

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КОРРЕКЦИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ УСИЛИЙ НА ПОЛИРОВАННОМ ШТОКЕ ГЛУБИННО-НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

В некоторых отраслях народного хозяйства при автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) применяются первичные датчики для преобразования неэлектрических величин в электрические сигналы. Датчики, применяемые, в измерительной системе телединамометрирования контроля работы глубинно-насосной установки позволяют определить режим работы нефтяной скважины путем преобразования усилий, возникающих в полированном штоке и угол поворота балансира станка-качалки [1]. При этом необходимо определить динамические погрешности этих датчиков. В статье рассмотрен вопрос теоретического исследования и коррекции динамической погрешности датчиков усилий, с помощью которого механическое усилие преобразуется в электрическое напряжение [2].

Ключевые слов: датчик, балансира, магнитопровод, погрешность.

A.I. GULIYEVA

Sumgait State University, Azerbaijan

## DEFINITION AND CORRECTION OF DYNAMIC ERRORS WHILE MEASURING THE FORCE ON THE POLISHED ROD DEEP PUMP INSTALLATION IN OIL WELLS

In some sectors of the national economy in automatic management system for control of technological processes (AMSCTP) are used to convert the primary sensors of non-electrical variables into electrical signals. The sensors that applied in the measurement system of tele-dynamometer for control work on deep well pumping installation allow to determine mode of operation of an oil well by converting the forces generated in the polished rod and the angle of rotation of the balancer pumping machine rocking. Thus it is necessary to determine the dynamic errors of these sensors and also the sensors should have a simple design and high accuracy. In the article were reviewed the question of theoretical research and correction of dynamic errors on the sensors forces, by means of which mechanical force is converted into electrical voltage.

Key words: sensor, balancer, magnetic circuit, error.

### Введение

При измерении механических усилий на полированном штоке глубинно-насосных нефтяных скважин применяют датчик усилий, который закреплен на верхней полке балансира станка качалки. Датчик усилий определяет значение усилий на полированном штоке по деформации балансира, которые передаются на подвижную часть магнитной системы датчика при помощи измерительного штока [3].

Датчик устанавливается на верхний полке балансира станка качалки, механические усилия определяются с помощью деформации балансира. Деформация балансира измеряется с помощью измерительного штока установленного на балансира путем передачи к подвижной части датчика.

### Метод определения и коррекции динамической погрешности

К способам уменьшения динамической погрешности относятся:

1. Последовательное включение корректирующих устройств.
2. Коррекция с помощью обратной связи.
3. Корректирование с помощью аналоговых и цифровых вычислительных устройств.

Для определения и коррекции динамической погрешности используется теоретический метод с учетом размещения датчика на балансира станка качалки, а также конструкцию дополнительного устройства для коррекции динамической погрешность.

### Предложенный метод теоретического определения и коррекции погрешности датчика

Датчик усилий размещен на полированном штоке по деформации балансира. Один конец измерительного штока жестко закреплен в точке А, а второй конец связывается с подвижной частью датчика усилия в штоке В (рис.1).

Формулу преобразования усилия на выходной е.д.с. Индуктивный Датчик (ИД) можно представить в виде:

$$P \rightarrow \Delta x \rightarrow \Delta \delta \rightarrow \Delta M \rightarrow \Delta \dot{E} \quad (1)$$

где  $P$  - измеряемые усилие возникающих на полированном штоке,  $\Delta x$  - деформация балансира созданный со стороны  $P$ ,  $\Delta \delta = \Delta x$  - изменение величин воздушного зазора в пути магнитного потока ИД,  $\Delta M$  - изменение взаимной индуктивности системы обмотки ИД от  $\Delta \delta$ ,  $\Delta \dot{E}$  - изменение выходной э. д. с. ИД от  $\Delta M$ .

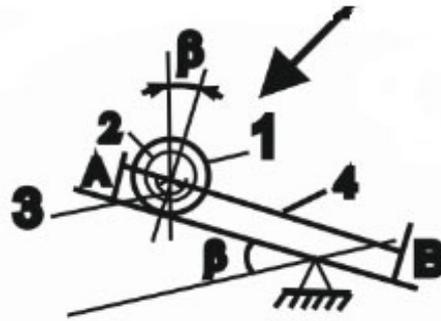


Рис. 1. Размещение в балансира датчик усилий

Согласно формуле (1) можно отметить, что динамическая погрешность при измерении усилий  $P$ , может быть в двух случаях. В первом случае от динамического изменения самого  $P$ , а в втором при постоянной  $P$  от угла поворота балансира.

В данной работе рассматривается определение и коррекции динамической погрешности при измерении усилия на полированном штоке от угла поворота балансира при постоянной величине  $P$ .

Для определения динамической погрешности при измерении  $P$ , необходимо имеет аналитического выражения деформация  $\Delta x$  балансира станка качалки.

Согласно (1) аналитическое выражение  $\Delta x$  записывается в виде:

$$\Delta x = K[1 - \cos(2\gamma + 2\alpha)] \quad (2)$$

где

$$k = \frac{P^2 l^2 x^3}{12E^2 J^2} \left(6 - 5\frac{x}{l} + \frac{x^2}{l^2}\right)$$

$l$  – длина половины балансира станка качалки,  $x$  – половина длины измерительного штока,  $E$  – модуль юнга,  $J$  – момент инерции  $\alpha$  – угол поворота балансира,  $\gamma$  – угол между нижним положением балансира и вертикальной оси проходящей через его ось вращения. Как видно из (2) величина  $\Delta x$  при постоянной  $k$  и  $\gamma$  меняется в зависимости от  $\alpha$ . В процессе работы глубинно насосной установки, погрешность от  $\alpha$  периодически повторяется. Амплитуда этой погрешности также зависит от  $\gamma$ , который зависит от типа станка качалки.

Аналогичным образом диапазон поворота балансира, также зависит от типа станка качалки.

На рис. 2 дано изменения динамической погрешности деформации балансира станка качалки от  $\alpha$ .

$$\beta_g = \left( \frac{\Delta x}{\Delta x_0} - 1 \right) \% \quad (3)$$

где  $\Delta x_0$  – деформация балансира при  $\alpha = \frac{\alpha_m}{2}$ ;  $\alpha_m$  – максимальное значение угла поворота балансира или деформация балансира при его горизонтальном положении.

Учитывая значение  $\Delta x$  и  $\Delta x_0$  из (2) и обращая внимание, что для любого типа станка качалки

$(\gamma + \frac{\alpha_m}{2}) = \frac{\pi}{2}$ . При этом  $(2\gamma + 2\alpha_m) = 180^\circ$ . Учитывая это в (3) и после некоторых преобразований получим:

$$\beta_g = -\frac{1}{2}[1 + \cos(2\gamma + 2\alpha)] \quad (4)$$

На рис.2 дано зависимость  $\beta_g$  от угла поворота  $\alpha$ .

Из графика видно, что от угла поворота  $\alpha$ , динамическая погрешность составляет 25%, что является весьма недопустимой. Поэтому возникает необходимость вести коррекцию погрешности. Для этого предусматривается в конструкции датчика усилие индуктивно-связанной системы обмотки выходного напряжения или изменение э.д.с с тем законом, который меняется выходное напряжение датчика от угла балансира при постоянной  $P$ . Для этого необходимо в цепи датчика усилий предусмотреть дополнительное устройство с переменным параметром от угла  $\alpha$ . Путем исследования конструкции датчика усилий, выявлено, что в цепи датчика привязано устройство выходного напряжения, который меняется от угла поворота  $\alpha$ , по закону напряжения получившейся от динамической погрешности. Конструкция этого устройства приведена на рис. 3. Как видно из рисунок, устройство состоит из подвижного магнитопровода

1, из не подвижного магнитопровода 2, корпуса 3, системы обмотки 4, крышки 5, 6. Система обмотки этого устройства устанавливается на подвижном магнитопроводе. В неподвижной части магнитопровода в зависимости от угла поворота всегда сохраняется вертикальное положение за счет собственного веса. Система обмотки датчика состоит из обмотки возбуждения и измерительной обмотки.

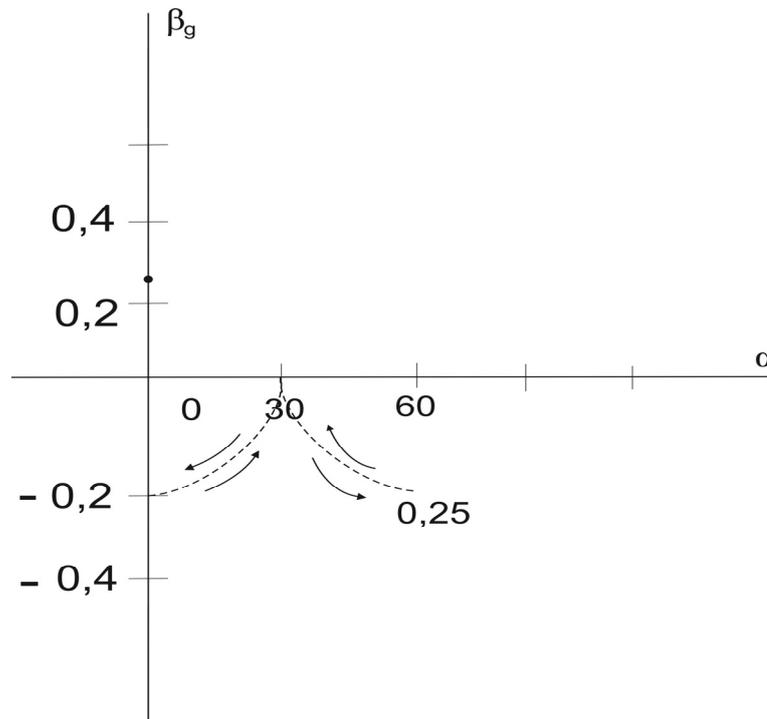


Рис. 2. Изменения динамической погрешности от деформации балансира станка-качалки

В процессе балансировки корпус 3 меняет свое положение и магнитопровод 1 с обмоткой прикрывается магнитопроводом 2 и соответственно меняется выходное напряжение устройства.

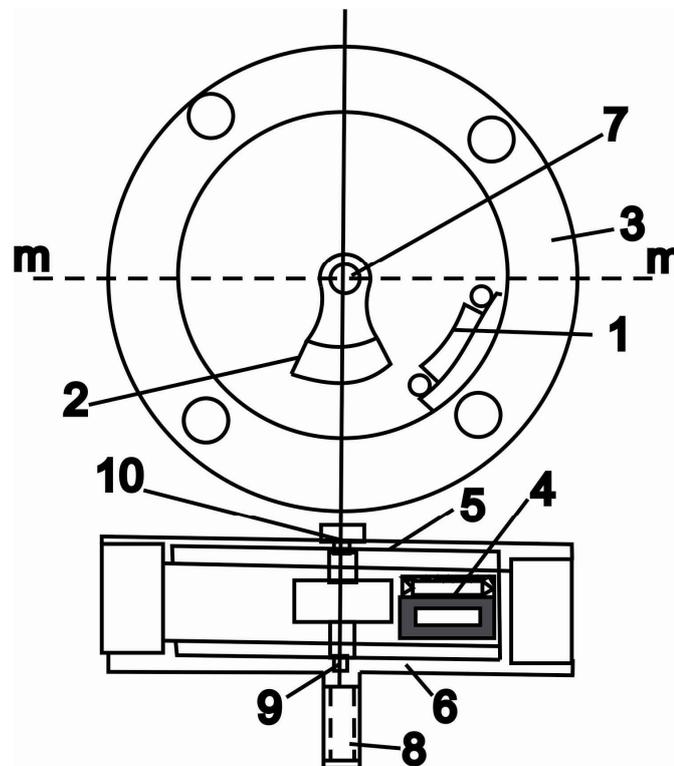


Рис. 3. Конструкция дополнительного устройства

Обмотка возбуждения 4 устройства включается параллельно с обмоткой возбуждения датчика усилий через резистор R, а измерительная обмотка встречно включается с измерительной обмоткой датчика усилий. Устройство коррекции динамической погрешности содержит также две крышки 5 и 6,

закрепленные к корпусу 3. В каждой крышке установлены подшипники скольжения 9 и 10, которые размещены на оси 7 вращения неподвижного магнитопровода. Устройство закрепляется к датчику усилий через винт 8, так чтобы горизонтальная ось -м цилиндра 2 получилась параллельно оси длины балансира станка качалки.

Характеристика устройство дано на рис.4.

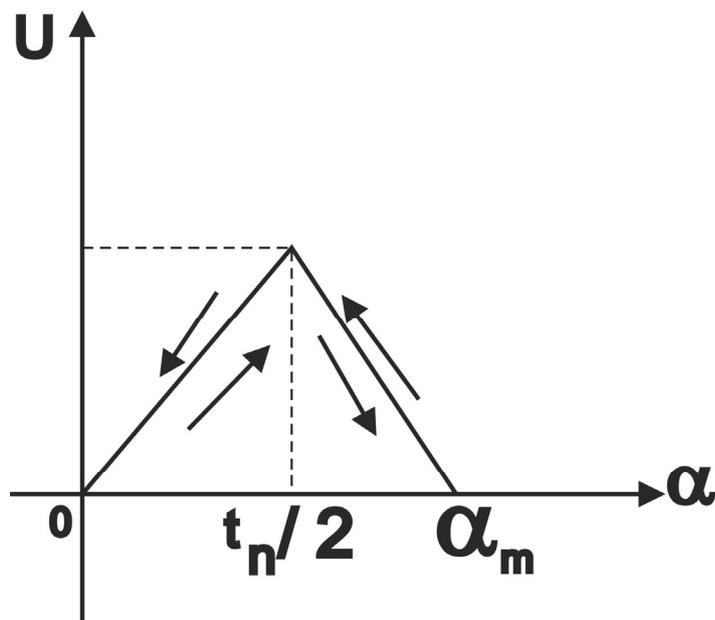


Рис. 4. Характеристика дополнительное устройства

Проводимое исследование показывает, что при использовании дополнительного устройства динамическая погрешность уменьшается.

#### Выводы

1. В результате теоретических исследований получено аналитическое выражение выходного напряжения датчика усилий.
2. Получена характеристика изменения динамической погрешности от деформации балансира станка качалки. Определенная величина погрешности не удовлетворяет переданным требованиям.
3. Для коррекции динамических погрешности осуществлена с помощью дополнительного устройства.
4. С применением дополнительного устройства полученная динамическая погрешность вполне удовлетворяет.

#### Литература

1. Дадашева, Р.Б., Мамедов, Ф.И. Определение и коррекции погрешности от типа станка-качалки при измерениях усилий в полированном штоке глубинного насоса. М. Автоматизация и современные технологии. 1999. - 5-9 с.
2. Романов, Л.В., Теуш, Л.В. Коррекция систематических погрешностей круговых датчиков. Москва. Измерительная техника. 1986. - 9-11 с.
3. Грановский, В.А. Динамические измерения. Основы метрологического обеспечения. Л. Энергоиздат. 1984. - 224 с.

#### References

1. Dadasheva, R.B., Mamedov, F.I. (1999). Opredeleniye i korreksii poqreshnosti ot tipa stanka-kachalki pri izmereniya usiliiy v polirovannom shtoke qlubinnogo nasosa. M. Avtomatizatsiya i sovremenniiye texnologii. 5-9 pages.
2. Romanov, L.V., Teush, L.V. (1986). Korreksiya sistematiceskix poqreshnostey kruqovix datchikov. Moskva: Izmeritelnaya texnika. 9-11 pages.
3. Qranovskiy, V.A. (1984). Dinamiceskie izmereniya. Osnovi metroloqiceskoqo obespeceniya. L. Enerqoizdat 224 pages.

Рецензія/Peer review : 18.1.2017 р. Надрукована/Printed :7.3.2017 р.  
Стаття рецензована редакційною колегією