

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 32.1.001.01,
созданного на базе Федерального государственного унитарного предприятия
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии
им. Д.И. Менделеева» Федерального агентства по техническому
регулированию и метрологии Министерства промышленности и торговли
Российской Федерации, по диссертации на соискание учёной степени
кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «05» декабря 2023 г. № 12

О присуждении Сильду Юрию Альфредовичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

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

по специальности 2.2.4. – Приборы и методы измерения (по видам измерений)

принята к защите «26» сентября 2023 г., протокол заседания диссертационного совета № 9.2, диссертационным советом 32.1.001.01 (вместо Д 308.004.01, согласно Приказа МИНОБРНАУКИ от 03.06.2021 № 561/нк), созданным на базе Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, 190005, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д.19, приказ о создании диссертационного совета № 158-в от «10» ноября 2000 г. (с изменениями, введенными приказами от 27 апреля 2007 г. № 798-404/158, от 11 мая 2007 г. № 1300-447/158, от 11 апреля 2008 г. № 137-160/158, от 11 апреля 2012 г. № 105/нк, от 22 марта 2018 г. № 304/нк и от 15 ноября 2021 г. 1179/нк).

Соискатель Сильд Юрий Альфредович, «27» июня 1975 года рождения.

В 1998 г. окончил «Санкт-Петербургский государственный институт точной механики и оптики (технический университет)» с присуждением квалификации инженер по специальности «теплофизика», и в 1998 году поступил на работу в ГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» на должность младшего научного сотрудника.

Соискатель Сильд Юрий Альфредович окончил аспирантуру ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в 2003 году по специальности 05.11.01 «Приборы и методы измерения по видам измерений (по видам измерений)», в 2023 году сдал кандидатский экзамен по специальной дисциплине 2.2.4. - Приборы и методы измерения (по видам измерений). В настоящее время работает руководителем научно-исследовательской лаборатории в области инфракрасной радиометрии и прикладной пирометрии ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева».

Диссертация выполнена в отделе эталонов и научных исследований в области термодинамики (НИО 241) ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Научный руководитель - доктор технических наук, Походун Анатолий Иванович, руководитель отдела эталонов и научных исследований в области термодинамики ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева».

Официальные оппоненты:

Заричняк Юрий Петрович, доктор физико-математических наук, доцент Образовательный центра «Энергоэффективные инженерные системы» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»;

Гаврилов Валерий Рудольфович, кандидат физико-математических наук, начальник отделения фотометрии, колориметрии, спектрофотометрии и радиометрии некогерентного оптического излучения Федерального

государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений», дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Акционерное общество «Научно-исследовательский институт Научно производственное объединение «ЛУЧ», Московская обл., г. Подольск. В заключении, подписанном заместителем генерального директора по науке, указано, что диссертация отвечает требованиям Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Сильд Ю.А. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.4. - Приборы и методы измерения по видам измерений (по видам измерений).

Соискатель имеет 19 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 11 работ, две из них в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования (Web of Science и Scopus).

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Сильд Ю.А. Реализация высокотемпературной реперной точки на основе эвтектического сплава "Pt-C"/ Сильд Ю.А., Матвеев М.С., Походун А.И. // Приборы. - 2007 - № 7. - С. 53-59. (объем 0,69 п.л. / авторский вклад 0,23 п.л.).

Личный вклад соискателя: Создание и предварительное исследование высокотемпературной реперной точки эвтектики Pt-C. Разработка новой конструкции ампулы по результатам исследований. Проведение исследований направленных на реализацию фазовых переходов эвтектики Pt-C, в зависимости от скорости нагрева и расположения диафрагм в полости излучателя.

2. Matveyev M.S. Experience of construction and study of Pt-C eutectic in VNIIM and cooperation with LNE-INM/ Matveyev M.S., Sild Yu.A., Pokhodun

A.I., Sadli M., Bourson F.// International Journal of Thermophysics.- 2009. - V. 30. - Issue 1. - P. 47-58. (объем 1,03 п.л. / авторский вклад 0,21 п.л.)

Личный вклад соискателя: Разработка и исследования высокотемпературной реперной точки на основе эвтектического сплава Pt-C с применением новой конструкции ампулы, разработанной во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, проведение экспериментальных исследований эвтектики Pt-C, представленной национальным метрологическим институтом LNE-INM (Франция).

3. Sadli M. Comparison of pyrometric Co-C and Re-C eutectic-point cells between VNIIM and LNE-CNAM/ Sadli M., Bourson F., Matveyev M., Fuksov V., Sild Y.A., Pokhodun A.I. //International Journal of Thermophysics. - 2011. - V. 32. - Issue 11-12. -P. 2657-2670. (объем 1,50 п.л. / авторский вклад 0,25 п.л.).

Личный вклад соискателя: Разработка и исследования высокотемпературных реперных точек на основе эвтектических сплавов Co-C and Re-C, проведение экспериментальных исследований реперных точек эвтектик, обработка результатов измерений.

4. Сильд Ю.А. Методы заполнения ампул высокотемпературных реперных точек на основе эвтектических сплавов/ Сильд Ю.А. // Измерительная техника. - 2012. - № 8. - С. 57-59. (объем 0,34 п.л. / авторский вклад 0,34 п.л.).

Личный вклад соискателя: Проведен анализ применяемых методов заполнения ампул высокотемпературных реперных точек на основе эвтектических сплавов в Национальных метрологических институтах мира. Разработан метод заполнения ампулы, включающий три основных метода заправки. Разработаны устройства для практической реализации метода. С применением указанного метода заполнены ампулы эвтектическим сплавом Co-C и Re-C и проведены экспериментальные исследования.

5. Сильд Ю.А. Обеспечение единства измерений в области радиационной термометрии на основе нового определения единицы температуры/ Сильд Ю.А.// - Эталоны. Стандартные образцы. - 2023 - № 19.,

Т.4 - С. 7-15. (объем 1,03 п.л. / авторский вклад 1,03 п.л.).

Личный вклад соискателя: Проведен анализ системы обеспечения единства измерений в области радиационной термометрии в Российской Федерации с учетом введения в практику нового определения кельвина. Определен путь совершенствования метрологических характеристик средств передачи единицы температуры, включая повышение точности в указанной области, путем создания государственного вторичного эталона (эталона-копии) единицы температуры в диапазоне значений от 961,78 °С до 3200 °С (ГВЭТ), в соответствии с новым определением кельвина. Определен состав ГВЭТ. Выполнены необходимые исследования, направленные на установление характеристик входящих в состав ГВЭТ средств: высокотемпературных реперных точек на основе чистых металлов и эвтектических сплавов металл-углерод, температурных ламп, компаратора яркостей и монохроматического пирометра. Проведены расчеты и представлены результаты определения метрологических характеристик созданного ГВЭТ.

В диссертации Сильда Ю.А. отсутствуют достоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили **отзывы из восьми организаций (все отзывы положительные).**

В отзывах отмечена актуальность темы, степень проработки вопроса и профессиональный подход к решению поставленных задач, дана положительная оценка проведенных исследований.

1. ФБУ «Новосибирский ЦСМ» (подписал ведущий инженер по метрологии отдела теплотехнических измерений, кандидат технических наук, Голобоков Максим Викторович)

Замечания:

1. Рисунок 1 устарел, так как содержит сведения о количестве утверждённых типов пирометров только до 2019 года.

2. Используемые сокращения вынесены в начальную часть работы, однако некоторые из них дублируются в тексте работы, например: МО, СИ.

3. В формуле (18) нет закрывающей круглой скобки.

4. На странице 138 диссертации дана ссылка на формулу (15), вместо формулы (9).

5. В списке литературы, позиция 71, обозначение ГОСТа не соответствует его наименованию.

Оценка работы положительная.

2. ООО «Инфратест - оптические технологии» (подписал директор, Полепишин Александр Анатольевич)

Замечаний нет.

Оценка работы положительная.

3. ФГБУ «ВНИИМС» (подписал начальник отдела метрологического обеспечения термометрии, Игнатов Александр Александрович)

Замечаний нет.

Оценка работы положительная.

4. ФБУ «УРАЛТЕСТ» (подписал заместитель генерального директора по метрологии, Дедков Денис Геннадьевич)

Замечаний нет.

Оценка работы положительная.

5. ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России (подписали: начальник отдела, кандидат технических наук, Шарганов К. А.; старший научный сотрудник, кандидат технических наук, Решетников А.А.; утвердил начальник, кандидат технических наук, Мамлеев Т.Ф.)

Замечания:

1. Не указан ресурс и технические характеристики разработанного устройства финишной заплавки ампул ВТРТ;

2. Имеется ряд неточностей и ошибок редакционного характера.

Оценка работы положительная.

6. ФБУ «Калужский ЦСМ» (подписал директор, Горбунов Руслан

Александрович)

Замечания:

1. Целесообразно было бы раскрыть в большей степени процедуры, выполняемые при проведении первичной и периодической аттестации, в соответствии с разработанной документацией при утверждении вторичных эталонов единицы температуры.

Оценка работы положительная.

7. ООО «ИЗТЕХ» (подписал заместитель директора, кандидат физико-математических наук, Евтюшенков Александр Михайлович)

Замечаний нет.

Оценка работы положительная.

8. ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА» (подписал первый заместитель генерального директора, кандидат технических наук, Морин Евгений Васильевич)

Замечаний нет.

Оценка работы положительная.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью в вопросах по теме диссертационной работы и широкой известностью своими достижениями в соответствующей отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция повышения точности передачи единицы температуры от государственного первичного эталона единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С (далее - ГЭТ 34-2020) средствами измерений (СИ) радиационной термометрии в диапазоне от 961,78 °С до 3200 °С, удовлетворяющая части 3 Государственной поверочной схемы (ГПС) для средств измерений температуры, утвержденная приказом

Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23.12.2022 г. № 3253;

предложены оригинальные научно-методические и технические подходы при разработке системы метрологического обеспечения радиационной термометрии, обеспечивающие возможность внедрения в практику нового определения единицы температуры и удовлетворения перспективных требований науки и промышленности к точности и диапазону измерений;

доказана перспективность и адекватность использования предложенных методов и средств передачи единицы температуры от ГЭТ 34-2020 выше точки затвердевания серебра, с помощью высокотемпературных реперных точек эвтектик металл-углерод и интерполяционного прибора; повышение точности передачи единицы температуры от ГЭТ 34-2020 в диапазоне от 961,78 °С до 3200 °С за счет применения ампул высокотемпературных реперных точек эвтектик металл-углерод, созданных с использованием метода подготовки ампул, который исключает загрязнение и неравномерность заполнения рабочего вещества;

впервые **введены**, в соответствии с определением единицы температуры, принятым решением 26-й Генеральной конференции по мерам и весам 16 ноября 2018 года, в отечественную практику метрологического обеспечения средств радиационной термометрии государственные вторичные эталоны единицы температуры, удовлетворяющие современным и перспективным требованиям науки и промышленности в диапазоне от 961,78 °С до 3200 °С.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что изложены основные проблемы обеспечения единства измерений температуры в области радиационной термометрии в Российской Федерации, заключающиеся:

- в необходимости удовлетворения перспективных требований науки и промышленности, предъявляемых к диапазону измеряемых температур и к

точности СИ радиационной термометрии и их метрологическому обеспечению;

- в отсутствии вторичных эталонов для диапазона температуры выше точки затвердевания серебра, использование которых не приводит к потере точности измерения при передаче термодинамической температуры;

доказана возможность совершенствования метрологического обеспечения радиационной термометрии путем создания перспективных средств передачи единицы температуры на основе действующего определения единицы температуры;

обоснованы основные направления совершенствования метрологического обеспечения средств измерений радиационной термометрии в диапазоне от 961,78 °С до 3200 °С;

применительно к проблематике диссертации использованы основные физические законы излучения и их аппроксимирующие формы, описывающие процессы поглощения и излучения, при исследованиях метода передачи единицы температуры от государственного первичного эталона единицы температуры выше 961,78 °С, с помощью высокотемпературных реперных точек эвтектик металл-углерод и интерполяционного прибора, а также численные методы регрессионного анализа для оценки значений коэффициентов регрессии, позволившие определить коэффициенты аппроксимирующего уравнения Сакумо-Хаттори, связанные со спектральной чувствительностью интерполяционного прибора;

раскрыты выявленные факторы, влияющие на результаты измерений при передаче единицы температуры, которые должны быть включены в суммарную погрешность результата измерения;

изучены составляющие погрешности измерений при передаче единицы температуры от государственного первичного эталона единицы температуры в диапазоне от 961,78 °С до 3200 °С.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены научные, технические и методические составляющие системы обеспечения единства измерений температуры в области неконтактной термометрии, позволяющие сохранить существующую систему передачи единицы от государственного первичного эталона единицы температуры средствам измерений посредством применения разработанных средств передачи: транспортируемого компаратора и излучателей на основе фазовых переходов эвтектических сплавов высокотемпературных реперных точек, метрологические характеристики которых удовлетворяют требованиям, предъявляемым к вторичному эталону единицы температуры в соответствии с требованиями нового варианта государственной поверочной схемы и обеспечивающих возможность передачи единицы на месте эксплуатации эталонов 0-го разряда;

созданы и введены в эксплуатацию два государственных вторичных эталона единицы температуры:

- Государственный вторичный эталон (эталон-копия) единицы температуры номинальных значений 1084,62 °С; 1324,24 °С; 1738,34 °С; 2474,69 °С;

- Государственный вторичный эталон (эталон-копия) единицы температуры в диапазоне значений от 961,78 °С до 3200 °С;

определены метрологические характеристики вторичных эталонов единицы температуры, обеспечивающих передачу единицы от 961,78 °С до 3200 °С;

предложен новый вариант государственной поверочной схемы для средств измерений температуры в части передачи единицы температуры от государственного первичного эталона, утверждённый приказом Росстандарта от 23.12.2022 № 3253, а также методики аттестации вторичных эталонов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ применялось поверенное и калиброванное оборудование из состава Государственного первичного эталона единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С, утверждённые

Правила содержания и применения государственного первичного эталона единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С ГЭТ 34-2020, валидированные методики калибровки средств радиационной термометрии и экспериментально доказано, что повторяемость и воспроизводимость результатов исследования находится в заданных пределах;

теория построена на основе известных и достоверных данных, которые согласуются с рекомендациями международных метрологических организаций и современными тенденциями в этом направлении исследований;

идея базируется на обеспечении метрологической прослеживаемости измерений к государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С, повышении точности измерений на уровне вторичных эталонов ГПС для средств измерений температуры, а также увеличении эффективности метрологического обеспечения СИ радиационной термометрии за счет улучшения технико-экономических показателей;

использованы данные, опубликованные ранее по рассматриваемой тематике, а также результаты исследований зарубежных метрологических институтов;

установлена корректность результатов исследований и подтверждение метрологических характеристик разработанных вторичных эталонов единицы температуры исследованием и апробацией во ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»;

использованы современные методики измерений и методы обработки результатов измерений, методы расчета суммарного СКО результатов сличений с государственным первичным эталоном единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач исследования, анализе состояния метрологического обеспечения средств измерений в области радиационной термометрии, разработке средств передачи единицы температуры: высокотемпературных реперных точек, созданных с

использованием метода подготовки ампул, разработке физико-математической модели процесса преобразования измеренного (входного) сигнала транспортируемого интерполяционного прибора, в проектировании и исследовании разработанных средств передачи и интерпретации их результатов (оценке метрологических характеристик), апробации и внедрении результатов исследования, создании двух государственных вторичных эталонов и подготовке публикаций по теме диссертации.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие замечания:

Какие новые методы исследований Вы применяли?

Почему сделан выбор в пользу представленных этектик и использовались ли они в международных сличениях?

На пл. 13 в пункте 3 отмечено наличие ограничений технических средств из составов, действующих рабочих эталонов единицы температуры, какие это ограничения?

Чем обусловлен выбор начала диапазона 961,78 °С?

Величины выборок образцов при определении метрологических характеристик избыточны или достаточны, как Вы оцениваете?

В связи с переходом на новое определение единицы температуры Вам стало работать легче или так же?

На пл. 33 первичные радиационные термометры находятся в средствах измерений, а не на уровне рабочих эталонов?

В автореферате написано в п.3 «Позволяющую реализовать интерполяцию и экстраполяцию градуировочной характеристики» в каких участках это проводится?

Какая идея была заложена в переопределение международной температурной шкалы и реализована ли она?

Соискатель Сильд Ю.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привёл собственную аргументацию.

Диссертационный совет отмечает, что результаты исследования могут быть **использованы** в деятельности ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

при передачи единицы температуры от государственного первичного эталона единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С ГЭТ 34-2020.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация Сильда Юрия Альфредовича является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (в редакции Постановлений Правительства Российской Федерации от 21.04.2016 № 335, от 02.08.2016 № 748, от 29.05.2017 № 650, от 28.08.2017 № 1024, от 01.10.2018 № 1168), предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, в которой решена актуальная научно-техническая задача по созданию системы метрологического обеспечения в области радиационной термометрии в диапазоне от 961,78 °С до 3200 °С на основе нового определения кельвина с целью удовлетворения перспективных требований науки и промышленности.

На заседании 05 декабря 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Сильду Ю.А. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (2.2.4), участвовавших в заседании, из 15 человек, входящего в состав совета, проголосовали: за – 15, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета



Конопелько Леонид Алексеевич

Учёный секретарь
диссертационного совета

05.12.2023

М.П.



Чекирда Константин Владимирович