

УДК 621.317.49

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ ГЛУБИННОГО ШТАНГОВОГО НАСОСА

В.А. Кузнецов, О.В. Матвеев

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Рассмотрен принцип построения устройства для контроля работы глубинного штангового насоса в нефтяных скважинах. Приведены структурная схема устройства и конструкция глубинного преобразователя перемещений плунжера насоса в электрический сигнал. В качестве чувствительных элементов применены магнитоуправляемые контакты – герконы, срабатывающие под действием магнитного поля, которое создается кольцевым магнитом, установленным на нижнем конце штанги насоса. Экспериментально исследовано магнитное поле и определен оптимальный шаг дискретизации. Предложен способ формирования магнитного поля для повышения надежности работы глубинного преобразователя.

Ключевые слова: *глубинный штанговый насос, перемещение плунжера, преобразователь перемещений, конструкция преобразователя.*

На нефтедобывающих промыслах до сих пор широко используются станки-качалки, приводящие в действие глубинные штанговые насосы (ГШН). Основной недостаток такого привода заключается в том, что приводной электродвигатель находится на поверхности, а передача движения плунжеру ГШН осуществляется длинной штангой, представляющей собой упругое звено. Движение нижнего конца штанги не полностью повторяет движение верхнего конца. Реальная картина движения плунжера насоса, как правило, неизвестна.

Разработано множество устройств, позволяющих в той или иной степени контролировать работу ГШН [1]. Наиболее популярным является метод, основанный на получении динамограммы в верхней точке привода штанги [2]. Однако этот метод не позволяет оценить ни амплитуду, ни скорость движения плунжера ГШН.

Известно применение глубинного устройства для фиксации амплитуды движения плунжера посредством вычерчивания царапины на внутренней поверхности насосно-компрессорных труб острой иглой. Но и в этом случае измерительная информация может быть получена только после извлечения насосно-компрессорных труб на поверхность.

На кафедре «Информационно-измерительная техника» СамГТУ разработано устройство, позволяющее оперативно получать информацию о параметрах движения плунжера ГШН и контролировать его работу [3].

На рис. 1 представлена структурная схема устройства.

Устройство содержит преобразователь перемещения верхнего конца штанги в импульсные сигналы 1, установленный на балансирах станка-качалки, формирователь электрических импульсов 2, реверсивный счетчик импульсов 3, цифро-аналоговый преобразователь 4, немагнитную вставку в колонну насосно-

Владимир Андреевич Кузнецов (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Информационно-измерительная техника».

Олег Вадимович Матвеев, аспирант.

компрессорных труб 5, кольцевой постоянный магнит 6, закрепленный на штанге 15, магниточувствительные элементы 7, установленные на внешней поверхности немагнитной вставки равномерно по ее длине, трехжильный глубинный кабель 8, проложенный по внешней поверхности насосно-компрессорных труб, формирователь электрических импульсов 9, второй реверсивный счетчик импульсов 10, второй цифроаналоговый преобразователь 11, двухкоординатный регистрирующий прибор 12.

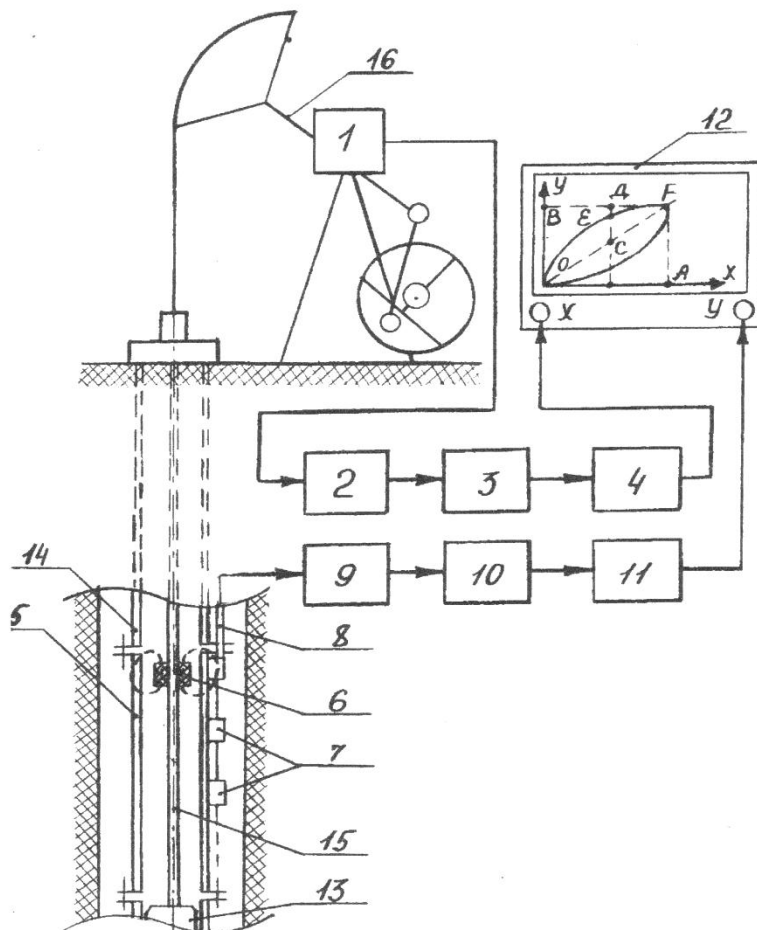


Рис. 1. Схема устройства для контроля работы ГШН

Немагнитная вставка 5 в колонну насосно-компрессорных труб 14 установлена над зоной движения плунжера насоса 13.

Устройство работает следующим образом. Угловое перемещение верхнего конца штанги станка-качалки 16 преобразуется датчиком угла поворота 1 в электрические импульсы. Импульсы усиливаются и формируются блоком формирования импульсов 2, который распределяет их по двум каналам в зависимости от направления движения балансира станка-качалки 16. Импульсы с выхода формирователя 2 подаются на вход реверсивного счетчика импульсов 3, в котором эти импульсы суммируются при движении балансира вниз или вычитаются при дви-

жении вверх. Цифровой код с выхода счетчика импульсов 3 преобразуется цифро-аналоговым преобразователем 4 в аналоговый электрический сигнал, который подается на вход X регистрирующего прибора 12.

Во время движения постоянного магнита 6 под действием его магнитного поля последовательно срабатывают герконы 7, генерирующие электрические импульсы. Таким образом, глубинный датчик перемещения преобразует перемещение плунжера ГШН в дискретный электрический сигнал. Дискретность преобразования определяется расстоянием между герконами. Электрические импульсы герконов через глубинный кабель 8 подаются на вход формирователя импульсов 9, который распределяет их по двум каналам в зависимости от направления движения магнита 6.

Импульсы с выхода формирователя 9 подаются на вход реверсивного счетчика импульсов 3, в котором эти импульсы суммируются при движении плунжера вниз или вычитаются при движении вверх. Цифровой код с выхода счетчика импульсов 10 преобразуется цифроаналоговым преобразователем 11 в аналоговый электрический сигнал, который подается на вход Y регистрирующего прибора 12.

На диаграммной ленте регистрирующего прибора одновременно регистрируются по оси X перемещения верхнего конца штанги станка-качалки, а по оси Y – перемещения плунжера ШГН.

Если перемещение плунжера штангового насоса 13 соответствует угловому перемещению верхнего конца штанги станка-качалки 16, то на диаграммной ленте прибора 12 регистрируется прямая линия, показанная пунктиром на рис. 1. Если же движение плунжера насоса отстает по времени от движения верхнего конца штанги станка-качалки, то на диаграммной ленте регистрируется эллипс, по параметрам которого определяется характер движения плунжера насоса. В этом случае используется метод исследования, применяемый при анализе электрических сигналов по фигурам Лиссажу. Отрезок *OA* является проекцией эллипса на ось X и соответствует перемещению верхнего конца штанги станка-качалки 16. Отрезок *OB* характеризует движение плунжера насоса. Отрезок *CE* характеризует запаздывание перемещения плунжера насоса относительно перемещения верхнего конца штанги. Фазовое запаздывание определяется выражением

$$\varphi = \arcsin (CE/CD) .$$

Так как период движения верхнего конца штанги станка-качалки 16 известен, то по параметрам эллипса легко определяется скорость движения плунжера насоса в любой момент времени. В качестве преобразователя перемещения конца штанги используется фотоэлектрический преобразователь, который состоит из светодиода и фотодиода, образующих оптопару, растровой линейки и блока формирования измерительного сигнала.

В качестве магниточувствительных элементов 7 используются датчики Холла или магнитоуправляемые контакты (герконы). Формирователь импульсов 9, реверсивный счетчик электрических импульсов 10 и цифроаналоговый преобразователь 11 строятся на стандартных элементах микросхемотехники.

Для регистрации сигналов используется стандартный двухкоординатный самопишущий прибор, например типа Н 307.

При разработке этого устройства важнейшая задача состояла в обеспечении надежности срабатывания магнитоуправляемых элементов и определении эффективного шага дискретизации перемещения плунжера. С этой целью проведе-

но исследование магнитного поля кольцевого магнита и определены зоны срабатывания магнитоуправляемых элементов под действием этого поля.

Для получения более точных результатов измерений дискретность срабатывания герконов должна быть минимальной. Для этого необходимо уменьшать расстояние между герконами, т. е. уменьшать зоны срабатывания герконов.

Исследования проводились на специально разработанной установке. Для снятия характеристики постоянный магнит закреплялся неподвижно, а геркон перемещался на заданных от него расстояниях. Каждое срабатывание геркона регистрировалось на бумаге. Когда замыкается геркон, в месте, где он находится, ставится отметка.

В процессе исследования была снята экспериментальная характеристика зон срабатывания геркона, которая приведена на рис 2.

На этом рисунке по оси y – зона короткого замыкания геркона, по оси x – перемещение геркона относительно постоянного магнита. Полученная характеристика имеет вид трех лепестков. Центральный лепесток длиннее двух боковых, т. е. при расстоянии магнита от поверхности геркона в пределах от 0 до 20 мм геркон срабатывает три раза.

Эти лепестки сильно усложняют конструкцию преобразователя. Преобразователь рассчитан на последовательное срабатывание герконов под действием магнитного поля.

Установлено, что минимальное расстояние между герконами составляет 10 см.

Как видно из характеристик, между боковыми лепестками и центральным лепестком имеются две зоны, в которых геркон не срабатывает.

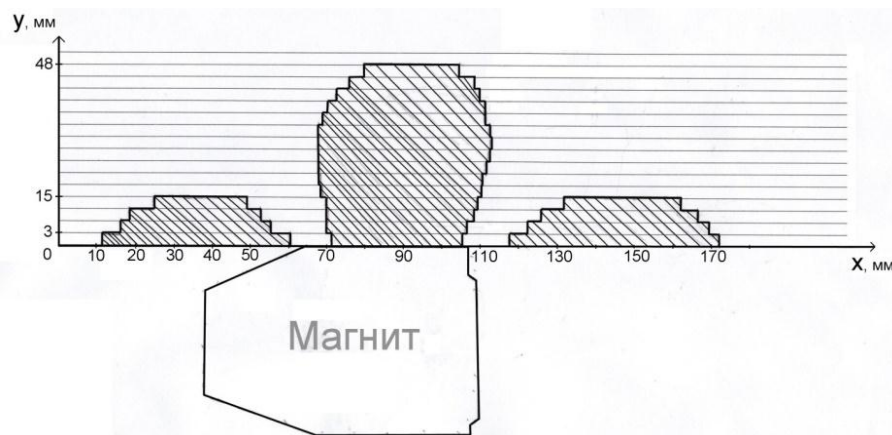


Рис. 2. Характеристика зон срабатывания

Для уменьшения минимального расстояния предложено использовать метод коррекции магнитного поля, заключающийся в установке шунтирующих ферромагнитных пластин в эти две зоны. Эффективность использования этого метода подтверждают экспериментальные исследования. Пластины из-за своих ферромагнитных свойств стягивают на себя линии напряженности магнитного поля. Таким образом, получаем вместо трех лепестков один большой лепесток.

Разработанное устройство прошло испытание на Похвистневском нефтяном месторождении Самарской области и показало эффективную работу. Большую помощь в проведении промысловых испытаний устройства оказал профессор СамГТУ В.М. Люстрицкий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бойко В.С.* Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений: Учеб. для вузов. – М.: Недра, 1990.
2. *Белов И.Г.* Исследование работы глубинных насосов динамографом. – М.: Гостоптехиздат, 1960. – 128 с.
3. Пат. 2184844 Российская Федерация, МПК7Е21В 47/00. Устройство для контроля глубинного штангового насоса / Кузнецов В.А., Люстрицкий В.М., Щуров И.В. Опубл. 2003. Бюл. № 31.

Статья поступила в редакцию 29 октября 2014 г.

THE DEVICE FOR CONTROLLING THE WORK OF SUCKER ROD IN OILWELLS

V.A. Kuznetsov, O.V. Matveev

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

Here was considered the principle of building a device for controlling the work of sucker rod pump in oil wells. Also the structural diagram of the device and the construction of the depth converter moving of plunger`s pump into electrical signal were shown . Reed contacts used as sensors are triggered with the magnetic field, which is created with a ring magnet, installed on lower end of the rod of the pump. The magnetic field was studied experimentally and the optimal sampling step was determined. The method of forming a magnetic field for improving the reliability of depth transducer was proposed.

Keywords: sucker rod pump, plunger moving, converter moving, the converter design.