

Курская Т.Н., канд. техн. наук, ст. преп., УГЗУ

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОНТРОЛЯ С ПОМОЩЬЮ СДТ НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ

(представлено д-ром техн. наук Прохачем Э.Е.)

Исследованы метрологические характеристики самокалибрующихся датчиков температуры (СДТ), позволяющие определить возможность применения структурных методов для повышения эффективности и точности температурного контроля на объектах энергетики

Ключевые слова: первичный преобразователь, самокалибрующийся датчик температуры, фазовый переход, плато плавления (затвердевания)

Постановка проблемы. Повышение эффективности работы и уровня безопасности АЭС в значительной мере зависит от достоверности измерительной информации, необходимой для обеспечения экономичной и безаварийной работы энергоблоков. Для оперативной обработки большого объема измерительной информации и для осуществления при этом функций управления, контроля правильности выполнения технологического процесса, состояния технологического оборудования, расчета технико-экономических показателей используются АСУ ТП. Качество управления, определяющееся точностью, надежностью и эффективностью АСУ ТП, в первую очередь зависит от качественного функционирования информационно-измерительных систем, поскольку именно с их помощью получается измерительная информация, необходимая для управления. Измерительный канал (ИК) АСУ ТП можно представить как последовательное соединение компонентов, к которым, в общем случае, могут принадлежать: первичные измерительные преобразователи, промежуточные измерительные преобразователи, линии связи, средства измерений, средства системного применения, средства вычислительной техники и программные средства. Наиболее перспективным методом повышения точности измерительных каналов является структурный метод, предполагающий введение в состав ИК тестирующего компонента [1-3]. Этот тестирующий компонент должен выполнять роль образцового средства измерений, которое может быть использовано при прове-

Курская Т.Н.

дении испытаний, метрологической аттестации, а также для оперативного определения значений поправок к показаниям ИК. Сущность метода состоит в применении самокалибрующихся датчиков температуры (СДТ), представляющих собой систему, предназначенную для коррекции температурных измерений. В своем составе СДТ имеет многофазовую систему (калибратор температуры, содержащий несколько реперных металлов и позволяющий точно воспроизводить известные значения температуры) и первичный измерительный преобразователь (ПИП). Данный подход является оптимальным, так как позволит осуществлять:

- градуировку ПИП без демонтажа, что особенно актуально для труднодоступных зон;
- поверку (калибровку) не только ПИП, а и всего (ИК);
- корректировку показаний дублирующих ПИП по СДТ.

Конструкция „самокалибрующийся датчик” предполагает наличие миниатюрного калибратора и первичного преобразователя. Многие технологические процессы характеризуются стационарным распределением температурного поля, в связи с чем возникает необходимость дополнительного размещения нагревательного элемента в СДТ. Нагреватель должен обеспечивать выход и поддержание в течение требуемого времени заданной температуры плавления (затвердевания) реперного металла. По характерным изменениям термо-э.д.с. в области плавления (затвердевания) реперного металла могут быть получены необходимые калибровочные значения для ПИП или ИК.

При использовании данного структурного метода в системах термоконтроля необходимо обеспечить:

- стабильность СДТ при температурных циклах значительно выше температуры фазовых переходов;
- оптимальную конструкцию СДТ, позволяющую встраивать его в стандартные диагностические окна систем термоконтроля;
- доступность реперного вещества необходимой чистоты (> 99,99 %) с температурой фазового перехода вблизи рабочей температуры контролируемой среды.

Анализ последних исследований и публикаций. Предложенные конструкции СДТ до настоящего времени [4,5] имели различные конфигурации, съемные и стационарные навески из реперного металла, наличие одного или нескольких реперных металлов. Однако все они не лишены недостатков. Основным недостатком, присущим всем конструкциям,— невозможность применения

при стационарном тепловом режиме. Предложенные конструкции возможно использовать только при определенной расчетной скорости нагрева среды для фиксации температурного плато фазового перехода в течение нескольких минут, что практически неосуществимо в условиях эксплуатации (необходимо подбирать технологические процессы с определенным температурным режимом под данные СДТ).

Для стационарных тепловых режимов конструкция СДТ должна иметь автономный нагревательный элемент (для вывода малогабаритной реперной точки в режим фазового перехода), оптимальную конструкцию, обеспечивающую чистоту реперного металла, и позволяющую встраивать ее в стандартные диагностические окна, а также наличие двух реперных металлов для контроля индивидуальной градуировочной характеристики первичного преобразователя в диапазоне температур, соответствующих условиям эксплуатации.

Постановка задачи и ее решение. В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований метрологических характеристик СДТ на основе двух реперных металлов (олово и цинк) с нагревательным элементом, разработанных автором [6]. Большое внимание было уделено изучению стабильности и воспроизводимости температурных плато плавления и затвердевания малогабаритных реперных точек, что очень важно при использовании СДТ на объектах повышенной степени риска.

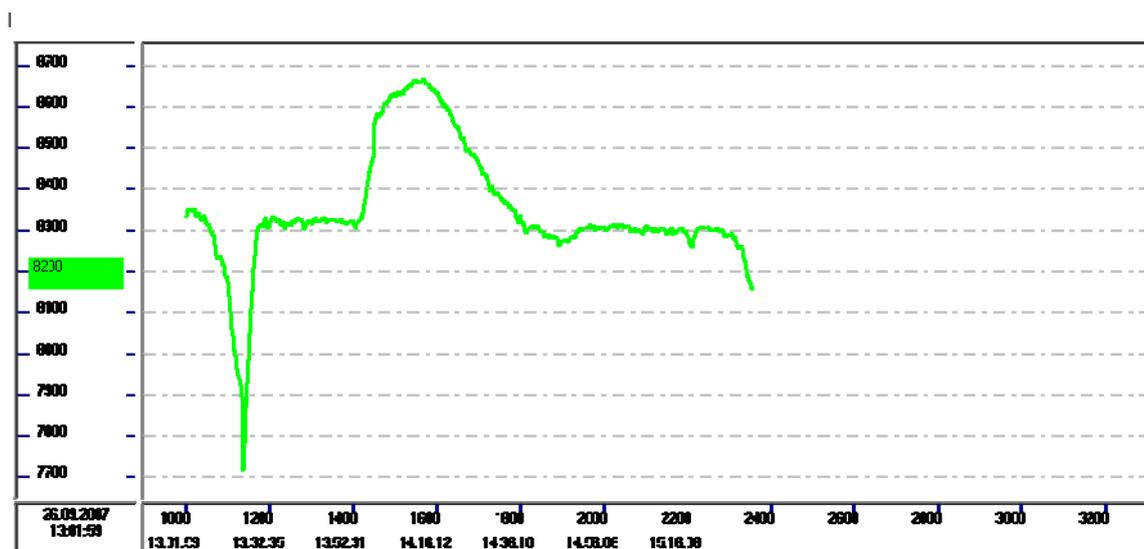


Рис. 1 – Цикл градуировки (регистрация плато плавления (затвердевания) олова с помощью ТХА № 541 в СДТ на основе двух реперных металлов)

Были проведены исследования циклов градуировки ПИП (ТХА, ТНН) при определении оптимального температурного режима СДТ при воспроизведении фазового перехода реперного металла. На рис. 1 показаны циклы градуировки термоэлектрического преобразователя ТХА № 541 в СДТ на основе двух реперных металлов. Показания термо-э.д.с. регистрировались с помощью измерителя параметров датчиков СА320-1.

Исследования полученных экспериментальных данных показали, что:

1) длительность плато плавления составила 24 мин; плато затвердевания – 30 мин;

2) температура перегрева порядка 10 °С; выдержка в расплавленном состоянии – 12 мин; скорость нагрева – 1,3 °С/мин; скорость охлаждения составила 0,35 °С/мин; суперохлаждение составило 0,7 °С;

3) нестабильность воспроизведения плато затвердевания определялась как СКО температурного плато на участке, составляющем 30 % от длительности плато в начале затвердевания и составила 2,25 мкВ, что в температурном эквиваленте составляет 0,056 °С; нестабильность воспроизведения плато плавления определялась на участке плато, составляющем 20 % от длительности плато в конце плавления и составила 2,5 мкВ (0,063 °С);

4) температура плато плавления отличается от температуры плато затвердевания на 0,3 °С, что может быть объяснено отличием скорости нагрева от скорости охлаждения более, чем в три раза и наличием примесей в реперном металле.

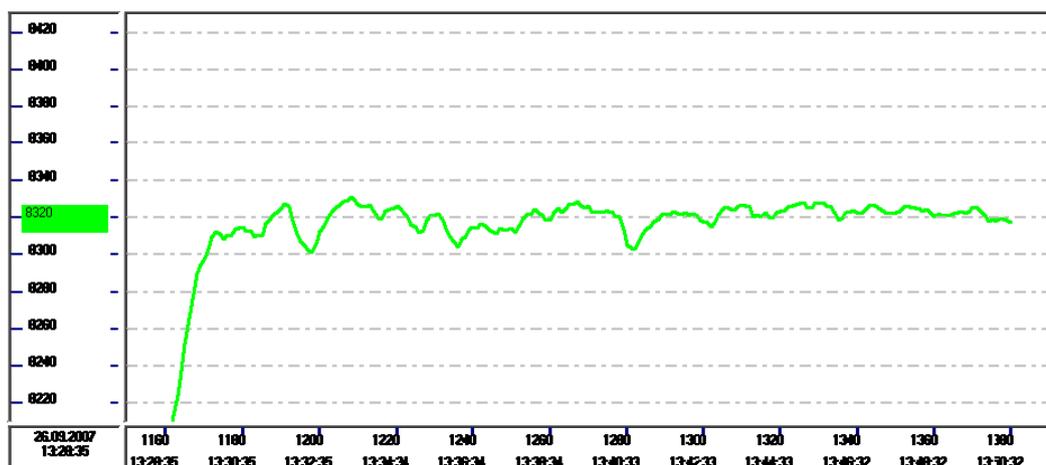


Рис. 2 – Плато плавления олова, регистрируемое ТХА № 541

На рис. 2 показан участок плато плавления олова, на котором отчетливо видны флуктуации, обусловленные наличием примесей в реперном металле и дрейфом термо-э.д.с. ПИП.

Все приведенные выше температурные плато плавления и затвердевания реперных металлов обладают достаточной информативностью и пригодны к проведению работ по градуировке ПИП. Температура плавления при оптимальном режиме нагрева СДТ при термоциклировании изменяется незначительно ($0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$). Основное различие кривых может быть обусловлена дрейфом индивидуальной НСХ термо-электрического преобразователя и скоростью нагрева реперного вещества.

На рис. 3 показано типичное температурное плато затвердевания олова, регистрируемое с помощью термоэлектрического преобразователя ТНН-1007М в СДТ на основе двух реперных металлов.

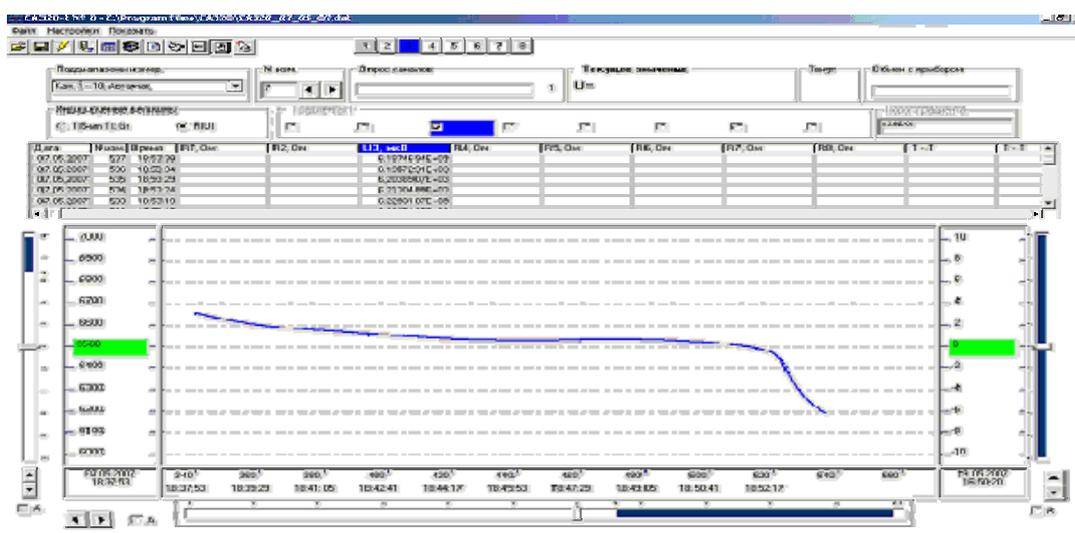


Рис. 3 – Плато затвердевания олова, регистрируемое ТНН-1107М

Исследование плато показало, что нестабильность плато затвердевания олова составила $1,32\text{ мкВ}$, что в температурном эквиваленте составляет $0,04\text{ }^{\circ}\text{C}$; длительность плато – 7 мин; наклон плато – $1,57\text{ мкВ/мин}$ ($0,047\text{ }^{\circ}\text{C/мин}$), что достаточно для проведения градуировки первичного датчика.

Анализ полученных результатов показал:

– длительность плато зависит от нескольких факторов – скорости нагрева реперного металла, температуры перегрева, выдержки в расплавленном состоянии и скорости охлаждения (для плато затвердевания);

– оптимальным температурным режимом для самокалибровки ПИП является: скорость нагрева – 1 °С/мин; температура перегрева – от 8 °С до 10 °С; выдержка в расплавленном состоянии – 10 мин; скорость охлаждения – 0,35 °С; – нестабильность воспроизведения плато определяется скоростью нагрева и охлаждения, примесями в реперном металле и дрейфом термо-э.д.с. первичного преобразователя;

– использование термоэлектрического преобразователя ТНН является предпочтительным в СДТ ввиду более высокой стабильности термо-э.д.с., которая обусловлена повышенным содержанием хрома и кремния, которые уменьшают скорость окисления никросила и нисила по сравнению с алюмелем и хромелем; у ТНН отсутствует обратимая нестабильность.

Выводы. Таким образом, практическая реализация СДТ показала стабильность малогабаритной реперной точки при температурах и температурных циклах, значительно превышающих температуры фазовых переходов, что позволит использовать данные датчики для повышения точности и достоверности температурных измерений в АСУ ТП энергоблоков АЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саченко А.А. Совершенствование методов измерения температуры / А.А. Саченко, Е.Я. Твердый - Киев: «Техника», 1983. – 104 с.
2. Туз Ю.М. Структурные методы повышения точности измерительных устройств / Туз Ю.М. – Киев: Вища школа, 1976. – 255 с.
3. Методы повышения точности измерения температуры термоэлектрическими преобразователями: материалы V Всесоюз. научно-техн. конференции: Состояние и перспективы развития средств измерения температуры – Львов, 1984. т.2. - С.205-206.
4. Long term and high temperature behaviour of miniature fixed point thermocouples // XIII IMESCO World Congress, Torino: 1994. – P. 1402-1407.
5. А.с. 1126821 СССР, 3(51) G 01 K 15/00. Устройство для калибровки термопреобразователей / В.Ю. Мильченко, А.А. Саченко, В.В. Кочан (СССР); - опубл. 30.11.1984, Бюл. № 44.

6. Пат. 84346 Україна, МПК (2006) G 01 K 15/00, G 05 D 23/00. Спосіб самокалібрування датчиків температури та пристрій для його здійснення / Іванова К.П., Курська Т.М., Сидоренко Г.С.; заявник і патентовласник Національний науковий центр «Інститут метрології». - № а 2006 13674; заявл. 25.12.2006; опубл. 10.10.08, Бюл. № 19.
nuczu.edu.ua

УДК 641.8

*Метелев А.В., канд. техн. наук, декан, УГЗУ,
Халыпа В.М., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,
Вамболь С.А., канд. техн. наук, зав. каф., УГЗУ*

ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬ И ОСТОЙЧИВОСТЬ ПОНТОННОГО ПАРОМА

(представлено д-ром техн. наук Яковлевой Р.А.)

Предложена методика расчета основных параметров понтонного парома: осадки, грузоподъемности и остойчивости

Ключевые слова: остойчивость, грузоподъемность, эвакуация, понтонный паром

Постановка проблемы. Понтонные паромы при наводнении применяются как спасательные плавающие средства для эвакуации пострадавших и перевозке различных грузов и оборудования. В связи с этим при конструировании и постройке таких паромов необходимо рассчитывать грузоподъемность и остойчивость – восстановление равновесного состояния при крене. Кроме этого, паром должен иметь относительно небольшую осадку, чтобы плавать на мелководе. Для этого в качестве несущего элемента конструкции используются тонкостенные цилиндрические оболочки трубы с закрытыми днищами.

Преимущество понтонных паромов и наплавных мостов такого типа состоит в том, что они обладают значительно более высоким коэффициентом грузоподъемности (отношение веса груза к весу самого парома) по сравнению с паромами других конструкций.