

В. И. НЕМЧЕНКО
М. В. ПОСАШКОВ
О. К. КРАЙНОВ
А. А. БОДЯГИН
Д. Н. ЗУБКОВ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИБОРНОГО ПАРКА КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В САМАРЕ

COMPARABLE ANALYSIS OF THE INSTRUMENT PARK OF COMMERCIAL ACCOUNTING
OF THERMAL ENERGY IN THE URBAN DISTRICT SAMARA

Проведен сравнительный метрологический анализ приборного парка коммерческого учета тепловой энергии и теплоносителя горячей воды по результатам периодической поверки средств измерений в 2004 – 2005 и 2016 – 2017 гг. Рассмотрена методика оценки годности теплосчетчиков и их комплектующих (преобразователи расхода, температуры, давления) и измерительных комплектов на их основе. Полученные Результаты анализа позволяют с метрологической точки зрения более обоснованно формировать перечень рекомендуемых приборов учета, а также будут полезны при прогнозировании затрат на метрологическое и текущее обслуживание действующих систем учета тепловой энергии.

Ключевые слова: коммерческий учет, теплосчетчик, преобразователи расхода, преобразователи температуры, преобразователи давления, периодическая поверка, доля не годных к применению приборов

Массовая установка коммерческих приборов учета тепловой энергии на тепловых сетях и у потребителей началась в Самаре с 1995 г.

В соответствии с нормативными требованиями теплосчетчики и их комплектующие должны проходить периодическую поверку [1, 2]. Теплосчетчик как изделие имеет межповерочный интервал, который определяется межповерочными интервалами его элементов. Межповерочный интервал устанавливается для каждого средства измерения при проведении испытаний в целях утверждения его типа органами Росстандарта и составляет для тепловычислителей от 2 до 4 лет, для преобразователей расхода – от 2 до 6 лет, для преобразователей температуры – от 2 до 4 лет, для преобразователей давления – от 1 до 4 лет. Например, межповерочный интервал комплекта тепловычислителя СПТ-92 с термометрами сопротивления ТСМ и измерительными диафрагмами ДКС с преобразователями перепада давления «Сапфир» составлял один год. Такие измерительные комплекты составляли большинство и устанавливались на границе балансовой ответственности магистральных

A comparative metrological analysis of the instrument fleet of commercial accounting of heat energy and coolant was carried out based on the results of periodic calibration of measuring instruments in 2004 – 2005 and 2016 – 2017. Methods reviewed for assessing the suitability of coolants and their components (flow, temperature, pressure transducers) and measuring sets based on them. From the metrological point of view, the obtained results of the analysis make it more reasonable to form a list of recommended metering devices, and they will also be useful in predicting the costs of metrological and routine maintenance of existing heat metering systems.

Keywords: commercial account, heat meter; converters of an expense, temperature, pressure; periodic checking; share not of suitable devices

и коммунальных тепловых сетей в 1994-1996 гг. до внедрения в ОАО «Полет» проливной поверочной установки, позволяющей поверять преобразователи расхода других типов.

Средства измерений, не прошедшие поверку, признаются не годными к применению, а результаты их измерений считаются недействительными и в коммерческих расчетах не используются. По количеству не годных средств измерений можно судить о качестве приборной продукции, о необходимом рабочем резерве исправных приборов, а также о надежности и достоверности приборного учета. К сожалению, публикации по данному направлению практически отсутствуют.

В 2013 г. введены новые Правила учета тепловой энергии, теплоносителя [2], которые предполагают обязательную установку преобразователей давления на все объекты потребителей тепла. Введение дополнительных элементов в состав теплосчетчиков может снизить метрологическую годность.

В работах [3, 4] представлены результаты статистического анализа данных периодиче-

ской покомпонентной поверки приборов учета в 2004-2005 гг. в метрологическом центре ЗАО «Предприятие тепловых сетей» и в 2016-2017 гг. в Государственном региональном центре стандартизации, метрологии и испытаний Самарской области (ФБУ «Самарский ЦСМ»).

Цель настоящей работы – метрологический анализ приборного парка коммерческого учета тепловой энергии и теплоносителя горячей воды по результатам периодической поверки средств измерений в 2004-2017 гг. В работе не рассматриваются теплосчетчики с преобразователями расхода переменного перепада давления.

Системы учета тепловой энергии. К основным технологическим группам теплосчетчиков, применяемых в Самаре [5], относятся в соответствии с действующими Правилами учета [2]:

– однопоточные («квартирные») – закрытые зависимые системы отопления с нагрузкой менее 0,1 Гкал/ч;

– двухпоточные – закрытые независимые системы отопления с контролем расхода в подпиточном трубопроводе; закрытые зависимые системы отопления с дополнительным контролем расхода в обратном трубопроводе; учет на границе смежных тепловых сетей;

– трехпоточные – 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;

– четырехпоточные – 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.

Теплосчетчик в зависимости от технологической группы может включать от 4 до 9 компонент (элементов). Стандартная комплектация теплосчетчиков, которая позволяет проводить покомпонентную поверку, следующая: однопоточные – тепловычислитель, преобразователь расхода и два термопреобразователя сопротивления; двухпоточные – тепловычислитель, два преобразователя расхода, два термопреобразователя сопротивления и два преобразователя давления; трехпоточные – тепловычислитель, три преобразователя расхода, три термопреобразователя сопротивления и три преобразователя давления; четырехпоточные – тепловычислитель, четыре преобразователя расхода, четыре термопреобразователя сопротивления и четыре преобразователя давления.

Основные технологические группы и типы теплосчетчиков, применяемые в Самаре в 2004-2005 и 2016-2017 гг., приведены в табл. 1. Видно, что за 12 лет типовой состав теплосчетчиков практически не изменился. Применяются современные модификации теплосчетчиков традиционных для Самары производителей: АО НПФ «Логика», АО «Теплоком», ГК «Взлет», ОАО «ТБН Энергосервис», АО «ASWEGA». Как видно из рис. 1, наиболее широко применяются теплосчетчики АО «Теплоком», ГК «Взлет».

Таблица 1

Технологические группы и типы теплосчетчиков

Группы теплосчетчиков Состав: теплосчетчик/ расходомер/ термопреобразователь/ преобразователь давления	Основные типы теплосчетчиков	
	2004-2005 гг. [3]	2016-2017 гг. [4]
Однопоточные 1/1/2/-	SUPERCAL	SUPERCAL, DIO HYDROCLIMA, HYDROCAL, САЯНЫ
Двухпоточные 1/2/2/2	«ВЗЛЕТ» ТСРВ-022, МТ200 DS; ВКТ-2, ВКТ-3, ВКТ-5, SA94/2 KM-5-4	«ВЗЛЕТ» ТСРВ-023, ТСРВ-024, МТ200 DS; ВКТ-5, KM5-4
Трехпоточные 1/3/3/3	ВКТ-5; SA 94/3	ВКТ-5, SA 94/3
Четырехпоточные 1/4/4/4	–	KM5-6

Сравнение результатов покомпонентной поверки. Определение доли не годных приборов проводилось по соотношению

$$P_i = \frac{n_{in}}{N_i} \cdot 100 \% \text{ или } P_i = \frac{n_{in}}{N_i},$$

где P_i – доля не годных i -х приборов, %; N_i – общее количество i -х приборов, шт.; n_{in} – количество не годных i -х приборов, шт.

Средневзвешенное значение доли не годных компонент теплосчетчика определялось по формуле

$$P_{ij} = \frac{(n_{in1}N_{i1}) + (n_{in2}N_{i2}) + \dots + (n_{inm}N_{im})}{(N_{i1} + N_{i2} + \dots + N_{im})}.$$

Теплосчетчики, неисправность которых была установлена в процессе эксплуатации средствами самодиагностики приборов в коли-

честве неисправных приборов, не учитывались. Количественные показатели характеризуют только то, какое число приборов прошло поверку в той или иной организации.

Из рис. 2 видно, что доля не годных тепловычислителей СПТ всех модификаций SUPERCAL возросла с 0 до 21 %; тепловычислителей ВКТ-5, ВКТ-7 практически не изменилась; тепловычислителей ВЗЛЕТ МТ200DS снизилась с 60 до 33 %, а ВЗЛЕТ ТСРВ всех модификаций снизилась с 37 до 22 %. В целом доля не годных тепловычислителей в 2004 – 2005 гг. составляла до 60 %, а в 2016 – 2017 гг. – от 15 до 33 %.

Анализ номенклатуры преобразователей расхода проводился по группам, образованным в соответствии с методами измерений. Преобразователи расхода, поверка которых прово-

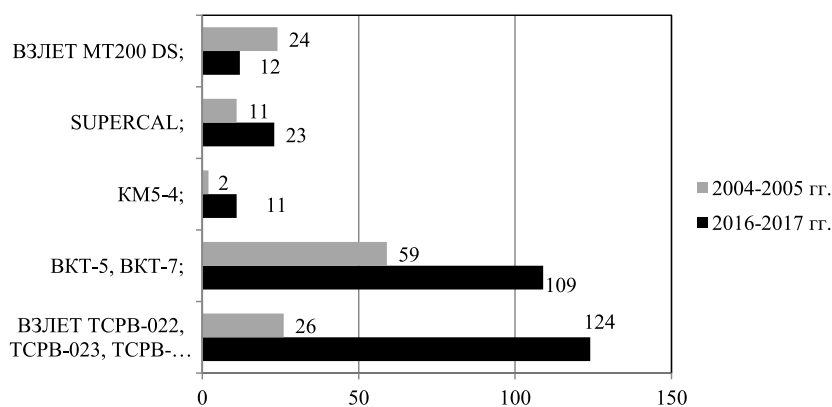


Рис. 1. Сравнение номенклатуры тепловычислителей в 2004 – 2005 и 2016 – 2017 гг.

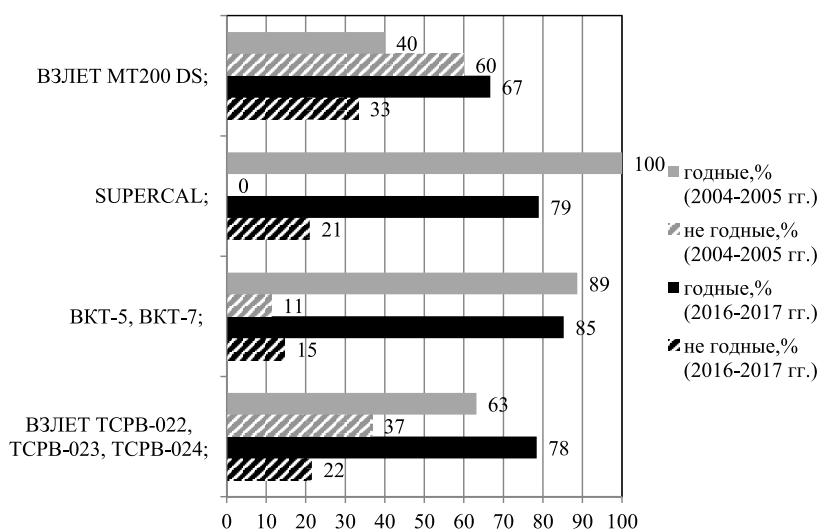


Рис. 2. Доля годных и не годных тепловычислителей в 2004 – 2005 и 2016 – 2017 гг.

дидась беспроливными способами, например, расходомеры переменного перепада давления, ультразвуковые и вихревые расходомеры, при анализе не учитывались. Результаты анализа показаны на рис. 3. Существенно увеличилось применение групп тахометрических и электромагнитных преобразователей расхода, незначительно увеличилось применение группы вихревых и снизилось использование группы ультразвуковых. В целом доля не годных преобразователей расхода в 2004 – 2005 гг. составляла от 9 до 25 %, а в 2016 – 2017 гг. – от 14 до 23 %.

В составе теплосчетчиков наиболее часто применяются комплекты платиновых термопреобразователей сопротивления для измерения разности температур КТСРР, а для

измерения температуры в трехпоточных теплосчетчиках дополнительно используются термометры сопротивления ТСП и Pt500. Сравнение номенклатуры преобразователей температуры в 2004 – 2005 и 2016 – 2017 гг. представлено на рис. 5. В целом доля не годных преобразователей температуры в 2004 – 2005 гг. составляла от 0 до 21 %, а в 2016 – 2017 гг. – от 0 до 27 %.

Применение преобразователей давления для всех схем учета и нагрузок предусмотрено Правилами учета [2]. Снизился объем использования конструктивно сложных преобразователей «Метран» и «Сапфир» в пользу более простых – ПДВХ-1-02, ИД, КРТ. В целом доля не годных преобразователей давления в 2004 – 2005 гг. составляла от 20 до 90 %, а в 2016 – 2017 гг. – от 0 до 39 %.

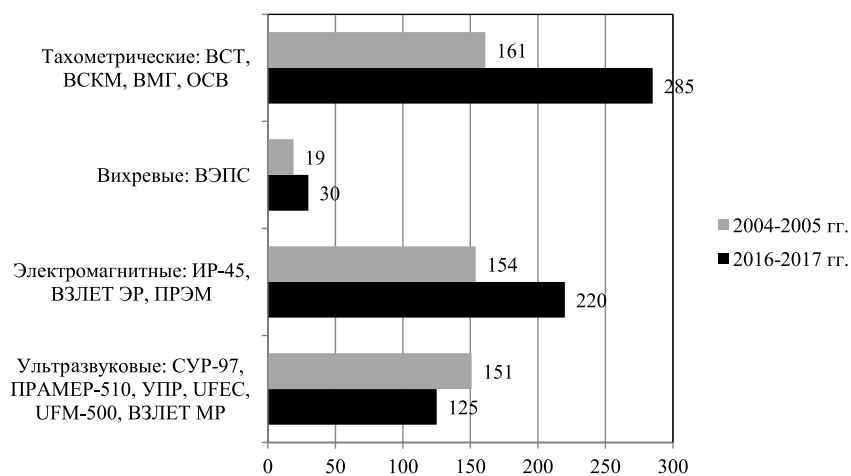


Рис. 3. Сравнение номенклатуры преобразователей расхода в 2004 – 2005 и 2016 – 2017 гг.

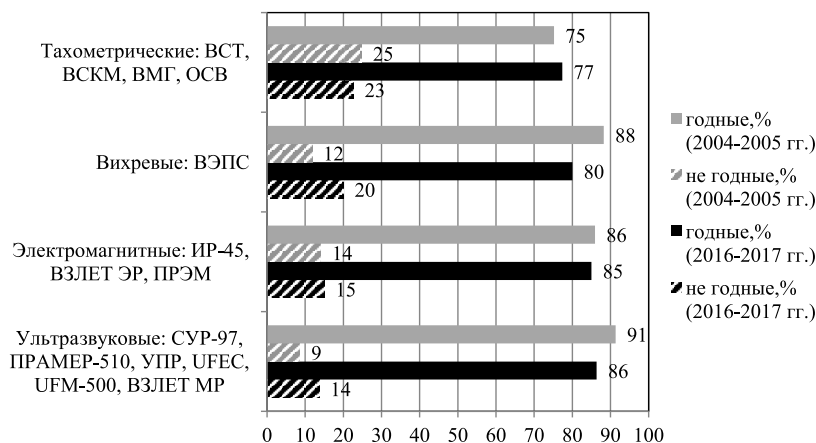


Рис. 4. Доля годных и не годных преобразователей расхода в 2004 – 2005 и 2016 – 2017 гг.

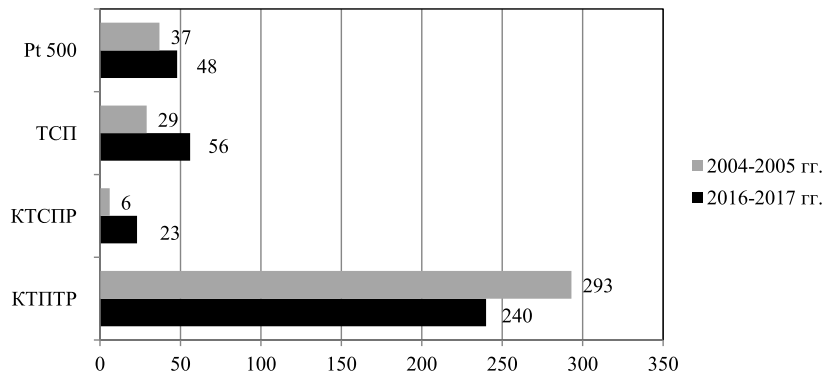


Рис. 5. Сравнение номенклатуры преобразователей температуры в 2004 – 2005 и 2016 – 2017 гг.

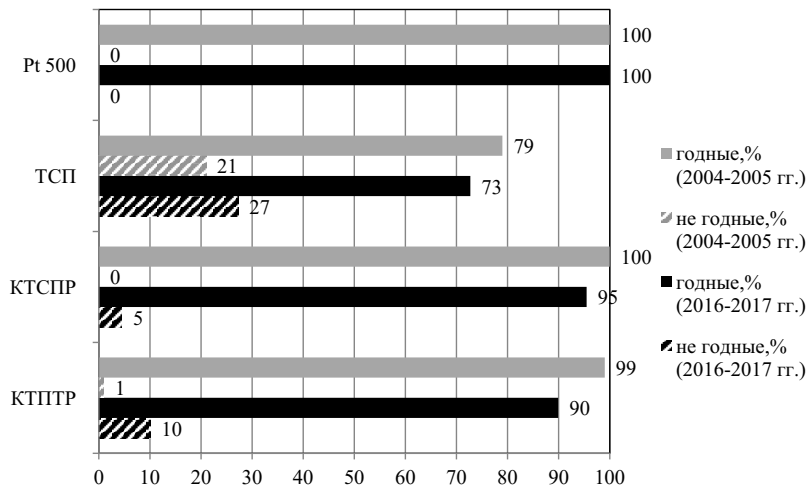


Рис. 6. Доля годных и не годных преобразователей температуры в 2004 – 2005 и 2016 – 2017 гг.

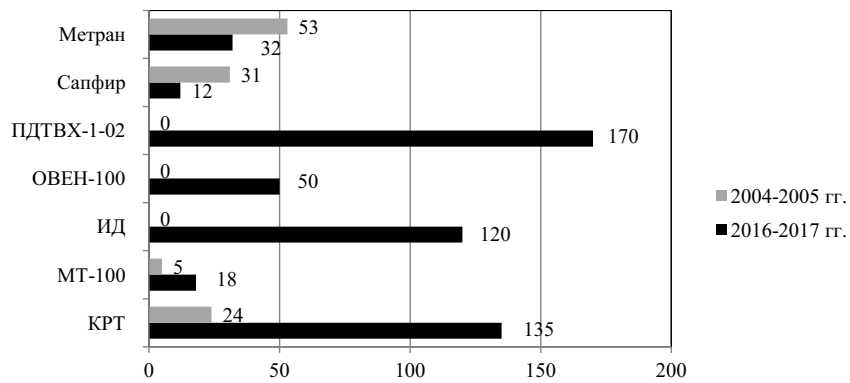


Рис. 7. Сравнение номенклатуры преобразователей давления в 2004 – 2005 и 2016 – 2017 гг.

Анализ годности измерительных комплектов. В табл. 2 представлены группы приборов по Правилам учета 1995 г. [6], а в табл. 3 – по Методике [2]. В анализе участвовали приборы, выпущенные до 2014 г. Анализировались однопоточный, двухпоточный, трехпоточный и четырехпоточный измерительные комплекты теплосчетчиков как наиболее распространенные в Самаре. Измерительный комплект теплосчетчика представляет собой последовательное соединение элементов. Негодность

любого из элементов вызывает негодность всего измерительного комплекта. Количество тепловой энергии – косвенно измеряемая величина, связанная функционально с независимыми друг от друга величинами (расход, температура, давление), измеряемыми прямым однократным образом. Поэтому оценка доли не годных приборов проводилась по формулам, принятым по рекомендациям [3, 7], по средневзвешенным долям не годных теплосчетчиков $P_{ТВ}$, преобразователей расхода P_P , температуры P_T и давления P_D .

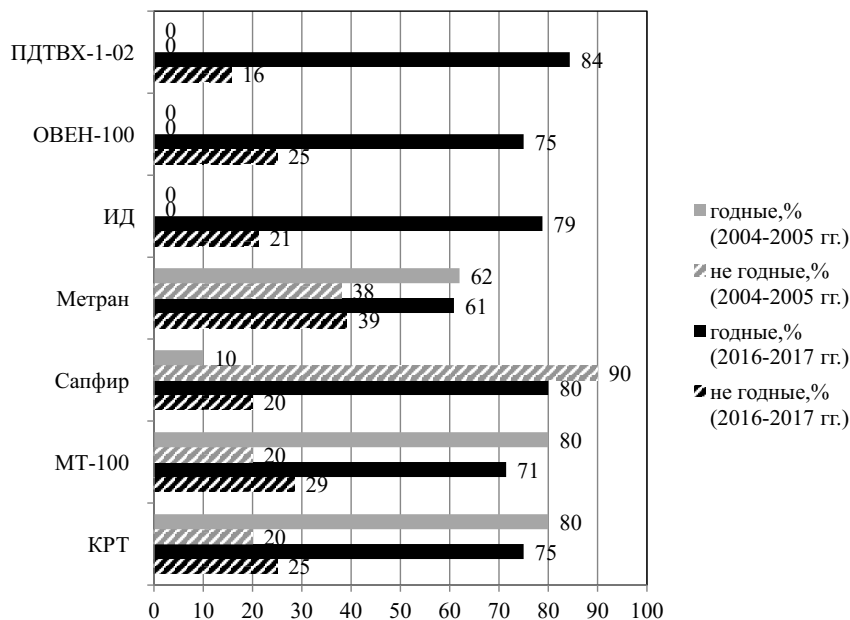


Рис. 8. Доля годных и не годных преобразователей давления в 2004 – 2005 и 2016 – 2017 гг.

Таблица 2

Оценка доли не годных измерительных комплектов по данным 2004 – 2005 гг. [3]

Группы теплосчетчиков. Состав: теплосчетчик/расходомер/датчик температуры/датчик давления	Расчетная формула	Оценка доли не годных комплектов
Однопоточные 1/1/2/-	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + P_P^2 + 2P_T^2}$	0,1414
Двухпоточные, нагрузка до 0,5 Гкал/ч 1/2/2/	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 2P_P^2 + 2P_T^2}$	0,2454
Двухпоточные, нагрузка более 0,5 Гкал/ч 1/2/2/2	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 2P_P^2 + 2P_T^2 + 2P_D^2}$	0,5499
Трехпоточные 1/3/3/3	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 3P_P^2 + 3P_T^2 + 3P_D^2}$	0,6868

Примечание. В расчетах доли не годных измерительных комплектов приняты $P_{ТВ} = 0,15$, $P_P = 0,132$, $P_T = 0,036$, $P_D = 0,348$ [3]

Таблица 3

Оценка доли не годных измерительных комплектов по данным 2016 – 2017 гг. [4]

Группы теплосчетчиков. Состав: теплосчетчик/расходомер/датчик температуры/датчик давления	Расчетная формула	Оценка доли не годных комплектов
Однопоточные 1/1/2/-	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + P_P^2 + 2P_T^2}$	0,3424
Двухпоточные 1/2/2/2	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 2P_P^2 + 2P_T^2 + 2P_D^2}$	0,4712
Трехпоточные 1/3/3/3	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 3P_P^2 + 3P_T^2 + 3P_D^2}$	0,5540
Четырехпоточные 1/4/4/4	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 4P_P^2 + 4P_T^2 + 4P_D^2}$	0,6260

Примечание. В расчетах доли не годных измерительных комплектов приняты $P_{ТВ} = 0,2287$, $P_P = 0,1848$, $P_T = 0,1096$, $P_D = 0,197$ [4]

Результаты оценки доли не годных измерительных комплектов по данным 2004 - 2005 гг. [3] и данным 2016 – 2017 гг. [4] представлены в табл. 2 и 3. По результатам можно сделать вывод, что доля не годных соответствующих комплектов возрастает с увеличением числа преобразователей, участвующих в учете. Для средневзвешенной доли не годных преобразователей в 2016 – 2017 гг. оценка не годных измерительных комплектов составляла от 0,3424 до 0,626.

Выводы. 1. При организации узлов учета тепловой энергии в 2004 – 2014 гг. применялись современные модификации приборов традиционных для Самары производителей.

2. Доля негодности элементов теплосчетчика закладывается на стадии формирования задания на проектирование при субъективном выборе средств измерений.

3. Анализ результатов периодической поверки позволяет с метрологической точки зрения более обоснованно формировать перечень рекомендуемых приборов учета.

4. Результаты оценки доли не годных измерительных комплектов будут полезны при прогнозировании затрат на метрологическое и текущее обслуживание действующих систем учета тепловой энергии.

3. Немченко В.И., Желтухин А.А., Карников О.А.

Оценка надежности систем коммерческого учета тепловой энергии по результатам поверки // Повышение эффективности зданий и сооружений: межвузов. сборник науч. трудов. Вып. 4 / СГАСУ. Самара, 2009. С. 221–226.

4. Немченко В.И. Системный анализ приборов коммерческого учета тепловой энергии по результатам периодической поверки // Сборник трудов IV Международной научно-практической конф. «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий» (5-11 апреля 2018 г.). М.; Балаково: НИЯУ МИФИ; БИТИ НИЯУ МИФИ, 2018. С. 221–226.

5. Немченко В.И., Зубков Д.Н. Системный анализ регулирования тепловой нагрузки и повышение эффективности теплоснабжения микрорайона г. Самары // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2010. Вып. №7(28). С. 172–179.

6. Правила учета тепловой энергии и теплоносителя №954 / Главгосэнергонадзор. М.: Изд-во МЭЦ, 1995. 68 с.

7. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы. 3-е изд., перераб. М.: Энергия, 1978. 704 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ.

2. Методика осуществления коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя. Зарегистр. в Минюсте России 12.09.2014 г. №34040.

Об авторах:

НЕМЧЕНКО Владимир Иванович

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления и системного анализа теплоэнергетических и социотехнических комплексов
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: nemchenko_vi@mail.ru

NEMCHENKO Vladimir I.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Management and Systems Analysis of Thermal Power and Socio-Technical Complexes Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: nemchenko_vi@mail.ru

ПОСАШКОВ Михаил Викторович

кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции
Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194
E-mail: b111ik@mail.ru

POSASHKOV Mikhail V.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194
E-mail: b111ik@mail.ru

КРАЙНОВ Олег Константинович

главный метролог
ФБУ «Самарский ЦСМ»
443013, Россия, г. Самара, проспект Карла Маркса, 134,
тел. (846) 336-91-93
E-mail: csm63@mail.ru

KRAYNOV Oleg K.

Chief Metrologist
Federal Budget Institution «State Regional Center for Standardization, Metrology and Testing in the Samara Region»
443013, Russia, Samara, Karla Marksa av., 134,
tel. (846) 336-91-93
E-mail: csm63@mail.ru

БОДЯГИН Алексей Александрович

начальник отдела теплотехнических средств измерений
ФБУ «Самарский ЦСМ»
тел. (846) 336-90-51
443013, Россия, г. Самара, проспект Карла Маркса, 134,
E-mail: teplo@samaragost.ru

BODYAGIN Alexey A.

Head of Thermal Measurement Tools
Federal Budget Institution «State Regional Center for Standardization, Metrology and Testing in the Samara Region»
443013, Russia, Samara, Karla Marksa av., 134,
tel. (846) 336-90-51
E-mail: teplo@samaragost.ru

ЗУБКОВ Дмитрий Николаевич

инженер
ФБУ «Самарский ЦСМ»
443013, Россия, г. Самара, проспект Карла Маркса, 134
E-mail: dmitry.zubkov2016@yandex.ru

ZUBKOV Dmitry N.

Engineer
Federal Budget Institution «State Regional Center for Standardization, Metrology and Testing in the Samara Region»
443013, Russia, Samara, Karla Marksa av., 134
E-mail: dmitry.zubkov2016@yandex.ru

Для цитирования: Немченко В.И., Посашков М.В., Крайнов О.К., Бодягин А.А., Зубков Д.Н. Сравнительный анализ приборного парка коммерческого учета тепловой энергии в Самаре // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, №1. С. 25–32. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.01.5.

For citation: Nemchenko V.I., Posashkov M.V., kraynov o.k., Bodyagin A.A., Zubkov D.N. Comparable analysis of the instrument park of commercial accounting of thermal energy in the urban district Samara // Urban Construction and Architecture. 2019. V.9, 1.Pp. 25–32. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.01.5.