

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2646651

СПОСОБ КОНТРОЛЯ ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ НА ДОЛОТО ПРИ БУРЕНИИ НАКЛОННО НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИН ВИНТОВЫМ ЗАБОЙНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Двойников Михаил Владимирович (RU), Блинов Павел Александрович (RU), Кадочников Вячеслав Григорьевич (RU)*

Заявка № 2017102840

Приоритет изобретения 27 января 2017 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 06 марта 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 27 января 2037 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
E21B 44/02 (2017.08)

(21)(22) Заявка: 2017102840, 27.01.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.01.2017

Дата регистрации:
06.03.2018

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 27.01.2017

(45) Опубликовано: 06.03.2018 Бюл. № 7

Адрес для переписки:
199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет", отдел интеллектуальной
собственности и трансфера технологий (отдел
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):
Двойников Михаил Владимирович (RU),
Блинов Павел Александрович (RU),
Кадочников Вячеслав Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: ДВОЙНИКОВ М.В. Технология
бурения нефтяных и газовых скважин
модернизированными винтовыми
забойными двигателями, Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук, Тюмень, 2011, с.
215-219. RU 2361055 C1, 10.07.2009. RU
2313667 C2, 27.12.2007. RU 2567575 C1,
10.11.2015. SU 1216333 A1, 07.03.1986. US
4491186 A1, (см. прод.)

(54) СПОСОБ КОНТРОЛЯ ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ НА ДОЛОТО ПРИ БУРЕНИИ НАКЛОННО НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИН ВИНТОВЫМ ЗАБОЙНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к бурению нефтяных и газовых скважин. Техническим результатом является определение фактической осевой нагрузки на долото путем расчета величины силы трения буровой колонны о стенки скважины при бурении наклонно направленных скважин винтовыми забойными двигателями с одновременным вращением буровой колонны. Способ контроля осевой нагрузки на долото при бурении наклонно направленных скважин, включающий определение давления на стояке буровой установки в холостом и рабочем

режимах работы винтового забойного двигателя (долото над забоем), отличающийся тем, что после запуска двигателя без нагрузки, при работе его в режиме холостого хода, осуществляется замер частоты вращения и момента на роторе $M_{р.х}$, затем создается осевая нагрузка на долото и осуществляется замер частоты вращения и момента на роторе $M_{р.р}$, а фактическую осевую нагрузку на долото при одинаковых частотах вращения буровой колонны под нагрузкой и без нагрузки определяют по математической формуле, приведенной в тексте описания. 1 ил.

(56) (продолжение):
01.01.1985.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
E21B 44/02 (2017.08)

(21)(22) Application: **2017102840, 27.01.2017**

(24) Effective date for property rights:
27.01.2017

Registration date:
06.03.2018

Priority:

(22) Date of filing: **27.01.2017**

(45) Date of publication: **06.03.2018** Bull. № 7

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2,
federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet", otdel intellektualnoj sobstvennosti i
transfera tekhnologij (otdel IS i TT)**

(72) Inventor(s):

**Dvojnikov Mikhail Vladimirovich (RU),
Blinov Pavel Aleksandrovich (RU),
Kadochnikov Vyacheslav Grigorevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet" (RU)**

(54) **METHOD OF MONITORING THE AXIAL LOAD TO BIT WHEN DRILLING INCLINED WELL-DIRECTIONAL WELLS WITH DOWNHOLE DRILLING MOTOR**

(57) Abstract:

FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: invention relates to drilling oil and gas wells. Method for monitoring the axial load on the bit when drilling obliquely directed wells, including determining the pressure at the standpipe of the drilling rig in the idle and operating modes of the screw downhole motor (bit over the face), characterized in that after starting the engine without load, when operating it in idling mode, the speed and torque are measured on the rotor $M_{p,x}$, then an axial load is applied to the bit and the rotational speed and torque are

measured on the rotor $M_{p,p}$, and the actual axial load on the bit at the same speeds of rotation of the drill string under load and without load is determined by the mathematical formula given in the text of the description.

EFFECT: technical result is determination of actual axial load on the bit by calculating magnitude of friction force of drill string against borehole wall when drilling obliquely directed wells with screw downhole motors while rotating drill string.

1 cl, 1 dwg

RU 2 646 651 C1

RU 2 646 651 C1

Изобретение относится к бурению нефтяных и газовых скважин.

Известен способ создания и контроля необходимой нагрузки на долото при бурении горизонтальных и наклонно направленных стволов с большими смещениями забоев от устья скважин (патент RU №2313667, опубл. 27.12.2007 г.), включающий определение рабочего момента на валу двигателя по величине необходимой нагрузки на долото и удельного его момента, достаточного для вращения породоразрушающего инструмента под необходимой нагрузкой на долото. По характеристике винтового забойного двигателя (ВЗД) находят перепад давления на двигателе при работе с рабочим моментом и в холостом режиме его работы, затем после спуска бурильного инструмента с долотом и ВЗД до забоя скважины и выравнивания параметров бурового раствора регистрируют давление на стояке буровой установки в холостом режиме работы ВЗД (долото над забоем), после этого производится создание необходимой нагрузки на долото разгруженным весом бурильной колонны на забой до тех пор, пока давление на стояке не вырастет на величину разницы давлений в рабочем и холостом режимах работы ВЗД, определенных по его характеристике, после этого величина нагрузки на долото в процессе бурения контролируется по этой величине.

Недостатком данного способа является отсутствие учета гидравлических сопротивлений, представленных образованием шламовых подушек в местах интенсивного искривления скважины, сальникообразованием на долоте, а также увеличением плотности бурового раствора в кольцевом пространстве за счет частиц выбуренной породы.

Известен способ контроля режима работы винтового двигателя в забойных условиях (авторское свидетельство SU №1128646, опубл. 30.09.1990 г.), заключающийся в замере показаний давлений в нагнетательной линии при работе двигателя на забое под нагрузкой и без нагрузки, а поддержание заданной частоты вращения вала двигателя осуществляют путем поддержания постоянной разницы замеренных показаний давлений.

Недостатком данного способа является отсутствие учета износа рабочих органов ВЗД в процессе его работы, износа долота или изменения свойств горных пород.

Известен способ вращательного бурения скважин забойным гидравлическим двигателем (авторское свидетельство SU №1114777, опубл. 23.09.1984 г.), заключающийся в определении частоты вращения бурильной колонны путем установления ее зависимости от осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент, соответствующей тормозному моменту забойного двигателя, причем значение осевой нагрузки, соответствующей тормозному моменту, находят по следующей формуле:

$$G_T = G \left[1 - \left(1 - \frac{M}{M_T} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}},$$

где M_T - тормозной момент гидравлического забойного двигателя по паспортным данным;

M - требуемый рабочий крутящий момент на валу забойного двигателя;

G - осевая рабочая нагрузка на породоразрушающий инструмент.

Недостатком данного способа является отсутствие контроля частоты вращения бурового инструмента по причине задержки передачи сигнала с момента вращения ВЗД до его остановки, а также достоверного значения осевой нагрузки на долото.

Известен способ контроля необходимой нагрузки на долото при бурении скважин, включающий автоматизированную систему управления режимом бурения (АСУ РБ) (Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Гноевых А.Н. Одновинтовые гидравлические машины:

В 2Т. - М.: ООО «ИРЦ Газпром». - 2007. - Т2. Винтовые забойные двигатели. С. 382-388), обеспечивающую контроль изменения нагрузки на валу забойного гидродвигателя (нагрузки на долото) по изменению скорости или тока приводного двигателя бурового насосного агрегата (БНА) и регулятора подачи долота (РПД).

5 Недостатком данного способа является отсутствие учета дополнительного давления при бурении наклонно направленных скважин, обусловленного износом рабочих органов ВЗД в процессе его работы, увеличением плотности бурового раствора в кольцевом пространстве за счет частиц выбуренной породы. Дополнительное повышение давления за счет указанных гидравлических сопротивлений приводит к неадекватным значениям установленной корреляции силы тока на приводе БНА и работой ВЗД и РПД.

Известен способ контроля осевой нагрузки на долото при бурении горизонтальных и наклонно направленных скважин ВЗД (патент RU №2361055, опубл. 10.07.2009 г.), включающий определение давления на стояке буровой установки в холостом режиме работы ВЗД (долото над забоем), создание необходимой нагрузки на долото разгруженным весом бурильной колонны на забой до тех пор, пока давление на стояке не вырастет на величину разницы давлений в рабочем и холостом режимах работы двигателя, определенных по его характеристике. После запуска двигателя (над забоем), при работе его в режиме холостого хода производят проворачивание бурильной колонны ротором (либо верхним приводом буровой установки) с последующим замером величины момента $M_{p,x}$ (момент на роторе в режиме работы двигателя на холостом ходу), после этого создают осевую нагрузку на долото и производят проворачивание бурильной колонны ротором (либо верхним приводом буровой установки) с последующим замером величины момента на роторе $M_{p,p}$ (момент на роторе в рабочем режиме работы двигателя).

Причем фактическую осевую нагрузку на долото определяют по выражению:

$$G_{\text{факт.}} = G_{\text{ос.ГТИ}} - \left[\frac{M_{p,p} - M_{p,x}}{\pi \cdot D_{\text{скв.}}} \right], \text{ Н}$$

30 где $G_{\text{ос.ГТИ}}$ - осевая нагрузка на долото по станции геолого-технических исследований, Н;

$M_{p,x}$ - момент на роторе в режиме работы ВЗД на холостом ходу, Нм;

$M_{p,p}$ - момент на роторе в рабочем режиме работы ВЗД, Нм;

35 $D_{\text{скв.}}$ - диаметр скважины, м.

Недостатком данного способа является отсутствие параметра механической скорости бурения, частоты вращения бурильной колонны и показателя ее перемещения относительно оси скважины.

Известен способ контроля осевой нагрузки на долото при бурении горизонтальных и наклонно направленных скважин ВЗД (М.В. Двойников / Технология бурения нефтяных и газовых скважин модернизированными винтовыми забойными двигателями. Дисс. доктора техн. наук. Тюмень 2011. - с. 215-219), принятый за прототип, включающий определение давления на стояке буровой установки, проворачивание бурильной колонны с последующим замером величины момента $M_{p,x}$ (момент на роторе в режиме работы ВЗД на холостом ходу). После создания осевой нагрузки на долото определяют рабочий режим работы ВЗД по величине давления на стояке буровой установки и производят проворачивание бурильной колонны с последующим замером величины момента $M_{p,p}$

(момент на роторе в рабочем режиме работы ВЗД). Зная величины моментов $M_{р.х}$ и $M_{р.р}$, определяют силу трения о горную породу и фактическую нагрузку на долото по формуле:

$$G_{факт.} = G_{ос.ГТИ} - \left(\frac{4 \cdot (M_{р.р} - M_{р.х}) \cdot v_n}{\omega_{скв} \cdot D_{скв}^2} \right),$$

где $G_{ос.ГТИ}$ - осевая нагрузка на долото по станции ГТИ, Н; $M_{р.х}$ - момент на роторе в режиме работы ВЗД на холостом ходу, Нм; $M_{р.р}$ - момент на роторе в рабочем режиме работы ВЗД, Нм; $D_{скв}$ - диаметр скважины, м; v_n - скорость перемещения бурильной колонны вдоль стенки скважины; $\omega_{скв}$ - угловая скорость вращения бурильной колонны относительно оси скважины.

Недостатком данного способа является то, что в способе не учтены показатели перемещения бурильной колонны относительно оси скважины и момента сопротивления трению буровой колонны о стенки скважины с учетом потери устойчивости с учетом модуля Юнга и полярного момента инерции, определяющих ее жесткость при изменении напряженно-деформированного состояния.

Техническим результатом является увеличение эффективности бурения наклонно направленных скважин, надежности ВЗД и породоразрушающего инструмента за счет повышения качества контроля осевой нагрузки на долото с одновременным вращением бурильной колонны.

Технический результат достигается тем, что после запуска двигателя без нагрузки, при работе в режиме холостого хода, осуществляется замер частоты вращения и момента на роторе $M_{р.х}$, затем создается осевая нагрузка на долото и осуществляется замер частоты вращения и момента на роторе $M_{р.р}$, а фактическую осевую нагрузку на долото при одинаковых частотах вращения бурильной колонны под нагрузкой и без нагрузки определяют по формуле:

$$G_{факт.} = G_{ос.ГТИ} - \left[\frac{(M_{р.р} - M_{р.х}) \cdot \vartheta}{\omega_{скв} \cdot \pi \cdot D_{скв} \cdot a} \right], \text{ Н}$$

где $G_{ос.ГТИ}$ - осевая нагрузка на долото по станции ГТИ, $G_{ос.ГТИ} = G_{бк} - G_{д}$, Н;

$G_{бк}$ - вес бурильной колонны на крюке буровой установки, Н;

$G_{д}$ - нагрузка на долото, Н;

$M_{р.х}$ - момент на роторе в режиме работы ВЗД на холостом ходу, Н·м;

$M_{р.р}$ - момент на роторе в рабочем режиме работы ВЗД, Н·м;

$D_{скв}$ - диаметр скважины, м;

ϑ - механическая скорость бурения, м/с;

$\omega_{скв}$ - частота вращения бурильной колонны относительно стенки скважины, рад/с;

a - перемещение бурильной колонны вдоль оси скважины, $a = \frac{\pi^4 \cdot f^2}{t}$, м;

f - зазор между бурильной колонной и стенками скважины, $f = \frac{D_{скв} - d_{бк}}{2}$, м;

t - шаг винтовой линии бурильной колонны относительно оси скважины за 2π ,

$$t = \sqrt{\frac{4\pi \cdot E \cdot I}{G_{ос.ГТИ}}}, \text{ м};$$

E - модуль Юнга, Па;

5 I - полярный момент инерции бурильной колонны, м⁴.

Способ поясняется фиг. 1 - график зависимости фактической нагрузки на долото от частоты вращения бурильной колонны.

Способ осуществляется следующим образом. При бурении наклонно направленных скважин с использованием в качестве привода породоразрушающего инструмента ВЗД
10 выбирается эффективный режим бурения, обеспечивающий надежную работу породоразрушающего инструмента. С этой целью на бурильной колонне ВЗД с закрепленным на нем долотом опускается в скважину. Не доходя до забоя, по колонне бурильных труб в ВЗД подается буровой раствор. После запуска двигателя без нагрузки, при работе его в режиме холостого хода, определяется давление на стояке буровой
15 установки. Затем производят вращение бурильной колонны без нагрузки с последующим замером величины момента $M_{р.х}$ (момент на роторе в режиме работы ВЗД на холостом ходу) и частоты вращения бурильной колонны.

Затем бурильная колонна с двигателем и долотом подается вниз до контакта с забоем и далее плавно создается осевая нагрузка на долото. Определяют рабочий режим
20 работы ВЗД по величине давления на стояке буровой установки, после чего производят вращение бурильной колонны под нагрузкой с последующим замером величины момента $M_{р.р}$ (момент на роторе в рабочем режиме работы ВЗД) и частоты вращения бурильной колонны под нагрузкой.

За счет создания нагрузки на долото и наличия крутильных колебаний происходит
25 потеря устойчивости бурильной колонны. В результате бурильная колонна испытывает как растягивающие, так и сжимающие напряжения. С увеличением нагрузки на долото (снижения $G_{бк}$ и увеличения $G_{д}$) трение скольжения между бурильной колонной и стенкой скважины переходит в трение качения. При этом бурильная колонна совершает
30 вращение как вокруг собственной оси по часовой стрелке, так и переносное движение (планетарное) относительно оси скважины $\omega_{скв.}$.

Зная величины моментов в $M_{р.х}$ и $M_{р.р}$, а также частоту вращения бурильной колонны с учетом напряженно-деформированного состояния, определяют силу трения о горную породу, препятствующую поступательному ее движению вдоль оси скважины.

35 Сила трения бурильной колонны о стенки скважины, направленная противоположно создаваемой осевой нагрузке на долото, определяется как

$$\frac{(M_{р.р} - M_{р.х}) \cdot \vartheta}{\omega_{скв.} \cdot \pi \cdot D_{скв.} \cdot a}.$$

40 Зная осевую нагрузку по станции ГТИ $G_{ос.ГТИ}$, рассчитанную только по изменению (потери) веса на крюке буровой установки по показателям ГИВ (гидравлический индикатор веса), определяют фактическую осевую нагрузку на долото.

Причем фактическую осевую нагрузку на долото с учетом напряженно-деформированного состояния бурильной колонны определяют по формуле:

$$45 G_{факт.} = G_{ос.ГТИ} - \left[\frac{(M_{р.р} - M_{р.х}) \cdot \vartheta}{\omega_{скв.} \cdot \pi \cdot D_{скв.} \cdot a} \right], \text{ Н}$$

где $G_{ос.ГТИ}$ - осевая нагрузка на долото по станции ГТИ, $G_{ос.ГТИ} = G_{бк} - G_{д}$, Н;

$G_{\text{БК}}$ - вес бурильной колонны на крюке буровой установки, Н;

$G_{\text{д}}$ - нагрузка на долото, Н;

$M_{\text{р.х}}$ - момент на роторе в режиме работы ВЗД на холостом ходу, Н·м;

5 $M_{\text{р.р}}$ - момент на роторе в рабочем режиме работы ВЗД, Н·м;

$D_{\text{СКВ}}$ - диаметр скважины, м;

ϑ - механическая скорость бурения, м/с;

$\omega_{\text{СКВ}}$ - частота вращения бурильной колонны относительно стенки скважины, рад/

с;

10

a - перемещение бурильной колонны вдоль оси скважины, $a = \frac{\pi^4 \cdot f^2}{t}$, м;

f - зазор между бурильной колонной и стенками скважины, $f = \frac{D_{\text{СКВ}} - d_{\text{БК}}}{2}$, м;

15

t - шаг винтовой линии бурильной колонны относительно оси скважины за 2π ,

$$t = \sqrt{\frac{4\pi \cdot E \cdot I}{G_{\text{ос.ГТИ}}}}, \text{ м};$$

E - модуль Юнга, Па;

20

I - полярный момент инерции бурильной колонны, м⁴.

Результаты анализа практических данных бурения скважин, имеющих сложный профиль, показали, что фактическая осевая нагрузка на долото существенно отличается от нагрузки, замеренной по станции ГТИ. В результате при бурении скважин механическая скорость снижается, а ствол скважины формируется с образованием
25 больших каверн и уступов, затрудняющих продвижение КНБК, а интенсивность искривления и радиус участков набора и падения зенитного угла не соответствует допустимым прочностным характеристикам бурильных труб. Осуществлять бурение таких участков с применением в качестве привода долота только двигатель практически
30 невозможно. Это связано, прежде всего, с большим трением между БК и породой. В качестве технологического приема повышения эффективности бурения, например, с винтовым забойным двигателем (ВЗД) используют одновременное периодическое или постоянное вращение бурильной колонны ротором, либо верхним приводом. Производственники данный способ называют комбинированным. Его использование позволяет осуществлять бурение скважин различной глубины с разными типами
35 профиля, широким диапазоном изменения вида и свойств промывочных жидкостей, параметров режима бурения, а также с применением разных конструкций и типоразмеров породоразрушающего инструмента.

Однако при сложившейся на сегодня технологии комбинированного бурения отмечают проблемы, связанные с нестабильностью работы ВЗД, их остановками, а
40 также авариями (отворотами, разрушениями элементов ВЗД) компоновки бурильной колонны (БК). Основным недостатком использования одновременного вращения ВЗД и бурильной колонны на участках стабилизации зенитного угла является возможность корректировки траектории профиля скважины в процессе проводки наклонно прямолинейных (тангенциальных) участков.

45

В случае бурения последующих интервалов, расположенных после участка стабилизации, например участков набора или снижения зенитного угла, использовать ВЗД без вращения БК практически не возможно. Это обусловлено действием дополнительных сил трения между бурильным инструментом и горной породой. Силы

трения препятствуют доведению требуемой нагрузки на долото, снижению оперативного управления и контроля траектории профиля скважины.

Наиболее эффективным техническим решением данной проблемы, направленной на повышение качества реализации проектных траекторий скважин и контроля фактической нагрузки на долото, является использование в расчетах показателя перемещения бурильной колонны относительно оси скважины, момента сопротивления трению буровой колонны о стенки скважины с учетом потери устойчивости, а также жесткость инструмента при изменении его напряженно-деформированного состояния.

Реализация способа произведена на примере бурения участка стабилизации зенитного угла с использованием бурильных труб диаметром 127 мм и долота диаметром 215 мм. Механическая скорость бурения изменялась в диапазоне от 20 до 28 м/ч.

Непосредственно перед бурением были проведены расчеты следующих параметров: частоты вращения бурильной колонны; моментов на роторе в холостом и рабочем режимах работы ВЗД; показатели перемещения и шаг винтовой линии бурильной колонны относительно оси скважины за 2π .

Разность моментов на роторе при работе ВЗД в режиме холостого хода и рабочем режиме составляет 5 кН·м при измеренных $M_{x,x}=5$ кН·м, $M_{p,x}=10$ кН·м. Частота вращения бурильной колонны относительно стенки скважины изменяется от 5,3 до 14,1 рад/с (при вращении от 30 до 80 об/мин). Перемещение бурильной колонны относительно оси скважины a составляет $3,48 \cdot 10^{-3}$ м. Шаг винтовой линии бурильной колонны относительно оси скважины за 2π составляет 54,2 м. Осевая нагрузка на долото по данным станции ГТИ составляет 10 кН.

Анализ результатов расчета показал, что значение фактической нагрузки на долото не совпадает со значением нагрузки на долото по станции ГТИ (фиг. 1). При частоте вращения бурильной колонны 5,1 рад/с (30 об/мин) нагрузка на долото не доходит и составляет 7,8 кН. С увеличением частоты вращения до 14,1 рад/с (80 об/мин) нагрузка на долото возрастает и составляет 9,2 кН.

Определение фактической осевой нагрузки позволит увеличить эффективность бурения наклонно направленных скважин винтовыми забойными двигателями с одновременным вращением бурильной колонны, также позволит снизить возможность возникновения аварийной ситуации при неконтролируемом вращении без учета напряженно-деформированного состояния.

(57) Формула изобретения

Способ контроля осевой нагрузки на долото при бурении наклонно направленных скважин, включающий определение давления на стояке буровой установки в холостом и рабочем режимах работы винтового забойного двигателя (долото над забоем), отличающийся тем, что после запуска двигателя без нагрузки, при работе в режиме холостого хода, осуществляется замер частоты вращения и момента на роторе $M_{p,x}$, затем создается осевая нагрузка на долото и осуществляется замер частоты вращения и момента на роторе $M_{p,p}$, а фактическую осевую нагрузку на долото при одинаковых частотах вращения бурильной колонны под нагрузкой и без нагрузки определяют по формуле:

$$G_{\text{факт.}} = G_{\text{ос.ГТИ}} - \left[\frac{(M_{p,p} - M_{p,x}) \cdot g}{\omega_{\text{скв.}} \cdot \pi \cdot D_{\text{скв.}} \cdot a} \right], \text{ Н}$$

где $G_{\text{ос.ГТИ}}$ - осевая нагрузка на долото по станции ГТИ, $G_{\text{ос.ГТИ}} = G_{\text{бк}} - G_{\text{д}}$, Н;

$G_{\text{БК}}$ - вес бурильной колонны на крюке буровой установки, Н;

$G_{\text{д}}$ - нагрузка на долото, Н;

$M_{\text{р.х}}$ - момент на роторе в режиме работы ВЗД на холостом ходу, Н·м;

5 $M_{\text{р.р}}$ - момент на роторе в рабочем режиме работы ВЗД, Н·м;

$D_{\text{СКВ.}}$ - диаметр скважины, м;

ϑ - механическая скорость бурения, м/с;

$\omega_{\text{СКВ.}}$ - частота вращения бурильной колонны относительно стенки скважины, рад/

с;

10

a - перемещение бурильной колонны вдоль оси скважины, $a = \frac{\pi^4 \cdot f^2}{t}$, м;

f - зазор между бурильной колонной и стенками скважины, $f = \frac{D_{\text{СКВ.}} - d_{\text{БК.}}}{2}$, м;

15

t - шаг винтовой линии бурильной колонны относительно оси скважины за 2π ,

$$t = \sqrt{\frac{4\pi \cdot E \cdot I}{G_{\text{ос.ГТИ}}}}, \text{ м};$$

E - модуль Юнга, Па;

20

I - полярный момент инерции бурильной колонны, м^4 .

25

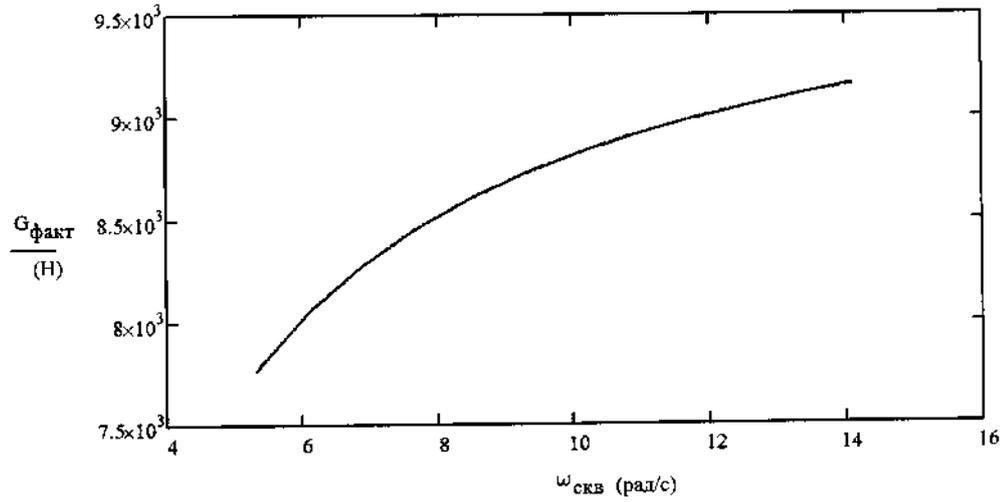
30

35

40

45

**СПОСОБ КОНТРОЛЯ ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ НА ДОЛОТО ПРИ
БУРЕНИИ НАКЛОННО НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИН ВИНТОВЫМ
ЗАБОЙНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ**



Фиг. 1