

Богдан КОПЕЙ, Валерий ЛОПАТИН

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа,  
Институт геотехнической механики НАН Украины, Днепропетровск

## СОВРЕМЕННЫЕ МОБИЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В НЕФТЯНОЙ И ГОРНОЙ ОТРАСЛЯХ

**Резюме.** Комплексное использование мобильных информационно-измерительных систем (МИИС) технологических процессов оборудования штанговых скважинных насосных установок и шахтных подъемных комплексов превратило ее в измерительно-информационную систему, необходимые свойства и функции которой обеспечиваются совокупностью как аппаратной составляющей, так и программными средствами. Для решения задач сбора и обработки аналоговых и/или дискретных сигналов технологических процессов оборудования ШЧНУ и ШПК в реальном масштабе времени самыми перспективными технологиями являются Programmable Logic Controller (PCL) и Distributed Control System (DCS). Современные DCS и PCL не ограничиваются простым употреблением перечисленных выше интерфейсов на физическом уровне, как это организовано в ноутбуках (персональных компьютерах), а полностью интегрируют RIO в подсистему ввода/вывода своих контроллеров, избавляя пользователя от трудностей, связанных с применением, доработкой или отладкой каких-либо «чужеродных» для данного оборудования драйверов и протоколов.

## MODERN MOBILE INFORMATIVE-MEASURING SYSTEMS IN PETROLEUM AND MINE INDUSTRIES

**Summary.** The complex use of the mobile informative-measuring systems (MIMS) of technological processes of the pumping units and mine hoisting complexes (MHC) converted them into the system, necessary properties and functions of which are provided by connection of instrument constituent and software facilities. For the tasks of collection and treatment of analog and/or discrete signals of technological processes of the pumping units and MHC in the real time there are the most perspective technologies - Programmable Logic Controller (PCL) and Distributed Control System (DCS). Modern DCS and PCL is not limited to the simple use of the interfaces at physical level, as it is organized in notebooks (personal computers), and fully integrate Remote Input/Output in the subsystem of input/output of the

comptrollers, delivering an user from the problems, related to application, revision or debugging for this equipment drivers and protocols.

## 1. Введение

Отличительной особенностью оборудования штанговых скважинных насосных установок (ШСНУ) и шахтных подъемных комплексов (ШПК) являются непрерывные технологические процессы, требующие непрерывного измерения аналоговых параметров, а также сложность и взрывоопасность оборудования (для выполнения проектных работ требуется согласование с Гостехнадзором Украины). Измерение широкого спектра аналоговых параметров преобладают среди прочих технологических задач на объектах данного типа, что оказывает существенное влияние на выбор адекватных методов и средств (технологии) для их измерения и оценки. Проблема выбора подходящей технологии была, есть и будет ключевой, пока мы будем сталкиваться с многообразием продуктов на рынке промышленных измерений. Многолетняя практика выявила явные преимущества и достоинства мобильных информационно-измерительных систем (МИИС) технологических процессов оборудования ШСНУ и ШПК.

Комплексное использование мобильных информационно-измерительных систем (МИИС) технологических процессов оборудования ШСНУ и ШПК превратило ее в измерительно-информационную систему, необходимые свойства и функции которой обеспечиваются совокупностью как аппаратной составляющей, так и программными средствами. При этом для исследователя неважно, какими именно средствами реализуется та или иная функция МИИС. Существенной особенностью МИИС является то, что ввод измеренных данных производится числовым методом. Этот метод имеет свои преимущества и недостатки. При отсчете аналогового преобразования точность отсчета заранее не определена и зависит от интерполяции, поэтому отсчет аналоговых показаний принципиально содержит погрешность. Однако существенное преимущество аналогового вывода измеряемых значений состоит в большой наглядности. После промысловых и шахтных экспериментов, как правило, прибегают к графическому изображению (для анализа), что эквивалентно преобразованию цифровой информации в аналоговую. Аналоговая обработка происходит непрерывно, одновременно, что существенно улучшает динамические свойства МИИС.

## 2. Исследование и практика применения

Надо признать, что характерной особенностью освоения и адаптации современных западных технологий на Украине, как и в других государствах СНГ, является непомерная, подчас выходящая за рамки здравого смысла, консервативность понятий и определений.. Корни данного явления - в действительно реально существующих различиях: языковых и инженерном менталитете. Понимая, что и нам не уйти от этого вопроса, попытаемся избежать повторения чужих ошибок и позволим себе достаточно свободную интерпретацию англоязычных понятий и определений, основанную на нашем практическом опыте и направленную исключительно на достижение целей данной работы.

Под *ноутбуком (персональным компьютером)* будем понимать персональный компьютер с IBM-подобной или совместимой архитектурой, адаптированный для решения задач измерения технологических процессов оборудования ШСНУ и ШПК на уровне человеко-машинного интерфейса.

Именно направление с использованием МИИС на базе ноутбуков (персональных компьютерах) было и остается наиболее исследованным и изученным. В процессе эволюции МИИС, разработанные и созданные в Институте геотехнической механики им. Н.С.Полякова (с 1993г.) и Ивано-Франковском национальном техническом университете нефти и газа (с 1996г.) постоянно совершенствовались ее аппаратные и программные средства. За относительно короткий период своего развития МИИС уже прошел путь нескольких поколений. При этом для каждого из поколений аппаратная реализация МИИС характеризуется использованием соответствующей элементной базой. Так, основным элементом первого МИИС типа "Орион - 1" (1993г.) была стандартная IBM-286 и самодельный контроллер, вставляемый в слот системной платы IBM/AT [4]. МИИС типа "Орион-1м" (1994-1995) отличался тем, что такой же самодельный контроллер, имеющий практически аналогичную элементную базу и параметры, через параллельный интерфейс «Centronics» был связан с ноутбуком типа "Ambra"(IBM-386). В 1995 году стало очевидным, что узким местом МИИС является неудовлетворительная надежность и несовершенство самодельных контроллеров. В том же году на основе многофункционального АЦП в стандарте PCMCIA 2.0 фирмы Advantech типа PCIA-71A/71B с PCMCIA Data Acquisition Card и ноутбука типа "Compaq concerto" (IBM-486) был создан МИИС типа "МАК – 1" [1]. В 2001 году в

связи с необходимостью прямого экспериментального измерения нагрузок при рабочем режиме работы шахтного подъемного комплекса и расширением функциональных возможностей МИИС были разработаны и изготовлены: тензометрические башмаки и датчики для них 4201 ДСТ – 10 [3]. Для их нормального функционирования был изготовлен дополнительный отдельный ящик МИИС в составе: шести изолированных модулей нормализаторов типа 5В38 на кросс-плате 5В01 фирмы Advantech, стабилизатора напряжения 10 В и аккумулятора. Конструктивно второй многофункциональный АЦП типа РС1А-71А обеспечивающий работу дополнительного оборудования был размещен в ящике МИИС "МАК-1". Второй АЦП позволил, кроме того, создать два дополнительных аналоговых входа МИИС для: седьмого (вертикального) акселерометра и для датчика путевой скорости. Таким образом, МИИС в составе двух ящиков (Рис.1), получивший общее название "МАК - 2", имел 16 аналоговых входов и 8 цифровых вводов-выводов с уровнем TTL.

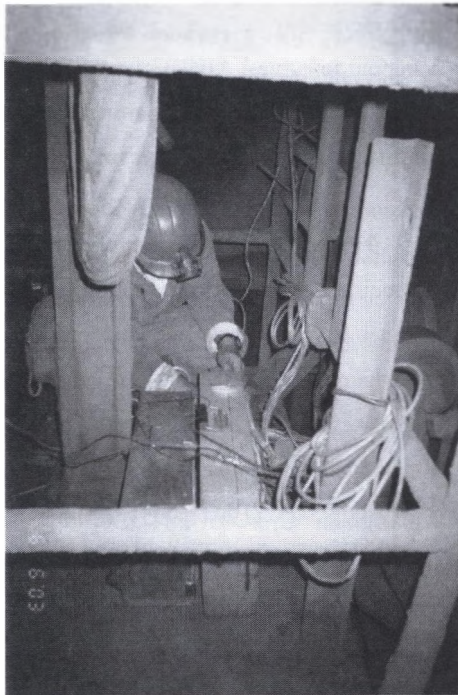


Рис. 1. Монтаж МИИС «МАК –2» на крыше скипа шахты «Эксплуатационная» ЗЖРК (г. Днепрорудный)

Fig. 1. Mounting of MIMS «МАК –2» on the roof of MHS of mine “Eksploitive” ZFMK (Dnieprorudny)



Интенсивная эксплуатация, технические и экономические [2] и другие причины в 2006 году вынудили заказать фирме "Ракон" МИИС "МАК –3". МИИС "МАК – 3" выполнен в одном ящике на базе универсального модуля ввода-вывода типа USB - 4711 фирмы Advantech [7] (многофункциональный АЦП типа PCIA-71A/71B в 1998 году был снят с производства). USB- 4711 имеет в своем составе: 16 каналов аналогового ввода позволяющих оцифровывать сигналы с 12 разрядным разрешением максимальной скоростью 100 тысяч отсчетов в секунду. Кроме того, в модуле имеется 8 каналов дискретного ввода-вывода с уровнем TTL.

Благодаря использованию интерфейса USB ему, как и его предшественникам, внешнего источника питания не требуется. Как видим, функционально USB - 4711 полностью эквивалентен двум многофункциональным АЦП типа PCIA-71A/71B МИИС "МАК – 2". Дополнительно в модуле имеется 2 аналоговых канала с 12 разрядным разрешением, а также один 16 разрядный счетчик таймер. С модулем USB - 4711 фирмой Advantech поставляется богатый набор функциональных библиотек и элементов ActiveX для самостоятельной разработки приложений, а также драйверы для пакета Lab VIEW, что существенно облегчает работу программиста, позволяя ему эффективно работать с достаточной квалификацией (даже начального уровня). В остальном функциональные возможности и параметры МИИС "МАК – 3" остались практически на уровне "МАК –2".

Однако понятно, что МИИС на основе ноутбук имеет очень большую сложность, неоправданную избыточность, высокую стоимость и требует специалистов высшей квалификации, поэтому абсолютно не предназначен для текущего оперативного контроля оборудования ШСНУ и ШПК штатным обслуживающим персоналом.

Появление современных дешевых контроллеров общего назначения со встроенными аналого-цифровыми преобразователями (АЦП), наличием режима пониженного энергопотребления и развитой системой команд позволяет проектировать МИИС для текущего контроля оборудования ШСНУ и ШПК штатным обслуживающим персоналом с применением цифровой обработки сигналов (ЦОС) [5,6]. Ограничения на использование тех или иных алгоритмов ЦОС в нашем случае определяется характеристиками встроенных преобразователей. Тактовая частота контроллера и система его команд задают полосу пропускания полезного сигнала в частотной области, а разрядность АЦП определяет динамический диапазон обрабатываемого сигнала. В случае, если быстродействие АЦП контроллера недостаточное, можно применять внешнюю микросхему функционально завершенного

АЦП, что не приводит к значительному усложнению схемы МИИС. В состав этого МИИС может быть введено энергонезависимое статическое оперативное запоминающее устройство, которое позволяет делать выборки сигналов достаточного объема, а также запоминать информацию для последующей ее обработки.

Наиболее перспективными технологиями, с нашей точки зрения, для решения задач сбора и обработки аналоговых и/или дискретных сигналов технологических процессов оборудования ШСНУ и ШПК в реальном масштабе времени являются Programmable Logic Controller (PCL) и Distributed Control System (DCS).

Под *программируемым логическим контроллером* (Programmable Logic Controller – PCL) будем понимать, программируемое вычислительное устройство, специально разработанное для решения задач сбора и обработки аналоговых и/или дискретных сигналов технологических процессов оборудования ШСНУ и ШПК в реальном масштабе времени.

Под *распределенной системой измерения* (Distributed Control System –DCS) будем понимать совокупность универсальных и специализированных промышленных вычислительных средств – узлов распределенной обработки данных, объединенных структурированной коммуникационной системой для решения задач измерения оборудования ШСНУ и ШПК в реальном масштабе времени.

На сегодняшний день отличия DCS от PCL заключаются лишь в производительности и габаритно-массовых характеристиках, обусловленных исторически сложившимися подходами: в DCS «от общего - к частному» и «от частного - к общему» в PCL. Процессорная часть узлов распределенной обработки данных в DCS тоже именуется контроллером, однако обладает повышенной (по сравнению с PCL) производительностью и более мощной системой локального ввода/вывода. Верхний уровень DCS представляет собой программно-технические комплексы информационной поддержки оператора, в большей или меньшей степени соответствующие классическим средствам человеко-машинного интерфейса, и к процессам измерения не имеет отношения. Поэтому, говоря о DCS, будем рассматривать только средства низового уровня соответствующие PCL по функциональному назначению и характеру решаемых задач. Изначальная нацеленность на сбор и обработку сигналов датчиков оборудования ШСНУ и ШПК в реальном масштабе времени предопределила архитектуру низовых узлов DCS и PCL. «Узкая» специализация этих двух классов, отсутствие встроенных и периферийных устройств (видеомониторов, накопителей, принтеров и т.п.), характерных для ноутбуков

(персональных компьютеров), вызвала появление исключительно компактных, простых и надежных операционных систем (ОС) реального времени. Такие ОС связывают прикладные программы и данные пользователя с аппаратурой DCS или PCL наиболее естественным образом, не страдают «архитектурными излишествами» и не требуют специальных адаптаций, имеющих место при попытках приспособить ноутбуки (персональные компьютеры) к задачам измерения оборудования ШЧУ и ШПК. Результат – исключительная надежность и «прозрачность» организации вычислительного процесса в DCS и PCL, представляет собой элементарный цикл следующих операций:

1. Сканирование модулей ввода сигналов датчиков, установленных на объекте измерения.
2. Решение прикладной задачи (задач) измерения.
3. Запись измеренных данных в модули.
4. Самоконтроль и диагностика.
5. Обмен данными по сети.

Как видно из вышесказанного, продвигаясь к общей цели с двух разных направлений, руководствуясь одними и теми же требованиями (в том числе и метрологическими) к устройствам связи с объектом измерения, разработчики DCS и PCL демонстрируют, тем не менее, единый подход к решению вопроса ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов измерения. Архитектура программно-технических средств DCS и PCL представляет разработчику (пользователю) возможность организации как *локального* (по месту расположения контроллера DCS или процессорного модуля PCL), так и *выносного* (по месту расположения технологического оборудования ШЧУ и ШПК) ввода/вывода. Локальный ввод/вывод (Local I/O) используется в случаях, когда датчики, участвующие в реализации соответствующей задачи измерения, расположены компактно или равноудалены от возможного места монтажа МИИС (на базе DCS или PCL), а фактор длины фидера (кабельной линии связи) с объектом измерения не является определяющим. Выносной ввод /вывод (Remote I/O или просто RIO) в МИИС строится на базе стандартного последовательного интерфейса RS-232, RS-422 или RS-485 и позволяет разнести группы модулей связи с объектом измерения (оборудования ШЧУ и ШПК) на значительные расстояния друг от друга (до километра и более). Оба варианта могут комбинироваться друг с другом для получения оптимальной конфигурации ввода/вывода МИИС под конкретную географию оборудования ШЧУ и ШПК, а

также требования к решаемым задачам измерения. Следует также отметить, что современные DCS и PCL, не ограничиваются простым употреблением перечисленных выше интерфейсов на физическом уровне, как это организовано в ноутбуках (персональных компьютерах), а полностью интегрируют RIO в подсистему ввода/вывода своих контроллеров, избавляя пользователя от трудностей, связанных с применением, доработкой или отладкой каких-либо «неродных» для данного оборудования драйверов и протоколов.

Отметим, как организован информационный обмен и распределенная обработка измеренных данных в МИИС на базе современных DCS и PCL. В основе распределенной обработки информации и управления, реализованных в DCS и PCL, лежит структурированная коммуникационная система на базе какой-либо полевой шины или магистрали данных реального времени. Коммуникационная система реализует принцип равноправного бесконфликтного доступа всех узлов к общей шине через механизм последовательной передачи маркера или «права владения» магистралью от узла к узлу по так называемому логическому кольцу. Текущий обладатель маркера передает данные в магистраль, а все остальные узлы МИИС потребляют ее по необходимости. Закон циркуляции маркера в логическом кольце распределенной системы со всей необходимой обработкой отказных ситуаций размещен в сетевом интерфейсном модуле каждого узла, благодаря чему не требуют наличия в сети каких-либо элементов центрального управления передачей данных (мастер-узлов, мониторов и т.п.). Детерминированный характер протокола обмена позволяет со 100%-ой достоверностью оценить период обновления этой информации.

Это также говорит не в пользу МИИС на базе ноутбуков (персональных компьютеров).

Пожалуй, нет однозначного ответа на вопрос: какая МИИС лучше - на базе DCS или PCL? Наша практика позволяет в общем виде ответить так:

1. Конфигурация МИИС зависит от объекта и масштабности задач измерения.
2. Она также зависит от выбранной стратегии, стабильности финансирования и задач измерения на конкретном объекте.



### 3. Выводы

Недостаточное внимание к современным технологиям DCS и PCL а также неоправданное применение ноутбуков привело к тому, что задача создания МИИС для ШСНУ и ШПК до настоящего времени не решена в полном объеме, а тем более во взрывобезопасном исполнении.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин С.Р., Лопатин В. В., Послед Б.С. Опыт исследования рабочих режимов взаимодействия при движении подъемных сосудов в проводниках жесткой армировки/ Геотехническая механика/ Межвед. науч.- техн. сб. - Дніпропетровськ. – 2002. -Вып.32.- с. 217-222.
2. Копей Б.В., Лопатин В.В., Копей І.Б. Надійність мобільних інформаційно-вимірювальних систем СШНУ та шахтних підйомних комплексів/ Нафтогазова енергетика// Всеукраїнський щоквартальний науково технічний журнал. - Івано-Франківськ – No. 1(6), 2008, с. 68-723.
3. Копей Б.В., Лопатин В.В. Тензометричні датчики у мобільних інформаційно-вимірювальних системах шахтних підйомних комплексів / Наукові вісті ІМЕ „Галицька академія” Івано-Франківськ.- No. 2 (12), 2007, с. 120-127.
4. Лопатин В. В. Измерение горизонтальных виброударных процессов подъемного сосуда экспериментальной цифровой аппаратурой/ Гірничя електромеханіка та автоматика //Науково-технічний збірник - Дніпропетровськ.- 2001. – No. 67.- с. 141-144.
5. Лопатин В. В. Проектирование системы экспресс-диагностики динамического состояния системы «подъемный сосуд-жесткая армировка»/ Геотехническая механика/ Межвед. науч.- техн. сб. - Дніпропетровськ. – 2002. -Вып.36.- С. 136-142.
6. V.V. Lopatin, B.V. Kopey. Designing of express-diagnostics of “lifting vessel-rigid reinforcement” system/ Faculty of Sciences-Vrije Universities Amsterdam// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2003.- No. 2(2) - p. 22-24.
7. Устройства сбора данных Advantech: теперь и для USB/Современные технологии автоматизации - М.- No. 1, 2006, с. 105.

Recenzent: Doc. Ing. Josef Mazač, CSc. HGF, VŠB-TU OSTRAVA