

Экз. № 1

УТВЕРЖДАЮ
Начальник ФГБУ «ГНМЦ»
Минобороны России,
кандидат технических наук

М.п.



Т.Ф. Мамлеев

«13» 12 2023 г.

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Сильда Юрия Альфредовича,
выполненную по специальности**

2.2.4 «Приборы и методы измерения (по видам измерений)»

**на тему: «Метрологическое обеспечение радиационной термометрии на
основе нового определения единицы температуры в диапазоне от
961,78 °С до 3200 °С»**

**и представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Соискателем Сильдом Юрием Альфредовичем выполнена диссертационная работа, **актуальность которой определяется** тем, что с введением понятия нового определения кельвина возникла необходимость в создании эталонов, обладающих малой погрешностью, использование которых не приводит к потере точности измерения термодинамической температуры. На текущий момент разработанные рабочие эталоны единицы температуры 0-го разряда не в полной мере удовлетворяют приведённым требованиям, а вторичные эталоны в диапазоне температуры от 961,78 °С до 3200 °С отсутствуют.

При проведении исследования:

а) автор поставил и решил задачу, заключающуюся в проведении комплексного анализа состояния метрологического обеспечения радиационной термометрии в диапазоне от 961,78 °С до 3200 °С неконтактными методами;

б) впервые выполнил разработку и совершенствование методов и средств передачи единицы температуры на основе высокотемпературных реперных точек и интерполяционного прибора;

в) провёл оценку экспериментальных исследований метрологических характеристик разработанных средств, включая оценку составляющих погрешности;

г) осуществил создание и исследование вторичных эталонов единицы температуры в соответствии с новым определением кельвина на основе разработанных средств передачи температуры.

В ходе решения научной задачи исследования автор **лично получил следующие наиболее существенные новые научные результаты и положения:**

- применение температур фазовых переходов эвтектических сплавов металл-углерод, используемых в качестве высокотемпературных реперных точек, созданных с использованием метода подготовки ампул, исключающего загрязнение рабочего вещества во время заполнения и устраняющего неравномерность их заполнения и обеспечивающих передачу единицы температуры от ГЭТ 34-2020 в диапазоне от 961,78 °С до 3200 °С при суммарном СКО результата сличений с государственным первичным эталоном единицы температуры от 0,12 °С до 2 °С.

- реализацию транспортируемого средства передачи единицы температуры – монохроматического пирометра на основе разработанной физико-математической модели процесса преобразования входного сигнала, позволяющего обеспечить передачу единицы на месте эксплуатации рабочих эталонов 0-го разряда с погрешностью передачи единицы температуры при помощи компаратора, не превосходящей 0,3 °С в диапазоне от 961,78 °С до 3200 °С.

Новизна полученных научных результатов диссертационных исследований **заключается в том, что автор впервые:**

- предложил, изучил и осуществил метод передачи единицы температуры от государственного первичного эталона единицы температуры выше точки затвердевания серебра, с помощью высокотемпературных реперных точек эвтектик металл-углерод и интерполяционного прибора, позволяющий воспроизводить и передавать единицу температуры в соответствии с новым её определением на уровне вторичного эталона;

- определил и исследовал метрологические характеристики вторичных эталонов единицы температуры, обеспечивающих передачу единицы от 961,78 °С до 3200 °С в соответствии с новым определением кельвина;

- разработал и обосновал метод подготовки ампул высокотемпературных реперных точек эвтектик металл-углерод, позволяющий исключить составляющую погрешности, обусловленную неравномерным заполнением рабочим веществом ампулы и загрязнением в процессе её заполнения;

- предложил физико-математическую модель процесса преобразования входного сигнала, позволяющую определить измеряемую температуру излучателя абсолютного черного тела с учетом спектральных характеристик пирометра и обеспечивающего передачу единицы температуры на месте эксплуатации рабочих эталонов 0-го разряда;

- разработал и обосновал научно-методические принципы построения вторичных эталонов единицы температуры на основе нового определения кельвина и разработал систему передачи единицы в диапазоне температур от 961,78 °С до 3200 °С.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается корректным применением:

- теоретических основ закона излучения Планка с использованием высокочистых металлов: серебра, золота, меди, а также эвтектических сплавов;

- общематематического, логического и сравнительно-структурного методов исследования, математического моделирования, статистического анализа экспериментальных данных.

Достоверность полученных научных результатов **подтверждается:**

- применением обоснованных исходных данных высокотемпературных реперных точек (ВТРТ);

- высокой сходимостью результатов ВТРТ на основе фазовых переходов чистых металлов и эвтектических сплавов с разработанными и исследованными компараторами;

- выполненным анализом составляющих погрешностей при реализации ВТРТ эвтектических сплавов и чистых металлов;

- низким средним квадратическим отклонением результатов сличения экспериментальных данных с государственным первичным эталоном температуры ГЭТ 34-2020.

Теоретическая значимость полученных научных результатов **характеризуется тем,** что автором определены основные пути совершенствования метрологического обеспечения радиационной термометрии, с учетом перехода на новое определение кельвина в диапазоне от 961,78 °С до 3200 °С, разработаны и обоснованы:

- научно-методические принципы построения вторичных эталонов единицы температуры на основе нового определения кельвина;

- система передачи единицы в диапазоне температур от 961,78 °С до 3200 °С;

- физико-математическая модель процесса преобразования входного сигнала, позволяющая определить измеряемую температуру излучателя абсолютно черного тела с учетом спектральных характеристик пирометров.

Практическая ценность полученных научных результатов **состоит в том, что:**

- автором обеспечена передача единицы температуры в соответствии с её новым определением, что позволило выполнить обязательства России, как подписанта Метрической конвенции в части введения в практику измерений нового определения кельвина;

- результаты диссертационных исследований автора по комплексному анализу измерений температуры в области радиационной термометрии использованы при разработке новой редакции государственной поверочной схемы в части передачи единицы температуры от государственного первичного эталона;

- внедрены в практику транспортируемый компаратор и излучатели на основе фазовых переходов высокотемпературных реперных точек, метрологические характеристики которых удовлетворяют требованиям, предъявляемых к вторичному эталону единицы температуры;

- утверждены и введены в эксплуатацию два государственных вторичных эталона единицы температуры, применение которых позволит снизить нагрузку на государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне от 961,78 °С до 3200 °С.

Основные результаты исследования с достаточной полнотой **опубликованы** в 19 научных работах, в том числе 11 в журналах, рекомендованных ВАК.

По результатам исследований получен патент № RU 2718727 С1 Российская Федерация «Устройство для измерения яркостной температуры»

Полученные в ходе исследования и выносимые на защиту **научные результаты используются** при создании государственных вторичных эталонов, утвержден государственный вторичный эталон (эталон-копия) единицы температуры номинальных значений, рег. № 2.1.ZZB.0406.2021, изготовлен и исследован новый государственный вторичный эталон единиц температуры в диапазоне от 961,78 °С до 3200 °С, рег. № 2.1.ZZB.0430.2022.

Текст автореферата соответствует основному содержанию диссертации, стиль изложения доказательный.

Однако, наряду с вышеуказанными положительными сторонами, в автореферате диссертации отмечается ряд недостатков:

1. Не указан ресурс и технические характеристики разработанного устройства для финишной заплавки ампул ВТРГ.

2. Имеется ряд неточностей и ошибок редакционного характера.

Выводы:

1. Содержание работы соответствует паспорту специальности 2.2.4 «Приборы и методы измерения (по видам измерений)». Область науки п. 2. – Технические науки. Область исследований – п.п. 1, 2, 5, 6.

2. **Представленная соискателем Сильдом Юрием Альфредовичем диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей существенное значение для метрологического обеспечения радиационной термометрии в Российской Федерации в науке и промышленности. Диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденному Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор, Сильд Юрий Альфредович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.4 «Приборы и методы измерения (по видам измерений)».**

Отзыв составили:

Начальник отдела ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России,
кандидат технических наук

 Шарганов К.А.

Старший научный сотрудник ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России,
кандидат технических наук

 Решетников А.А.