

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **038622**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.09.23**

(51) Int. Cl. *E21B 47/008* (2012.01)  
*F04B 47/02* (2006.01)

(21) Номер заявки  
**202000375**

(22) Дата подачи заявки  
**2020.01.24**

---

(54) **СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА НАПОЛНЕНИЯ ЦИЛИНДРА  
ГЛУБИННОГО НАСОСА**

---

(43) **2021.07.30**

(56) EA-A1-201800335

(96) **2020/007 (AZ) 2020.01.24**

RU-C1-2439295

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

RU-C1-2532488

**ИНСТИТУТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК  
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ  
РЕСПУБЛИКИ (AZ)**

US-A1-20070020110

EP-A0-2776714

(72) Изобретатель:  
**Алиев Тельман Аббас оглы, Рзаев  
Аббас Гейдар оглы, Асадова Рена  
Шариф кызы, Джабиев Камиль  
Муталлиб оглы (AZ)**

(74) Представитель:  
**Алиев Т.А. (AZ)**

---

(57) Изобретение относится к нефтяной промышленности, в частности к технологии диагностики оборудования, и может быть использовано в системах мониторинга состояния глубинных насосов нефтяных скважин и контроля их производительности. Способ заключается в измерении давления в устье скважины датчиками, расположенными в двух точках насосно-компрессорной трубы (НКТ). Дополнительно определяют внутренний диаметр НКТ, диаметр плунжера насоса и диаметр штанги, а коэффициент наполнения цилиндра вычисляют по заявляемой формуле. Технический эффект заявляемого изобретения состоит в точности определения, простоте способа, удобстве и простоте непосредственного автоматического измерения степени наполнения цилиндра глубинного насоса.

**B1**

**038622**

**038622**

**B1**

Изобретение относится к нефтяной промышленности, в частности к технологии диагностики оборудования и может быть использовано в системах мониторинга состояния глубинных насосов нефтяных скважин и контроля их производительности.

Известно (1), что эксплуатация нефтяных скважин глубинными штанговыми насосами является одним из распространенных и основных способов добычи нефти, особенно для малодобитных скважин. Однако достаточно быстрый износ плунжерной пары, насосно-компрессорных труб и штанг вследствие трения, приводящих к снижению производительности оборудования, а также трудоемкость операций по замене и ремонту глубинных насосов обуславливает актуальность разработки способов диагностики технического состояния глубинно-насосной установки (ГНУ) и, в частности, как показатель технического состояния ГНУ - степень или коэффициент наполнения насоса. Показатель степени наполнения цилиндра насоса, как один из контролируемых показателей, важен для оперативного управления работой скважины и повышения эффективности нефтедобычи.

Известны (2, 3, 4) способы определения коэффициента наполнения глубинного штангового насоса, в которых предлагаются различные варианты решения такой задачи. Это и регистрация ватметраграммы потребляемой электродвигателем мощности при ходе штанг вниз и по характеру изменяемой мощности определяют коэффициент наполнения насоса (2); а также с помощью построения динамограммы (3); и по пьезограмме (4). Указанные способы позволяют диагностировать полноту наполнения насоса, но общим недостатком указанных способов является то, что они достаточно объемные по выполнению и позволяют получить значение коэффициента наполнения насоса только косвенно, проводя сложные расчеты, которые дают очень большую погрешность.

Наиболее близким к заявляемому является известный способ (5) автоматического измерения коэффициента заполнения цилиндра глубинного насоса, который заключается в измерении давления в устье скважины датчиками, расположенными в двух точках насосно-компрессорной трубы (НКТ), одна из которых находится в устье эксплуатационной колонны, а вторая - ниже на расстоянии соответствующего  $1/2$  высоты цилиндра используемого насоса, а коэффициент заполнения цилиндра вычисляется по формуле:

$$\beta = \left(\frac{1}{2}l + \Delta h\right)100\%,$$

где  $l$  - длина цилиндра насоса, см;

$\Delta h$  - высота жидкости между датчиками измерения давления.

Указанное изобретение позволяет определить степень наполнения цилиндра насоса, однако, не достаточно точно, потому что в основу определения коэффициента наполнения заложен принцип пропорциональности (а не их равенства) высот уровня жидкости в цилиндре насоса и уровня жидкости, находящейся между двумя датчиками измерения перепада давления в устье НКТ, что приводит к большой погрешности в определении коэффициента наполнения цилиндра глубинного насоса.

Задача изобретения состоит в повышении точности определения коэффициента наполнения цилиндра глубинного насоса.

Сущность изобретения состоит в способе определения коэффициента наполнения цилиндра глубинного насоса. Способ заключается в измерении давления в двух точках насосно-компрессорной трубы (НКТ). Одна точка измерения находится в устье эксплуатационной колонны, а вторая - ниже на расстоянии соответствующего  $1/2$  высоты цилиндра используемого насоса. Дополнительно определяют внутренний диаметр НКТ, диаметр плунжера насоса и диаметр штанги, а коэффициент наполнения цилиндра вычисляют по формуле:

$$\beta = \frac{\left(\frac{1}{2}l + \Delta h_{\tau} \cdot A\right) 100\%}{l_{\text{ц}}} = \frac{\left(\frac{1}{2}l + \Delta h \frac{F_{\tau} - F_{\text{ш}}}{F_{\text{ц}}}\right)}{l_{\text{ц}}} 100\% ;$$

где:  $l_{\text{ц}}$  - длина цилиндра насоса, см;

$\Delta h_{\tau}$  - высота жидкости между датчиками измерения давления;

$A$  - коэффициент, учитывающий внутренний диаметр НКТ, диаметр цилиндра насоса и диаметр штанги:

$$A = \Delta h_{\text{ц}} / \Delta h_{\tau} = \frac{F_{\tau} - F_{\text{ш}}}{F_{\text{ц}}},$$

$F_{\tau}$ ;  $F_{\text{ц}}$  и  $F_{\text{ш}}$  - площади поперечного сечения НКТ, цилиндра насоса и штанги.

Заявляемое изобретение отличается от прототипа новыми существенными признаками: новой формулой определения коэффициента наполнения цилиндра глубинного насоса и использованием дополнительных конструктивных показателей для расчета, а именно - размеры внутреннего диаметра НКТ, цилиндра насоса и диаметра штанги. Анализ источников в данной области не выявил аналогичные технические решения. Уровень жидкости  $\Delta h_{\tau}$ , находящийся в пространстве между точками измерения давления не является равным уровню жидкости в цилиндре насоса, находящемся в низу НКТ, но равны их объемы, т.е.  $V_{\tau} = V_{\text{ц}}$ . Это связано с тем, что поперечное сечение НКТ больше поперечного сечения цилиндра насоса и при положении плунжера в низу НКТ, когда всасывающий клапан открыт и жидкость заполняет межтрубное пространство эксплуатационной колонны. Поэтому для определения коэффициента

ента наполнения насоса в заявляемом изобретении учитываются конструктивные параметры НКТ, цилиндра насоса и штанги.

$$V_T = \Delta h_{mT} (F_u - F_w), \text{ а } V_u = \Delta h_u F_T;$$

$$\Delta h_T = \frac{F_u}{F_T - F_w} \Delta h_u$$

На фиг. 1 проиллюстрирована принципиальная схема устройства для выполнения способа. Где 1 - датчик, расположенный в устье насоснокомпрессорной трубы; 2 - датчик, расположенный на насоснокомпрессорной трубе ниже датчика 1, на расстоянии  $1/2$  высоты цилиндра, используемого насоса, и дифманометр - 3; 4 - датчик уровня жидкости и преобразователь - 5; 6 - блок расчета и управления; 7 - шток колонны штанг; 8 - выкидная линия скважины; 9 - эксплуатационная скважина; 10-насосно компрессорная труба (НКТ).

Способ осуществляется следующим образом.

Определяют (используют паспортные данные оборудования) внутренний диаметр НКТ, диаметр цилиндра насоса и диаметр штанги насоса. На основании этих данных рассчитывают площади поперечных сечений указанных конструкций и определяют объем жидкости, находящейся в межтрубном пространстве при положении насоса внизу НКТ.

Измеряют перепад давления между датчиками давления, установленных в устье НКТ на расстоянии половины длины  $l$  цилиндра, применяемого на данной скважине насоса:  $\Delta h_T = 1/2 l$ . Выходы датчиков давления соединены с камерами дифференциального манометра типа САПФИР - 2, выход которого соединен с блоком 6 - расчета и управления. Причем нижний датчик соединен с положительной камерой, а верхний - с отрицательной.

Лабораторным путем определяют плотности воды и нефти ( $\rho_w, \rho_n$ ), а также количество воды в жидкости в долях ( $\alpha$ ). Так как характеристики разрабатываемого пласта достаточно стабильны, то лабораторные измерения осуществляют не чаще одного раза в месяц. Высоту жидкости между датчиками определяют по формуле:

$$\Delta h_T = \Delta p / \rho_{жс} g ;$$

где

$$\rho_{жс} = \alpha, \rho_w + (1 - \alpha), \rho_n;$$

$\rho_{жс}, \rho_w, \rho_n$  - плотность жидкости, воды и нефти, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  - ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;

$\alpha$  - содержание воды в жидкости, доля.

Коэффициент наполнения цилиндра насоса определяют по формуле:

$$\beta = \frac{(\frac{1}{2}l_u + \Delta h_T \cdot A) 100\%}{l_c} = \frac{(\frac{1}{2}l_u + \Delta h_T \frac{F_T - F_w}{F_u})}{l_c} 100\% ;$$

Пример выполнения способа:

внутренний диаметр НКТ -  $D_T = 4,9$  см;

диаметр цилиндра насоса -  $D_c = 3,2$  см;

диаметр штанги насоса -  $D_{ш.} = 2$  см;

измеренный по перепаду давления уровень высоты жидкости -  $\Delta h_T = 30$  см;

высота цилиндра насоса -  $l_c = 200$  см;

площадь поперечного сечения НКТ -  $F_T = 18,84$  см<sup>2</sup>;

площадь поперечного сечения цилиндра насоса -  $F_c = 8,4$  см<sup>2</sup>;

площадь поперечного сечения штанги -  $F_{ш.} = 3,14$  см<sup>2</sup>.

Коэффициент наполнения цилиндра насоса  $\beta$ :

$$\beta = \frac{\frac{1}{2} \cdot 200 + 30 \cdot \frac{18,84 - 3,14}{8,4}}{200} 100 = \frac{100 + 56,07}{200} 100 = 0,78,03\%$$

Технический эффект заявляемого изобретения состоит в точности измерения, простоте способа, удобстве и простоте непосредственного автоматического измерения коэффициента наполнения цилиндра глубинного насоса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ковшов В.Д., Сидоров М.Е., Светланова С.Б. Динамометрирование, моделирование и диагностика глубинной штанговой установки. Журнал Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2011 г. N 3.

2. Ав св. № 3561816 "Способ определения коэффициента заполнения глубинного штангового насоса", 10.03.83.

3. Муравьев В.М. Эксплуатация нефтяных и газовых скважин. М. Недра, 1978г.;

4. Евразийский Патент № 023666 "Способ диагностики состояния глубинного насоса" 30.10.2015.

5. Заявка на евразийский патент № 201800335 "Способ автоматического измерения степени (коэффициента) заполнения цилиндра глубинного насоса" (прототип).

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ определения коэффициента наполнения цилиндра глубинного насоса заключается в измерении давления в устье скважины датчиками, расположенными в двух точках насосно-компрессорной трубы (НКТ), одна из которых находится в устье эксплуатационной колонны, а вторая - ниже на расстоянии соответствующего  $\frac{1}{2}$  высоты цилиндра используемого насоса, отличающийся тем, что дополнительно определяют внутренний диаметр НКТ, диаметр плунжера насоса и диаметр штанги, а коэффициент наполнения цилиндра вычисляют по формуле:

$$\beta = \frac{(\frac{1}{2}l + \Delta h_T \cdot A) 100\%}{l_y} = \frac{(\frac{1}{2}l + \Delta h_T \frac{F_T - F_u}{F_y})}{l_y} 100\% ;$$

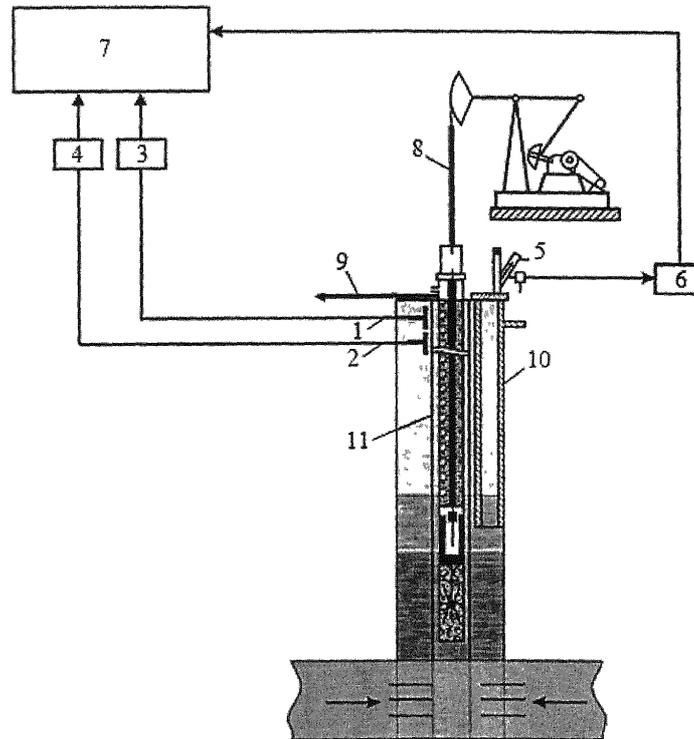
где:  $l_{ц}$  - длина цилиндра насоса, см;

$\Delta h_T$  - высота жидкости между датчиками измерения давления;

A - коэффициент, учитывающий внутренний диаметр НКТ, диаметр цилиндра насоса и диаметр штанги:

$$A = \Delta h_y / \Delta h_T = \frac{F_T - F_u}{F_y} ;$$

$F_m$ ;  $F_{ц}$  и  $F_{ш}$  - площади поперечного сечения НКТ, цилиндра насоса и штанги.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2