



Автоматизация нефтепромысла: от простого к сложному

Василий Дудников, Роман Вахрамеев, Дамир Набиев, Олег Петряев

В статье рассказывается о современной системе управления нефтепромыслом, описываются её архитектура и возможности. На примере решения задачи максимально полной автоматизации скважины показаны реализуемые системой функции, состав базового оборудования, организация каналов связи. Затрагивается вопрос использования GPRS-связи для контроля удалённых объектов.

ВВЕДЕНИЕ

Распределённые системы управления (системы телемеханики) уже довольно давно и прочно вошли в повседневную жизнь нефтедобывающих предприятий. Однако мир развивается, и жизнь ежегодно преподносит нам всё новые и новые технологии, применение которых открывает новые возможности в построении подобных систем. Уже недостаточно просто опросить объект и показать его состояние диспетчеру, хочется видеть состояние промысла и иметь возможность им управлять с любого компьютера сети, из своего кабинета и даже находясь в отпуске, из Интернет-кафе или со своего ноутбука. Кроме того, хочется, чтобы система не была закрытой, а позволяла каждому её пользователю на своём рабочем месте самому определить, как и что будет вычисляться и отображаться в виде отчётов.

За длительную историю нашей фирмы нами была внедрена не одна система управления. И вот, опираясь на опыт прошлых систем и современные технологии, мы создали систему автоматизации промысла, которая комплексно решает вопросы автоматизации от скважины и до рабочих мест управляющего персонала предприятия. В отличие от предыдущей версии системы [1] новая система основана на самых передовых технологиях, лучше решает вопросы межсетевое взаимодействия, обеспечивает гарантированную доставку данных через сети, обладает более развитыми Web-интерфейсами, спо-

собна работать с объектами через сети GPRS.

Получилась открытая система, в которой благодаря стандартным и хорошо документированным интерфейсам могут «уживаться» не только контроллеры разных производителей, но и программное обеспечение верхнего уровня от разных производителей. Главная особенность новой системы заключается в том, что наряду с традиционными средствами связи по проводам и радиоканалу она способна использовать самые передовые технологии связи с объектом, базирующиеся на применении Интернет-протокола GPRS для сотовых сетей. На фоне бурно развивающейся отрасли сотовой связи это открывает поистине огромные возможности. В результате система не ограничивается только доставкой данных до компьютера диспетчера и рабочих мест управляющего персонала — она позволяет вынести информацию в безграничные просторы Интернет, естественно, заботясь при этом о безопасности и конфиденциальности предоставляемой информации.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ

Система «Мега» и АСУП

Ни одно достаточно крупное современное предприятие уже не может обходиться без систем автоматизации и систем документооборота. Однако для работы информационных систем уровня АСУП (автоматизированная система управления предприятием) необхо-

димо постоянно или периодически передавать им данные о работе производства (добыче, закачке, энергопотреблении и т.д.). Зачастую эти данные вносятся вручную или загружаются в базы данных предприятия 1-4 раза в сутки (начало суток, конец смены и т.п.). Созданная нами система «Мега» позволяет в реальном времени пополнять информационные системы предприятия текущими данными, обеспечивая специалистов предприятия оперативной информацией о состоянии производства.

Кратко рассмотрим многоуровневую структуру, присущую любому нефтедобывающему предприятию. «Корнями» нефтедобывающего предприятия, безусловно, являются технологические объекты и их локальная автоматика. Следующий уровень — это уровень промысла, на котором осуществляются контроль и управление объектами и технологическими процессами (уровень АСУ ТП). Далее идут системы уровня АСУП. Как видно из рис. 1, наша система работает на четырёх нижних уровнях автоматизации производства. Для систем уровня АСУП «Мега» является поставщиком данных реального времени о фактической работе промысла (размеры добычи, объём закачанной жидкости и т.п.).

Система предусматривает возможность как горизонтальной интеграции с АСУ ТП, так и вертикальной интеграции с АСУП.

Горизонтальная интеграция предполагает объединение между собой по-

средством стандартных интерфейсов систем автоматизации технологических и производственных процессов, а также систем цехового уровня в единую информационную сеть. Это обеспечивает необходимый обмен данными в реальном масштабе времени между всеми подразделениями основного и вспомогательного производства. Используемые для такого обмена технологии позволяют избежать проблем междоменного доступа.

Вертикальная интеграция организует потоки данных реального времени от нижнего уровня (датчиков и контроллеров технологического оборудования) во внутренние и внешние компьютерные сети предприятия и через них (посредством серверов обработки и фильтрации данных) в административные системы управления. Данная задача решается путём объединения промышленных и административных сетей. Основная цель вертикальной интеграции – устранение препятствий на пути информационных потоков между уровнями АСУП и АСУ ТП для достижения оперативности обмена данными.

Далее вкратце рассматривается работа системы «Мега» на каждом уровне автоматизации, начиная с самого нижнего.

Автоматизация объекта

В непосредственной близости от технологического объекта устанавливается станция управления, включающая в себя шкаф, контроллер, пускатели и т.п. Шкаф станции управления обеспечивает антивандальную защиту оборудования автоматики скважины, а также содержит внешний разъём тангенты голосовой оперативной связи с диспетчером. Контроллер обеспечивает необходимое управление объектом и защиту технологического и электрооборудования от аварийных режимов работы независимо от наличия в данный момент связи с диспетчерским пунктом промысла. Помимо этого, контроллер берёт на себя охранные функции по защите от несанкционированного доступа непосредственно в станцию управления, а также в прилегающие помещения. Датчики снабжают контроллер информацией о текущем состоянии объекта (давление, температура, сигналы тока и напряжения, сигналы нагрузки и положения).

К настоящему моменту мы производим и поставляем оборудование для ав-



Рис. 1. Место системы «Мега» в структуре системы автоматизации предприятия

томатизации станков-качалок, групповых замерных установок (ГЗУ) «Спутник» и «Дельта», насосов, кустовых насосных станций (КНС), дожимных насосных станций (ДНС), электрифицированных задвижек, а также универсальные контролируемые пункты.

Автоматизация промысла

Рассмотрим, из каких основных программных компонентов состоит часть системы «Мега», автоматизирующая работу промысла, и как они распределены между центральным информационным узлом промысла, автоматизированными рабочими местами (АРМ) специалистов и диспетчера.

Прежде всего отметим, что для построения систем верхнего уровня используется наш универсальный компонент-«трансформер», который в зависимости от заданных настроек может выполнять роль центрального информационного узла промысла, информационного узла диспетчерской поддержки пластового давления (ППД), рабочего места начальника ППД, технолога, геолога. Имеющиеся в системе средства администрирования и настройки этого компонента-«трансформера» позволяют удалённо сформировать структуру информационных узлов и рабочих мест специалистов в рамках сети промысла. В зависимости от возложенных на узел функций он может в качестве базы данных для хранения архивов и настроек использовать как базу на основе SQL-сервера (например, информационный узел промысла), так и Access-базу (рабочее место специалиста).

Центральный информационный узел промысла (центральный, потому что узлов может быть несколько) берёт на себя целый ряд необходимых для автоматизации промысла функций:

- опрос всех контролируемых объектов;
- ведение архивов технологических параметров работы объектов;
- формирование новых данных на основе первичной информации, полученной от станций управления (например, определение дебита по динамограмме, суточных показателей работы объекта, совокупного добытого продукта);
- выявление аварийных и предаварийных ситуаций на промысле;
- генерация аварийных и текущих сообщений диспетчеру;
- автоматическое управление объектами промысла и промыслом в целом и т.п.

Подчеркнём, что информационный узел промысла предоставляет пользователям информацию по технологическим объектам и их свойствам, а не по контроллерам, которые стоят на этом объекте, как зачастую происходило в прежних системах управления.

Система обеспечивает гарантированный опрос контроллеров «Мега» и контроллеров других производителей по протоколу RTM. Гибкая модель опроса позволяет добиться своевременного и прогнозируемого получения данных с контроллеров. При этом контроллеры – это не единственный источник данных, с которым работает информационный узел промысла. Как видно из рис. 2, узел способен полу-



Рис. 2. Схема развёртывания системы «Мега» на промыслах

чать информацию из баз данных предприятия, а также с любых ОПС-серверов в сети предприятия. Для промысла это означает, что система может учитывать в своей работе не только данные, поступающие непосредственно с контроллера, но и данные, введенные технологом или начальником в какую-нибудь промысловую базу данных, а также данные, формируемые системами сторонних производителей. Например, в зависимости от уровней жидкости в ёмкостях ДНС, значения которых поступают из системы автоматики ДНС, сервер может автоматически отключить ряд скважин, перечень которых был задан технологом в его базе данных, чтобы предотвратить переполнение ёмкостей на ДНС.

Информационный узел промысла также оснащён возможностями динамического представления данных в виде HTML-страниц и является полноценным Web-сервером с системой авторизации. Наличие у него Web-интерфейса позволяет любому специалисту или начальнику промысла, обладающему соответствующими правами доступа, просмотреть через Интернет текущее состояние промысла в целом или отдельного объекта.

Встроенные вычислительные возможности узла позволяют формировать новые расчётные данные и реализовать сложные алгоритмы управления промыслом. Расчёт данных производится на основе как стандартных, так и узко специализированных функций. Благодаря использованию стандартных и открытых для изменения средств программирования функций сервера можно самостоятельно добавлять новые специализированные функции и алгоритмы.

АРМы специалистов — ещё один важный элемент системы «Мега». Как уже было сказано, они строятся на базе того же компонента-«трансформера», что и центральный информационный узел промысла, и поэтому имеют возможность не только отображать данные, но и обрабатывать их в реальном времени с предоставлением результатов другим заинтересованным пользователям. Система обладает достаточной гибкостью, что позволяет формировать практически любые необходимые АРМы специалистов по желанию заказчика (АРМ начальника промысла, АРМ ППД, АРМ энергетика и т.п.).

АРМ диспетчера позволяет диспетчеру промысла контролировать состояние всех объектов промысла, управлять

ими, выводить отчёты о работе промысла, своевременно реагировать на аварийные сообщения.

АРМы и информационные узлы промысла имеют встроенную систему авторизации, позволяющую разделить доступ к данным и возможностям настройки. На всех этапах передачи информации данные гарантированно доставляются потребителям. Даже если случаются временные перебои в работе сети, все данные будут доставлены потребителям, как только они подключатся к сети. *Ничего не теряется.*

Автоматизация НГДУ и объединения

Благодаря универсальности нашего компонента-«трансформера», на уровне нефтегазодобывающего управления (НГДУ) и объединения система может быть представлена в виде информационных узлов соответствующего уровня (рис. 3). Информационные узлы этих уровней собирают данные с информационных узлов промыслов, формируют собственные базы данных, ведут свои архивы. Причём в системе учтены возможные проблемы при связи по сети между промысловыми узлами и узлами НГДУ. Например, если информационный узел НГДУ должен получать все дебиты по всем ГЗУ всех промы-

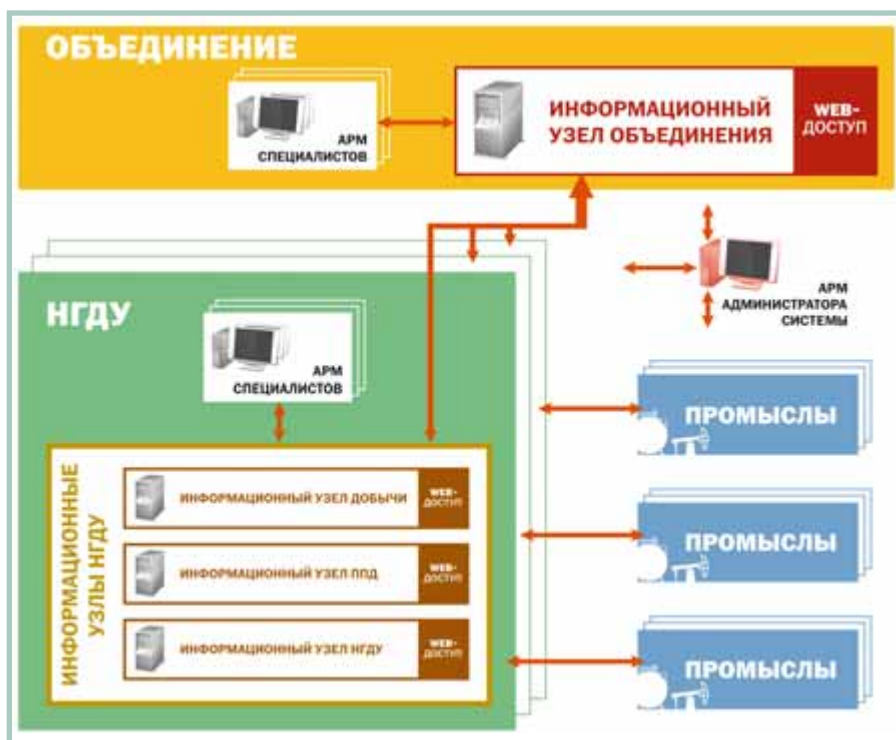


Рис. 3. Схема развёртывания системы «Мега» в рамках объединения



Рис. 4. Совмещённая станция управления скважиной

слов, то он их получит независимо от качества связи с конкретным промыслом и временных сетевых проблем. То есть обеспечивается *гарантированная доставка данных*, в которых заинтересованы пользователи.

В каждом НГДУ и объединении возможна установка множества АРМов специалистов, которые позволят постоянно иметь самую последнюю информацию о протекающих производственных процессах.

Поскольку каждый информационный узел поддерживает Web-доступ, специалисты предприятия могут получать нужные им данные не только через свой АРМ, но и через стандартный Web-браузер. Например, находясь в отпуске, Вы, войдя в Интернет с помощью ноутбука, всегда сможете получить доступ к необходимой Вам информации.

Единый АРМ администратора системы позволяет удалённо контролировать работу всех компонентов системы,

настраивать их взаимодействие, добавлять и удалять пользователей, распределять права доступа. С его помощью можно строить внутри сети объединения сложные иерархические системы обработки данных и управления.

ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИЗАЦИИ СКВАЖИНЫ

Объектовая автоматика скважины

Шкаф станции управления скважиной (рис. 4) состоит из двух секций: секции автоматики и секции электрики. Это позволяет электротехнической службе и службе автоматизации обслуживать только свою часть, не затрагивая при этом интересы другой службы.

Станция управления обеспечивает контроллер питанием даже при отсутствии напряжения на фидере, что позволяет сообщить о пропаже питания диспетчеру и сохранить функции защиты от несанкционированного доступа.

Секция автоматики станции управления состоит из одного или нескольких контроллеров «Мега», блока питания с большим диапазоном входных напряжений (90...285 В, 50 Гц) и функцией зарядки аккумулятора, блока питания с барьером искробезопасности серии μZ фирмы Pepperl+Fuchs Elcon для датчиков с исполнением Ex, находящихся во взрывоопасной зоне, радиостанции УКВ или/и модема сотовой связи GPRS фирмы Siemens или WaveCom. Все комплектующие монтируются в шкаф антивандального исполнения со специальным замком и датчиком открытия двери.

Контроллер «Мега» предоставляет пользователям системы данные о работе насосного и электрооборудования, обеспечивает технологическую и электрическую защиту, выполняет охраняемые функции.

Станция управления скважиной обеспечивает:

- автоматический съём динамограмм с балансирных (рис. 5) и траверсных (рис. 6) динамографов и автоматическую передачу динамограмм в диспетчерский пункт (ДП) с целью своевременного обнаружения неисправности насосного оборудования;
- автоматический съём ваттметрограмм, замер потребляемой мощности и передачу их в ДП (здесь следует отметить, что учёт электроэнергии не коммерческий, а технологический, с некоторой погрешностью, и



Рис. 5. Стационарный балансирный датчик динамометрирования



Рис. 6. Стационарный траверсный датчик динамометрирования

что анализ ваттметрограмм позволяет определить скважины, на которых установлены электродвигатели излишней мощности);

- технологическую защиту при аварийном значении параметров (давление, загазованность);
- электрозащиту в случаях перегрузки, недогрузки, работы на двух фазах, коротких замыканий, недопустимых отклонений напряжения в питающей сети и др. (такая защита оберегает электрооборудование от преждевременного выхода из строя);
- периодическую откачку, что обеспечивает более близкую к оптимальной добычу нефти и экономный расход электроэнергии;
- останов оборудования с целью предотвращения «сухой» работы скважины при обнаружении срыва подачи газожидкостной смеси нефтеносного пласта;
- самозапуск оборудования скважины при подаче электроэнергии после её отключения;
- радиосвязь с диспетчером (разъём для тангенты позволяет операторам иметь голосовую связь с диспетчером);

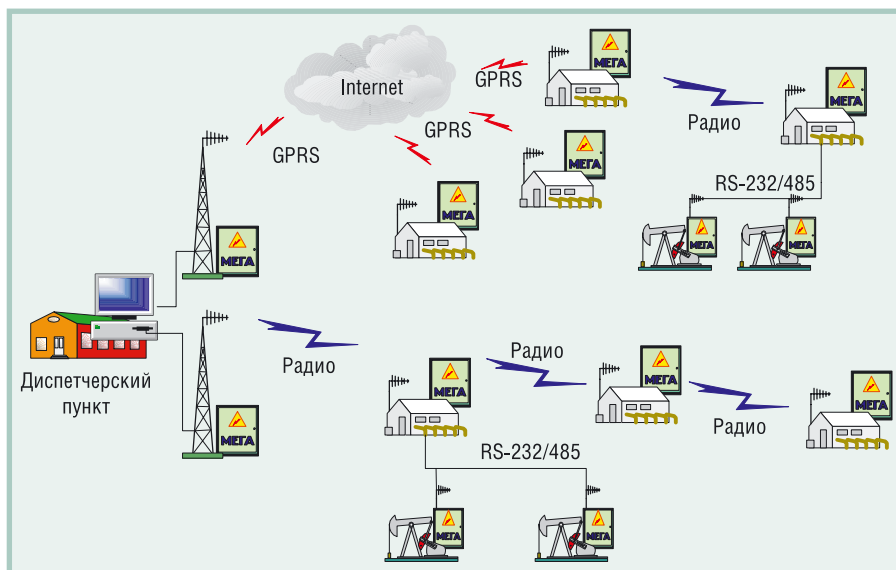


Рис. 7. Каналы, используемые для связи с объектами

- дистанционное управление с ДП;
- измерение входных и выходных параметров оборудования;
- сохранение охранных функций даже при отсутствии напряжения питания благодаря встроенному источнику аварийного питания;
- подключение к контроллеру практически любой радиостанции УКВ-диапазона с необходимой мощностью

передачи благодаря встроенному радиомодему (это позволяет гибко подбирать оборудование);

- одновременное использование различных каналов связи: УКВ-радиосвязь мощностью от 5 до 25 Вт, радиосвязь в общедоступном диапазоне 433 МГц малой мощности (разрешение на применение не требуется), связь по сотовому каналу GPRS/GSM, проводная связь RS-485 (возможна ретрансляция данных из одного канала в любой другой);
- возможность подключать датчики, находящиеся во взрывоопасной зоне.

Вопросы связи. GPRS-связь

Связь со скважиной может осуществляться целым рядом способов. Созданный нашей фирмой протокол передачи данных PTM-64/var позволяет обмениваться данными с объектовым контроллером по RS-232/485, радиоканалу, а также с использованием канала сотовой связи GPRS.

Протокол довольно прост в реализации и не является закрытым, что позволяет производителям различных контроллеров включать свои устройства в промышленную систему верхнего уровня. В частности, в уже существующих наших проектах целый ряд организаций внедрил данный протокол в свои контроллеры, что позволило диспетчеру промысла получать информацию и с их контроллеров.

Если с объектом невозможно связаться напрямую, то благодаря предусмотренной в протоколе многоуровневой ретрансляции можно добиться связи с ним через несколько промежуточ-



Рис. 8. Шкаф с индустриальным компьютером IPC-610, источником бесперебойного питания и выдвижной клавиатурой в помещении диспетчерского пункта

ных объектов (рис. 7). Можно сказать, что предлагаемые нами решения способны обеспечить связь с самыми удалёнными объектами промысла и не только нашего производства.

Если на объекте или вблизи него установлен другой контроллер или датчик, общение с которым можно осуществлять по протоколу ModBus, то, соединив это устройство с объектовым контроллером по интерфейсу RS-485, мы сможем получать и передавать информацию с этого контроллера/датчика в диспетчерский пункт, используя уже существующие каналы связи с объектом.

Отдельно хочется отметить относительно новый вид связи — GPRS. Использование сотовой связи этого стандарта позволяет объекту моментально сообщить в диспетчерский пункт об изменении своего состояния. Поскольку в традиционных распределённых системах управления опрос ведётся последовательно, контроллер за контроллером, то с увеличением количества контролируемых объектов минимальное время, через которое диспетчер узнает об изменениях в работе объекта, пропорционально увеличивается, зачастую достигая неприемлемых значений. В случае связи по GPRS, независимо от количества контролируемых объектов, каждый контроллер объекта может выйти на связь с диспетчерским пунктом практически мгновенно.

Кроме того, при использовании сотовых модемов, поддерживающих GPRS, помимо функции контроля объекта, появляется дополнительная возможность голосовой связи оператора

ра с диспетчером. Для этого операторы, занимающиеся обходом объектов, снабжаются специальными трубками, а станции управления объектами — специальными разъёмами. Как только оператор подсоединит трубку к разъёму, контроллер моментально наберёт номер сотового телефона диспетчера. Тем самым параллельно с задачей контроля объекта решается задача голосовой связи.

Стоимость использования GPRS-связи на фоне постоянного удешевления услуг сотовой связи выглядит весьма привлекательно. Так, например, стоимость одного мегабайта переданных данных составляет около шести рублей, а это примерно пять тысяч сеансов связи объекта с диспетчерским пунктом.

Диспетчерский пункт промысла

Сервер опроса промысловых объектов периодически опрашивает объекты, считывает параметры их текущего состояния, обращается к архиву параметров. Параллельно выполняются архивирование технологических параметров работы объекта, определение аварийных ситуаций на объекте и вычисления. На основе полученных данных информационный узел промысла рассчитывает такие качественно новые

данные по скважине, как дебит, определяемый по динамограмме, потеря хода, вызванная влиянием газового фактора, удельное энергопотребление на тонну продукции; кроме того, выявляются возможные неисправности насосного оборудования на основе анализа динамограммы, производится технологический учёт потребляемой электроэнергии по полученным данным ваттметрирования и учёт времени работы скважины.

Информационный узел промысла со своей базой данных является источником информации для АРМа диспетчера, АРМов специалистов, а также для пользователей, работающих с системой через интранет/Интернет.

Информационный узел промысла построен на базе индустриального компьютера фирмы Advantech. На шасси IPC-610 установлены процессорная плата PCA-6186VE с процессором Pentium 4 и ОЗУ, дополнительные сетевые платы Ethernet (2 шт.), RAID-контроллер RHC-IDE-2R с двумя жёсткими дисками. Индустриальный компьютер вместе с источником бесперебойного питания фирмы APC и выдвижной клавиатурой KBD-6312 смонтированы в шкафу minirack фирмы Schroff (рис. 8). В этот шкаф можно установить до трёх компьютеров. Источник бесперебойного питания в случае кратковременных отключений электроэнергии обеспечивает опрос состояния промысла, а в случае длительных отключений — безаварийную остановку узла. Для дополнительного охлаждения в этом же шкафу может монтироваться панель вентиляторов.

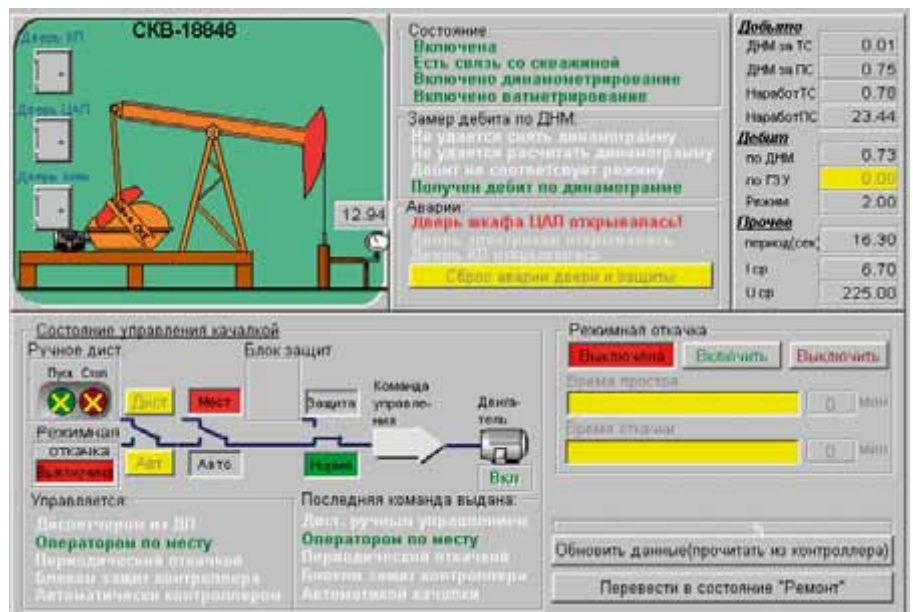


Рис. 9. Мнемосхема скважины, представленная на АРМ диспетчера

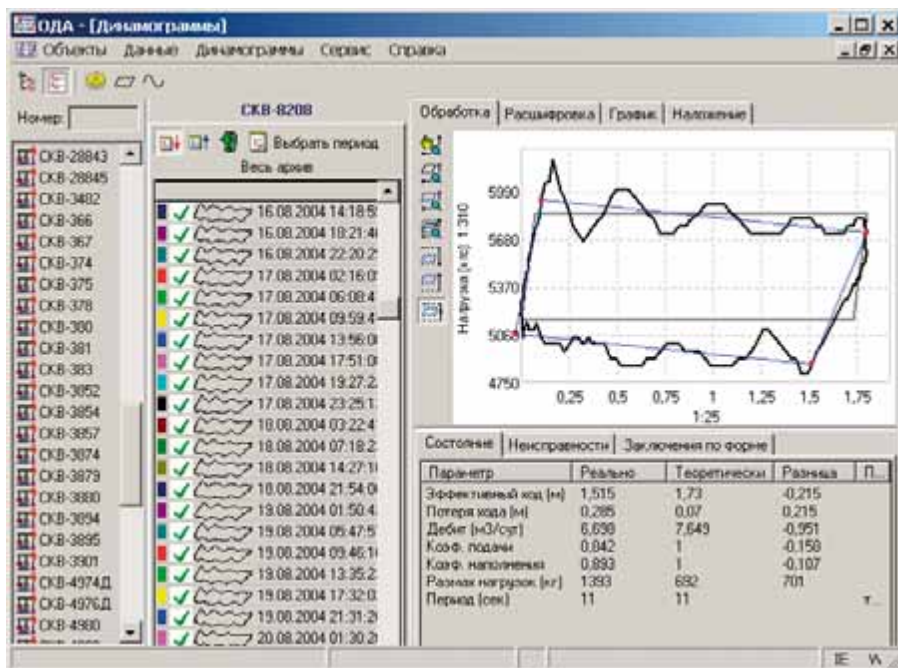


Рис. 10. Программа анализа динамограмм

Диспетчер промысла, пользуясь средствами своего АРМа, может контролировать состояние и происходящие изменения на всех подключённых к системе объектах, а также управлять ими. В распоряжении диспетчера есть общая карта промысла, объектовые кадры для детального просмотра состояния объекта и управления им, специализированные отчёты о работе объектов промысла, а также для него выводятся сообщения о происходящих с объектами изменениях и тревожные сообщения, сопровождаемые звуковым сигналом. На рис. 9 приведена мнемосхема скважины.

АРМ специалистов

Для специалистов промысла на базе их рабочих компьютеров организованы соответствующие АРМы. Наиболее распространёнными в системе являются АРМ технолога и АРМ электрика.

АРМ технолога позволяет изменять технологические режимы работы объектов промысла, предоставляет отчёты о работе каждого объекта и промысла в целом, а также содержит программу анализа динамограмм по скважинам промысла. Программа анализа динамограмм (рис. 10) помогает технологу своевременно обнаружить важные изменения в работе скважины. По каждой скважине ведётся архив динамограмм за несколько месяцев.

АРМ электрика предоставляет информацию о текущей работе электродвигателя станка-качалки, а также

формирует ретроспективные отчёты о работе электрооборудования скважины в виде графиков тока, напряжения, потребляемой мощности, ваттметрограмм (рис. 11). Кроме того, пользователю АРМа энергетика предоставляется возможность настроить электрозащитные функции контроллера скважины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная система не принадлежит к числу тех закрытых систем, которые, единожды настроенные специалистами фирмы, не могут развиваться и дополняться новыми объектами и данными. Напротив, её гибкость способ-

ствует тому, что система может составить серьёзную конкуренцию многим популярным и широко распространённым системам контроля, управления и диспетчеризации, а если учесть её возможность «на лету» менять конфигурацию, то и превзойти их. Открытость и гибкость представленной системы позволяют постоянно увеличивать её информационную мощь, причём своими силами, то есть силами специалистов заказчика.

К настоящему времени система «Мега» внедрена на многих промыслах ОАО «Татнефть» и ООО «АНК Башнефть». В ОАО «Татнефть» система работает с 2002 года, она постоянно совершенствуется и представлена разными версиями исполнения. В ООО «АНК Башнефть» массовое применение системы началось в прошлом году. Сейчас она внедрена на 11 промыслах и работает со многими сотнями контроллеров «Мега», которые установлены на объектах промыслов, причём со многими контроллерами связь осуществляется через GPRS-модемы. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Дудников В., Набиев Д., Гареев В. Новые возможности управления технологическим процессом нефтедобычи// Современные технологии автоматизации. — 2002. — № 2.

Авторы — сотрудники

НПФ «Интек»

Телефон: (3472) 90-8844

Факс: (3472) 90-8822

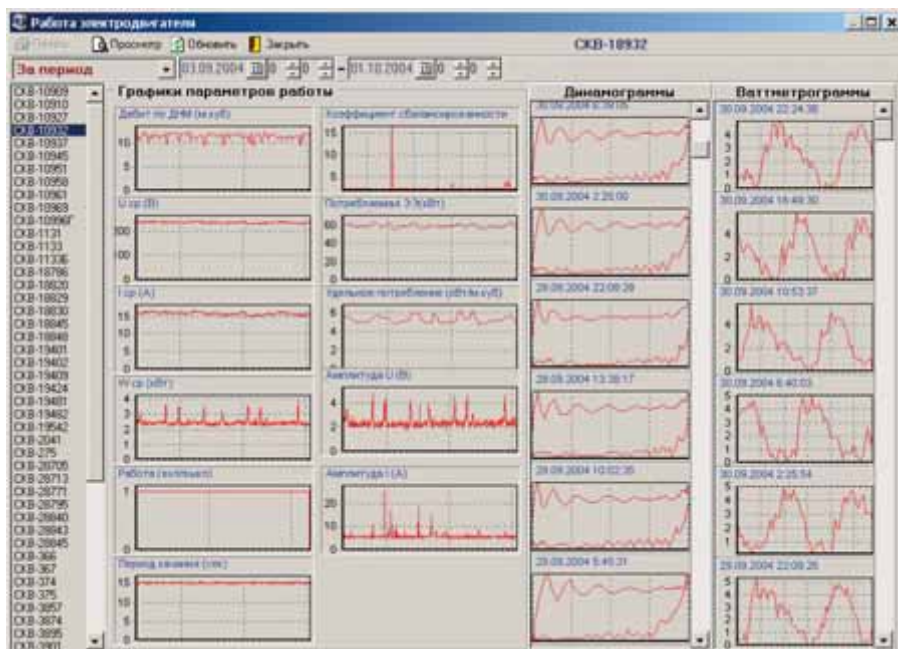


Рис. 11. Отчёт о работе электродвигателя скважины