

Determination of Forces Affecting the Inclined Well

A.N. Mejidova

Azerbaijan State University of Oil and Industry (Azadlıq ave. 20, Baku, AZ1010, Azerbaijan)

For correspondence:

Mejidova Afaq / e-mail: mecidova.afaq@mail.ru

Abstract

While drilling the vertical part of the inclined well, the Fishtail drill bits (PX) with blades are often used. In the geological section of field, the inclined strata with different physical and mechanical properties are often encountered, i.e., of various strengths. It is known that soft rocks are easier to break down than hard ones. If one side of the Fishtail drill bit blade hits hard rock, then the deepening on the soft rock side is faster than in hard rock. Resistance force, i.e. the reaction force from hard rocks will be greater than from soft rocks, and as a result, a bending moment occurs on the bit, leading to the curvature of the wellbore toward soft rocks. To prevent borehole curvature, it is necessary to recalculate the operating parameters of drilling in the direction of decreasing the axial load on the bit. This barks the ability to reduce the difference between the reaction forces from both soft and hard rocks, which significantly reduces the bending moment on the bit. The process has been repeatedly proven in practice.

Keywords: deflection force, drilling, drill bit, azimuth, zenith angle, borehole.

DOI: 10.52171/2076-0515_2021_13_03_55_60

For citation:

Mejidova A.N.

[Determination of Forces Affecting the Inclined Well]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy

2021, vol. 13, no. 3, Pp. 55-60 (in Russian)

Quyunun əyilməsinə təsir edən qüvvələrin təyini

A.N. Məcidova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Azadlıq pr, 20 Bakı, AZ10101, Azərbaycan)

Yazışma üçün:

Məcidova Afaq / e-mail: mecidova.afaq@mail.ru

Xülasə

Əyrinin şaquli hissəsinin qazılması zamanı tez-tez PX tipli kürək uzunluqları («balıq quyruğu») tətbiq olunur. Quyunun gövdəsinin əyriliyinin qarşısını almaq üçün qazımanın rejim parametrlərinin dalğa oxu yükünün azaldılması istiqamətində yenidən hesablanması lazımdır. Bu, həm yumşaq, həm də bərk süxurun göstərdikləri reaksiya qüvvələri arasındakı fərqi azaltmağa imkan verir ki, bu da əyici momentin də təsirini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Proses təcrübə ilə dəfələrlə sübut olunub.

Açar sözlər: əyilmə qüvvəsi, qazıma, balta, azimut, zenit bucağı, quyru.

DOI: 10.52171/2076-0515_2021_13_03_55_60

УДК: 669.113.592.117

Определение сил, влияющих на искривление скважины

А.Н. Меджидова

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности
(пр. Азадлыг 20, Баку, AZ1010, Азербайджан)

Для переписки:

Меджидова Афаг / e-mail: mecidova.afaq@mail.ru

Аннотация

При бурении вертикальной части наклонной часто применяются лопастные долота типа РХ («рыбий хвост»). Для предотвращения кривизны ствола скважины необходим перерасчет режимных параметров бурения по направлению уменьшения осевой нагрузки на долото. Это дает возможность уменьшить значения разницы между силами реакции как со стороны мягких пород, так и со стороны крепких, что значительно уменьшает изгибающий момент на долоте. Процесс неоднократно доказан практикой.

Ключевые слова: отклоняющая сила, бурение, долото, азимут, зенитный угол, скважина.

Введение

При бурении пластов с разными физико-механическими свойствами на стенку ствола действует отклоняющая сила, что приводит к искривлению скважины. Для предупреждения этого явления необходимо уменьшить осевую нагрузку на долото.

При кустовом бурении в акватории с одной платформы возникают проблемы, связанные со встречей стволов, изменением азимута и зенитного угла. При этом необходимо учитывать мельчайшие детали при проводке наклонно-направленных скважин: предупредить встречу стволов, не допустить изменения азимута и зенитного угла и держать искривленные параметры скважины под особым контролем.

Учитывая влияние, которое оказывают горизонтальные силы на искривление скважин в процессе бурения, их определение является важным вопросом.

Цель работы – определить влияние горизонтальных сил на искривление скважин в процессе бурения.

Предположим, что долото лопастного типа РХ («рыбий хвост») достигло забоя скважины, площадь которого равна половине площади забоя (рис.1).

Если лопасть долота находится в направлении линии АС, значит, одна из лопастей упирается в твердую породу, а другая – в мягкую. Известно, что твердая порода оказывает большее сопротивление вращению долота, чем мягкая порода. Обозначим действующие силы сопротивлений через R_T и R_M . Следовательно, сопротивление твердой породы (R_T) будет больше сопротивления (R_M), оказываемого мягкой породой. Поэтому при переходе от твердой породы к мягкой (если смотреть на кровлю

пласта с подошвы) будет наблюдаться искривление скважин влево.

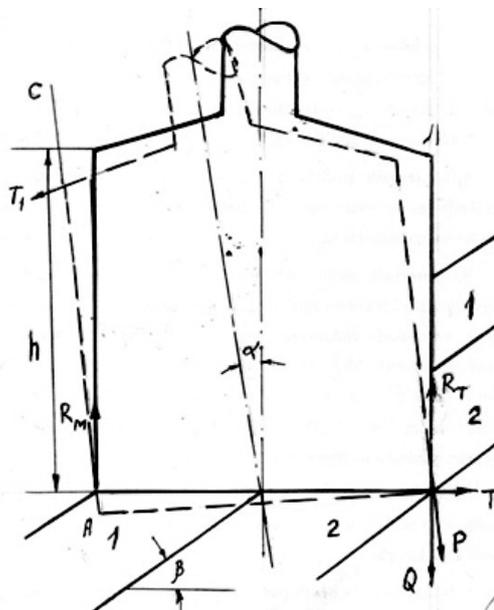


Рисунок 1 – Схема искривления скважины при бурении лопастными долотами: 1 – мягкая порода, 2 – твердая порода.

Figure 1 – Well deviation scheme when drilling with paddle bits: 1 – soft rock, 2 – hard rock.

Результаты этих наблюдений показывают, что при переходе долота от твердой породы к мягкой, скважина должна искривляться вправо. Однако при вхождении долота в твердые породы вероятность искривления ствола скважины очень мала. Причина заключается в том, что твердая порода, оказывая сопротивление силам, перпендикулярным направлению оси долота, не позволяет ему отклоняться от вертикального направления. Значит, здесь твердая порода служит как направляющая. Следовательно, искривление скважины в зависимости от причин, может идти по восходящему и убывающему направлению, а также вдоль линии пласта [1].

Рассмотрим, как влияют силы, приложенные к долоту, на искривление скважины. При работе долота на забое скважины.

ны, его можно рассматривать как единый сложный динамический механизм, находящийся под действием многих сил.

Обычно при бурении на долото действуют следующие силы: осевая нагрузка; центробежные силы, возникающие в результате вращения бурильной колонны; крутящий момент; удары, возникающие в результате вибрации бурильных труб [2]. Все эти силы называются активными. Кроме этого, на долото действуют реактивные силы. К ним относится в основном сопротивление, оказываемое на долото во время бурения. Определим характер движения долота с влиянием вышеперечисленных сил [3].

Силы, действующие на долото, разделяются на две группы: вертикальные и горизонтальные силы. Под влиянием первых долото стремится сохранить свое вертикальное направление. Примером этого служит ударное бурение. Из-за действия при этом способе в основном вертикальных сил, скважина получается практически вертикальной. Горизонтальные силы, действующие на долото, оказывают отклоняющее влияние, что приводит к искривлению ствола скважины.

Определим горизонтальные силы, возникающие в результате искривления под влиянием центробежных сил на ось бурильных труб.

Известно, что ось бурильных труб под влиянием центробежных сил получает волнообразную форму. Форма труб приблизительно может быть выражена синусоидой [4]. Принимая начало координат в точке А при направлении оси x в направлении оси бурильных труб, а оси y – в перпендикулярном (рис.2), уравнение искрив-

ленной оси труб может быть выражено в следующем виде:

$$y = f \sin \frac{\pi x}{l} \quad (1)$$

где l – длина полуволны; f – ось искривления, определяемая следующей формулой:

$$f = \frac{1,2D-d}{2} \quad (2)$$

где D – диаметр скважины; d – наружный диаметр бурильных труб.

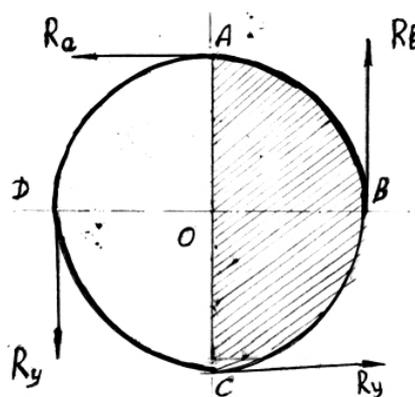


Рисунок 2 – Схема действия центробежных сил
Figure 2 – The scheme of action of centrifugal forces

Поскольку бурильная колонна искривлена в виде синусоиды, осевая нагрузка должна действовать в направлении касательной. Разложив эту нагрузку на составляющие, получим силы P_v и P_h , действующие в вертикальном и горизонтальном направлениях. Отклоняющую силу P_h можно определить из следующего выражения (рис.3):

$$P_h = Q_0 \sin \alpha \quad (3)$$

где Q_0 – осевая нагрузка, α – угол, образуемый направлением осевой нагрузки с осью z .

Так как угол α слишком мал, можно принять следующее условие:

$$\sin \alpha \cong \operatorname{tg} \alpha \quad (4)$$

Тогда

$$P_h = Q_0 \operatorname{tg} \alpha \quad (5)$$

С другой стороны, известно, что:

$$\operatorname{tg} \alpha = k,$$

где k – угловой коэффициент.

Для определения углового коэффициента найдем производную уравнения искривленной оси труб:

$$k = y'_{x=0} = f \frac{\pi}{l} \cos \frac{\pi x}{l} = \frac{\pi f}{l} \quad (6)$$

Подставляя значения k и f , получим:

$$f = \pi Q_0 \frac{1,2D-d}{2l} \quad (7)$$

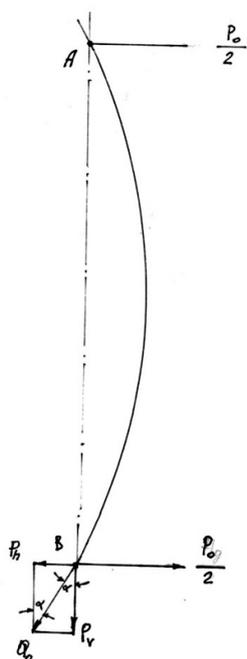


Рисунок 3 – Схема влияния центробежных сил при вращательном бурении на деформации низа инструмента

Figure 3 – Diagram of the influence of centrifugal forces during rotary drilling on the deformation of the bottom of the tool

Известно, что на каждое вращающееся тело действует центробежная сила. В роторном бурении в результате вращения труб происходит тот же процесс. При этом количество центробежной силы прямо пропорционально массе тела, оси искривления и квадрату угловой скорости. Центробежную силу, действующую на длину

труб dx , можно найти из следующего выражения [5]:

$$dP_0 = \frac{q}{g} \omega^2 y dx \quad (8)$$

где q – вес единичной длины труб, ω – угловая скорость вращения, y – ось искривления.

Для нахождения центробежной силы, действующей по длине труб l , проинтегрируем выражение (8):

$$P_0 = \int_0^l \frac{q \omega^2}{g} y dx \quad (9)$$

С другой стороны, подставив значение y в (9) и интегрируя его

$$y = f \sin \frac{\pi x}{l} \quad (10)$$

Получим следующее выражение:

$$P_0 = \frac{q}{g} \omega^2 f \int_0^l \sin \frac{\pi x}{l} dx = \frac{2q \omega^2}{g} f \frac{l}{\pi} \quad (11)$$

Центробежная сила, действующая в перпендикулярном направлении на ось бурильных труб, будет действовать и на опоры А и В. Следовательно, сила, действующая на каждую опору, равна половине полученной нами силы P_0 и может быть найдена по следующей формуле:

$$\frac{P_0}{2} = \frac{q f \omega^2 l}{g \pi} = \frac{q \omega^2}{g} \cdot \frac{l}{\pi} \cdot \frac{1,2D-d}{2} \quad (12)$$

С другой стороны, при $ql = Q$, формула примет следующий вид:

$$\frac{P_0}{2} = \frac{Q \omega^2}{g} = \frac{1,2D-d}{2} \quad (13)$$

Эта сила действует против силы P_h в направлении выпуклой стороны трубы. Следовательно, равнодействующая горизонтальных сил:

$$Q_h = \frac{P_0}{2} - P_h = \frac{Q \omega^2 (1,2D-d)}{2g\pi} - \frac{Q_0 \pi (1,2D-d)}{2l} \quad (14)$$

Упростив эту формулу, получим:

$$Q_h = \frac{1,2D-d}{2} \left(\frac{Q \omega^2}{g\pi} - \frac{Q_0 \pi}{l} \right) \quad (15)$$

Заклучение

Таким способом можно определить влияние центробежных горизонтальных сил на искривление скважин. Проведенные аналитические и промысловые исследования по определению связи интенсивности

изменения зенитного угла с боковой силой на долоте, с механической скоростью бурения и с другими факторами, влияющими на искривление скважин, позволяют предупредить искривление скважины, если оно нежелательно.

REFERENCES

1. **Salavatov T.Sh., Safarov Y.I.** Puti resheniya voznikayushchih problem pri burenii glubokih neftyanyh skvazhin. Baku: *Novosti ATM*, AGUNP, №2, 2017 (in Russian).
2. **Ahundov D.S., Gasanov I.Z.** Burenie neftyanyh i gazovyh skvazhin. Baku, 2015 (in Russian).
3. **Gulizade M.P. i dr.** Pereraschet naklonno-napravlennyh skvazhin, otklonyayushchihsya ot proektnogo. Baku, 1972 (in Russian).
4. **Janahmadov A.H., Volchenko A.I., Pirverdiev E.S., Volchenko D.A., Skrypnyk V.S., Chufus V.M.** Prinuditelnoe ohlazhdenie tribosistemy lentочно-kolodochnogo tormoza burovoj lebedki (chast' 3) // *Vestnik Azerbajdzhanskoj inzhenernoj ikademii*, t.10, №1. 2018 (in Russian).
5. **Gulizade M.P. i dr.** Raschet tempa prostranstvennogo iskrivleniya pri burenii v izotropnoj srede // *Izv. vuzov, Neft i gaz*, №5, 1975 (in Russian).

Поступило: 21.01.2021
Доработано: 14.09.2021
Принято: 21.09.2021