

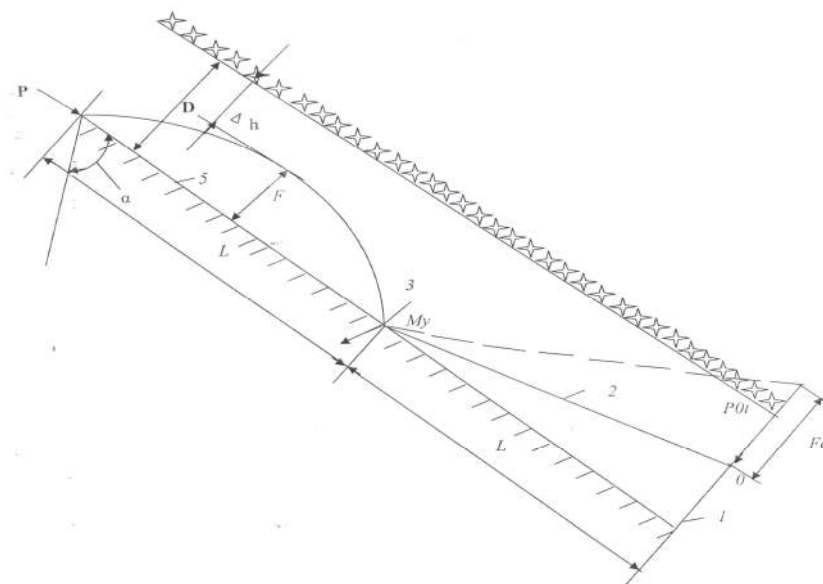
Ю.М. Кулиев, А.Г. Гусманова, М.Д. Сарбопеева  
(Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова,  
г. Актау, Республика Казахстан)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА УПРУГИХ СИЛ, ВОЗНИКАЮЩЕГО В СЕЧЕНИИ ИЗГИБА ОТКЛОНИТЕЛЯ, УСТРАНЯЮЩЕГО КАСАНИЯ НАД ОТКЛОНИТЕЛЬНЫМИ ТРУБАМИ К ВЕРХНЕЙ СТЕНКЕ НАКЛОННОЙ СКВАЖИНЫ

**Аннотация.** Компоновка низа бурильной колонны с отклонителем в скважине упруго деформируется при ограниченном диаметре отклонителя и труб, расположенных над отклонителем. При этом возникают различные осложнения, отрицательно влияющие на эффективность работ по искривлению ствола скважины: повышается напряженное состояние компоновки, затрудняется свободный проворот бурильной колонны, повышается опасность поломки кривого переводника. Зная значения момента упругих сил в сечении изгиба отклонителя представляется возможность определить угол изгиба отклонителя, при котором исключается касание надотклонительных труб с верхней стенкой скважины, величину и ожидаемый темп изменения зенитного угла ствола скважины при использовании данного типа отклонителя.

**Ключевые слова:** бурильная колонна, наклонная скважина, отклонитель, изгиб, момент упругих сил, осевая нагрузка, надотклонительные трубы.

Известно, что компоновка низа бурильной колонны (КНБК) с отклонителем в скважине ограниченного диаметра упруго деформируется (рис. 1). При этом в сечении изгиба отклонителя возникает момент упругих сил  $M_y$ , а трубы, установленные над отклонителем, выпучиваются. Причем, чем больше величина  $M_y$  и, следовательно, отклоняющее усилие на долоте  $P_{от}$ , тем больше изгиб надотклонительных труб, что повышает напряженное состояние компоновки, затрудняет свободный проворот бурильной колонны, отрицательно сказывается на точности установки отклонителя в процессе забойного ориентирования. Кроме этого повышается опасность поломки кривого переводника: возникают условия, могущие привести к изгибу корпуса турбобура, а это в свою очередь отрицательно влияет на эффективность работ по искривлению ствола скважины.



**Рис. 1.** Схема расположения компоновки низа бурильной колонны с отклонением в прямолинейнонаклонном стволе скважины  
1-долото, 2-турбобур, 3-кривой переводник, 4-надотклонительных труб, 5-нижняя стенка ствола скважины

Поэтому при применении отклонителя угол изгиба последнего должен быть подобран таким образом, чтобы стрела прогиба надотклонительных труб не превышала максимального значения  $f$ , определяемого по формуле:

$$f \leq D - 0,5 \cdot (D_{от} + D_T), \quad (1)$$

где:  $D$  - диаметр скважины, равный диаметру долота;  $D_{от}$  и  $D_T$  - соответственно диаметр отклонителя и труб, расположенных над отклонителем.

Ниже определяется величины  $M_y$ , при которых исключается касание надотклонительных труб к верхней стенке скважины для случая, когда на всей длине выпученной части расположены трубы постоянной жесткости и веса. Также примем, что КНБК с отклонителем находится в стволе с постоянным углом наклона. Для решения задачи воспользуемся известным методом из курса [1], согласно которой величина максимального выпучивания надотклонительных труб с учетом осевой нагрузки на долоте можно определить через уравнения деформации по следующей формуле:

$$f = \frac{9}{128\mu} \cdot \frac{M_y}{q \cdot EJ \cdot \sin \alpha}, \quad (2)$$

где:  $EJ$ ,  $\mu$ ,  $q$  - соответственно жесткость на изгиб надотклонительных труб и вес единицы длины этих труб с учетом облегчения в глинистом растворе;  $\alpha$  - угол наклона ствола скважины;  $\mu$ - коэффициент учитывающий увеличение  $f$  от осевой нагрузки [1,2], равный:

$$\mu = 1 - \frac{0,49Pl^2}{\pi^2 \cdot EJ}, \quad (3)$$

где  $P$ -осевая нагрузка на долоте;  $l$  - длина выпученной части надотклонительных труб, определяющаяся по формуле:

$$l = 2 \cdot \sqrt{\frac{M_y}{g \cdot \sin \alpha}}. \quad (4)$$

Совместно решив (2) и (3) определяем:

$$\mu = 1 - \frac{1,96 \cdot P}{\pi^2 \cdot EJ} \cdot \frac{M_y}{g \cdot \sin \alpha}. \quad (5)$$

Из (1) формулы определяем:

$$128f \cdot \mu \rho \cdot EJ \cdot \sin \alpha = 9M_y. \quad (6)$$

Совместно решив (4) и (5) получаем:

$$128f \cdot \left[ 1 - \frac{1,96 \cdot P}{\pi^2 \cdot EJ} \cdot \frac{M_y \cdot g \cdot EJ}{g \cdot \sin \alpha} \right] \cdot \sin \alpha = 9M_y. \quad (7)$$

Отсюда,

$$M_y = \frac{128fg \cdot EJ \cdot \sin \alpha}{250,88 \cdot \frac{P \cdot f}{\pi^2} + 9}. \quad (8)$$

Для количественной оценки величины  $M_y$  приведем пример. Определим момент упругих сил при использовании КНБК с отклонителем в скважине с постоянным углом наклона при следующих данных:

$$D = 0,269 \text{ м}, D_{от} = 0,203 \text{ м}, D_T = 0,178 \text{ м}, q = 0,156 \text{ тс/м}, EJ = 900 \text{ тс/м}^2,$$

$$P = 12 \text{ тс}, \rho = 10, f = 0,269 - 0,5(0,203 + 0,178) = 0,079 \text{ м}.$$

Подставляя исходные данные в формулу  $M_y$  найдем значение:

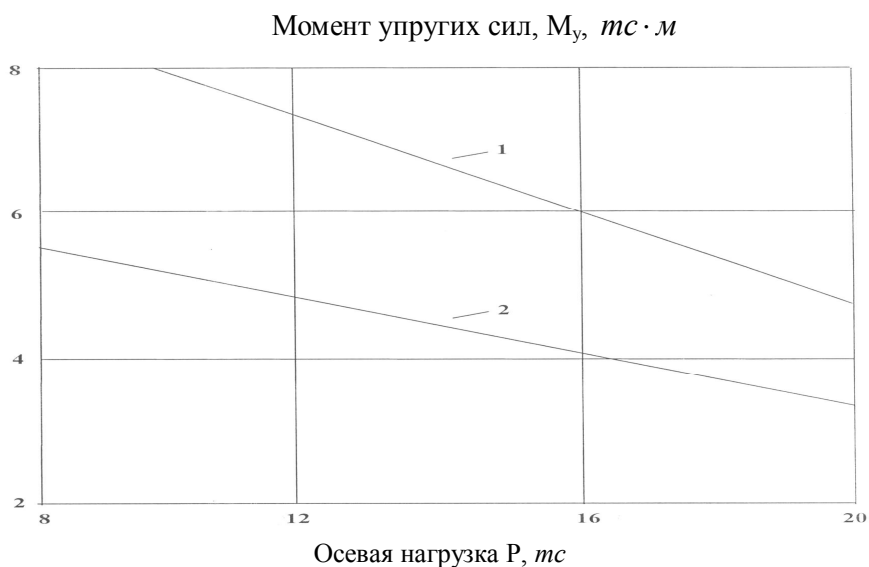
$$M_y = \frac{128 \cdot 0,079 \cdot 0,156 \cdot 900 \cdot 0,1736}{250,88 \cdot \frac{12 \cdot 0,079}{3,14^2} + 9} = 7,45 \text{ тс} \cdot \text{м}.$$

Рассчитывается по определению предельного значения  $M_y$  для некоторых широко применяемых на практике КНБК, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Предельного значения момент упругих сил в сечении изгиба отклонителя

Компоновка низа бурильного инструмента	Угол наклона скважины, град.		Предельное значение упругого момента в числе возникающего в сечении изгиба отклонителя при следующих осевых нагрузках, тс		
	P=6	P=8	P=12	P=16	P=20
1. 269 мм долота, турбобур Т 121136-9, кривой переводник из УБТ диаметром 203мм, УБТ диаметром 178 ММ, бурильные трубы диаметром 140 мм	10	9,83	7,45	5,98	5,01
2. 215,9 мм долота, турбобур Т121136-7 <sup>1/2</sup> , кривой переводник диаметром 178 мм из УБТ, бурильные трубы диаметром 140мм	10	5,67	4,79	4,14	3,65

Используя данные в таблице, построены графики зависимости предельного значения  $M_y$  от осевой нагрузки на долоте (рис. 2).



**Рис. 2.** КНБК: 1-269 мм долото, турбобур Т12М36-9, кривой переводник из 203 мм УБТ, УБТ диаметром 203 мм, бурильные трубы диаметром 140 мм; 2 - 215,9 мм долото, турбобур Т 12М36-7<sup>1/2</sup>, кривой переводник из 178 мм УБТ, УБТ диаметром 178 мм, бурильные трубы диаметром 140 мм.

Из рисунка видно, что значение  $M_y$  с ростом осевой нагрузки уменьшается. Кроме этого в скважине меньшего диаметра, т.е. при использовании менее жесткой компоновки значения  $M_y$  меньше, чем в скважине большего диаметра [3,4].

Таким образом, зная значения  $M_y$  представляется возможность определить угол изгиба отклонителя, при котором исключается касание надотклонительных труб с верхней стенкой скважины, величину и ожидаемый темп изменения зенитного угла ствола скважины при использовании данного типа отклонителя.

1. *Беляев Н.М.* Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1965.
2. *Иоанесян Р.А.* Основы теории и техники турбинного бурения. – М.: Гостоптехиздат, 1957.
3. *Органов С.А., Кулиев Ю.М.* Исследование статики низа бурильной колонны, включающей долото, удлинитель, колибратор, секционный турбобур. Теория и практика бурения наклонных скважин. // Сборник научных трудов. Азинефтехим имени М. Азизбенова - Баку, 1985.
4. *Алимжанов М.Т.* Анализ геомеханических процессов и расчет устойчивости пород вокруг глубоких скважин в условиях месторождений Западного Казахстана. // Новости науки Казахстана. – 1995. - №3.

#### REFERENCES:

1. *Belyaev N.M.* Soprotivlenie materialov. – M.: Nauka, 1965.
2. *Ionesyan R.A.* Osnovy teorii i tehniki turbinnogo bureniya. – M.: Gostoptekhizdat, 1957.
3. *Organov S.A., Kuliev Y.M.* Issledovanie statiki niza burilnoi kolonny, vklyuchayushchei doloto, udlinitel, sektsiionnyi turbobur. Teoriya i praktika bureniya naklonnykh skvazhin. //Sbornik nauchnykh trudov. Azineftekhim imeni M. Azizbenova. – Baku, 1985.
4. *Alimzhanov M.T.* Analiz geomekhanicheskikh protsessov i raschet ustoychivosti porod vokrug glubokikh skvazhin v usloviyakh mestorozhdeniya Zapadnogo Kazakhstana. //Novosti nauki Kazakhstana. – 1995. - №3.

Кулиев Ю.М., Гусманова А.Г., Сарбопеева М.Д.

**Көлбеу ұңғылардың жоғарғы қабырғасына бұрып жіберетін құбырға жанасуды болдырмауға, бұрып жіберудің көлденең қиманы тудыратын, серпімді күш моментін анықтау.**

**Түйіндеме.** Мақалада шектеулі диаметр кезінде оның деформациясы және ұңғыда бұрып жіберумен бұрғылау колоннаның төменгі компоновкасы қаралады. Бұрып жіберушінің иілу көлденең қимада серпімді күш моменті, түпті жобалау үрдісінде бұрып жіберуші қондырғының дәлдігі және компоновканың кернеулі жағдайын төмендету мақсатында анықталады. Ол осьтік жүктеме артқан сайын мәні төмендейді. Сонымен қатар ұсынылды, бұрып жіберушіні қолдану кезінде иілу бұрышы мынадай түрде, қашауда осьтік жүктемені есептеумен бұрып жіберуші құбырды шығарудың максимальды мәні бұрып жіберуші құбырдың қисаю жебесі болуы керек.

**Негізгі сөздер:** бұрғылау колоннасы, көлденең ұңғы, бұрып жіберуші, иілу, серпімді күш моменті, осьтік жүктеме, бұрып жіберуші құбыр асты.

Кулиев Ю.М., Гусманова А.Г., Сарбопеева М.Д.

**Определение момента упругих сил, возникающего в сечении изгиба отклонителя, устраняющего касания над отклонительных труб к верхней стенке наклонной скважины.**

**Резюме.** В статье рассмотрена компоновка низа бурильной колонны с отклонителем в скважине и ее деформация при ограниченном диаметре. С целью снижения напряженного состояния компоновки и точности установки отклонителя в процессе забойного ориентирования был определен момент упругих сил в сечении изгиба отклонителя. Причем это значение с ростом осевой нагрузки уменьшается. Кроме того предложено, что при применении отклонителя угол изгиба должен быть подобран таким образом, чтобы стрела прогиба надотклонительных труб не превышала максимального значения выпучивания надотклонительных труб с учетом осевой нагрузки на долоте.

**Ключевые слова:** бурильная колонна, наклонная скважина, отклонитель, изгиб, момент упругих сил, осевая нагрузка, надотклонительные трубы.

Kulyev Y.M., Gusmanova A.G., Sarbopeeva M.D.

**The timing of the elastic forces generated in bending section whipstock, eliminating otklonitelnyh touch over the top wall pipe downhole.**

**Summary.** In this article the BHA in the well with the whipstock and its deformation, with limited diameter. In order to reduce the stress state of the layout and the accuracy of the whipstock in the downhole orientation was determined by the time of the elastic forces in the bending section standoff. Moreover, this value with increasing axial load decreases. Also suggested that the application of the whipstock angle of bend should be selected in such a way that the deflection nadotklonitelnyh pipes does not exceed the maximum buckling nadotklonitelnyh pipe with the axial load on the bit.

**Keywords:** Drill string, a deviated well, diverter, bending moment of elastic forces, axial load, nadotklonitelnye pipe.