



Оценка доли негодных теплосчётчиков и комплектующих по результатам поверки

В соответствии с нормативными требованиями теплосчётчики и их комплектующие (тепловычислитель, преобразователи расхода, температуры, давления) должны проходить периодическую поверку [1–3]. Межповерочный интервал теплосчётчика определяется межповерочными интервалами его элементов, которые устанавливаются органами Росстандарта и составляют от одного до четырёх лет.

Негодными к применению признаются средства измерений, не прошедшие поверку, а результаты их измерений считаются недействительными и в коммерческих расчётах не используются. По количеству негодных по результатам периодической поверки средств теплосчётчиков и их элементов можно судить о качестве, а также о надёжности и достоверности приборов учёта [4–6].

Теплосчётчик представляет собой последовательное соединение элементов, поэтому выход из строя любого из элементов вызывает негодность всего измерительного комплекта. Количество тепловой энергии определяется по результатам косвенных измерений независимых друг от друга расходов, температур и давлений [8]. Расчёт доли негодных измерительных комплектов проводился по формулам, принятым по рекомендациям [4, 7], по средневзвешенным долям негодных теплосчётчиков $P_{\text{ТВ}}$, преобразователей расхода P_R , температуры P_T и давления P_D .

Актуальность проблемы достоверности результатов коммерческого учёта тепловой энергии и их использования в автоматизированных системах сбора и анализа параметров систем теплоснабжения обусловлена подготовкой ГОСТ Р «Автоматизация учёта и управления энергоресурсами в МКД. Приборы учёта тепловой энергии и измерительные системы на их основе. Управление жизненным циклом и процессами учёта» [8].

Теплосчётчик представляет собой последовательное соединение элементов, поэтому выход из строя любого из элементов вызывает негодность всего измерительного комплекта. Количество тепловой энергии определяется по результатам косвенных измерений независимых друг от друга расходов, температур и давлений

Цель работы — метрологический анализ доли негодных теплосчётчиков по средневзвешенным долям их комплектующих элементов (тепловычислителей, преобразователей расхода, температуры и давления) по результатам периодической поверки комплектующих в период с 2004 по 2017 годы.

Рецензия эксперта на статью получена 14.10.2021 [The expert review of the article received on October 14, 2021].

УДК 681.125:697.347. Научная специальность: 05.23.03.

Оценка доли негодных теплосчётчиков и комплектующих по результатам поверки

В. И. Немченко, к.т.н., доцент, кафедра «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов»; **М. В. Посашков**, к.т.н., доцент, кафедра «Теплогасоснабжение и вентиляция», [Самарский государственный технический университет](#) (СамГТУ, г. Самара)

Проведён метрологический анализ негодных теплосчётчиков по средневзвешенным долям их комплектующих элементов (тепловычислителей, преобразователей расхода, температуры и давления) по результатам периодической поверки комплектующих за 12 лет наблюдений. Представлена методика оценки годности измерительных комплектов.

Ключевые слова: теплосчётчик; теплоноситель; вода; преобразователи расхода, температуры, давления; периодическая поверка; доля негодных приборов.

UDC 681.125:697.347. Scientific specialty number: 05.23.03.

Assessment of the proportion of unusable heat meters and components based on the results of verification

V. I. Nemchenko, PhD, Associate Professor, the Department of Management and System Analysis of Thermal Power and Social Engineering Complexes (MSA of TPSEC); **M. V. Posashkov**, PhD, Associate Professor, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, [Samara State Technical University](#)

A metrological analysis of unsuitable heat meters was carried out according to the weighted average shares of their component elements (heat calculators, flow, temperature and pressure transducers) based on the results of periodic verification of components over 12 years of observation. A method for assessing the suitability of measuring kits is presented.

Key words: heat meter; coolant; water; flow, temperature, pressure converters; periodic verification; the proportion of unsuitable devices.

Данные исследования включали в себя статистические данные и результаты их обработки периодической покомпонентной поверки теплосчётчиков в период с 2004 по 2017 годы в метрологическом центре компании ЗАО «Предприятие тепловых сетей» и ФБУ «Самарский ЦСМ» (город Самара) [4, 5].

Технологические схемы тепло-снабжения и состав теплосчётчиков

Конфигурация и состав комплектующих теплосчётчика зависит от технологической схемы теплоснабжения, на которой действует прибор. Рекомендации по организации учёта для основных технологических схем сформулированы в правилах [2, 3] и представлены в табл. 1. В Самаре применяются все перечисленные в табл. 1 группы теплосчётчиков [9]. В состав теплосчётчика, в зависимости от группы, может входить от четырёх до девяти комплектующих (элементов). Такая комплектация теплосчётчиков позволяет прово-



дить покомпонентную поверку по зарегистрированным методикам. Основные технологические группы и состав комплектующих теплосчётчиков также приведены в табл. 1.

Состав номенклатуры теплосчётчиков, которые применялись в 2004–2005 и 2016–2017 годах, отражён в табл. 2.

Технологические группы и состав комплектующих теплосчётчика

табл. 1

№	Название группы теплосчётчиков	Технологическая схема теплоснабжения	Состав комплектующих теплосчётчика
1	Однопоточные (квартирные)	Закрытые зависимые системы отопления с нагрузкой менее 0,1 Гкал/ч	Тепловычислитель, преобразователь расхода и два термопреобразователя
2	Двухпоточные	Закрытые независимые системы отопления с контролем расхода в подпиточном трубопроводе; закрытые зависимые системы отопления с дополнительным контролем расхода в обратном трубопроводе; учёт на границе смежных тепловых сетей	Тепловычислитель, два преобразователя расхода, два термопреобразователя и два преобразователя давления
3	Трёхпоточные	Закрытые независимые системы отопления с контролем расхода в подпиточном трубопроводе и с дополнительным контролем расхода в обратном трубопроводе; открытые зависимые системы отопления с тупиковой схемой ГВС; потребители отопления и ГВС от ЦТП	Тепловычислитель, три преобразователя расхода, три термопреобразователя и три преобразователя давления
4	Четырёхпоточные	Открытые зависимые системы отопления с циркуляционной схемой ГВС; открытые независимые системы отопления с контролем расхода в подпиточном трубопроводе с тупиковой схемой ГВС; потребители отопления и ГВС от ЦТП с контролем расхода в обратном трубопроводе	Тепловычислитель, четыре преобразователя расхода, четыре термопреобразователя и четыре преобразователя давления

Сравнение номенклатуры и доля негодных тепловычислителей

табл. 2

Наименование, тип прибора	Количество приборов, поступивших на поверку в период			
	2004–2005 годы		2016–2017 годы	
	Всего, шт.	Негодных, %	Всего, шт.	Негодных, %
MT 200 DS	24	58,33	12	33,33
Supercal	11	0	13	23,07
КМ5-4	2	0	11	54,54
ВКТ-5, ВКТ-7	59	11,86	109	14,67
ТСРВ-022, ТСРВ-023, ТСРВ-024	26	38,46	124	21,77
СПТ 961, СПТ 941, СПТ 942	20	10,0	84	38,09

Сравнение номенклатуры и доля негодных преобразователей расхода

табл. 3

Наименование, тип прибора	Количество приборов, поступивших на поверку в период			
	2004–2005 годы		2016–2017 годы	
	Всего, шт.	Негодных, %	Всего, шт.	Негодных, %
Тахометрические ВСТ, ВСКМ, ВМГ, ОСВ	161	24,84	285	23,15
Вихревые ВЭПС	19	10,52	30	20,0
Электромагнитные «Взлёт ЭР», ПРЭМ, ИР-45	154	14,28	220	15,0
Ультразвуковые СУР-97, «Прамер-510», УПР, «Взлёт» МР, UFEC, UFM-500	151	9,27	125	14,4

Из табл. 2 видно, что за 12 лет типовой состав теплосчётчиков практически не изменился. Применяются современные модификации теплосчётчиков традиционных для Самары производителей: АО «НПФ «Логика», АО «Теплоком», ГК «Взлёт», ОАО «ТБН Энергосервис», АО «Асвега-Инжиниринг» (Asweга, Эстония). Табл. 2 показывает, что наиболее широко применяются теплосчётчики АО «Теплоком» (ВКТ-5 и ВКТ-7) и ГК «Взлёт» (ТСРВ-022, ТСРВ-023 и ТСРВ-024).

Сравнение результатов покомпонентной поверки

Определение доли негодных приборов проводилось по выражению:

$$P_i = \frac{n_{in}}{N_i}; P_i\% = P_i 100\%, \quad (1)$$

где P_i — доля негодных i -х приборов, выраженная в процентах; N_i — общее количество i -х приборов, шт.; n_{in} — количество негодных i -х приборов, шт.

Анализ номенклатуры преобразователей расхода проводился по группам, образованным в соответствии с методами измерений. Преобразователи расхода, поверка которых проводилась беспроточными способами, при анализе не учитывались

Количественные показатели характеризуют только число приборов, прошедших поверку в той или иной организации.

Из табл. 2 видно, что доля негодных тепловычислителей СПТ всех модификаций увеличилась с 10 до 38,02%; доля негодных тепловычислителей Supercal возросла с 0 до 23,07%; доля негодных тепловычислителей ВКТ-5, ВКТ-7 практически не изменилась; доля негодных тепловычислителей «Взлёт» МТ 200 DS снизилась с 60 до 33%, а «Взлёт» ТСРВ всех модификаций снизилась с 38,46 до 21,77%. Большую величину неисправных КМ5-4 можно объяснить специфической методикой поверки, когда вычислитель поверяется в комплекте с двумя преобразователями расхода. В целом доля негодных тепловычислителей в 2004–2005 годах составляла до 60%, а в 2016–2017-х — от 15 до 33%.

Анализ номенклатуры преобразователей расхода проводился по группам, образованным в соответствии с методами измерений. При этом преобразователи расхода, поверка которых проводилась беспроточными способами, при анализе не учитывались. Результаты анализа представлены в табл. 3.



Существенно увеличилось применение групп тахометрических и электромагнитных преобразователей расхода, незначительно увеличилось применение группы вихревых и снизилось использование группы ультразвуковых. В целом доля негодных преобразователей расхода в 2004–2005 годах составляла от 9 до 25 %, а в 2016–2017-х — от 14 до 23 %.

Для выявления неисправностей и повышения достоверности показаний является обязательной установка на ИТП дублирующих показывающих термометров и манометров. Оценку исправности преобразователей расхода в подающем и обратном трубопроводах можно проводить методом сравнения показаний среднесуточных значений количества с допустимым расхождением результатов $\pm 2\%$

В составе теплосчётчиков наиболее часто применяются комплекты термопреобразователей сопротивления платиновых для измерения разности температур КТСПР, а для измерения температуры в трёхпоточных теплосчётчиках дополнительно используются термометры сопротивления ТСП и Pt500. Сравнение номенклатуры преобразователей температуры в 2004–2005 и 2016–2017 годах представлено в табл. 4. В целом доля негодных преобразователей температуры в 2004–2005 годах составляла от 0 до 21 %, а в 2016–2017-х — от 0 до 27 %.

Применение преобразователей давления в схемах организации учёта предусмотрено правилами учёта [2, 3].

Снизился объём использования конструктивно сложных преобразователей «Метран» и «Сапфир» в пользу более простых — ПДВХ-1-02, ИД, КРТ. В целом доля негодных преобразователей давления в 2004–2005 годах составляла от 20 до 90 %, а в 2016–2017-х — от 0 до 39 %.

Анализ метрологической годности теплосчётчика

Средневзвешенные доли негодных компонент теплосчётчика определялись в относительных единицах и в процентах:

$$P_{ij} = \frac{(P_{i1}N_{i1}) + (P_{i2}N_{i2}) + \dots + (P_{im}N_{im})}{N_{i1} + N_{i2} + \dots + N_{im}};$$

$$P_{ij\%} = P_{ij}100\%.$$

В правилах учёта 1995 года [2] указывалось, что преобразователи избыточно-

го давления применяются при тепловой нагрузке более 0,5 Гкал/ч. Действующие правила учёта 2013 года [3] предполагают обязательную установку преобразователей давления на объектах коммерческого учёта с нагрузкой более 0,1 Гкал/ч.

Результаты оценки доли негодных измерительных комплектов для всех групп по данным работ [3, 5] и данным табл. 6 представлены в табл. 7. По результатам можно сделать вывод, что доля негодных соответствующих комплектов увеличивается с увеличением числа преобразователей, входящих в теплосчётчик. Для средневзвешенных долей негодных преобразователей в 2016–2017 годах оценки негодных измерительных комплектов составляли от 0,3522 до 0,672.

Для выявления неисправностей и повышения достоверности показаний является обязательной установка на ИТП дублирующих показывающих термометров и манометров. А также комплектация сильфонных отводов трёхходовыми кранами типа КТНМ со штуцером под контрольный манометр.

Оценку исправности преобразователей расхода в подающем и обратном трубопроводах можно проводить методом сравнения показаний среднесуточных значений количества с допустимым расхождением результатов $\pm 2\%$.

Обязать основные теплоснабжающие организации размещать на сайте среднесуточные значения температуры исходной холодной воды, температуры наружного воздуха, температур и давления в подающем и обратном трубопроводах по каждой магистрали.

Сравнение номенклатуры и доля негодных преобразователей температуры

табл. 4

Наименование, тип прибора	Количество приборов, поступивших на поверку в период		Количество приборов, поступивших на поверку в период	
	2004–2005 годы		2016–2017 годы	
	Всего, шт.	Негодных, %	Всего, шт.	Негодных, %
Термометр сопротивления Pt500	37	0	48	0
Термометр сопротивления ТСП	79	21,51	73	27,39
Термометр сопротивления КТСПР	6	0	23	4,34
Термометр сопротивления КТПТР	293	1,02	240	10,0

Сравнение номенклатуры и доля негодных преобразователей давления

табл. 5

Наименование, тип прибора	Количество приборов, поступивших на поверку в период		Количество приборов, поступивших на поверку в период	
	2004–2005 годы		2016–2017 годы	
	Всего, шт.	Негодных, %	Всего, шт.	Негодных, %
«Метран», все модификации	53	37,73	32	37,5
«Сапфир», все модификации	31	90,32	12	25,0
ПДВХ-1-02	0	0	170	15,88
«ОВЕН-100»	0	0	50	26,0
ИД	0	0	120	20,83
МТ-100	5	20,0	18	27,77
КРТ	24	20,83	135	25,18



Средневзвешенные доли негодных комплектующих теплосчётчика

табл. 6

№	Наименование комплектующих	2004–2005 годы	2016–2017 годы
1	Тепловычислители $P_{ТВ}$	0,2323	0,2489
2	Преобразователи расхода P_P	0,1607	0,1863
3	Преобразователи температуры P_T	0,0481	0,1171
4	Преобразователи избыточного давления P_D	0,4916	0,2215

Доли негодных измерительных комплектов для различных групп теплосчётчиков

табл. 7

№	Группы теплосчётчиков	Расчётная формула и доля негодных комплектов 2004–2005 годы	2016–2017 годы
1	Однопоточные	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + P_P^2 + 2P_T^2} = 0,2907$	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + P_P^2 + 2P_T^2} = 0,3522$
2	Двухпоточные, нагрузка до 0,5 Гкал/ч	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 2P_P^2 + 2P_T^2} = 0,3322$	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 2P_P^2 + 2P_T^2 + 2P_D^2} = 0,5068$
3	Двухпоточные, нагрузка более 0,5 Гкал/ч	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 2P_P^2 + 2P_T^2 + 2P_D^2} = 0,7705$	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 2P_P^2 + 2P_T^2 + 2P_D^2} = 0,5068$
4	Трёхпоточные	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 3P_P^2 + 3P_T^2 + 3P_D^2} = 0,9292$	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 3P_P^2 + 3P_T^2 + 3P_D^2} = 0,5653$
5	Четырёхпоточные	Не производились и не устанавливались	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 4P_P^2 + 4P_T^2 + 4P_D^2} = 0,6722$



Выводы

1. Рассмотренная методика и результаты оценки негодности теплосчётчика в ходе периодической поверки следует рассматривать как укрупнённый показатель надёжности прибора и достоверности результатов измерений.
2. Полученные результаты не носят коммерческий характер и актуальны для современных модификаций теплосчётчиков традиционных для города Самары производителей.

Анализ результатов периодической поверки позволяет с метрологической точки зрения более обоснованно формировать перечень рекомендуемых приборов учёта

3. Снижение доли негодных теплосчётчиков возможно путём выбора комплектующих с наименьшей долей негодности уже на стадии проектирования и комплектации узла учёта тепловой энергии.
4. Анализ результатов периодической поверки позволяет с метрологической точки зрения более обоснованно формировать перечень рекомендуемых приборов учёта.
5. Полученные результаты могут быть использованы при разработке стандартов по теплоснабжению, а также при прогнозировании затрат на метрологическое и текущее обслуживание действующих систем учёта тепловой энергии. ●

1. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон от 11.06.2008 №102-ФЗ (посл. ред.).
2. Правила учёта тепловой энергии и теплоносителя: Приказ Министерства топлива и энергетики РФ от 12.09.1995 №ВК-4936 (утратил силу с 25.01.2015 на основании Приказа Минэнерго России от 27.11.2014 №871).
3. Правила коммерческого учёта тепловой энергии, теплоносителя: Постановление Правительства РФ от 18.11.2013 №1034-ПП (посл. ред.).
4. Немченко В.И., Желтухин А.А., Карпиков О.А. Оценка надёжности систем коммерческого учёта тепловой энергии по результатам поверки / Повышение эффективности зданий и сооружений: Межвуз. сб. науч. трудов. Вып. 4. — Самара: СГАСУ, 2009.
5. Немченко В.И., Зубков Д.Н. Системный анализ приборов коммерческого учёта тепловой энергии по результатам периодической поверки / Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий: Сб. трудов IV Межд. науч.-практ. конф. (5–11.04.2018). — М.: НИЯУ МИФИ, 2018. С. 221–226.
6. Немченко В.И., Посашков М.В., Крайнов О.К., Бодягин А.А., Зубков Д.Н. Сравнительный анализ приборного парка коммерческого учёта тепловой энергии в Самаре // Градостроительство и архитектура, 2019. №1. С. 25–32.
7. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы: учебник для вузов. Изд. 3-е, перераб. — М.: Энергия, 1978. 704 с.
8. Немченко В.И. Системный анализ регулирования тепловой нагрузки и повышение эффективности теплоснабжения микрорайона г. Самары // Вестник СамГТУ. Серия: Технические науки, 2010. №7. С. 172–179.

References — see page 78.

Assessment of the proportion of unusable heat meters and components based on the results of verification. Pp. 42–45.

Vladimir I. Nemchenko, PhD, Associate Professor, the Department of Management and System Analysis of Thermal Power and Social Engineering Complexes (MSA of TPSEC);
Mikhail V. Posashkov, PhD, Associate Professor, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, [Samara State Technical University](#) (Samara city)

1. *Ob obespechenii edinstva izmerenij* [On ensuring the uniformity of measurements]. *Federal'nyj zakon ot 11.06.2008 №102-FZ (posl. red.)* [Federal Law of the Russian Federation dated June 11, 2008, No. 102-FZ (last edition)]. [In Russian]
2. *Pravila ucheta teplovoj energii i teponositelja* [Rules for metering heat energy and coolant]. *Prikaz Ministerstva topliva i jenergetiki RF ot 12.09.1995 №VK-4936 (utratil silu s 25.01.2015 na osnovanii Prikaza Minjenergo Rossii ot 27.11.2014 №871)* [Order of the Ministry of Fuel and Energy of the Russian Federation dated September 12, 1995, No. VK-4936 (invalidated from January 25, 2015, on the basis of the Order of the Ministry of Energy of Russia dated November 27, 2014, No. 871)]. [In Russian]
3. *Pravila kommercheskogo ucheta teplovoj energii, teponositelja* [Rules for commercial metering of heat energy, heat carrier]. *Postanovlenie Pravitelstva RF ot 18.11.2013 №1034-PP (posl. red.)* [Resolution of the Government of the Russian Federation of November 18, 2013, No. 1034-PP (last edition)]. [In Russian]
4. VI. Nemchenko, A.A. Zheltuhin, O.A. Karpikov. *Ocenka nadezhnosti sistem kommercheskogo ucheta teplovoj energii po rezul'tatam poverki* [Assessment of the reliability of commercial heat metering systems based on the results of calibration]. *Povyshenie jeffektivnosti zdanij i sooruzhenij: Mezhevuz. sb. nauch. trudov* [Improving the efficiency of buildings and structures: Interuniversity collection of scientific papers]. Issue 4. Samara. SGASU [Samara State University of Architecture and Civil Engineering]. 2009. [In Russian]
5. VI. Nemchenko, D.N. Zubkov. *Sistemnyj analiz priborov kommercheskogo ucheta teplovoj energii po rezul'tatam periodicheskoy poverki* [System analysis of commercial heat metering devices based on the results of periodic verification]. *Aktualnye problemy i puti razvitija jenergetiki, tehniki i tehnologii: Sb. trudov IV Mezhd. nauch.-praktich. konf.* [Actual problems and ways of development of energy, engineering and technology: Proc. of the IV International Scientific and Practical Conference]. April 5–11, 2018. Moscow. NIJaU MIFI [Moscow Engineering Physics Institute (MEPhI) National Research Nuclear University]. 2018. Pp. 221–226. [In Russian]
6. VI. Nemchenko, M.V. Posashkov, O.K. Krajnov, A.A. Bodjagin, D.N. Zubkov. *Sravnitel'nyj analiz pribornogo parka kommercheskogo ucheta teplovoj energii v Samare* [Comparative analysis of the instrument park for commercial metering of heat energy in Samara city]. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* ["Urban planning and architecture" Magazine]. 2019. No. 1. Pp. 25–32. [In Russian]
7. V.P. Preobrazhenskij. *Teplotekhnicheskie izmerenija i pribory: uchebnik dlja vuzov* [Thermal measurements and devices: textbook for universities]. 3rd edition, rev. Moscow. *Jenergija* ["An Energy" Publishing]. 1978. 704 p. [In Russian]
8. VI. Nemchenko. *Sistemnyj analiz regulirovanija teplovoj nagruzki i povysenie jeffektivnosti teplosnabzhenija mikrorajona g. Samary* [System analysis of regulation of heat load and increase in the efficiency of heat supply in the microdistrict of Samara city]. *Vestnik SamGTU. Serija: Tehnicheskie nauki* [Bulletin of the Samara State Technical University. Series: Engineering Sciences]. 2010. No. 7. Pp. 172–179. [In Russian]