

Г. Ю. Шарманова, студент гр. 5АМ62 (НИ ТПУ)  
Научный руководитель А. Я. Пак, доцент каф. ЭПП (НИ ТПУ)  
г. Томск

## ПИРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙТРАЛЬНЫХ СВЕТОФИЛЬТРОВ

Традиционными приборами для измерения температур являются: жидкостные термометры, термопары, термосопротивления, пиromетры и тепловизоры [1]. Все вышесказанные приборы, за исключением пиromетров и тепловизоров, основаны на принципе измерения температуры контактным методом, который не позволяет измерять высокие температуры приборов, а также температуры удаленных устройств. Кроме того, приборы, применяемые для измерения температуры контактным методом не обладают высоким быстродействием. Применение пиromетров и тепловизоров основаны на методе бесконтактного измерения температур. Тепловизоры имеют высокую цену, что ограничивает их применение. Поэтому на сегодняшний день наиболее широко распространены пиromетры ввиду их относительно невысокой стоимости.

Пиromетрические измерения температур широко используются в энергетике и строительстве для измерения температуры удаленных, труднодоступных объектов, измерения температуры частей; проводников, находящихся под напряжением, контроля высокотемпературных процессов, обследования узлов и деталей, не допускающих прикосновения.

В российских изданиях широко рассмотрены методы измерения температур бесконтактным методом с помощью применения пиromетров и тепловизоров [2, 3]. Стремительно развиваются исследования по повышению точности определения бесконтактного измерения температуры тел современными пиromетрами и тепловизорами [4, 5].

Стандартные пиromетры, которые находятся в свободной продаже в розничной сети, имеют предел измерения температуры от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $2300^{\circ}\text{C}$ . Пиromетры с высокотемпературным диапазоном имеют высокую стоимость. Также предел измерения температур данных пиromетров не позволяет измерять температуру плазмы, электродов при дуговых явлениях, некоторых нагревательных элементов и прочих частей, имеющих высокие температуры. Возможным решением данной проблемы является применение специальных светофильтров, которые позволяют увеличить верхний предел измерения температур пиromетрического оборудования.

## Эксперимент и результаты.

Для исследования процесса измерения температуры с применением светофильтра был проведен эксперимент по измерению температуры пиromетрическим методом. При проведении эксперимента был использован пиromетр марки CENTER 352 с диапазоном измеряемых температур от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $500^{\circ}\text{C}$  и нейтральный светофильтр Kenko Pro ND 4(w) с диаметром 52 мм и коэффициентом пропускания  $1/4$ .

В ходе эксперимента было произведено пиromетрическое измерение температуры электрических нагревательных элементов, которые были нагреты до разных температур за счет различной электрической мощности нагревателей, их размеров и уровня тока. После чего было произведено пиromетрическое измерение температуры нагревателей, нагретых до таких же температур, только с использованием нейтрального светофильтра. Эксперимент показал, что с применением нейтрального светофильтра величина температуры нагревательных элементов, отображенная на дисплее пиromетра, стала в 4 раза меньше относительно измеренной температуры без светофильтра.

Зависимость температуры, полученной с применением нейтрального светофильтра от исходной температуры нагревательных элементов показана на рисунке 1.

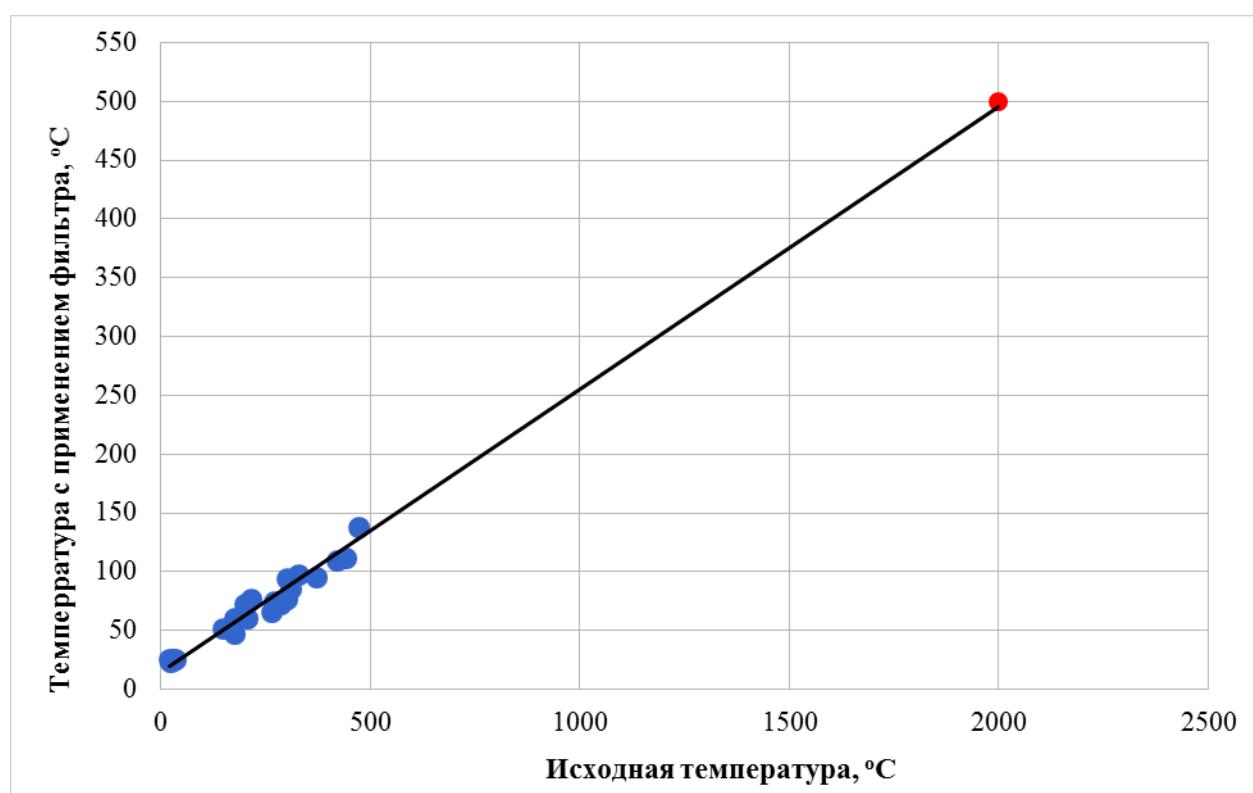


Рисунок 1. Зависимость температуры, полученной с применением нейтрального светофильтра от сходной температуры нагревательных элементов.

По результатам эксперимента была простроена зависимость температуры, полученной с применением нейтрального светофильтра от исходной температуры нагревательных элементов. По полученным точкам на графике была проведена средняя линия, которая представляет собой линейную зависимость. С применением нейтрального светофильтра можно измерить исходное значение температуры объекта, достигающей 2000°C, при использовании пирометра данной марки. Для определения температуры, полученная линейная зависимость была продлена до максимально возможной измеряемой температуры с применением светофильтра. На графике красным маркером обозначена максимальная измеряемая температура.

Применение данного метода измерения температуры является экономически выгодным. Стоимость данной системы (пирометр с предельной температурой 500°C и нейтральный светофильтр с коэффициентом пропускания  $\frac{1}{4}$ ) составляет около 7,2 тыс. руб. Каждый из элементов системы находится в свободном доступе для покупателей. Существуют и готовые пирометры с предельными температурами около 2300°C. Они также находятся в свободном доступе, только стоимость данных устройств доходит до 25-35 тыс. руб. Высокая стоимость устройства серьезно ограничивает его применение; при этом система «пирометр + светофильтр» в 4 раза дешевле.

Применение пирометра в совокупности с нейтральным светофильтром является эффективным методом бесконтактного измерения температуры. В ходе эксперимента получилось увеличить диапазон измерения температур используемого пирометра до 2000°C. Также применение данного метода является экономически выгодным, в сравнении с применением пирометра большего диапазона температур. Но, полученного диапазона измерения температур недостаточно для измерения объектов, температуры которых достигают 5-7 тыс. градусов, например, для измерения температуры плазменного столба дуги постоянного или переменного тока. Предложенный метод требует более подробного рассмотрения и проведения новых экспериментов с применением других светофильтров (например, инфракрасного диапазона) с целью увеличения верхнего порога измерения пирометрической техники.

1. Ю. Е. Крамарухин, Приборы для измерения температуры/ Ю. Е. Крамарухин – М.: Машиностроение, 1990 – 205 с.
2. И.Т. Губайдуллин, Потенциал и реальные возможности оптико-электронной пирометрической системы для решения задач контроля и диагностики теплонапряженного состояния рабочих лопаток турбины авиационных ГТД/ И.Т. Губайдуллин – Вестник двигателестроения, 2009 – С. 189-194.

3. Г. Д. Ивлев, Оптико-пиromетрическая диагностика состояния кремния при наноимпульсном лазерном облучении/ Г.Д. Ивлев, Е.И. Гацкевич – Журнал технической физики, 2012 – том 82 – вып. 6 – С. 69-72.
4. Н. В. Гурьев, Метод высокоточного определения коэффициентов излучения материалов для пиromетрических измерений/ Н. В. Гурьев, Г. И. Петриченко, В. И. Полевой, С. Н. Почапский – Український метрологічний журнал «ВИМІРЮВАННЯ ОПТИЧНИХ ТА ОПТИКО-ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН», 2008 – № 2 – С. 27-36.
5. А.Б. Ионов, Повышение достоверности пиromетрических измерений на основе априорной информации/ А. Б. Ионов, Б. П. Ионов, А. И. Мирная, Е. В. Плоткин – Ползуновский вестник № 3/2, 2012 – С. 77-81.