

Д. Е. Боровых<sup>1</sup>, Д. А. Кузьмина<sup>2</sup>, С. И. Половнева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация

<sup>1</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

## МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

**Аннотация.** Метрология – является наукой об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и достоверности получаемых результатов. Контроль температуры – неотъемлемая часть работы метролога. Температура определяется на любом производстве, правильный контроль этой характеристики способствует получению качественного результата. В железнодорожной отрасли применяются пирометры для определения температуры букс, колодок, а также для измерения температуры в труднодоступных местах вагона.

В работе рассматриваются средства бесконтактного измерения температуры, устройства и модели эталонов абсолютно черного тела, особенности его поверки. В данной статье представлена формулировка принципа действия инфракрасных пирометров, а также схема эталонов абсолютно черного тела и схема бесконтактного инфракрасного измерительного прибора – пирометра. Особенность поверки заключается в том, что процесс происходит на расстоянии, где обеспечивается минимальный диаметр поля зрения пирометра, при этом диаметр выходного отверстия абсолютно черного тела должен перекрывать минимальный диаметр поля зрения пирометра. Пирометры, прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению. На них выдается свидетельство о поверке установленной формы. При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности инфракрасного пирометра, свидетельство о предыдущей поверке аннулируется, а прибор измерения температуры не допускается к применению в сфере государственного регулирования.

**Ключевые слова:** поверка, абсолютно черное тело, пирометры, уравнение Вина, метрологическое обеспечение, метрология.

D. E. Borovykh<sup>1</sup>, D. A. Kuzmina<sup>2</sup>, S. I. Polovneva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, the Russian Federation

<sup>2</sup>Irkutsk State University, Irkutsk, the Russian Federation

<sup>1</sup>Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, the Russian Federation

## METROLOGICAL SUPPORT OF TEMPERATURE MEASURING DEVICES

**Abstract.** Metrology is the scientific study of measurement, methods and means of ensuring their unity and the reliability of the results. Temperature control is an integral part of a metrologist's job. The temperature is being measured at any facility, and the correct control of this characteristic contributes to obtaining the high-quality results. In the railway industry, pyrometers are used to measure the temperature of axle boxes, strips, as well as to measure the temperature in hard-to-reach places of the car.

This study covers the means of non-contact temperature measurement, devices and models of standards of an absolutely black body, the features of its verification. This article presents the formulation of the principle of action of infrared pyrometers, as well as the diagram of absolute black body standards and the diagram of a non-contact infrared measuring device - a pyrometer. The principle of action of pyrometers is based on the dependence of the flux density of thermal radiation from heated bodies on their temperature. Pyrometers that have passed the verification with a positive result are accepted as suitable and allowed for use. They get a certificate of verification of the established form. If the verification results are negative, they get a notice about the inappropriateness of the infrared pyrometer, the certificate of the previous verification is canceled, and the temperature measuring device is not allowed to be used in governmental regulatory.

**Keywords:** verification, absolutely black body, pyrometers, Wien's displacement law, metrological support, metrology.

Контроль температуры в условиях железнодорожных перевозок, ремонтно-профилактических работ, а также подвижного состава является часто встречающейся

измерительной процедурой. Для этих целей наиболее приемлемы бесконтактные средства измерения температуры – инфракрасные пирометры. Принцип их действия основан на зависимости интенсивности инфракрасного излучения от температуры тела.<sup>[1]</sup>

Данный принцип сформулировал немецкий физик Вильгельм Вин, опытным путем применяя законы термодинамики к электромагнитному излучению, он установил зависимость длины волны, на которой спектральный поток излучения черного тела достигает максимума, от температуры черного тела.

$$\frac{\mu_{max}}{T} = const \quad (1)$$

$\mu_{max}$  – максимальная частота излучения, которая соответствует максимальному значению абсолютно черного тела

T – температура

Чаще закон смещения Вина записывают как:

$$\frac{b}{T} = \lambda_{max} \quad (2)$$

где постоянная Вина  $b = 2.9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$

**По устройству** бесконтактный инфракрасный термометр содержит оптическую систему, состоящую из поверхности измеряемого объекта, теплового излучение от объекта, оптической системы инфракрасного термометра, датчика-преобразователя, электронного преобразователя, счётного устройства, корпуса пирометра, курок-кнопка и дисплея.

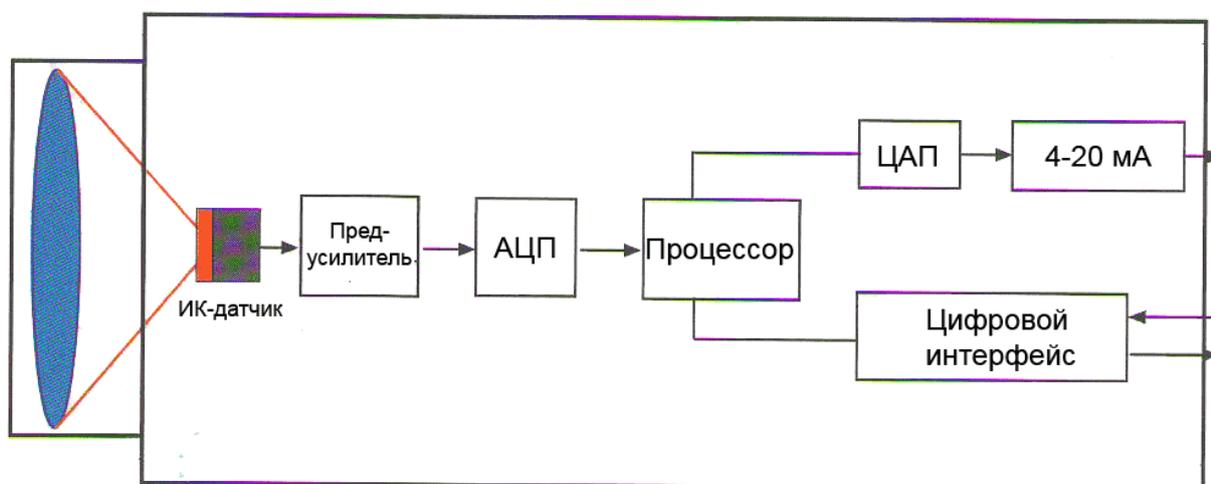


Рис.1. Блок-схема инфракрасного пирометра

Метрологическое обеспечение средств измерения температуры заключается в их ежегодной поверке, которая осуществляется при помощи эталона абсолютно черного тела (АЧТ).

**Поверка** является метрологической процедурой, цель которой установить пригоден ли данный пирометр к дальнейшей эксплуатации, на основании сравнения его основной погрешности полученной в ходе измерений с допусаемой погрешностью.

Выпускаемые в России эталоны АЧТ представлены в табл.1.<sup>[4]</sup>

Модели эталона АЧТ

Модификация ОИ АЧТ	Диапазона температуры, °С
ОИ АЧТ «Деметра»	от минус 30 до 80
ОИ АЧТ «Деметра-М»	от минус 40 до 110
ОИ АЧТ «Медя»	от 50 до 500
ОИ АЧТ «Электра»	от 100 до 1100
ОИ АЧТ «Электра+»	от 300 до 1250
ОИ АЧТ «Гелиос»	от 800 до 1500

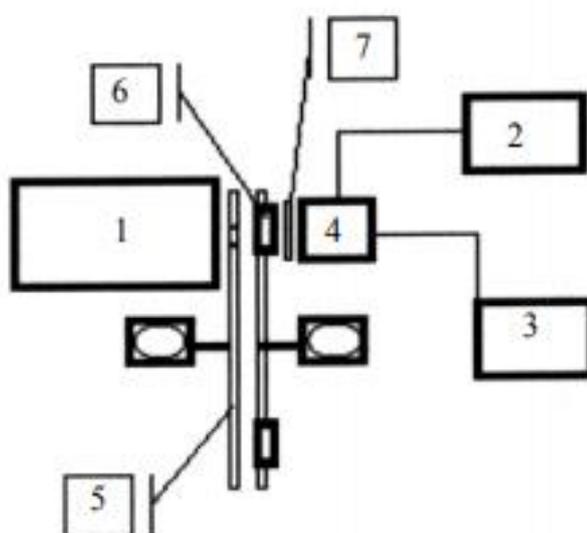


Рис.2. Принципиальная схема установки

1 — АЧТ; 2 — источник питания приемника; 3 — селективный микровольтметр; 4 — ОП; 5 — механический модулятор; 6 — интерференционный фильтр; 7 — блокирующий фильтр;

Для каждой модели инфракрасного пирометра существует своя методика поверки. Приведем пример поверки инфракрасных пирометров серии TGмоделей TG267, TG275, TG297.

#### Операции поверки пирометра <sup>[8]</sup>:

1. Внешний осмотр.
2. Опробование, проверка версии встроенного программного обеспечения (ПО).
3. Проверка диапазона и определение погрешности измерения радиационной температуры.
4. Проверка абсолютной погрешности измерений температуры термопарного канала.
5. Определение порога температурной чувствительности.

#### Заключение

Информация полезна для работников метрологических центров и служб железной дороги.

Эффективность бесконтактного дистанционного метода измерения температуры и его преимущества на РЖД для обеспечения контроля и повышения безопасности движения ЭПС очевидны:

1) Возможность измерения температуры труднодоступных, движущихся и вращающихся объектов, а также объектов, находящихся под электрическим напряжением, т.е. самых разных узлов и деталей ЭПС.

2) Экономия времени – за счет очень короткого времени, необходимого на один замер – не более 1 секунды, а также в связи с доступом для измерения всех объектов на расстоянии до 5-7 метров.

3) Измерение температуры букс (стальная или чугунная коробка, внутри которой размещены подшипник скольжения, вкладыш, смазочный материал)<sup>[8]</sup>

Таким образом, можно предположить, что на предприятиях повышенной опасности, каковыми являются предприятия железнодорожного транспорта, для контроля температурного режима оборудования и его узлов, технологических процессов при ремонте и производстве ЭПС, целесообразно использовать именно инфракрасные термометры.<sup>[7]</sup>

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бродников А.Ф., Черепанов В.Я. Метрологическое обеспечение теплотехнических измерений. Конспект лекций // Новосибирск, 2012. – 103с.
2. ГОСТ Р 8.619-2006 ГСИ. Приборы тепловизионные измерительные. Методика поверки. – 14 с.
3. Излучатели ОИ АЧТ 50/1500. Методика поверки МП 2412-0021-2008. – 6 с.
4. Лазуткин М.А., Половнева С.И. О методике и средствах поверки оптических пирометров и тепловизоров // Сб. научных трудов студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых Института высоких технологий. Электронный ресурс. Иркутск: ИРНТУ, 2019. – 319 с.
5. Пирометры инфракрасные тепловизионные FLIR серии TG моделей TG267, TG275, TG297. МП 207-014-2020. Методика поверки// Москва, 2020. – 5с.
6. Сажин С.Г. Средства автоматического контроля технологических параметров// СПб.: Лань, 2014. - 400 с.
7. <https://scfh.ru/papers/glazom-teplovizora/>
8. <https://www.astena.ru/kelvin2.html>

### REFERENCES

1. Brodnikov A.F., Cherepanov V.YA. Metrologicheskoe obespechenie teplotekhnicheskikh izmerenij. Konspekt lekcij // Novosibirsk, 2012. – 103 с.
2. GOST R 8.619-2006 GSI. Pribory teplovizionnyye izmeritel'nye. Metodika poverki. – 14 с.
3. Izluchateli OI ACHT 50/1500. Metodika poverki MP 2412-0021-2008. – 6 с.
4. Lazutkin M.A., Polovneva S.I. O metodike i sredstvakh poverki opticheskikh pirometrov i teplovizorov // Sb. nauchnyh trudov studentov, magistrantov, aspirantov i molodyh uchenyh Instituta vysokih tekhnologij. Elektronnyj resurs. Irkutsk: IRNITU, 2019. – 319 с.
5. Pirometri infracrasnii teplovisionii FLIR series TG models TG267, TG275, TG297. MP 207-014-2020. Method Poverki// Moscow, 2020. – 5с.
6. Sazhin S.G. Sredstva avtomaticheskogo kontrolya tekhnologicheskikh parametrov //St. Petersburg: Lan', 2014. – 400 p.
7. <https://scfh.ru/papers/glazom-teplovizora/>
8. <https://www.astena.ru/kelvin2.html>

### **Информация об авторах**

*Боровых Данил Евгеньевич* – студент группы АТбп-17-1, Институт высоких технологий, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, e-mail: saw194115@yandex.ru

*Кузьмина Дарья Андреевна* – студентка группы 2123111-ДБ, Институт филологии, иностранных языков и медиакоммуникации, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, e-mail: potterhead1711@mail.ru

*Половнева Светлана Ивановна* – доцент каф. Автоматизации и управления ИВТ ИРНИТУ, к.т.н., доцент, чл.-корр. Метрологической академии, профессор РАЕ, г. Иркутск, e-mail: polovneva\_si@mail.ru

### **Authors**

*Danil Evgenievich Borovykh* – student of group АТbp-17-1, Institute of high technologies, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: saw194115@yandex.ru

*Daria Andreevna Kuzmina* – student of group 2123111-DB, Institute of philology, foreign languages and media communication, Irkutsk State University, Irkutsk, e-mail: potterhead1711@mail.ru

*Svetlana Ivanovna Polovneva* – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, the Subdepartment of Automation and Control, Irkutsk National Research University, corresponding member of the Metrological Academy, Professor of the Russian Academy of Natural Sciences, Irkutsk, e-mail: polovneva\_si@mail.ru