

УДК 536.5

А.Ф. Бродников, В.Я. Черепанов

ИЯФ СО РАН, СГГА, Новосибирск

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НАТРИЯ В КАЧЕСТВЕ НОВОЙ РЕПЕРНОЙ ТОЧКИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ШКАЛЫ

A.F. Brodnikov, V.Ya. Cherepanov

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

THE RESULTS OF RESEARCHES OF SODIUM IN QUALITY AS NEW CONSTANT POINT OF A TEMPERATURE SCALE

The results of experimental researches of sodium are given, as a constant point of a temperature scale on samples of small weight (1g and 3.5g).

Принятая в 1990 г. и действующая по настоящее время Международная температурная шкала (МТШ-90) отодвинула ещё дальше в историю традиционную (когда-то бывшую основной [1]) реперную точку – температуру кипения чистой воды. Значение температуры этой реперной точки сильно зависит от атмосферного давления и, кроме того, по МТШ-90 оно составляет $99,974^{\circ}\text{C}$ при нормальном давлении.

В связи с этим достаточно широкий и наиболее востребованный на практике диапазон температуры от тройной точки воды ($0,01^{\circ}\text{C}$) до температуры затвердевания олова ($231,928^{\circ}\text{C}$) оказался «оголённым». Поэтому в МТШ-90 для этого диапазона были введены две новые реперные точки: температура плавления галлия ($29,7646^{\circ}\text{C}$) и затвердевания индия ($156,5985^{\circ}\text{C}$) [2].

Однако проблемы энергосбережения в странах, не имеющих достаточных энергетических ресурсов, и в России, имеющей наиболее суровый климат, предъявляют всё более высокие требования к точности приборов и систем учёта тепла, в частности, к каналам измерения температуры [3]. В связи с этим является актуальной задача поиска новой реперной точки в диапазоне между температурой плавления галлия и температурой затвердевания индия, то есть в диапазоне, наиболее важном для метрологического обеспечения измерений количества теплоты в системах теплоснабжения.

В данной работе приведены результаты исследований фазового перехода плавления-затвердевания натрия, значение температуры которого находится вблизи 100°C . Очевидно, что положительный исход этих исследований открывает дополнительные перспективы повышения точности в этом важном диапазоне значений температуры.

Исследования проводились на экспериментальной измерительной установке, содержащей тепловой блок – калибратор температуры (печь) 1 с

измерительной ячейкой 2 и измеритель температуры МИТ8.10. с персональным компьютером (рис. 1).

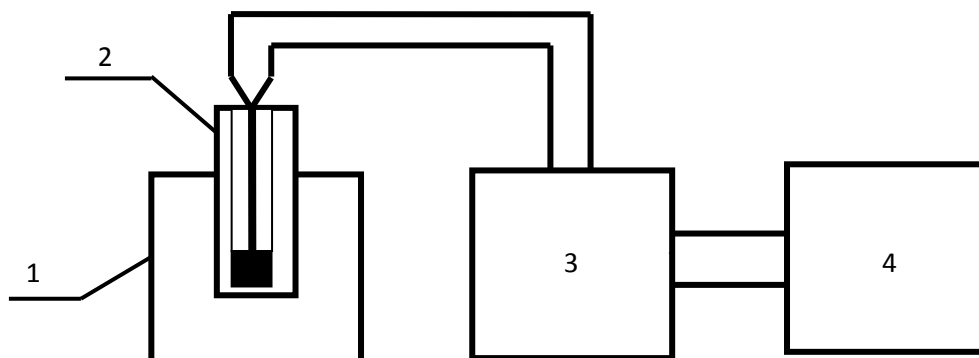


Рис. 1. Экспериментальная измерительная установка:

1 - калибратор (печь), 2 – измерительная ячейка, 3 – измеритель температуры, 4 - компьютер

Измерительная ячейка была выполнена в двух вариантах:

- В кварцевой пробирке диаметром 18 мм, длиной 250 мм, содержащей 3,5 г натрия;
- В пробирке из стали 12X18 Н10Т диаметром 7 мм, длиной 340 мм, содержащей 1 г натрия.

Температура навески натрия измерялась медь-константановой термопарой (МК) с диаметром термоэлектродов 0,1 мм, защищённых от контакта с натрием тонкой фторопластовой трубкой диаметром 1 мм. Пробирки были заполнены аргоном и герметизированы.

На установке проведено несколько серий измерений, целью которых было выявление основных закономерностей, отражающих влияние различных факторов на характер зависимостей температуры навесок натрия от времени при их нагревании и охлаждении в области плавления и затвердевания. Анализ полученных экспериментальных кривых позволяет сделать следующие выводы.

Основным фактором, определяющим длительность фазового перехода плавления и затвердевания, является скорость изменения температуры навески.

При этом достаточно строго соблюдается обратная пропорциональная зависимость между длительностью фазового перехода («площадки» на кривой) и значениями скорости изменения температуры вблизи перехода (рис. 2). Это подтверждает выводы, сделанные в [4].

При нагревании внешним нагревателем навески натрия (1 г) в стальной пробирке, которая была помещена в воздушную среду (рис. 3а), а затем - в силиконовое масло ПМС-100 (рис. 3б), фазовый переход плавления оказался более чётко выраженным в воздушной среде.

При уменьшении мощности нагревателя, а, соответственно, скорости нагрева (рис. 3в), длительность фазового перехода увеличивается с 250 с до 450 с.

Из этого следует, что при разработке миниатюрных измерительных ячеек для реализации реперных точек необходимо увеличивать контактное тепловое сопротивление между ампулой с навеской металла и стенками внешнего нагревателя.

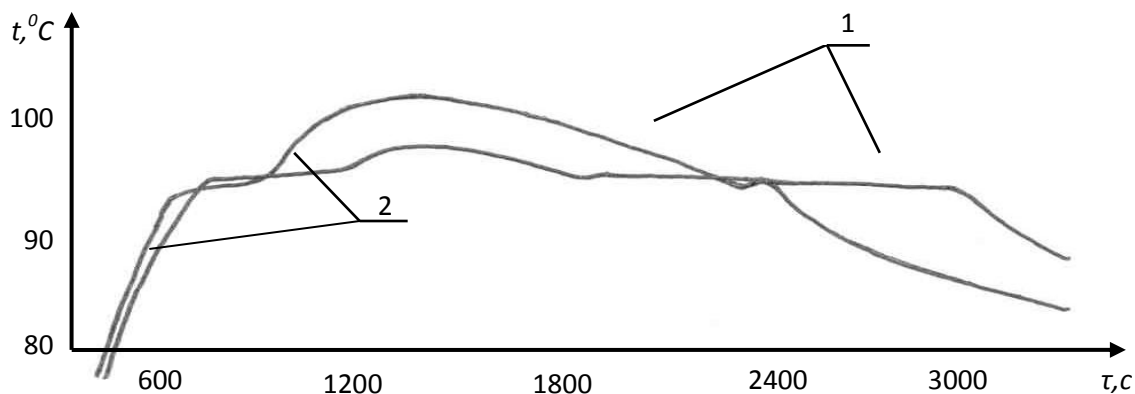


Рис. 2. Кривые плавления и затвердевания навесок натрия массой 1 г (1) и массой 3,5 г (2) при одновременном нагревании в печи

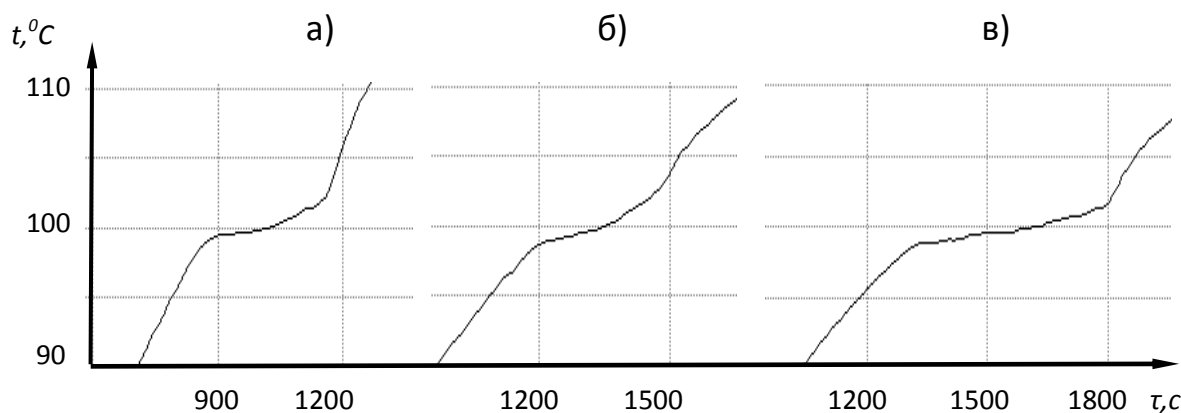


Рис. 3. Выбор температурных режимов измерительной ячейки с 1г Na:

- а) нагрев мощностью 11 Вт на воздухе;
- б) нагрев мощностью 11 Вт в жидкости ПМС-100;
- в) нагрев мощностью 8,5 Вт на воздухе

Кроме этого, для увеличения длительности перехода необходимо подбирать режим, при котором скорость нагрева непосредственно перед переходом по возможности минимальна.

При выполнении этих условий характер кривых плавления и, особенно, затвердевания натрия становится чётко выраженным и уже позволяет воспроизводить эту важную реперную точку температурной шкалы с погрешностью около 0,10С (рис. 4).

Дальнейшее повышение точности воспроизведения может быть достигнуто путём доработки конструкции измерительной ячейки и системы управления её температурным режимом.

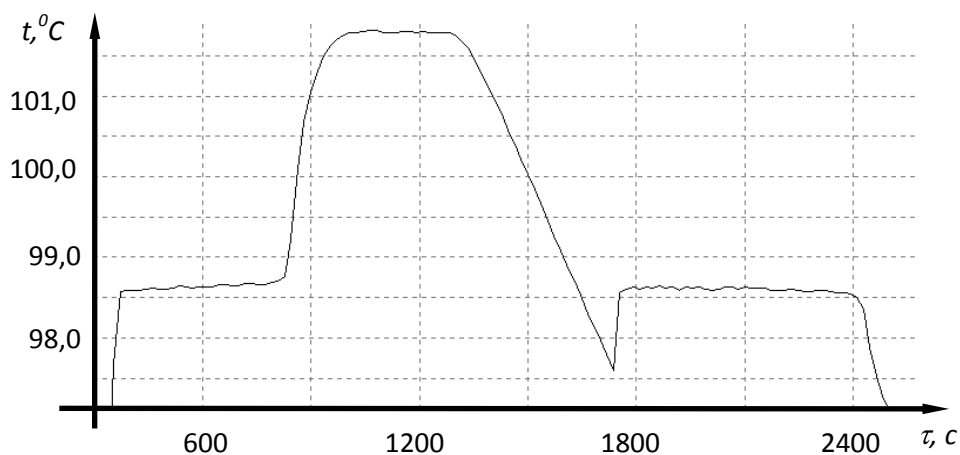


Рис. 4. Кривые плавления и затвердевания Na (1г), позволяющие воспроизводить температуры с погрешностью $0,1^\circ\text{C}$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куинн, Т. Температура. – М.: Мир, 1985. – 448 с.
2. Брянский, Л.Н., Дойников, А.С., Крупин, Б.Н. Метрология. Шкалы, эталоны, практика. – М.: ВНИИФТРИ, 2004. – 222 с.
3. Черепанов, В.Я. Вопросы метрологического обеспечения измерений температуры в системах учёта количества теплоты. – Приборы. – 2002. – № 6. – С. 63–66.
4. Бродников, А.Ф., Черепанов, В.Я. Анализ возможностей создания новых реперных постоянных точек температурной шкалы. – Приборы. – 2007. – № 8. – С. 15–19.

© А.Ф. Бродников, В.Я. Черепанов, 2008