

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ КОНТАКТНЫМИ ДАТЧИКАМИ

Знание температурных характеристик излучения газового потока в системах двигателей летательных аппаратов (ЛА) оказывает решающее воздействие на проектирование, выбор конструкционных материалов, систем авторегулирования и диагностики агрегатов. Наиболее важными критериями при выборе материалов для проектируемых узлов двигателей являются:

- соотношения между температурой, напряжением и временем при работе двигателя;
- химическая и эрозионная активность среды, образующейся в результате сжигания топлива.

Измерения температуры газовых струй в трактах двигателей ЛА с помощью обычных термометрических зондов имеет ряд недостатков, которые становятся существенными при повышении температуры и скорости газа. Особые трудности возникают из-за направленного движения газа и теплопередачи от чувствительного спая к окружающей среде вследствие излучения и теплопроводности. Обычный термочувствительный прибор в потоке газа воспринимает и регистрирует температуру, являющуюся промежуточной между полной и статической температурами. Действительное значение температуры газа можно вычислить по измененной температуре, только когда известны скорость и теплоемкость газа и коэффициент восстановления. Коэффициент восстановления является функцией формы зонда и мало изменяется в зависимости от структуры, температуры, давления и скорости потока в пределах дозвуковой скорости потока. В процессе эксплуатации термодатчики (ТТ или ТС) с течением времени могут менять характер номинально-статических характеристик. Этому способствуют различные агрессивные факторы диагностируемой среды. При замене термочувствительного элемента необходимо воспроизводить первоначальный размер, форму и положение его в сопле и проводить полную перекалровку прибора [1].

Постановка задачи и ее решение. Для решения задачи повышения точности и достоверности температурных измерений при проектировании и эксплуатации двигателей ЛА предлагается использование малогабаритных самокалибрующихся датчиков температуры (СДТ) на основе основных реперных точек галлия (29,76 °С), индия (156,59 °С), олова (231,93 °С), цинка (419,53 °С) и вторичных реперных точек: алюминия (660,32 °С), никеля (1455 °С).

Национальный аэрокосмический университет
им. П.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт»

ISSN 1818-8052

ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА КОНСТРУКЦИЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

1 (48) январь-март 2007

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Издается с января 1984 г.

Выходит 4 раза в год

Харьков «ХАИ» 2007

СДТ предполагает наличие калибратора, встроенного в термометр [2,3,4]. На рисунке 1 представлена схема самокалибрующегося датчика температуры.

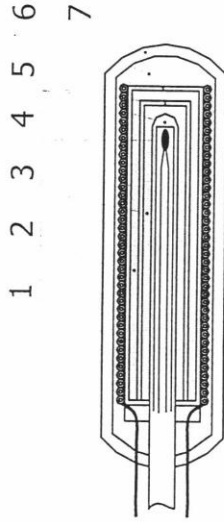


Рис. 1 – Самокалибрующийся датчик температуры
1 – Управляемый нагревательный элемент; 2 и 3 – реперные металлы; 4 - первичный измерительный преобразователь (ПИП); 5 – тиглы, выполненные из сапфира; 6 - порошок окиси магния; 7 – металлический корпус.

Конструкция СДТ состоит из малогабаритной реперной точки на основе двух реперных металлов необходимой чистоты (99,99 %), в термометрическом канале которой находится ТП или ТС, подключенный к измерительному тракту. При достижении температуры плавления (затвердевания) реперного вещества происходит характерная стабилизация значения термо-э.д.с. или сопротивления термопреобразователя. По температурному плато плавления (затвердевания) могут быть получены калибровочные значения как для первичного датчика ТП (ТС), так и для всего измерительного канала в целом.

Для использования принципа автоматической посткалибровки по месту установки термозлементов при эксплуатации, необходимо обеспечить следующие условия:

- Долговременная стабильность миниатюрного контейнера с реперными металлами даже при температурах значительно выше температуры фазовых переходов;
- оптимальная конструкция СДТ, которая позволяет использовать стандартные диагностические окна;
- наличие реперных веществ с хорошо воспроизводимыми температурами фазовых переходов вблизи рабочей температуры исследуемой среды для гарантии минимальной погрешности при калибровке в одной или в двух точках.

Материал тиглей для реперных металлов должен соответствовать следующим требованиям:

- термическая стабильность при рабочих температурах;
- долговременная химическая устойчивость к металлическим расплавам;
- доступность и технологичность при высокой чистоте металла;

- высокая теплопроводность и низкая теплоемкость.

Для изучения воспроизводимости температурного плато плавления (затвердевания) реперного металла СДТ использовался портативный калибратор температуры ТС-660. В термометрический канал калибратора помещался СДТ с преобразователем термоэлектрическим типа ТХА.

На рисунках 2,3 показаны типичные временные зависимости термо-э.д.с. ТХА (с термостатированием свободных концов при $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$), погруженного в термометрический канал СДТ, при исследовании температурного плато плавления (затвердевания) олова. Масса олова в СДТ составила 25 г. Для измерения термо-э.д.с. использовался измеритель параметров датчиков СА-320 производства НПП «Спецавтоматика», г.Киев.

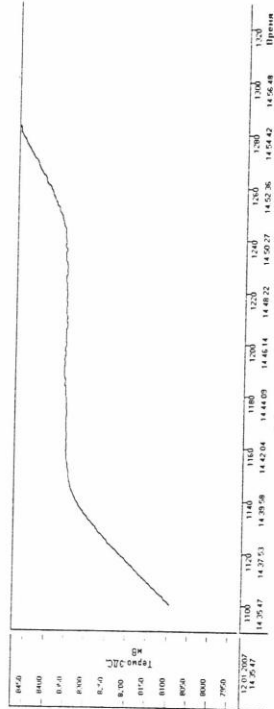


Рис. 2 Плато плавления олова, регистрируемое термоэлектрическим преобразователем ТХА

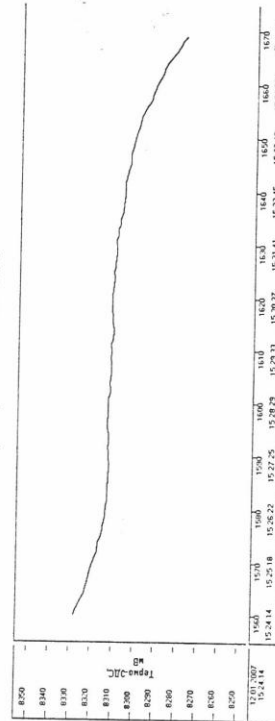


Рис. 3 Плато затвердевания олова, регистрируемое термоэлектрическим преобразователем ТХА

Анализ результатов эксперимента показал, что длительность температурного плато плавления олова в СДТ составляет порядка 10 ми-

нут, плато затвердевания – 8 минут, что достаточно для градуировки термодатчика.

Для диапазона температур от 20°C до 600°C такие керамики, как оксид и нитрид алюминия, нитриды кремния и бора являются подходящими в качестве материала тигля. Для реперных металлов алюминия, меди, никеля возможно использование монокристаллического корунда (сапфира). Геометрия и материал тигля имеют решающее значение для формы и достоверности регистрируемых плато. Дополнительно встроенный в термометр нагревательный элемент позволяет проводить калибровку измерительной цепи по внешним запросам даже при стационарном температурном режиме.

Практическая апробация данной конструкции показала СКО воспроизведения реперной температуры менее 0,01 К и доверительную погрешность градуировки датчиков 0,2 К (при $T=660\text{ }^{\circ}\text{C}$; доверительной вероятности $P=0,95$ при числе степеней свободы $n=20$).

Выводы

Таким образом, предлагается использование самокалибрующихся датчиков для автоматического контроля температуры газовых потоков в трактах двигателей ЛА. СДТ позволят осуществлять контроль температурных измерений с повышенной точностью и достоверностью. Предложенный самокалибрующийся датчик температуры можно использовать для измерения температуры в труднодоступных местах и проводить бездемонтажную калибровку средств измерительной техники контактной термометрии с погрешностью менее 0,5 К.

Список использованных источников

1. Олейников П.П., Пампура В.Б. О метрологическом обеспечении высокотемпературных измерений. // Приборы и автоматизация. - 2002. - №12(30). - С.37.
2. Добровинский И.Е., Казанцев В.В., Павлов Б.П. и др. Состояние и перспективы метрологического обеспечения в области термoeлектрической термометрии // Приборы и автоматизация - 2002. - №3(21). - С.63.
3. Саченко А.А., Мильченко В.Ю., Кочан В.В. Измерение температуры датчиками со встроенными калибраторами. - М.: Энергоатомиздат, 1986. -123 с.
4. Курская Т.Н., Сидоренко Г.С., Чернобай Г.А. Повышение точности и безопасности измерений температуры контактными датчиками на основе малогабаритных реперных точек // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2006. Випуск 4. С.162.