

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ПИРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ОСНОВЕ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

2. Переверзев, В. Ю. Критериально - ориентированные педагогические тесты для итоговой аттестации студентов /В. Ю. Переверзев/ – М.: НМЦ СПО Минобразования РФ, 1999. – 152 с.
3. Нейман, Ю.М. Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов / Ю. М. Нейман, В. А. Хлебников/– М.: Логос, 2000. – 232 с: ил.
4. Смолянский, М. Л. О некоторых вопросах современной математики и кибернетики/ М. Л. Смолянский/ – М.: Просвещение, 1987. -531с.
5. Законопроект Об образовании в Российской Федерации.
6. О Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
7. Гарантии качества профессионального образования: тезисы докладов Международной научно практической конференции.- Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010.-346с

УДК 535.232.1

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ПИРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ОСНОВЕ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

А.Б. Ионов, Б.П. Ионов, А.И. Мирная, Е.В. Плоткин

Рассматриваются пути повышения достоверности пирометрических измерений, проводимых в сложных условиях, за счет использования априорной информации. Проведен анализ и сравнение классической схемы пирометрических измерений и предложенной альтернативной, реализующей модельный подход. Представлена обобщенная параметрическая модель радиометрической цепочки. Путем моделирования показано, что использование априорных данных позволяет снизить погрешность пирометрических измерений в 5 и более раз.

Ключевые слова: температура, пирометр, спектр, тепловой контроль, априорная информация.

Введение

В настоящее время методы бесконтактного теплового контроля (методы пирометрии) завоевывают все большую популярность. Основным значимым препятствием, ограничивающим круг решаемых с их помощью практических задач, является заведомая неопределенность пирометрических измерений, на результаты которых неустраняемое влияние оказывают внешние факторы [1]. В общем случае величина возникающей методической погрешности зависит от типа пирометра и степени отличия условий измерения от стандартных (в которых прибор проходил калибровку).

Один из возможных путей решения данной проблемы – применение многоканальных пирометров, диапазон условий эксплуатации которых достаточно широк [2-3]. Однако такие приборы являются более сложными и дорогими устройствами, а потому пока не получили массового распространения.

Альтернативным вариантом повышения достоверности бесконтактных температурных измерений является использование доступной априорной информации о внешних усло-

виях [4]. Действительно, в большинстве случаев перед проведением измерений оператор уже обладает некоторыми полезными сведениями (о состоянии объекта и среды распространения), которые целесообразно учитывать. Ввиду своей перспективности данный подход требует детального рассмотрения.

Другой вопрос, заслуживающий серьезного внимания, связан с оценкой погрешности пирометрических измерений [2]. С использованием априорных данных становится возможным определять достоверность результатов измерений (в текущих условиях) для их корректной последующей интерпретации.

Классический подход

В первую очередь рассмотрим наиболее популярную на текущий момент схему измерения, предполагающую использование классического пирометра частичного излучения (рисунок 1) [1]. В данном случае компенсация влияния внешних факторов осуществляется оператором с помощью корректирующего коэффициента ε , что можно описать выражением

$$T^* = F(\varepsilon \cdot s(G'(\lambda, T)))$$

где T^* - определяемая оценка температуры объекта; $F(s)$ - калибровочная характеристика пирометра; $s(G'(\lambda, T))$ - реакция приемника на искаженное ИК-излучение объекта со спектральной интенсивностью $G'(\lambda, T)$.

Источниками априорной информации (в данном случае необходимой для расчета коэффициента ε) могут быть:

- справочные данные;
- сторонние измерители (датчики) параметров и характеристик среды и объекта;
- органы чувств оператора, а также его собственные представления;
- результаты предыдущих измерений.

Характерной особенностью классического подхода является возложение всей ответственности за сбор априорных сведений и коррекцию показаний на оператора. Однако, непосредственное участие человека в процессе измерения имеет следующие недостатки:

- невысокая оперативность коррекции, сказывающаяся при быстром изменении внешних условий;
- качество расчета коэффициента ε сильно зависит от квалификации оператора;
- технические ограничения – сведения об особенностях пирометра (его калибровочной характеристике), необходимые для адекватной компенсации ряда меша-

ющих факторов, как правило, отсутствуют.

Помимо всего прочего, достоверность показаний пирометра оператор может оценить лишь косвенно: сравнивая результаты измерений с ожидаемыми при наличии такой возможности. Это является еще одним минусом и дополнительным стимулом к разработке более совершенных пирометрических средств.

Альтернативный (модельный) подход

Многие из перечисленных выше недостатков могут быть устранены путем модернизации структуры пирометра для предоставления возможности более широкого использования априорных данных (рисунок 2).

Ключевой идеей предлагаемого подхода является применение математической модели радиометрической цепочки в алгоритме вычисления оценки температуры пирометром. Обобщенная форма записи данной модели имеет следующий вид:

$$s_k = \alpha \cdot \int_0^{\infty} G(\lambda, T) \cdot \varepsilon(\lambda, T, \vec{k}_\varepsilon) \cdot A(\lambda, \vec{k}_a) \times \\ \times D_k(\lambda) d\lambda + n_k(\vec{k}_\varepsilon, \vec{k}_a),$$

где s_k – сигнал на выходе k-го чувствительного элемента (датчика) пирометра; α – интегральный коэффициент передачи ИК-излучения от объекта к датчику, зависящий от фокусирующей оптической системы пирометра;

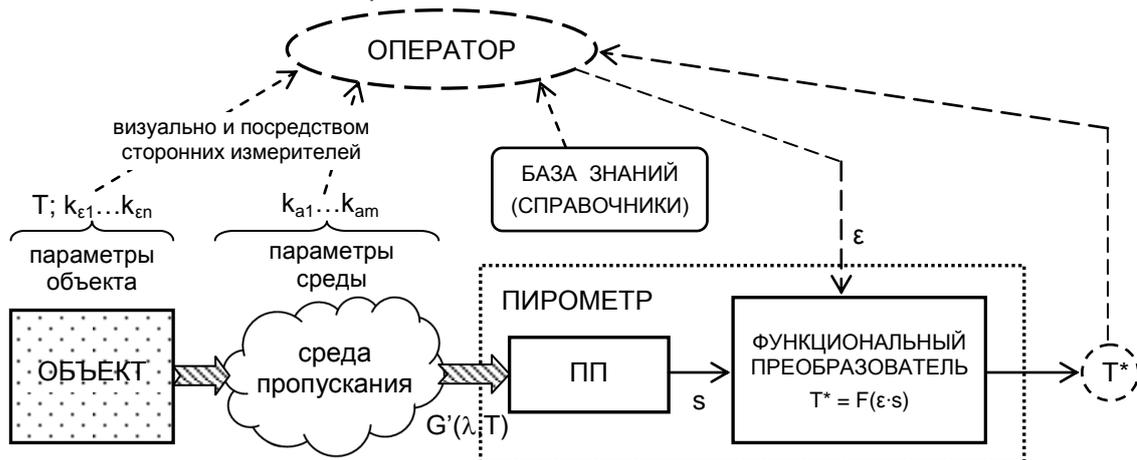


Рисунок 1 – Функциональная схема взаимодействия элементов системы «объект-пирометр-оператор» при классическом подходе: ПП – первичный преобразователь

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ПИРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ОСНОВЕ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

метра; $G(\lambda, T)$ – функция, подчиняющаяся закону Планка для заданной длины волны λ и температуры объекта T ; $\varepsilon(\lambda, T, \vec{k}_\varepsilon)$ – спектральная характеристика излучательной способности поверхности объекта, зависящая от вектора параметров \vec{k}_ε ; $A(\lambda, \vec{k}_a)$ – характеристика пропускания ИК-излучения атмосферой (или иной средой), зависящая от вектора параметров \vec{k}_a ; $D_k(\lambda)$ – спектральная характеристика чувствительности k -го датчика пирометра с учетом поглощения излучения другими его оптическими элементами; $n_k(\vec{k}_\varepsilon, \vec{k}_a)$ – паразитная составляющая сигнала (шум датчика, собственное излучение элементов пирометра и атмосферы, неравномерность распределения температуры по поверхности объекта и др.).

В конкретном практическом случае для каждой составляющей обобщенной модели можно подобрать соответствующую математическую форму записи, обратившись к известным источникам [5]. В результате становится возможным выразить искомую температуру объекта (в аналитическом, алгоритмическом или табличном виде):

$$T = F(\vec{s}, \vec{k}_\varepsilon, \vec{k}_a).$$

Указанная зависимость положена в основу принципа работы блока определения температуры на схеме рисунка 2.

Другая основополагающая идея предлагаемого подхода заключается в использовании методов статистической теории для описания величин, входящих в состав модели. Априорная информация о значениях параметров может вноситься на основе плотности вероятности $W(k)$, которую для упрощения целесообразно аппроксимировать гауссовым распределением [6]. Тогда результирующая оценка температуры может также быть выражена в виде характеристики $W^*(T)$, анализ которой позволяет сделать заключение о достоверности измерения.

Основные источники априорных сведений можно установить из анализа схемы на рисунке 2. К их числу относится и динамическая библиотека, предназначенная для хранения значений параметров модели, относящихся к предыдущим измерениям. Обработку априорной информации, поступающей с различных источников, осуществляет блок вычисления параметров модели, руководствуясь, к примеру, следующим алгоритмом

$$W^*(k) = \prod_i W_i^*(k) / \int_{-\infty}^{\infty} \prod_i W_i^*(k) dx,$$

где $W^*(k)$ – итоговое описание параметра k для передачи в блок определения температуры; $W_i^*(k)$ – вероятностная оценка данного параметра, известная из i -го источника.

Таким образом, участие оператора в проведении коррекции перестает быть обяза-

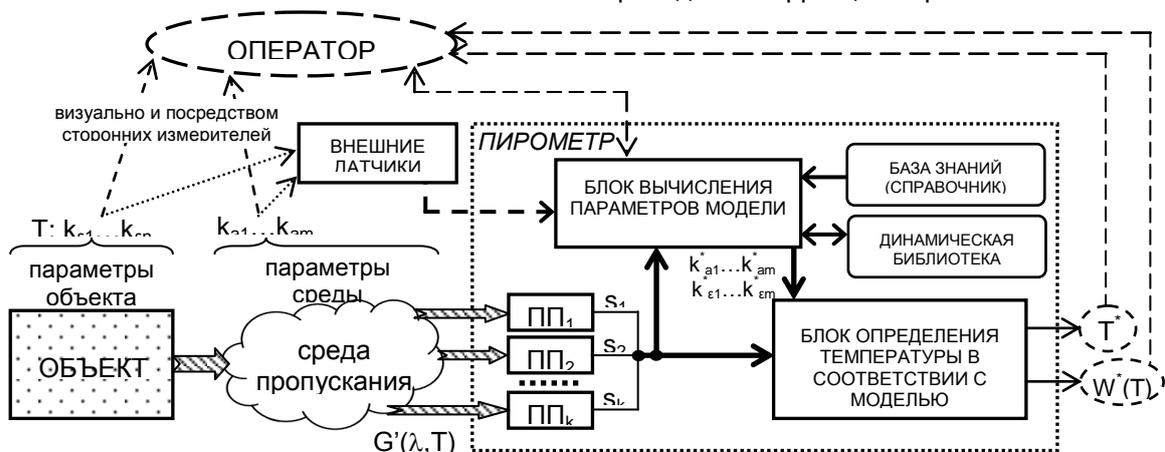


Рисунок 2 – Функциональная схема взаимодействия элементов системы «объект-пирометр-оператор» при подходе, предусматривающем учет априорных данных

тельным, его роль, фактически, сводится к функции альтернативного поставщика априорной информации. Тем не менее, при планировании и организации измерений (в том числе – первичной настройке пирометра) его роль, по-прежнему, является ключевой.

Описание исследования

Для демонстрации целесообразности учета априорной информации и применения модельного подхода рассмотрим следующий пример. Производится измерение температуры объекта (абсолютно черного тела) с расстояния 20 метров в промышленных условиях. Основную методическую погрешность вносит атмосфера, содержащая пыль, а также пары воды (относительная влажность 60% при температуре 45°C). Спектральная характеристика пропускания атмосферы для данного случая представлена на рисунке 3.

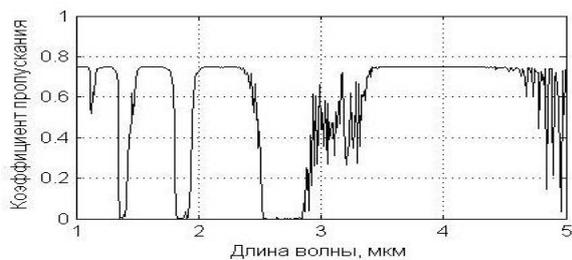


Рисунок 3 – Спектральная характеристика пропускания атмосферы для рассматриваемого примера

Температура измеряется пирометром частичного излучения с приемником на основе GaAs. На рисунке 4 показана относительная погрешность оценки температуры при различных способах коррекции показаний, полученная путем моделирования радиометрической цепочки в системе MATLAB.

Кривая 2 на рисунке 4 демонстрирует классический подход к коррекции с использованием коэффициента ϵ , который в данном случае был подобран (путем анализа априорных данных) для температуры объекта, равной 300°C. Вследствие особенностей закона Планка невозможно подобрать единственное значение интегрального коэффициента ϵ для одинаково хорошей компенсации погрешности, вызванной селективным поглощением излучения парами воды, во всем диапазоне температур. Это проиллюстрировано зависимостью 2 на рисунке 4.

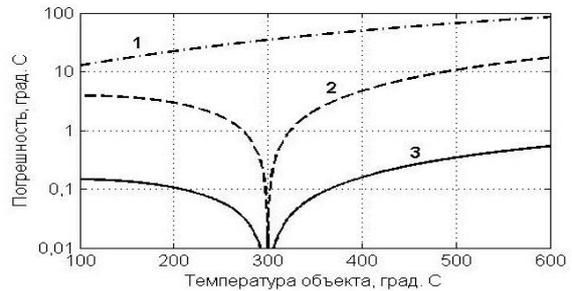


Рисунок 4 – Относительная погрешность измерения температуры пирометром частичного излучения (кривая 1 – без коррекции; кривая 2 – коррекция с использованием коэффициента ϵ ; кривая 3 – коррекция с использованием модели)

Альтернативный подход в данном случае предполагает использование модели пропускания атмосферы [7]

$$A(\lambda; r, \nu, p) = (1 - r) \cdot e^{\frac{-p \cdot \nu}{\pi} \sum_M \arctg\left(\Psi_M \frac{\lambda - \Lambda_M}{\Gamma_M}\right)},$$

где r – интегральный коэффициент рассеяния излучения частицами пыли; ν – концентрация паров воды; P – расстояние от объекта до пирометра; $\Psi_M, \Lambda_M, \Gamma_M$ – набор известных коэффициентов, характеризующих линии поглощения паров воды.

Кривая 3 на рисунке 4 демонстрирует погрешность измерения в случае использования альтернативного подхода, базирующегося на представленной модели, при априори известной (с погрешностью 10%) оценке параметра влажности ν и подобранном для температуры объекта, равной 300°C, значении коэффициента r .

Выводы

1. Алгоритмы работы широко распространенных пирометров частичного излучения не ориентированы на внесение достаточного количества априорной информации об условиях измерения извне, а потому получаемая с их помощью оценка температуры содержит неизвестную по величине методическую погрешность, что в сложных случаях ставит под сомнение достоверность измерений.
2. Расширение возможностей ввода априорных данных и, соответственно, снижение методической погрешности может быть достигнуто путем применения ма-

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ С УЧЕТОМ ОСНОВНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДОСТУПА К ДАННЫМ

- тематической модели радиометрической цепочки в алгоритме пирометра.
3. Вследствие постоянного изменения условий измерения для описания величин, входящих в состав модели, целесообразно использовать методы теории вероятностей и статистической теории.
 4. Результаты моделирования показывают, что использование коррекции на основе априорной информации позволяет снизить погрешность измерения температуры в 5 раз и более.
 3. Магунов, А.Н. Спектральная пирометрия [Текст] / А.Н. Магунов // Приборы и техника эксперимента. – 2009. – № 4. – С. 5-28.
 4. Свет, Д.Я. Оптические методы измерения истинных температур [Текст] / Д.Я. Свет. – М.: Наука, 1982. – 296 с.
 5. Вольф, У. Справочник по инфракрасной технике [Текст] / У. Вольф, Г. Цисис. – Т1. Физика ИК-излучения – М.: Мир, 1995 г., 606 с.
 6. Левин, Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники [Текст] / Б.Р. Левин. – М.: Радио и связь, 1989. – 656 с.
 7. Слынько, Ю.В. Модель расчета переноса излучения на основе открытой базы данных HITRAN [Текст] / Ю.В. Слынько // Вопросы радиоэлектроники. – 2007. – №4. – С. 5-11.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Госсорг, Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение [Текст] / Ж. Госсорг/ – М.: Мир, 1988. – 416 с.
2. Ионов, Б.П. Спектрально-статистический подход к бесконтактному измерению температуры [Текст] / Б.П. Ионов, А.Б. Ионов // Датчики и системы. – 2009. – №2. – С. 9-12.

Старший преподаватель, к.т.н. А.Б. Ионов – antionov@mail.ru; с.н.с., к.т.н. Б.П. Ионов; аспирант А.И. Мирная – aly_mir@mail.ru; магистрант Е.В. Плоткин – ega-vp@mail.ru – Омский государственный технический университет, кафедра «Радиотехнические устройства и системы диагностики» (3812)65-25-98.

УДК 004.42

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ С УЧЕТОМ ОСНОВНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДОСТУПА К ДАННЫМ

Харламов А.И., Сучкова Л.И., Бочкарева Е.В.

В статье описан подход к построению и оценке оптимальности различных вариантов структуры данных для высоконагруженных систем, основанный на имитационном моделировании. Предложенный метод позволяет выбрать способ хранения и распределения данных между узлами системы, характеристики оборудования и хранилищ данных, а также используемое программное обеспечение. При этом учитывается специфика выполняемых запросов и способы оптимизации структуры системы путем партиционирования, денормализации и агрегации.

Ключевые слова: оптимизация, запрос данных, высокая нагрузка, имитационное моделирование, Big Data, распределенная система, структура данных, план выполнения, Apache HBase, партиционирование, процессор правил.

Введение

Организация обработки данных в высоконагруженных распределенных системах является важной практической задачей. В настоящее время к названному классу можно отнести биржевые системы, системы электронной коммерции, рекламные сети и т.п.

Основные проблемы технической реализации систем описанного класса связаны с невозможностью использования общеприня-

тых решений и недостаточной производительностью отдельной аппаратной системы. Кроме того, входные данные для таких систем часто являются машинно - генерируемыми, что приводит к необходимости обработки и хранения 50 000 и более событий в секунду и терабайтов информации в день. Будем называть такие системы **системами Big Data**.

ХАРЛАМОВ А.И., СУЧКОВА Л.И., БОЧКАРЕВА Е.В.