

Д. т. н. **А. М. Беленький**, к. т. н. **С. И. Чибизова**, **Х. А. Абдувоидов**,
С. Х. Нуриддинов, **А. Ю. Терехова** (✉)

*Национальный исследовательский технологический университет
«МИСиС», Москва, Россия*

УДК 536.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНТАКТНЫХ И БЕСКОНТАКТНЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ

Приведены результаты исследования точностных характеристик контактных и бесконтактных методов измерения температуры поверхности материала.

Ключевые слова: *контактный термометр, пирометр излучения, погрешность, спектральная степень черноты.*

При измерении температуры поверхности бесконтактными измерительными приборами следует учитывать возможное изменение спектральной излучательной способности объектов контроля от собственной температуры и спектрального диапазона приемников излучения пирометров [1–3]. Поэтому цель настоящего исследования заключалась в определении реальных величин спектральной излучательной способности поверхности устройства, воспроизводящего температуру в интервале 30–530 °С при контроле этой температуры с помощью широко используемых в производственной практике отечественных предприятий пирометров излучения фирм «Инфратест» и «Raytek». В работе определена возможность использования в качестве калибратора температуры поверхности для определения реальной степени черноты поверхности переносного контактного цифрового термометра ТК-5.06 («Техно-Ас»).

Точность измерения контактным методом зависит от конструкции чувствительного элемента термометра, вступающего в контакт с поверхностью, квалификации термометриста. При бесконтактном методе измерения необходимо точно знать степень черноты и состояние поверхности, параметры измерительного тракта пирометра излучения (тип и спектральные характеристики приемника излучения, пропускную способность оптической системы, показатель визирования) [4].

В качестве устройства, обеспечивающего возможность исследования точностных характеристик, использовали калибратор температуры поверхности КТП-1 («Из Тех»), производя-

щий температуру поверхности в диапазоне от 40 до 600 °С. Рабочая поверхность предназначена для нагрева поверяемых поверхностных датчиков температуры. Регулятор температуры с помощью пропорционально-интегрально-дифференцирующего (ПИД) закона регулирования обеспечивает точное воспроизведение заданной температуры с кратностью 1 °С.

Контактный цифровой термометр ТК-5.06 состоит из электронного блока и зондов, предназначенных для измерения температуры жидких, сыпучих, газообразных сред и поверхностей твердых тел, относительной влажности газообразных сред. Прибор состоит из термопреобразователя и электронного блока. В качестве термочувствительного элемента используются преобразователи термоэлектрические ХА(К) с НСХ по ГОСТ Р 8.585. Электронный блок в цифровых контактных термометрах обеспечивает преобразование сигнала, поступающего с выхода термопреобразователя, в сигнал измерительной информации, который высвечивается на жидкокристаллическом индикаторе (ЖКИ). Для проведения измерений необходимо подключить зонд; включить прибор; привести зонд в контакт с поверхностью, температура которой измеряется. После установления показаний на ЖКИ информация считается соответствующей параметру измеряемого объекта.

Переносной ИК-пирометр «Термоскоп-100 СТ» с цифровой обработкой сигнала предназначен для бесконтактного измерения температуры объектов по их тепловому излучению. Спектральный диапазон пирометра 1,5 мкм, показатель визирования 100:1, температурный диапазон от 300 до 1200 °С. Пирометр Raynger-ST80 фирмы «Raytek» — прибор частичного излучения для дистанционного измерения температуры бесконтактным методом в комплекте с контактными датчиками температуры. Диапазон измерения прибора от –32 до +760 °С, пока-



А. Ю. Терехова

E-mail: energomet@misis.ru

Результаты измерений температуры поверхности КТП-1

КТП-1	Контактный термометр ТК-5.06*			Пирометры излучения*							
	«Raynger-ST80»				«Термоскоп-100 СТ»						
$T, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta X, ^\circ\text{C}$	$\delta, \%$	$T_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta X, ^\circ\text{C}$	$\delta, \%$	ϵ_λ	$T_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta X, ^\circ\text{C}$	$\delta, \%$	ϵ_λ
50	50,06	0,06	0,12	50,01	0,01	0,02	0,52	–	–	–	–
100	100,51	0,51	0,51	100,38	0,38	0,38	0,51	–	–	–	–
150	150,47	0,47	0,31	150,78	0,78	0,52	0,55	–	–	–	–
200	199,73	-0,27	0,14	199,55	-0,45	0,22	0,55	–	–	–	–
300	299,63	-0,37	0,12	300,18	0,18	0,06	0,56	–	–	–	–
350	349,60	-0,4	0,11	351,10	1,10	0,31	0,59	348,50	-1,50	0,43	0,75
400	398,02	-1,98	0,50	398,42	-1,58	0,39	0,59	401,60	1,60	0,40	0,71
500	500,34	0,34	0,07	500,12	0,12	0,02	0,60	499,94	-0,06	0,01	0,75
530	529,43	-0,57	0,11	530,46	0,46	0,09	0,60	530,50	0,50	0,09	0,77

* ΔX — абсолютная погрешность измерения; δ — относительная погрешность измерения; ϵ_λ — спектральная степень черноты поверхности.

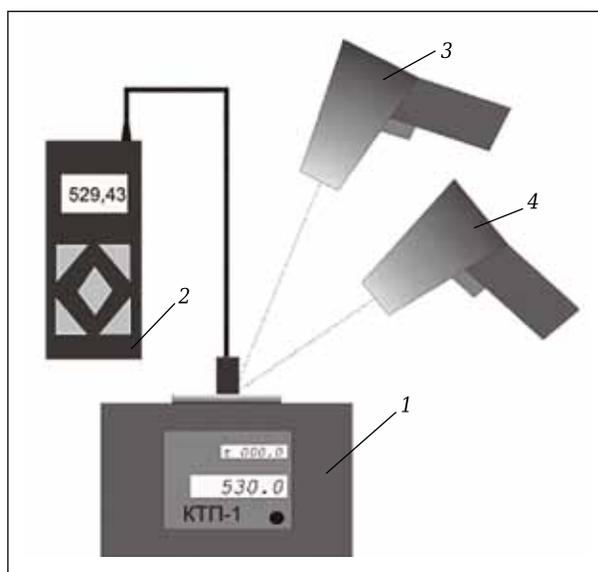


Рис. 1. Схема измерительной установки: 1 — КТП-1; 2 — ТК-5.06; 3 — «Raynger ST80»; 4 — «Термоскоп-100 СТ»

затель визирования 1:50, спектральный интервал 8–14 мкм.

Методика исследования заключалась в следующем (рис. 1): на калибраторе КТП-1 устанавливали значение температуры поверхности, после выхода устройства на заданный уровень измеряли температуру поверхности контактным цифровым термометром ТК-5.06, а затем пирометрами излучения, подобрав в соответствии с уставкой степень черноты измеряемой поверхности. Измерения каждым прибором установленного на калибраторе значения производили 10-кратно. В таблице приведены средние значения измеренных температур.

На основании полученных данных построены зависимости спектральной степени черноты от измеряемой температуры для пирометров (рис. 2), а также значения абсолютной погрешности средств измерения в зависимости от температуры поверхности калибратора (рис. 3).

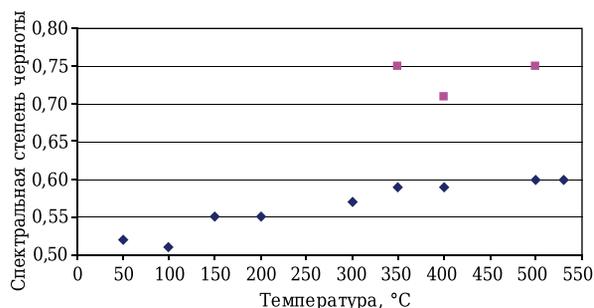


Рис. 2. Зависимость спектральной степени черноты от температуры: \blacklozenge — «Raynger-ST80»; \blacksquare — «Термоскоп-100 СТ»

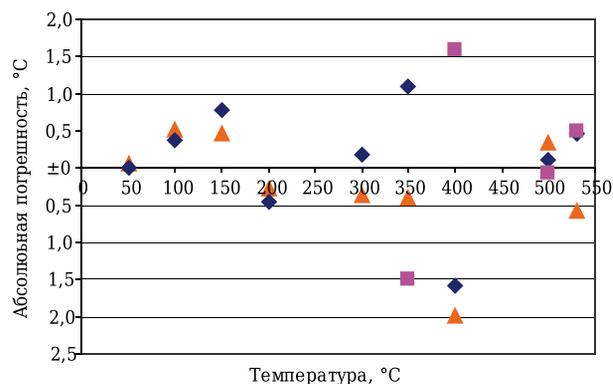


Рис. 3. Зависимость абсолютной погрешности средств измерения от температуры: \blacktriangle — ТК-5.06; \blacklozenge — «Raynger-ST80»; \blacksquare — «Термоскоп-100 СТ»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованы точностные характеристики контактных и бесконтактных средств измерения температуры. Получены зависимости спектральной степени черноты от объекта контроля его температуры для пирометров, используемых в данной работе. Получены величины абсолютной погрешности измерения в зависимости от уровня измеряемой температуры поверхности для контактных и бесконтактных средств измерения, исследованных в работе.

Все измерительные приборы находятся в классе точности, указанном производителем. Для обеспечения высокой точности измерения в производственных условиях необходимо с точностью $\pm 0,01-0,02$ знать значения спектральной степени черноты измеряемой поверхности. По возможности следует использовать контактный и бесконтактный измерители температуры. При сопоставлении данных измерения одной и той же температуры кон-

тактным устройством и пирометром излучения можно точно определить степень черноты данной поверхности. В узком интервале $50-100$ °С можно пользоваться одним значением степени черноты.

Система автономной регистрации температур обрабатываемых изделий в тепловых агрегатах позволяет вносить корректировку в работу пирометров излучения, учитывающую реальную степень черноты.

Библиографический список

1. **Блинов, О. М.** Теплотехнические измерения и приборы / О. М. Блинов, А. М. Беленький, В. Ф. Бердышев. — М. : Металлургия, 1993. — 288 с.
2. **Беленький, А. М.** Измерение температуры в металлургии / А. М. Беленький, А. Н. Бурсин, М. Ю. Дубинский, С. И. Калимулина // Черные металлы. — 2007. — № 1. — С. 17–23.
3. **Беленький, А. М.** Контроль температуры в металлургии / А. М. Беленький, А. Н. Бурсин, С. И. Калимулина // Приборы. — 2010. — № 12. — С. 2–11.
4. **Беленький, А. М.** Промышленный эксперимент — основа проведения энергосберегающей политики в металлургической теплотехнике / А. М. Беленький, М. Ю. Дубинский, С. И. Калимулина // Металлург. — 2010. — № 5. — С. 26–29. ■

Получено 02.03.16

© А. М. Беленький, С. И. Чибизова, Х. А. Абдувоидов, С. Х. Нуриддинов, А. Ю. Терехова, 2016 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



Ростех
РГ Химкомпозит

XXI международная научно-техническая конференция:
**«Конструкции и технологии получения изделий
из неметаллических материалов»**

5–7 октября 2016 г.

г. Обнинск



Уважаемые коллеги!

Приглашаем вас принять участие в XXI международной научно-технической конференции, которую проводит ОНПП «Технология» им. А. Г. Ромашина.

Адрес: г. Обнинск, ул. Курчатова, д. 21, помещение НОУ ДПО «ЦИПК».

Основные тематические направления:

1. Полимерные композиционные материалы и конструкции
2. Керамика со специальными свойствами
3. Стекло и оптические покрытия
4. Ремонт конструкций из полимерных композиционных материалов
5. Управление инновационными процессами

Тезисы докладов будут опубликованы в сборнике трудов конференции.

Технические секретари:

- Тел. (484)399-67-55 – Климакова Любовь Анатольевна (секция 1)
- Тел. (484)399-68-87 – Куликова Галина Ивановна (секция 2)
- Тел. (484)399-67-12 – Каплунова Алла Михайловна (секция 3)
- Тел. (484)399-67-89 – Соколова Александра Владиславовна (секция 4)
- Тел. (484)399-65-63 – Петракова Екатерина Сергеевна (секция 5)

Регистрационный взнос участника конференции 3000 руб.,
для учащихся школ и вузов участие бесплатное.

Для участия в конференции необходимо до 15 июня 2016 г. направить в адрес оргкомитета заявку на участие в конференции и тезисы докладов.

Подробная информация размещена на сайте www.technologya.ru