

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ В ТРУБАХ И ШТАНГАХ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ СПУСКЕ В СКВАЖИНУ С ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ИСКРИВЛЕНИЕМ СТВОЛА**

Ишмурзин А.А., Хоанг Тхинь Нян

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

При спуске в скважину и при работе насосной установки колонны труб и штанг испытывают растягивающие, изгибающие и вращающие напряжения. Возникновение растягивающих и изгибающих напряжений не вызывает сомнений, они очевидны. Спорным является наличие и расчет крутящих моментов. Тем не менее, крутящие моменты, возникающие в колонне труб и штанг, на практике имеют место. Возможно, полеты труб в наклонно-направленных скважинах являются следствием отворота в резьбовом соединении. Поэтому определение крутящего момента, возникающего в колонне насосно-компрессорных труб и штанг в пространственно - искривленных скважинах, представляет практический интерес.

В работе [1] впервые ввели понятие о скручивании колонны труб в скважине, которая получается без приложения каких-либо сосредоточенных моментов. Дано обоснование возникновения крутящего момента в колонне труб, возникающего в искривленной скважине. В статье утверждается, что факт возникновения крутящего момента в колонне бурильных труб давно известен буровикам, т.к. при спуске труб в скважину почти всегда наблюдается вращение элеватора, на котором подвешена колонна. В таком случае распределенный момент сопротивления вращению также будет противодействовать повороту колонны труб. Авторы поэтому рекомендуют при расчете на прочность учитывать моменты, приводящие к скручиванию труб, находящихся в пространственно - искривленной скважине.

Ю.А.Песляк [1] категорически отвергает возможность возникновения крутящих моментов самостоятельно. Лейтмотивом его утверждения является то, что кручение стержня, имеющего равные главные жесткости при пространственном изгибе, имеет постоянное значение вдоль длины стержня, которое определяется крутящими моментами, приложенными к его концам. Поэтому кручение такого стержня не зависит от кручения оси стержня. Поскольку колонна круглых труб имеет равные главные жесткости при изгибе, то и ее вращение в искривленной скважине может быть вызвано только внешним крутящим моментом. Ясно, что направление вращения и, следовательно, направление реактивного распределенного момента стенки скважины определяется направлением внешнего момента, а не знаком кручения оси скважины. Вывод, сделанный Ю.А.Песляком, однозначен: кручение колонны из круглых труб отсутствует, если на концах ее не приложены крутящие моменты.

Однако то, что на определенной категории скважин в процессе работы штанговой насосной установки происходит вращение канатной подвески, достигающего до 30 град, вокруг оси, дает повод усомниться в правильности такого вывода.

В связи с неоднозначным подходом к вопросу возникновения крутящих моментов в колонне труб, которое возникает без приложения сосредоточенных моментов автором изложено свое видение данной проблемы. Показано, что возникновение крутящих моментов в колонне труб и штанг, находящихся в пространственно-искривленных скважинах, происходит подобно тому, что и в винтовых цилиндрических пружинах при приложении растягивающих или сжимающих усилий. Если рассмотреть колонну штанг в вертикальной скважине и мысленно провести линию по образующей колонны штанг, то линия по отношению к оси колонны будет находиться в одном азимутальном направлении. Если поместить эту колонну в пространственно - искривленную скважину, то мысленно проведенная

линия примет форму винта с углом закручивания  $\varphi$ . При приложении растягивающей нагрузки  $\sum P$  винтовая линия стремится выпрямиться, т.е. раскручиваться. Это и вызовет возникновение крутящего момента  $M_{кр}$

$$M_{кр} = \sum P \frac{D}{2} \sin \varphi , \quad (1)$$

где  $\sum P$  - усилие растяжения от суммы собственного веса, веса жидкости и силы трения соответственно для труб или штанг;  $D$  – наружный диаметр трубы или штанги;  $\varphi$  - угол закручивания.

Угол закручивания в пределах интервала, имеющих зенитные углы  $\delta_1$  и  $\delta_2$  и отличающихся на величину азимута  $\Delta\alpha$ , определяется из выражения:

$$\sin \varphi = \sin \delta_1 \cdot \sin \delta_2 \cdot \sin(\Delta\alpha) . \quad (2)$$

В то же время известно, что угол закручивания и крутящий момент взаимосвязаны через жесткость колонны  $G \cdot J_p$ .

$$M_{кр} = G \cdot J_p \frac{\varphi}{l} \quad (3)$$

Угол закручивания в зависимости от жесткости колонны  $G \cdot J_p$  в соответствии с зависимостью (3) распространяется на длину колонны  $l$ . Тогда, приравняв выражения (1) и (3), можно вычислить один из параметров -  $M_{кр}$ ,  $\varphi$  или  $l$ , взаимосвязанных друг с другом.

$$\sum P \frac{D}{2} \sin \varphi = G \cdot J_p \frac{\varphi}{l} \quad (4)$$

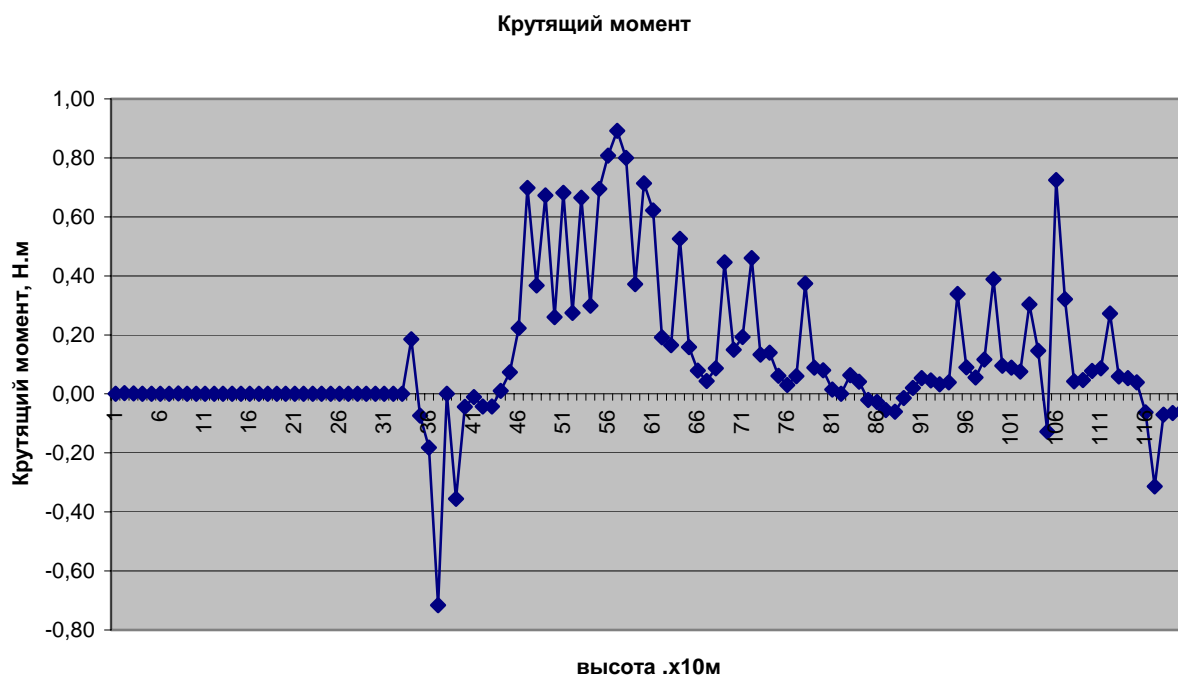
### **Пример расчета крутящего момента, возникающего в колонне насосных штанг для конкретной скважины**

Расчет крутящего момента в колонне штанг проведен для конкретной скважины № 14136 Самотлорского НГДУ – 2 и представлен в виде таблицы (таблица 1), в которой приведена лишь интервалы ствола скважины с наибольшим зенитным и азимутным отклонением.

Таблица 1 – Крутящие моменты по высоте колонны насосных штанг

L, м	M <sub>i</sub> , Н·м	ζ, МПа						
330	0,18	0,12	440	0,07	0,05	560	0,89	0,57
340	-0,07	-0,05	450	0,22	0,14	570	0,80	0,51
350	-0,18	-0,12	460	0,70	0,44	580	0,37	0,24
360	-0,72	-0,46	470	0,37	0,23	590	0,71	0,45
370	0,00	0,00	480	0,67	0,43	600	0,62	0,40
380	-0,36	-0,23	490	0,26	0,17	610	0,19	0,12
390	-0,04	-0,03	500	0,68	0,43	620	0,16	0,10
400	-0,01	-0,01	510	0,27	0,17	630	0,53	0,33
410	-0,04	-0,03	520	0,67	0,42	640	0,16	0,10
420	-0,04	-0,03	530	0,30	0,19	650	0,08	0,05
430	0,01	0,01	540	0,69	0,44	660	0,04	0,03
			550	0,81	0,51			

Для наглядности расчетные данные представлены в виде графика (рисунок 1).



Как видим из таблицы 1, максимальный раскручивающий момент возникает на глубине 560 м и составляет 0,89 Н·м. Известно, что для развинчивания штанг диаметром 19 и 22 мм необходимы вращающие моменты 210 и 258 Н·м соответственно. Следовательно, 0,89 Н·м составляет лишь 0,34 % от 258 Н·м, т.е. на 3 порядка меньше и не может вызвать раскручивание резьбового соединения в колонне штанг.

### **Заключение**

Таким образом, в пространственно - искривленных скважинах колонна насосных штанг испытывает крутящие моменты, причем наибольшие крутящие моменты возникают в зоне набора кривизны ствола скважины. Следует отметить, что крутящие моменты, возникающие в колонне штанг, не могут стать непосредственной причиной отворотов при их нормальном их завинчивании. Однако, это не означает, что в процессе спуска колонны труб и штанг наличием и направлением крутящих моментов не следует пренебрегать.

### **Литература**

1. Гулизаде М.Н., Сушон Л.Я., Зельманович Г.М. Определение угла скручивания труб в пространственно-искривленной скважине //Известия вузов. Нефть и газ. - 1968. - № 4. - С. 19-23.
2. Песляк Ю.А. Расчет напряжений в колоннах труб нефтяных скважин. - М.: Недра, 1973. - 217 с.