

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса

Научная статья
УДК 536.521
doi: 10.28983/asj.y2024i6pp99-102

Особенности применения пирометров и тепловизоров

Сергей Владимирович Бирюков

НИУ МГСУ, г. Москва, Россия

e-mail: mail-1000@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена вопросу использования популярных моделей пирометров и тепловизоров для бесконтактного измерения температуры, улучшения точности замеров, вариантах использования. Приводятся термограммы при замерах температуры на стыках разнородных материалов.

Ключевые слова: отопление; термометр; температура; пирометр; тепловизор; обследование; измерение

Для цитирования: Бирюков С. В. Особенности применения пирометров и тепловизоров // Аграрный научный журнал. 2024. № 6. С. 99–102. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i6pp99-102>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Features of the use of pyrometers and thermal imagers

Sergey V. Birykov

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

e-mail: mail-1000@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the issue of using popular models of pyrometers and thermal imagers for non-contact temperature measurement, improving the accuracy of measurements, and use cases. Thermograms are given for measuring temperatures at the joints of dissimilar materials.

Keywords: heating; thermometer; temperature; pyrometer; thermal imager; examination; measurement

For citation: Birykov S. V. Features of the use of pyrometers and thermal imagers. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* = *Agrarian Scientific Journal*. 2024;(6):99–102. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i6pp99-102>.

Введение. Первые портативные приборы с возможностью дистанционного измерения температуры тела появились еще в 60-х гг. XX в. У них был ограниченный функционал и существенные габаритные размеры по сравнению с современными. С недавнего времени в свободной продаже появились приборы для бесконтактного измерения температуры под общим названием пирометры. Стоимость этих устройств лежит в широком ценовом диапазоне, хотя внешне они выглядят практически одинаково. Наряду с пирометрами постоянно расширяется ассортимент тепловизоров, которые становятся незаменимыми в строительной отрасли. Чаще всего в строительстве тепловизоры используют при обследовании помещений и зданий на предмет теплозащитных функций ограждений. Также пирометры и тепловизоры можно использовать и в сельском хозяйстве, например, в хранилищах урожая, готовой продукции или в животноводстве.



Тепловизор можно рассматривать как прибор для одновременного бесконтактного замера температуры в разных точках поверхности с дальнейшей регистрацией температурных полей при помощи формирования графического изображения (термограммы). Причем на термограмме наиболее холодные участки показываются синими оттенками, а наиболее нагретые – красными. То есть тепловизор – это совокупность пирометров действующих одновременно. Пирометр является, как бы, элементом матрицы тепловизора.

Материалы и методы. В статье будем рассматривать инфракрасные (ИК) приборы, то есть частичного излучения. Они являются наиболее доступными для потребителей. Полная классификация пирометров и терминология приведены в [1]. Современные пирометры и тепловизоры обладают высоким быстродействием и расширенным функционалом. Некоторые модели пирометров позволяют подключать и контактные температурные датчики для более точных замеров в определенных точках.

Результаты исследований. На 2024 г. простые тепловизоры, применяющиеся в гражданских целях, обладают разрешением 160×120 точек, среднего уровня 240×180 , а высокого уровня 640×480 . Их температурная чувствительность NETD $0,04-0,12$ °C.

Независимо от стоимости и класса прибора у всех пирометров и тепловизоров есть общие недостатки. Главный недостаток – точность измерения обычно ниже, чем у контактных термометров, особенно при выполнении замеров поверхностей с большой отражательной способностью. Главное достоинство – быстрота измерения.

Основная сложность при использовании ИК-приборов – различный коэффициент отражения поверхностей. Обычно приборы калибруются и используются при коэффициенте эмиссии $\varepsilon = 0,95$. У простых моделей пирометров коэффициент эмиссии не регулируется. Обычно к прибору прикладывается таблица с рекомендуемыми значениями коэффициента ε . В разных инструкциях приводятся разные значения. Поэтому были выписаны минимальные и максимальные значения из инструкций различных приборов. Типичные материалы и их коэффициенты представлены в таблице.

Типовые значения коэффициента эмиссии различных материалов

Typical emission coefficient values for various materials

Материал	$\varepsilon_{\text{мин}}$	$\varepsilon_{\text{макс}}$
Полированное золото	0,02	
Полированный алюминий	0,02	0,09
Медь	0,06	0,78
Хром	0,06	0,08
Нержавеющая сталь	0,07	0,14
Полированное железо	0,21	
Анодированный алюминий	0,55	0,95
Окисленное железо	0,64	
Кирпич, гипс	0,75	0,93
Окисленная сталь	0,52	0,85
Снег	0,80	
Бумага	0,86	0,97
Дерево	0,90	0,94
Вода	0,92	0,96
Пластик	0,94	
Полированное стекло	0,94	
Черная сажа, резина	0,95	
Бетон	0,93	0,97
Лед	0,97	
Человеческая кожа	0,98	

Если проанализировать таблицу, то значения коэффициентов эмиссии у одинаковых материалов могут меняться в широком диапазоне, причем они могут отличаться в зависимости от температуры самого материала. Например, у стали в зависимости от состояния поверхности и марки



$\varepsilon = 0,04...0,85$. Учитывая то, что ε варьирует от 0 до 1, заданное значение существенно может повлиять на результат измерения.

В настоящее время конструкции пирометров и тепловизоров совершенствуются, а доступность и функционал устройств улучшается, наглядный пример – тепловизионные датчики, которые подключаются к смартфону и при этом работают на уровне тепловизоров среднего класса (с разрешением матрицы 256×192). В исследовании использовался ручной тепловизор среднего класса с аналогичным разрешением.

Еще в начале XIX в. ученых интересовали вопросы, связанные с поглощением и отражением различных материалов. По аналогии с экспериментом 1804 г. Джона Лесли [3], который показал влияние различных материалов на показания теплового излучения на специальном кубе. Этот куб был построен с нанесением разнородных материалов на свои стороны из золота, серебра, меди, сажи и лака (есть вариант куба с белой, черной красками и с матовой и полированной поверхностями). В куб заливалась нагретая вода, при этом фиксировалось излучение на разных сторонах.

В нашем случае, в качестве эксперимента был выбран участок отопительного стояка со вставкой из неокрашенной нержавеющей стали вместо отопительного прибора. Исследования проводились в помещении с температурой воздуха около $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Окружающая температура также оказывает влияние на результат измерения. Температура воды в стояке при этом была в районе $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На рисунке 1 показаны фотографическое изображение и термограмма фрагмента экспериментального отопительного стояка.

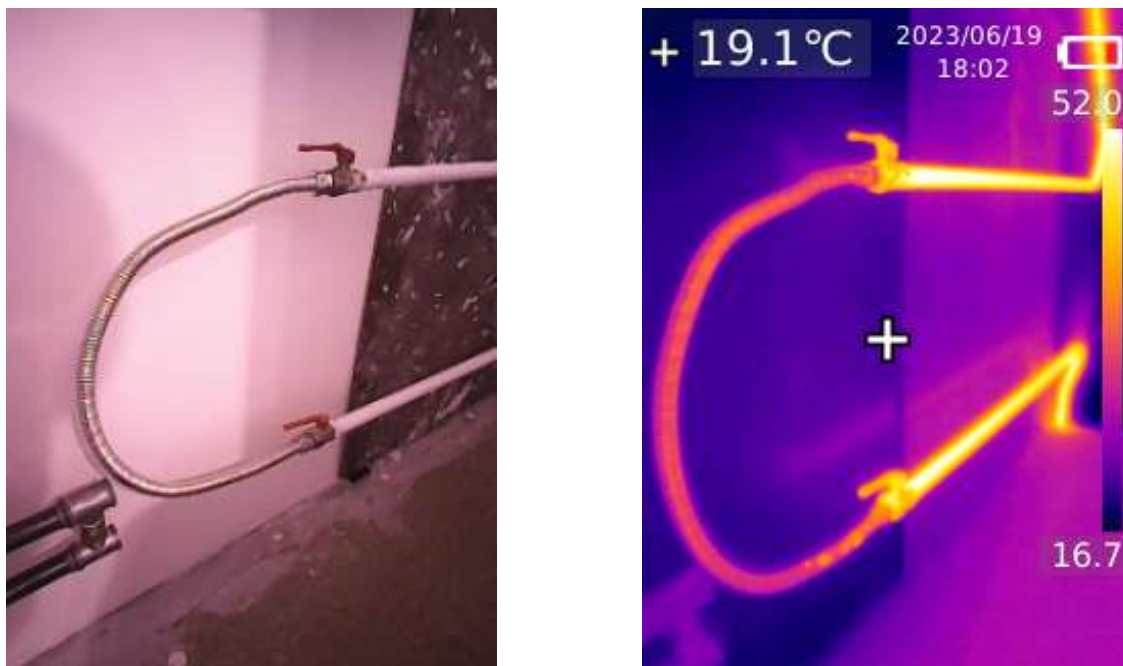


Рисунок 1 – Фотография и термограмма фрагмента отопительного стояка

Figure 1 – Photograph and thermogram of a fragment of the heating riser

Если не учитывать тот факт, что трубы и шаровые краны изготовлены из разных материалов, то может показаться, что в зоне гофрированной вставки температура теплоносителя заметно снизилась, но потом вновь возросла. А по факту, она практически не изменилась.

При детальном рассмотрении рисунка 2 можно заметить укрупненно четыре разнородных материала.

При тепловизионной съемке разнородных материалов видна искаженная картина. Так, нержавеющая сталь кажется холодной, чуть теплее латунь, более нагретой становится окрашенная латунь, а самой нагретой окрашенная сталь. И это при том, что коэффициент теплопроводности латуни больше стали примерно на 30 %.



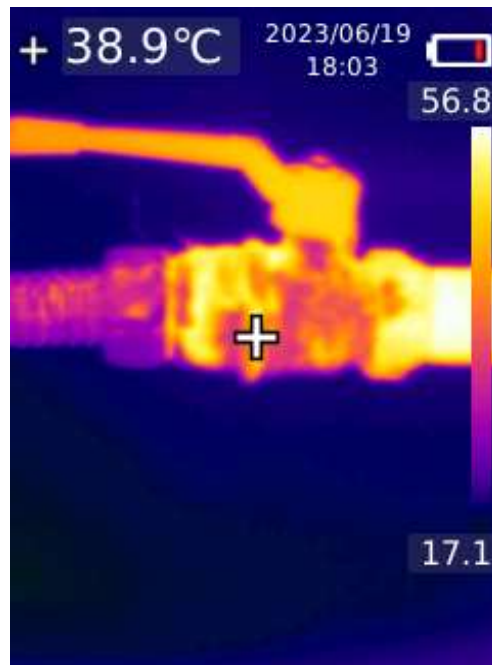


Рисунок 2 – Соединение нержавеющей сталь – латунь – окрашенная латунь – окрашенная сталь

Figure 2 – Connection stainless steel – brass-painted brass – painted steel

Заключение. По полученным ранее данным и проведенному эксперименту можно согласиться с выводами авторов [2] по поводу погрешностей измерений пирометрами и важности соблюдения методики замеров, что было неоднократно подтверждено экспериментами. Кроме того, следует уделять особое внимание к замерам температур на полированных (зеркальных) поверхностях. Для этих поверхностей лучше использовать контактные способы замеров или наносить тонкий слой материала (липкой ленты) или краски с коэффициентом эмиссии ближе 0,9. При обследовании зданий, сооружений или конструкций при помощи тепловизора внимательнее нужно отнестись к стыкам разнородных материалов с существенным отличием коэффициента отражения. В противном случае может быть неверно трактовано термографическое изображение. Для более точных замеров пирометр и тепловизор следует располагать как можно ближе к измеряемой поверхности, чтобы исключить влияние соседних поверхностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 28243-96. Пирометры. Общие технические требования. Дата введения в действие: 01.01.2004. М., 1996.
2. Веснин В. И., Прилепский А. С. Погрешности измерения температуры инфракрасным пирометром // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Естественные науки и техносферная безопасность: сборник статей. Самара, 2017. С. 177–181.
3. Olson, Richard. A Note on Leslie's Cube in the Study of Radiant Heat (англ.) // Annals of Science. 1969. Vol. 25. P. 203–208.

REFERENCES

1. GOST 28243-96. Pyrometers. General technical requirements. Effective date: 01/01/2004. Moscow, 1996.
2. Vesnin V.I., Prilepsky A.S. Errors in measuring temperature with an infrared pyrometer. *Traditions And Innovations In Construction And Architecture. Natural Sciences And Technosphere Safety*. Samara, 2017:177–181.
3. Olson, Richard. A Note on Leslie's Cube in the Study of Radiant Heat. *Annals of Science*. 1969;(25): 203–208.

Статья поступила в редакцию 27.01.2024; одобрена после рецензирования 20.02.2024; принята к публикации 30.02.2024.
The article was submitted 27.01.2024; approved after reviewing 20.02.2024; accepted for publication 30.02.2024.

