

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ С ИЗМЕНЯЕМЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ИЗЛУЧЕНИЯ

М.В. Дорожкин, В.М. Коротких

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

Статья посвящена вопросу повышения точности температурных измерений яркостным пирометром. Рассматриваются пути повышения точности измерений в экзотермических реакциях, а также приводится методика определения коэффициента излучательной способности на всех стадиях термического процесса.

Ключевые слова: измерение температуры, коэффициент излучательной способности.

Измерение какого - либо параметра подразумевает под собой применение специализированного средства измерения. Кроме того, неотъемлемой частью процесса измерения, является способ обработки полученной на выходе измерительного прибора информации. Исключением не является и измерение температуры [1]. Измерение подразумевает взаимодействие нескольких частей системы, а значит, существует и несколько путей повышения точности температурных измерений, которые, в той или иной степени решают, имеющиеся на сегодняшний день, проблемы.

Первое направление, это - воздействие на «физическую» часть: от всевозможной модификации уже созданных устройств, до создания принципиально новых измерительных приборов [1, 2]. Как правило, новейшие изобретения в этом направлении носят эвристический характер, да и то, не любая инновационная идея дает прогнозируемые результаты. В большинстве случаев, создаваемый прибор оказывается намного сложнее своих собратьев, и дает посредственные показания, что в совокупности делает его непригодным как в производстве, так и в лабораторных испытаниях.

Другой путь - разработка новых, или корректировка уже используемых методов вычисления и определения значения температуры [3, 4]. Будучи обращенным на проработку самих методов, он позволяет сделать показания, уже имеющимися и апробированными на практике, измерительными приборами, более точными. Чем глубже понимание измеряемого процесса или измеряемого параметра, тем объективней применяемый для

измерения метод, и тем точнее получаемые в итоге значения.

Еще одним фактором, в пользу совершенствования методов, является тот аспект, что новейшие или революционные средства измерения достаточно тяжело внедряются в ту или иную сферу деятельности человека. И это происходит не только по экономическим соображениям [5]. Зачастую, новые приборы требуют отказ от старых, отработанных методов и знаний, относящихся к процессу контроля измерений. Все это ведет к тому, что возникает потребность в новой информации, а в некоторых случаях, и в длительном практическом усвоении теории, подразумевающей довольно протяженный процесс выявления в процессе эксплуатации мелких нюансов и особенностей использования нового прибора.

Модификация же методов напротив, не требует ни экономических затрат, ни новых навыков по работе с уже знакомым прибором. Необходим лишь иной подход к обработке данных, которая, как правило, делается автоматически с использованием вычислительных средств и не требует значительных затрат времени и интеллектуальных сил.

Цель данной статьи показать, каким образом, без вмешательства в конструкцию яркостного пирометра, повысить точность получаемых в итоге температурных показаний, и расширить диапазон его применения.

В статье «Измерение температурного профиля в экзотермических реакциях СВС», рассматривались методы измерения температуры быстротекущего экзотермического процесса. Измерения проводились одновременно с использованием яркостного

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ С ИЗМЕНЯЕМЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ИЗЛУЧЕНИЯ

пирометра и эталонной термопары. Были получены температурные зависимости для каждого из способов измерения. Взяв за основу кривые изменения температуры, путем сравнения можно для исследуемого термического процесса получить значение коэффициента излучательной способности в любой момент времени.

Для получения кривой сравнения тепловых профилей эталонной термопары и яркостного пирометра, являющейся функциональной зависимостью истинной температуры T^0, C от яркостной $T_{я}, C$ необходимо привести системы координат графиков к

одному масштабу. Это связано с тем, что данный метод (рисунок 1), очень легко реализуется графически. Основа метода определения температурного коэффициента, заключается в построении точек, полученных путем пересечения проекционных линий, принадлежащих определенному значению времени по временной шкале графиков температуры, с соответствующим мгновенным значением температуры. Производные в точках отсчёта соответствуют излучательной способности объекта в этих точках.

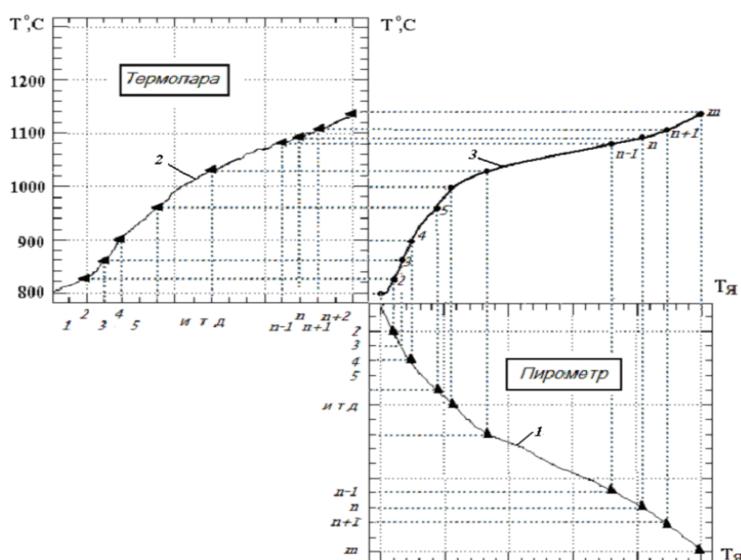


Рисунок 1 – Иллюстрация метода определения значения температурного коэффициента: 1 – график с пирометра; 2 – температура с термопары; 3 – температурный коэффициент

Построение графика коэффициента, основанного на предлагаемом методе, реализуется по следующему алгоритму [6]:

Температурные шкалы обоих графиков привязываются к общей базовой температуре. Температурная ось одного направляется вертикально, другого – горизонтально, следовательно, относительно осей разворачиваются и графики температуры. С горизонтальной шкалы, показывающей значения времени проведения эксперимента, одного из графиков, проводится перпендикуляр до пересечения с соответствующей кривой температуры.

Из точки пересечения проводится горизонтальная прямая, по направлению роста значений. Соответственно и для второго графика, только прямая, параллельная шкале времени, будет идти вертикально и по направлению убывания значений времени. Точка пересечения этих двух кривых и указывает на

положение значения температурного коэффициента в системе координат $T, ^\circ C - T_{я}, C$.

Следуя алгоритму, определяются все оставшиеся значения. В итоге, получаем кривую сравнения тепловых профилей эталонной термопары и яркостного пирометра, или, другими словами, зависимость коэффициента излучательной способности от температуры. Мгновенное значение для точек на этом графике описывается формулой:

$$k = \frac{T}{T_{я}}$$

где T – истинная температура, $T_{я}$ – яркостная температура.

Пользоваться коэффициентом в системе координат $T, ^\circ C - T_{я}, C$, довольно сложно, так как требуется постоянный пересчет его значений по вышеуказанной формуле.

При переходе в новую систему координат, зависимости коэффициента излучательной способности k от истинной температуры T , °С, кривая становится более наглядной и удобной для использования (рисунки 2).

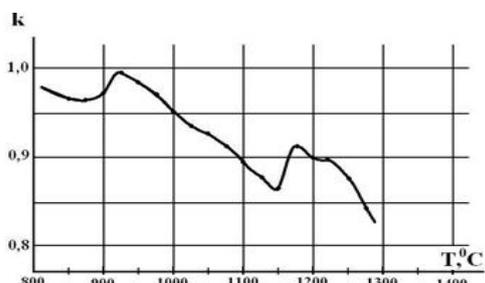


Рисунок 2 – Функциональная зависимость коэффициента температурной поправки от температуры

По графику зависимости температурного коэффициента от температуры получена таблица, коэффициентов с шагом температуры в 25 °С.

Таблица 1 – Табличный преобразователь коэффициента

T, °С	k	T, °С	k
850	0,965	1075	0,911
875	0,963	1100	0,893
900	0,975	1125	0,877
925	0,991	1150	0,868
950	0,982	1175	0,912
975	0,970	1200	0,900
1000	0,952	1225	0,897
1025	0,936	1250	0,876
1050	0,927	1275	0,842

Итоговый график, и таблица значений температурной поправки, является лишь одним из вариантов возможных значений, так как для другого состава компонентов, вступающих в реакцию, так и любого другого температурного процесса, коэффициент будет иметь другие значения. Коэффициент излучательной способности этого примера будет актуален лишь в случае проведения реакции СВС с таким же элементным и количественным составом компонентов.

Благодаря более глубокому анализу процесса горения, посредством сравнения двух температурных кривых: полученную с помощью термометра, и яркостного пирометра, была определена температурная поправка, которая позволяет доступными средствами влиять на точность данных измерительно-

го средства. Способ повышения точности прост и при использовании любого имеющегося яркостного пирометра может быть воспроизведен как в лаборатории, так и на производстве. Кроме того, получив единожды кривую температурного коэффициента, для конкретного термического процесса, в будущем можно брать соответствующий температуре коэффициент, и вносить эту поправку в измеренную температуру.

В результате применения метода, достигается увеличение точности определения истинной температуры объекта, которая обеспечивается путём определения влияния излучательной способности на различных стадиях развития взаимодействия компонентов конденсированной среды в волне горения фронтального СВС или СВС в режиме теплового взрыва.

Описанный вариант области применения никак не ограничивается лишь измерением температуры взаимодействия компонентов СВС. Напротив, метод универсален и требует лишь составления индивидуальных таблиц тепловых коэффициентов, для конкретного температурного процесса, будь – то технологии, связанные с плазмой, или любые сварочные технологии, в которых требуется контроль температуры для достижения требуемого результата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордов А.Н., Жагулло О.М., Иванова А.Г. Основы температурных измерений. – М.: Энергоатомиздат, 1992.
2. Бондаренко Л. Н., Нефедьев Д. И. Анализ тестовых методов повышения точности измерений // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2014. №1 (7). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-testovyh-metodov-povysheniya-tochnosti-izmereniy> (дата обращения: 27.10.2016).
3. Туричин А.М., Новицкий П.В., Левшина Е.С. и др. Электрические измерения не электрических величин. - Л: Энергия. 1975. 576 с. с ил.
4. Франкевич Е.Л. Физические методы исследования. – М.: МФТИ, 1986
5. Долженкова О. В., Горшенина М. В., Ковалева А. М. Проблемы внедрения инноваций в России. Пути их решения // Молодой ученый. – 2012. – №12. – С. 208-210.
6. Коротких В.М. Способ измерения яркостной температуры / Коротких В.М., Гуляев П.Ю. и др. – патент RU №2099674 от 20.12.1997г.)

Коротких Владимир Михайлович – к.т.н., профессор каф. ЭиАЭП email: vkorot@mail.ru;
Дорожкин Максим Владимирович – магистрант.