torque.*

Keywords: *three-dimensional-bent shaft of borehole, the stress-strained state of the column of rods, the angle of torsion of the column of pipes or rods, torque, smallest expenditures for twisting strain, energy for overcoming of column hardness*

References

1. Ishmurzin A.A. Povyshenie effektivnosti dobychi mnogokomponentnoi produktsii iz malodebitnykh neftyanykh skvazhin shtangovymi nasosami (Improving the efficiency of multicomponent products extraction from low production oil well by sucker rod pumps). PhD Thesis. Ufa, 2000. 257 p.
2. Ishmurzin A.A. Napryazheniya i deformatsii shtangovoi kolonny v prost-ranstvenno iskrivlennoi skvazhine (Stress and deformations of round string columns in spatially curved chink), *Neftegazovoe delo - Oil and Gas Business*, 2006, Volume 4, Issue 1, pp. 65 - 72. <http://www.ngdelo.ru/2006/1/65-72.pdf>
3. Ishmurzin A.A., Khabibrakhmanov A.G., Vakhitov I.D., Zhelonkin A.L., Sadykov R.G. Samoorientiruemyi detsentrator dlya spuska parallel'nykh kolonn trub v skvazhinu (Swivelled detsentrator for the descent of the parallel columns of pipes into the bore hole), *Ekspozitsiya Neft' Gaz*, 2012, Issue 1 (19), pp. 32 - 35.