

УДК 536.5

*А.Ф. Бродников, В.Я. Черепанов*

ИЯФ СО РАН, СГГА, Новосибирск

## **СОЗДАНИЕ НОВЫХ СРЕДСТВ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ШКАЛЫ НА ОСНОВЕ МИНИАТЮРНЫХ РЕПЕРНЫХ ТОЧЕК**

Приведены результаты разработки и исследования миниатюрных мер температуры. Рассмотрена возможность их применения для воспроизведения и передачи температурной шкалы.

*A.F. Brodnikov, V.Ya. Cherepanov*

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

## **CREATION OF NEW MEANS OF REPRODUCTION AND TRANSFER OR TEMPERATURE SCALE ON THE BASIS OF TINY CONSTANT OF POINTS**

The results of development and research of tiny measures of temperature are given. The opportunity of their application for reproduction and transfer of a temperature scale is considered

Энергетические проблемы стимулируют повышение точности измерений в целях учета и рационального использования энергетических ресурсов. Для России эти проблемы, несмотря на ее природные богатства, становятся все более актуальными, особенно, в области теплосбережения. Эта особенность обусловлена суровым климатом и длительным отопительным сезоном.

Учет тепла осуществляется в настоящее время теплоизмерительными приборами и системами, основой которых являются каналы измерений параметров теплоносителя (расхода, температуры и давления). Данная работа направлена на совершенствование, прежде всего, средств метрологического обеспечения измерений температуры, используемых при учете тепловой мощности и энергии в водяных системах теплоснабжения.

В настоящее время поверка термометров, входящих в состав теплосчетчиков, осуществляется, как правило, в жидкостных термостатах или калибраторах температуры. В термостатах значение температуры термостатирующей жидкости измеряют эталонными платиновыми термометрами, имеющими погрешность  $0,01 \div 0,02$  °С. Аналогичную погрешность имеют твердотельные калибраторы температуры с встроенным эталонным термометром. Такой уровень точности эталонных средств температуры становится уже неудовлетворительным [1].

В данной работе рассматривается возможность использования миниатюрных реперных точек для повышения уровня точности воспроизведения и передачи температурной шкалы в наиболее востребованном при учете тепла диапазоне 30 ... 180 °С. Исследования, выполненные в ходе этой работы, привели к следующим выводам.

1. Наиболее надежными и стабильными носителями температурной шкалы являются реперные точки плавления-затвердевания чистых металлов [2].

2. Количество реперных точек в воспроизводимом диапазоне шкалы должно быть избыточным, а не минимально необходимым, как сейчас принято. В частности, существующая шкала температуры МТШ-90 в диапазоне температуры 30 ... 180 °С содержит лишь две реперные точки ( $T_{\text{Ga}} \approx 30$  °С,  $T_{\text{In}} \approx 156$  °С), через которые уверенно можно провести только прямую.

3. Для повышения метрологической надежности каналов температуры теплосчетчиков в этом диапазоне необходимо иметь минимум три точки. Поэтому хорошо бы иметь реперную точку температуры плавления-затвердевания натрия, расположенную приблизительно в середине диапазона ( $\approx 98$  °С), а также других щелочных металлов: рубидия (39 °С), калия (63 °С), лития (180 °С) [3].

4. Реализация реперных точек щелочных металлов в традиционных «полногабаритных» ампулах, содержащих 1 кг и более высокочистых металлов, невозможна, так как это очень опасно и дорого.

5. Возможна реализация реперных точек на основе щелочных металлов в миниатюрных ампулах, содержащих менее 1 г высокочистого металла [4].

6. Длительность фазового перехода плавления-затвердевания обратно пропорционально скорости изменения температуры вблизи температуры перехода [5].

7. В адиабатических условиях (отсутствие теплообмена ампулы реперной точки с внешней средой) фазовый переход может длиться бесконечно, независимо от массы металла [3].

8. Миниатюрность ампул для воспроизведения реперных точек позволяет обеспечить их безопасность, невысокую стоимость, малую инерционность и незатруднительную транспортировку, обеспечивающую простоту их периодической поверки (аттестации), например, путем почтовой пересылки.

9. Миниампулы могут быть использованы в качестве эталонных мер температуры при поверке калибраторов (других мер температуры), а также при поверке различных термопреобразователей в жидкостных термостатах взамен традиционных эталонных платиновых термометров [3].

Полученные результаты экспериментальных исследований фазовых переходов плавления-затвердевания ряда металлов в миниатюрных ампулах, содержащих от 0,5 до 1 г металла, подтверждают перечисленные выводы.

На рис. 1 приведена зависимость температуры фазового перехода плавления натрия от времени. Видно, что стабильная температура сохраняется в пределах  $\pm 2,5$  мК в течение почти 2-х часов.

Рис. 2 иллюстрирует фазовый переход плавления индия, входящего в перечень реперных точек шкалы МТШ-90.

Длительность «площадки» плавления составляет около 5-ти часов, а стабильность значения температуры находится в пределах  $\pm 1,5$  мК.

Данные, полученные для реперных точек натрия и индия, по точности соответствуют эталонам 1-го разряда в поверочной схеме для средств измерений температуры. Кроме этого получены предварительные результаты по фазовому переходу плавления лития (рис. 3). К сожалению, наблюдаемый

фазовый переход не приводит к достаточно высокой стабилизации температуры. Нестабильность ее значений составляет около 0,1 К в течение 2-х часов. Это объясняется неопределенностью в чистоте исследованной навески металла.

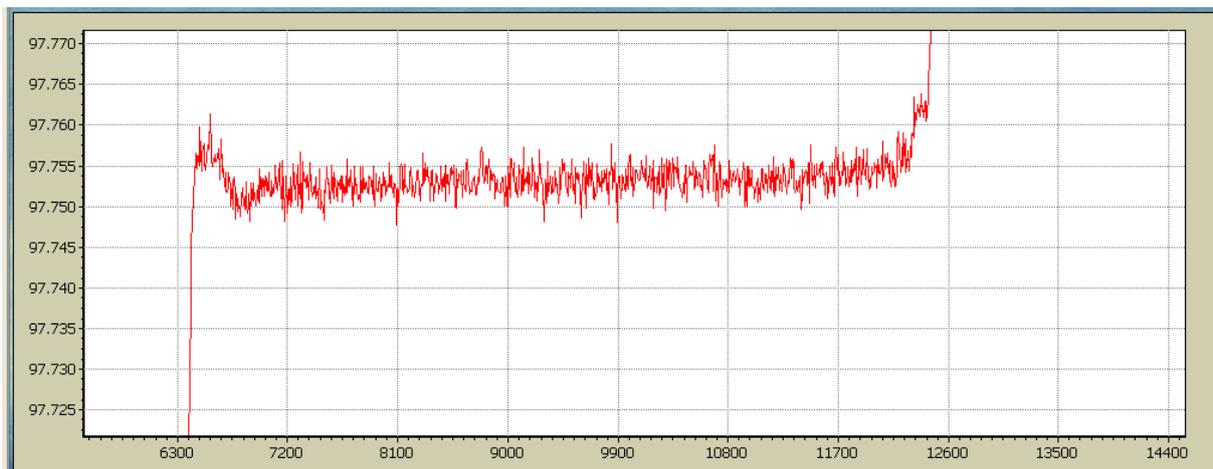


Рис. 1. Фазовый переход плавления натрия

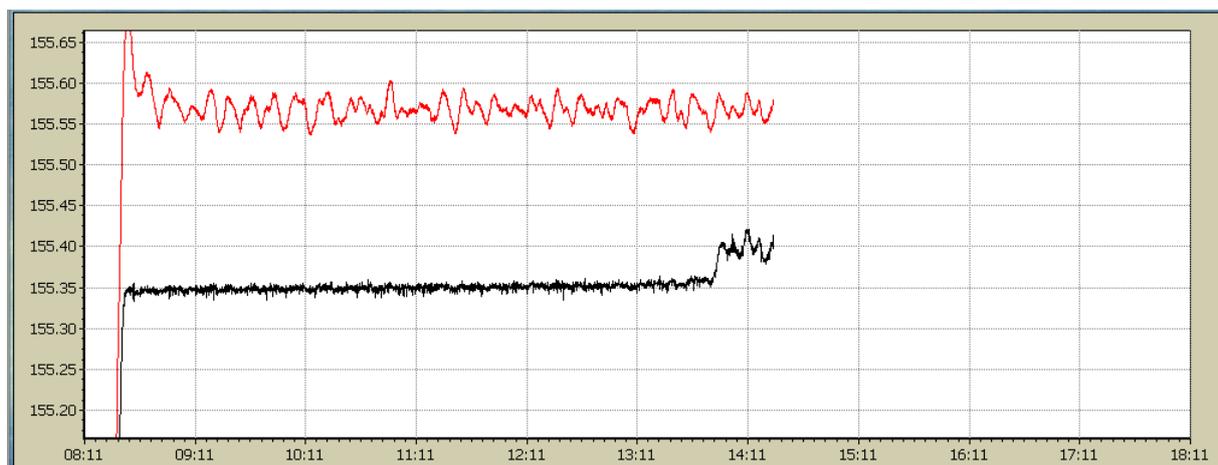
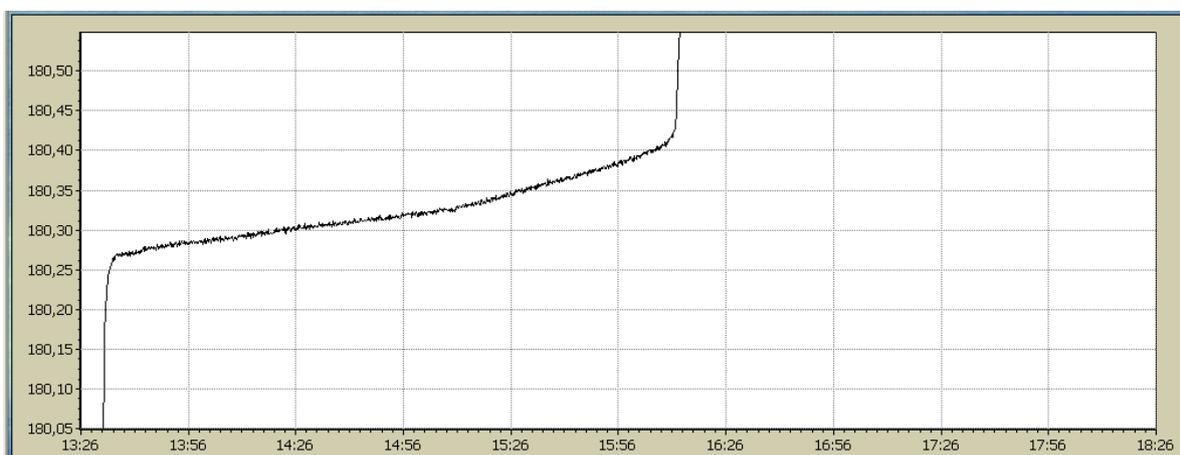


Рис. 2. Стабилизация температуры при плавления индия:

верхняя кривая соответствует температуре термостата, в который помещена ампула (колебания  $\pm 20$  мК)



### Рис. 3. Фазовый переход плавления лития

В настоящее время ведутся работы по исследованиям фазового перехода галлия в миниатюрной ампуле.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черепанов, В.Я. Вопросы метрологического обеспечения измерений температуры в системах учёта количества теплоты [Текст] / В.Я. Черепанов // – Приборы. – 2002. – № 6. – С. 63–66.
2. Куинн, Т. Температура [Текст] / Т. Куинн // – М.: Мир, 1985. – 448 с.
3. Бродников, А.Ф. Результаты исследований и перспективы использования миниатюрных ампул реперных точек для воспроизведения и передачи температурной шкалы [Текст] / А.Ф. Бродников, В.Я. Черепанов // – Измерительная техника. – 2009. – № 10. – С. 49–52.
4. Бродников, А.Ф. Анализ возможностей создания новых реперных и постоянных точек температурной шкалы [Текст] / А.Ф. Бродников, В.Я. Черепанов // – Приборы. – 2007. – № 8. – С. 15–19.
5. Бродников, А.Ф. Результаты исследования натрия в качестве новой реперной точки температурной шкалы [Текст] / А.Ф. Бродников, В.Я. Черепанов // Сб. материалов международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь – 2008». Т. 4. – Новосибирск: СГГА, 2008. – С. 118–121.

© А.Ф. Бродников, В.Я. Черепанов, 2010

