



## ЛЕКЦИЯ 2

### «МЕТОДЫ И СРЕДСТВА УЧЕТА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ»

## Общие сведения

Значение величины, найденное путем его измерения, называется **результатом измерения**.

Значение величины, полученное при отдельном измерении, называется **результатом наблюдения** (точнее – измерения).

**Наблюдением** при измерении является экспериментальная операция, выполняемая в процессе измерений, в результате которой получают одно значение из группы значений величины, подлежащих совместной обработке для получения результата измерения.

В определение понятия метрологического обеспечения входит термин **«единство измерений»**, под которым понимается такое состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах, размеры которых соответствуют единицам, воспроизводимым эталонами, погрешности результатов измерения известны с заданной вероятностью и не выходят за установленные пределы. Единство измерений обеспечивается единообразием средств измерений и правильностью методик их выполнения. При этом под единообразием средств измерений понимается такое их состояние, при котором они градуированы в узаконенных единицах и их метрологические свойства соответствуют установленным нормам.

В соответствии с *Законом об обеспечении единства измерений в Российской Федерации* в установленном порядке допускаются к применению единицы величин Международной системы единиц, принятой Генеральной конференцией по мерам и весам, рекомендованные Международной организацией законодательной метрологии.

*Средства измерений* – технические средства, используемые при измерении и имеющие нормированные метрологические свойства, т. е. свойства, оказывающие влияние на результаты и погрешности измерения.

По назначению средства измерений делятся на следующие категории:

1. Меры.
2. Измерительные преобразователи.
3. Измерительные приборы.
4. Измерительные установки.
5. Измерительные системы.

*Меры* – средства измерения, предназначенные для воспроизведения физической величины заданного размера с определенной точностью.

*Измерительные преобразователи* – средства измерений, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи дальнейшего преобразования, обработки (хранения), но неподдающееся непосредственному восприятию наблюдателя.

*Измерительные приборы* – средства измерений, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для восприятия наблюдателем (например, вольтметр)

*Измерительная установка* – совокупность функционально объединенных средств измерений и вспомогательных устройств, предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме удобной для восприятия наблюдателем, и расположенных в одном месте.

*Измерительные информационные системы* – комплекс средств измерений и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи, предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и использования в автоматических системах управления.

Различают следующие виды измерительных информационных систем:

- измерительные системы;
- диагностические системы;
- системы автоматического контроля.

Классификация средств измерений по метрологическим функциям:

- образцовые средства измерения;
- рабочие средства измерения;
- эталонные средства измерения.

## Учет потребления электроэнергии

Учет потребления электроэнергии осуществляется электросчетчиками.

**Электрический счетчик** – электроизмерительный прибор, предназначен для учета потребленной электрической энергии электрической энергии (переменного или постоянного тока (измеряется в кВт·ч). Выпускаются **однофазные** и **трехфазные** счетчики, **индукционные** или **электронные**. Включаются в сеть через трансформаторы тока (непрямого включения) и без них (прямого включения). Для включения в сеть напряжением до 380 В применяются счетчики на ток от 5 до 20 А. На лицевой стороне счетчика указывается число оборотов диска, соответствующее 1 кВт·ч электроэнергии. Например, 1 кВт·ч – 1250 оборотов диска.



В **индукционных счетчиках** подвижная часть (алюминиевый диск) вращается во время потребления электроэнергии, расход которой определяется по показаниям счётного механизма. Диск вращается за счёт вихревых токов, наводимых в нём магнитным полем катушки счётчика, при этом магнитное поле вихревых токов взаимодействует с магнитным полем катушки счётчика.

В **электронных счетчиках** переменный ток и напряжение воздействуют на твердотельные (электронные) элементы для создания на выходе импульсов, число которых пропорционально измеряемой активной энергии. То есть измерения активной энергии такими электросчетчиками основаны на преобразовании аналоговых входных сигналов тока и напряжения в счетный импульс. Измерительный элемент электронного электросчетчика служит для создания на его выходе импульсов, число которых пропорционально измеряемой активной энергии. Счетный механизм представляет собой электромеханическое (имеет преимущество в областях с холодным климатом, при условии установки прибора на улице) или электронное устройство, содержащее как запоминающее устройство, так и дисплей. Электронные счетчики хорошо подходят для предприятий и квартир с высоким энергопотреблением.

## Основные технические параметры электросчетчика

**Класс точности** – основной технический параметр электросчетчика. Он указывает на уровень погрешности измерений прибора. До середины 90-х годов все устанавливаемые в жилых домах счетчики имели класс точности 2.5 (максимально допустимый уровень погрешности составлял 2,5%). В 1996 году был введен новый стандарт точности приборов учета, используемых в бытовом секторе – 2.0. Именно это стало толчком к повсеместной замене индукционных счетчиков на более точные, с классом точности 2.0

Также важным техническим параметром электросчетчика является **тарифность**. До недавнего времени все электросчетчики, применяемые в быту, были одностарифными. Функциональные возможности современных счетчиков позволяют вести учет электроэнергии по зонам суток и даже по временам года. Двухтарифные счетчики дают возможность платить за энергию меньше – в установленное время они автоматически переключаются на ночной тариф, который почти вдвое ниже дневного. Двухтарифная система расчетов предполагает отдельные тарифы для дня (с 7:00 до 23:00) и ночи (с 23:00 до 7:00). Самые современные модели могут перестраиваться на любую тарифную политику. Например, если энергетики решат сделать скидки по выходным, то воспользоваться ими смогут лишь владельцы счетчиков, способных поддерживать несколько тарифов. Тарифы и время режимов вводятся представителем электроснабжающей организации, которые ставят электросчетчик на учет, пломбируют его и дают разрешение на использование.

Существуют также и **многотарифные счетчики - однофазные и трехфазные.**

**Многотарифные трехфазные счетчики** применяются в электроустановках административных, жилых и общественных зданий, производственных помещений, коттеджей, дач, магазинов, гаражных кооперативов и т.п. при снабжении потребителей электроэнергии от трехфазной электросети. Они обеспечивают учет активной и реактивной электроэнергии в одно или многотарифном режимах суммарно по всем фазам или может быть учёт активной энергии в каждой фазе отдельно. На жидкокристаллическом дисплее индицируется – значения активной и реактивной электрической энергии, измерение мгновенных значений активной, реактивной и полной мощности по каждой фазе и по сумме фаз, измерение по каждой фазе – тока, напряжения, частоты,  $\cos \phi$ , углов между фазными напряжениями. Поддерживает передачу результатов измерений потребленной энергии по силовой сети, по интерфейсам – CAN, RS-485 может передаваться вся доступная информация. Поддерживает программирование счётчика в режим суммирования фаз "по модулю" для предотвращения хищения электроэнергии при нарушении фазировки подключения цепей электросчётчика, можно корректировать внутренние часы электросчетчика.



Наступает время, когда электросчетчик необходимо повторно проверить на точность показаний. Период с момента первичной проверки (обычно с даты выпуска) до следующей проверки называется **межповерочным интервалом**. Исчисляется межповерочный интервал в годах и указывается в паспорте электросчетчика.

В настоящее время существует большой выбор электросчетчиков. Каждый из них имеет свои особые характеристики, разный набор функциональных возможностей (см. рисунки).



<http://elektrik-master.ru/>

### Индукционный счетчик



Электронный двухтарифный счетчик



<http://elektrik-master.ru/>  
[http://elektrik-master.ru/elektronnye\\_elektroschetchiki](http://elektrik-master.ru/elektronnye_elektroschetchiki)

## Многотарифный электронный счетчик

## Преимуществами электронных электросчетчиков:

- высокий установленный класс точности (2.0 – 0.5);
- электросчетчики, в отличие от индукционных, сохраняют точность и даже при низких и быстропеременных нагрузках;
- возможность работы по нескольким тарифам одновременно (многотарифность);
- один электронный электросчётчик может подсчитывать разные виды энергии;
- установив электронный счетчик, абонент имеет возможность измерять качественные и количественные показатели количества не только энергии, но и мощности;
- электронные счетчики способны хранить данные учета длительное время;
- хорошая защита от краж электричества благодаря фиксации несанкционированного доступа;
- организации энергоснабжения имеют возможность дистанционно снимать показания с электрического счетчика;
- с помощью электронных счетчиков можно создать АСКУЭ;
- один прибор может учитывать разные виды энергии в двух направлениях;
- электронные счетчики дают возможность рассчитывать потери.

Существуют ещё и **декларируемые преимущества**, хотя они не бесспорны:

- высокая степень защиты от традиционных народных методов организации хищения электрической энергии. Народные умельцы на месте не сидят, изобретают всё более совершенные способы и методы, перед которыми зачастую не могут устоять даже электронные счётчики - чаще всего это разнообразное использование сильного магнитного поля (переменного или постоянного воздействия) на отчётное устройство, а также на катушку Роговского и прочие новшества;
- длительный срок установленного межповерочного интервала составляет 16 лет. Сомнительный результат проведения ускоренных испытаний, а возможно даже и только теоретических расчётов. Как показывает практика, не было выявлено ещё ни одного электронного счётчика российского производства, который бы столько проработал без поломок в условиях реальной жизни и качества предоставляемой электроэнергии. За рубежом межповерочный интервал для электронных счётчиков составляет 12 лет, причём этот срок проверен в реальных условиях. На качество и длительность срока эксплуатации отечественных электросчётчиков и точность предоставляемых ими показателей влияет стоимость элементов комплектации, стабильность её параметров, устанавливаемая производителем.

В своей статье **И.Н. Ковалев**, к.т.н., доцент Институт управления, бизнеса и права (ИУБиП), г. Ростов-на-Дону делает следующие **выводы по вопросу применения двух тарифных счетчиков электроэнергии**:

- применение двухтарифных счетчиков электроэнергии ведет к выравниванию суточных графиков нагрузок и позволяет получить два положительных технико-экономических эффекта: снижение потерь электроэнергии в сетях и возможное уменьшение суммарной мощности электростанций;

- оценочные расчеты показывают, что эффект от снижения потерь невелик и трудно реализуем в виде прибыли энергокомпании. Эффект от уменьшения мощности электростанций реален для относительно мощных энергосистем и величина соответствующих инвестиций значительно превышает суммарные затраты, необходимые на внедрение двухтарифных счетчиков;

- реальным инвестором в деле установки двухтарифных счетчиков бытовым потребителям может стать энергокомпания, поскольку технико-экономический эффект от обоих рассмотренных факторов сосредоточен именно в ее сетях;

- установка двухтарифного счетчика заведомо целесообразна для семейного бюджета, поскольку срок их окупаемости в несколько раз короче срока службы.

Последнее слово науки и техники в области энергосбережения на данный момент – внедрение **автоматизированных систем энергоаудита**, в которых реализуются оригинальные методики измерений. Как указано в части 1 статьи 5 Федерального закона № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»: «Измерения, относящиеся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, должны выполняться по аттестованным методикам (методам) измерений, за исключением методик (методов) измерений, предназначенных для выполнения прямых измерений...».

Стандарт ГОСТ Р 8.563-2009 «Методики (методы) измерений» распространяется на методики и методы измерений, включая методики количественного химического анализа, и устанавливает общие положения и требования, относящиеся к разработке, аттестации, стандартизации, применению методик измерений и метрологическому надзору за ними.

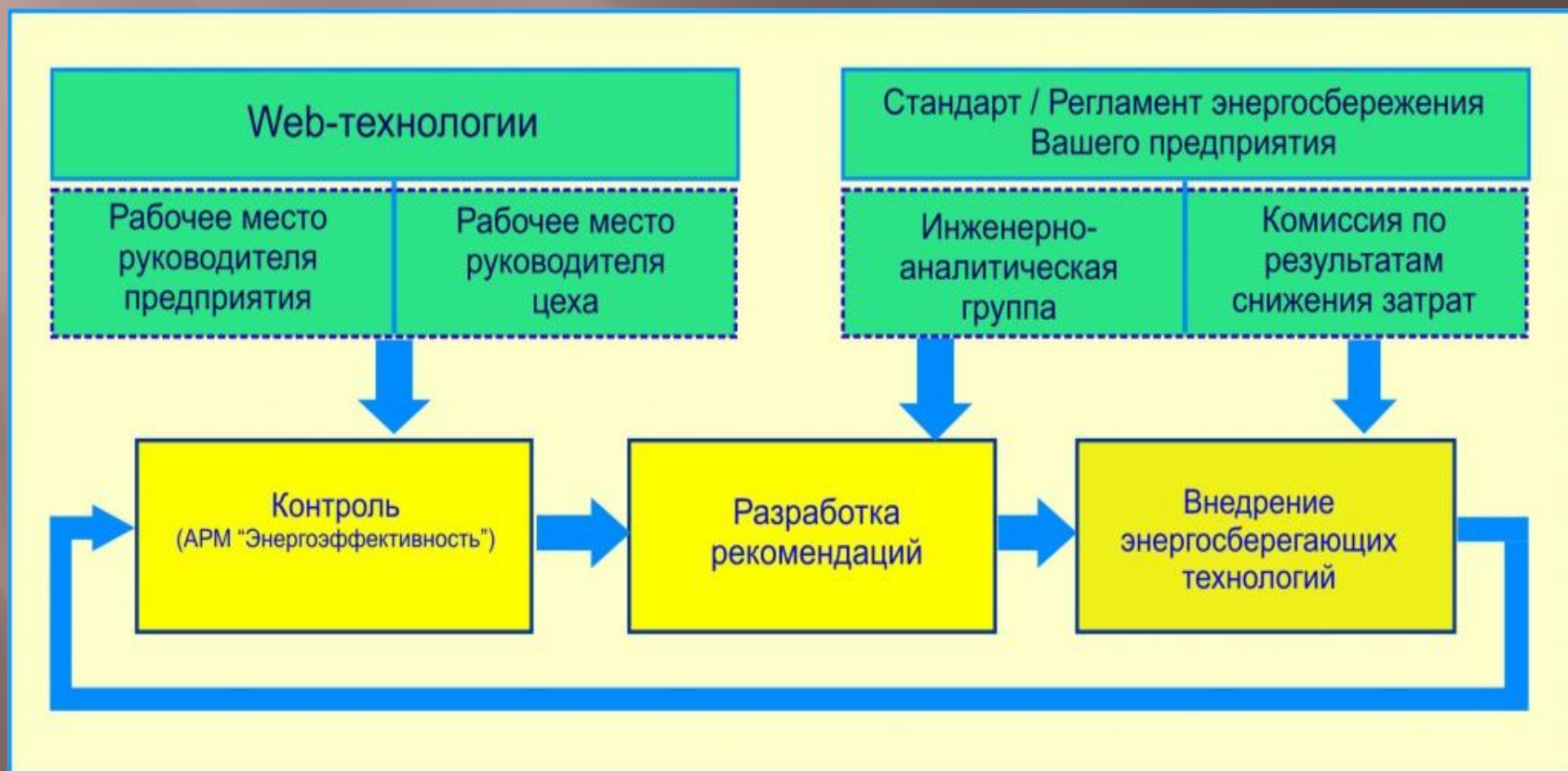
Информацию об аттестации методик измерения и аттестованных методиках находится на сайте [http://www.fond-metrology.ru/06\\_metod/list.aspx](http://www.fond-metrology.ru/06_metod/list.aspx) .

# Пример информационной карты методики (метода) измерений

Номер в госреестре	ФР.1.34.2011.11309
Наименование	ГСИ. Методика измерений количества электроэнергии и мощности с использованием АИИС КУЭ ММУ
Назначение	Методика измерений предназначена для коммерческого учета количества электроэнергии и мощности на ОАО «Мелеузовские минеральные удобрения»
Измеряемая величина	кВт*ч, квар*ч
№ свидетельства об аттестации	03-01.00234-2008-11
Дата свидетельства об аттестации	12.12.2011
Тип измерений	Электрические и магнитные измерения
Разработчик МВИ	ООО "НТП Энергоконтроль"
Адрес	г. Заречный, Пензенская обл., а/я 96
Телефон	(8412)61-10-97, 61-39-82, (8412)61-39-83
Аттестующая организация	ФГУ "Челябинский ЦСМ"
Адрес	г. Челябинск, ул. Энгельса, 101
№ аттестата об аккредитации	№ 01.00234-2008
Срок действия аттестата	
Метод измерений	с использованием АИИС КУЭ № 48343-11
Пределы измерений	
Характеристика погрешности	



Примером автоматизированной системы постоянно действующего аудита (АСПД АУДИТА) является запатентованная технология энергосбережения НПО «МИР», основанная на базе комплекса программно-аппаратных средств производства НПО «МИР» и существующих технологий и информационных баз предприятия-Заказчика. АСПД АУДИТ основывается на непрерывно действующем мониторинге, который предусматривает проведение работ по обучению персонала медучреждений.



## Структура АСПД АУДИТА

Основные элементы АСПД АУДИТА:

- Высокотехнологичные измерительные приборы с глубокой памятью и высокой скоростью обработки информации, с возможностью измерения параметров, необходимых для расчета потерь электрической энергии;
- Узел телеуправления с возможностью команд на включение / выключение управляемых устройств в случае его перехода в неэффективный режим – т.е. в момент появления необоснованных энергозатрат;
- Модуль связи (любой вид связи: оптопорт, CAN, Ethernet, RS-485, Zigbee, GSM);
- Беспроводной маршрутизатор между установленными в цехах и подразделениях такими же модулями.

Основой системы АСПД АУДИТА Является счетчик «МИР С-03» – многофункциональное устройство, включающее в себя функции собственно счетчика электрической энергии, цифрового измерительного преобразователя, прибора контроля качества электроэнергии, коммуникатора, GSM/GPRS-модема, устройства управления ячейкой, необходимых для комплексного решения большинства задач, возникающих при автоматизации или телемеханизации энергообъектов.



[http://www.mir-omsk.ru/energy\\_saving/experience/problems\\_solving/7246.html?utm\\_source=energsovet&utm\\_medium=public-pilotage-miroki-v-byudg-uchr-oms-koi-obl&utm\\_campaign=02-2012](http://www.mir-omsk.ru/energy_saving/experience/problems_solving/7246.html?utm_source=energsovet&utm_medium=public-pilotage-miroki-v-byudg-uchr-oms-koi-obl&utm_campaign=02-2012)

**Счетчик «МИР С-03»**

## Учет тепловой энергии

В соответствии со статьей 19 Федерального закона . № 190 организация коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя осуществляется следующим образом:

- теплоснабжение подлежит коммерческому учету;

- коммерческий учет тепловой энергии, теплоносителя осуществляется путем их измерения приборами учета, которые устанавливаются в точке учета, расположенной на границе балансовой принадлежности;

- осуществление коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя расчетным путем допускается в следующих случаях:

- 1) отсутствие в точках учета приборов учета;

- 2) неисправность приборов учета;

- 3) нарушение установленных договором теплоснабжения сроков представления показаний приборов учета, являющихся собственностью потребителя.

- ввод в эксплуатацию источников тепловой энергии и подключение теплопотребляющих установок новых потребителей без оборудования точек учета приборами учета согласно правилам коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя не допускаются;

- владельцы источников тепловой энергии, тепловых сетей и не имеющие приборов учета потребители обязаны организовать коммерческий учет тепловой энергии, теплоносителя с использованием приборов учета в порядке и в сроки, которые определены законодательством об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности;

- Коммерческий учет поставляемых потребителям тепловой энергии (мощности), теплоносителя может быть организован как теплоснабжающими организациями, так и потребителями тепловой энергии.

## Методики определения потребления тепловой энергии

Практически во всех странах, где организован коммерческий учета тепла, применяется известная формула для учета тепла

$$Q = G (h_1 - h_2), \quad (1)$$

где  $G$  — масса теплоносителя в системе теплоснабжения;

$h_1, h_2$  — удельные энтальпии теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах системы соответственно (далее энтальпия).

Формула (1) достаточно проста, но проблема в том, что ни одну из входящих в неё переменных недоступна для прямого измерения. Измерены могут быть не масса, а расход теплоносителя (как правило, объемный), а также его температура  $t$  и давление  $P$ . При таких исходных данных энтальпия может быть вычислена как функция температуры и давления, а масса — как интеграл массового расхода за определенный интервал времени. При этом для перехода от объемного расхода к массовому необходимо вычислять плотность теплоносителя, также зависящую от давления и температуры.

Т.е. необходимо решить систему уравнений

$$h = f(t, P),$$

$$G = \rho V,$$

$$\rho = f(t, P),$$

где  $t$  — температура,

$P$  — давление,

$\rho$  — плотность,

$V$  — объем теплоносителя.

Для вычисления зависимости  $h(t,P)$ , а равно и  $\rho(t,P)$  используют аппроксимирующие полиномы — алгоритмы вычисления плотности и энтальпии, различные виды которых приведены в специальной литературе. Вид полинома в каждом случае различен, что заставляет задуматься о точности вычисления зависимостей плотности теплоносителя и его энтальпии от температуры и давления.

Теплосчетчик измеряет расход теплоносителя, а для «перехода» от расхода к количеству (объему или массе) применяется такая математическая операция, как интегрирование. Расчетное устройство теплосчетчика вычисляет интеграл одним из известных из численных методов. Этот метод может быть любым, если он обеспечивает требуемые метрологические характеристики. При этом большое значение приобретает временной интервал, в течение которого обновляется информация о значениях параметров теплоносителя (расходы, температуры), участвующих в алгоритмах интегрирования, так как скорости движения теплоносителя в трубопроводах систем теплоснабжения нестационарна (особенно в открытых системах).

Ошибка в определении величины потребленной тепловой энергии может быть вызвана учетом «энтальпии холодной воды». Эта энтальпия присутствует и в формулах из Правил учета:

$$Q = G1 (h1 - h2) + Q_{п} + (G1 - G2) (h2 - h_{хв}),$$

и в применяемых в большинстве теплосчетчиков алгоритмах для открытых систем вида

$$Q = G1 (h1 - h_{хв}) - G2 (h2 - h_{хв}).$$

Так как данная энтальпия (и, соответственно, температура) это параметр источника теплоты, и измерить его у потребителя невозможно, то вводить его вводят в теплосчетчик, как константу, согласованную с поставщиком тепла, либо учитывать по окончании отчетного периода, используя результаты измерений на источнике.

Таким образом, при реализации простейшей формулы (1) скрыты потенциальные ошибки: способы вычисления теплосчетчиком энтальпий и масс не проверяются при сертификации средств измерений, не «поддаются» метрологической поверке, не отражаются в документации на приборы.

Вследствие этого за рубежом используется формула

$$Q = V K_t (t_1 - t_2), \quad (2)$$

где  $K_t$  — тепловой коэффициент (известный также как коэффициент Штюка), Дж/м<sup>3</sup>·°С;

$t_1$  и  $t_2$  — температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах соответственно, °С.

Известно, что формула (2) характеризуется значительной методической погрешностью теплового коэффициента по сравнению с (1), однако данный факт никак не учитывается при сертификации в России теплосчетчиков зарубежного производства.



Результаты измерений должны быть обработаны и сохранены в виде, пригодном для формирования отчетных ведомостей, выставления счетов к оплате, анализа режимов теплопотребления и т.д. Именно поэтому подавляющее большинство современных теплосчетчиков наделено функциями архивирования результатов измерений тепловой энергии и параметров теплоносителя. По содержимому почасовых или посуточных архивов составляются отчетные сводки, форма которых рекомендована действующими Правилами учета. Но беда в том, что ни эти Правила, ни один другой из существующих документов не определяют способов и методов архивирования. Здесь имеются в виду алгоритмы интегрирования и/или усреднения значений параметров теплоносителя и тепловой энергии за архивные интервалы времени, необходимость сохранения взаимосвязи их значений внутри архивных записей, относящихся к одним и тем же интервалам и т.п. Поэтому теоретически данные в архивах двух теплосчетчиков разных производителей, работающих в одной и той же системе теплоснабжения по одной и той же формуле (например, по формуле (1)) могут различаться.

Анализируя ситуацию в РФ ООО "ЭнергоУчётСервис" говорит о необходимости разработки и утверждении единой нормативной базы учета тепловой энергии. С текстом проекта Правил можно ознакомиться на портале РосТепло.ру в разделе Правовая информация-> Проекты по ссылке [http://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=1513](http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=1513).

Ассортимент теплосчетчиков, предлагаемый различными фирмами достаточно широк. Например, счетчики тепловой энергии СТС.М., которые предназначены для измерения и учета, отданной или потребленной тепловой энергии в тепловой сети при закрытой или открытой системах теплоснабжения, где в качестве теплоносителя используется горячая вода.



[http://energouchet-servis.narod.ru/uchvot\\_energonositelei/skritie\\_oshibki\\_uchyota\\_tepla](http://energouchet-servis.narod.ru/uchvot_energonositelei/skritie_oshibki_uchyota_tepla)

**Счетчики тепловой энергии СТС.М**

## Функции счетчиков тепловой энергии СТС.М:

- измерение расхода теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, в системе горячего водоснабжения в м<sup>3</sup>/ч и т/ч;
- измерение температуры теплоносителя (горячей воды) в градусах Цельсия;
- измерение давления теплоносителя (горячей воды) в мегапаскалях;
- измерение времени наработки при включенном питании и индикацию часов реального времени;
- измерение (определение) количества теплоты за любой промежуток времени;
- измерение объема (массы) теплоносителя нарастающим итогом за любой промежуток времени;
- вычисление среднечасовых значений текущих параметров теплоносителя (давление, температура);
- визуализация всех измеренных и вычисленных значений параметров на встроенном дисплее;
- передача информации на верхний уровень при помощи стандартного интерфейса RS-232 или RS-485;
- регистрация и хранение за последние два месяца информации об указанных параметрах теплоносителя и времени наработки счетчика СТС.М;
- запись сохраняемой информации по запросу оператора на внешнее устройство памяти (карта памяти типа MMC/SD, устройство USB или другие специальные считыватели);
- самодиагностика и тестирование блоков и узлов, входящих в состав счетчика СТС.М;
- сохранение информации о среднечасовых и итоговых параметрах при отключении питания.

## Технические характеристики:

- мощность, потребляемая счетчиком СТС.М, при максимальном количестве подключенных датчиков, не превышает 50 В·А.
- длина линии связи между тепловычислителем и датчиками расхода, давления, температуры не более 200 м.
- основная относительная погрешность измерения объемного (массового) расхода, объема (массы) теплоносителя не превышает:
  - ±1,7 % в диапазоне эксплуатационных расходов при градуировке датчиков расхода натурным способом;
  - ±1,7 % в диапазоне расходов от  $0,04 Q_{\max}$  до  $Q_{\max}$  при градуировке датчика расхода имитационным способом.
- основная погрешность измерения количества теплоты не превышает:
  - ±4 % при разнице температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах более 20 °С;
  - ±5 % при разнице температур от 10 до 20 °С.

Однако при необходимости организации учета тепловой энергии целесообразно приобретать оборудование и технологии после утверждения новых Правил учета тепловой энергии.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие измерения называют косвенными?
2. В чем заключаются преимущества применения электронных счетчиков электрической энергии?
3. Почему выгодно использовать двухтарифные счетчики электрической энергии?
4. Что такое энтальпия?
5. Каким образом производится учет тепловой энергии?

**Спасибо за внимание!**