



Новосибирский филиал АСМС

**Комплексная подготовка
специалистов на базе
Новосибирского филиала
АСМС**

доцент, к.т.н., Бродников А.Ф.

Новосибирский филиал АСМС сегодня – нам **30** лет



- ❖ С 1995 года на рынке образовательных услуг
- ❖ 4-этажное здание 910,5 м²
- ❖ Оснащенные собственные учебные лаборатории
- ❖ Большой лекционный зал (80 посадочных мест),
учебных классов, оборудованный компьютерный класс,
библиотека 6
- ❖ 8 основных регионов охвата
- ❖ 1100 слушателей ежегодно
- ❖ Активное совмещение различных форм обучения (очная,
дистанционная, онлайн)
- ❖ Устойчивая репутация, имидж, узнаваемость на рынке
- ❖ Высокий уровень квалификации ППС (д.т.н., к.т.н.)

Лаборатория теплотехнических измерений



Лаборатория электрических измерений



Образовательная деятельность



Крупные клиенты

- Структурные подразделения ОАО «РЖД»
- АНО ДПО «Корпоративный университет РЖД»
- Региональные ЦСМ
- Филиал АО «ОАК» НАЗ им. В.П. Чкалова (Новосибирск)
- Филиал АО "ОДК" "ОМО им. П.И. Баранова" (Омск)
- ООО «Байкальская энергетическая компания» (Иркутск)
- ПАО «ТГК-14» (Чита, Улан-Удэ)
- АО «Новосибирский стрелочный завод»
- АО «Улан-Удэнский авиационный завод»
- ПАО «Новосибирский завод химконцентратов»
- ООО «Транснефть – Восток» (Братск)

Выездные, корпоративные курсы



Сотрудничество и образовательными и научными учреждениями

- ❖ ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»
- ❖ ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»
- ❖ ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
- ❖ ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения»

- ❖ ФГБУН «Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера» СО РАН
- ❖ ФГБУН «Институт автоматики и электрометрии» СО РАН
- ❖ ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт катализа» СО РАН
- ❖ ФГБУН «Институт теоретической и прикладной механики» СО РАН
- ❖ ФГБУН «Конструкторско-технологический институт научного приборостроения» СО РАН
- ❖ АО «Институт прикладной физики»
- ❖ АО «Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья»

Сотрудничество с образовательными учреждениями





**20 учебно-методический семинар-совещание
«Метрологическое обеспечение предприятий в
условиях импортозамещения» Омск 2025 г**

**Малогабаритное техническое устройство со сменными ампулами
реперных точек для воспроизведения и передачи температурной шкалы**

АСМС (Новосибирский ф-ал)
доцент, к.т.н., Бродников А.Ф.

После принятия Международной температурной шкалы МТШ–90 современная аппаратура для реализации реперных точек, основанная на фазовых переходах первого рода в высокоочищенные вещества, подверглась существенному конструктивному совершенствованию. Несмотря на применение новых технологий, эта аппаратура традиционно состоит из теплового блока с ампулой, содержащей обычно более 1 кг высокочистого вещества, и устройства задания температурного режима, например, специальной трубчатой печи. Аппаратура содержит также электронные блоки, осуществляющие измерения, автоматическое поддержание и многоканальное регулирование температуры печи.



Современные микропроцессорные устройства, выполняющие функции измерений, цифрового регулирования и обработки измерительной информации, позволили свести габариты аппаратуры реперных точек от электронных блоков значительных размеров, размещённых в громоздких напольных стойках, к достаточно компактным устройствам, которые можно устанавливать на обычном лабораторном столе, как, например, аппаратно-программный комплекс с малогабаритными ампулами реперных точек, разработанный ООО НПП «ЭЛЕМЕР».



Это привело к тенденции использования малогабаритных ампул с чистым веществом массой около 300 г, а также миниатюрных ампул, содержащих менее 10 г чистого вещества.

Проведённые исследования показали, что миниатюрные ампулы, помимо малого объёма занимаемой площади, имеют ещё одно важное преимущество – это возможность практически безопасного использования для реперных точек химически активных и других опасных веществ. Подтверждением тому является тройная точка ртути, реализованная в цилиндрической ампуле диаметром около 5 мм и высотой 60 мм, содержащей 7 г ртути. Погрешность воспроизведения единицы температуры в такой ампуле, как показали проведённые, в том числе и зарубежными специалистами, сравнения, не превышает $\pm 0,1$ мК.

Известно , что если навеска вещества в ампуле имеет молярную теплоту плавления Δh и молярную теплоёмкость C_{μ} , то период $\Delta \tau$ стабилизации температуры (площадки) плавления (затвердевания) навески равен

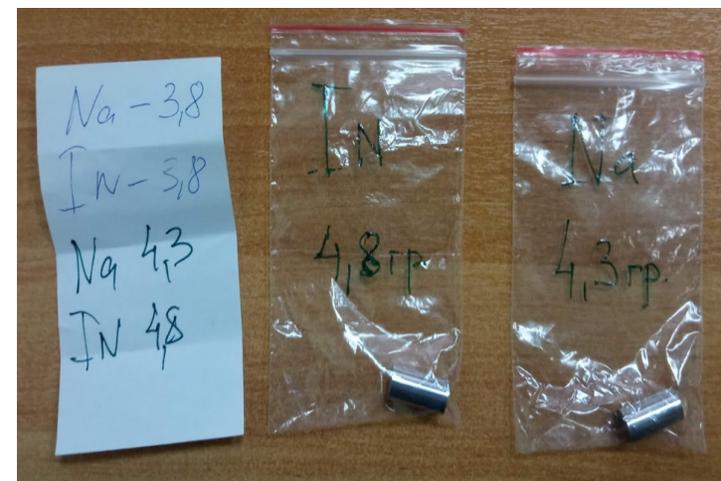
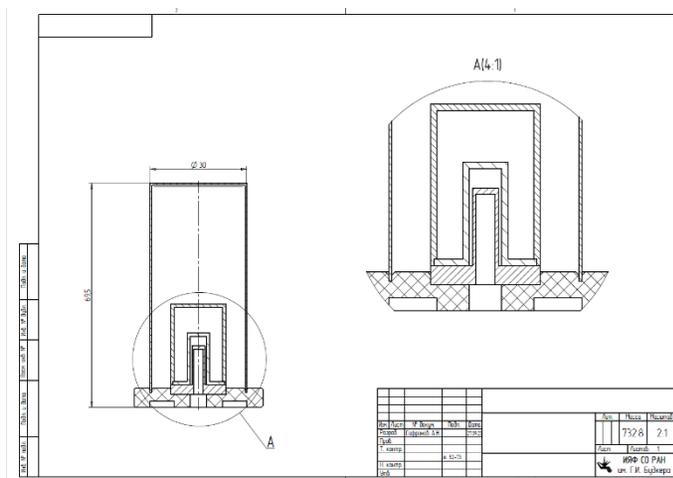
$$\Delta \tau = \Delta h / c_{\mu} \nu, \quad (1)$$

где ν - скорость нагревания (охлаждения) вещества до площадки фазового перехода.

Это соотношение показывает важную особенность рассматриваемого процесса – независимо от массы навески чистого вещества, продолжительность площадки остаётся обратно пропорциональна скорости нагревания, или охлаждения навески. Поэтому, например, при медленном приближении к температуре перехода площадка может быть достаточно продолжительной и удерживаться несколько часов. Это свойство является важным аргументом в пользу перспективности разработки и применения миниатюрных ампул, так как длительность фазового перехода относится к важнейшей характеристике реперных точек.

Ранее произведённые исследования и предложенная методика на примере использования миниатюрной ампулы реперной точки натрия показали, что можно уверенно определять температуру теплоносителя жидкостного термостата до ± 5 мК, что позволяет приписать такой реперной точке более точное значение температуры в целях аттестации её в качестве однозначной эталонной меры температуры 1-го разряда в соответствии с действующей поверочной схемой для средств измерений температуры.

Была поставлена задача, оставаясь в рамках ограниченного бюджета, создать простое техническое устройство со сменными миниатюрными ампулами, например, для наиболее востребованного температурного диапазона от 0 до 200 °С, с точностью не менее эталонных мер температуры 1-го разряда.



На первом этапе, после разработки конструкторской документации, были изготовлены миниатюрные ампулы с термометрическими каналами, медный экран, и остальные сборочные устройства. Миниатюрные ампулы изготовлены из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т высотой 20 мм, диаметром 9,5 мм, массой 3,8 г, масса навески составила $N_a = 0,5$ г, $I_n = 1$ г. Дифференциальная 3-х спайная термопара $MK(T)$ изготовлена из константанового провода марки ПЭШОК диаметром поперечного сечения 0,06 мм, и медного провода марки ПЭШО диаметром поперечного сечения 0,15 мм. На медном экране намотан нагреватель из манганинового провода марки ПЭШОМ диаметром поперечного сечения 0,15 мм ($R(\text{нагр.}) = 75(\text{Ом})$). Корпус самого изделия изготовлен из фторопласта высотой 100 мм, диаметром 50 мм, толщина стенки 5 мм. На предыдущем слайде показаны сборочные блоки технического устройства, общий вид технического устройства и пробирки из кварцевого стекла, где расположены рабочие концы 3-х спайной дифференциальной термопары.

Второй этап заключался в полной сборке и проведении испытательных измерений. В термометрическом канале, на котором располагаются миниатюрные ампулы, находятся опорные концы 3-х спайной дифференциальной термопары МК(Т) и контрольный плёночный термометр сопротивления фирмы «Heraeus» Pt100 размером 2×2 мм. Термометрический канал плотно закреплён на фторопластовой подставке, на которой также крепятся медный адиабатический экран с нагревателем. Нагреватель подключается к источнику питания с цифровым управлением «UnionTEST UT3003ER». Рабочие концы дифференциальной термопары для измерения температуры теплоносителя, например, жидкостного термостата, или термометрических каналов сухоблочного калибратора, расположены в пробирке из кварцевого стекла диаметром 6 мм и высотой 200 мм. Сигналы первичных преобразователей температуры технического устройства регистрировались измерителем универсальным прецизионным В7-99 который был подключен к персональному компьютеру для демонстрации графиков процесса измерений.

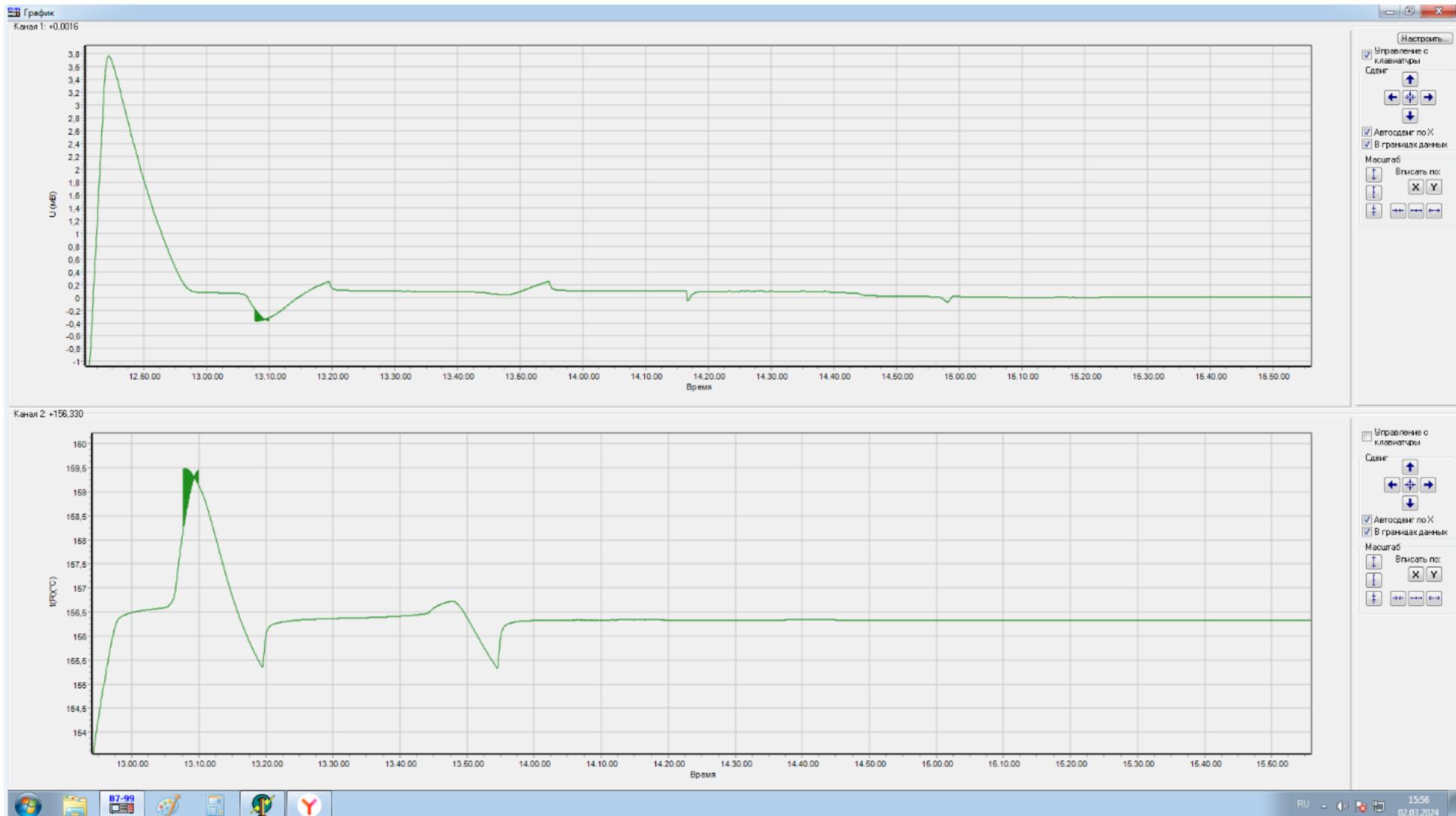
Чтобы установить миниатюрную ампулу на термометрическом канале (ТУ), необходимо снять верхнюю крышку, на которой расположен разъём для подключения измерительных проводов, затем снять адиабатический экран. Вся процедура замены миниатюрной ампулы занимает несколько минут с учетом времени остывания экрана от заданного режима температуры, что позволяет проводить измерения нескольких температурных режимов в течение рабочего дня. Мощность нагревателя на адиабатическом экране составляет 5...15 Вт.

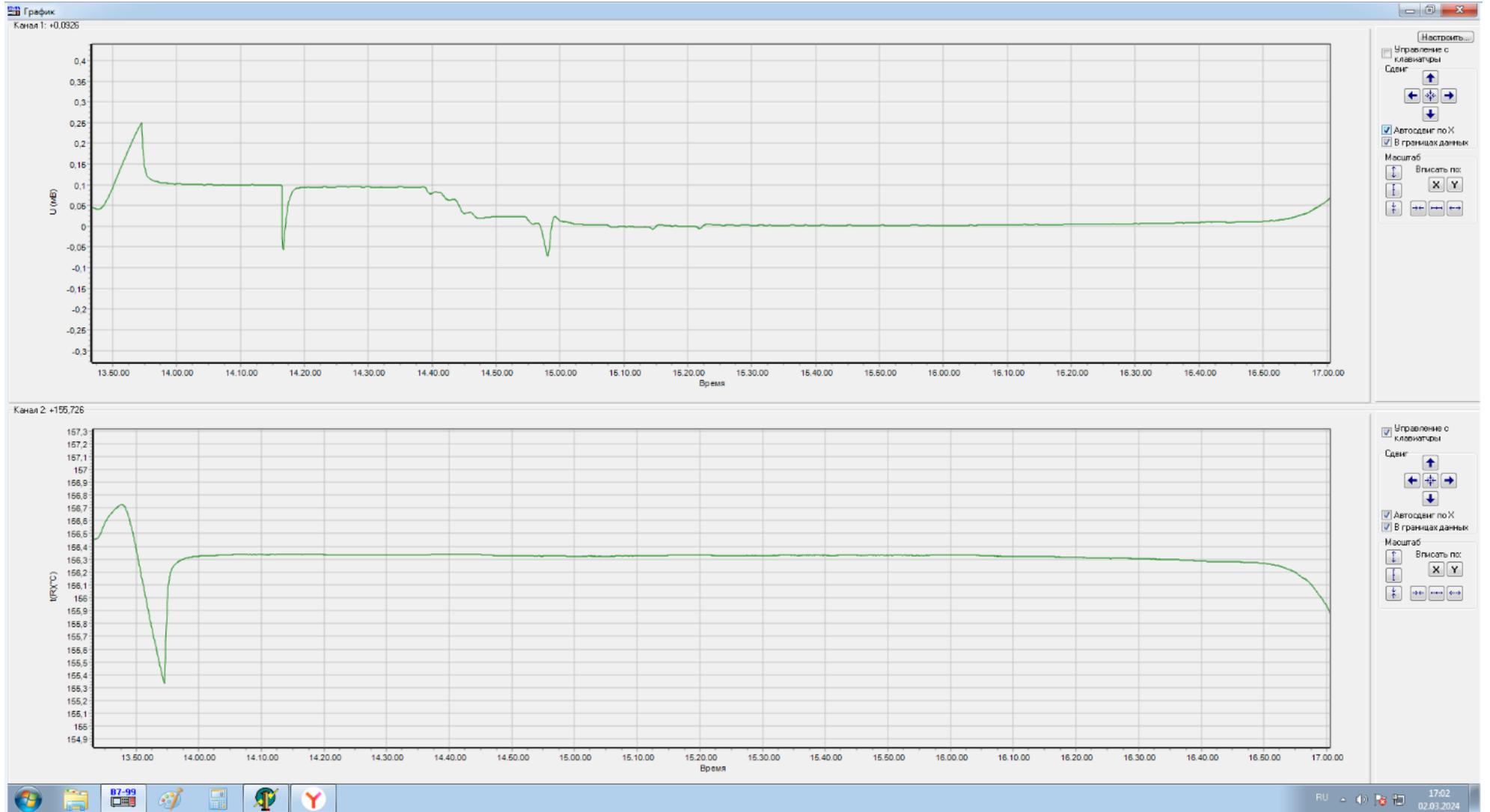
Для уточнения этих показаний было проведено сличение термометра ПТСВ-4 и контрольного термометра, с эталонным термометром 0-го разряда из состава вторичного эталона температуры ЗападноСибирского филиала ФГУП «ВНИИФТРИ», с пределами допускаемой погрешности ± 5 мК.

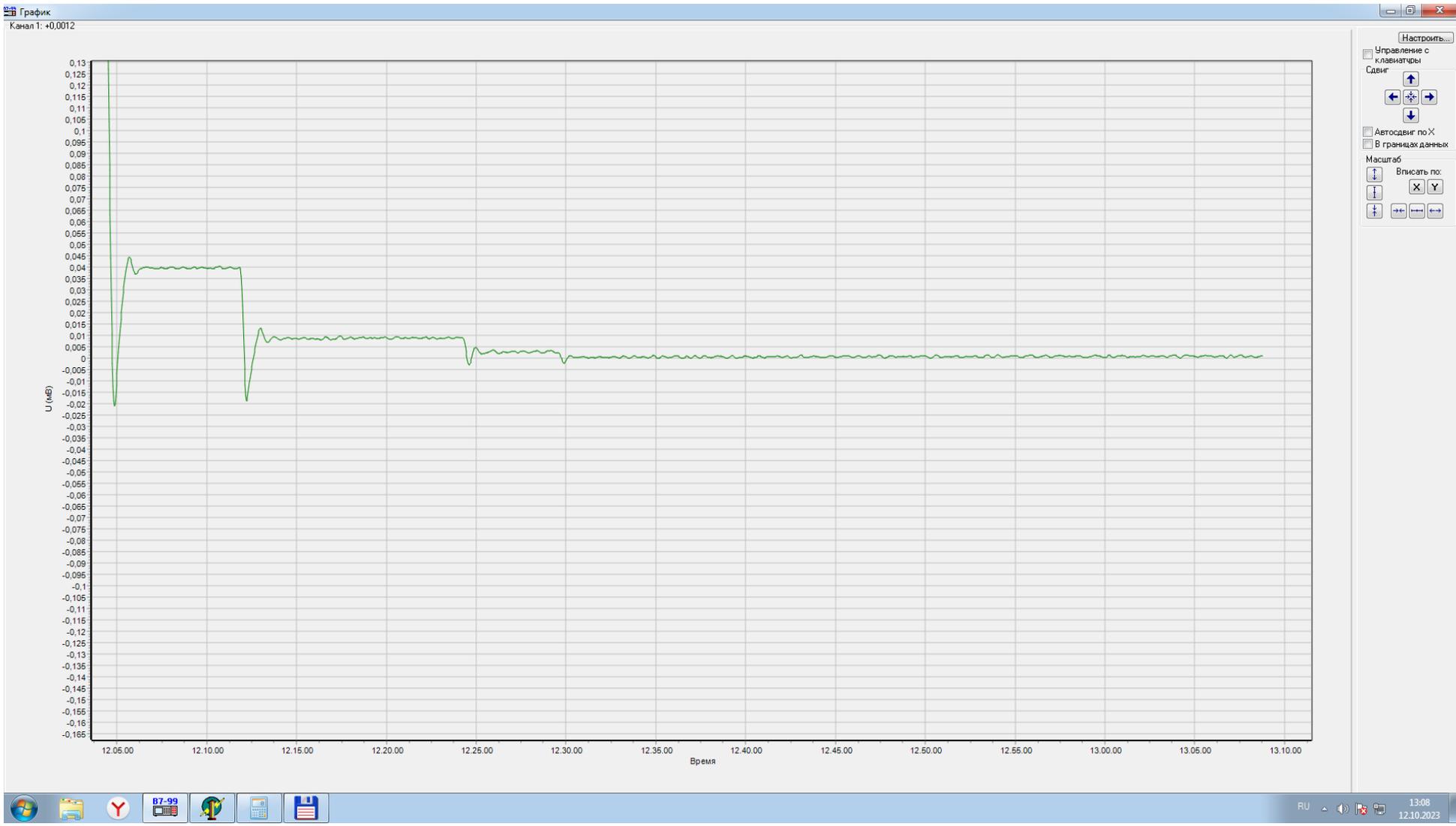
Для проведения измерений следовало:

- 1) включить одновременно жидкостной термостат и источник питания нагревателя адиабатического экрана (ТУ), задатчиком температуры термостата задать предел 100 °С. По контрольному термометру Pt100 зарегистрировать прохождение фазового перехода «плавления» натрия в миниатюрной ампуле и выход на стабилизацию температуры равной 100 °С;
- 2) установить предел температуры задатчиком жидкостного термостата 96°С, понизить питание нагревателя адиабатического экрана и по графику контрольного термометра Pt100 контролировать начало кристаллизации натрия («пичок») и, как только зарегистрировано начало кристаллизации, повысить питание нагревателя (АЭ) и установить температуру по контрольному термометру, равную 97,740 °С;
- 3) в течение 20 мин наступления стабилизации температуры заданного температурного режима в миниатюрной ампуле, в термостате продолжать фиксировать показания измерительного прибора, и постепенно повышать температуру задатчиком температуры термостата на 0,01 °С с одинаковыми временными отрезками, например, протяжённостью около 20 мин, до достижения «нулевой» разности показаний дифференциальной многоспайной термопары, регистрируемой на дисплее В7-99 и на графике управляющей программы измерителя на дисплее ПК;
- 4) когда показания медь-константановой термопары на дисплее достигли $0,0000 \pm 0,0002$ мВ, показания эталонного термометра ПТСВ-4 2-го разряда составили 97,802 °С, а контрольного термометра «Нерауес» 97,794 °С. Отсюда следовало, что показания эталонного термометра ПТСВ-4 (97,802 °С) завышены, так как после завершения перехода «затвердевания» температура ампулы стала понижаться, а не повышаться;
- 5) во время стабилизации температуры фазового перехода «затвердевания» в миниатюрной ампуле (показания контрольного термометра Pt100), располагаем пробирку с рабочими концами дифференциальной термопары в различных местах рабочего объёма термостата и по показаниям дифференциальной термопары определяем стабильность, и равномерность температурного поля.

Доверительная погрешность эталонного термометра ПТСВ-4 2-го разряда при доверительной вероятности 0,95 в диапазоне 30...160°C составляет $\pm 0,02^\circ\text{C}$, что ограничивает возможность более точного проведения измерения температуры теплоносителя. При помощи 3-х спайной дифференциальной медь-константановой термопары, имеющей чувствительность при температуре фазового перехода «затвердевания» $S=126 \text{ мкВ}/^\circ\text{C}$, и миниатюрной реперной точки индия, а также с учетом допускаемой абсолютной погрешности универсального прецизионного измерителя В7-99 в диапазоне $\pm 300 \text{ мВ}$, составляющей $\pm (1,5 \cdot 10^{-3} + 4,5 \cdot 10^{-5} \cdot (U)) \text{ мВ}$, (где, U – измеренное напряжение), определяем температуру теплоносителя жидкостного термостата до $\pm 5 \text{ мК}$, что позволяет приписать такой реперной точке более точное значение температуры в целях её аттестации в качестве однозначной эталонной меры температуры 1-го разряда, в соответствии с действующей поверочной схемой для средств измерений температуры.







Таким образом, экспериментально подтверждается возможность эксплуатации технического устройства со сменными миниатюрными ампулами реперных точек в наиболее востребованном температурном диапазоне от 0 до 200 °С, для определения погрешности воспроизведения, неоднородности и нестабильности температуры в жидкостных термостатах и калибраторах температуры.

Достоинствами предлагаемой методики, по сравнению с традиционной, основанной на использовании эталонных платиновых термометров, являются простота и надёжность реализующего её устройства, а также возможность применения миниатюрных ампул с реперными точками других щелочных металлов – калия, лития.



Спасибо за внимание!

