

М.И. Хакимьянов, В.Д. Ковшов, С.В. Емец
M.I. Hakimjanov, V.D. Kovshov, S.V. Emec

СТАЦИОНАРНЫЙ ДАТЧИК УСИЛИЯ ДЛЯ ДИНАМОМЕТРИРОВАНИЯ
ШТАНГОВЫХ ГЛУБИННОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК (ШГН)
LOAD CELL FOR PUMPJACK DYNAMOMETER

Уфа, УГНТУ
Ufa, USPTU

In this report writers esteem main constructions of the load cells for pumpjack dynamometer and they make analysis their metrology and operating characteristics. Writers describe them construction of the load cells and substantiate main constructional solutions.

К настоящему времени известен целый ряд способов и средств измерения прилагаемых к полированному штоку усилий для систем динамометрирования штанговых глубиннонасосных установок (ШГН), различающихся по типу первичного преобразователя, по месту установки на станок-качалку, по способу передачи механического напряжения первичному преобразователю, по типу выходного сигнала и др. Выбор места расположения датчика усилия (рисунок 1) обуславливается, как правило, желанием получить наибольшую чувствительность для конкретного типа датчика, требованиями к простоте его конструкции и удобством монтажа [1].

Различают четыре места установки датчиков усилия на ШГН:

- 1) на балансире;
- 2) на штоке между верхней траверсой и ограничителем;
- 3) на штоке между нижней и верхней траверсами;
- 4) на самом полированном штоке.

При установке датчика на балансире ШГН усилие на шток определяется по величине изгиба балансира относительно точки его опоры. Величина изгиба, в свою очередь, измеряется с помощью датчика линейных размеров, устанавливаемого симметрично относительно той же точки опоры. Очевидными недостатками таких датчиков являются зависимость их показаний от конструкции балансира, точности установки базовых точек датчика, существенное влияние температуры окружающей среды.

В последнее время появился ряд датчиков, устанавливаемых на сам полированный шток, в которых величина усилия оценивается через продольную или поперечную деформацию полированного штока. Такие динамографы имеют потенциально меньшую чувствительность, поскольку шток изготавливается со значительным запасом прочности и, аналогично устанавливаемым на балансир, позволяют получать лишь относительные значения усилия. Понятно, что для рассмотренных выше динамографов

получения значений усилия в абсолютных единицах возможно только в случае проведения калибровки датчика на каждой конкретной установке ШГН, что на практике неосуществимо.

Непосредственно воспринимают нагрузку датчики усилия, в которых чувствительные элементы устанавливаются между нижней и верхней траверсами или между верхней траверсой и ограничителем. У этих датчиков появляются такие очень важные эксплуатационные свойства как возможность калибровки в лабораторных условиях и взаимозаменяемость.

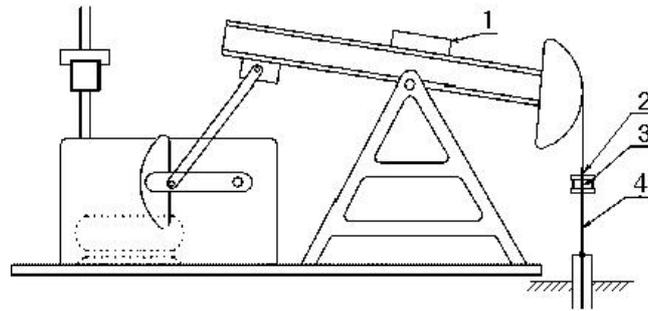


Рисунок 1 – Схема мест установки датчиков усилия на ШГН: 1 – на балансире; 2 – на штоке между верхней траверсой и ограничителем; 3 – на штоке между нижней и верхней траверсами; 4 – на «черной» части полированного штока.

Figure 1 - Schema of installation of the load cells on the pumpjack: 1 – on the walking beam; 2 - on a polished rod between a hanger bar and rod clamps; 3 - on a polished rod between the upper and lower hanger bars; 4 - on “black” section of a polished rod.

Датчики усилия, которые устанавливаются между верхней траверсой и ограничителем имеют более простую конструкцию корпуса и полностью облегают шток, однако для их установки требуется полная разборка подвески траверс, что является достаточно трудоемкой и опасной операцией. В этом плане более предпочтительны межтраверсные датчики, которые требуют для своего монтажа лишь разгрузки траверс, хотя и имеют несколько более сложную «подковообразную» форму корпуса.

Примером датчик усилия межтраверсной установки может служить относительно широко распространенная П-образная конструкция упругого элемента [2, 3, 4], изображенная на рисунке 2. Устройство содержит два упругих элемента 1 и 2, жестко соединенных перемычкой 3, с образованием П-образной конструкции. Нагружающая (4 и 7) и опорная (5, 6, 8, 9) силовоспринимающие площадки каждого из упругих элементов развернуты друг относительно друга на 180° и образуют две трехточечные схемы нагружения, обеспечивающие самоустановку датчика. Размещенные на упругих элементах тензорезисторы 10 и 11 собраны в тензометрический полумост.

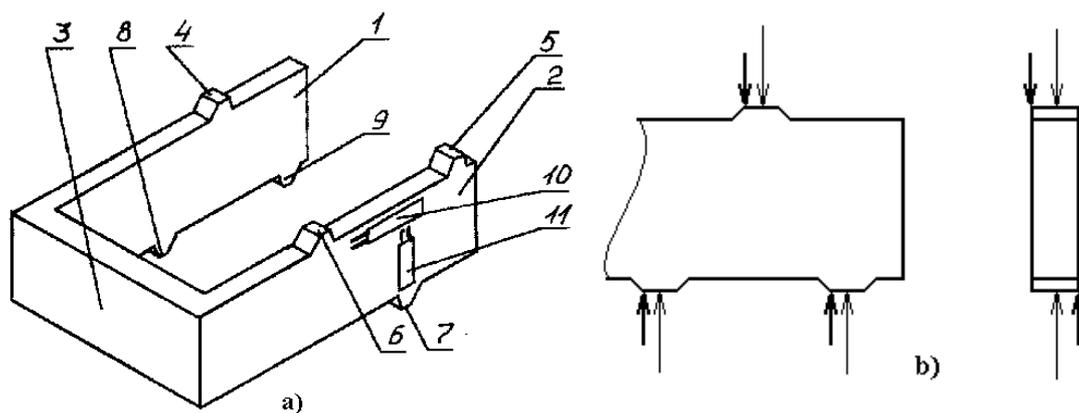


Рисунок 2 - Тензорезисторный датчик силы, патент РФ № 2145414
 Figure 2 – Resistive-strain sensor load cell, Pat. RU № 2145414

Принцип действия датчика основан на распределении суммарной нагрузки между чувствительными элементами 1 и 2. Однако очевидно, что из-за значительной неровности поверхности траверс, которые изготавливаются обычным литьем, нельзя считать, что они соприкасаются с силовоспринимающими площадками в точках, расположенных строго по центру последних. Как показывает детальный анализ, отклонения указанных точек приложения от центральных (показано жирными стрелками на рисунке 2, b) приводят к значительным изменениям эпюры деформации по поверхности каждого чувствительного элемента. Изменение эпюры деформации в зоне наклейки тензорезисторов неизбежно вызывает изменение их деформации, что сопровождается нестабильностью показания датчика усилия в целом в зависимости от места его установки.

В настоящем докладе авторы представляют разработанную ими конструкцию тензорезисторного датчика усилия, в которой в значительной степени устранены указанные недостатки (рисунок 3).

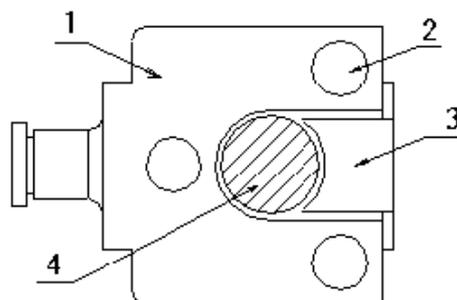


Рисунок 3 – Разработанный авторами датчик усилия: 1 – корпус; 2 – чувствительные элементы; 3 – скоба крепления; 4 – полированный шток.
 Figure 3 – The load cell which one is designed by the writers: 1 – body; 2 – sensor; 3 – support bracket; 4 – polished rod.

Как видно из рисунка 3, чувствительные элементы, представляющие собой цилиндрические стержни, размещаются в вершинах равностороннего треугольника, что позволяет компенсировать несимметричность распределения общей нагрузки между ними, неизбежно появляющаяся при установке датчика между траверсами. Вместе с тем, стержни чувствительных элементов имеют по торцам сферическую поверхность, обеспечивая тем самым локализацию точек приложения усилия по оси цилиндра. Размещение чувствительных элементов в направляющих колодцах общего корпуса исключает возможность появления изгибающих усилий. Предпринятые мероприятия позволяют рассчитать габаритные размеры чувствительных элементов исходя из получения максимально допустимой деформации в зоне наклейки тензорезисторов и, следовательно, максимальной чувствительности.

В рассматриваемой конструкции датчика каждый упругий элемент (рисунок 4) содержит по два нагрузочных и по два компенсационных тензорезистора.

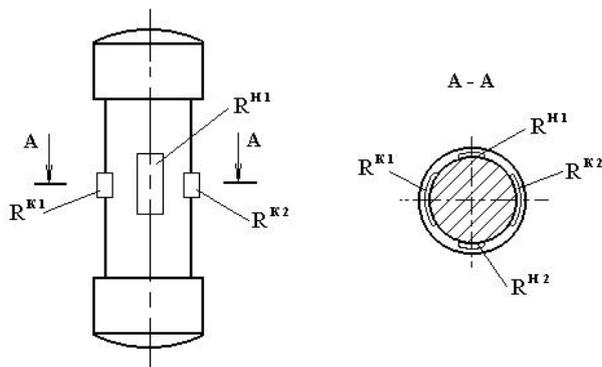


Рисунок 4 – Упругий элемент с тензорезисторами
Figure 4 – The elastic member with resistive-strain sensors

В представленном датчике тензорезисторы всех трех чувствительных элементов соединены специальным образом в измерительную мостовую схему представленную на рисунке 5, где R^H - нагрузочные тензорезисторы и R^K - компенсационные тензорезисторы. Можно показать, что при таком включении тензорезисторов общий сигнал с измерительного моста не будет зависеть от несимметричности распределения нагрузки между чувствительными элементами и их температурной деформации.

Другим существенным требованием к датчикам динамометрирования ШГН является необходимость обеспечения временной стабильности показаний в широком диапазоне температур. В этом плане, в измерительном преобразователе, предлагаемом авторами, применено импульсное питание измерительной цепи тензорезисторов с использованием специальной весовой функции, благодаря чему сведены к минимуму влияние температурного дрейфа напряжения смещения активных элементов преобразовате-

ля и помехи питающей сети 50 Гц, обусловленной расположением датчика в непосредственной близости от потребителей промышленной сети.

Вместе с тем, дополнительная цифровая обработка результатов измерения позволила снизить влияние случайной помехи и нестабильности напряжения питания датчика.

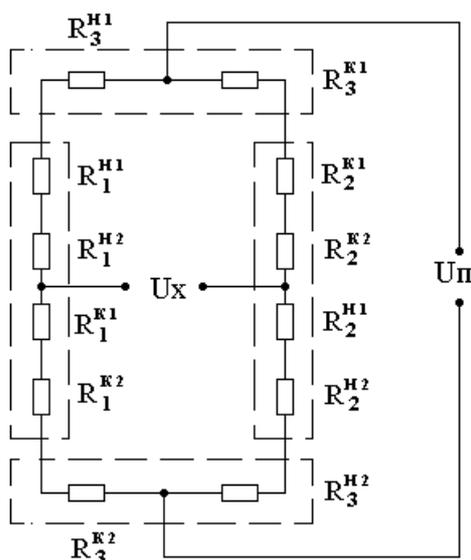


Рисунок 5 – Схема размещения тензорезисторов по упругим элементам
Figure 5 - The schema of allocation resistive-strain sensors on elastic members

В настоящий момент датчики усилия представленной конструкции уже успешно эксплуатируются в составе систем динамометрирования установок ШГН целым рядом предприятий нефтегазодобывающей промышленности России.

Список использованных источников:

1. В.Д. Ковшов, С.В. Емец, А.О. Ганцев. Разработка и опыт эксплуатации датчика динамометрирования стационарного. Проблемы нефтегазового комплекса России. Материалы секции автоматизации производственных процессов международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию УГНТУ.- Т. I.- Уфа: Изд-во УГНТУ, 1998.- С.: 9-12.
2. Патент РФ № 2164669, МПК G 01 L 1/22. Тензорезисторный датчик силы / УППО / Свирский В.В., Безвесельный В.М., Бондаренко Д.А., Низамов И.И. // Оpubл. 2001.03.27.
3. Патент РФ № 2113619, МПК F 04 B 47/00. Динамограф для контроля работы скважинных штанговых насосов / БашНИПИнефть / Уразаков К.Р., Валеев М.Д., Сахибгареев Р.Ш. и др. // Оpubл. 1998.06.20.

4. Патент РФ № 2145414, МПК G 01 L 1/22. Тензорезисторный датчик силы / УППО / Свирский В.В., Мамлеев Р.Ф. // Оpubл. 2000.02.10.