

УДК 622.233.05

## Станция управления УШГН WellSim

### WellSim Sucker-rod Pump Control Station



**А.В. Шибков**  
ashibkov@naftamatika.com



**И.А. Кучерявых**  
ivan@naftamatika.com



**А.Ю. Севастьянов**  
andrew@naftamatika.com

/ООО «Нафтаматика»,  
г. Москва,  
info@naftamatika.com

A.V. Shibkov, I.A. Kucheryavkh,  
A.Yu. Sevastianov /ООО «Naftamatika»,  
Moscow/

Рассказывается о передовом оборудовании, обеспечивающем автоматизацию работы УШГН. Представлена станция управления УШГН WellSim. В программном обеспечении контроллера WellSim реализованы самые современные алгоритмы анализа динамограмм и расчетов, что дает возможность обнаруживать критические неисправности глубинного насосного оборудования, а также обеспечивает качественный мониторинг таких параметров, как давление на приеме насоса, степень заполнения плунжера, газовый фактор, дебит скважины. Показана функциональность станции и представлены дополнительные элементы, позволяющие расширить функциональные возможности станции управления УШГН в целях оптимизации работы УШГН. Показана готовность интеграции станции управления УШГН в SCADA-системы.

The authors consider the issues of Hi-Tech equipment that provides for the automated operation of the sucker-rod pump and present the WellSim sucker-rod pump control station. The software of the WellSim control station possesses the most modern algorithms to analyze the dynamometer charts and calculations that enable to define the critical failures with the BG pumping equipment, as well as to ensure the high-quality parameters' control over pressure at pump inlet, level of plunger fill-in, GOR and well production rate. The authors illustrate the functionality of the station and present the additional elements permitting to expand the functional capabilities of such control stations for sucker-rod pumps so as to optimize the pump operation. The paper also illustrated the readiness of sucker-rod pump control station for its integration into SCADA systems.

**Ключевые слова:** установка штангового глубинного насоса (УШГН), станция управления УШГН WellSim, контроллер УШГН, программное обеспечение контроллера WellSim, управление нефтедобычей, телекоммуникация, радиомодем, автоматическое управление на скважинах, преобразователь для частотного управления двигателем, датчик нагрузки, кабель датчика нагрузки, SCADA-системы.

**Key words:** sucker-rod pumping unit (SRP), WellSim SRP control station, SRP controller, WellSim controller software, monitoring over oil production process, tele-communication, radio modem, automatic control at well pads, converter for frequency control over the motor, load sensor, load sensor cable, SCADA systems.

Изготовителем станции управления УШГН WellSim является словачская фирма s.r.o. Naftamatika. Представительство, продажу и техническую поддержку этой продукции в России осуществляет ООО «Нафтаматика». Участие российского представительства не ограничивается только решением коммерческих задач. С самого начала технические

специалисты компании настаивали на совершенствовании системы. Благодаря нашему участию было полностью переработано программное обеспечение, добавлены новые функции, увеличена точность расчетов, система адаптирована к российским требованиям по климатике.

Станция управления УШГН WellSim, которая сегодня пред-

лагается российским нефтедобывающим предприятиям, является современным передовым оборудованием, обеспечивающим автоматизацию работы УШГН на самом высоком уровне.

### Конструкция

Нами освоено в серийном производстве новый корпус. Толщина стенки теперь составляет 1,5 мм. Это было сделано по настойчивой рекомендации одного из наших потребителей. Также для защиты от несанкционированного доступа на дверцах шкафа установлены замки повышенной прочности. Корпус окрашен по современной порошковой технологии. Для предохранения от попадания внутрь пыли двери имеют резиновое уплотнение, а вентиляционные окна закрыты фильтрами.

Корпус имеет две секции. В нижней секции размещены силовые элементы, в том числе блок частотного регулирования скорости вращения приводного электродвигателя, цепи защиты и коммутации, панель ручного управления, датчики качества электропитания. В верхней секции располагается сердце системы – контроллер УШГН и система телекоммуникации.

Наша компания имеет возможность в короткие сроки адаптировать станции управления согласно требованиям заказчика.

### Функциональность

Станция управления УШГН WellSim имеет панель оператора, позволяющую управлять скважиной как вручную, так и в автоматическом режиме. Основным является автоматический режим работы. В основе алгоритмов автоматизации лежит анализ динамограммы, которую выполняет программное обеспечение контроллера WellSim. Первичная (поверхностная) динамограмма снима-



Станция управления УШГН WellSim

ется непосредственно с помощью датчиков, устанавливаемых на полированном штоке УШГН, затем путем математических преобразований производится расчет глубинной динамограммы, т.е. моделируется динамограмма на плунжере УШГН. Данная технология позволяет более точно определять параметры скважинной жидкости (нефти) и диагностировать состояние скважинного оборудования.

В программном обеспечении контроллера WellSim реализованы самые современные алгоритмы анализа динамограмм и расчетов, учитывающие такие параметры, как динамически определяемая утечка и инклинометрия скважины. Это не только дает возможность обнаруживать критические неисправности глубинного насосного оборудования, но и обеспечивает качественный мониторинг таких параметров, как давление на приеме насоса, степень заполнения плунжера, газовый фактор, дебит скважины. Разумеется, контроллер диагностирует высокую или низкую посадку плунжера, заедание, запарафинивание насосной колонны, утечку клапанов, обрыв штанг, поломку

редуктора, проскальзывание приводных ремней.

Контроллер станции управления имеет необходимые и резервные аналоговые входы для работы с дополнительными датчиками, такими как датчик давления на устье скважины, датчик частоты вращения электродвигателя, датчик кривошипа, датчики качества электропитания и другие.

Основными автоматическими режимами работы станции являются режимы управления скважиной с помощью поддержания заданной степени заполнения насоса и оптимального давления на приеме насоса. При выходе целевого параметра за пределы установленных границ контроллер осуществляет изменение режима откачки: при наличии частотного регулирования изменяет частоту вращения электродвигателя, а при отсутствии частотного преобразователя привод отключается и скважина переводится в режим накопления.

В число приоритетных опций любой станции управления входит обязательное наличие модуля телекоммуникации (радиомодема). Именно телекоммуникация обеспечивает современный уровень управления нефтедобычей. Мониторинг, управление, статистика и диагностика становятся мгновенными. Улучшается качество планирования и управления месторождением, становится возможным создание интеллектуального регулирования в системе «добыча – ППД».

Станция управления УШГН WellSim может быть оснащена различного вида модулями телекоммуникации, такими как FM-радиомодемы, оборудование широкополосного беспроводного доступа, GPRS/3G/LTE-модемы, системы спутниковой связи. В большинстве случаев оптимальным выбором является

разработанный компанией Naftamatika современный радиомодем с повышенной скоростью обмена данными, не требующий прямой видимости между объектом и базовой станцией. Радиомодем построен на современных компонентах и обеспечивает высокую помехозащищенность, работает на дистанциях до 30 км и со скоростями передачи данных до 132 кбит/с, поддерживает функцию ретрансляции. По радиоканалу станция может передавать по запросу в диспетчерский пункт параметры своей работы и динамограмму. Станция поддерживает также прием команд на изменение режимов работы, что обеспечивает гибкое дистанционное управление. Обмен данными осуществляется в стандарте extended ModBUS.

Программное обеспечение постоянно модернизируется. Учитываются требования и пожелания заказчиков. В последней редакции усовершенствованы алгоритмы частотного управления электродвигателем, учета дебита и давления на приеме насоса, введен алгоритм автоматического определения оптимального времени накопления. Добавлены функции автоматического расчета удельного расхода электроэнергии косвенным методом по динамограмме, определения фактической плотности газожидкостной смеси в НКТ по динамограмме исходя из результатов измерения дебита и давления на устье скважины. Существенно переработан сервисный интерфейс, который используется при пусконаладочных работах. Новый интерфейс организован в формате HTML, что обеспечивает его отображение стандартным WEB-браузером на любом устройстве (ноутбуке, планшете или смартфоне). Кроме проводного подключения возможно подключение через Wi-Fi-соединение.

Важно еще раз отметить, что станция управления позволяет рассчитывать дебит по динамограмме. Достигнутая при этом точность не уступает стационарным измерительным системам, использующим прямые методы измерения. Данные дебита доступны для считывания SCADA-системой по каналам телекоммуникации. Благодаря данной функции стало возможным иметь полноценный учет дебита персонально по каждой скважине без дополнительного оснащения скважины расходомерами с необходимостью их дальнейшего обслуживания.

В последнее время потребители стали чаще применять станции, оборудованные преобразователем для частотного управления двигателем. Это решение дороже, но обеспечивает больше возможностей для оптимизации работы УШГН. Главным образом, оно позволяет реализовать автоматическое управление на скважинах, где неприемлемы остановки электродвигателя. Применение частотного регулирования позволяет устранить необходимость периодической замены шкивов для изменения скорости откачки. Это сокращает издержки на проведение подобных мероприятий, устраняет сопутствующие простои скважины, а контроллер станции управления постоянно поддерживает наибольшую возможную скорость откачки. Таким образом, достигается максимальный дебит при вариациях притока и компенсируется естественное падение скорости откачки, связанное с постепенным износом плунжерной пары.

Частотное регулирование также обеспечивает дополнительную защиту двигателя от работы в неоптимальных режимах, в том числе компенсирует недостаток электропитания двигателя при существенных про-

сках напряжения в сети. Для скважин периодического фонда электропривод с частотным управлением позволяет реализовать плавный старт или перейти на непрерывный режим откачки. Истины ради стоит отметить, что на низкодебитных скважинах применение дорогостоящего преобразователя частоты является экономически нецелесообразным.

### Датчик нагрузки

Для оснащения системы был разработан датчик нагрузки и освоено его производство. Особое внимание было уделено работе датчика в широком диапазоне температур. Датчик прошел испытания в диапазоне температур от -50 до +85 °С. Его корпус изготавливается полностью из нержавеющей стали, внутренний объем герметичен и заполнен силиконовым гелем. Метрологические испытания подтвердили высокие точностные характеристики датчика. Его нелинейность, гистерезис и температурные погрешности не превышают 1,5 % в течение всего срока службы. Заявленный гарантированный срок службы датчика сегодня составляет 5 лет. Испытания продолжаются, в том числе проводятся дополнительные испытания, которые должны подтвердить возможность увеличения гарантированного срока службы до 8 лет.

Для обеспечения постоянной точности измерения нагрузки вне зависимости от особенностей скважины для применения вместе с датчиком нагрузки были разработаны специальные сферические кольца, которые позволяют исключить влияние отклонений траверса от горизонтального положения.

В настоящее время ведется разработка датчика с цифровым выходом. Данная работа призва-

на устранить влияние на метрологические параметры свойств кабеля и входных узлов контроллера.

### Кабель датчика нагрузки

В комплект оборудования при поставке входит также специальный кабель, который необходим для подключения датчика нагрузки. Поскольку датчик нагрузки расположен на траверсе подвижного полированного штока УШГН, существенной проблемой для кабеля является многократное воздействие циклов растяжения и сжатия. Кабель был специально разработан для работы в этом режиме. Часть кабеля, которая находится в постоянном движении, имеет спиральную завивку, что обеспечивает его долговечность при непрерывной работе. Оболочка кабеля выполнена из специального материала, который не теряет своей эластично-

сти при температуре до минус 40 °С.

### Интеграция в SCADA-системы

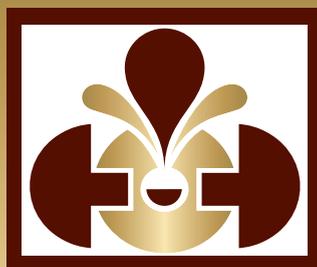
Станция управления УШГН WellSim полностью подготовлена к интеграции в SCADA-системы. Способ информационного взаимодействия традиционный – посредством протокола ModBUS по радиоканалу. В случае особых пожеланий заказчика мы производим доработку программного обеспечения для лучшего взаимодействия со SCADA-системой заказчика.

В настоящее время мы завершаем разработку своей SCADA-системы, которая получила название NaftaSCADA. NaftaSCADA не только обеспечивает диспетчерское управление нефтедобычей, но и имеет в своем составе дополнительные программные модули, которые предназначены для технологов и

позволяют углубленно анализировать получаемые от контроллеров динамограммы, диагностировать приток скважины и состояние глубинного насосного оборудования.

Для расширения функциональных возможностей программного комплекса NaftaSCADA разрабатываются алгоритмы построения «интеллектуального месторождения». Данные алгоритмы предназначены для реализации автоматического управления системой ППД с учетом добычи.

Разработан и готовится к выпуску программно-аппаратный комплекс «Симулятор скважины». Данный продукт создается для проверки работы скважинных контроллеров, а также позволит проводить обучение персонала приемам эффективного обслуживания скважин, оборудованных скважинными контроллерами.



ОАО «СУРГУТНЕФТЕГАЗ»  
окружной выставочный центр  
\* ЮГОРСКИЕ КОНТРАКТЫ \*

ХІХ МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

# СУРГУТ.НЕФТЬГАЗ

## 24-26 сентября 2014г.

24 сентября 2014г. - IV-я практическая конференция  
«Промышленная безопасность: утилизация попутного нефтяного газа, нефтяного и бурового шлама, ликвидация нефтяных загрязнений»

(3462) 52-00-40, 32-34-53, 32-04-32,  
e-mail: expo@wsmail.ru, www.yugcont.ru

УДК 622.233.05:004.383.8

## Проверка работоспособности интеллектуальных режимов работы УЭЦН АКМ

Functional Check of Automated Complete-Set Small-Sized ESP Smart Operation



**В.А. Третьяков**

trtvadim@gmail.com

/ОАО «Электромашиностроительный завод ЛЕПСЕ», г. Киров/

V.A. Tretiakov /OAO «LEPSE Electric Machine Factory», Kirov/

Представлена разработка, позволяющая осуществить проверку на работоспособность интеллектуальных режимов станций управления УЭЦН АКМ, – стенд комплексных испытаний (СКИ). Показаны устройство и работа стенда, на основе которого проводятся приемо-сдаточные испытания погружной части УЭЦН АКМ и проверка на работоспособность интеллектуальных режимов станций управления, включая оценку энергоэффективности систем управления.

The paper presents the design that enable to perform the functional check of smart operation for the automated complete-set small-sized ESP unit – comprehensive bench test. It also contains the structure and the operation of this bench test where they perform the acceptance-delivery checks for the submersible part of ESP and the functional checks of ESP smart control station operation including the evaluation of its energy efficiency control system.

**Ключевые слова:** установка электроцентробежного насоса автоматическая комплектная малогабаритная (УЭЦН АКМ), станция управления (СУ) УЭЦН АКМ, испытания интеллектуальных режимов работы станции управления УЭЦН АКМ, автоматический вывод скважины на равновесный режим, автоадаптация по току, автоадаптация по давлению.

**Key words:** automated complete-set small-sized electric submersible pumping unit (УЭЦН АКМ), control station (CS) for УЭЦН АКМ, check of smart operation modes for CS of УЭЦН АКМ, automatic well commissioning for equilibrium mode, self-adapting by current, self-adapting by pressure.

Интеллектуальные алгоритмы управления установками серии УЭЦН АКМ являются важнейшей составляющей в обеспечении качества и надежности их функционирования. К основным задачам, стоящим перед «интеллектом», можно отнести получение, обработку, анализ и хранение достоверной оперативной информации о скважине с последующим принятием решения об изменении режимов работы

системы «скважины – УЭЦН» исходя из заданных критериев (максимальный дебит, максимальный КПД и др.).

На сегодняшний день почти все нефтяные компании требуют от разработчиков нефтедобывающего оборудования наличия систем обратной связи (блоков ТМС, оптоволоконных систем, систем байпаса и др.), которые, в свою очередь, являются основой для реализации систем интеллек-