

## **ОПТИМАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ КОДИРОВАНИЯ ДИНАМОГРАММ ГЛУБИННОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК**

**М.И. Хакимьянов, С.В. Светлакова**

При проектировании информационно-измерительных систем автоматизации работы нефтедобывающих предприятий, в частности электронных систем измерения динамограмм глубиннонасосных установок, разработчики сталкиваются с проблемами сохранения и передачи информационных массивов. В качестве таких массивов могут выступать замеренные устьевыми и глубинными приборами графики давления, температуры, эхограммы, динамограммы и ваттметрограммы. Так как современные измерительные преобразователи имеют достаточно высокие метрологические характеристики при значительном быстродействии, для сохранения информации требуются большие объемы памяти. Практически любой измерительный преобразователь сейчас имеет внутреннюю энергонезависимую память объемом от нескольких десятков килобайт до нескольких мегабайт.

Однако, при создании систем телемеханики, работающих в реальном масштабе времени, оказывается затруднительно передавать такие объемы информации, используя последовательные интерфейсы (проводные интерфейсы RS-485, радиоканал). И разрешающая способность, и дискретность измерения прибора зачастую оказываются излишне высокими для контроля данного технологического параметра. В связи с этим встает задача выбора оптимальных способов кодирования массивов данных для обеспечения разумного компромисса между качеством воспроизведения информации о технологическом параметре и возможностью оперативно осуществить его передачу по линиям связи.

Наиболее полную информацию о состоянии погружного и наземного оборудования штанговых глубиннонасосных установок можно получить на основе анализа динамограмм – графиков изменения усилия в функции перемещения полированного штока. Поэтому вопросы, связанные с измерением, передачей и анализом динамограмм в настоящее время являются очень актуальными для предприятий нефтедобывающей отрасли.

В зависимости от уровня автоматизации нефтепромысла динамометрирование скважин может осуществляться разными способами: при помощи переносных динамографов, оснащенных датчиками перемещения либо положения полированного штока, при помощи стационарно установленных датчиков усилия и положения, подключенных к установленному на скважине контроллеру.

В настоящее время используются три основных способа измерения динамограмм [1]:

- 1) с тактированием датчика усилия по оси времени;
- 2) с тактированием датчика усилия по оси перемещения штока;
- 3) измерение динамограммы с фиксированным числом точек.

Первый способ используется в таких системах как ДДС-04 (НПП «Грант», Уфа). Система оборудована датчиком положения штока, который вырабатывает сигналы в моменты прохождения штоком нижней и верхней точек. Получив сигнал, что шток находится в нижней точке, датчик усилия начинает измерения нагрузки с определенной дискретностью и запись их во внутреннюю память. Когда приходит сигнал о нахождение штока в верхней точке, в приборе запоминается адрес, начиная с которого следует обратный ход штока. Запись динамограммы прекращается, когда вновь будет получен сигнал о нахождении штока в нижней точке [2]. Пример динамограммы, замеренной с использованием тактирования по времени приведен на рисунке 1.

В результате такого способа измерения динамограммы создается массив, объем которого зависит от периода качания. Такой параметр, как число качаний, вычисляется исходя из количества точек усилия в массиве и дискретности измерения усилия. Так как период качания может изменяться в широких пределах, в такие датчики обычно закладывается дискретность измерения усилия с большим запасом, что приводит к неоправданному росту объема памяти, занимаемого массивом динамограммы.

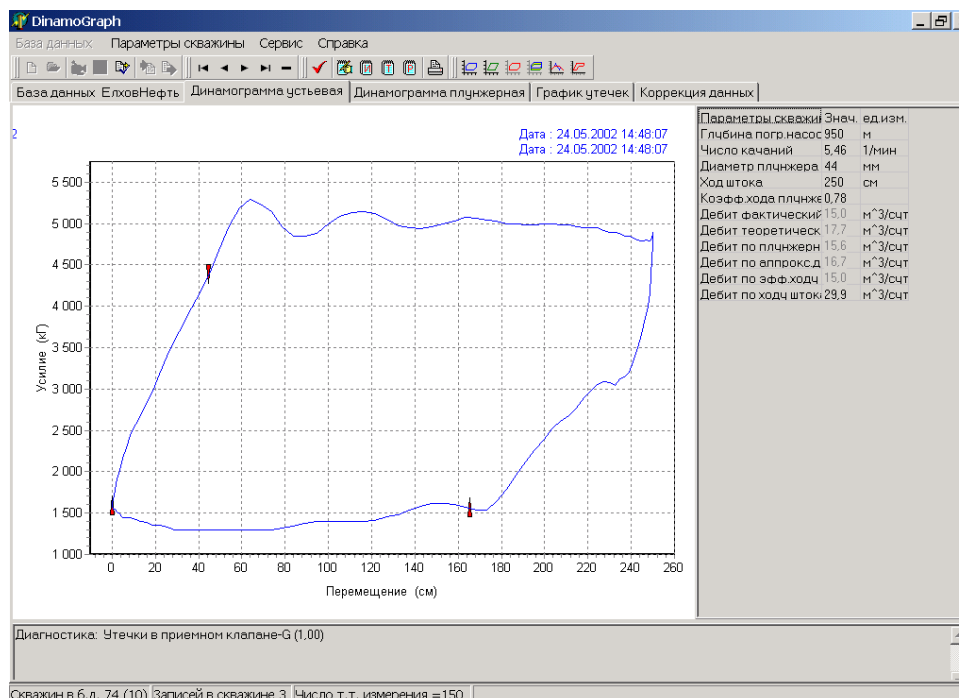


Рисунок 1 – Динамограмма, измеренная с использованием тактирования по времени

Способ измерения динамограммы с тактированием по перемещению штока используется в системах, оборудованных датчиком перемещения штока. Как правило это подпружиненный барабан с намотанным шнуром, который цепляется за элемент арматуры станка-качалки. В процессе работы датчиком перемещения вырабатываются электрические импульсы через определенные промежутки длины шнура. Такие датчики перемещения используются в динамографах АКД (НПП «Грант», Уфа), «Квантор» (Набережные Челны), "СИДДОС-автомат" (ТНПВО «Сиам», Томск).

Однако в этом случае объем массива, занимаемого динамограммой, зависит от длины хода полированного штока. Кроме того, такие датчики перемещения могут использоваться только в переносных приборах и не могут применяться для стационарной установки, так как под воздействием климатических факторов шнур быстро перетирается. Пример динамограммы, измеренной с тактированием по перемещению штока, приводится на рисунке 2.

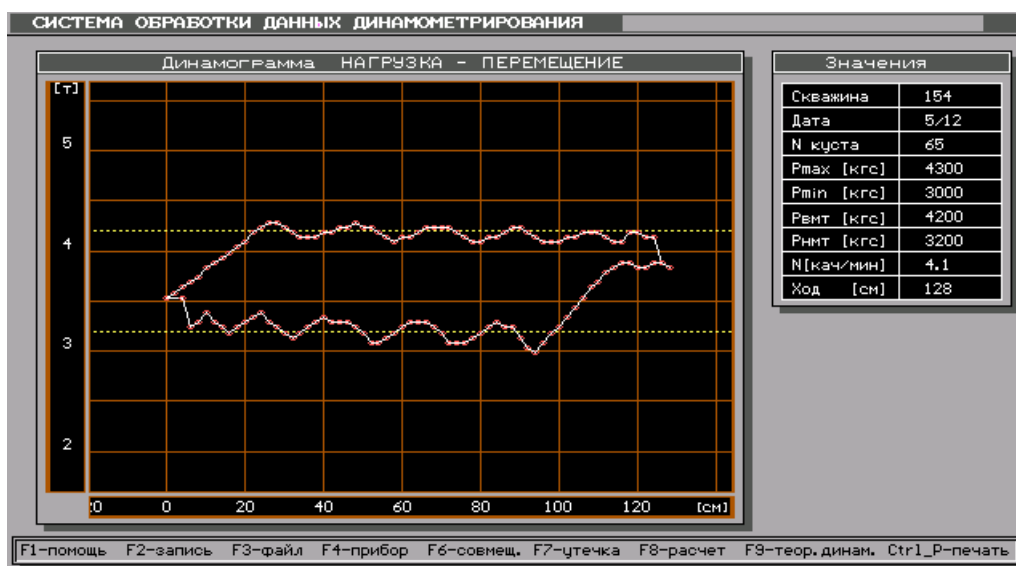


Рисунок 2 – Динамограмма, измеренная с использованием тактирования по перемещению штока

Таким образом, недостатком двух описанных выше способов измерения динамограмм является непостоянный объем памяти, занимаемый массивом данных. Этим недостатком лишен третий способ – измерение с фиксированным числом точек усилия. Действительно, для корректного отображения формы динамограммы, независимо ни от длины хода, ни от периода качания, достаточно определенного, всегда постоянного числа точек. В этом случае значительно упрощается хранение и передача динамограмм, так как всегда известно, какой объем памяти они занимают, сколько времени потребуется на их передачу.

Измерение динамограммы с фиксированным количеством точек усилия также может осуществляться с определенным количеством временных интервалов, и с определенным количеством отрезков длины перемещения штока. С точки зрения аппаратной реализации второй способ сложнее, так как в этом случае требуется датчик перемещения с высокой разрешающей способностью, чтобы обеспечивать любую дискретизацию по длине. Однако, как уже было указано, на сегодняшний день создать датчик перемещения полированного штока с необходимыми метрологическими характеристиками и доступной стоимостью очень затруднительно.

В связи с этим целесообразно строить измерение динамограммы опираясь на определенное количество интервалов времени. В этом случае для определения длительности периода качания используется надежный и дешевый датчик положения, сигнализирующий о прохождении штоком нижней и верхней точек, а для тактирования измерения точек усилия используется простой таймер времени, который может быть реализован программно в датчике усилия [3].

Алгоритм измерения динамограммы в этом случае имеет следующую последовательность. Получив команду на измерение динамограммы система ожидает сигнала о прохождении штоком нижней точки. Если этот сигнал не приходит в течение длительного времени, то считается, что станок-качалка остановлен, либо неисправен датчик положения. Если сигнал с датчика положения принят, то запускается таймер, считающий длительность периода качания. После система ожидает сигналов о прохождении штоком верхней точки и последующем прохождении нижней точки. Получив данный сигнал, микроконтроллер системы вычисляет дискретность измерения усилия, разделив длительность периода качания на число точек динамограммы. В следующем цикле качания производится измерение усилия через найденные дискреты времени и их запись в память. Таким образом, за два цикла качания в памяти прибора появляется динамограмма, занимающая определенный, заранее известный объем.

Еще одним достоинством такого способа измерения динамограмм является более высокое качество отображения именно краев динамограммы. Так как линейное перемещение полированного штока происходит по закону, близкому к гармоническому, получается, что по мере приближения к нижней и верхней точкам за одну и ту же дискрету времени шток проходит меньшее расстояние, чем в среднем положении. Поэтому ближе к краям динамограммы точки усилия располагаются плотнее по оси перемещения. Таким образом, края динамограммы, которые, как известно, являются наиболее информативными, отображаются качественнее, чем не несущая значимой информации средняя часть.

Среди перспективных задач динамометрирования можно выделить сравнение динамограммы с некоторым эталоном, а также распознавание образов динамограмм.

Обе эти задачи сейчас решаются, но программным обеспечением верхнего уровня на ЭВМ в диспетчерском пункте. Однако в связи с недостаточной пропускной способностью телеметрических каналов связи появляется необходимость переложить часть этих задач на аппаратуру нижнего уровня, то есть на микроконтроллеры датчиков.

Чтобы не передавать в диспетчерский пункт каждую измеренную динамограмму предлагается запоминать некоторую динамограмму в памяти датчика усилия как эталонную. При последующих замерах каждая точка измеренной динамограммы сравнивается с соответствующей точкой эталонной. И если величина расхождения не превышает уровня шума, то измеренная динамограмма не передается. На диспетчерский пункт лишь поступает сообщение, что динамограмма не изменилась. В случае изменения формы динамограммы массив передается на диспетчерский пункт, а также обновляется образ эталонной динамограммы.

Данная задача довольно просто решается при измерении динамограммы с фиксированным числом точек. В памяти прибора выделяется место для двух массивов с динамограммами, в одном из которых хранится эталонная, а в другом пишутся текущие динамограммы для сравнения. После измерения текущей динамограммы осуществляется ее поточечное сравнение с эталонной.

Что касается распознавания образов динамограмм для осуществления диагностики состояния насосного оборудования прямо в датчике динамометрирования, то ресурсы используемых микроконтроллеров пока не позволяют это реализовать. Для распознавания образов динамограмм требуется применять высокопроизводительные процессоры, использовать микросхемы памяти больших объемов, и, наконец, писать сложное программное обеспечение. Все это в значительной степени повысит стоимость датчиков динамометрирования и поэтому в настоящее время нерационально.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Хакимьянов М.И. Измерительные преобразователи информационно-измерительных систем динамометрирования штанговых глубинных насосов: Дис. канд. техн. наук: 05.11.16 / УГНТУ.- Уфа, 2003.- 191 с.
2. Патент РФ на изобретение № 2221227: Тензорезисторный датчик усилия для динамометрирования скважинных штанговых насосов /Ковшов В.Д., Емец С.В., Хакимьянов М.И., Павлов О.Б. // 10.01.2004г.
3. Хакимьянов М.И., Ковшов В.Д., Емец С.В. Стационарный датчик усилия для динамометрирования штанговых глубиннонасосных установок (ШГН). Датчики и системы: Сборник докладов международной конференции. Том I. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. С.:253-257.