

УДК 389:621.317

В.Т. КОНДРАТОВ

Институт кибернетики им. В.М. Глушкова, г. Киев

А.А. КОРОГОД

Киевский национальный университет технологий и дизайна

ИЗЫТОЧНАЯ ПИРОМЕТРИЯ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В работе изложено состояние избыточной пирометрии и пути ее дальнейшего развития. Представляет интерес для метрологов, специалистов, магистров и аспирантов, изучающих теорию и методы избыточных измерений температуры веществ и материалов.

Ключевые слова: избыточные измерения, оптико-электронные методы измерений, температура, перспективы развития пирометрии

V.T. KONDRATOV

V.M.Glushkov Institute of cybernetics of National academy of Science of Ukraine

A.A. KOROGOD

The Kiev national university of technologies and design, Kiev

REDUNDANT PYROMETRY: THE CONDITION AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Abstract — In paper the condition of redundant pyrometry and a way of its further development is stated.

The paper is of interest for metrologists, experts, masters and the post-graduate students studying the theory and methods of superfluous measurements of temperature of substances and materials.

Keywords: redundant measurements, optiko-electronic methods of measurements, temperature, perspectives of development of pyrometry.

Введение

Пирометрия, — это наука о бесконтактных измерениях² абсолютной, термодинамической, яркостной или радиационной температуры нагретых веществ и материалов конечных размеров посредством измерительного преобразования и сравнения излучаемой ими лучистой энергии с лучистой энергией, воспроизводимой мерой на одной или нескольких длинах волн, на одном или нескольких участках спектра или во всем спектральном диапазоне её существования во времени и в пространстве с учетом соотношения площадей источников излучения и приемника, с последующей обработкой полученных результатов по уравнению измерений, обеспечивающему единство и качество измерений, соответствующее используемому методу измерений, виду уравнений величин (зависимостей), описывающих физические эффекты или явления, положенные в основу принципа измерений указанных температур, а также виду функции преобразования сенсора (фотоприемника).

Процесс измерения основывается на регистрации теплового излучения объекта исследований в форме, удобной для непосредственного приема наблюдателем, с последующим вычислением температуры по уравнению измерений, учитывающему используемый принцип измерений [1].

Как известно, в пирометрии с момента её основания существуют и развиваются две группы методов измерений: радиационные и оптические.

Оптическая пирометрия основывается на зависимости спектральной характеристики излучения от температуры тела в диапазонах инфракрасного излучения и видимого света, то есть, на зависимости цвета излучения от температуры. При применении спектральных методов используются два и более участков спектра [2].

Радиационная пирометрия использует зависимость энергетической яркости (интенсивности) излучения от температуры тела в широком или узком (относительно широком) спектральном диапазоне длин волн, то есть на одном участке спектра. При применении данных методов, значение температуры определяется по измеренной и пересчитанной яркости.

Современную классификацию бесконтактных методов измерений температуры в упрощенном виде представлена на рис.1.

Одним из основных узлов пирометра является фотоприемник, который преобразует энергию теплового излучения в электрический сигнал (ток или напряжение). Обычно пирометр работает в промышленных условиях, т. е. при высоких температурах, давлении, вибрациях и т.п.

Влияние среды приводит к старению конструктивных элементов измерительного канала, к изменению значений параметров функции преобразования измерительного канала. Это обуславливает необходимость проведения частых проверок пирометров, как правило — один раз в год, с целью обеспечения заданных метрологических характеристик. При этом имеют место материальные и временные затраты на проведение проверок. Нестабильность и нелинейность функции преобразования измерительного канала вносит, в свою очередь, дополнительные

² или о методах и средствах измерений

погрешности в результат измерения температуры, что может повлиять на качество продукции. Классические решения проблем повышением качества и метрологической надежности пирометров существующими методами не приводит к желаемым результатам. В этой связи возникает необходимость поиска и развития новых, альтернативных оптико-электронных методов измерения температуры объектов исследований, которые меньше подвержены влияниям внешних дестабилизирующих факторов.

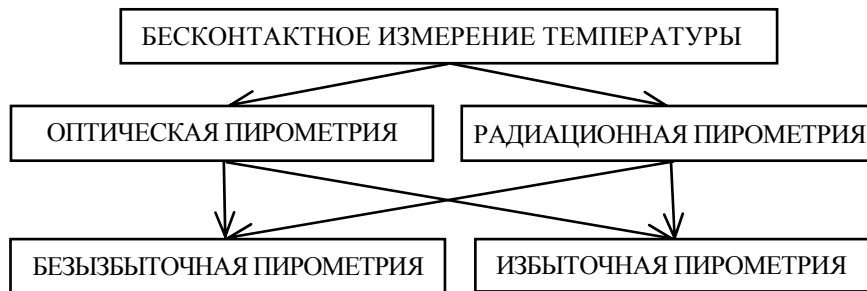


Рис. 1. Современная классификация методов измерения температуры

Исследования показали, что наиболее перспективными являются методы избыточных измерений [3–5, 7–25]. Эти методы осуществляют измерительное преобразование не одной, а нескольких физических величин по одному измерительному каналу (при временном разделении каналов) и обеспечивают автоматическое исключение систематических погрешностей результата измерения, обусловленных отклонением параметров функции преобразования измерительного канала от действия дестабилизирующих факторов.

Объект исследований — нынешнее состояние пирометрии.

Предметом исследований являются: состояние и пути развития оптико-электронных методов избыточных измерений температуры объектов исследования.

Цель работы — изложение состояния и путей дальнейшего развития избыточной пирометрии.

Результаты исследований

1. Состояние оптико-электронных методов избыточных измерений температуры

Сущность методов избыточных измерений (МИИ) температуры состоит в измерительном преобразовании не одного, а нескольких потоков излучения, размеры которых связаны между собой по закону арифметической и/или геометрической прогрессии. Это дает возможность составить систему из n нелинейных уравнений величин с последующим ее решением с целью получения уравнения избыточных измерений [5]. Как показано в работах [9–15], методы избыточных измерений температуры являются уникальными методами. Они могут быть использованы как в оптической, так и в радиационной пирометрии.

Методы избыточные измерения отличаются от остальных структурой математической модели и видом уравнений избыточных измерений. Они, как правило, описываются не одной, а системой математических моделей. Их структура и вид зависят от вида функции преобразования измерительного канала с фотоприемником, от числа используемых потоков оптического излучения, а также от вида закономерных связей между размерами измеряемых потоков.

Особенностью методов избыточных измерений является то, что они обеспечивают получение информации не только о значении искомого потока оптического излучения от объекта исследований, но и о значениях параметров функции преобразования измерительного канала. Они дают возможность определять состояние измерительного канала пирометра и его метрологическую надежность в любой момент времени его эксплуатации.

Благодаря обработке результатов измерительного преобразования потоков оптического излучения по уравнению избыточных измерений (или по уравнению числовых значений (УЧЗ)) обеспечивается автоматическое исключение систематической составляющей погрешности результата измерения, обусловленной изменением значений параметров функции преобразования в течение времени воздействия дестабилизирующих факторов. При использовании многократных измерений и статистической обработки данных достигается уменьшение случайных составляющих погрешности результата избыточных измерений.

Особенностью использования существующих методов статистической обработки данных в избыточной пирометрии является иной порядок обработки результатов измерительного преобразования потоков оптического излучения. В теории избыточных измерений эта процедура осуществляется с использованием методов избыточных измерений II-го и III-го рода [4]. Установлено, что в случае стационарного характера погрешности используются методы избыточных измерений II-го рода, а когда случайная составляющая погрешности представляет собой случайный нестационарный процесс, то используются методы избыточных измерений III-го рода.

Многим фотоприемникам свойственна нелинейная функция преобразования. При прямых измерениях возникает необходимость в исключении погрешности от нелинейности функции преобразования измерительного канала. Методы избыточной пирометрии обеспечивают линейную зависимость результата измерения от искомого потока оптического излучения и автоматическое исключение погрешности от нелинейности. Кроме того, результат измерений получают приведенным к входу измерительного канала.

В пирометрии по-прежнему важной является задача обеспечение высокой точности задания коэффициента излучения объекта исследований. При промышленных измерениях температуры без учета

данного коэффициента погрешность измерений достигает 0,5 ... 1,5% [6]. Установлено, что уменьшение погрешности результата измерений, обусловленной неточностью задания данного коэффициента, может быть осуществлено путем использования метода отношения [7, 8, 16].

Большинство работ, посвященных пирометрическим методам измерений, должным образом не освещают такую проблему пирометрии как обеспечение единства измерений температуры оптико-электронными методами. Согласно ДСТУ 2681-94, под единством измерений понимают состояние измерения, при котором их результаты выражаются в узаконенных единицах, а характеристики погрешностей известны с заданной вероятностью и не выходят за установленные границы.

Анализ известных методов измерений показал, что погрешности результатов измерений в значительной степени зависят от метода измерения. Для обеспечения заданных метрологических характеристик и одних и тех же шкал измерения необходимы значительные затраты времени. Поэтому решение проблемы обеспечения единства измерений с совершенством существующих и с созданием новых высокоэффективных методов и средств бесконтактного измерения температуры. Установлено, что этих недостатков лишены оптико-электронные методы избыточных измерений. Они автоматически решают проблему обеспечения единства измерений, поскольку результат измерений выражается в узаконенных единицах благодаря уравниванию избыточных измерений, которое описывает результат измерений, приведенный к входу измерительного канала.

Применение микроконверторов в пирометрах, реализующих оптико-электронные методы избыточных измерений, дает возможность исключить погрешность квантования, возникающую в результате преобразования аналоговых сигналов в коды чисел при условии, что за время преобразования значение данного коэффициента не изменяется. Обработка результатов измерительных преобразований потоков излучения по априори выведенному уравнению числовых значений обеспечивает не только независимость результата избыточных измерений от параметров функции преобразования измерительного канала, но и от коэффициента преобразования встроенного АЦП в микроконвертор или микроконтроллер.

При использовании избыточной пирометрии решается задача прогнозирования и обеспечения метрологической надежности измерительного канала. В то же время задача повышения точности избыточных измерений требует своего дальнейшего развития.

На сегодня, несмотря на перспективность методов избыточных измерений, в пирометрии нерешенными остаются задачи, связанные с исключением влиянием коэффициента излучения нагретого тела на результат избыточных измерений, с влиянием неоднородности температуры нагретого тела, с уменьшением уровня шумов измерительного канала и другие. Не исключаемой является методическая погрешностью, обусловленная погрешностью воспроизведения мерой нормированного по значению потока оптического излучения. По-прежнему актуальной является задача повышения качества измерений, в том числе за счет повышения точности машинной обработки данных. Все это становится предметом дальнейших исследований, развития и совершенствования методов и средств избыточной пирометрии.

2. Перспективы развития избыточной пирометрии

В связи с развитием фундаментальной теории (сверх)избыточных измерений [26–44], теории структурного анализа уравнений избыточных и сверхизбыточных измерений [45–49], установлены следующие научные направления развития прикладной науки «избыточная пирометрия»:

Научное направление 1

Основу данного направления составляет развитие и исследование сверхизбыточных оптико-электронных методов бесконтактного измерения температуры исследуемых веществ и материалов (объектов) с использованием различных физических эффектов и явлений, положенных в основу принципа измерений, и определяющих вид уравнений (сверх)избыточных измерений. Основное внимание уделяется развитию [8, 16–25]:

- спектральных методов, основанных на измерении интенсивности потоков оптического излучения объекта исследований с учетом формы и ширины спектральных линий, зависящих от значения температуры этого объекта;

- энергетических (радиационных) методов, основанных на использовании:

- а) суммарного (полного) излучения исследуемых объектов или энергетических (радиационных) методов.

При этом энергетическая яркость определяется согласно уравнения величин

$$B(T_x) = \int_0^{\infty} B(\lambda, T_x) d\lambda$$

где $B(T_x)$ – полная энергетическая яркость при температуре T_x ; $B(\lambda, T_x)$ – спектральная энергетическая яркость в узкой области спектра $d\lambda$.

Температура объекта исследований определяется согласно уравнению величин

$$T_x = T_R / \sqrt[4]{\varepsilon_T},$$

где $\varepsilon_T = f(T_x)$ — спектральный коэффициент излучения, не зависящий от длины волны; T_R — радиационная температура.

При $\{\varepsilon_T\} < 1$ $\{T_x\} > \{T_R\}$. С повышением температуры объекта его радиационная температура T_R приближается по своему значению к значению температуры черного тела (ЧТ);

б) *частичного излучения или яркостных методов*.

В этом случае используется закон Вина, описываемый уравнением величин

$$T_x = (C_2 / \lambda) \cdot \left[\frac{C_2}{\lambda T_L} + \ln \varepsilon_{\lambda T} \right],$$

где T_L – яркостная температура; $\varepsilon_{\lambda T} = f(\lambda, T_x)$ – спектральный коэффициент излучения; C_2 – вторая постоянная излучения ($C_2 = 0,01488 \text{ м} \cdot \text{К}$).

Для реальных тел $\varepsilon_{\lambda T} < 1$, а $\ln \varepsilon_{\lambda T}$ имеет отрицательное значение, поэтому $\{T_x\} > \{T_L\}$;

в) *монохроматического излучения исследуемого объекта*.

В основу принципа измерений положен закон Планка, выражающий зависимость спектрального распределения энергетической яркости объекта исследований от абсолютной температуры T_x и описываемый уравнением величин

$$B_{\Pi}(\lambda, T_x) = C_1 \cdot \lambda^{-5} \cdot (C_2 / e^{\lambda T} - 1)^{-1}, \quad (1)$$

где C_1 – первая постоянная излучения ($C_1 = 0,037413 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^2$).

При оптических измерениях используются и известные законы Вина и Релея – Джинса, как частные случаи закона Планка. Закон Вина используется при малых значениях длин волн и температур, т.е. при $\{\lambda\} \cdot \{T_x\} < 2 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ (видимая и ультрафиолетовая области спектра). В этом случае вместо формулы Планка и используется формула Вина, которую запишем в виде уравнения величин

$$B_v(\lambda, T_x) = (C_1 / \pi) \cdot \lambda^{-5} \exp(-C_2 / \lambda T_x).$$

При больших значениях длин волн, т.е. при $\{\lambda\} \cdot \{T_x\} \gg 0,2 \text{ м} \cdot \text{К}$, и измерениях средних и малых значений температур используется закон Релея – Джинса, который описывается уравнением величин

$$B_p(\lambda, T_x) = (C_1 / C_2) \cdot \lambda^{-4} \cdot T_x.$$

При интегрировании спектральной плотности излучения (1) тела по длине волны условно от 0 до ∞ , получают закон Стефана – Больцмана, описываемый уравнением величин

$$B_c(T_x) = \int_0^{\infty} B_{\Pi} d\lambda = \int_0^{\infty} \frac{C_1}{\pi} \lambda^{-5} \left(\frac{C_2}{e^{\lambda T} - 1} \right) d\lambda = \sigma_0 T_x^4$$

Разработка и исследование оптико-электронных методов (сверх)избыточных измерений температуры объектов исследования, основанных на общенаучной методологии системного подхода, информативной избыточности и на перечисленные выше физических принципах измерений, является важной научно-технической проблемой и составляет предмет исследований данного научного направления.

Научное направление 2

При избыточных измерениях актуальной является проблема повышения быстродействия и точности машинной обработки данных. Решением данной теории занимается теория структурного анализа (и синтеза) уравнений избыточных измерений [45–50]. В избыточной пирометрии развитие и исследование прикладных аспектов теории структурного анализа уравнений избыточных и сверхизбыточных измерений температуры объектов исследований является важной научной проблемой, связанной с развитием следующих направлений.

Направление 2.1

Изучает и решает проблему распараллеливания структур уравнений числовых значений (УЧЗ) с целью сокращения времени машинной обработки данных (или результатов измерительного преобразования рядов физических величин) [46, 47]. Конечной целью является ставление УЧЗ в модифицированном виде, отражающем процесс распараллеливания.

Направление 2.2

Направлено на решение проблемы повышения точности машинной обработки округленных данных по модифицированному УЧЗ, полученному в результате применения тех или иных методов и алгоритмов повышения точности. Результатом является получение конституированных УЧЗ, используемых для машинной обработки данных [50].

Научное направление 3

Проблема повышения точности измерений была и остается актуальной и фундаментальной для любых методов измерений. Третье научное направление связано с использованием в пирометрии и исследованием возможностей итерационных методов повышения точности измерений температуры. В избыточных и сверхизбыточных измерениях данная проблема решается путем использования процедуры пошагового (за 3–5 шагов) уточнения значений параметров нелинейной функции преобразования измерительного канала с сенсором и с последующей математической обработкой полученных данных по модифицированному УЧЗ.

Научное направление 4

Связано с решением проблемы повышения точности оптико-электронных методов бесконтактного измерения температуры за счет использования уникальных свойств уравнений избыточных измерений. Установлено, что повышение точности может быть осуществлено на основе принципа вариантности, сформулированного проф. Кондратовым В.Т. Согласно этому принципу результат обработки округленных и нормированных по разрядности данных может быть представлен через значения базовой варианты, аддитивной и мультипликативной составляющих погрешности ее определения, причем в том, и только в том случае, когда уравнение избыточных или сверхизбыточных измерений по своей структуре можно привести к виду дробно-линейной функции [46–50].

На основе данного принципа была предложена методологии повышения точности обработки округленных данных. Главной особенностью предложенной методологии повышения точности обработки округленных данных по установленному УЧЗ является то, что каждый результат измерительного преобразования физических величин представляется таким образом, чтобы, после округления, цифры целой части данных были верными, а дробной — сомнительными.



Рис. 2. Структура развития альтернативных методов измерений

При этом результат вычисления значения искомой физической величины может быть представлен в виде произведения нормированной по значению физической величины, воспроизводимой мерой, на базовое значение варианты и на аддитивную и мультипликативную составляющие погрешностей ее определения.

Научное направление 5

Повышение точности бесконтактного измерения температуры объектов методами избыточных измерений достигается за счет применения теории динамического усреднения результатов многократных измерительных преобразований рядов физических величин, разрабатываемой проф. Кондратовым В.Т. В отличие от классического, новый подход к обработке данных предусматривает не рассмотрение результата обработки конечной совокупности данных и определение параметров вероятностных характеристик, а рассмотрение поведения объекта исследований в динамике и нахождение необходимых и достаточных условий оценки процесса динамического усреднения результатов многократных измерительных преобразований физических величин.

Каждый метод динамического усреднения, в части предварительной обработки данных, описывается уравнением величин, структура которого характеризует алгоритм пошагового выделения и усреднения данных и обеспечивает определение текущих значений относительной погрешности.

Перечисленные выше научные направления развития избыточных измерений, в том числе методов и средств избыточной пирометрии, формализовано могут быть представлены в виде структуры, приведенной на

рис.2. Последняя наглядно характеризует собой новейшие направления развития избыточной пирометрии.

Выводы.

На сегодняшний день известны следующие преимущества избыточных измерений температуры объектов исследований: 1) МИИ используются не только при линейной, но и при нелинейных функциях преобразования измерительного канала; 2) МИИ обеспечивают инвариантность результатов измерения к разбросу характеристик фотоприемников и конструктивных элементов (при старении). Это дает возможность замены фотоприемников без изменения алгоритма работы пирометра; 3) в пирометрии МИИ обеспечивают расширение диапазона измерений температуры благодаря работе на всем участке входной характеристики фотоприемника без разделения её на линейные участки; 4) в результате избыточных измерений получают информацию не только о значении искомого потока излучения от объекта исследований, но и о значении параметров функции преобразования измерительного канала; 5) МИИ обеспечивают прогнозирование времени наработки на отказ в любой момент времени эксплуатации пирометра; 6) благодаря обработке результатов измерительного преобразования потоков излучения по уравнению избыточных измерений, обеспечивается автоматическое исключение систематической составляющей погрешности результата измерения, обусловленной изменением значений параметров функции преобразования под действием дестабилизирующих факторов. При этом предполагается, значения параметров остаются постоянными на время измерительного преобразования потоков излучения; 7) МИИ обеспечивают автоматическое решение проблемы обеспечения единства измерений и выдают результат измерений, приведенный к входу измерительного канала.

В избыточных измерениях еще не исчерпаны все методы повышения качества и надежности измерений.

Дальнейшее развитие избыточной пирометрии связано с развитием перечисленных научных направлений, охватывающих решение ряда фундаментальных проблем повышения качества измерений температуры при использовании разных принципов и методов измерений, методов и алгоритмов машинной обработки данных и т.д.

Литература

1. Гордов А.Н. Основы пирометрии, 2 изд. / А.Н. Гордов. – М.: Металлургия, 1971. – 448 с.
2. Методы пирометрии, их достоинства и недостатки. Классификация пирометров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.teplomer.biz/stat/metody-pirometrii-ih-dostoinstva-i-nedostatki-klassifikaciya-pirometrov.php>.
3. Избыточная пирометрия. Режим доступа: <http://kondratov.com.ua/index.php/fundamentalnaya-metrologiya/teoriya-izbytochnykh-izmerenij/nauchnye-napravlenija/izbytochnaja-pirometrija>.
4. Кондратов В.Т. Математические модели избыточных измерений I-го, II-го и III-го родов / В.Т. Кондратов. – Научные труды X-й Юбилейной Междунар. науч.-техн. конф. «Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики». Книга «Приборостроение». – М.: МГУПИ, 2007. – 134–143 с.
5. Корогод Г.О. Методи та оптико-електронні засоби вимірювального контролю температури розплавів скломас з використанням інформативної надлишковості: дис...канд.техн.наук: 05.11.13/ Корогод Ганна Олександрівна. – К., 2016. – 291 с.
6. Геращенко О. А. Температурные измерения: справочник / О. А. Геращенко, А. Н. Гордов, А.К. Еремина. – Киев : Наук. думка, 1989. – 704 с.
7. Пат. 73426 А Україна. МПК G01J5/08. Пірометр спектрального відношення / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарниціна, О.П. Рябов (Україна). – №20031212097; Заявлено 23.12.2003, Опубл. 15.07.2005. Бюл. №7. – 14 с.
8. Кондратов В.Т., Зарниціна А.А. О создании пирометров отношения с автоматической коррекцией погрешности / В.Т. Кондратов, А.А. Зарниціна // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. – 2005. – №1 (10). – С. 122–126.
9. Кондратов В.Т. А.А. Зарниціна, Сердюк Н.М. Оптико-електронні методи избыточных измерений температуры / В.Т. Кондратов, А.А. Зарниціна, Н.М. Сердюк // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація: – Донецьк: ДонНТУ, 2003. – №58. – С. 66 – 74.
10. Кондратов В.Т., Зарниціна А.А., Сердюк А.А. Радиационный пирометр с цифровой обработкой результатов промежуточных измерений / В.Т. Кондратов, А.А. Зарниціна, Н.М. Сердюк // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – К.: Ін-т кібернетики НАНУ, 2003. – №2. – С. 47 – 55.
11. Кондратов В.Т., Зарниціна А.А. Аппроксимация функции преобразования фотодиода для задач избыточных измерений физических величин / В.Т. Кондратов, А.А. Зарниціна // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну: зб. наук. праць. – К.: КНУТД, 2004. – №6. – С. 29 – 36.
12. Кондратов В.Т., Зарниціна А.А., Сердюк Н.М. Цифровой оптический пирометр с автоматической коррекцией систематических погрешностей / В.Т. Кондратов, А.А. Зарниціна, Н.М. Сердюк // Проблемы управления и информатики. – 2003. – №5. – С. 112 – 121. Scopus search results: 15122747200, 7004223186.
13. Кондратов В.Т., Корогод А.А. Избыточная пирометрия: избыточные измерения радиационной температуры при функции преобразовании измерительного канала, описываемой полиномом 3-го порядка /

- В.Т.Кондратов, А.А.Корогод // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – №4 – С. 7-12.
14. Кондратов В.Т., Корогод А.А. Избыточная пирометрия: избыточные измерения радиационной температуры при логарифмической функции преобразования измерительного канала / В.Т.Кондратов, А.А.Корогод // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – №1 – С. 3-16.
15. Кондратов В.Т., Корогод А.А. Избыточная пирометрия: базовые структуры средств избыточных измерений температуры при разных видах функции преобразования измерительного канала / В.Т.Кондратов, А.А.Корогод // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – №2 – С. 4-17.
16. Пат. 77840. Україна. МПК G01J5/08, G01K7/00. Цифровой пирометр отношения / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарниціна. – № а200501402; Заявл.15.02.2005; Оpubл.15.01.2007; Бюл. – №1. – 11 с.
17. Пат. 78064. Україна. МПК G01J5/00, G01J5/10. Способ надлишкових вимірювань дійсного значення температури / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарниціна. – № а200500301; Заявл.13.01.2005; Оpubл.15.02.2007; Бюл. – №2. – 10 с.
18. Пат. 78428 С2. Україна. МПК G01J5/08. Оптический пирометр / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарниціна. – № а200507705; Заявл.02.08.2005; Оpubл.15.03.2007; Бюл. – №3. – 6 с.
19. Пат. 79162. Україна. МПК G01J5/10, G01J5/00, G01K7/00. Оптико-електронний спосіб надлишкових вимірювань температури нагрітого об'єкту за спектральним відношенням / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарниціна. – № а200504466; Заявл.13.05.2005; Оpubл.25.05.2007; Бюл. – №7. – 8 с.
20. Пат. 79192. Україна. МПК G01J5/00, G01J5/10, G01K7/00. Оптико-електронний спосіб надлишкових вимірювань температури / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарниціна. – № а200507703; Заявл.02.08.2005; Оpubл. 25.05.2007; Бюл. – №7. – 10 с.
21. Декларац. пат. 66299 А Україна. МПК G01J5/00, G01J5/10. Оптико-електронний спосіб надлишкових вимірювань температури / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарниціна, О.П. Рябов (Україна). – №2003109797; Заявлено 31.10.2003, Оpubл. 15.04.2004. Бюл. №4. – 16 с.
22. Декларац. пат. 56614 А Україна. МПК G01R7/02. Способ визначення дійсного значення температури / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарниціна, Н.М. Сердюк (Україна). – №2002076364; Заявлено 30.07.2002, Оpubл. 15.05.2003. Бюл. №5. – 24 с.
23. Декларац. пат. 66084 А Україна. МПК G01J5/20. Радіаційний пирометр / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарниціна, Н.М. Сердюк (Україна). – №2003076909; Заявлено 22.07.2003, Оpubл. 15.04.2004. Бюл. №4. – 14 с.
24. Декларац. пат. 55947 А Україна. МПК G01J5/08. Оптический пирометр / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарниціна (Україна). – №2002076365; Заявлено 30.07.2002, Оpubл. 15.04.2003. Бюл. №4. – 12 с.
25. Декларац. пат. 68026 А Україна. МПК G01J1/20, G01R7/02. Способ надлишкових вимірювань температури / В.Т. Кондратов, Г.О. Зарниціна, Н.М. Сердюк (Україна). – №2003088013; Заявлено 27.08.2003, Оpubл. 15.07.2004. Бюл. №7. – 12 с.
26. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений: сверхизбыточные измерения – второй качественный скачок в фундаментальной метрологии. Сообщение 1 / В.Т.Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 4. – С. 222-229.
27. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: философские аспекты сверхизбыточных измерений. Сообщение 2 / В.Т.Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 5. – С. 185-193.
28. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: сущность сверхизбыточных измерений. Сообщение 3 / В.Т.Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 4. – С. 174 –185.
29. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание общих правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 4 / В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. – № 4 – С.13-24. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. – № 4 – С. 150-160.
30. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание первой группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 5 / В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. – № 4 – С. 150-160.
31. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание второй группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 6 / В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. – № 4 – С. 164-179.
32. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание второй группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.1 / В.Т.Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2014. – № 1. – С. 165-178.
33. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.2 / В.Т.Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2014. – № 2. – С. 227-240.
34. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: ормализованное описание третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.3 / В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 1 – С. 7-23.

35. Кондратов В.Т., Кондратов Ю.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание третьей подгруппы третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.4.1/ В.Т.Кондратов, Ю.Т.Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2014. – № 3. – С. 29–35.
36. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание третьей подгруппы третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.4.2 / В.Т.Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2014. – № 3. – С. 79–93.
37. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание четвертой подгруппы третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.4.3 / В.Т.Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2014. – № 3. – С. 165–178.
38. Кондратов В.Т., Кондратов Ю.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание четвертой подгруппы третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.4.4 / В.Т.Кондратов, Ю.Т. Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2014. – № 3. – С. 179–190.
39. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание пятой подгруппы третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.5.1 / В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 2 – С. 7–29.
40. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание пятой подгруппы третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.5.2 / В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 2 – С. 194–209.
41. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание четвертой группы комбинаторных способов усреднения третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.6.1/ В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 3. – С. 7–21.
42. Кондратов В.Т., Кондратов Ю.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание четвертой группы комбинаторных способов усреднения третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.6.2/ В.Т.Кондратов, Ю.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 3. – С. 194 – 210.
43. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: Сверхизбыточные измерения сопротивления резисторов и резистивных сенсоров. Сообщение 1/ В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – №4. – С. 3 – 11.
44. Кондратов В.Т. Избыточные измерения случайных физических величин / В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 1 – С. 199–206.
45. Кондратов В.Т. Фундаментальная метрология: Теория структурного анализа уравнений избыточных и сверхизбыточных измерений. Сообщение 1/ В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2016. – №1. – С. 17 – 26.
46. Кондратов В.Т. Фундаментальная метрология: Теория структурного анализа уравнений избыточных и сверхизбыточных измерений. Сообщение 2 / В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2016. – №2. – С. 7 – 22.
47. Кондратов В.Т. Фундаментальная метрология: Теория структурного анализа уравнений избыточных и
48. сверхизбыточных измерений. Сообщение 3/ В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2016. – №3. – С. 7 – 26.
49. Кондратов В.Т. Фундаментальная метрология: Теория структурного анализа уравнений избыточных и сверхизбыточных измерений. Сообщение 4. Методология повышения точности обработки округленных данных / В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2017. – №1. – С. 7 – 26.
50. Кондратов В.Т. Фундаментальная метрология: Теория структурного анализа уравнений избыточных и сверхизбыточных измерений. Сообщение 5. Графоаналитические методы введения поправок / В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2017. – №1. – С. 7 – 21.
51. Кондратов В.Т. Фундаментальная метрология: Теория структурного анализа уравнений избыточных и сверхизбыточных измерений. Сообщение 6 (аналитические методы) / В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2017. – №1. – С. 112 – 128.

References

1. Gordov A.N. Osnovy` pirometrii, 2 isd. / A.N. Gordov. – М.: Metallurgiya, 1971. – 448 s.
2. Metody` pirometrii, ix dostoinstva i nedostatki. Klassifikaciya pirometrov [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.teplomer.biz/stat/metody-pirometrii-ih-dostoinstva-i-nedostatki-klassifikaciya-pirometrov.php>.
3. Izby`tochnaya pirometriya [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: <http://kondratov.com.ua/index.php/fundamentalnaya-metrologiya/teoriya-izbytochnykh-izmerenij/nauchnye-napravlenija/izbytochnaya-pirometrija>.

4. Kondratov V.T. Matematicheskie modeli izbytochnykh izmerenij I-go, II-go i III-go rodov / V.T.Kondratov. – Nauchnye trudy X-j Yubilejnoj Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Fundamentalnye i prikladnye problemy priborostroeniya, informatiki i ekonomiki». Kniga «Priborostroeniye». – M.: MGU PI, 2007. – s. 134-143.
5. Korohod H. O. Metody ta opyko-elektronni zasoby vymiriavalnoho kontrolia temperatury rozplaviv sklomas z vykorystanniam informatyvnoy nadlyshkovosti: dys...kand.tekhn.nauk: 05.11.13/ Korohod Hanna Oleksandrivna. – K., 2016. – 291 s.
6. Gerashhenko O. A. Temperaturnyye izmereniya: spravochnik / O. A. Gerashhenko, A. N. Gordov, A. K. Eremina. – Kiev : Nauk. dumka, 1989. – 704 s.
7. Pat. № 73426. Ukraina. MPK G01J5/08. Pirometr spektralnogo vidnoshennia / V.T.Kondratov, G.O.Zarnitsyna (Ukraina). – №20031212097; zaavl. 23.12.2003; opubl. 15.07.2005, Byul. № 7. – 14 s.
8. Kondratov V.T., Zarnitsyna A.A. V sozdaniye pirometrov otnosheniya s avtomaticheskoy kor-rektsii pogreshnosti / V.T. Kondratov, A.A. Zarnitsyna // Trudy Luganskogo otdeleniya Mezhdunarodnoy Akademii informatizatsii. – 2005. – №1 (10). – S. 122-126.
9. Kondratov V.T. A.A. Zarnitsyna, Serdyuk N.M. Optiko-yelektronnyye metody izbytochnykh izmereniy temperatury / V.T. Kondratov, A.A. Zarnitsyna, N.M. Serdyuk // Nauchnyye trudy Donetskogo natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Vychislitel'naya tekhnika i avtomatizatsiya: - Donetsk: DonNTU, 2003. – №58. – S. 66-74.
10. Kondratov V.T., Zarnitsyna A.A. „ Serdyuk A.A. Radiatsionnyy pirometr s tsifrovoy obrabotkoy rezul'tatov promezhutochnykh izmereniy / V.T. Kondratov, A.A. Zarnitsyna, N.M. Serdyuk // Komp'yuternyye sredstva, seti i sistemy. – M.: In-t kibernetiki NANU, 2003. – №2. – S. 47-55.
11. Kondratov V.T., Zarnitsyna A.A. Approksimatsiya funktsii preobrazovaniya fotodioda dlya zadach izbytochnykh izmereniy fizicheskikh velichin / V.T. Kondratov, A.A. Zarnitsyna // Vestnik Kiyevskogo natsional'nogo universiteta tekhnologii i dizayna: sb. nauk. trudov. – M.: KNUITD, 2004. – №6. – S. 29-36.
12. Kondratov V.T., Zarnitsyna A.A., Serdyuk N.M. Tsifrovoy opticheskyy pirometr s avtomaticheskoy korrektsiyei sistemicheskoy pogreshnostey / V.T. Kondratov, A.A. Zarnitsyna, N.M. Serdyuk // Problemy upravleniya i informatiki. – 2003. – №5. – S. 112-121. Scopus search results: 15122747200, 7004223186.
13. Kondratov V.T., Korogod A.A. Izbytochnaya pirometriya: izbytochnyye izmereniya radiatsionnoy temperatury pri funktsii preobrazovaniya izmeritel'nogo kanala, opisyvayemoy polinomom 3-go poryadka / V.T.Kondratov, A.A. Korogod // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2014.– №4 – S. 7-12.
14. Kondratov V.T., Korogod A.A. Izbytochnaya pirometriya: izbytochnyye izmereniya radiatsionnoy temperatury pri logarifmicheskoy funktsii preobrazovaniya izmeritel'nogo kanala / V.T.Kondratov, A.A. Korogod // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2015.– №1 – S. 3-16.
15. Kondratov V.T., Korogod A.A. Izbytochnaya pirometriya: bazovyye struktury sredstv izbytochnykh izmereniy temperatury pri raznykh vidakh funktsii preobrazovaniya izmeritel'nogo kanala / V.T.Kondratov, A.A. Korogod // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2015.– №2 – S. 4-17.
16. Pat. 77840. Ukraina. MPK G01J5 / 08 G01K7 / 00. Tsifrovoy pirometr otnosheniya / V.T. Kondratov, G.A. Zarnitsyn. – № a200501402; Zayavl.15.02.2005; Opubl.15.01.2007; Byul.– №1. – 11 s.
17. Pat. 78064. Ukraina. MPK G01J5 / 00, G01J5 / 10. Sposob izbytochnykh izmereniy deystvitel'nogo znacheniya temperatury / V.T. Kondratov, G.A. Zarnitsyn. – № a200500301; Zayavl.13.01.2005; Opubl.15.02.2007; Byul. – №2. – 10 s.
18. Pat. 78428 S2. Ukraina. MPK G01J5 / 08. Opticheskyy pirometr V.T.. Kondratov, G.A. Zarnitsyn. – № a200507705; Zayavl.02.08.2005; Opubl.15.03.2007; Byul. – № 3. – 6 s.
19. Pat. 79162. Ukraina. MPK G01J5 / 10 G01J5 / 00, G01K7 / 00. Optiko-elektronnyy sposob izbytochnykh izmereniy temperatury nagretogo ob'yekta po spektral'nomu otnosheniyem / V.T. Kondratov, G.A. Zarnitsyn. – № a200504466; Zayavl.13.05.2005; Opubl.25.05.2007; Byul. – №7. – 8 s.
20. Pat. 79192. Ukraina. MPK G01J5 / 00, G01J5 / 10 G01K7 / 00. Optiko-elektronnyy sposob izbytochnykh izmereniy temperatury / V.T. Kondratov, G.A. Zarnitsyn. – № a200507703; Zayavl.02.08.2005; Opubl. 25.05.2007; Byul. – №7. – 10 s.
21. deklaratsiy. pat. 66299 A Ukraina. MPK G01J5 / 00, G01J5 / 10. Optiko-elektronnyy sposob izbytochnykh izmereniy temperatury / V.T. Kondratov, G.A. Zarnitsyn, A.P. Ryabov (Ukraina). – №2003109797; Zayavleno 31.10.2003, opubl. 15.04.2004. Byul. №4. – 16 s.
22. deklaratsiy. pat. 56614 A Ukraina. MPK G01R7 / 02. Sposob opredeleniya deystvitel'nogo znacheniya temperatury / V.T. Kondratov, G.A. Zarnitsyn, N.M. Serdyuk (Ukraina). – №2002076364; Zayavleno 30.07.2002, opubl. 15.05.2003. Byul. №5. – 24 s.
23. deklaratsiy. pat. 66084 A Ukraina. MPK G01J5 / 20. Radiatsionnyy pirometr / V.T. Kondratov, G.A. Zarnitsyn, N.M. Serdyuk (Ukraina). – №2003076909; Zayavleno 22.07.2003, opubl. 15.04.2004. Byul. №4. – 14 s.
24. deklaratsiy. pat. 55947 A Ukraina. MPK G01J5 / 08. Opticheskyy pirometr / V.T. Kondratov, G.A. Zarnitsyn (Ukraina). – №2002076365; Zayavleno 30.07.2002, opubl. 15.04.2003. Byul. №4. – 12 s.
25. deklaratsiy. pat. 68026 A Ukraina. MPK G01J1 / 20 G01R7 / 02. Sposob izbytochnykh izmereniy temperatury / V.T. Kondratov, G.A. Zarnitsyn, N.M. Serdyuk (Ukraina). – №2003088013; Zayavleno 27.08.2003, opubl. 15.07.2004. Byul. №7. – 12 s.
26. Kondratov V.T. Teoriya izbytochnykh izmereniy: sverkhizbytochnyye izmereniya – vtoroy kachestvennyy skachok v fundamental'noy metrologii. Soobshcheniye 1 / V.T.Kondratov // Vestnik Khmel'nitskogo natsional'nogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki. – 2013.– № 4. – S. 222-229.
27. Kondratov V.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy: filosofskiy aspekt sverkhizby tochnykh izmereniy. Soobshcheniye 2 / V.T.Kondratov // Vestnik Khmel'nitskogo natsional'nogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki. – 2013.– № 5. – S. 185-193.
28. Kondratov V.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy: sushchnost' sverkhizbytochnykh izmereniy. Soobshcheniye 3 / V.T.Kondratov // Vestnik Khmel'nitskogo natsional'nogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki. – 2013.– №. – S. 174 -185.
29. Kondratov V.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy: formalizovannoye opisaniye obshchikh pravil vyvoda uravneniy izbytochnykh izmereniy krutizny preobrazovaniya. Soobshcheniye 4 / V.T.Kondratov // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2013.– № 4 – S.13-24. Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2013.– № 4 – S. 150-160. Началo формы.
30. Kondratov V.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy: formalizovannoye opisaniye pervoy gruppy pravil vyvoda uravneniy izbytochnykh izmereniy krutizny preobrazovaniya. Soobshcheniye 5 / V.T.Kondratov // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2013.– № 4 – S. 150-160.
31. Kondratov V.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy: formalizovannoye opisaniye vtoroy gruppy pravil vyvoda uravneniy izbytochnykh izmereniy krutizny preobrazovaniya. Soobshcheniye 6 / V.T.Kondratov // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2013.– № 4 – S. 164-179.
32. Kondratov V.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy: formalizovannoye opisaniye vtoroy gruppy pravil vyvoda uravneniy izbytochnykh izmereniy krutizny preobrazovaniya. Soobshcheniye 7.1 / V.T.Kondratov // Vestnik Khmel'nitskogo natsional'nogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki. – 2014.– № 1. – S. 165-178.
33. Kondratov V.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy: formalizovannoye opisaniye tret'ey gruppy pravil vyvoda uravneniy izbytochnykh izmereniy krutizny preobrazovaniya. Soobshcheniye 7.2 / V.T.Kondratov // Vestnik Khmel'nitskogo natsional'nogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki. – 2014.– № 2. – S. 227-240.
34. Kondratov V.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy: ormalizovannoye opisaniye tret'ey gruppy pravil vyvoda uravneniy izbytochnykh izmereniy krutizny preobrazovaniya. Soobshcheniye 7.3 / V.T.Kondratov // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2014.– № 1 – S. 7-23.

35. Kondratov V.T., Kondratov YU.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy: formalizovannoye opisaniye tret'ey podgruppy tret'ey gruppy pravil vyvoda uravneniy izbytochnykh izmereniy krutizny preobrazovaniya. Soobshcheniye 7.4.1 / V.T.Kondratov, YU.T.Kondratov // Vestnik Khmel'nitskogo natsional'nogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki. – 2014. – № 3. – S. 29-35.
36. Kondratov V.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy: formalizovannoye opisaniye tret'ey podgruppy tret'ey gruppy pravil vyvoda uravneniy izbytochnykh izmereniy krutizny preobrazovaniya. Soobshcheniye 7.4.2 / V.T.Kondratov // Vestnik Khmel'nitskogo natsional'nogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki. – 2014. – № 3. – S. 79-93.
37. Kondratov V.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy formalizovannoye opisaniye chetvertoy podgruppy tret'ey gruppy pravil vyvoda uravneniy izbytochnykh izmereniy krutizny preobrazovaniya. Soobshcheniye 7.4.3 / V.T.Kondratov // Vestnik Khmel'nitskogo natsional'nogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki. – 2014. – № 3. – S. 165-178.
38. Kondratov V.T., Kondratov YU.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy: formalizovannoye opisaniye chetvertoy podgruppy tret'ey gruppy pravil vyvoda uravneniy izbytochnykh izmereniy krutizny preobrazovaniya. Soobshcheniye 7.4.4 / V.T.Kondratov, YU.T. Kondratov // Vestnik Khmel'nitskogo natsional'nogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki. – 2014. – № 3. – S. 179-190.
39. Kondratov V.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy: formalizovannoye opisaniye pyatoy pod-gruppy tret'ey gruppy pravil vyvoda uravneniy izbytochnykh izmereniy krutizny preobrazovaniya. Soobshcheniye 7.5.1 / V.T.Kondratov // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2014. – № 2 – S. 7-29.
40. Kondratov V.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy: formalizovannoye opisaniye pyatoy podgruppy tret'ey gruppy pravil vyvoda uravneniy izbytochnykh izmereniy krutizny preobrazovaniya. Soobshcheniye 7.5.2 / V.T.Kondratov // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2014. – № 2 – S. 194-209.
41. Kondratov V.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy: formalizovannoye opisaniye chetvertoy gruppy kombinatorynykh sposobov usredneniyem tret'ey gruppy pravil vyvoda uravneniy izbytochnykh izmereniy krutizny preobrazovaniya. Soobshcheniye 7.6.1 / V.T.Kondratov // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2014. – № 3. – S. 7-21.
42. Kondratov V.T., Kondratov YU.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy: formalizovannoye opisaniye chetvertoy gruppy kombinatorynykh sposobov usredneniyem tret'ey gruppy pravil vyvoda uravneniy izbytochnykh izmereniy krutizny preobrazovaniya. Soobshcheniye 7.6.2 / V.T.Kondratov, YU.T.Kondratov // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2014. – № 3. – S. 194-210.
43. Kondratov V.T. Teoriya izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy: Sverkhizbytochnyye izmereniya soprotivleniya rezistorov i rezistivnykh sensorov. Soobshcheniye 1 / V.T.Kondratov // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2015. – №4. – S. 3-11.
44. Kondratov V.T. Izbytochnyye izmereniya sluchaynykh fizicheskikh velichin / V.T.Kondratov // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2014. – № 1 – S. 199-206.
45. Kondratov V.T. Fundamental'naya metrologiya Teoriya strukturnogo analiza uravneniy izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy. Soobshcheniye 1 / V.T.Kondratov // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2016. – №1. – S. 17-26.
46. Kondratov V.T. Fundamental'naya metrologiya Teoriya strukturnogo analiza uravneniy izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy. Soobshcheniye 2 / V.T.Kondratov // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2016. – №2. – S. 7-22.
47. Kondratov V.T. Fundamental'naya metrologiya Teoriya strukturnogo analiza uravneniy izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy. Soobshcheniye 3 / V.T.Kondratov // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2016. – №3. – S. 7-26.
48. Kondratov V.T. Fundamental'naya metrologiya Teoriya strukturnogo analiza uravneniy izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy. Soobshcheniye 4. Metodologiya povysheniya tochnosti obrabotki okruglennykh dannykh / V.T.Kondratov // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2017. – №1. – S. 7-26.
49. Kondratov V.T. Fundamental'naya metrologiya Teoriya strukturnogo analiza uravneniy izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy. Soobshcheniye 5. Grafoanaliticheskiye metody vvedeniya popravok / V.T.Kondratov // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2017. – №2. – S. 7-21.
50. Kondratov V.T. Fundamental'naya metrologiya Teoriya strukturnogo analiza uravneniy izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmereniy. Soobshcheniye 6 (analiticheskiye metody) / V.T.Kondratov // Izmeritel'naya i vychislitel'naya tekhnika v tekhnologicheskikh protsessakh. – 2017. – №2. – S. 112-128.

Рецензія/Peer review : 25.4.2017 р.

Надрукована/Printed :27.6.2017 р.

Стаття рецензована редакційною колегією