

# Автоматизированная система управления Государственного первичного специального эталона ГЭТ 195-2011

*Александр Константинов*

Статья посвящена описанию автоматизированной системы управления Государственного первичного специального эталона единицы массового расхода газо-жидкостных смесей ГЭТ 195-2011. Показана необходимость создания такого эталона. Рассказано о назначении, составе и функциях системы управления, а также о требованиях, предъявляемых к оборудованию, применяемому при создании эталона. Представлены архитектура системы управления, её аппаратные средства и программное обеспечение.

## **Введение**

Запасы углеводородов на нашей планете значительны, но получать их становится с каждым годом всё сложнее и сложнее. Можно выделить сразу несколько ключевых проблем, с которыми сегодня сталкиваются нефтедобывающие компании во всём мире: растут издержки на транспортировку, на исследованных месторождениях падает добыча и ухудшается качество добываемых углеводородов, новые месторождения находятся в сложных географических районах. Именно поэтому компании стремятся активно применять технологии автоматизации в процессе добычи и транспортировки, максимально реализуют возможность удалённого мониторинга и управления системами. Это позволяет значительно сократить расходы и владеть объективной информацией о процессах и показателях в режиме реального времени.

Несомненно, что добыча углеводородов в экономике России играет основополагающую роль. Требования к учёту их количества и качества прописаны в Федеральном законе Российской Федерации № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 года [1]: «обязательность учёта юридическими лицами производимых ими энергетических ресурсов» (статья 4) при том, что «весь объём добываемых энергетических

ресурсов с 2000 года подлежит обязательному учёту» (статья 11). В ГОСТ Р 8.615-2005 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения количества извлекаемой из недр нефти и нефтяного газа. Общие метрологические и технические требования» [2] прописаны стандарты учёта. Одним из требований документа является наличие прибора учёта на каждой добывающей скважине. Данные с прибора учёта должны поступать на пульт оператора в режиме реального времени и отображать реальный состав добываемого продукта.

## **Многофазные измерения продукции нефтегазовых скважин**

За последние два десятилетия в сфере контроля и измерения углеводородов произошли огромные изменения. Были внедрены сотни новых технологий и высокоточных приборов учёта, в частности, многофазное исследование скважин для измерения потока нефти, газа и воды без предварительного разделения на составляющие. Наиболее важные преимущества, которые даёт использование этой технологии, — это снижение расходов за счёт уменьшения количества оборудования и затрат на его наладку, эксплуатацию и техническое обслуживание, а также непрерывный по-

ток информации. Всё это особенно актуально для небольших месторождений (не требуются затраты на сепаратор и сопутствующее оборудование), буровых платформ морского базирования (возможна транспортировка смешанных нефтепродуктов по общему нефтепроводу), а также старых месторождений. Разумеется, учитывается и проблема сохранения окружающей среды.

На российском рынке широко представлены многофазные расходомеры различных мировых производителей: Schlumberger, FMC Technologies, Invensys Systems, Weatherford, Agar, Roxar, а также отечественные многофазные ультразвуковые расходомеры «УЛЬТРА-ФЛОУ», индикаторы производительности скважин «Спутник-Нефтемер МК10М», многофазный расходомер для нефтедобычи МФРМ-01-89.0 и др. Большое количество производителей многофазных расходомеров, широта модельного ряда и ценовая политика часто затрудняют выбор нефтедобытчиков при приобретении данного вида оборудования. Основной же проблемой является отсутствие информации о метрологических характеристиках устройств.

Для решения этой и других схожих задач на базе научных учреждений стали создаваться многофазные проливные стенды (МПС) — это система формиру-

вания и подачи многофазного потока с определёнными свойствами и характеристиками. Сегодня в мире насчитывается несколько десятков МПС. Крупнейшие из них сосредоточены в Европе (Великобритания, Норвегия, Франция) и в США. Разнотипность МПС обусловлена многообразием явлений при работе с многофазным потоком, поэтому каждый стенд имеет специфический и ограниченный набор приложений.

В декабре 2011 года произошли изменения в продвижении технологий многофазных измерений и в нашей стране. Благодаря реализации программы развития Национальной эталонной базы в Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии» (ФГУП «ВНИИР») был успешно сдан в эксплуатацию Государственный первичный специальный эталон единицы массового расхода газожидкостных смесей ГЭТ 195-2011 [3]. ФГУП «ВНИИР» является головной метрологической научно-исследовательской организацией в области измерения количества и расхода жидкости и газа. 20 апреля 2012 года Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии выпустило приказ об утверждении данного эталона.

Государственный первичный специальный эталон единицы массового расхода газожидкостных смесей ГЭТ 195-2011 (рис. 1) предназначен для воспроизведения состава и единицы массового расхода газожидкостных смесей. Эталон позволяет решать как научно-исследовательские задачи по исследованию динамики и режимов течения многофазных потоков, так и метрологические задачи по разработке методов и средств измерений расхода. Это даёт возможность официально осуществлять поверку, проводить сравнительные испытания многофазных расходомеров на эталонном оборудовании. Метрологические характеристики данного эталона приведены в табл. 1. Эффективность от его внедрения иллюстрирует рис. 2.

Эталон представляет собой технологическую установку создания и управления двухфазным трёхкомпонентным потоком ГЭТ 195-2011 и состоит из следующих основных элементов:

- системы хранения рабочих жидкостей с тремя баками объёмом 3 м<sup>3</sup> каждый;
- трёх ресиверов системы подачи воздуха ёмкостью 0,5 м<sup>3</sup> каждый;
- магистральных центробежных насосов фирмы Grundfos;



Рис. 1. Внешний вид ГЭТ 195-2011

Таблица 1

Метрологические характеристики Государственного первичного специального эталона единицы массового расхода газожидкостных смесей ГЭТ 195-2011

Наименование физической величины	Погрешности, %		Неопределённости, %			
	$S_0$	$v_0$	$u_{0A}$	$u_{0B}$	$u_{0C}$	$u_{0P}$
Массовый расход газожидкостной смеси, $Q_{ГЖСМ}$	0,11	0,35	0,11	0,2	0,23	0,46
Массовый расход жидкости, $Q_{Ж}$	0,03	0,06	0,03	0,03	0,04	0,08
Объёмный расход газа, приведённый к стандартным условиям, $Q_{GV}$	0,1	0,28	0,1	0,16	0,17	0,38

- компрессора воздушного винтового Allegro 38 фирмы ALUP;
- трёхэлементного сепаратора фирмы ОЗНА;
- измерительного участка жидкой смеси;
- набора критических микросопел и блока смешения;
- автоматизированной системы управления.

Подробная схема, описывающая состав ГЭТ 195-2011, приведена на рис. 3.

### Состав и функции АСУ ГЭТ 195-2011

Актуальные задачи повышения научно-технического уровня государственных эталонов и уровня интеллектуализации эталонных измерительно-вычислительных комплексов решаются на

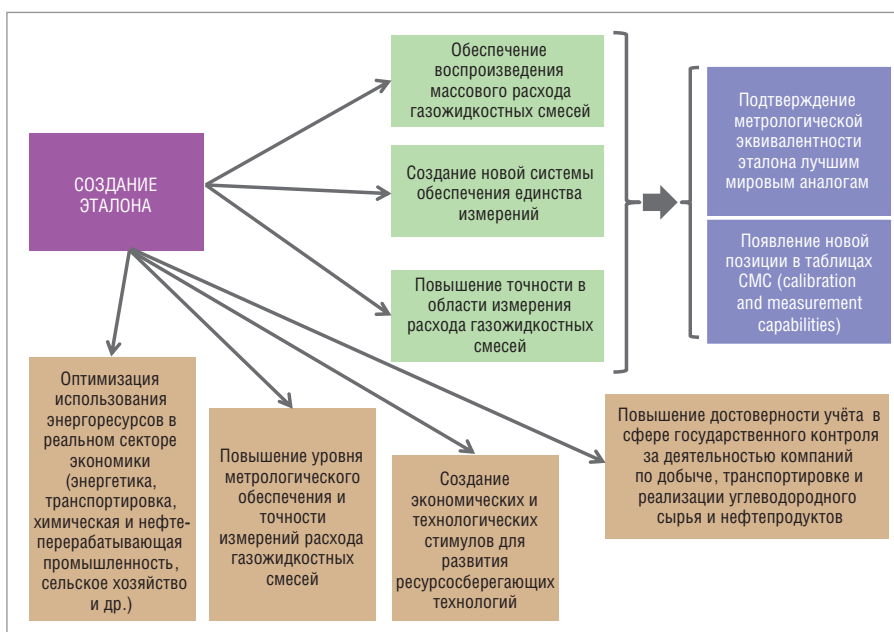


Рис. 2. Эффективность от внедрения эталона в российскую экономику

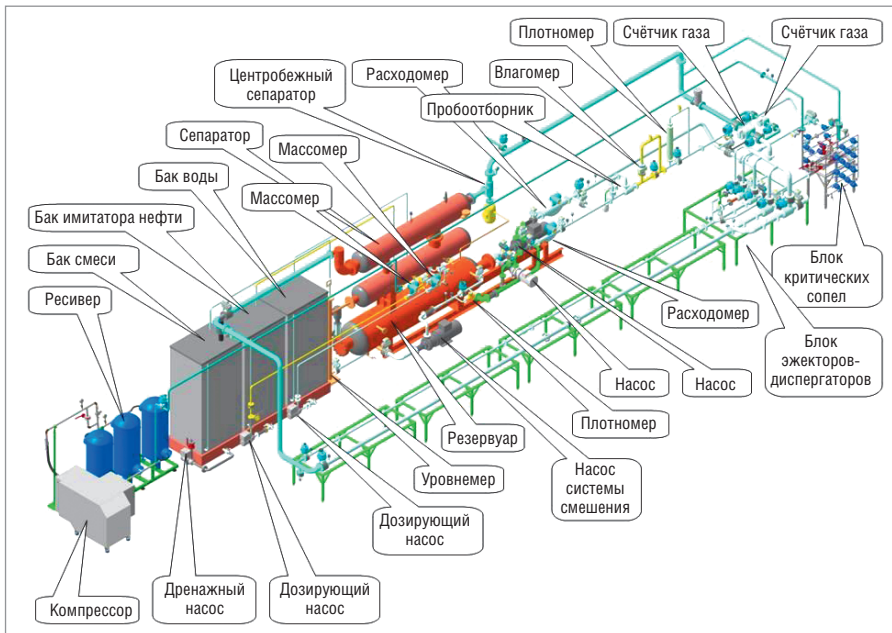


Рис. 3. Схема ГЭТ 195-2011

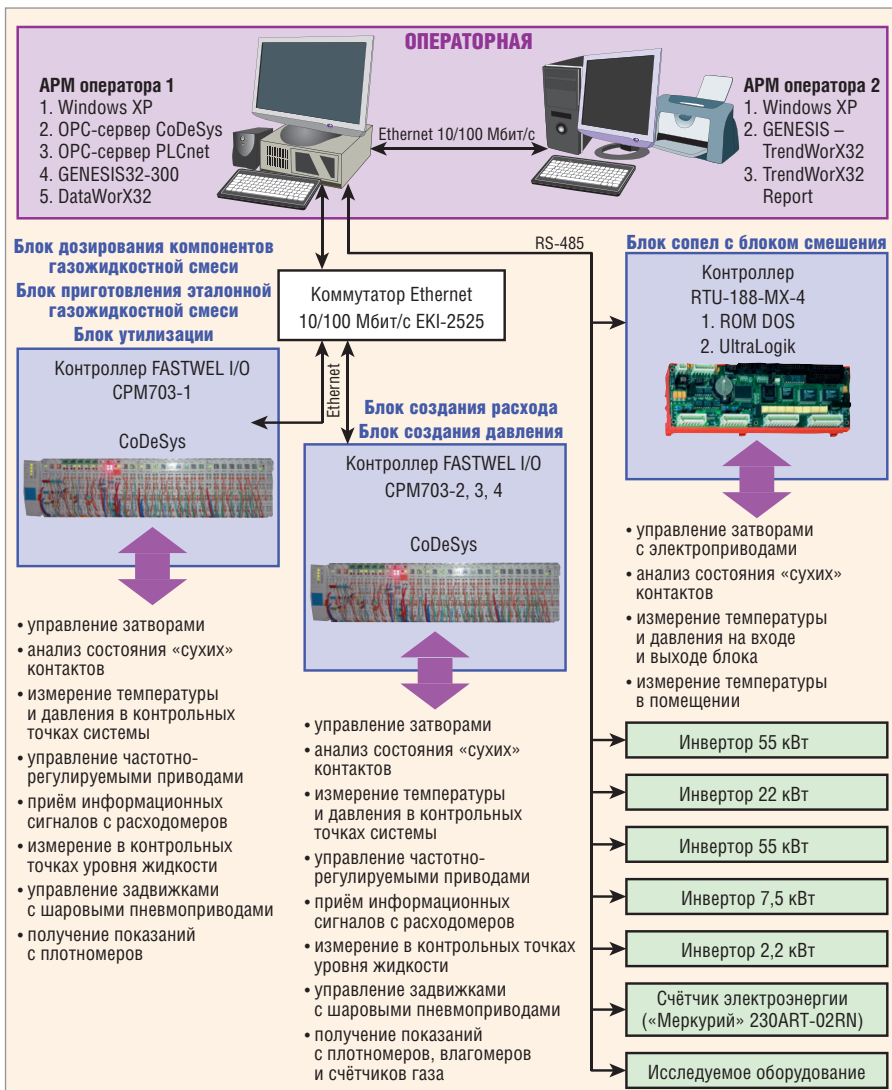


Рис. 4. Структура ACSU ГЭТ 195-2011

основе автоматизации измерительных процедур с использованием современных микропроцессорных средств вычислений и управления.

АСУ ГЭТ 195-2011 выполняет следующие функции:

- моделирование различных составов смеси нефти, воды и газа;

- задание и измерение параметров динамических режимов потока;
- приём сигналов телеконтроля и телеизмерений и передача сигналов телеуправления;
- сбор данных о параметрах процесса;
- оперативное диспетчерское управление;
- визуализация на экране компьютера автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора в режиме реального времени значений измеряемых параметров техпроцесса и сигнализация об их выходе за установленные пределы, а также отображение сигналов управления.

Структура автоматизированной системы имеет три уровня (рис. 4). Нижний уровень – это датчики. Следующий уровень – контроллеры, принимающие и обрабатывающие информацию с датчиков. Уровнем выше – компьютер, являющийся автоматизированным рабочим местом оператора; он предоставляет оператору возможность отслеживать на дисплее текущее состояние всех объектов автоматизации по графическим мнемосхемам. На нижнем уровне каждая связь контроллера с оборудованием объекта автоматизации имеет гальваническую развязку. Количество и состав входных и выходных сигналов АСУ, а также соответствующие им типы модулей контроллера приведены в табл. 2.

К контроллерам, используемым в первичном государственном эталоне, предъявляются достаточно высокие требования по точности сигнала, надёжности и возможности последующего масштабирования. Программируемые контроллеры российского производства FASTWEL I/O модели CPM703 (рис. 5), применённые в данной системе, удовлетворяют этим требованиям. Они имеют сертификат об утверждении типа средств измерений Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, а также разрешение на применения в нефтяной и газовой промышленности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. В линейке модулей ввода-вывода имеются прецизионные модули с повышенной точностью измерения сигнала. Контроллеры предназначены для жёстких условий эксплуатации [4]:

- диапазон рабочих температур  $-40...+85^{\circ}\text{C}$ ;
- относительная влажность воздуха до 80%;
- вибрация 10...500 Гц с ускорением 5g;

Входные и выходные сигналы АСУ ГЭТ 195-2011

Таблица 2

Наименование устройства	Тип сигнала	Количество	Модуль контроллера
Пневмоклапан трёхходовой	Дискретные входные сигналы телесигнализации типа «сухой» контакт	6	DIM717
	Дискретные сигналы телеуправления 24 В при токе нагрузки до 0,5 А	6	DIM718
Пневмоклапан двухходовой	Дискретные входные сигналы телесигнализации типа «сухой» контакт	58	DIM717
	Дискретные сигналы телеуправления 24 В при токе нагрузки до 0,5 А	58	DIM718
Электрическая задвижка	Дискретные входные сигналы телесигнализации типа «сухой» контакт	44	DIM717
	Дискретные сигналы телеуправления 24 В при токе нагрузки до 0,5 А	44	DIM718
Электрическая задвижка с позиционированием	Дискретные входные сигналы телесигнализации типа «сухой» контакт	34	DIM717
	Аналоговые унифицированные токовые сигналы управления 4...20 мА	17	AIM730
	Аналоговые унифицированные токовые сигналы телеизмерения 4...20 мА	17	AIM723
Датчики температуры, давления, влагомер, расходомер, уровнемер	Аналоговые унифицированные токовые сигналы телеизмерения 4...20 мА	33	AIM722
Плотномер, расходомер, счётчики газа	Дискретные входные импульсные сигналы	15	DIM764

- одиночные удары с пиковым ускорением 100g;
- многократные удары с пиковым ускорением 50g.

Его среднее время наработки на отказ составляет 700 000 часов. Контроллер имеет возможность подключения до 63 модулей расширения, что позволяет обрабатывать до 504 дискретных или до 378 аналоговых сигналов. СРМ703 оснащён интерфейсом Ethernet (10/100 Мбит/с, протокол обмена Modbus TCP/IP), что упрощает его интеграцию в информационную сеть. Для разработки прикладного программного обеспечения (ПО) используется открытая высокоуровневая система программирования CoDeSys, которая поставляется вместе с контроллерами в представленном виде.

Средний уровень АСУ состоит из четырёх контроллеров СРМ703 и контроллера RTU-188-MX (тоже производства фирмы FASTWEL). Внешний вид

контроллерных шкафов показан на рис. 6. Один контроллер СРМ703 отвечает за работу блоков дозирования компонентов газожидкостной смеси и приготовления эталонной газожидкостной смеси, а также блока утилизации. Выполняемые им функции:

- управление затворами;
- анализ состояния «сухих» контактов;
- измерение температуры и давления в контрольных точках системы;
- управление частотно-регулируемыми приводами;
- приём информационных сигналов с расходомеров;
- измерение в контрольных точках уровня жидкости;
- управление задвижками с шаровыми пневмоприводами;
- получение показаний с плотномеров.

Три других контроллера управляют блоками расхода и создания давления. В их функции помимо перечисленного для первого контроллера входят также

функции получения показаний с влагомеров и счётчиков газа.

RTU-188-MX отвечает за работу блока сопел и блока смешения. В его функции входят:

- управление затворами с электроприводами;
- анализ состояния «сухих» контактов;
- измерение температуры и давления на входе и выходе блока;
- измерение температуры в помещении.

Оборудование размещено в электротехнических шкафах VARISTAR фирмы Schroff. Питание на контроллеры подаётся через AC/DC-преобразователи серии DSP производства компании TDK-Lambda. Внешняя сеть электропитания подключается через источники бесперебойного питания VH 1500 компании GE Digital Energy с выходной мощностью 1500 В А (1000 Вт). Для подключения входов и выходов прецизионных модулей AIM72701 и AIM73101 к токовым измерительным каналам диапазона 4...20 мА используются модули нормализации аналогового сигнала ADAM-3014 фирмы Advantech. Модули дискретного ввода-вывода подключены к сигнальным контактам через реле G2R1 компании Omron. Подключение полевых сигнальных проводов и монтаж внутри шкафа осуществлены с использованием клемм WAGO.

Контроллеры СРМ703 объединены в единую информационную сеть Ethernet и связаны с ПЭВМ верхнего уровня системы с помощью 5-портового неуправляемого коммутатора EK1-2525 фирмы Advantech. Для монтажа локальной сети применён 4-парный UTP-кабель 1583E компании Belden категории 5е.

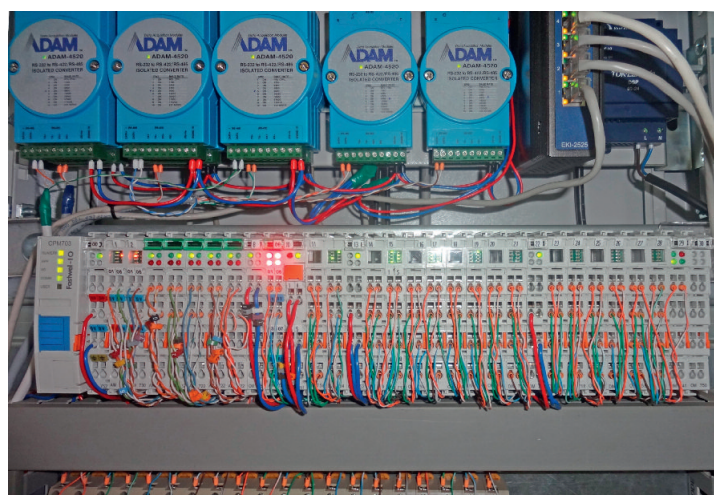


Рис. 5. Контроллер FASTWEL I/O CPM703 с набором модулей ввода-вывода в системе управления ГЭТ 195-2011



Рис. 6. Внешний вид контроллерных шкафов



Рис. 7. Автоматизированные рабочие места операторов

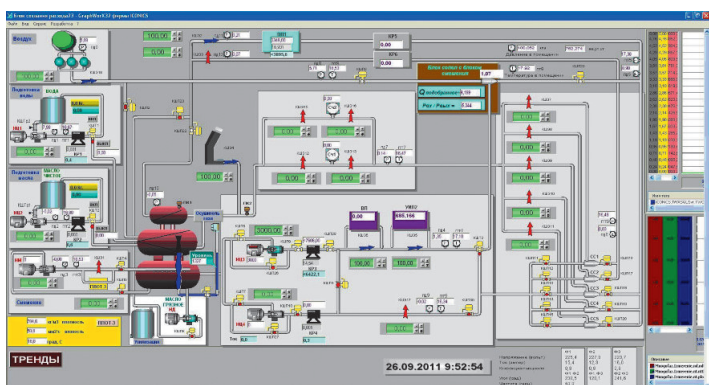


Рис. 8. Видеокадр «Пульт оператора» с изображением мнемосхемы блока создания расходов



Рис. 9. Экспериментальные исследования многофазного расходомера NetOil&amp;Gas на эталоне ГЭТ 195-2011

Контроллер RTU-188-MX вместе с инверторами, счётчиками электроэнергии и расходомером входит в состав последовательной сети RS-485, которая через преобразователь последовательного интерфейса ADAM-4520 подключается к COM-порту промышленного компьютера AdvantiX, входящего в состав АРМ оператора 1.

Верхний уровень системы состоит из двух АРМ оператора (рис. 7). ПО АРМ представлено в виде программного комплекса, содержащего два основных компонента:

- ПО для решения задач приёма и отображения сигналов телеконтроля и телеизмерений, а также отображения сигналов управления;
- ПО для решения задач архивирования и отображения текущих и архивированных данных, а также истории изменений параметров в виде трендов.

Программный комплекс выполнен в среде Windows XP с использованием SCADA-системы GENESIS32 версии 9.0 фирмы ICONICS. GENESIS32 является комплексом клиентских и серверных приложений, основанных на технологии OPC, которые предназначены для разработки прикладного ПО ви-

зуализации контролируемых параметров, сбора данных и оперативного диспетчерского управления в АСУ. Для связи с контроллерами использован Modbus OPC-сервер – инструмент, облегчающий подключение сети Modbus TCP и RTU/ASCII к SCADA-системе.

Каждому блоку АСУ ГЭТ 195-2011 соответствует видеокадр, включающий мнемосхему блока с отображением на ней текущих значений параметров процессов, протекающих в установке, и таблицы с трендами основных переменных. На рис. 8 показан видеокадр «Пульт оператора» с изображением мнемосхемы блока создания расходов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ НИР НА ГОСУДАРСТВЕННОМ ПЕРВИЧНОМ ЭТАЛОНЕ ГЭТ 195-2011

В связи с большим интересом нефтегазодобывающих компаний к многофазным измерениям и наличием широкого спектра моделей расходомеров, предлагаемых зарубежными и российскими производителями, первые результаты исследований на ГЭТ 195-2011 не заставили себя ждать.

В течение года были проведены экспериментальные исследования много-

фазных ультразвуковых расходомеров «УЛЬТРАФЛОУ», «УЛЬТРАФЛОУ-400» и «УЛЬТРАФЛОУ-2» производства ОАО «Арзамасский приборостроительный завод им. П.И. Пландина» (разработчик – ООО «Индустриальная компания»), Лаборатории метрологической передвижной измерений сырой нефти и нефтяного газа, изготовленной ООО НПО «ИСН», многофазного расходомера Vx компании Schlumberger, измерительной установки УИСН-БС, построенной с применением многофазного расходомера MPFM-50-20 компании Agar, многофазного расходомера NetOil&Gas компании Invensys (рис. 9), измерительной установки «Т»–ГЗУ завода нефтегазового оборудования «ТЕХНОВЕК».

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системы распределённого ввода-вывода FASTWEL I/O неплохо зарекомендовали себя в жёстких условиях эксплуатации благодаря широкому диапазону рабочих температур, высокой устойчивости к вибрации и ударам. Эти прочные и надёжные изделия успешно используются на различных промышленных объектах в металлургии и энергетике, а также на транспорте. Опыт их

применения в такой ответственной измерительной системе, как Государственный первичный специальный эталон единицы массового расхода газожидкостных смесей ГЭТ 195-2011, позволяет сделать вывод не только о надёжности этих устройств, но и об их высокой точности как средства измерения и соответствии заявленным метрологическим характеристикам.

Контроллеры FASTWEL I/O, связанные посредством Modbus OPC-сервера со SCADA-системой GENESIS32, установленной на промышленных компьютерах AdvantiX, образуют надёжное, неоднократно проверенное на практике решение для построения АСУ и АСУ ТП. Гарантированная совместимость компонентов такого решения, возможность обучения и техническая поддержка со стороны производителя позволи-

ли сократить время разработки и упростить освоение системы, что в конечном счёте привело к уменьшению затрат на создание комплекса и ускорению его внедрения.

*Автор выражает благодарность специалистам ФГУП «ВНИИР» за помощь в подготовке статьи: руководителю отдела АСУ ТП Макарову Владимиру Александровичу, научному сотруднику Варсегову Владимиру Львовичу, инженеру Прошину Александру Владимировичу. ●*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

- ГОСТ Р 8.615-2005. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения количества извлекаемых из недр нефти и нефтяного газа. Общие метрологические и технические требования. — М.: Стандартинформ, 2006.
- Базыкин Д. Сдвиг по фазе, или перспективы развития многофазных измерений продукции нефтегазовых скважин [Электронный ресурс] // КИПИНФО. — Режим доступа : <http://kipinfo.ru/info/stati/?id=244>.
- Константинов А. Модульный ПЛК FASTWEL I/O — от замысла до реализации // Современные технологии автоматизации. — 2012. — № 3.

**Автор — сотрудник фирмы ПРОСОФТ**  
**Телефон: (495) 234-0636**  
**E-mail: info@prosoft.ru**

## НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

### Новости ISA

17 апреля 2013 года в рамках 66-й Международной студенческой научной конференции ГУАП была проведена VI Международная студенческая научная Интернет-конференция Международного общества автоматизации — VI International Society of Automation (ISA) student research long distance conference. Программный комитет конференции возглавил президент ISA 2009 года профессор университета штата Индиана Gerald Cockrell

(США). В состав комитета вошли Анатолий Оводенко — профессор, ректор ГУАП (Россия), Don Frey — ISA Construction and Design Division Director (США), Orazio Mirabella — профессор университета Катаньи (Италия), Александр Бобович — вице-президент ISA 2007–2008 годов (ГУАП, Россия), Jesus Zamagelo — профессор университета Вальядолида (Испания), Mario Collota — профессор университета Коре Енна (Италия), Сергей Беззатеев — профессор ГУАП (Россия). В работе конференции приняли участие студенты, аспиранты и специалисты в области автоматизации из Российской Федерации, США, Италии, Испании, Великобритании, Финляндии и Норвегии. С приветствием к участникам обратился профессор Gerald Cockrell. Затем студенты и аспиранты европейских и американских университетов прочли свои научные доклады. Право представлять российские университеты получила аспирантка Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения Екатерина Андреева. Она выступила с вызвавшим живой интерес



участников докладом «Метод генерации случайных чисел, основанный на биометрии».

Делегация Российской секции ISA приняла участие в работе Исполкома ISA округа 12 в Лиссабоне (Португалия). 11 мая 2013 года на заседании Исполкома ISA были объявлены результаты IX Европейского конкурса на лучшую студенческую научную работу — IX ISA European student paper competition (ESPC-2013). Большого успеха добились студенты и аспиранты Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения. Так, золотых медалей удостоены Анна Вершинина, Вадим Ненашев, Роман Жаринов. Серебряные медали присуждены Марку Поляку, Михаилу Крячко, Олегу Васильеву. Бронзовыми медалями отмечены работы Регины Киндеркнехт, Дениса Иконникова, Станислава Назаревича, Дениса Шабаева, Алексея Далецкого, Марины Малофеевой. Высокие награды победителям конкурса будут вручены на заседании Учёного совета ГУАП 27 июня 2013 года. Научные работы победителей конкурса, а также учёных ряда университетов опублико-

ваны в материалах XIV Международного форума «Modern information society formation — problems, perspectives, innovation approaches».

19 мая профессор Gerald Cockrell провёл заключительное занятие Интернет-семинара по управлению проектами со студентами ГУАП. Сертификаты университета штата Индиана будут вручены слушателям семинара в июне во время пребывания профессора Cockrell в Санкт-Петербурге.

Почётными дипломами ISA награждены доцент Бестугин Александр Роальдович — президент Российской секции ISA 2013 года и профессор Семёнова Елена Георгиевна — президент Российской секции ISA 2011 года.

Издана книга «Российская секция Международного общества автоматизации (ISA)», авторы Оводенко А.А., Бобович А.В., Боер В.М. В работе представлена история зарождения, формирования и становления Российской секции Международного общества автоматизации.

Аспирант ГУАП Алексей Тыртычный награжден дипломом II степени Всероссийского конкурса научных и инновационных проектов студентов, аспирантов и молодых учёных по основным направлениям инновационного развития крупнейших отечественных компаний в области машиностроения, телекоммуникаций и связи в номинации «Лучший инновационный проект среди аспирантов и молодых учёных» за проект «Разработка инерциального блока на микромеханических элементах для систем управления малых космических аппаратов».

5–7 ноября 2013 года в городе Nashville (Теннесси, США) пройдёт ISA Automation Week 2013: Technology and Solution Event. ●