

УДК 621.365.419

Печи "ПРТ 50-700" и "ПРТ 600-1100-2" для реализации реперных точек МТШ-90

Furnaces "ПРТ 50-700" and "ПРТ 600-1100-2" for realization of fixed points of ITS-90

Ю. О. Малышев

Y.O. Malyshev

ОАО "НПП "Эталон", Омск, Россия, e-mail : fgup@omsketalon.ru

Аннотация

Обозначена необходимость применения реперных точек МТШ-90 при поверке средств измерения температуры первого разряда. Описана конструкция печи реперных точек "ПРТ 50-700" на диапазон температуры от +50 до +700 °С и печи реперных точек "ПРТ 600-1100-2" на диапазон температуры от +600 до +1100 °С. Приведены результаты реализации реперных точек в этих печах.

Annotation

Defined need of using fixed points of ITS-90 for calibration reference thermometers. Described construction of fixed points furnace "ПРТ 50-700" for temperature range +50...+700 °C and fixed points furnace "ПРТ 600-1100-2" for temperature range +600...+1100 °C. The results of realization of fixed points in this furnace are presented.

Ключевые слова: метрология, поверка, температура, печь, реперные точки.

Keywords: metrology, calibration, temperature, furnace, fixed points.

В связи с повышением требований к точности измерения температуры, как со стороны промышленных предприятий, так и со стороны различных контролирующих служб и организаций, в последнее время доля средств измерения температуры первого разряда значительно выросла в общем объеме средств измерения.

В соответствии с [1] термоэлектрические термопреобразователи первого разряда подлежат обязательной градуировке в реперных точках международной температурной шкалы МТШ-90. Градуировка выполняется в реперных точках меди, алюминия и цинка.

Кроме термоэлектрических термопреобразователей первого разряда на территории Российской Федерации широкое распространение получили эталонные термометры сопротивления 2-го и 3-го разрядов типа ЭТС-100, ПТСВ и ТСПВ. Эти термометры подлежат ежегодной градуировке в реперных точках МТШ-90. В основном при градуировке используются реперные точки индия, олова, цинка и алюминия.

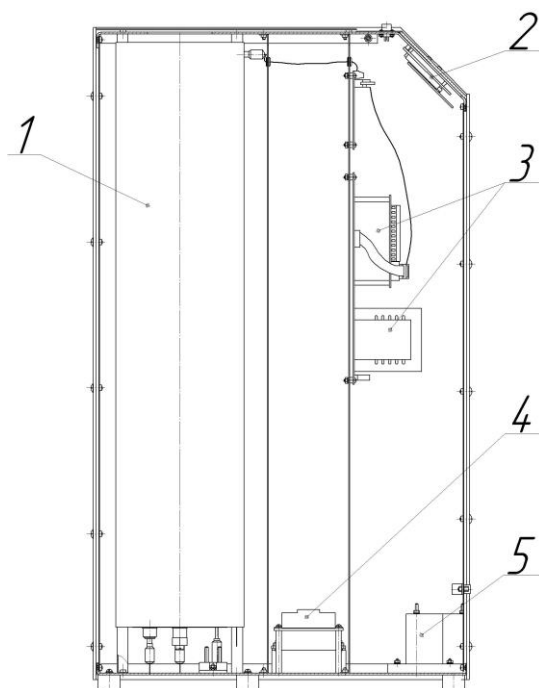
Важной является задача обеспечения государственных национальных эталонов аппаратурой для воспроизведения реперных точек. Согласно государственной поверочной схеме для средств измерений температуры [2] эта аппаратура применяется на уровне государственных первичных, вторичных эталонов и на уровне рабочих эталонов нулевого и первого разряда.

В течение последних лет значительно усилился интерес к реперным точкам МТШ-90 и аппаратуре для их воспроизведения со стороны ведущих поверочных лабораторий нашей страны. Это такие организации как "ФБУ "РОСТЕСТ-МОСКВА", "ФБУ "Тест-С.Петербург", "ФБУ "УРАЛТЕСТ", "ФБУ "Челябинский ЦСМ".

Для решения перечисленных выше задач ОАО "НПП "Эталон" выпускает две печи – это печь ПРТ 50-700 и печь ПРТ 600-1100-2.

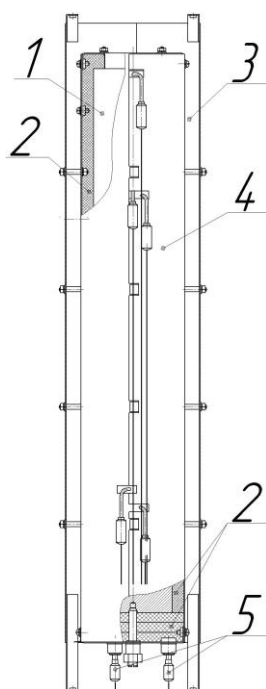
Печь ПРТ 50-700 предназначена для обеспечения температурных режимов плавления и затвердевания при реализации реперных точек индия, олова, цинка и алюминия, а печь ПРТ 600-1100-2 для реперных точек серебра и меди. Печь ПТР 50-700 воспроизводит любую температуру в диапазоне от +50 до +700°C, а печь ПРТ 600-1100-2 в диапазоне от +600 до +1100°C. Разработка печей велась в период с 2008 по 2014 год под методическим руководством ФГУП "ВНИИМ им. Менделеева".

Печь ПРТ 50-700 представляет собой моноблочную конструкцию, то есть в одном корпусе размещаются тепловая башня, цифровой микропроцессорный регулятор температуры, узел индикации и твёрдотельные реле (см. рисунок 1).



1 – тепловая башня, 2 – узел индикации, 3 – регулятор температуры, 4 – твёрдотельные реле, 5 – автоматический выключатель.

Рисунок 1 – печь ПРТ 50-700

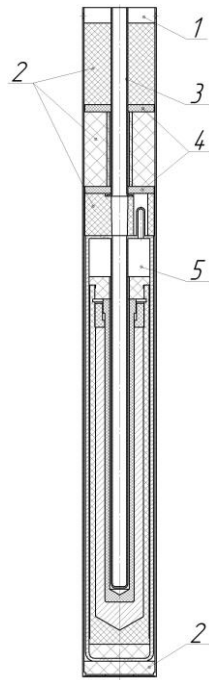


1 – нагревательная труба, 2 – тепловая изоляция, 3 – радиационные экраны,
4 – кожух, 5 – датчики обратной связи нагревателей.

Рисунок 2 – тепловая башня

В Тепловую башню входят: металлическая нагревательная труба, на которой расположены три нагревателя, датчики обратной связи нагревателей, тепловая изоляция, кожух и радиационные экраны (см.рисунок 2).

Узлы микропроцессорного регулятора температуры расположены на отдельной панели, которая отделена от тепловой башни значительным воздушным зазором. На нижнем основании печи установлены твёрдотельные реле, предназначенные для коммутации напряжения питания нагревателей (см. рисунок 1).



1 – защитный кожух, 2 – изоляторы, 3 – канал для термометра,
4 – тепловые затворы, 5 – ячейка с чистым металлом.

Рисунок 3 – ампула реперной точки олова (цинка, алюминия)

Печь ПРТ 50-700 рассчитана на работу с ампулами олова, цинка и алюминия классической конструкции, которые состоят из ячейки с чистым металлом, защитной арматуры и набора тепловых изоляторов.

При реализации реперных точек олова, цинка или алюминия печь ПРТ 50-700 работает следующим образом. Оператор самостоятельно устанавливает температурный режим в печи для каждого этапа реализации реперной точки металла. Оператор задает температуры верхнего, центрального и нижнего нагревателей с учётом настроек градиента для обеспечения изотермичного температурного поля вдоль ампулы реперной точки.

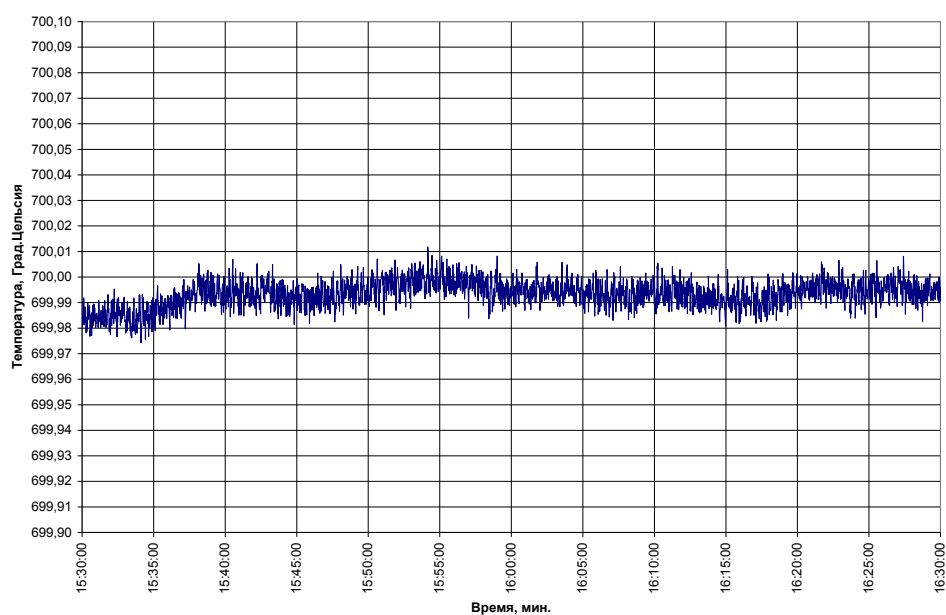


Рисунок 4 – стабильность поддержания температуры в печи ПРТ 50-700 при температурном режиме 700 °C

На рисунке 4 приведена стабильность поддержания температуры в печи ПРТ 50-700 при температурном режиме 700 °C на максимальной рабочей температуре печи. Как видно из графика стабильность в печи не превышает значение $\pm 0,02$ °C. При остальных температурных режимах печь обеспечивает стабильность поддержания температуры не хуже, чем $\pm 0,02$ °C.

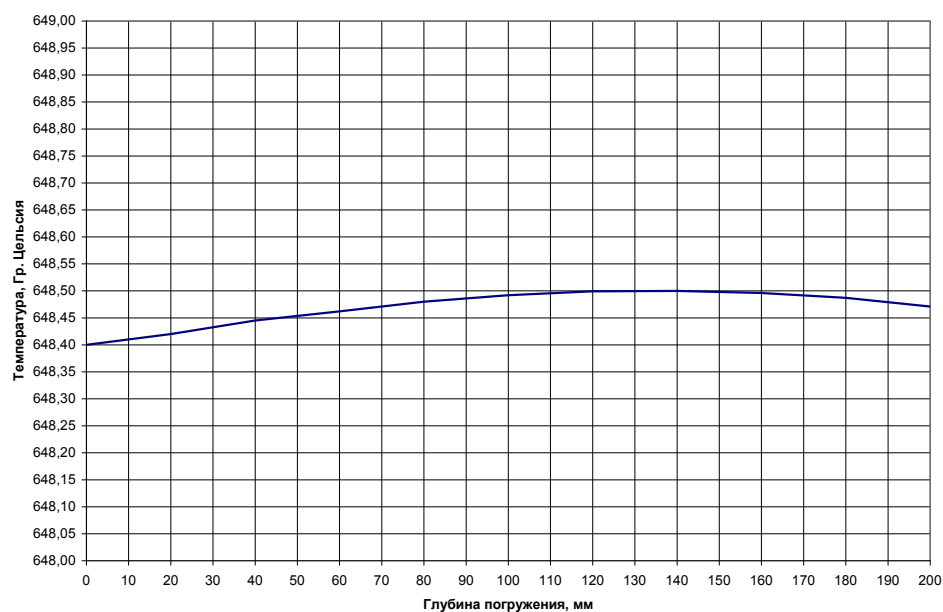


Рисунок 5 – вертикальный перепад температуры в печи ПРТ 50-700 при температурном режиме 650 °C

На рисунке 5 показан вертикальный перепад температуры в печи ПРТ 50-700 при температурном режиме 650 °С. Как видно из графика вертикальный перепад не превысил значение 0,1 °С на длине 200 мм.

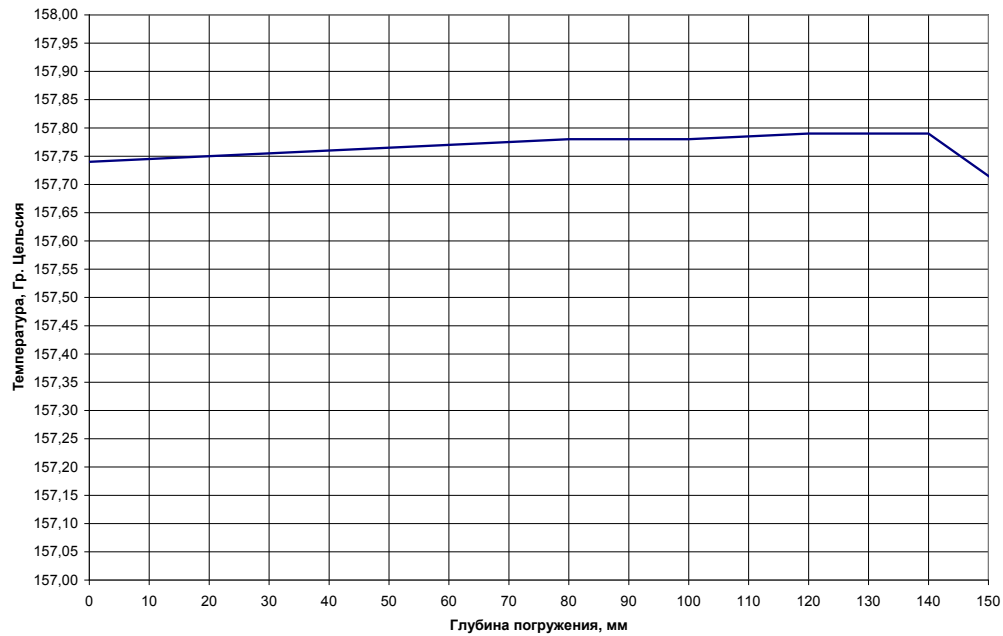


Рисунок 6 – вертикальный перепад температуры в печи ПРТ 50-700 при температурном режиме 157,7 °С

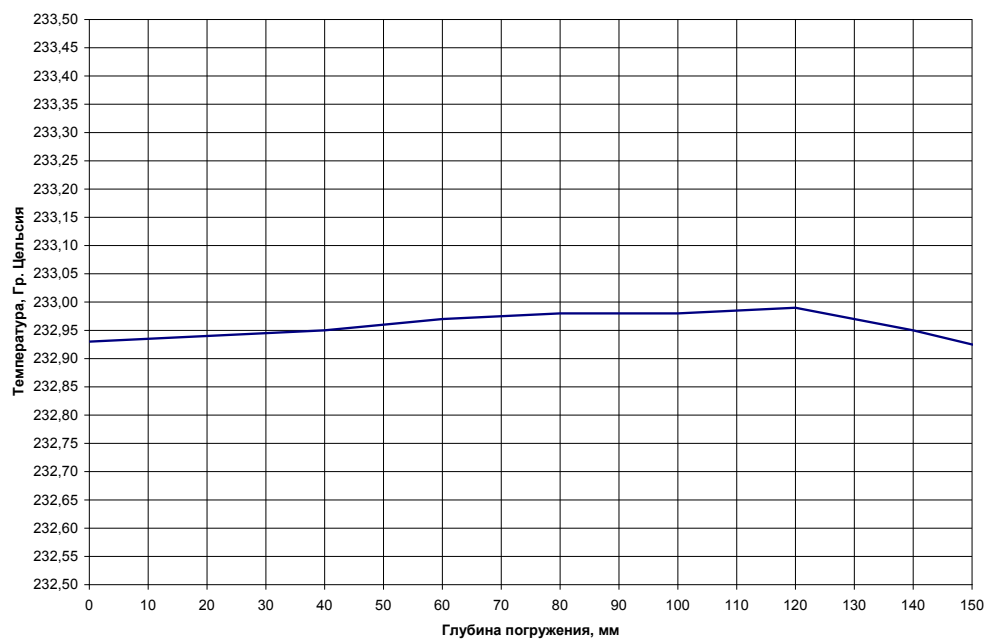


Рисунок 7 – вертикальный перепад температуры в печи ПРТ 50-700 при температурном режиме 232,9 °С

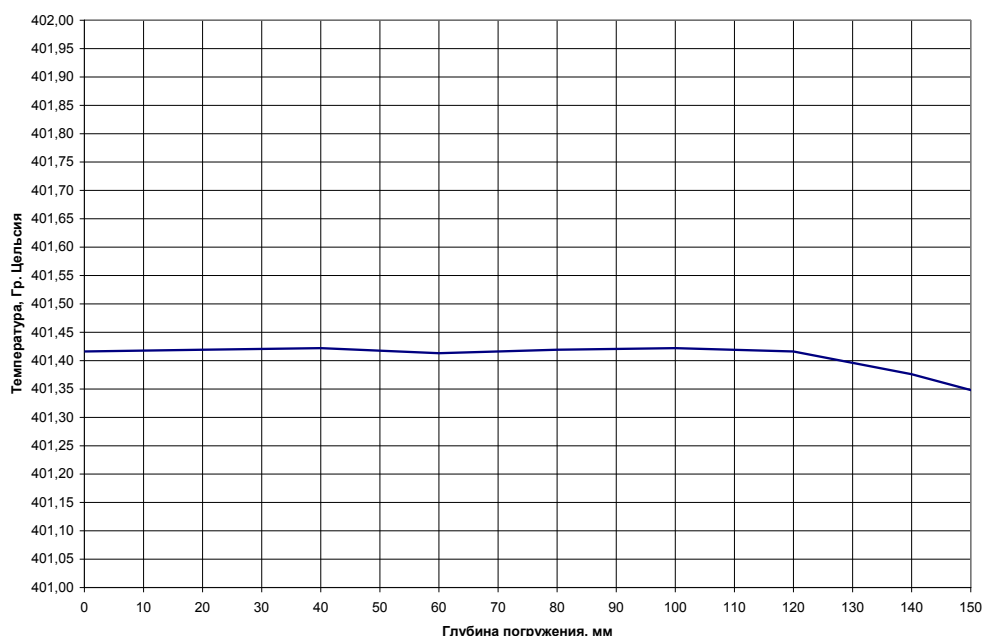


Рисунок 8 – вертикальный перепад температуры в печи ПРТ 50-700 при температурном режиме 401,0 °С

На рисунках 6, 7 и 8 приведен вертикальный перепад температуры в печи ПРТ 50-700 при температурных режимах 157,7; 232,9 и 401,0 °С в ампуле реперной точки цинка. Как видно из графиков вертикальный перепад при всех температурных режимах не превысил значение 0,1 °С на длине 150 мм.

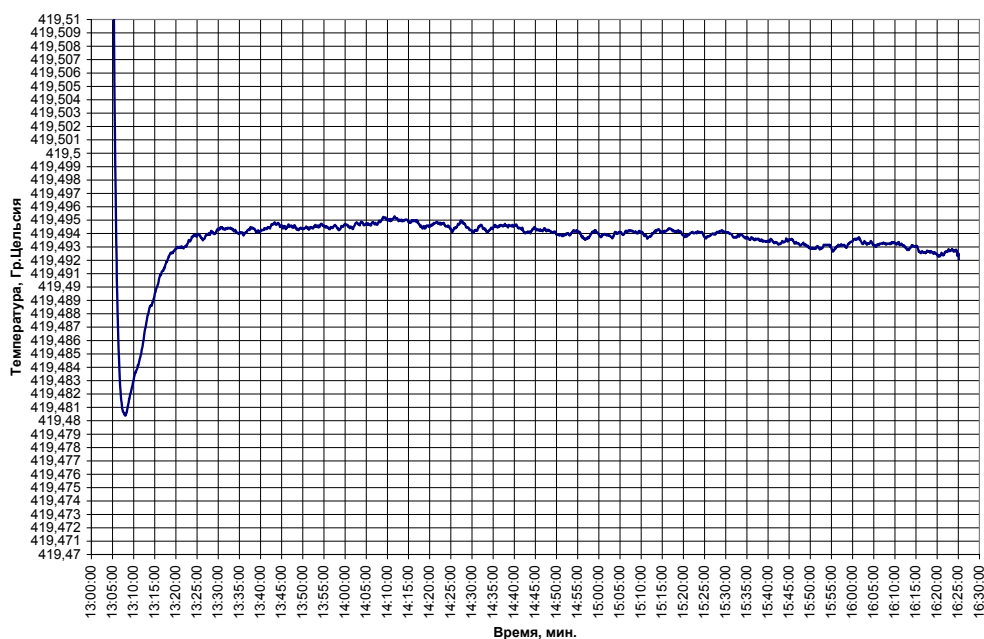
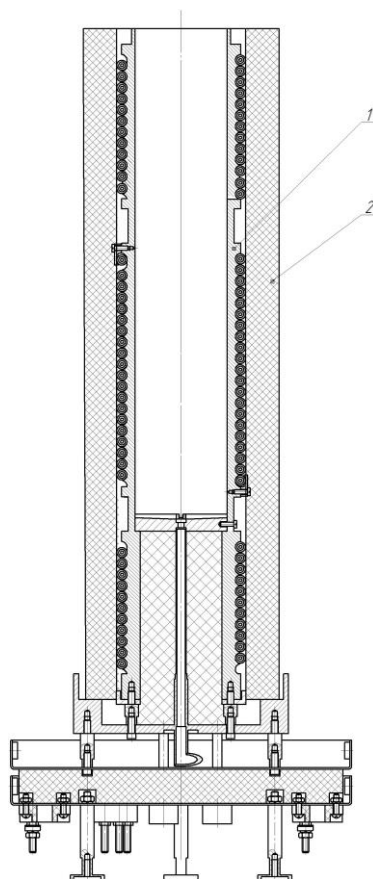


Рисунок 9 – реализация реперной точки затвердевания цинка в печи ПРТ 50-700

На рисунке 9 приведена реализация реперной точки затвердевания цинка в печи ПРТ 50-700. Как видно из графика площадка затвердевания цинка продолжается более 3 часов. Окончание площадки вызвано плановым отключением печи в конце рабочего дня.

Печь ПРТ 600-1100-2 состоит из печи реализации реперных точек, силового узла и блока управления БУ-7.



1 – внутренний нагреватель, 2 – теплоизоляция

Рисунок 10 – печь реализации

На рисунке 10 показана конструкция нагревателя печи реализации реперных точек, входящей в состав ПРТ 600-1100-2. Нагреватель имеет три секции, которые уложены на поверхности никелевой трубы, они питаются пониженным напряжением 36 вольт переменного тока.

В комплект печи входит силовой узел, который выполнен в отдельном корпусе и содержит в себе понижающий трансформатор и твердотельные реле.

Управление печью осуществляет цифровой микропроцессорный регулятор температуры БУ-7, в котором реализован адаптивный закон регулирования.

При реализации реперных точек серебра и меди печь ПРТ 600-1100-2 работает следующим образом. Оператор самостоятельно устанавливает температурный режим в печи для каждого этапа реализации реперной точки металла. Оператор задает температуры верхнего, центрального и нижнего нагревателей с учётом настроек градиента для обеспечения изотермичного температурного поля вдоль ампулы реперной точки.

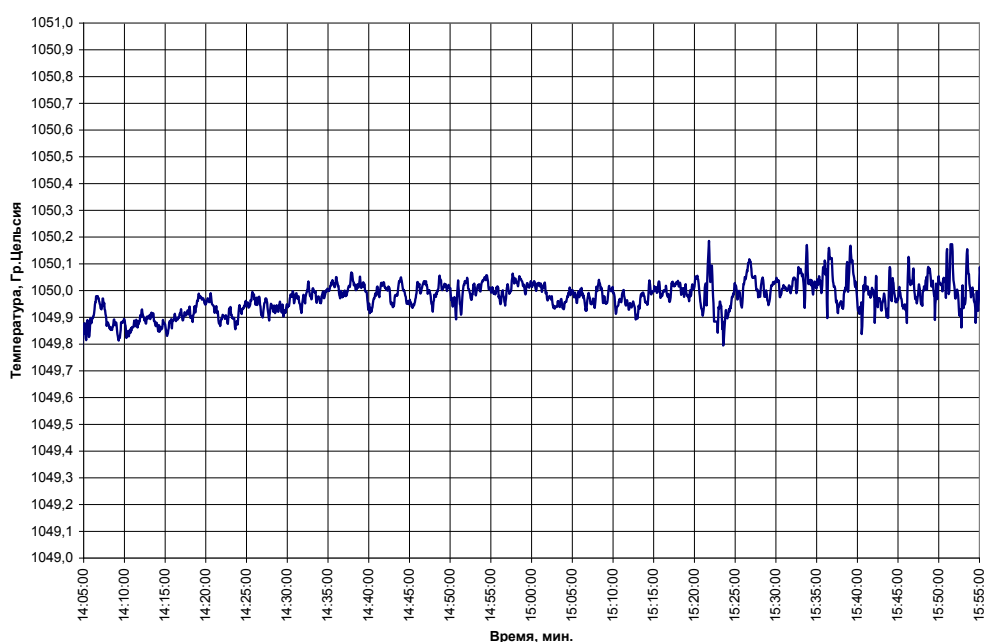


Рисунок 11 – стабильность поддержания температуры в печи ПРТ 600-1100-2 при температурном режиме 1050 °C

На рисунке 11 приведена стабильность поддержания температуры в печи ПРТ 600-1100-2 при температурном режиме 1050 °C. Как видно из графика стабильность в печи не превышает значение $\pm 0,2$ °C. При остальных температурных режимах печь обеспечивает стабильность поддержания температуры не хуже, чем $\pm 0,2$ °C.

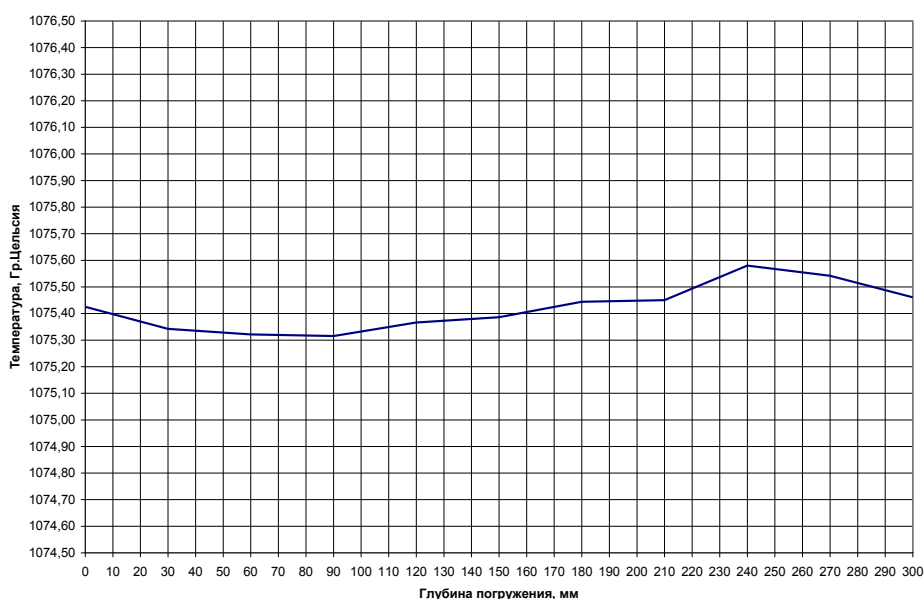


Рисунок 12 – вертикальный перепад температуры в печи ПРТ 600-1100-2 при температурном режиме 1075 °С

На рисунке 12 приведен вертикальный перепад температуры в печи ПРТ 600-1100-2 при температурном режиме 1075 °С. Как видно из графика вертикальный перепад не превысил значение 0,3 °С на длине 300 мм. Измерения выполнялись в никелевом выравнивающем блоке при помощи термоэлектрического термопреобразователя типа ППО 2 разряда и мультиметра универсально прецизионного В7-99 производства ОАО "НПП "Эталон".

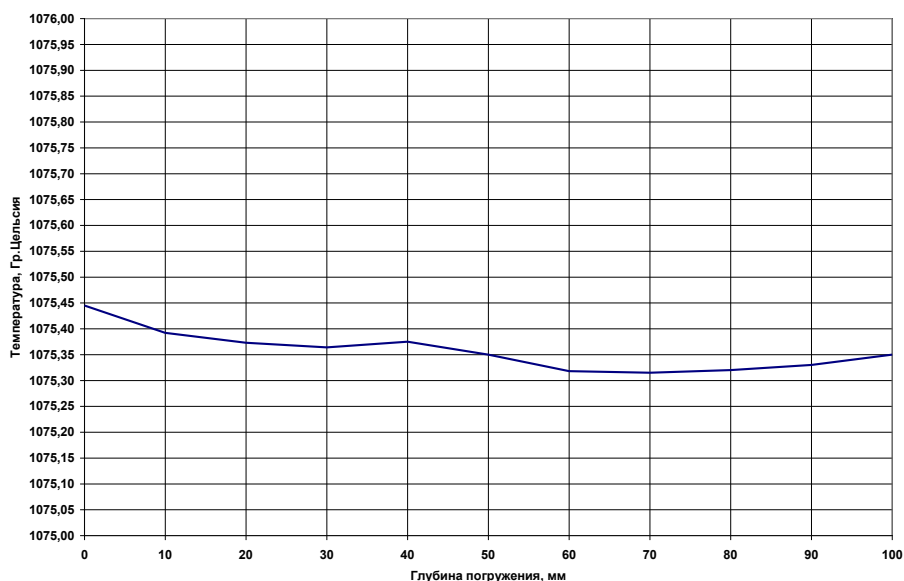


Рисунок 13 – вертикальный перепад температуры в ампуле реперной точки меди в печи ПРТ 600-1100-2 при температурном режиме 1075 °С

На рисунке 13 приведен вертикальный перепад температуры в ампуле реперной точки меди при температурном режиме 1075 °С в печи ПРТ 600-1100-2. При этом температурном режиме металл в ампуле не расплавлен, и ампула имеет свойства близкие к металлическому выравнивающему блоку. Как видно из графика вертикальный перепад не превысил значение 0,1 °С на длине 100 мм. Измерения выполнялись при помощи термоэлектрического термопреобразователя типа ППО 2 разряда и мультиметра универсально прецизионного В7-99 производства ОАО "НПП "Эталон".

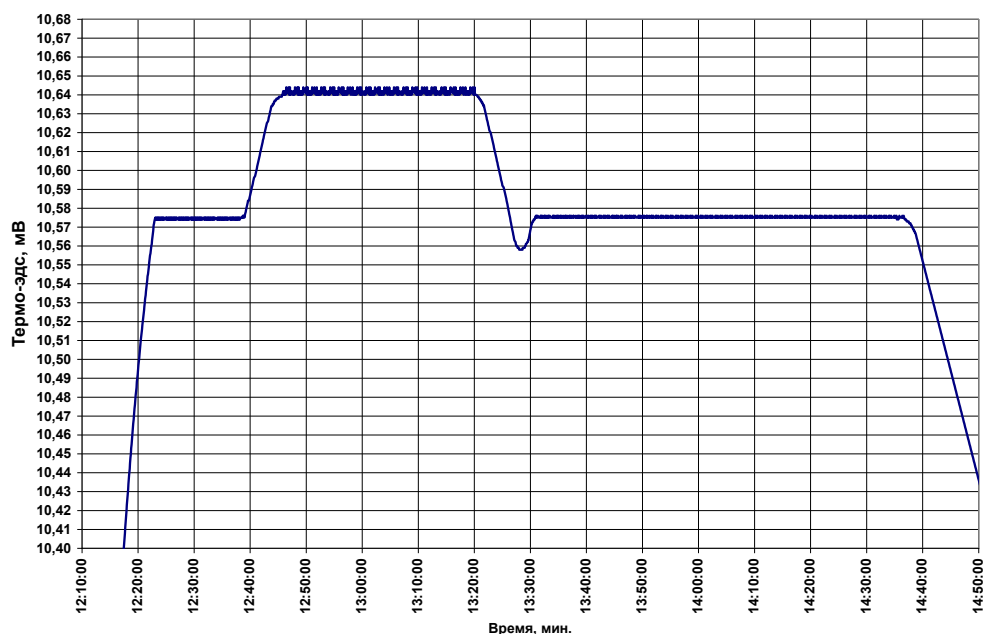


Рисунок 14 – реализация реперной точки затвердевания меди в печи ПРТ 600-1100-2

На рисунке 14 приведен типичный график реализации реперной точки затвердевания меди в печи ПРТ 600-1100-2. Как видно из графика площадка затвердевания длится не менее одного часа, что позволяет выполнить градуировку как минимум четырех термоэлектрических термопреобразователей.

Печи ПРТ 50-700 и ПРТ 600-1100-2 обеспечивают хорошее изотермическое поле, которое позволяет получать длительные плато затвердевания или плавления металлов. Длительность плато затвердевания таких металлов как

индий, олово, цинк и алюминий составляет не менее 2 часов, а длительность плато затвердевания меди не менее 1 часа.

Надежность конструкции и управляющей электроники печей подтверждается длительными испытаниями и успешной опытной эксплуатацией печей во ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева". Печь ПРТ 600-1100-2 успешно эксплуатируется во ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева" с 2009 года и обеспечивает воспроизведение реперной точки затвердевания меди в составе государственного эталона температуры. Печь ПРТ 50-700 неоднократно применялась во ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева" для аттестации ампул реперных точек как Российского, так и зарубежного производства.

Универсальная конструкция печи ПРТ 50-700 и ПРТ 600-1100-2 позволяет работать с ампулами чистых металлов производства ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева", с ампулами старого советского образца, а так же с ампулами производства корпорации "FLUKE".

Таким образом, можно уверенно сказать, что печи ПРТ 50-700 и ПРТ 600-1100-2 хорошо зарекомендовали себя в качестве аппаратуры для воспроизведения реперных точек в составе государственного эталона температуры, имеют хорошие теплофизические характеристики и способны удовлетворить потребность в аппаратуре для воспроизведения реперных точек как поверочных лабораторий, так и метрологических институтов.

Литература

1. **ГОСТ Р 8.611-2005.** Государственная система обеспечения единства измерений. Преобразователи термоэлектрические платинородий-платиновые и платинородий-платинородиевые эталонные 1, 2 и 3-го разрядов. Методика поверки.

2. **ГОСТ 8.558-2009.** Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры.