

КОНТРОЛЛЕРЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УСТАНОВОК ШТАНГОВЫХ ГЛУБИННЫХ НАСОСОВ

Хакимьянов М.И., Ковшов В.Д.

НПП «Грант»

Чикишев А.М., Максимов Н.С.

НПФ «Экос»

Почуев А.И.

НГДУ «Елховнефть»

В работе рассматриваются отечественные и зарубежные контроллеры автоматизации установок штанговых глубинных насосов. Сделан сравнительный анализ их функциональных возможностей, рассматриваются контролируемые технологические параметры и подключаемые датчики.

Введение

Современный подход к автоматизации процессов нефтедобычи диктует жесткие требования к программно-аппаратным комплексам контроля и управления штанговыми глубинными насосами (ШГН). Это обусловлено истощением ресурсов нефтяных пластов, высокой стоимостью электроэнергии, стремлением нефтяных компаний снизить затраты на ремонт скважин и более эффективно использовать свой персонал.

Если раньше технические средства позволяли лишь периодически проводить измерения технологических параметров на скважинах операторами при помощи переносных комплектов оборудования, то стационарно установленные на месторождениях современные микропроцессорные контроллеры делают возможным непрерывный автоматический их контроль. Применительно к скважинам, эксплуатируемым штанговыми глубинными насосами, это означает измерение таких технологических параметров, как динамограмма (зависимость усилия на полированном штоке от перемещения точки подвеса штанг), динамический уровень, ваттmetroграмма (зависимость потребляемой мощности от перемещения точки подвеса штанг), влияние газового фактора, давление на устье скважины, суточная производительность скважины и других. При этом функции управления должны обеспечивать дистанционное включение и отключение приводного электродвигателя, аварийное отключение установки,

периодический режим эксплуатации, плавное регулирование скорости вращения при помощи преобразователя частоты [1].

К настоящему времени известен целый ряд разработчиков и производителей контроллеров и станций управления для установок ШГН. Среди зарубежных фирм это “Lufkin Automation” (США), “eProduction Solutions” (США), “ABB” (США), “Automation Electronics” (США), “DrSCADA Automation” (США), “R&M Energy Systems” (США), “International Automation Resources” (США) и “SPOC Automation” (США). Известны также отечественные разработчики, среди которых можно выделить НПФ «Экос» (Уфа), НПФ «Интек» (Уфа), ГУПНН «Авитрон-Ойл» (Уфа), НПО «Интротест» (Екатеринбург), НПФ «Интеграл +» (Казань), «Шатл» (Казань), ЗАО «Линт» (Казань), ООО «Аякс» (Ульяновск) и других.

Использование современных интеллектуальных контроллеров обеспечивает решение таких задач, как автоматизация работы станка-качалки, оптимизация режимов работы оборудования, оперативное выявление аварийных ситуаций и несоответствия режимов эксплуатации оборудования, оперативная передача информации о состоянии объекта на пульт оператора по системе телемеханики.

Системы телемеханики на сегодняшний день строятся, как правило, с использованием радиоканала. Поэтому типичная станция управления включает в себя контроллер, силовой коммутатор для включения и отключения электродвигателя, радиомодем и набор датчиков технологических параметров. Отдельные станции управления имеют в своем составе преобразователи частоты для регулирования скорости вращения электродвигателя.

Ниже делается попытка рассмотреть функциональные возможности этих контроллеров и сопоставить их характеристики.

1. Зарубежные контроллеры ШГН

Разработкой систем автоматизации для нефтедобывающей промышленности и контроллеров ШГН в частности занимаются такие зарубежные фирмы как “Lufkin Automation” (США), “eProduction Solutions” (США), “ABB” (США), “Automation Electronics” (США), “DrSCADA Automation”

(США), “R&M Energy Systems” (США), “International Automation Resources” (США) и “SPOC Automation” (США).

Контроллер *SAM Well Manager* фирмы *Lufkin* (рисунок 1) является на сегодняшний день самым распространенным во всем мире [2]. Контроллер предусматривает подключение аналоговых датчиков усилия и положения, а также дискретных датчиков положения, расположенных на валу электродвигателя и выходном валу редуктора. Данные с этих датчиков используются для контроля и управления работой насосной установки и для визуального отображения графических данных на жидкокристаллическом дисплее или на экране портативного компьютера в легком для понимания формате.

Контроллер SAM Well Manager по формируемой динамограмме определяет степень заполнения жидкостью ствола скважины. Если анализ покажет, что скважина опустошена, то насос отключается и скважина переводится в режим накопления. В этом режиме она снова заполняется жидкостью, после чего блок управления включает двигатель насоса и начинает откачку.



Рисунок 1. Контроллер SAM Well Manager фирмы Lufkin (США)

Программное обеспечение контроллера SAM Well Manager обеспечивает обнаружение по динамограмме отдельных неисправностей в насосной установке. Непосредственно на скважине могут быть просмотрены «архивные» данные в виде диаграмм и отчетов на встроенном дисплее.

Контроллер SAM Well Manager предусматривает возможность работы с двумя конфигурациями датчиков динамометрирования:

1) датчик усилия располагается на штоке над верхней траверсой (датчик типа Loadtrol), датчик положения, работающий на эффекте Холла, устанавливается на выходном валу редуктора;

2) датчик деформации балансира совмещен с датчиком угла наклона балансира.

Контроллер предусматривает 3 режима работы:

1) все включения и отключения электродвигателя производятся по командам с диспетчерского пункта;

2) включения и отключения электродвигателя производятся по заданным временным уставкам (периодическая эксплуатация);

3) управление осуществляется автоматически по результатам анализа динамограмм.

Контроллер имеет аналоговый выход для подключения частотного преобразователя для плавной регулировки скорости вращения электродвигателя.

В настоящее время данные контроллеры устанавливаются в станции управления «СКАД», выпускаемые АЦБПО ЭПУ ОАО «Татнефть».

Недостатком данной системы является высокая стоимость. Так, например, стоимость только контроллера фирмы «Lufkin» (США) в комплекте с датчиками динамометрирования соизмерима с ценой целой станции управления в полной комплектации отечественного производства.

Фирма ***“eProduction Solutions”*** (США) предлагает сразу целый ряд контроллеров для установки на скважинах ШГН. Это контроллеры ***CAC2000, CAC8800, ePIC, ePAC*** и ***iBEAM***.

Функциональные возможности первых трех контроллеров аналогичны ***SAM Well Manager*** фирмы ***Lufkin***. Предусматривается подключение пассивных датчиков усилия, расположенных на штоке (датчик типа Loadtrol) или на

балансире, а также датчиков параметров движения штока нескольких типов: датчиков Холла, расположенных на валу кривошипа, датчиков угла наклона балансира и потенциометрических датчиков угла. Измерение сигналов с аналоговых датчиков производится 12-разрядным АЦП с частотой 20 Гц. Возможно осуществление калибровки датчиков непосредственно на скважине. Имеются клавиатура и графический дисплей для просмотра данных (рисунок 2). Определяется степень сбалансированности противовесов насосной установки.

В отличие от предыдущих изделий *ePAC* представляет собой целую систему регулируемого электропривода для насосной установки. Он позволяет варьировать в широких пределах скорость качаний насоса, а также отдельно оптимизировать время хода плунжера вверх и вниз.



Рисунок 2. Контроллер SAC8800 фирмы eProduction Solutions (США)

Наиболее оригинальной разработкой фирмы является устанавливаемый на балансире станка-качалки контроллер *iBEAM* (рисунок 3). Он укрепляется с помощью струбины на балансире, на его верхней поверхности расположена солнечная батарея, обеспечивающая автономную работу устройства. Для работы в ночное время имеется встроенная аккумуляторная батарея. Непосредственно рядом с контроллером устанавливаются совмещенные датчики деформации и угла наклона балансира. Измеренные динамограммы передаются с помощью

маломощного радиопередатчика на приемный терминал, расположенный возле блока управления электродвигателем.

В данной системе полностью исключаются подвижные кабели от датчиков и кабели подвода питания, а соответственно повышается надежность и долговечность. В настоящее время контроллером iBEAM оснащено около 25 тысяч скважин во всем мире.

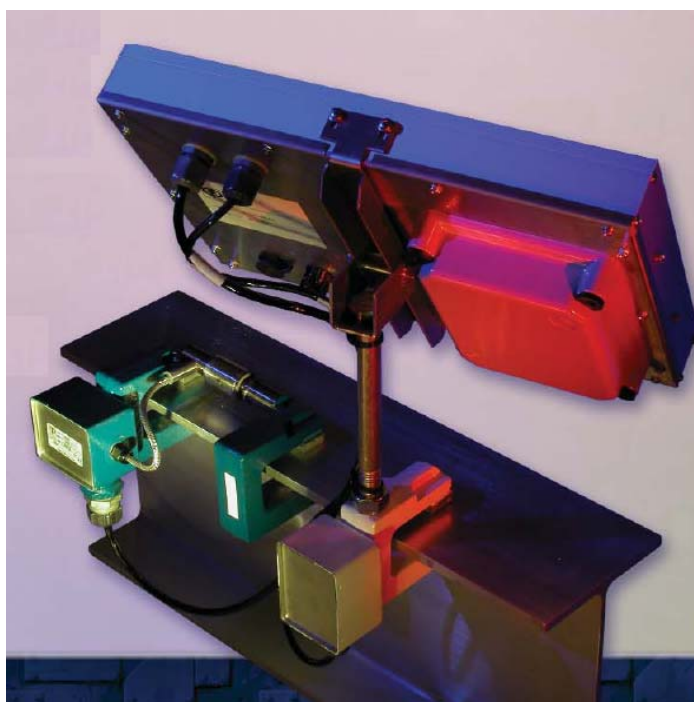


Рисунок 3. Контроллер iBEAM фирмы eProduction Solutions (США)

В некоторых случаях бывает целесообразно обслуживать одним контроллером целый куст близкорасположенных скважин. Эта возможность реализована в контроллере фирмы *“International Automation Resources”* (США). Но применение пассивных аналоговых датчиков усилия ограничивает длину соединительных кабелей несколькими десятками метров. Поэтому для подключения удаленных датчиков применяются специальные преобразователи выходных сигналов пассивных датчиков в токовый сигнал 4-20 мА. Однако даже токовый аналоговый сигнал подвержен воздействию электромагнитных помех, и использование датчиков с цифровым выходом было бы в этом случае более целесообразным.

Контроллер *АЕРОС 2100* фирмы “*Automation Electronics*” (США) отличается от остальных высокой разрешающей способностью АЦП (рисунок 4). Для оцифровки сигналов с датчиков усилия и перемещения используется 16-разрядное АЦП. При этом в качестве датчика перемещения могут использоваться датчики начала хода, потенциометры, «жидкостные» и «сухие» инклинометры. Гибкий алгоритм определения срыва подачи позволяет работать с горизонтальными и сильнозагазованными скважинами.



Рисунок 4. Контроллер АЕРОС 2100 фирмы Automation Electronics (США)

Мировой лидер в производстве силовой электроники компания “*ABB*” (США) выпустила контроллер *ALC 600*. Контроллер (рисунок 5) предусматривает подключение датчиков усилия и положения и рассчитан на совместную работу с преобразователем частоты. Выпускается 12 вариантов станций управления с этим контроллером для электродвигателей мощностью от 6 до 100 кВА. Для работы в условиях холодного климата в шкафу предусмотрена система подогрева.

В последние годы появились контроллеры управления ШГН, не требующие для своей работы каких-либо внешних датчиков, так называемые «бездатчиковые» контроллеры. Примером таких систем являются контроллер фирмы “*SPOC Automation*” (США) и контроллер “*Guardian*” фирмы “*R&M Energy Systems*” (США). Контроллеры для своей работы не требуют никаких внешних датчиков (датчиков динамометрирования). Информацию об усилии и положении штока вычисляют через замер электрических параметров.

Контроллеры работают совместно с преобразователями частоты. Благодаря отсутствию внешних датчиков снижается стоимость системы автоматизации, повышается надежность, уменьшается время монтажа. Еще одно достоинство такого подхода – универсальность применения: один и тот же контроллер может управлять как ШГН, так и винтовыми и электроцентробежными насосными установками. Однако нужно отметить, что динамограмма, полученная таким способом, будет очень приближенной, что отрицательно скажется на качестве управления и на результатах диагностики.



Рисунок 5. Контроллер ALC 600 фирмы ABB (США)

В таблице 1 производится сравнение характеристик зарубежных контроллеров и станций управления ШГН.

Сопоставив эти характеристики можно сделать следующие выводы:

1. Все импортные системы используют пассивные датчики усилия, что накладывает ограничения на длину соединительных кабелей и не позволяет устанавливать один контроллер для обслуживания куста скважин [3].

2. Для определения положения штока практически все контроллеры позволяют использовать емкостные датчики угла наклона, потенциметрические датчики угла и датчики Холла, устанавливаемые на выходном валу редуктора и отбивающие нижнюю мертвую точку. При этом нигде не используется датчик, фиксирующий две мертвых точки – нижнюю и верхнюю, хотя время хода штока вверх и вниз может не совпадать.

3. Большинство контроллеров имеет функцию регулирования скорости качания ШГН посредством преобразователя частоты.

4. Контроль электрических параметров (ваттметрограмм) как правило не предусмотрен. Однако в некоторых системах измеряется скорость вращения вала электродвигателя с помощью датчика Холла, что позволяет рассчитать механический момент на валу асинхронного двигателя.

5. Для просмотра архивных данных и настройки режимов работы непосредственно на скважине некоторые контроллеры имеют встроенный дисплей и клавиатуру, другие требуют внешнего переносного компьютера.

6. Большинство контроллеров имеют алгоритмы анализа динамограмм с определением характерных неисправностей и с определением точки срыва подачи.

7. Все контроллеры имеют функции дистанционного управления электроприводом ШГН с диспетчерского пункта, а также позволяют вести периодическую эксплуатацию скважины по заданным временным уставкам и по степени заполнения насоса жидкостью.

Таблица 1

Характеристики импортных контроллеров ШГН

	SAM, Lufkin	CAC2000, ePS	iBEAM, ePS	IAR	АЕРОС2100	ALC600, ABB
Тип датчиков усилия	Loadtrol ДДБ*	Loadtrol ДДБ	ДДБ	Loadtrol	Loadtrol ДДБ	Loadtrol
Тип датчиков положения	ДХ** ДУН***	ДХ ДУН ПДУ****	ДУН	ДУН	ДХ ДУН ПДУ	ДХ
Контроль ваттметрограмм	-	-	-	-	-	-
Управление преобразователем частоты	+	+	+	-	-	+
Возможность обслуживания нескольких скважин	-	-	-	+	-	-
Наличие дисплея и клавиатуры	+	+	+	+	+	-
Интерфейсы RS-232 RS-485 Ethernet	+	+	+	+	+	
	+	+	-	-	+	
	-	-	-	-	+	
Протоколы	Modbus	CAC 8500, Modbus	CAC 8500	-	Modbus Ethernet	-
Разрядность АЦП	12	12	12	12	16	-
Диапазон рабочих температур, град. С	-40...+85	-40...+85	-30...+80	-40...+70	-40...+70	-50...+50, обогрев шкафа

ДДБ* – Датчик деформации балансира

ДХ** - Датчик Холла, устанавливаемый на выходном валу редуктора

ДУН*** - Датчик угла наклона балансира

ПДУ**** - Потенциометрический датчик угла

2. Отечественные контроллеры ШГН

Рассмотрим функциональные возможности контроллеров управления ШГН отечественной разработки. В данный обзор не вошли некоторые уже морально устаревшие контроллеры, а также контроллеры, не получившие широкого распространения и оставшиеся опытными образцами.

Станция управления «Интел-СУС» (ЗАО «Линт», Казань), изображенная на рисунке 6, в комплекте с контроллером «Телебит» и датчиками динамометрирования ДДС – 04 [4] имеет практически аналогичные импортным системам функциональные возможности и представляет собой законченное изделие. Система комплектуется программным обеспечением на всех уровнях.

Помимо датчиков динамометрирования к контроллеру подключаются датчики ваттметрирования для контроля энергетических параметров: токов и напряжений по каждой фазе, активной и реактивной мощности, коэффициента мощности, проведения технического учета электроэнергии и построения ваттметрограмм.



Рисунок 6. Контроллер «Телебит» в составе станции управления «Интел-СУС» производства ЗАО «Линт» (Казань)

Широкое применение на промыслах Татарии получили контроллеры *«Мега» (НПФ «Интек», Уфа)*, рисунок 7. Настоящие котроллеры работают как с датчиками динамометрирования собственной разработки, так и с ДДС-04.



Рисунок 7. Контролируемый пункт скважины *«Мега» (НПФ «Интек», Уфа)*

Функционально контроллер аналогичен описанным выше, система комплектуется собственным программным обеспечением. Часть скважин не оборудована датчиками положения, определение начала хода штока производится путем математического анализа графика изменения усилия.

На рисунке 8 показан контроллер телемеханики скважины КТС.1 (*НПО «Интротест», Екатеринбург*). Контроллер телемеханики скважины предназначен для телемеханизации посредством радиоканала отдельно стоящих нефтедобывающих скважин, расположенных в радиусе до 6 км от кустовых площадок. При этом кустовой контроллер системы телемеханики будет являться управляющим контроллером.

Контроллер телемеханики скважины состоит из трех блоков:

- 1) микроконтроллер А812-01;

- 2) радиомодем "Невод - 5";
- 3) блок питания БП24В/20W/DIN.

Контроллер комплектуется антенной диапазона 433 МГц, тип которой выбирается в зависимости от условий применения.

К контроллеру подключается динамограф СДА-10-ШГН производства НПО «Интротест», устанавливаемый между траверсами канатной подвески и имеющий форму замкнутого кольца. Выходные сигналы динамографа по каналам измерения усилия и ускорения заводятся в контроллер как аналоговые токовые сигналы 4-20 мА.

Следует отметить, что используемый в контроллере микропроцессор ADuC812 на сегодняшний день морально устарел, и его мощность не позволяет в достаточной степени реализовать на месте какие-либо функции анализа режима работы и управления ШГН.



Рисунок 8. Контроллер телемеханики скважины КТС.1
(НПО «Интротест», Екатеринбург)

Определенных успехов достигли и разработчики *контроллера «Орион» («Аякс», Ульяновск)*. Указанные контроллеры на сегодняшний день наиболее приспособлены для совместной работы с элементами системы ДДС-04 в плане сбора и представления информации. Формирование массива динамограммы происходит непосредственно в самом датчике динамографа, контроллеру нужно лишь периодически считывать массив из памяти датчика по цифровому протоколу «Modbus-RTU». В датчике реализована функция сравнения динамограмм, и если форма динамограммы не изменилась, передача массива не требуется, что освобождает каналы связи.

Программное обеспечение системы телемеханики позволяет отправлять измеренные динамограммы и рассчитанные данные по дебиту в корпоративную систему «Армитс», охватывающую все нефтегазодобывающие предприятия ОАО «Татнефть».

Примером законченной отечественной системы автоматизации установки ШГН является *станция управления АСУС-02 НПФ «Экос»* (рисунок 9). Автоматизированная станция АСУС-02 имеет силовую часть, специализированный контроллер, выполненный на 16-ти разрядном RISC-процессоре, и радиостанцию, обеспечивающую связь с диспетчерским пунктом.

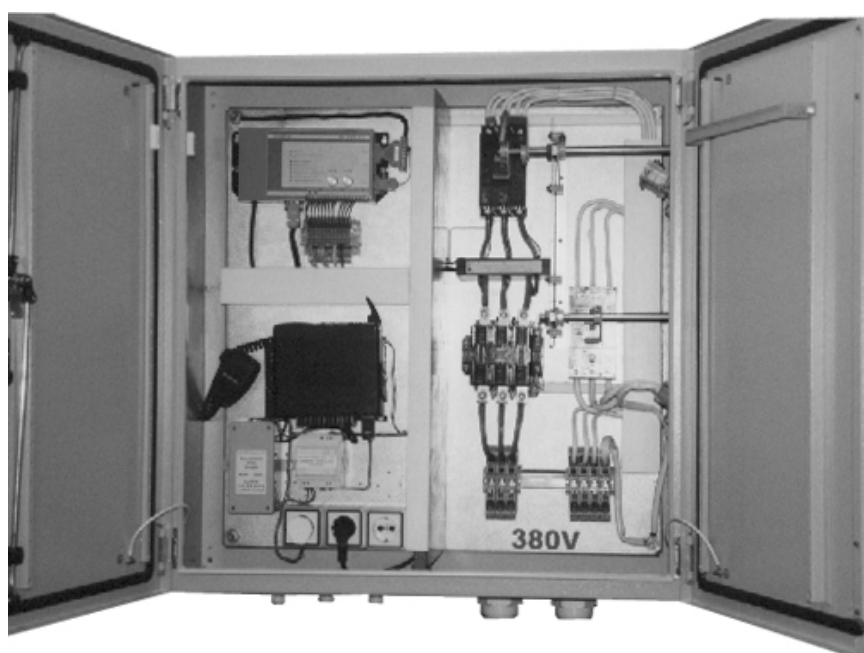


Рисунок 9. Станция управления АСУС-02 производства НПФ «Экос» (Уфа)

Отличительной особенностью станции управления АСУС-02 является то, что в ней реализовано ваттметрирование с отлаженным алгоритмом определения таких характеристик как: перегрузка по току, отклонение напряжения от нормы, перекос фаз, отклонение частоты питающего напряжения, коэффициента гармоник, коэффициента мощности, обрыв и проскальзывание ремней, биение в редукторе, разбаланс противовесов, и других. Станция укомплектовывается также элементами систем динамометрирования ДДС-04. Возможность станции управления АСУС-02 совмещать функции ваттметрирования и динамометрирования является важным достоинством, поскольку повышает достоверность диагностики режима работы установки и выявления неисправностей.

Кроме перечисленных выше, станция управления АСУС-02 обладает следующими возможностями:

- точная автоматизированная балансировка станка-качалки;
- подсчет потребленной электроэнергии;
- определение производительности скважинной установки по динамограмме;
- оценка динамики изменения дебита скважины;
- часовой (за последние 24 часа) и суточный (за последние 30 суток) архивы дебита;
- автоматическое управление откачкой в периодическом режиме;
- программируемая задержка автоматического включения при пропадании напряжения в сети;
- автоматическое выключение при аварийных ситуациях;
- построение динамограмм расчетным и экспериментальным способами;
- графики изменения во времени параметров (тренды);
- отчеты текущего состояния и последнего аварийного отключения;
- интеграция в SCADA-системы.

Дополнительно в станцию может быть установлен контроллер расширения с 16 цифровыми и 8 аналоговыми входами, что позволяет подключать к станции дополнительную измерительную, исследовательскую, контрольную аппаратуру скважины и других объектов и передавать всю эту информацию на диспетчерский

пункт. В станцию управления может устанавливаться программируемая панель отображения с графическим жидкокристаллическим индикатором (320x240 точек) и 18-ти кнопочной клавиатурой. Обмен данными и загрузка специализированного программного обеспечения происходит через порт RS-485 по протоколу MODBUS.

На рисунках 10 и 11 показаны соответственно ваттметрограмма сбалансированного станка-качалки и расчетная динамограмма. Данные получены на одной из скважин НГДУ «Арланнефть» в 2003 году. С помощью АСУС-02 разбаланс станков-качалок удалось снизить с 23-30% до 1%.

В таблице 2 делается сравнение характеристик отечественных контроллеров ШГН. По итогам сравнения можно сделать следующие выводы:

1. Большинство отечественных контроллеров работают с цифровыми датчиками динамометрирования ДДС-04 производства НПП «Грант».
2. Во многих системах предусмотрен контроль ваттметрограмм.
3. Практически все контроллеры не поддерживают управление частотным преобразователем.
4. В отечественных контроллерах отсутствуют встроенные средства ввода/вывода информации непосредственно на скважине – дисплеи и клавиатуры



Рисунок 10. Ваттметрограмма сбалансированного станка-качалки, полученная с помощью АСУС-02 НПФ «Экос» (Уфа)

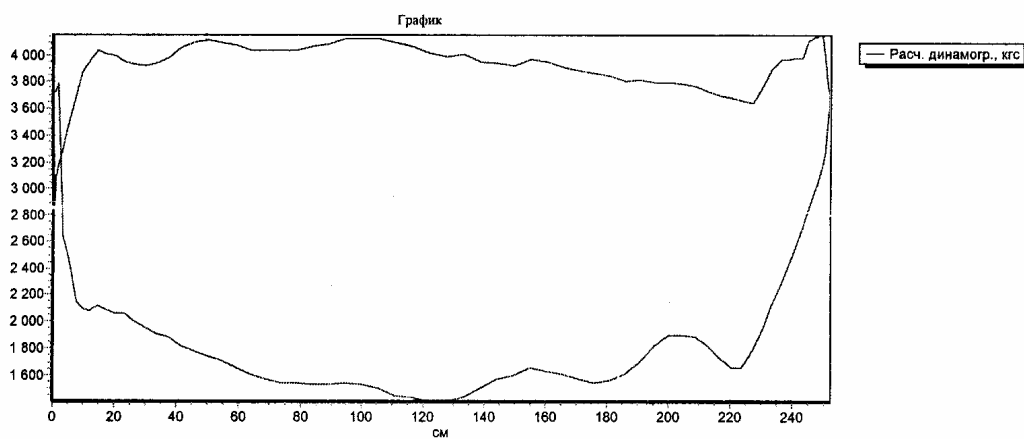


Рисунок 11 – Расчетная динамограмма, полученная с помощью АСУС-02 НПФ «Экос» (Уфа)

Таблица 2

Характеристики отечественных контроллеров ШГН

	«Телебит», Линт, Казань	«Орион», Аякс, Ульяновск	RTU-188, Шатл, Казань	«Мега», Интек, Уфа	Каминтел, Интеграл+, Казань	«Стандарт» Смарт+, Казань	«Сатурн», Авитрон, Уфа	«КТС-1», Интротест, Ек-бург	«ТК-166», Экос, Уфа
Тип датчиков усилия	ДДС-04*	ДДС-04	ДДС-04	ДДС-04 ДПН-Т20 ДПН-СТ10	ДДС-04	ДДС-04	Авитрон	СДА-10- ШГН	ДДС-04
Тип датчиков положения	ДП-04**	ДП-04	ДП-04	ДП-04 ДУН*** ЛА****	ДП-04 ЛА	ДП-04	Геркон	ЛА	ДП-04
Контроль ваттметрограмм	+	-	+	+	-	-	+	-	+
Управление преобразователем частоты	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Тип микропроцессора	MSP430F14 9 – 2 шт.	AduC812 AT89C51	Am188ES/ 40 МГц	-	-	-	-	Aduc812	Siemens C- 16X
Наличие дисплея и клавиатуры	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Интерфейсы RS-232 RS-485 Ethernet	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Протоколы	Modbus CCIT V.23	Modbus RTU	-	-	-	-	ModbusRT U	Modbus RTU	Modbus, Телескоп+
Разрядность АЦП	12	12	12	-	10	10	-	12	10
Диапазон рабочих температур, град. С	-40...+70	-40...+60	-40...+85	-40...+60	-50...+80	-40...+45	-40...+60	-40...+60	-40...+60
Тип радиомодема, частота	TNC-IC, 150..174 МГц	Невод – 5, 433 МГц, Махон	Интеграл- 160/2400, 136.. 174 МГц	146-174 МГц, 403- 470 МГц	Интеграл- 160/2400, 136.. 174 МГц	Смарт- 160/2400, 136 ... 174 МГц	432,00– 435,15 МГц	Невод – 5, 433,920 МГц	

ДДС-04* – Датчик усилия ДДС-04 производства НПП «Грант»

ДП-04** – Датчик положения ДП-04 производства НПП «Грант», используется датчик Холла, устанавливаемый на выходном валу редуктора, фиксирует нижнюю и верхнюю мертвые точки

ДУН*** - Датчик угла наклона балансира

ЛА**** - Линейный акселерометр

Заключение

Сравнивая зарубежные и отечественные системы автоматизации ШГН можно заключить:

1. Выполняемые функции анализа динамограмм зарубежных и отечественных систем аналогичны, отличаются лишь алгоритмы их реализации.

2. В импортных системах используются пассивные датчики усилия. Практически все отечественные контроллеры работают с современными датчиками, имеющими цифровой либо токовый выходной сигнал.

3. В большинстве отечественных систем помимо динамометрирования производится еще контроль электрических параметров – ваттметрирование, тогда как в зарубежных контроллерах (например, фирмы Lufkin) эта функция, как правило, отсутствует.

4. В зарубежных контроллерах в большинстве случаев есть средства ввода и отображения информации непосредственно на объекте – графические дисплеи с клавиатурой. В отечественных разработках для настройки предусматривается подключение ноутбука (в станции управления АСУС-02 возможна установка специальной панели отображения информации).

5. В зарубежных контроллерах предусмотрена функция управления частотным регулятором - есть соответствующий выходной сигнал и заложены необходимые алгоритмы управления. Из отечественных разработчиков только фирма «Шатл» имеет опыт управления частотнорегулируемым электроприводом цепной установки. Очевидно, это объясняется тем, что в настоящее время стоимость частотных регуляторов является слишком высокой для массового оснащения ими всего фонда скважин.

6. Стоимость импортных систем существенно выше, чем стоимость отечественных разработок. Кроме того, при использовании отечественных станций управления все проблемы с ремонтом и модернизацией оборудования будут решаться значительно быстрее.

Литература

1. Чаронов В.Я. Автоматизация работы основного оборудования и проблемы энергосбережения на объектах нефтегазодобычи.- Альметьевск: Изд-во АО «Татнефть», 1998.- 330 с.

2. Жук Е., Шимчак П. Система Lufkin Automation контролирует работу скважин в Беларуси // Нефть и газ Евразия.- 2006.- № 8. С.: 16-27.

3. Ковшов В.Д., Емец С.В., Хакимьянов М.И., Светлакова С.В. Датчики усилия для систем динамометрирования штанговых глубинных насосов добычи нефти // Электронный журнал "Нефтегазовое дело", Уфа, 2007.

http://www.ogbus.ru/authors/Kovshov/Kovshov_1.pdf . 16 с.

4. Система динамометрирования стационарная ДДС-04 (динамограф) // <http://www.grant-ufa.ru/dds-04.shtml> .