

## Новая распределенная система калибровки измерительных каналов АСУТП, используемая в составе ПТК "Торнадо"

О.В. Сердюков, А.А. Аbruковский (ИЦ 6 ИАиЭ СО РАН), И.А. Корепанов (НГУ),  
Л.В. Журавлева, И.В. Сорокин (ЗАО "Модульные Системы Торнадо")

*Материал посвящен важному аспекту метрологического обеспечения готовых систем автоматизации – калибровке измерительных каналов (ИК) АСУТП, а именно проблеме повышения эффективности калибровочных работ и снижению их трудоемкости за счет более эффективной методики калибровки. В рамках предложенного варианта решения указанной проблемы рассмотрены основные моменты создания новой методики калибровки ИК: разработка архитектуры новой системы, выбор оборудования и разработка необходимого ПО. Приведено описание новой системы калибровки измерительных каналов различных типов.*

Современные АСУТП крупных объектов теплоэнергетики относятся к числу наиболее сложных и ответственных. ПТК, составляющие основу АСУТП, должны обеспечивать не только реализацию всех необходимых функций контроля, измерения и регулирования технологических параметров, но и технологичную эксплуатацию и сопровождение. Одним из основных видов обслуживания готовых автоматизированных систем является метрологическое сопровождение.

Известно, что метрологические вопросы одинаково "нелюбимы" как поставщиками ПТК, так и эксплуатационными службами. Нередко вопросы метрологии просто игнорируются, особенно в связи с внедрением микропроцессорных систем управления. Однако такой путь требует определенной лояльности со стороны органов стандартизации и метрологии. Необходимо помнить, что отсутствие правильного решения метрологических задач может обернуться серьезными проблемами и значительными производственными и экономическими потерями.

Таблица. Метрологические работы, выполняемые на этапах внедрения и эксплуатации АСУТП

Этап	Выполняемые работы
Разработка технического задания	Формируются требования к метрологическому обеспечению разрабатываемой системы
Разработка технического проекта	Разрабатываются перечни калибруемых и поверяемых измерительных каналов (ИК); определяются требования к точности выполняемых измерений; выбираются средства измерений для формирования ИК, обеспечивающие требуемую точность; подбираются рабочие эталоны, с помощью которых можно подтвердить заданную точность измерения
Подготовка рабочей документации	Выполняется согласование с заказчиком применения утвержденных Госстандартом РФ методик поверки (калибровки) измерительных каналов
Ввод в действие АСУТП	Осуществляется комплекс метрологических работ в соответствии с нормативной документацией
Пусконаладочные работы	Монтаж и наладка измерительных каналов системы
Предварительные испытания	Наладочная организация совместно с персоналом эксплуатирующей организации выполняет приемку ИК из наладки в опытную эксплуатацию с целью проверки соответствия ИК и готовности к вводу в эксплуатацию. Все измерительные каналы системы подвергаются первичной поверке или калибровке
Приемочные испытания	Проведение испытаний для подтверждения "сертификата соответствия" ИК либо утверждения типа
Промышленная эксплуатация	Периодическая поверка или калибровка измерительных каналов АСУТП

Компания "Модульные Системы Торнадо", используя накопленный опыт внедрения АСУТП, разработала комплексный подход к созданию современных систем управления на промышленных объектах теплоэнергетики, дающий решение многих проблем сопровождения и обслуживания средств автоматизации. Совместно с ведущими проектными и технологическими организациями компания осуществляет все необходимые исследовательские и инженеринговые работы. Особое внимание уделяется метрологическому обеспечению поставляемых АСУ (таблица).

ПТК "Торнадо" разработаны в соответствии с нормативными документами РФ, относятся к изделиям Государственной системы приборов, занесены в Государственный реестр и имеют сертификат об утверждении типа средств измерений. Разработанные метрологической службой компании "Модульные Системы Торнадо" методики поверки (калибровки) измерительных каналов АСУТП и измерительных модулей, входящих в состав ПТК "Торнадо", согласованы с Всероссийским НИИ метрологии и стандартизации (ВНИИМС).

Помимо необходимых документов и аппаратного обеспечения компания "Модульные Системы Торнадо" предлагает заказчикам специализированное программно-техническое решение "АРМ метролога" собственной разработки. Являясь составной частью ПТК "Торнадо", оно позволяет осуществлять калибровку измерительных каналов АСУТП в автоматизированном режиме.

Разработанные компанией "Модульные Системы Торнадо" методики калибровки измерительных каналов АСУТП поставляются в комплекте со специализированным программным и аппаратным обеспечением. Этот способ решения метрологических вопросов является одним из оптимальных при внедрении АСУТП. Однако уже сегодня специалисты компании работают над проблемой дальнейшего сокращения трудозатрат на калибровку ИК АСУТП, поставляемых заказчику.

По существующей методике в процессе калибровки каналов АСУТП на объекте участвуют как минимум два человека. Один из них работает на стационарном рабочем месте инженера АСУТП или метролога за персональным компьютером с программой "АРМ метролога". Второй – с помощью генератора эталонных сигналов подает сигнал на вход измерительного канала в месте подключения первичного преобразователя

(датчика). Оба калибровщика должны быть снабжены рациями для согласования действий.

После ввода исходных данных о канале и задания числа сечений диапазона измерения, в которых будет осуществляться сбор измеренных значений, программа определяет значение эталонного сигнала и указывает, в какой момент этот сигнал можно подавать на вход ИК. Калибровщик, работающий за компьютером, должен передать эту информацию коллеге, находящемуся на объекте (рис. 1).

Таким образом, существующая методика реализует традиционный метод калибровки (поверки) с использованием средств вычислительной техники и специализированного ПО, имеющий ряд существенных недостатков:

- ручная установка "сечений" на эталонном приборе;
- большие временные затраты (на калибровку каждого канала необходимо 10...15 мин без учета времени, затрачиваемого на подключение задатчика эталонного сигнала);
- необходимость участия в процессе калибровки двух человек;
- возможность возникновения ошибочных данных, обусловленная ручным управлением задатчиком и передачей информации по рации;
- недоработки пользовательского интерфейса стационарного АРМ метролога АСУТП, в частности, внесение вручную настроек процесса при поверке каждого канала (класса точности канала, сечения диапазона измерений, единиц измерения и др.).

Принципиальным недостатком существующей методики является и то, что сотрудник, работающий на объекте, постоянно занят в процессе калибровки и не может отвлекаться на работу по подготовке следующего канала в момент калибровки текущего. По существующей методике калибровщик работает строго последовательно: подготовка канала для калибровки (5...10 мин), калибровка (10...15 мин), восстановление канала (5...10 мин). Итого процесс занимает в среднем 20...30 мин на канал.

Таким образом, за одну смену можно провести калибровку 15...20 каналов. Если учесть, что все эти работы проводятся дневным персоналом, а объем ИК, подлежащих калибровке на энергоблоке мощностью 200 МВт, составляет порядка 2000, то калибровка всех ИК займет 4...6 мес. Конечно, если все делать честно.

Поэтому и поставщики АСУТП, и эксплуатационные службы заинтересованы в поиске различных лазеек, позволяющих сократить измерения.

ПТК "Торнадо" включает комплексное решение метрологических задач. К сожалению, трудоемкость этих работ остается высокой. Специалисты компании, осознав на собственном опыте необходимость коренного изменения ситуации, взялись снизить трудоемкость калибровочных работ.

Для создания более эффективного метода калибровки, лишённого недостатков предшествующей си-

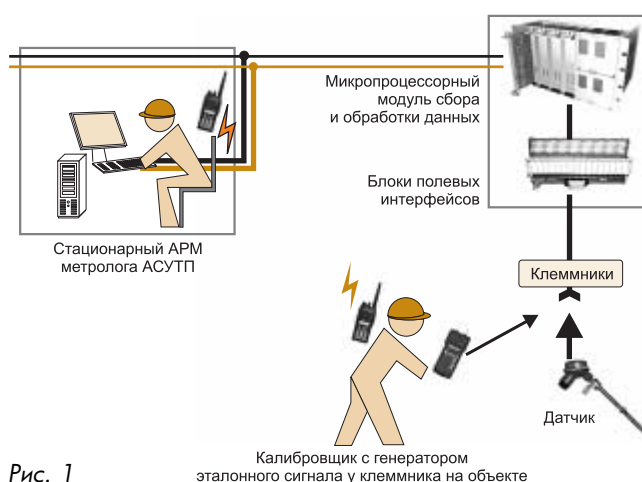


Рис. 1

стемы и способного значительно повысить эффективность работы специалиста-калибровщика за счет большей автоматизации процесса сбора измерительной информации и обработки результатов, специалистам компании необходимо было провести ряд теоретических и исследовательских разработок:

- нового метода калибровки;
- концепции необходимого аппаратного обеспечения и подбора оборудования;
- оптимальной архитектуры новой системы калибровки;
- создания тестовой модели мобильного АРМ метролога;
- операторского интерфейса для мобильного и стационарного АРМ;
- нового протокола связи.

После проведения работ специалисты компании пришли к идее применения беспроводных технологий связи для проведения калибровочных работ.

#### Разработка нового метода калибровки

Предлагаемый метод представляет собой последовательное выполнение следующих операций:

- отключение датчика и подключение генератора эталонных сигналов ко входу измерительного канала;
- выбор канала на мобильном АРМ метролога по коду или наименованию. При этом с мобильного АРМ посылается запрос на стационарный, на котором из БД или перечня ИК выбирается необходимая информация об этом канале: диапазон измерения, класс точности, сведения о датчике, измерительном модуле и другие сведения, необходимые для организации процесса калибровки и внесения в сертификат;
- запуск автоматической процедуры сбора измеренных значений и статистической обработки выборки;
- мониторинг процесса калибровки, просмотр результатов. В ходе автоматического выполнения процесса калибровки мобильный АРМ обеспечивает возможность слежения за текущим измеренным значением, регистрации отклонения его от эталонного и переключения генерируемых значений. Кроме того, предусмотрен показ протокола калибровки.

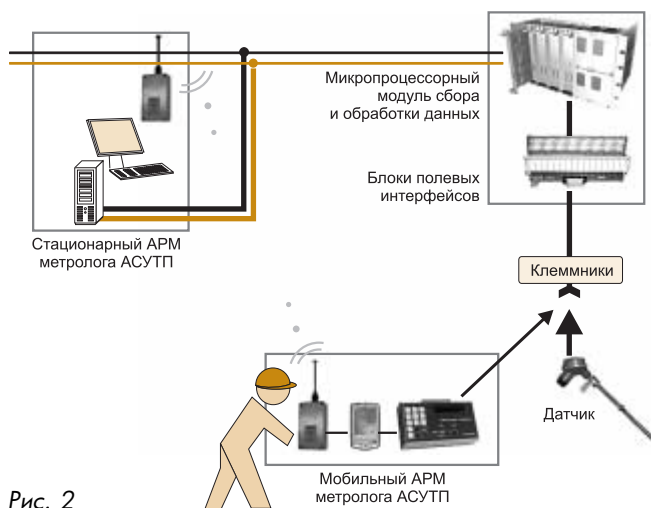


Рис. 2

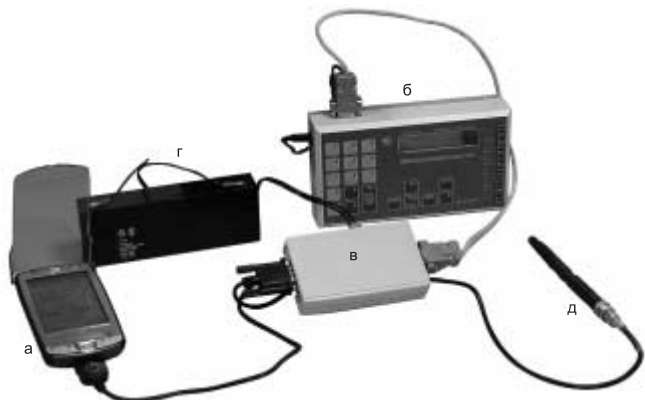


Рис. 3

### Выбор оборудования

Изучив особенности процесса калибровки ИК на крупных промышленных объектах, специалисты компании сформулировали следующие критерии определения состава технических средств новой системы: дальность связи и скоростные характеристики; совместимость физических интерфейсов; вес и размеры используемых компонентов; оптимальность электропитания; экономическая целесообразность внедрения.

### Архитектура системы

Структура распределенной системы калибровки измерительных каналов была определена с учетом специфики проведения калибровки измерительных каналов на крупных промышленных объектах. В основу системы положена идея применения беспроводных технологий связи, мобильного компьютера и управляемого им генератора эталонного сигнала. К компьютеру стационарного АРМ подключается радиомодем (рис. 2). В программу стационарного АРМ вносятся изменения, необходимые для работы в режиме удаленного управления мобильным АРМ.



Рис. 4

### Мобильный АРМ метролога

В состав мобильного АРМ метролога входят:

- карманный ПК (КПК) (рис. 3, а), выполняющий функции: удаленного интерфейса со стационарным АРМ метролога и передачи заданий от стационарного АРМ метролога программируемому задатчику;
- программируемый задатчик, с помощью которого на входе канала формируется калибровочный сигнал (рис. 3, б);
- модуль, включающий радиомодем в OEM-исполнении для обеспечения беспроводной связи со стационарным АРМ и блок коммутации сигналов RS-232 порта КПК для управления радиомодемом и программируемым задатчиком, работающими через интерфейс RS-232 (рис. 3, в);
- единый аккумулятор для питания всех компонентов мобильного АРМ метролога (рис. 3, г);
- антенна радиомодема (рис. 3, д).

В отличие от устройств WI-FI, работающих на частотах 2400...2483,5 МГц, радиомодем работает на частоте 433,92 МГц и оптимально подходит для промышленных объектов, таких как ТЭЦ. Радиоволны частоты 433 МГц лучше огибают металлические конструкции размеров, типичных для промышленного предприятия. В условиях цеха металлические конструкции частично огибаются радиоволнами, частично волна попадает за препятствия за счет отражений. Пространственное затухание радиоволн на низких частотах меньше. Используемый радиомодем приспособлен для работы в условиях импульсных помех, так как в нем использовано каскадное кодирование с перемежением, эффективно исправляющее ошибки при передаче данных.

В качестве программируемого задатчика, с помощью которого формируется эталонный сигнал на входе канала, был использован программируемый калибратор-измеритель унифицируемых сигналов ИКСУ 2000. Достоинством данного задатчика является высокий класс точности, что позволяет использовать его для калибровки не только ИК, но и измерительных модулей

ПТК, класс точности которых существенно выше. Задатчик обладает малым весом и габаритами. Программирование калибратора осуществляется через интерфейс RS-232.

Питание всей системы осуществляется герметичным свинцово-кислотным аккумулятором с напряжением 12 В и емкостью 2,2 Ач.

Таким образом, все компоненты мобильного АРМ размещаются в объеме 350×250×100 мм и имеют общий вес не более 2,5 кг (рис. 4).

### Пользовательский интерфейс мобильного АРМ

Для простоты и удобства обслуживания в пользовательский интерфейс введены специальные



управляющие и информационные компоненты, обеспечивающие (рис. 5):

- получение и передачу списка калибруемых каналов и возможных используемых калибраторов;
- включение/выключение режима ручного управления калибратором. Данный режим предусмотрен для случаев, когда нет возможности использовать программируемый калибратор;
- проверку наличия в эфире специальных сигналов стационарного АРМ, сообщающих о том, что программа стационарного АРМ готова к работе;
- управление программируемым калибратором по собственным инструкциям метролога;
- начало и окончание процесса калибровки;
- предоставление информации о ходе калибровки.



Рис. 5

#### Заключение

Необходимо отметить характерные особенности применения новой системы калибровки.

- В процессе калибровки измерительных каналов достаточно участия только одного человека, оснащенного мобильным АРМ метролога. Управление задатчиком полностью ложится на программу стационарного АРМ, что исключает погрешности, связанные с установкой прибора. Инструкции через беспроводную связь поступают в установленную на мобильном АРМ программу, которая управляет калибратором. Управление всем процессом ведется также через беспроводное соединение с мобильного АРМ.

*Сердюков Олег Викторович* — канд. техн. наук, руководитель ИЦ 6 ИАиЭ СО РАН,  
*Абруковский Алексей Александрович* — инженер-программист ИЦ 6 ИАиЭ СО РАН,  
*Корепанов Иван Андреевич* — аспирант Новосибирского государственного университета,  
*Журавлева Лариса Васильевна* — ведущий инженер,  
*Сорокин Илья Вячеславович* — зам. главного инженера ЗАО "Модульные Системы Торнадо".

Контактный телефон (3832) 39-93-52.

E-mail: [info@tornado.nsk.ru](mailto:info@tornado.nsk.ru)

<http://www.tornado.nsk.ru>; [www.telemexanika.ru](http://www.telemexanika.ru)

#### БИБЛИОТЕКА

#### ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ РЫНКА СНГ В ОБЛАСТИ ПРОГРАММНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ И РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР СРЕДСТВ ДЛЯ КОНКРЕТНОГО ОБЪЕКТА

Под редакцией зав. лаб. методов автоматизации производства Института Проблем Управления РАН Э.Л. Ицковича.

Объективные описания, анализ и сопоставление важнейших показателей средств отечественных и зарубежных производителей в обзорах:

**Выпуск 1.** "Программы связи операторов с ПТК (SCADA-программы) на рынке СНГ", Версия 8, 2004 г.;

**Выпуск 2.** "Микропроцессорные программно-технические комплексы (ПТК) отечественных фирм", Версия 7, 2004 г.;

**Выпуск 3.** "Сетевые комплексы контроллеров зарубежных фирм на рынке СНГ", Версия 3, 2005 г.;

**Выпуск 4.** "Микропроцессорные распределенные системы управления на рынке СНГ", Версия 4, 2005 г.;

**Выпуск 5.** "Перспективные программные и технические средства автоматизации: их стандартизация, свойства, характеристики, эффективность эксплуатации", Версия 3, 2004 г.;

Конкурсный выбор средств и систем под конкретные требования:

"Методика проведения конкурса" с приложением программы "Вычисление общей ранжировки конкурсных заявок и анализ работы экспертов". Версия 2, 2004 г.

Справки по приобретению любой из перечисленных работ можно получить у Э.Л. Ицковича по тел. и факсу (095) 334-90-21, по E-mail: [itskov@ipu.rssi.ru](mailto:itskov@ipu.rssi.ru)

- В функции калибровщика-координатора мобильного АРМ входят: запуск процесса и выбор кода канала (необходимая инициализация производится на стационарном АРМ); визуальное наблюдение за ходом процесса посредством интерфейса ПО мобильного АРМ, который отображает текущий этап калибровки, значения текущих погрешностей измерений, выставляемые значения на задатчике. Калибровщик имеет возможность в любой момент остановить процесс калибровки или начать процедуру сначала.

- Калибровка одного измерительного канала занимает менее 5 мин (без времени подключения задатчика), что составляет треть прежних временных затрат.

- За счет высвобождения калибровщика из процесса калибровки у него появляется возможность параллельно заниматься другой работой — подготовкой следующего ИК.

Все это приводит к существенному сокращению общего времени калибровки ИК: если при существующей методике выполнение этой работы для крупного энергоблока занимало 6...9 мес. при участии двух специалистов, то применение "АРМ метролога" ее можно произвести за 2...3 мес. силами одного калибровщика.

Перспектива развития "АРМ метролога" ПТК "Торнадо" видится в реализации версии "Стационарного АРМ метролога" с поддержкой многопользовательского режима — одновременной работы с несколькими мобильными АРМами. Это позволило бы без ограничений интенсифицировать работу по калибровке и поверке ИК, что особенно важно на этапе монтажно-наладочных работ.