

ТЕЛЕИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ

Р.С. Кузнецов (ИАПУ ДВО РАН, ВГУЭС, ООО «Инфовира»),
В.П. Чипулис (ИАПУ ДВО РАН, ООО «Вира»)

Рассмотрены проблемы учета тепловой энергии и теплоносителя в системах теплоснабжения. Предложены способы организации современных информационно-измерительных систем в теплоэнергетике. Основной акцент сделан на анализе функционирования преобразователей расхода теплоносителя с целью обеспечения точных и достоверных измерений. Показаны примеры эксплуатации уже существующей телеизмерительной системы.

Ключевые слова: телеметрия, теплосчетчик, расходомер, погрешность измерений.

Введение

В последние годы, особенно после принятия ФЗ от 23.11.2009 N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ», наблюдается масштабное внедрение средств коммерческого учета тепловой энергии (теплосчетчиков) как на источниках теплоты, так и на тепловых узлах потребителей. Эксплуатируемые теплосчетчики контролируются инспекторами теплоснабжающих организаций (ТСО), которые в случае нарушений требований коммерческого учета или условий договора на теплоснабжение предъявляют штрафные санкции к потребителям тепловой энергии. Одно из основных требований к системам коммерческого и технологического учета тепловой энергии и горячей воды связано с метрологическим контролем и обеспечением точности и достоверности результатов измерений. Использование недостоверных резуль-

татов в технологическом процессе может привести к весьма нежелательным, а порой и необратимым последствиям: брак выпускаемой продукции, далекие от оптимальных эксплуатационные режимы, аварии технологического оборудования. Недостоверные результаты, используемые в коммерческих целях, ведут к нарушению справедливого экономического баланса во взаимоотношениях поставщика (продавца) и потребителя (покупателя) потребляемых ресурсов.

С целью повышения точности и адекватности измерений в теплоэнергетике решается ряд проблем, среди которых отметим следующие: переток воды из системы холодного водоснабжения в систему теплоснабжения [1], проблема косвенных измерений разности расходов теплоносителя [2] и влияние погрешностей косвенных измерений на адекватность результатов учета тепловой энергии и горячей воды [3–5]. Решение выше перечисленных проблем требует создания современных телеизмерительных систем



Рис. 1. Информационно-аналитические системы в теплоэнергетике

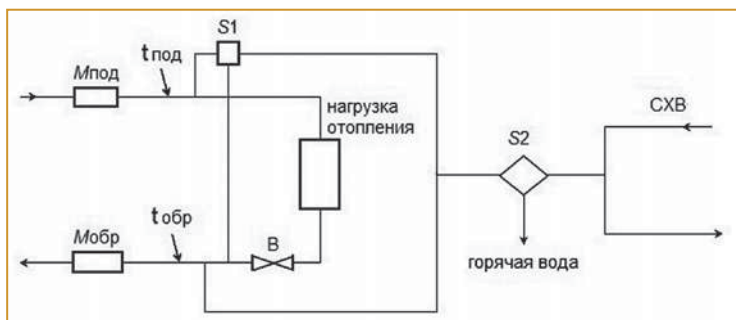


Рис.2. Открытая система теплоснабжения

и разработки новых методов обработки и анализа архивных данных с приборов учета [6]. В ИАПУ ДВО РАН совместно с инжиниринговыми компаниями и теплоснабжающими организациями разрабатываются и внедряются в эксплуатацию программные средства мониторинга, анализа и управления [7], которые дополняют информационно-аналитические системы в теплоэнергетике новыми функциональными возможностями (рис. 1) [8].

Методы повышения точности и адекватности измерений

Достаточно широко распространено суждение о том, что использование сертифицированных средств измерения с погрешностью в пределах допустимой величины, решает проблему обеспечения достоверности результатов измерений. Поэтому уменьшение погрешности измерений обычно связывают с повышением точности измерительных приборов. Это действительно так, но лишь для случая прямых

измерений датчиками расхода, температуры и давления. Однако для коммерческого учета в теплоэнергетике интерес представляют, прежде всего, величины потребления тепловой энергии и горячей воды, которые определяются с помощью косвенных измерений, получаемых путем вычислений на основе непосредственно измеренных физических величин. Достоверные результаты измерений, сопровождаемые недопустимыми искажениями при их непосредственном использовании, назовем неадекватными результатами. К примерам наиболее распространенных на практике ситуаций, приводящих к неадекватным измерениям, относятся непредусмотренные проектом врезки в систему теплоснабжения; несанкционированный водозабор в закрытой системе теплоснабжения; нарушения требований нормативной базы при проектировании и установке тепловой автоматики. Безусловно, интересна количественная оценка искажений, связанных с неадекватными результатами.

Рассмотрим более подробно ситуацию, заключающуюся в перетоке воды из системы холодного водоснабжения (СХВ) в систему теплоснабжения, приводящую к неадекватным измерениям. Такие перетоки нередко наблюдаются в дошкольных образовательных учреждениях и вызываются некачественными, устаревшими смесителями, через которые осуществляется соответствующий переток, если давление в системе холодного водоснабжения превышает давление в системе теплоснабжения. На рис. 2 схематично

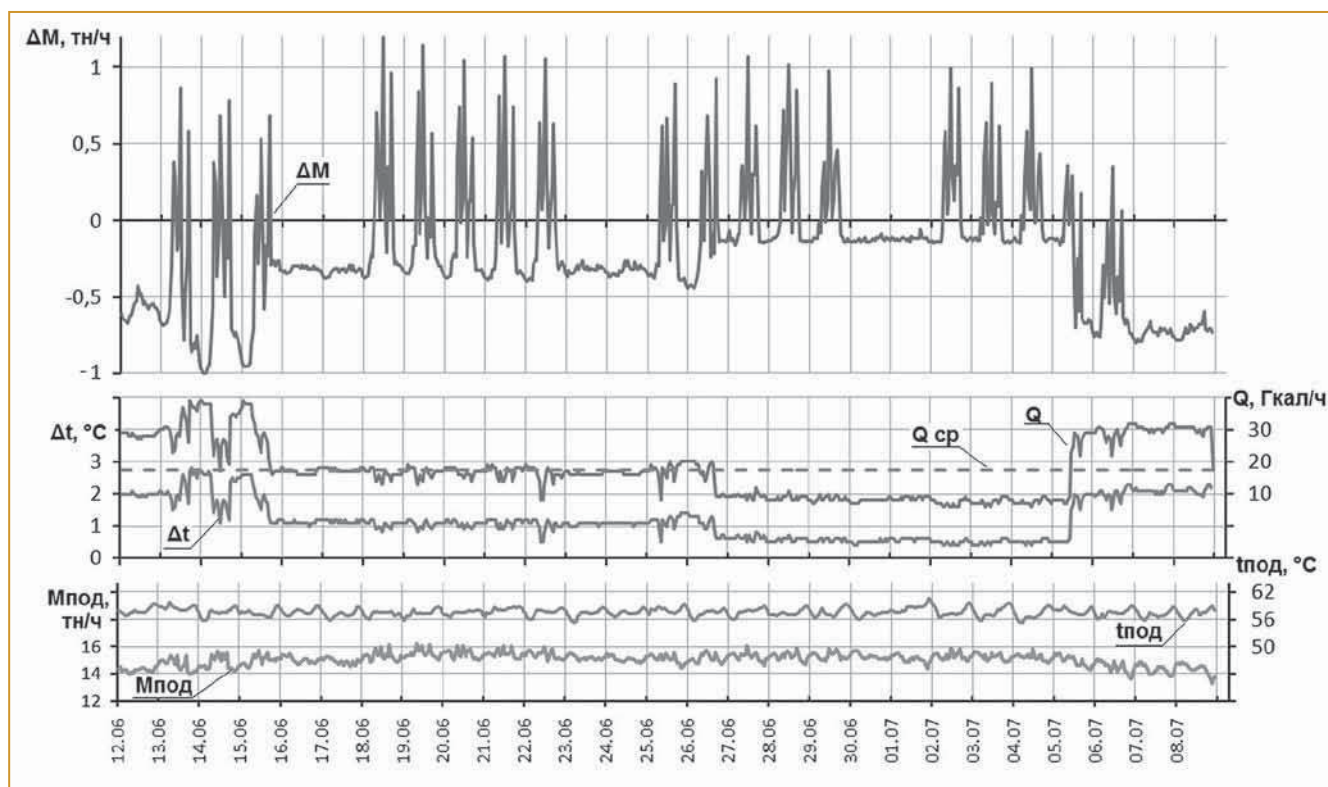


Рис.3. Графики среднечасовых значений параметров теплоснабжения

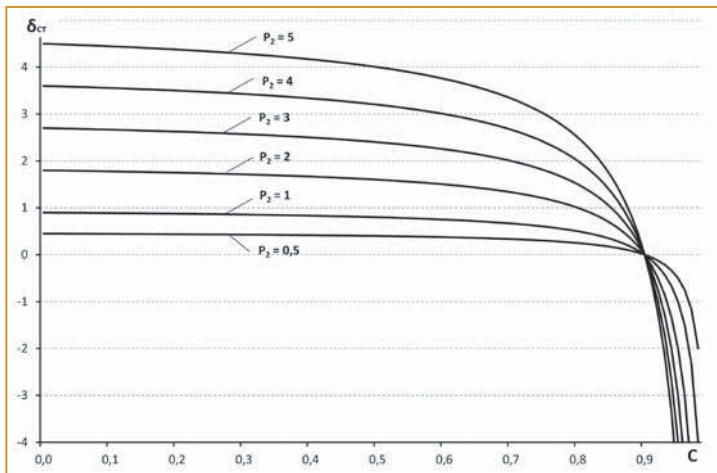


Рис. 4. Зависимость погрешности измерения разности расходов от степени открытия системы для $k = 0,9$

представлена открытая система теплоснабжения. Под открытой понимается система теплоснабжения, из которой осуществляется отбор теплоносителя на нужды горячего водоснабжения (ГВС). Вентиль В позволяет отключить нагрузку отопления в межотопительный период. Смеситель S1 (элеватор или клапан прямого действия) служит для поддержания нормативного значения температуры горячей воды путем смешения теплоносителя из подающего и обратного трубопроводов системы. Крановый смеситель S2 предназначен для смешения горячей воды (после S1) с холодной водой в той пропорции, которая необходима потребителю. Именно через крановые смесители возможен переток из СХВ в систему теплоснабжения. Следует учитывать, что величина перетока не постоянна и зависит от соотношения давлений в системах отопления и холодного водоснабжения, которые меняются во времени.

Тепловую энергию, потребляемую в открытой системе теплоснабжения, находящейся в исправном техническом состоянии, можно определить следующим образом:

$$Q = M_{\text{под}} \times \Delta t + M_{\text{ГВС}} \times (t_{\text{обр}} - t_{\text{хв}}), \Delta t = t_{\text{под}} - t_{\text{обр}}, \\ M_{\text{ГВС}} = \Delta M = M_{\text{под}} - M_{\text{обр}}$$

где $M_{\text{под}}$ ($M_{\text{обр}}$) — расход теплоносителя в подающем (обратном) трубопроводе системы; $M_{\text{ГВС}}$ — расход горячей воды; $t_{\text{под}}$ ($t_{\text{обр}}$) — температура теплоносителя в подающем (обратном) трубопроводе системы; $t_{\text{хв}}$ — температура холодной воды на источнике СХВ.

Анализируемый объект — одно из муниципальных дошкольных учреждений народного образования г. Владивостока (МДОУ № 34). На рис. 3 приведены графики измеренных среднечасовых значений параметров $M_{\text{под}}$, $M_{\text{обр}}$, $t_{\text{под}}$, $t_{\text{обр}}$ и вычисленных на их основе значений ΔM , Δt , и Q за период времени с 12.06.12 по 8.07.12. Значения всех параметров как измеренных, так и вычисленных, взяты из архива теплосчетчика, установленного в тепловом узле объекта. Погрешность измерений расхода $M_{\text{под}}$, $M_{\text{обр}}$ и тем-

пературы $t_{\text{под}}$, $t_{\text{обр}}$ не превышала допустимой величины, вследствие чего измерения следует считать достоверными. Достоверность измерений подтверждается тем обстоятельством, что в день, предшествующий анализируемому периоду времени, в тепловом узле объекта были установлены поверенные расходомеры и датчики температуры. Проанализируем влияние перетока холодной воды из системы ХВС в систему теплоснабжения с точки зрения адекватности результатов измерений Q и $M_{\text{ГВС}}$.

Влияние перетока на адекватность измерений потребления горячей воды оценить достаточно просто. Очевидно, что переток увеличивает показания расхода теплоносителя в обратном трубопроводе и, тем самым, уменьшает измеренную величину потребления горячей воды. Визуальный анализ графика разности расходов на рис. 3 свидетельствует о том, что ΔM в основном находится в области отрицательных значений. При наличии перетока не соблюдается равенство $\Delta M = M_{\text{ГВС}}$. Действительно, в случае перетока $M_{\text{обр}} = M_{\text{под}} - M_{\text{ГВС}} + M_{\text{хв}}$ и, следовательно,

$$\Delta M = M_{\text{под}} - M_{\text{обр}} = M_{\text{под}} - (M_{\text{под}} - M_{\text{ГВС}} + M_{\text{хв}}) = M_{\text{ГВС}} - M_{\text{хв}}$$

Величину ΔM нельзя использовать для определения количества потребленной горячей воды, поскольку она занижает фактическое потребление на величину перетока $M_{\text{хв}}$. Для более детального анализа выделим одну из недель анализируемого периода — с 18.06.13 (понедельник) по 24.06.12 включительно (воскресенье). Просуммировав ΔM за неделю, получим измеренное значение потребления горячей воды (с учетом перетока): $\Delta M = -20,16$ т. Совершенно очевидно, что результат измерения нельзя признать адекватным, поскольку, если ориентироваться на него, то поставщик должен заплатить потребителю за горячую воду. Естественнo предположить, что в ночные часы потребление горячей воды близко к нулю, что согласуется с режимом работы дошкольного учреждения. Следовательно, можно принять, что результаты измерения ΔM занижены приблизительно на 0,4 т/ч. Поэтому фактическое среднечасовое потребление горячей воды $M_{\text{ГВС}} = \Delta M_{\text{ср}} + 0,4$ т/ч = 0,28 т/ч и, как следствие, фактическое потребление горячей воды за анализируемый интервал времени равно $M_{\text{ГВС}} = 47,04$ т. Следовательно, стандартное использование результата измерения ΔM для определения потребления горячей воды приводит для рассматриваемого примера к занижению реального потребления приблизительно на 67,2 т.

Важной задачей для повышения точности косвенных измерений при учете горячей воды является согласование погрешностей расходомеров, установленных в подающем и обратном трубопроводах (рис. 2). В общем случае для того, чтобы измерения разности расходов стандартным методом (без перетока) гарантированно выполнялись с погрешностью,

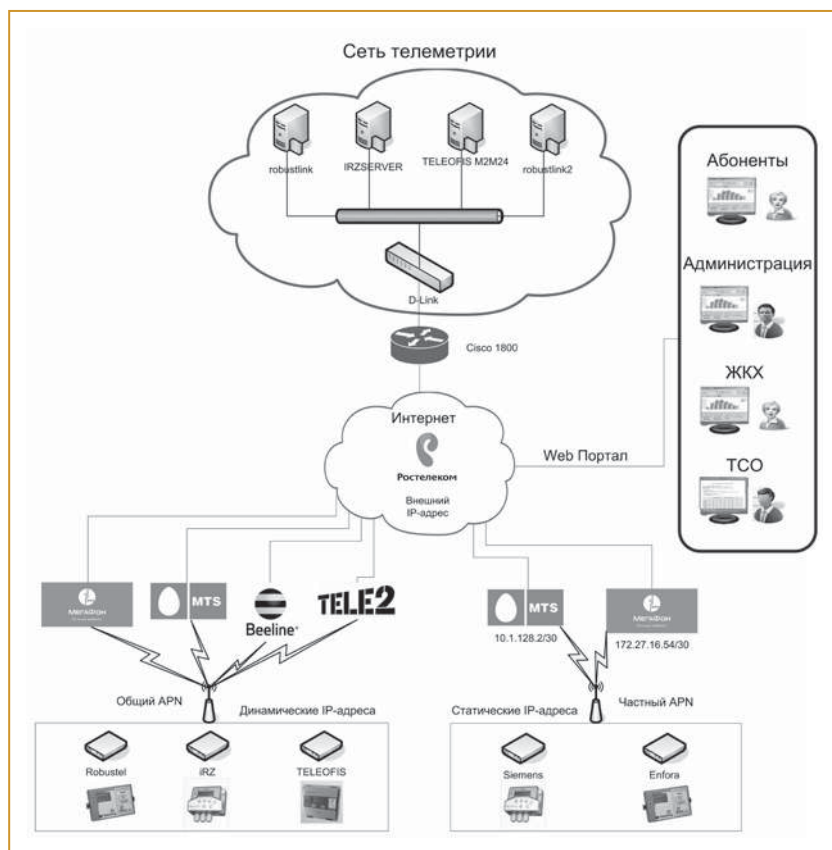


Рис. 5. Сеть телеметрии

не превышающей наибольшую из погрешностей расходомеров, необходимо выбирать расходомеры с соотношением погрешностей $k = p_1/p_2$ не меньшим, чем степень открытости системы. Рекомендации по выбору оптимального значения k основаны на опыте сервисного обслуживания приборов учета, установленных в тепловых узлах более 700 объектов — потребителей тепловой энергии. Анализ результатов измерений, полученных от установленных после поверки расходомеров, показывает, что степень открытости систем горячего водоснабжения для реальных объектов колеблется в диапазоне 0,5...0,92. При этом значения степени открытости, близкие к крайним значениям этого диапазона, встречались очень редко, а 90% систем ГВС имели степень открытости 0,8...0,9. Исходя из имеющейся статистики, представляется оптимальным выбор значения отношения погрешностей расходомеров $k = 0,9$.

На рис. 4 приведены графики зависимости погрешности измерения разности расходов $\delta_{ст}$ от степени открытости c системы для рекомендуемого значения $k = 0,9$ и различных значений p_2 (p — относительную погрешность в процентах). Из этих графиков видно, что если степень открытости системы $c < 0,9$ то погрешность измерений разности расходов будет меньше погрешности расходомера в обратном трубопроводе p_2 и не превысит значения $0,9p_2$. Это означает, что разность расходов будет измеряться точнее, чем сами расходы. Рассмотрим ситуацию, при которой сте-

пень открытости системы $c > 0,9$ (если $c = k = 0,9$, то $\delta_{ст} = 0$). В этом случае измерение разности расходов будет выполняться с той же погрешностью (по модулю), что и измерение расхода в обратном трубопроводе. Приведенное рассмотрение (касающееся выбора расходомеров с соотношением погрешностей $k = 0,9$) позволяет сделать следующий вывод. Поскольку условие $c \leq 0,95$ соответствует практически всем возможным открытым системам, то выбор расходомеров со значением $k = 0,9$ обеспечивает измерение разности расходов теплоносителя с погрешностью, не превышающей погрешность расходомера в обратном трубопроводе. Следовательно, если расходомеры с соотношением $k = 0,9$ удовлетворяют требованиям «Правил коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя (утв. постановлением Правительства РФ от 18 ноября 2013 г. № 1034), то погрешность измерения разности расходов не может быть больше 2% (также удовлетворяет требованиям).

Во-первых, необходимо выбирать пары расходомеров с погрешностями одного и того же знака. Во-вторых, в подающий трубопровод следует устанавливать расходомер с меньшей (по модулю) погрешностью, а в обратный — с большей. Если известна (хотя бы приблизительно) степень c открытости системы, то надо стремиться к тому, чтобы отношение погрешностей выбираемых расходомеров k было возможно ближе к величине c . Для определения ориентировочного значения степени открытости системы можно использовать (при наличии измерений) усредненные значения измеряемых расходов. В противном случае рекомендуется принять степень открытости системы $c = 0,9$ и выбрать (отградуировать) погрешности расходомеров в соответствии с величиной $k = 0,9$. При выполнении этих двух условий целесообразно использовать мало затратный стандартный метод измерения разности расходов. Отметим также, что риск получения большой погрешности измерения разности расходов связан с выбором расходомеров, погрешности которых имеют разные знаки.

Телеизмерительные системы

Теплосчетчики являются важными элементами технических систем для повышения энергоэффективности зданий и сетей централизованного теплоснабжения. Коммуникационные интерфейсы теплосчетчиков дают возможность интеграции в системы автоматического считывания показаний, что позволяет получать результаты измерений непосредствен-

но в центр обработки данных (ЦОД). Теплосчетчики становятся более интеллектуальными приборами со встроенными функциями обработки измерений, такими как программируемые регистраторы событий, система самодиагностики, сложные алгоритмы вычислений и т. д. Благодаря интеллектуальным теплосчетчикам коммунальные предприятия и организации поставщики тепла могут оптимизировать процессы теплоснабжения и стать более энергоэффективными. Информационно-измерительные системы предоставляют метрологическое обеспечение точных и адекватных телеизмерений основных параметров технологических процессов в теплоснабжении, объединяя территориально распределенные теплосчетчики в сеть телеметрии (рис. 5).

Информационно-измерительные системы в теплоснабжении предназначены для реализации следующих основных функций:

- измерение тепловой энергии и горячей воды;
- обнаружение перетока воды из системы холодного водоснабжения в систему теплоснабжения;
- обеспечение адекватного измерения потребления тепловой энергии и горячей воды при перетоке;
- повышение точности косвенных измерений при учете горячей воды;
- выбор оптимального соотношения погрешностей расходомеров;
- прогноз значения степени открытости системы;
- расчет погрешности измерения разности расходов;
- сравнение методов измерения разности расходов;
- корректировка результатов измерения разности расходов;
- оценка погрешности косвенных измерений разности расходов;
- оценка влияния погрешностей косвенных измерений на результаты учета тепловой энергии;
- корректировка результатов измерения тепловой энергии;
- считывание данных с сертифицированных средств измерений;
- экспресс-анализ и верификация результатов измерений;
- метрологический контроль и оценка достоверности результатов измерений;
- своевременное выявление сверхнормативных погрешностей измерения;
- мониторинг измерительных каналов теплосчетчиков в режиме реального времени;
- проверка выхода измерительных параметров за динамический диапазон измерения;
- генерация таблиц архивов параметров измерения для контроля со стороны инспектора;
- аналитическая обработка результатов измерений.

Автоматизация поверки теплосчетчиков и расходомеров

Поверка средств измерений — обязательная процедура, регламентированная Законом Правитель-

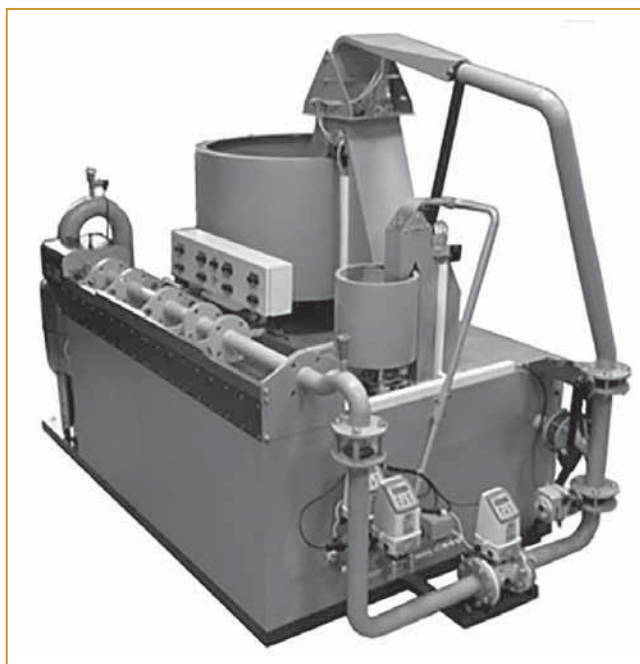


Рис. 6. Автоматизированная поверочная установка

ства РФ от 26 июня 2008 г. N 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений». Периодичность поверки для каждого средства измерения устанавливается индивидуально, но для большинства теплосчетчиков поверка проводится один раз в 4 года или после каждого ремонта. Приборы учета воды, тепла и газа, не прошедшие поверку, в эксплуатацию не допускаются. В случае успешной поверки средства измерения выдается талон о прохождении поверки, который подтверждает возможность использования теплосчетчика для коммерческого учета в течение межповерочного интервала или до составления акта о выводе его из эксплуатации. Интеграция поверочной лаборатории и информационно-измерительной системы позволяет гарантировать своевременный контроль сроков выполнения поверок и использовать протоколы поверок как исходные эталонные данные для дальнейшего анализа погрешностей средств измерений во время эксплуатации.

Одной из важных характеристик поверочной установки является степень автоматизации при проведении поверки приборов (рис. 6). Поверочные установки оснащаются эталонными расходомерами и весовыми устройствами. Управление автоматизированной поверочной установкой и отображение измерительной информации при проведении процесса проливки расходомеров производится с помощью программного комплекса, в котором осуществляется ведение базы данных поверяемых приборов на компьютере, сохранение результатов измерений в соответствии с методикой поверки и печать формируемых протоколов поверки. Как правило, на одной автоматизированной установке возможна одновременная поверка нескольких однотипных приборов, имеющих одинаковый метод поверки, при этом расход также

изменяется в автоматическом режиме. Существенные метрологические требования в поверочных установках предъявляются к эталонным расходомерам, которые являются наиболее дорогостоящим оборудованием от зарекомендовавших себя производителей.

Заключение

Известно, что погрешности косвенных измерений могут многократно превышать погрешности датчиков, выполняющих первичные прямые измерения. В статье предлагаются возможности повышения точности косвенных измерений, лежащих в основе технологии учета тепловой энергии и горячей воды. Предлагаемые методы ориентированы на исключение ошибки (нередко величина ее неприемлемо велика), связанной с рассогласованием (разницей значений) погрешностей двух расходомеров — в подающем и обратном трубопроводах. Эксплуатация телеизмерительных систем позволяет повысить точность и адекватность измерений в задачах учета тепловой энергии и горячей воды для административных учреждений, объектов народного образования, культуры, производственных помещений. Использование современных автоматизированных поверочных установок гарантирует высококачественное метрологическое обеспечение для контроля средств измерений, находящихся длительное время в процессе эксплуатации.

Кузнецов Роман Сергеевич — канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ИАПУ ДВО РАН, доцент ВГУЭС, Чипулис Валерий Павлович — д-р техн. наук, проф., главный научный сотрудник ИАПУ ДВО РАН.

Контактный телефон (423)231-75-44.

E-mail: kuznetsov@dvo.ru, chipulis@vira.dvo.ru

Список литературы

1. Чипулис В.П. Возможности повышения точности косвенных измерений в задаче учета потребления горячей воды // Метрология. 2017. №3. С. 3-13
2. Чипулис В.П. Выбор оптимального соотношения погрешностей расходомеров для повышения точности косвенных измерений разности расходов // Измерительная техника. 2018. №7. С. 46-50.
3. Чипулис В.П. Влияние погрешностей косвенных измерений на результаты учета тепловой энергии и теплоносителя // Датчики и системы. №6 (237). 2019. С.14-21.
4. Vinogradov A.N., Chipulis V.P. Influence of Indirect Measurements on the Account of General Needs of Hot Water Consumption // IEEE Conference Publications: 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). 2019. P. 1-5.
5. Виноградов А.Н. Применение результатов косвенных измерений в задачах учета общедомовых нужд потребления горячей воды // Метрология. №4. 2019. С.20-32.
6. Беленев С.А., Волошин Е.В., Кузнецов Р.С., Чипулис В.П. Технологии и системы сбора данных для диспетчеризации, учета и управления процессами водоснабжения, теплоснабжения и электроснабжения // Автоматизация в промышленности. 2019. №2. С. 31-39.
7. Кузнецов Р.С., Виноградов А.Н. Технологии управления системой теплоснабжения умного города // Автоматизация в промышленности. 2019. №9. С. 35-41.
8. Волошин Е.В., Кузнецов Р.С., Чипулис В.П. Автоматизация объектов теплоэнергетики на базе аналитической платформы // Автоматизация в промышленности. 2016. № 12. С. 18-24.

«Ростелеком» защитит от кибератак «Систему 112» в Волгоградской области

«Ростелеком» впервые на Юге подключил сервисы центра мониторинга и реагирования на инциденты информационной безопасности Solar JSOC к «Системе 112» в Волгоградской области. Проект запущен в рамках сотрудничества с ГБУ «Центр информационных технологий Волгоградской области», работу с которым национальный цифровой провайдер ведет и по другим объектам региона.

С 2019 г. специалисты Solar JSOC уже осуществляют круглосуточный мониторинг региональной информационной системы здравоохранения Волгоградской области и объектов на ее основе. Подключение к сервису национального цифрового провайдера «Системы 112» стало логичным продолжением развития партнерских отношений. Оно повысит надеж-

ность работы обеих инфраструктур и сократит время обнаружения и реагирования на инциденты кибербезопасности. Кроме того, за счет передачи задач информационной безопасности на аутсорсинг произойдет снижение совокупных затрат на киберзащиту.

В соответствии с Ф3-187 «О безопасности критической информационной инфраструктуры РФ» вся информация о возникающих инцидентах передается по защищенному каналу в региональный центр государственной системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак (ГосСОПКА). Эксперты центра Solar JSOC анализируют и расследуют каждый инцидент и дают рекомендации по реагированию на него и способам устранения последствий.

[Http:// www.company.rt.ru](http://www.company.rt.ru)